

**ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN Y SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE
CUBIERTAS EN EL LABORATORIO NACIONAL DE LA DIRECCIÓN DE
IMPUESTOS Y ADUANAS NACIONALES**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

LUISA FERNANDA NARVÁEZ YEPES CÓDIGO 505391
JULIÁN CAMILO VALERO LUNA CÓDIGO 505563

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2018

**ANÁLISIS DE CONSTRUCCIÓN Y SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE
CUBIERTAS EN EL LABORATORIO NACIONAL DE LA DIRECCIÓN DE
IMPUESTOS Y ADUANAS NACIONALES**

**LUISA FERNANDA NARVÁEZ YEPES
JULIÁN CAMILO VALERO LUNA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**DIRECTOR
ABRAHAM RUIZ VÁSQUEZ
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ing. Abraham Ruiz Vásquez
Director de proyecto

Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. Noviembre del 2018

CONTENIDO

RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. GENERALIDADES.....	17
1.1. ANTECEDENTES.....	17
1.2.JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.3.1.Planteamiento del Problema.....	19
1.3.2. Formulación del Problema.....	19
1.4. OBJETIVOS.....	20
1.4.1.OBJETIVO GENERAL.....	20
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
1.5.MARCO DE REFERENCIA.....	21
1.5.1. Marco teórico.....	21
1.5.1.1. ¿Qué es una cubierta?.....	21
1.5.1.2. ¿Qué es impermeabilización?.....	22
1.5.2. Marco conceptual.....	23
1.5.3. Marco Histórico.....	24
1.6.ESTADO DEL ARTE.....	26
2.CUBIERTAS Y SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN EN LA ACTUALIDAD	28
2.1. CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS EN LA ACTUALIDAD.....	28
2.1.1. Tipos de Cubierta.....	28
2.1.1.1. Según la geometría.....	28
2.1.1.2. Según su material.....	37
2.1.2. Sistema Estructural.....	43
2.1.2.1. Correas.....	43
2.1.2.2. Vigas portantes.....	44
2.1.2.3. Pilares estructurales.....	44
2.1.2.4. Pilares de cierre.....	45

2.1.2.5. Anclajes.	45
2.1.2.6. Arriostramiento.....	46
2.1.2.7. Lucernario.....	46
2.1.2.8. Canales.....	46
2.1.2.9. Aislamiento térmico.....	47
2.1.2.10. Falso techo.	47
2.1.3. Procesos Constructivos Comunes.	48
2.1.4. Patologías.....	49
2.1.4.1. Grietas.	49
2.1.4.2. Fisuras.	49
2.1.4.3. Desgaste.....	50
2.1.4.4. Desprendimiento.....	50
2.1.4.5. Humedades.....	51
2.1.4.6. Deformaciones.....	51
2.1.4.7. Manchas y Eflorescencias.	52
2.1.5. Mantenimiento.	52
2.1.5.1. Uso.....	52
2.1.5.2. Estructuras hidráulicas.....	53
2.1.5.3. Mantenimiento desagües.....	53
2.2.SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	54
2.2.1. Materiales para Impermeabilización de Placas y Cubiertas.....	54
2.2.1.1. Tipos de Emulsiones Asfálticas.	55
2.2.1.2. Tipos de emulsiones acrílicas.	57
2.2.1.3. Tipos de emulsiones poliuretanos.....	58
2.2.2. Comparación Económica.....	60
3. ESTUDIO DE CASO: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL LABORATORIO NACIONAL DE LA DIAN.....	64
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	64
3.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	65
3.3. CONSTRUCCIÓN CUBIERTAS DEL LABORATORIO CENTRAL DIAN.....	65
3.3.1. Proceso Constructivo Empleado.....	66
3.3.2. Elementos Constituyentes.....	67

3.3.2.1. Placa colaborante.	67
3.3.2.2. Concreto..	68
3.3.2.3. Malla electro-soldada.	68
3.3.3. Consideraciones Estructurales	69
3.3.3.1. Espesor de la losa y recubrimiento	70
3.3.3.2. Cargas de diseño.	70
3.3.4. Detalles Constructivos.	71
3.3.4.1. Transporte y almacenamiento.	72
3.3.4.2. Izaje y colocación.	73
3.3.4.3. Fijación y conectores.	74
3.3.4.4. Perforaciones y ductos.	75
3.3.4.5. Instalación de tuberías.	75
3.3.4.6. Acero de refuerzo.	76
3.3.4.7. Vaciado del concreto.	77
3.3.4.8. Acabados.	78
3.4. IMPERMEABILIZACIÓN EN EL PROYECTO DE LABORATORIOS DIAN	79
3.4.1. Área a Impermeabilizar.	79
3.4.2. Documentos de Especificaciones Técnicas dadas por el Contratista.	80
3.4.3. Propuestas Económicas.	80
3.4.4. Sistema Impermeabilizante Escogido.	82
3.4.4.1. Definición de poliurea.	82
3.4.4.2. Ventajas.	82
3.4.4.3. Lugares de aplicación.	83
3.4.5. Materiales Impermeabilización.	85
3.4.5.1. MAPEFLEX PU 50 SL.	85
3.4.5.2. Primer 1955 New.	86
3.4.5.3. Sikalastic – 8850.	87
3.4.6. Equipos de Aplicación.	87
3.4.6.1. Reactor E-XP2 Elite.	87
3.4.7. Requerimientos.	90
3.4.8. Procedimiento.	91
3.4.8.1. Terminación de acabados.	92

3.4.8.2. Sellamiento de juntas.....	92
3.4.8.3. Imprimir superficie.	93
3.4.9. Aplicación de Poliurea.....	96
3.4.9.1. Antes.....	99
3.4.9.2. Durante.	101
3.4.9.3. Después.....	102
3.4.10. Mantenimiento de la Impermeabilización	106
3.4.10.1. Geotextil tejido	106
4. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN.....	109
4.1. MANTENIMIENTO.....	109
4.1.1. Mantenimiento Preventivo.....	109
4.1.2. Mantenimiento Correctivo.	109
4.2. NORMATIVIDAD	110
4.3. APLICABILIDAD/ALCANCE	110
4.4. ANÁLISIS ESTUDIO DE CASO.....	111
5. CONCLUSIONES	112
6. RECOMENDACIONES.....	114

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	53
Tabla 2.....	61
Tabla 3.....	63
Tabla 4.....	72
Tabla 5.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	29
Figura 2.....	29
Figura 3.....	30
Figura 4.....	31
Figura 5.....	31
Figura 6.....	32
Figura 7.....	33
Figura 8.....	34
Figura 9.....	34
Figura 10.....	35
Figura 11.....	35
Figura 12.....	36
Figura 13.....	36
Figura 14.....	37
Figura 15.....	38
Figura 16.....	38
Figura 17.....	39
Figura 18.....	40
Figura 19.....	40
Figura 20.....	41
Figura 21.....	41
Figura 22.....	42
Figura 23.....	43
Figura 24.....	43
Figura 25.....	44
Figura 26.....	45
Figura 27.....	45
Figura 28.....	46
Figura 29.....	47
Figura 30.....	47
Figura 31.....	48
Figura 32.....	50
Figura 33.....	51
Figura 34.....	52
Figura 35.....	54
Figura 36.....	55
Figura 37.....	56

Figura 38.....	64
Figura 39.....	66
Figura 40.....	67
Figura 41.....	68
Figura 43.....	69
Figura 44.....	70
Figura 45.....	71
Figura 46.....	73
Figura 47.....	74
Figura 48.....	75
Figura 49.....	75
Figura 50.....	76
Figura 51.....	77
Figura 52.....	77
Figura 53.....	78
Figura 54.....	79
Figura 55.....	81
Figura 56.....	83
Figura 57.....	84
Figura 58.....	85
Figura 59.....	86
Figura 60.....	86
Figura 61.....	87
Figura 62.....	88
Figura 63.....	89
Figura 64.....	89
Figura 65.....	90
Figura 66.....	90
Figura 67.....	91
Figura 68.....	91
Figura 69.....	92
Figura 70.....	93
Figura 71.....	94
Figura 72.....	94
Figura 73.....	95
Figura 74.....	96
Figura 75.....	97
Figura 76.....	98
Figura 77.....	98
Figura 78.....	99
Figura 79.....	100

Figura 80.....100
Figura 81.....101
Figura 82.....102
Figura 83.....103
Figura 84.....103
Figura 85.....104
Figura 86.....105
Figura 87.....105
Figura 88.....106
Figura 89.....107
Figura 90.108
Figura 91.....109

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Esquema de cubierta
- Anexo B. Especificaciones técnicas
- Anexo C. Ficha técnica MAPEFLEX
- Anexo D. Ficha técnica Primer
- Anexo E. Ficha técnica Sikalastic 8850
- Anexo F. Memoria cantidades de impermeabilización
- Anexo G. Instrumento de evaluación
- Anexo H. Instrumento de evaluación aplicado en estudio de caso

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto, es el resultado del esfuerzo conjunto de los integrantes del grupo de trabajo; por eso agradecemos a Dios por guiarnos, fortalecernos y llevarnos a un camino lleno de éxitos.

Al grupo empresarial LHS/DIAN por el apoyo y confianza que prestaron de forma desinteresada en la realización de nuestro trabajo de grado. En el desarrollo de este, agradecemos igualmente a nuestro director Abraham Ruíz Vásquez, quien por medio de su conocimiento y experiencia nos guió en la realización de los distintos objetivos planteados inicialmente.

A las distintas personas que de manera directa o indirecta nos impulsaron a indagar en la búsqueda del conocimiento con perseverancia, determinación y satisfacción de la labor cumplida.

- Agradezco a mis padres, Luis Felipe y Shirley y a mi hermano Alejandro, en el proceso de desarrollo de mi carrera, por el apoyo incondicional y su fuerza para saberme guiar y llevar de la mano. a mi tío Lizardo, María E, Diana y Diego por abrir las puertas de su casa y acogerme como una hija y hermana más; y demás familiares y amigos por su apoyo y motivación para culminar mi carrera.
- Agradezco a mis padres Gina Liliana y Pablo (QEPD), a mis hermanos especialmente Santiago, a mi abuela Carmen Elisa, a Jorge y a los demás familiares y amigos incondicionales que me apoyaron y motivaron en esta gran etapa que culmino, sin ustedes no lo hubiese logrado.

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es la elaboración de un instrumento que permita la evaluación del proceso constructivo e impermeabilización de las cubiertas del proyecto Laboratorio Nacional de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales – DIAN.

La impermeabilización no siempre es tenida en cuenta en el proceso constructivo de un edificio, por eso un mal procedimiento o una falla en la instalación de un impermeabilizante en la cubierta traerá problemas de filtraciones importantes en la estructura. Con la obtención del sistema de gestión de calidad en procedimientos de construcción e impermeabilización, se garantizará a los propietarios seguridad en la estructura y una mayor eficacia a lo largo de la vida útil.

Partiendo del cotejo bibliográfico referente a construcción e impermeabilización, se planteó los materiales y procedimientos más adecuados para cada tipo de estructura con base en el tiempo de secado y efectividad de los mismos.

Al finalizar el trabajo, se diseñó un sistema de evaluación con las consideraciones a tener en cuenta al momento de realizar la inspección visual y el mantenimiento respectivo a las cubiertas, con el fin de prolongar características de diseño.

INTRODUCCIÓN

Las cubiertas son elementos que protegen a los usuarios de una edificación ante los distintos efectos del ambiente exterior, permiten darle valor arquitectónico agregado a las estructuras y mejorar sus condiciones de servicio. La impermeabilización va ligada al concepto de servicio ya que permite conservar las propiedades iniciales de los elementos estructurales que la conforman.

La construcción de cubiertas, al igual que los demás procesos de la ingeniería, ha evolucionado; debido a la inclusión de nuevos materiales, configuraciones estructurales innovadoras y propuestas arquitectónicas inusuales, la demanda de capacidad operacional en las cubiertas ha aumentado considerablemente, pasando de ser elementos únicamente de resguardo a hacer parte de la estructura, brindando funciones adicionales.

La impermeabilización es un proceso de vital importancia ya que previene los posibles daños estructurales que se puedan presentar por infiltración. Es necesario crear conciencia en la rigurosidad e implementación de los sistemas idóneos para cada tipo de cubierta, ya que minimizará costos operativos a largo plazo y aumentará su vida útil.

En esta investigación se explica de manera clara y precisa las consideraciones teóricas referentes a la construcción y mantenimiento de cubiertas, los sistemas de impermeabilización y humedad por infiltración para brindar comentarios, recomendaciones y conclusiones referentes a las buenas prácticas constructivas que se deben realizar para conservar la integridad de proyectos.

Cómo estudio de caso, se realiza un análisis de la construcción del laboratorio central de la DIAN por medio de gráficas, tablas y figuras que permitan visualizar de manera acertada el proceso constructivo; de igual manera, se presenta un instrumento de evaluación para proyectos similares, que sirva de guía para profesionales y estudiantes de ingeniería en todo el país.

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

En Colombia y en distintos países alrededor del mundo se han realizado estudios que pretenden analizar el rendimiento, composición, materiales alternativos y eficiencia de las cubiertas y sistemas de impermeabilización.

Uno de estos es la tesis de investigación “Impermeabilización de Superficies en la Construcción de Edificios” presentada por Girón Rodríguez y Ramírez Fandiño (2016), la cual tiene como objetivo: “Mediante el uso de ensayos, estadísticas, guías e instructivos, estandarizar y caracterizar los procedimientos requeridos para realizar una óptima impermeabilización.” Este documento nos ayuda a fundamentar las bases teóricas del proyecto y nos sirve de guía para realizar comparaciones de resultados experimentales.

El artículo “Protección Temporal de la Impermeabilización de una cubierta” publicado por Carlos Safránez (1978) nos permite indagar sobre las consecuencias de realizar trabajos deficientes de mantenimiento e impermeabilización de cubiertas; además, este documento facilita la búsqueda de referentes teóricos sobre membranas impermeabilizantes.

La guía del Gobierno de Chile titulada “Mantenimiento de Cubiertas e impermeabilización del establecimiento educacional” del autor Guillermo Condemarin (2000) tiene como objetivo “desarrollar una identificación y localización de los tipos de humedad e infiltraciones, para definir posteriormente una pauta de mantenimiento preventivo para protección de humedad y su tratamiento”. Esta guía nos facilita la identificación de los fenómenos de eflorescencia y estancamiento de las filtraciones en las cubiertas y sus elementos constituyentes.

En el Manual “Rehabilitación, mantenimiento y conservación de cubiertas” publicado por Juan Tejela, Daniel Navas y Carlos Machín (2013) serán de ayuda para reconocer e identificar los diferentes tipos de cubiertas con su respectiva impermeabilización, así como las reparaciones que se puedan hacer a nivel de daño causado por el paso de tiempo, deterioro, grado de exposición y actuación de agentes externos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Las cubiertas son elementos fundamentales de las distintas estructuras, ya que brindan seguridad, confort y utilidad a los usuarios. Pero a pesar de esto, es un campo de la construcción que se ha estudiado poco y es necesario indagar en sus respectivos conceptos, consideraciones técnicas y procedimientos impermeabilizantes.

La presente investigación se enfoca en analizar las cubiertas planas, las cuales no poseen estructuras de cierre inclinado o curvas, pero cuentan con un ligero declive para que se produzca el desagüe, con pendientes recomendadas del 3%. También se profundizará en su respectiva impermeabilización en la Construcción del Laboratorio Nacional de la DIAN a partir de la información recopilada sobre la puesta en marcha de esta construcción.

Teniendo en cuenta que las cubiertas son una parte importante del edificio y que estas se encuentran expuestas a lluvias, sol y descuido del usuario se debe exigir un proceso de impermeabilización, mantenimiento y conservación rigurosa que favorezca la vida útil, el estado de servicio de la infraestructura y que brinde bienestar a los distintos usuarios de un determinado proyecto.

Al mismo tiempo se establecen recomendaciones que sirven de herramienta para constructores, profesionales de la ingeniería y académicos; para dicho fin es necesario indagar en los distintos sistemas de impermeabilización de cubiertas para abstraer las consideraciones pertinentes y aplicarlas en la construcción del Laboratorio Nacional de la DIAN.

1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Planteamiento del Problema. Las cubiertas son los elementos que brindan seguridad, practicidad y condiciones óptimas de servicio a los usuarios de determinada edificación, por consiguiente, es de vital importancia indagar en sus características, sistemas constructivos, mantenimiento e impermeabilización para potencializar su rendimiento al máximo.

Se realizará un análisis y seguimiento del proceso de construcción e impermeabilización de las cubiertas del proyecto laboratorio nacional de la dirección de impuestos y aduanas nacionales, ubicado en la calle 65 bis entre carreras 81 y 89.

Debido a que es una edificación nueva, se pretende brindar consideraciones pertinentes que permitan aumentar el periodo útil de las cubiertas y su respectiva impermeabilización.

1.3.2. Formulación del Problema. ¿Los protocolos para la construcción e impermeabilización de cubiertas en el proyecto Laboratorio nacional de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales son adecuados para brindar condiciones óptimas de servicio?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar mediante un instrumento los procedimientos y protocolos para la construcción e impermeabilización de cubiertas en el proyecto Laboratorio Nacional de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales - DIAN.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer las especificaciones de las herramientas y sistemas constructivos de cubiertas usados en el Laboratorio Nacional de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales - DIAN.
- Recopilar información sobre procesos de impermeabilización de cubiertas para identificar los métodos óptimos en términos de costo, durabilidad y rendimiento.
- Recomendar buenas prácticas de construcción e impermeabilización de cubiertas para disminuir su deterioro y mejorar las condiciones de servicio.

1.5. MARCO DE REFERENCIA

1.5.1. Marco teórico

1.5.1.1. ¿Qué es una cubierta? Se denomina cubierta al elemento que forma el cierre superior de una edificación, la funcionalidad de estas “es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, para resguardo, darle intimidad, aislación acústica y térmica”¹.

Es fundamental entender desde el punto de vista funcional la complejidad de una cubierta, saber cuáles son los componentes constructivos de éstas y la función requerida. Los requisitos funcionales de una cubierta son:

- **Estabilidad.** La cubierta transmite cargas a la estructura del edificio como son su propio peso y sobrecargas de nieve, agua, mantenimiento y de viento. Las cubiertas han de hacer frente a las acciones térmicas y a las dilataciones que le afecten directamente.

- **Arriostramiento en el sistema estructural del edificio.** En el caso de las cubiertas los elementos empleados como arriostramiento suelen ser pequeños perfiles angulares o bien tirantes de redondo o pletina. Junto con los cordones superiores de los dinteles y las correas, estos elementos de arriostramiento dispuestos habitualmente en cruces los cuales constituyen unos entramados en los planos de cubierta capaces de absorber empujes del viento².

- **Estanqueidad.** En este ítem es de importancia que la cubierta cumpla con el aislamiento y no permita el paso de agua lluvia y viento.

- **Aislamiento.** Ha de actuar como aislamiento entre ambientes exterior e interior:

- Térmico: debe resistir la diferencia de temperatura.

- Acústico: ha de resistir el ruido exterior.

¹**CONSTRUMÁTICA.** Metaportal de Arquitectura y Ingeniería y Construcción . [En línea] [Citado el: 26 de Mayo de 2018.] <http://www.construmatica.com/construpedia/Cubiertas>.

²**ARRIOSTRAMIENTO** . Capítulo XI. [En línea] [Citado el: 19 de Mayo de 2018.] http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/3211/mod_resource/content/1/Teoria/Cap_XI_I.pdf.

- Hídrico: debe resistir los niveles de humedad.
- Resistencia al fuego en ambos sentidos (exterior al interior y viceversa).
- Soportar el calor exterior³.

1.5.1.2. ¿Qué es impermeabilización? La impermeabilización es un proceso que consiste en la protección de las edificaciones de los efectos que el agua pueda causar en ellas. Se considera un seguro de vida para el edificio y asegura la salud y comodidad de los que se encuentran en él. Este método ejerce de aislante en las superficies en las que se aplica impidiendo el paso del agua a través de ellas.

• **Efectos ocasionados a la edificación causados por mala impermeabilización.**

Cuando las fuentes de humedad no han sido debidamente consideradas en la etapa de diseño y desarrollo de la obra, se pueden presentar efectos nocivos en la construcción. Entre los cuales se encuentran:

- **Filtraciones.** Las filtraciones de agua son efectos causados por el paso de la misma a través de elementos que no han sido correctamente impermeabilizados. “Dichas filtraciones afectan la salud de los habitantes, los acabados arquitectónicos y si es muy severo pueden afectar la integridad estructural de la edificación”⁴. Por lo cual es necesario realizar esfuerzos conjuntos para mitigar, prevenir y corregir estos problemas.
- **Aparición de humedades a causa de las filtraciones.** La humedad por filtración es aquella que se genera cuando el agua se filtra entre las grietas originadas en paredes y muros y que, por lo general, producen manchas de humedad en las paredes interiores de la edificación⁵.

³Ibid., p. 17.

⁴**Andrés Felipe Girón Rodríguez, Fabián Leonardo Ramírez Fandiño. 2016. IMPERMEABILIZACIÓN DE SUPERFICIES EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS.** [En línea] 2016. [Citado el: 17 de Marzo de 2018.]

⁵**SOLUCIONES, HUMEDADES – TRATAMIENTOS Y. 2018.** Humedades por filtración – Causas y Soluciones. [En línea] 2018. [Citado el: 17 de mayo de 2018.] <https://reparar-humedades.com/humedad-por-filtracion-solucion/>.

Estas humedades son causadas generalmente por rajaduras en paredes de contención, una mala impermeabilización o fallas en los diseños hidráulicos y estructurales de la obra.

- **Consecuencias de las humedades causadas por filtración.** Por lo general, la humedad por filtración, viene acompañada por malas prácticas constructivas, que pueden ser desde el empleo de materiales con una elevada relación de agua/cemento, ineficiente colocación de juntas o fallas en el diseño. Todos estos inconvenientes generan que el agua atraviese las paredes generando el deterioro del mortero, oxidación del hierro, desconches y la aparición de moho.

A nivel salud, “éste tipo de humedad genera un ecosistema poco saludable en el cual se generan con mucha facilidad manchas de moho (formadas por colonias de ácaros y hongos) complicando el bienestar de quienes habitan en ese hogar, fundamentalmente de aquellas personas que padecen de problemas respiratorios, como asma o alergia bronquial”⁶.

1.5.2. Marco conceptual. Dentro del proyecto que tiene como fin reconocer el estado y tipo de cubiertas con el que cuenta la Universidad Católica de Colombia, es importante resaltar:

- **Aislamiento térmico:** Aquel material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica, estableciendo una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tendería a igualarse en temperatura.
- **Estanqueidad:** También conocida como barrera impermeable es un sistema de protección en la estructura que tiene como la función de impedir la entrada de agua en el interior de edificaciones.
- **Geotextil:** Aquel material plano, permeable y polimérico, que se emplea en contacto con suelos, “se caracterizan por presentar varias funciones simultaneas una vez colocadas en el terreno.”⁷ Entre las ventajas de los geotextiles se tienen, filtración, separación, refuerzo y protección de la superficie.

⁶ Ibid., Humedades.

⁷ **Ballester Muñoz, Francisco, Castro Fresno, Daniel y Gil Oceja, Miguel.** *Definición, función y clasificación de los geotextiles.* [En línea] Universidad de Cantabria. [Citado el: 14 de noviembre de 2018.] <https://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>.

- **Humedad por filtración:** Es “aquella que se produce por el acceso de agua a través de huecos o grietas, o a través de elementos porosos, y que normalmente da lugar a manchas. Las filtraciones generalmente se producen como consecuencia de zonas sin impermeabilizar o con impermeabilización deficiente que permite el paso del agua a través de la fachada, muros de contención y cubiertas.”⁸

- **Impermeabilización:** Es proteger algo contra efectos que el agua puede causar a una hogar o apartamento y se debe considerar como un seguro de vida, a la vez que da confort a quienes lo ocupan.

- **Imprimación:** El proceso que implica la aplicación de una capa previa de un material específico para que la pintura “cumpla con su trabajo” y el resultado y la durabilidad sean los deseados.⁹

Material bituminoso: Son aquellas sustancias de color negro sólidas o viscosas, dúctiles que se ablandan por el calor que puede ser de naturales o artificiales.

1.5.3. Marco Histórico. Desde sus inicios, el hombre y las especies que lo rodean han buscado refugio en cuevas, o lugares cerrados que le permitan protegerse y aislarse de las inclemencias del ambiente. Esta constante búsqueda de refugio ha motivado a las personas a desarrollar métodos que brinden seguridad, confort y durabilidad a la hora de resguardarse de los embates del clima.

En sus inicios las cubiertas y la impermeabilización eran el mismo concepto, no había diferencia alguna, ya que las cubiertas hechas de ramas y troncos de los árboles brindaban condiciones de estanqueidad mínimas. Seguidamente, emergieron cubiertas de caña y arcilla que mejoraban un poco este criterio, pero dificultaban la evacuación de agua. En la Edad Antigua los griegos estudiaron la evacuación de agua junto con las pendientes de las cubiertas; de la misma manera, el imperio romano, desarrolló la implementación de uniones entre los elementos de las cubiertas, garantizando una mayor estanqueidad.

En la edad media, los techos de edificaciones de iglesias y casonas, estaban configurados cómo entresijos sobre viguetas en madera. En este periodo, se empleaba la unión de distintos materiales por lo cual sólo se concebían las cubiertas inclinadas, las cuales facilitaban la escorrentía. En las civilizaciones Persa, Asiria y

⁸**IMPERMEABILIZACIÓN Y DRAHAJE/CUBIERTAS INCLINADAS.** *Placas asfálticas para impermeabilización bajo teja.* [En línea] [Citado el: 20 de Mayo de 2018.] http://www.tectonicaonline.com/productos/1190/teja_asfalticas_impermeabilizacion_placas_tile_un_der_onduline_onduflex/.

⁹**2014.** PINTURA E BLOG . *¿Qué es la imprimación?* . [En línea] 16 de Enero de 2014. [Citado el: 26 de Mayo de 2018.] <http://www.pinturae.com/blog/que-es-la-imprimacion/>.

posteriormente la Griega, surge un concepto más acabado de la cubierta y en sus construcciones se pueden apreciar casi los mismos elementos que integran el concepto actual, salvando la gran diferencia que existe y no otra cosa que la posibilidad de separar realmente la cubierta (estructura–armazón) y su protección (impermeabilizante)”¹⁰.

Al final del siglo XIX se descubre el material que iba a ser la piedra angular de las cubiertas actuales, ya que permitía lograr la estanqueidad necesaria con costos operacionales muy bajos.

En el siglo pasado la construcción de cubiertas cambió su rumbo al incluir estructuras planas que a pesar de tener vacíos técnicos, daban una premisa de las tecnologías que se iban a desarrollar unos años después. Estos avances les permitieron a los constructores tener más libertad en el momento de concebir arquitectónica y estructuralmente las edificaciones.

En la actualidad la mayoría de estudios sobre cubiertas e impermeabilización se han desarrollado en países como Cuba y España, donde distintos investigadores han comparado rendimientos, materiales, disposición y variedad de elementos estructurales que brinden funciones adicionales como aislamiento térmico, acústico y diversidad arquitectónica.

¹⁰ REYNA, Alba Cruz y CRUZ, Juan José. *LOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y SU ANÁLISIS SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA EL CONTROL EN EL PROCESO DE DISEÑO*. s.l. : Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, 2012.

1.6. ESTADO DEL ARTE

Con el objetivo de cubrir al hombre del clima, agentes externos, etc. Las cubiertas surgen como una gran necesidad para el hombre y con el tiempo se ha encontrado una gran variación de esta.

Con el fin de evitar estancamientos, las primeras edificaciones “tenían forma inclinada similar a la de una montaña.”¹¹ Posterior a la aparición de las cubiertas inclinadas, en la sociedad preindustrial surge la azotea con una gran variedad de usos como lo son, tender la ropa, extender y secar el grano de algún alimento.

En el mundo actual, la cubierta plana ocupa un gran lugar debido a la estética que ofrece en el edificio o en casas. Al igual que el hombre, las edificaciones y casas necesitan protección ante el agua para evitar daños en su estructura.

En los años sesenta con la investigación de la NASA “carrera espacial que intentaba llevar el hombre a la luna”¹² se crearon una gran variedad de plásticos, en donde se destacó la fibra de vidrio. Este material reciclado “que se puede aplicar en diferentes campos y especialmente en el área de la impermeabilización obteniendo una malla o una tela de fibra de vidrio muy fina y de pequeño espesor, la cual logra ser el principio de las impermeabilizaciones con membrana prefabricada”¹³.

En los años setenta y ochenta debido al crecimiento de las ciudades, los agentes químicos presentes en la atmosfera y los rayos ultravioleta ocasionaron daños al sistema de membrana con malla de refuerzo. A finales de los años ochenta se tienen nuevos materiales, la creación de membranas prefabricadas a las cuales se le añadió fibra de vidrio y poliéster lo cual generó una capa completamente sellada y con mayor resistencia a la lluvia y a los agentes químicos provenientes de la contaminación.

El auge de la impermeabilización se da con la llegada de la poliurea. Este producto fue desarrollado en los Estados Unidos a finales de los ochenta los cuales fueron introducidos al mercado a mediados del año 1987.

En el año de 1973, Otto Bayer durante varios ensayos para lograr una fibra sintética, uso un grupo de reactivos que formaba uretanos al entrar en contacto con los alcoholes. En 1979 se desarrolla la primera espuma para el aislamiento de edificios, más tarde se desarrolla la primera membrana de poliuretano con el que se da inicio a la revolución de la impermeabilización ya que creaba “un sistema de juntas y que

¹¹**Historia y evolución de las cubiertas. 2018.** MADRID S.L. [En línea] 25 de junio de 2018. [Citado el: 12 de octubre de 2018.] <https://www.integralesmadrid.com/es/blog/historia-y-evolucion-de-las-cubiertas/>.

¹²**IMPERMEABILIZACIONES** . Historia . [En línea] [Citado el: 23 de octubre de 2018.] <http://www.oocities.org/impermeabilizantes/historia.htm>.

¹³ Ibid., Hallazgos.

se podía adaptar a cualquier geometría de la superficie a la vez que presentaba unas propiedades mecánicas excelentes y una gran resistencia al tiempo”¹⁴.

En la década de los noventa, Mark S. Barton y Mark Schlichter desarrollaron la poliurea en dos componentes isocianato y resina.

La poliurea se ha venido usando en proyectos de grandes áreas de superficie debido a sus grandes ventajas que serán nombradas más adelante.

¹⁴**TECNOPOL.** ¿Poliurea pura o poliuretano? ¿Cuál elegir? *Historia*. [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2018.] <https://tecnopol.es/actualidad/poliurea-pura-o-poliuretano-cual-elegir>.

2. CUBIERTAS Y SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN EN LA ACTUALIDAD

2.1. CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS EN LA ACTUALIDAD

El diseño y la elaboración de cubiertas han cambiado a lo largo de la historia debido principalmente a los constantes avances tecnológicos, innovación y facilidad constructiva.; Desde la pendiente recomendada hasta los sistemas de desagüe, todas las características de las cubiertas así como su funcionalidad van a la vanguardia con las tendencias arquitectónicas, por lo cual los constructores deben tener bases teóricas que fundamenten de manera responsable dichos procesos constructivos.

2.1.1. Tipos de Cubierta.

2.1.1.1. Según la geometría. Las distintas configuraciones físicas y proporcionales de las cubiertas, determinan su eficacia y eficiencia debido a que facilitan la distribución de aguas lluvias por medio de distintos sistemas de desagüe y distribución de capas. Según este criterio, se tienen principalmente dos tipos de cubiertas:

- **Cubiertas planas.** Son aquellas en las que no intervienen estructuras de cierre inclinadas o curvas. “Aunque se denominen planas, estas cubiertas poseen un ligero declive para que se produzca el desagüe, aconsejándose un 3% de pendiente”¹⁵. Su conformación se centra en la utilización de capas que soporten solicitaciones de carga. Los tipos de cubiertas planas se definen a continuación.

- **Cubiertas transitables.** “En estas cubiertas se trata de colocar un recubrimiento o capa de protección que sea capaz de soportar sobreesfuerzos, incluso, sobreesfuerzos de uso”¹⁶. Sus capas están constituidas por cámaras de aire,

¹⁵**AUTOPROMOTORES** .*Tipo de cubiertas y tejados* . [En línea] [Citado el: 19 de Mayo de 2018.] https://www.autopromotores.com/proyecto/tipos-de-cubiertas-para-tejados/#Definicion_de_cubierta.

¹⁶**CARABALLO ALEX, GARCÍA J. FRANCISCO, TRUJILLO BRYAN, PROL ALBA. 2015.** Cubierta planas transitables . [En línea] 22 de Enero de 2015. [Citado el: 19 de Mayo de 2018.] <https://processosped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-transitables.pdf>.

impermeabilización, mortero de acuerdo al tipo de tráfico, aislamiento térmico, etc. Las cuales a su vez se encuentran subdivididas en:

- **Cubierta en pavimento.** Su característica distintiva es que el pavimento que la compone es totalmente horizontal. Las juntas y demás elementos constituyentes facilitan el drenaje y mantenimiento respectivo. (Véase la Figura 1)

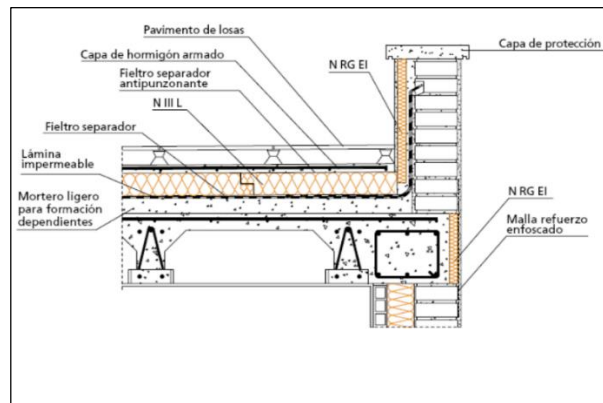


Figura 1. Cubierta en pavimento. REY DE CABO Lara del, GONZÁLEZ SÁNCHEZ Elena , Otros. *Cubiertas Horizontales Transitables. Cubiertas Drenadas. Cubiertas Invertidas.* 2012

- **Losa-acero.** “Este sistema está desarrollado para uso en losas de entrepisos metálicos en edificios. Sus componentes básicos son: lámina acanalada, malla electro-soldada y conectores de corte”¹⁷. es ideal para liberar el uso de cimbra de madera en estructuras de concreto. (Véase la Figura 2)

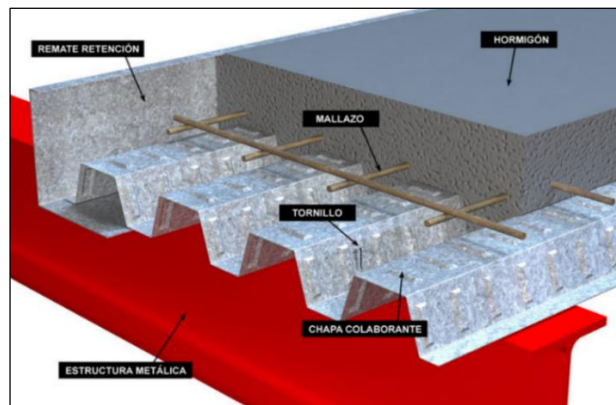


Figura 2. Losa-acero. F., PFENNIGER. *Arquitectura+acero.* [En línea] <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>

¹⁷UNACH. *Facultad de Ingeniería.* [En línea] 15 de Febrero de 2013. <https://es.slideshare.net/SammuelGoGo/cubiertas-de-concreto/13>.

- **Cubierta catalana.** “Usualmente empleada en lugares con climas de temperaturas altas, cuenta con cámaras de aire cuya función es contrarrestar el calor generado sobre la cubierta”¹⁸. (Véase Figura 3)

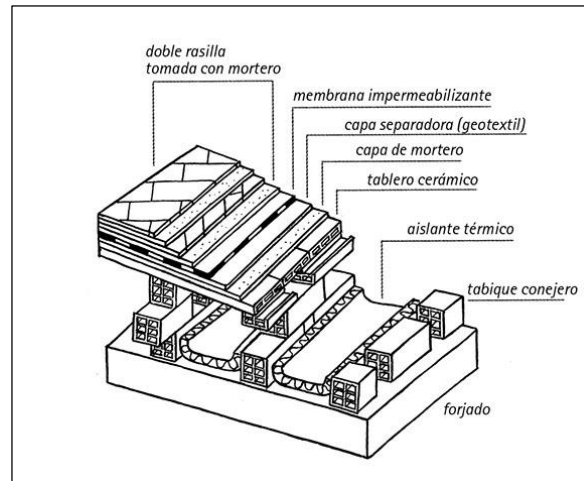


Figura 3. Cubierta Catalana. ARAUJO, Ramón. *La arquitectura y el aire: ventilación natural*. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.] <http://www.tectonica-online.com/temas/ventilacion/arquitectura-aire-ventilacion-natural-ramon-araujo/35/>

- **Cubierta de tráfico rodado.** Está diseñada para que resista el paso vehicular por medio de elementos solicitados a preesfuerzos mayores. Está constituida por una capa de rodadura que puede ser de material asfáltico o concreto. (Véase la Figura 4)

¹⁸ ROBAYO, Jose Luis y PÉREZ, Rafael Eduardo. Análisis de la captación y aprovechamiento del agua lluvia para la utilización en el campus de la Universidad Católica de Colombia (Bogotá), de acuerdo a las características de sus sedes. *Tesis de grado*. Bogotá D.C. : s.n., 2016.

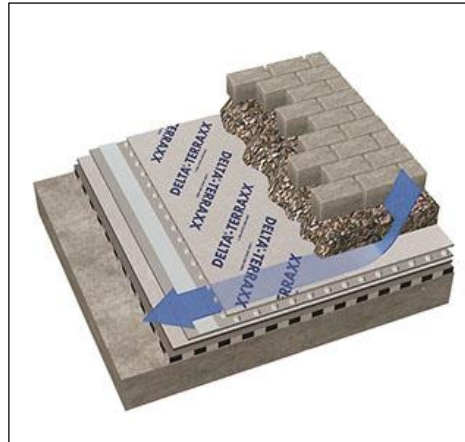


Figura 4. Cubierta para tráfico rodado. Dörken. Cubiertas: nuevos usos. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.] <http://www.tectonica-online.com/temas/cubiertas/nuevos-usos/cuadro/34/>

- **Cubierta de placa maciza.** Es aquella superficie horizontal, construida en concreto reforzado que cubre tableros rectangulares o cuadrados. Sus extremos se apoyan sobre vigas que transmiten la carga a las columnas de la edificación. El aislamiento que poseen este tipo de cubiertas es deficiente. (Véase la Figura 5)

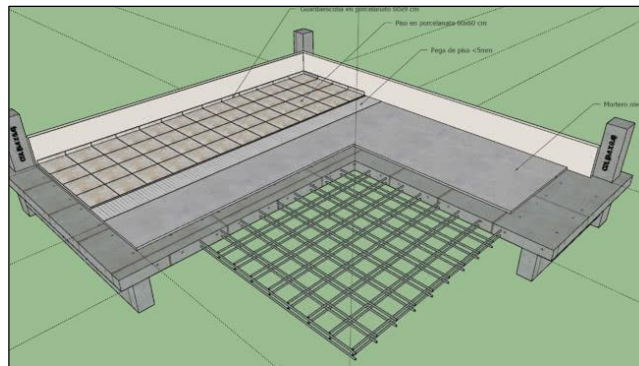


Figura 5. Cubierta maciza. TARAZONA, Maria Fernanda. Placa maciza. UPB - Ing. Civil, Bucaramanga: s.n.

- **Cubiertas de losa filtrante.** Compuesta de placas aislantes que permiten facilitar el mantenimiento y limpieza; las losas están elaboradas en concreto poroso de alta resistencia, lo que facilita el drenaje y protege la impermeabilización. (Véase la Figura 6)

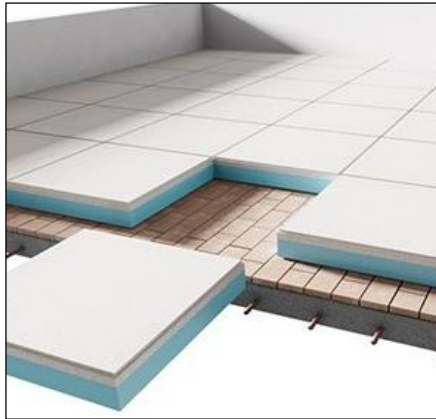


Figura 6. Cubierta losa filtrante. Texsa

o **Cubiertas no transitables.** “Se declaran no transitables aquella que carecen de protección, y únicamente están habilitadas para el paso de personas en tareas de mantenimiento”¹⁹. Este tipo de cubiertas se diseña para que resista principalmente cargas muertas.

- **Cubiertas invertidas.** “Normalmente de superficie transitable, que funciona de forma apuesta a la tradicional. Esto quiere decir que el aislante térmico es el que protege al sistema de impermeabilización y no al revés”²⁰. (Véase la Figura 7)

¹⁹ESTADO DE CONOCIMIENTO DE CUBIERTAS METÁLICAS. 2003.

²⁰RAI PINTORES . ¿Qué es una cubierta invertida? [En línea] [Citado el: 19 de Mayo de 2018.] <http://www.raipintores.com/que-es-una-cubierta-invertida-y-ventajas>.

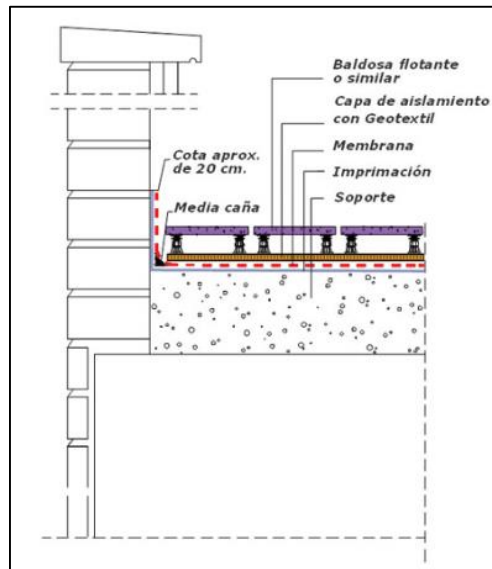


Figura 7. Cubierta invertida. ALCHIMICA . Building chemicals. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.] <https://www.alchimica.es/sistemas/cubiertas/cubierta-invertida-con-baldosa-flotante/>

- **Cubiertas de techos verdes.** “En este tipo de cubierta, la capa de tierra y vegetación cumple la función de aislamiento al ser las plantas muy buenas reguladoras de la temperatura por la función evapotranspiración que realizan, además de dotar a la edificación de una gran inercia térmica”²¹. (Véase la Figura 8).

²¹**AUTOPROMOTORES .** Tipo de cubiertas y tejados . [En línea] [Citado el: 19 de Mayo de 2018.] https://www.autopromotores.com/proyecto/tipos-de-cubiertas-para-tejados/#Definicion_de_cubierta.

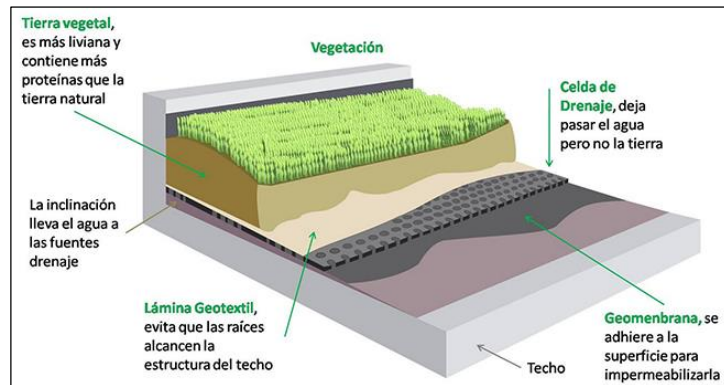


Figura 8. Cubierta de techo verde. GRUPPE, Hildebrandt. Eficiencia energética

- **Cubiertas sumergidas.** Cuenta con sistemas estructurales que soportan lámina de agua de mínimo 10 cm de altura²²; es necesario que tenga bordes rematados y que se le realice mantenimiento rutinario debido a la presencia de microorganismos patógenos. Cuentan con capa de vapor. (Véase la Figura 9)

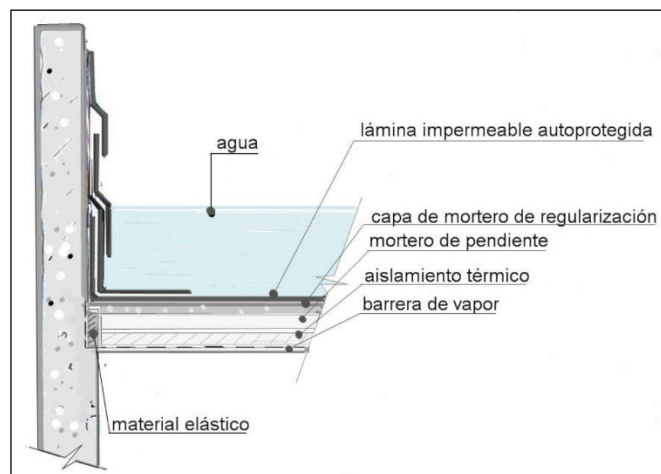


Figura 9. Cubierta sumergida. Monylit

- **Cubiertas metálicas.** “Están conformadas de acero galvanizado, ya que el recubrimiento de metales protege altamente la superficie”²³. Entre sus características fundamentales se encuentran la resistencia a la corrosión, durabilidad, protección UV, poco mantenimiento y larga vida útil. (Véase la Figura 10)

²² ROBAYO. Jose y PÉREZ. Rafael. Op. cit., p.13

²³ **MABASA.** Características y propiedades de una cubierta metálica. [En línea] 28 de Enero de 2015. [Citado el: 12 de Septiembre de 2018.] <https://mabasa.com.mx/caracteristicas-y-propiedades-de-una-cubierta-metalica/>.

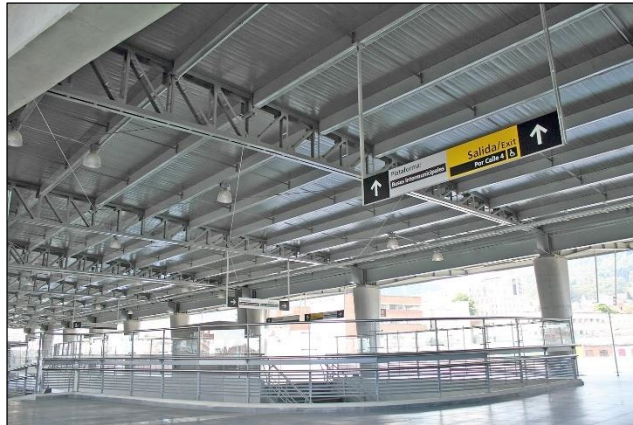


Figura 10. Cubierta metálica. ESTRUCTURANDO. [En línea] 25 de Agosto de 2016. [Citado el: 12 de Septiembre de 2018.]

• **Cubierta inclinada.** Cuando la inclinación de una cubierta es superior al 10%, se considera que es una cubierta inclinada. A los planos inclinados que conforman la cubierta inclinada se les denomina faldones. Dentro de este tipo de cubierta, de acuerdo a su forma se encuentran:

○ **Cubierta a una agua.** También se denominan mono-direccionales debido a que su inclinación y orientación va en un solo sentido. Esta cubierta puede emplear materiales como asbesto cemento, teja de barro, plásticas, entre otros. “En la mayoría de ocasiones se complementa con una canaleta con la cual se dirige o conduce el agua a un extremo donde se hace descender el flujo hasta el nivel del suelo para ser desaguado”²⁴. Se recomienda realizar mantenimiento constante a canaletas y bajantes. (Véase la Figura 11)

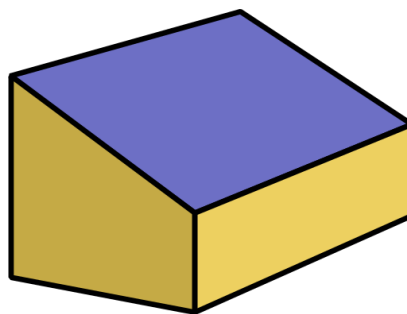


Figura 11. Cubierta a un agua. BENUTZER, Shannon.

²⁴ ROBAYO. Jose y PÉREZ. Rafael. Op. Cit., p.34

○ **Cubierta a dos o más aguas.** También llamadas multi-direccionales, drenan las aguas pluviales hacia las canaletas que están ubicadas perimetralmente. “se deben revisar y limpiar las canaletas, así como las descargas y el caballete”²⁵. Se distinguen elementos como las limatesas, que son intersecciones de dos faldones que forman un ángulo convexo entre sí y la limahoya, que recoge el agua de lluvia proveniente de distintas vertientes. (Véase la Figura 12)

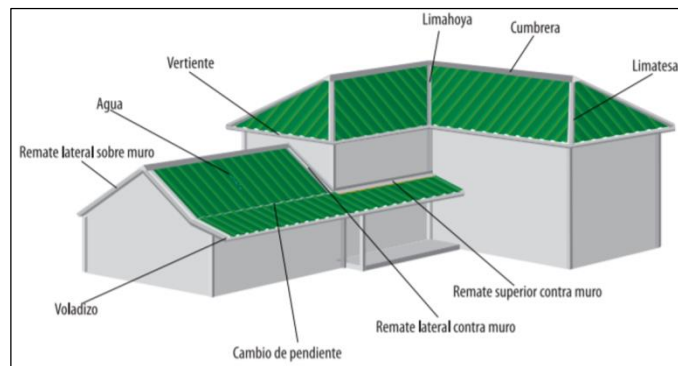


Figura 12. Cubierta multidireccional. Acesco, 2015

○ **Cubiertas espaciales.** “Es una estructura formada por elementos superpuestos de acero, unidos con barras y pernos que le dan sostén a este tipo de cubierta”²⁶. Si la superficie a diseñar es de doble curvatura y puede absorber fuertes esfuerzos en los bordes hay que emplear estructuras laminares. Si es plana se le deberá dar suficiente inercia. Con lo cual, debemos de tener especial cuidado al diseñar este tipo de estructuras. (Véase la Figura 13)

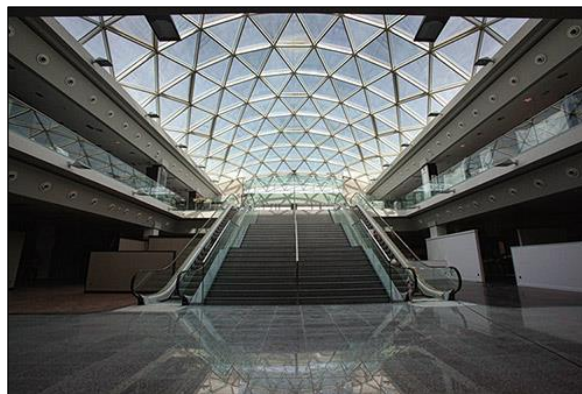


Figura 13. Cubierta espacial. Luvitec

²⁵ *Mantenimiento de cubiertas e impermeabilización del establecimiento educacional.* CONDEMARÍN, Guillermo. s.l. : Gobierno de Chile, Septiembre de 2000.

²⁶ ESTADO DE CONOCIMIENTO DE CUBIERTAS METÁLICAS. Op. Cit., p.35.

○ **Cubiertas neumáticas.** “Las estructuras neumáticas pueden resolver la cubierta de superficies muy grandes sin apoyos intermedios, proporcionando, asimismo, la posibilidad de montar, desmontar y transportar la estructura con facilidad”²⁷. Además, de que facilita la circulación de aire fresco y permite la acción de cargas generando esfuerzos únicamente esfuerzo a tracción. Para su diseño se debe tener en cuenta la acción del viento y nieve si aplica. (Véase la Figura 14)



Figura 14. Cubierta neumática. BERG, C, 2011

2.1.1.2. Según su material. Los avances dentro del sector en la construcción y la utilización de nuevos materiales en cubiertas hacen que exista una gran variedad de ellas donde daremos una pequeña definición de cada una.

• **Cubiertas en madera.** Las cubiertas en madera ofrecen una calidez en construcciones de viviendas, entre las ventajas de la utilización de estas tenemos que son más ligeras, su instalación es más rápida y cuentan con aislamiento térmico y acústico. (Véase la Figura 15)

²⁷**BASSET SALOM, Luisa.** Estructuras neumáticas . [En línea] Universitat Politècnica de València. [Citado el: 2 de Octubre de 2018.] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30383/Estructuras%20neum%C3%A1ticas.pdf?sequence=1>.



Figura 15. Cubierta en madera. MADEREA. Maderea. [En línea] Octubre de 2016. [Citado el: 7 de Septiembre de 2018.] <https://www.maderea.es/por-que-una-cubierta-de-madera-vemos-el-caso-real-con-una-arquitecta/>.

• **Cubierta de caña.** La utilización de este tipo de cubierta se da en climas especialmente húmedos, dentro de las ventajas que se tiene es “la resistencia mecánica e impermeabilidad de la caña son mayores y esta puede intercalar algún elemento que refuerce la impermeabilización.”²⁸ (Véase la Figura 16)



Figura 16. Cubierta de caña. BAMBOO, Guadua Constructores S.A.S. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.]

²⁸**CONSTRUMÁTICA.** Metaportal de Arquitectura y Ingeniería y Construcción . [En línea] [Citado el: 26 de Mayo de 2018.] <http://www.construmatica.com/construpedia/Cubiertas>.

• **Cubierta de teja cerámica.** El uso del material cerámico en la ejecución de cubiertas viene avalado por siglos de experiencia y tradición. Es el material más utilizado porque responde perfectamente a las necesidades técnicas y económicas exigidas. Su gran versatilidad permite la obtención de tejas con formas muy diversas y tanto la adición de aditivos como la aplicación de tratamientos superficiales permiten obtener diferentes coloraciones y acabados.²⁹ (Véase la Figura 17)



Figura 17. Cubiertas teja cerámica. HISPALYT, Tejas. Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y tejas de Arcilla Cocida. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.]

• **Cubierta de pizarra.** La pizarra es un material muy versátil que puede ser usado en ambientes interiores como exteriores, las ventajas de usar este material en cubiertas son la perdurabilidad ya que estas “resisten heroicamente tanto a las inclemencias del tiempo como a otros agentes corrosivos producidos por los gases y humos que abundan en las ciudades o en lugares cercanos a vías de circulación o carreteras.”³⁰ También presentan otras ventajas como aislamiento térmico y acústico, impermeabilidad y resistencia a la flexión. (Véase la Figura 18)

²⁹Ibid., Sección. Condiciones de diseño.

³⁰**ESTADO DE CONOCIMIENTO DE LAS CUBIERTAS** . Tipos de cubiertas . [En línea] [Citado el: 26 de Mayo de 2018.] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3350/35737-7.pdf?sequence=7>.



Figura 18. Cubierta de pizarra. MANGINI, Ardesia. Archiexpo. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.] <http://www.archiexpo.es/prod/ardesia-mangini-d-snc/product-93820-1311593.html>

- **Cubierta de fibrocemento.** Este tipo de cubiertas también conocido como cubiertas de uralita tienen un número de ventajas en la implementación de edificios o casa, alguna de ellas son la buena impermeabilidad, la facilidad para ser cortadas y perforadas y son ligeras. (Véase la Figura 19)



Figura 19. Cubierta de fibrocemento. PACHECO. CUBIERTAS DE FIBROCEMENTO. FIBROCEMENTO Y SU USO EN CONSTRUCCIÓN. [En línea] <http://www.pachecoam.com/site1/cubiertas-fibrocemento/>

• **Cubierta de aluminio.** Dentro de las ventajas de esta se tiene, la durabilidad “los techos de aluminio son altamente resistentes, no se estropean con la lluvia, granizo o cualquier y resisten ante las condiciones meteorológicas, por lo que se puede asegurar su duración durante mucho tiempo”³¹ Requieren de una limpieza mínima y es de rápida colocación. (Véase la Figura 20)



Figura 20. Cubierta de aluminio. ALUBEL S.R.L. SISTEMA PARA CUBIERTAS DE ALUMINIO. [En línea]
[Citado el: 25 de Agosto de 2018.] [http://www.tectonica-online.com/productos/472/aluminio_cubiertas_accesorios/.Cubierta plastica](http://www.tectonica-online.com/productos/472/aluminio_cubiertas_accesorios/.Cubierta_plastica)

• **Cubierta de plástico.** El mayor uso de este tipo de cubiertas se da en invernaderos, donde se tiene una serie de características son ligeras, resistentes a productos químicos y son buenos en aislantes de calor y electricidad. (Véase la Figura 21)



Figura 21. Cubierta plástica. PATEC. NAVES INDUSTRIALES prefabricadas. Estructuras metalicas. [En línea] 2017. <https://www.patec.org/naves-industriales-prefabricadas.php>

³¹Ibid., p. 6.

• **Cubierta de vidrio.** Este tipo de cubiertas generan un factor importante que es la entrada de luz solar hacia el interior del edificio así como genera un aislamiento acústico y térmico donde “se recomienda como mínimo un doble acristalamiento y bajo emisivo para evitar las pérdidas de calor.”³² Al tiempo al construir cubiertas de este materia se debe tener en cuenta la seguridad “para evitar la caída del vidrio en caso de rotura y posibles daños a los usuarios se exige la utilización de vidrio laminado.”³³ (Véase la Figura 22)



Figura 22. Cubierta de vidrio. shenzhen, Jimy Glass co LTD. Toronto : s.n.

• **Cubierta de placa asfáltica.** Este tipo de cubiertas “son onduladas y están armadas a base de resina y fibras minerales y vegetales que garantizan la estanqueidad.”³⁴ Al igual que resulta ser una cubierta ligera debido a que las tejas no necesitan un material de agarre tradicional, además evitan humedades por condensación. (Véase la Figura 23)

³²Ibid., página 7

³³C., Gerardo J. Medina. 2017. LinkedIn. *IMPERMEABILIZACIÓN: DEFINICIÓN, TIPOS Y CUANDO SE DEBE REALIZAR*. [En línea] 2 de Septiembre de 2017. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] <https://es.linkedin.com/pulse/impermeabilizaci%C3%B3n-definici%C3%B3n-tipos-y-cuando-se-debe-medina-c->.

³⁴PINTURAS, BLANTEM. 2016. Blatem. *Sistemas de impermeabilización de cubiertas: ventajas de las membranas líquidas impermeabilizantes*. [En línea] 13 de Junio de 2016. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] <http://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/sistemas-de-impermeabilizacion-de-cubiertas-ventajas-de-las-membranas-liquidadas>.



Figura 23. Cubierta de placa asfáltica. DANOSA. Cubierta inclinada con placa asfáltica. [En línea] [Citado el: 9 de Septiembre de 2018.] <http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=IT1000&lng=1&site=1>

2.1.2. Sistema Estructural. Las cubiertas son elementos que brindan seguridad, confort y óptimas condiciones de diseño a los usuarios de todo tipo de estructura. De igual manera, consta de elementos estructurales que además de soportar cargas de diseño, unen los componentes de la cubierta propiciando el comportamiento monolítico de esta. A continuación se explican los elementos estructurales de las cubiertas.

2.1.2.1. Correas. Son los perfiles que forman el entramado sobre el que se fija la cubierta. Su fijación al resto de la estructura se realiza mediante tornillos calibrados. (Véase la Figura 24)



Figura 24. Correas metálicas. TEKTON. ¿Qué son las correas de techo? [En línea] 6 de Noviembre de 2013. <http://www.tekton.es/que-son-correas-techo/>

2.1.2.2. Vigas portantes. Son vigas en celosía o en vigas llenas, cuya misión es la de transmitir a los elementos de apoyo todas las cargas procedentes de la cubierta. “Se distribuyen por la cubierta tantas veces como módulos conformen la estructura. Esta fijación se lleva a cabo con tornillos alta resistencia”³⁵. (Véase la Figura 25)

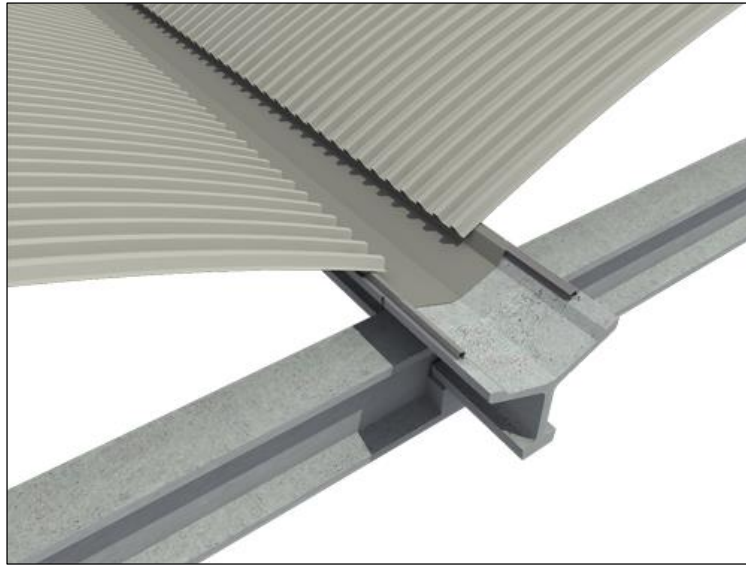


Figura 25. Viga portante. INCOPERFIL. Estructura Portante. [En línea] [Citado el: 7 de Junio de 2018.] <https://incoperfil.com/estructura-portante-cms-1-50-129/>

2.1.2.3. Pilares estructurales. Son los responsables de soportar y transmitir hasta la cimentación las acciones provenientes de la cubierta y es por esto por lo que su distribución coincide, generalmente, con los extremos de las vigas portantes. (Véase la Figura 26)

³⁵ESTADO DE CONOCIMIENTO DE LAS CUBIERTAS . Tipos de cubiertas . [En línea] [Citado el: 26 de Mayo de 2018.] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3350/35737-7.pdf?sequence=7>.



Figura 26. Pilares estructurales. PATEC. Naves construidas. Nave de gallinas camperas, en Sinarcas (Valencia). [En línea] <https://www.patec.org/construidas/avicolas/camperas-Sinarcas.php#>

2.1.2.4. Pilares de cierre. Su función es la de soportar y transmitir a la cimentación las acciones originadas por la actuación del viento. “Su distribución se realiza a lo largo de las fachadas frontales y laterales; en este último caso, intercalándose entre los pilares estructurales”³⁶.

2.1.2.5. Anclajes. Sobre ellos se materializa la unión entre los pilares y la cimentación y su dimensionamiento depende tanto de las acciones que los pilares transmiten a la cimentación como de la geometría de estos. (Véase la Figura 27).

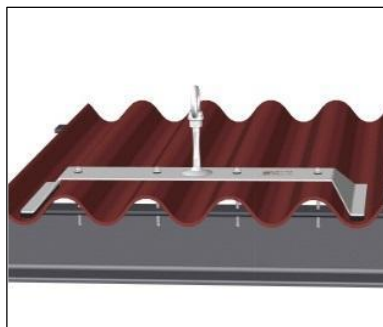


Figura 27. Anclajes en cubierta metálica. JOSE, LUIS. Anclajes para instalar cubiertas de fibrocemento. [En línea] 6 de Octubre de 2016. <http://acoher.es/anclajes-para-instalar-cubiertas-de-fibrocemento/>

³⁶Ibid., p. 6.

2.1.2.6. Arriostramiento. Se denomina así al conjunto de elementos estructurales que se distribuyen por los planos de cubierta y fachada con el fin de transmitir hasta la cimentación la componente horizontal de las cargas que actúan sobre el edificio. (Véase la Figura 28)



Figura 28. Arriostramiento diagonal. HABITISSIMO. Instalación de arriostramiento. [En línea] 2015. [Citado el: 25 de Octubre de 2018.] https://fotos.habitissimo.cl/foto/instalacion-de-arriostramiento_63596

2.1.2.7. Lucernario. “Los lucernarios se distribuyen sobre los planos más inclinados de la cubierta buscando la iluminación cenital, es decir, buscando el óptimo aprovechamiento de la luz natural, pero evitando la entrada directa de los rayos solares”³⁷.

2.1.2.8. Canalones. En ellos se recogen las aguas provenientes de la cubierta y se distribuyen hasta las bajantes. Se distribuyen a lo largo de las limahoyas de la cubierta con una pendiente del 5 % y se dimensionan con una capacidad de evacuación que supera ampliamente las condiciones meteorológicas más desfavorables. (Véase la Figura 29).

³⁷Ibid., p. 7.



Figura 29. Canalones. COVELO. Canalones. [En línea] [Citado el: 13 de Septiembre de 2018.] <https://www.covelocanalones.com/canalones.html>

2.1.2.9. Aislamiento térmico. Se consigue mediante textiles sintéticos como por ejemplo una manta de fibra de vidrio de unos 80 mm de espesor, que se coloca bajo el material de cubierta y que se distribuye sobre una red de soporte extendida sobre las correas. De este modo, además del aislamiento térmico propiamente dicho, se consigue evitar la aparición de condensaciones en el interior del edificio. (Véase la Figura 30).



Figura 30. Aislamiento térmico. ECOGREEN HOME. Cómo evitar pérdidas energéticas en una buhardilla. [En línea] [Citado el: 3 de Octubre de 2018.] <https://ecogreenhome.es/como-evitar-perdidas-energeticas-en-una-buhardilla-2/>

2.1.2.10. Falso techo. Su fijación se realiza anclándolas en un entramado de listones de madera suspendido de la estructura de cubierta. Este proceso es desarrollado como aislante secundario en ambientes de condiciones agresivas como granjas, explotaciones ganaderas, etc.

2.1.3. Procesos Constructivos Comunes. La puesta en marcha de la elaboración de las cubiertas debe ser un proceso ininterrumpido debido a que muchas veces las condiciones meteorológicas no facilitan la labor constructiva. Este procedimiento se explica por medio del siguiente gráfico:

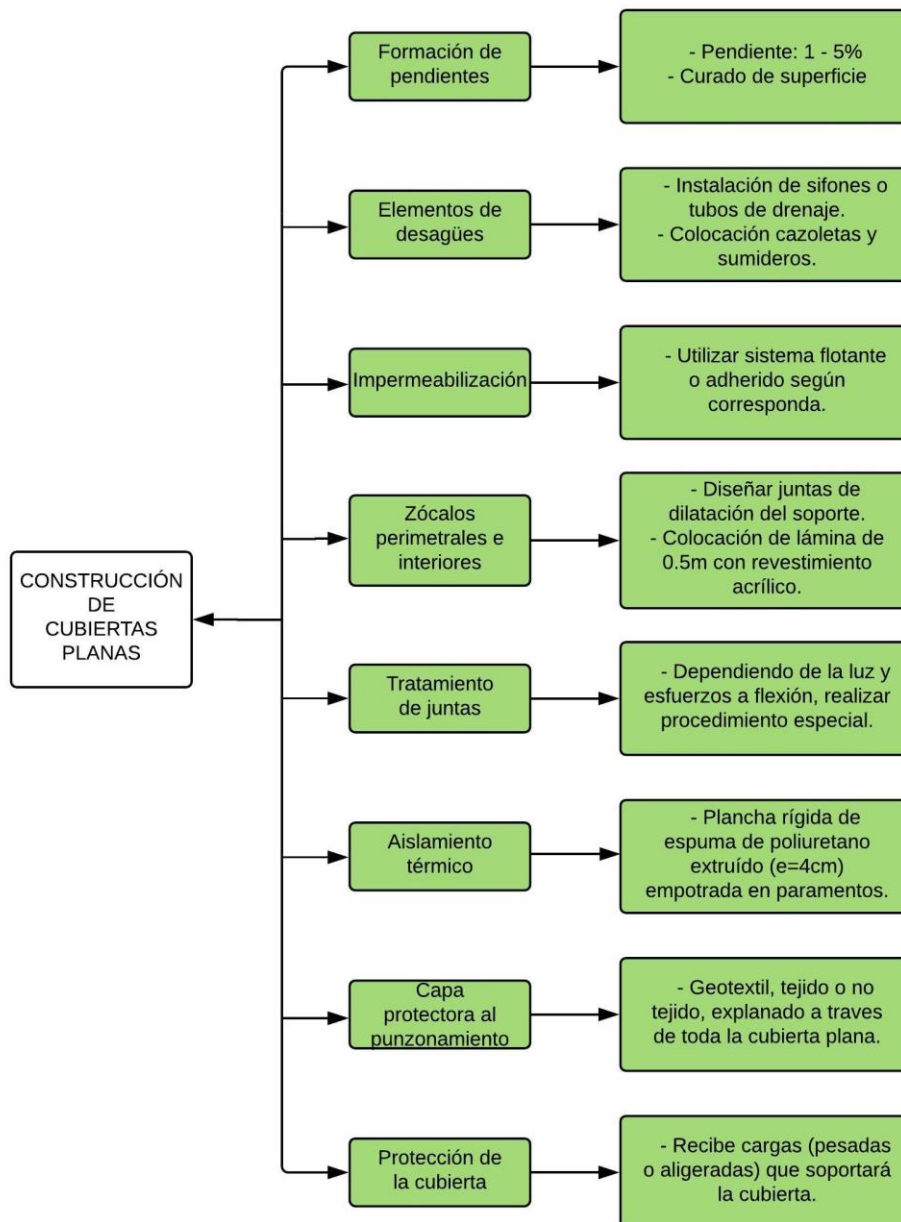


Figura 31. Proceso constructivo cubierta plana. Fuente: Autores (basándose en Caraballo)

2.1.4. Patologías. Las patologías más comunes de las cubiertas planas se deben a fallas en la impermeabilización, filtración en juntas y técnicas constructivas que carecen de fundamentos teóricos.

“Las Patologías Asociadas a la humedad se vinculan principalmente con el material seleccionado para cumplir la función de impermeabilización, a su correcta colocación y a la solución constructivas de los bordes, juntas y puntos críticos existentes en todas las cubiertas”³⁸, por lo cual es necesario atender de manera urgente cualquier deficiencia en este proceso del sistema constructivo para garantizar la homogeneidad y desempeño de la cubierta.

Teniendo en cuenta estas consideraciones y el autor mencionado anteriormente, se presentan las distintas patologías comunes a la hora de realizar construcciones de cubiertas planas.

2.1.4.1. Grietas.

DESCRIPCIÓN DAÑOS	CAUSAS	PREVENCIÓN	REPARACIÓN
Pueden presentarse en los muros de apoyo, soporte de la impermeabilización (rotura) ó en cubiertas desprovistas de juntas.	Movimientos estructurales de dilatación. En parapetos, se presenta por la dilatación de las juntas.	Junta de dilatación perimetral con movimiento horizontal libre.	Regularización o tapado de la grieta; también se puede reforzar los bordes del alero e independizar muros verticales afectados.

2.1.4.2. Fisuras.

DESCRIPCIÓN DAÑOS	CAUSAS	PREVENCIÓN	REPARACIÓN
Fisuras en parapetos, son aberturas longitudinales incontroladas.	En materiales porosos, aparecen debido a cambios en la humedad debido a secado superficial.	Revoques de baja absorción, o aplicación de sellante/hidrofugante.	Limpiar y sustituir elemento que contenga armadura de poliéster. El material debe ser poco poroso.

³⁸ REY DE CABO. Lara del. GONZÁLEZ SÁNCHEZ. Elena. Ob. Cit., p. 38.



Figura 32. Fisuras Registro fotográfico, Grupo LHS (2018)

2.1.4.3. Desgaste.

DESCRIPCIÓN DAÑOS	CAUSAS	PREVENCIÓN	REPARACIÓN
Desgaste en protección final de cubierta, cómo desplazamiento de cantos rodados.	La erosión es causada por el uso y paso del tiempo.	Prácticamente imposible de prevenir, se recomiendan realizar inspecciones periódicas.	Si es baja la erosión, la pieza se puede proteger con endurecedores; de lo contrario, sustituir elemento.

2.1.4.4. Desprendimiento.

DESCRIPCIÓN DAÑOS	CAUSAS	PREVENCIÓN	REPARACIÓN
Deterioro funcional y estético, adicionalmente riesgo de lesiones físicas a terceros.	Golpes o resquebrajamientos anteriores.	Correcto arriostramiento de los elementos que constituyen la fachada.	Corregir grietas, humedades, fisuras u organismos. De lo contrario sustituir pieza.



Figura 33. Desprendimiento cubierta de barro. SANTAMARTA, Pedro Gonzáles. Rehabilitación de cubiertas, patios y fachada de un edificio en Malasaña. [En línea] 10 de Febrero de 2015. <http://santamartaarquitectos.blogspot.com/2015/02/rehabilitacion-cubiertas-patios-fachada-edificio.html>

2.1.4.5. Humedades.

Este tipo de patología se presentará de manera mucho más detallada en el capítulo 3.4.8.1 de presente investigación.

2.1.4.6. Deformaciones.

DESCRIPCIÓN DAÑOS	CAUSAS	PREVENCIÓN	REPARACIÓN
Abombamientos en distintas capas de la cubierta; adicionalmente aparición de pliegues y aplastamiento.	Debido al alto tránsito al cual este sometido un elemento, produciendo degradación de la impermeabilización.	Evitar la utilización de grandes flechas que aumenten la vulnerabilidad estructural de la cubierta. (Cambio de pendiente).	Si es posible, instalar vigas de soporte inferior. Igualmente, si el daño es irreparable se recomienda sustituirlo.

2.1.4.7. Manchas y Eflorescencias.

DESCRIPCIÓN DAÑOS	CAUSAS	PREVENCIÓN	REPARACIÓN
Manchas debido a la cal y sales que contienen los morteros usados.	Problema estético, causado por alta humedad ambiental o problemas de filtración.	Prevenir humedades y utilización de materiales con baja absorción de agua.	Reparación de la filtración; limpieza (natural, química o mecánica) de fachada.

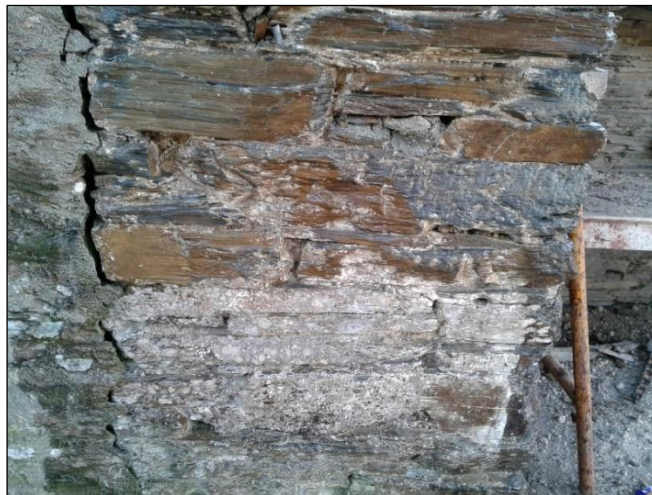


Figura 34. Eflorescencias. MACARENA OUTERIAL. Restauración de un cabozo_3 patologías. [En línea] 23 de Septiembre de 2013. <http://macarenaouteiral.blogspot.com/2013/09/restauracion-de-un-cabozo3-patologias.html>

2.1.5. Mantenimiento. Las actividades de mantenimiento se deberán orientar conforme al envejecimiento normal de edificio, sin limitarse únicamente a las patologías físicas. Para garantizar el correcto funcionamiento de la cubierta plana se deben seguir algunas recomendaciones básicas.

2.1.5.1. Uso. No cambiar o alterar las condiciones de servicio de la cubierta, ya que esto generará modificaciones en los requerimientos de carga. De la misma manera, se disminuirá la garantía y el buen desempeño de la cubierta, debido a que su funcionalidad ha sido modificada.

2.1.5.2. Estructuras hidráulicas. Establecer un correcto dimensionamiento y posición de sumideros, desagües, rebosaderos y demás elementos de drenaje que garanticen la correcta evacuación de aguas residuales. Se recomienda realizar limpieza periódica de canaletas.

2.1.5.3. Mantenimiento desagües. Principalmente en épocas de lluvia revisar sumideros, roturas en el pavimento y demás elementos, ya que las condiciones climáticas afectan directamente el buen funcionamiento y los costos de mantenimiento/repación de dichos elementos.

PATOLOGÍA	INSPECCIÓN	LIMPIEZA	EJECUCIÓN
Remoción de plantas	1 año	1 año	
Estanqueidad de juntas	1 año		
Protección aislamiento	2 años		
Acabados cubierta	3 años		
Anclajes / Fijaciones	5 años		
Limpieza general		10 años	
Juntas de dilatación		3 años	3 años
Lámina impermeable			10 años
Solado de cubierta	3 años	1 año	20 años

Tabla 1. Periodos de mantenimiento cubiertas. Tomado de Caraballo 2015. Traducción propia.

Es necesario realizar el mantenimiento respectivo para conservar óptimas características de rendimiento en la cubierta, de acuerdo al tipo de estructura, materiales y configuración estructural que presente. Se recomienda realizar visitas periódicas, ya que normalmente estas se realizan cuando se han perdido condiciones fundamentales en las cubiertas, cómo son la estanqueidad e impermeabilidad.

2.2. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.1. Materiales para Impermeabilización de Placas y Cubiertas. Los impermeabilizantes son sustancias que van a detener el agua, impidiendo el paso de esta a la estructura, por esto, las construcciones requieren de una protección externa que eviten daños tanto en el exterior como interior de la construcción. La impermeabilización mejora la durabilidad de la construcción y asegura los materiales y equipos que hay dentro de ella, por lo tanto se necesita un sistema de “impermeabilización duradera que resista los cambios de temperatura y las agresiones medioambientales, tales como la polución y la lluvia ácida”³⁹ (Véase la Figura 35)



Figura 35. Impermeabilización en placas y cubiertas. Autores

³⁹**MASTER BUILDERS SOLUTIONS.** Guía de impermeabilización de cubiertas MasterSeal. *Soluciones duraderas para cubiertas con sistemas líquidos.* [En línea] Barceloma. [Citado el: 25 de octubre de 2018.] [https://assets.master-builders-solutions.basf.com/Shared%20Documents/PDF/Spanish%20\(Spain\)/MBS_Broschuere_guia_impermeabilizacion_cubiertas_masterseal.pdf](https://assets.master-builders-solutions.basf.com/Shared%20Documents/PDF/Spanish%20(Spain)/MBS_Broschuere_guia_impermeabilizacion_cubiertas_masterseal.pdf).

2.2.1.1. Tipos de Emulsiones Asfálticas. La impermeabilización a base de emulsiones asfálticas, son ideales para aplicar en techos o azoteas. Este tipo de emulsiones pueden ser a base de agua y a base solvente.

• **Emulsiones asfálticas a base de agua.** Son de fácil aplicación, tienen buena adherencia en superficies secas y es un material que viene listo para usar. Los materiales asfálticos a base de agua requieren la aplicación de tres capas de impermeabilizante y para generar su protección se termina de cubrir la superficie con algún acabado. (Véase la Figura 36)



Figura 36. Emulsión asfáltica a base de agua. Autores

• **Emulsiones asfálticas a base de solvente.** Tiene usos principales en cubiertas, losas y en estructuras subterráneas, las ventajas que tiene este material es la excelente adherencia que tiene en el concreto, tiene una alta duración y soporta cambios bruscos de temperatura. (Véase la Figura 37)



Figura 37. Emulsión asfáltica a base de solvente. Autores

• **Láminas bituminosas.** Conocidas también como telas asfálticas. Posiblemente se trate del sistema más extendido y tradicional. Estas láminas impermeabilizantes están compuestas por sustancias bituminosas que contienen asfaltos naturales, betunes de penetración, de oxidación, alquitranes o breas que por aplicación directa quedan adheridas al soporte evitando filtraciones.

Entre sus ventajas destaca su excelente durabilidad; aunque es una solución costosa y muy poco flexible. La colocación de sus rollos negros es muy complicada y el material es muy poco resistente a la insolación, por lo que resulta necesario el revestimiento de su superficie con una nueva capa de protección (suelo cerámico, por ejemplo) lo que encarece todavía más el sistema. Además, “como consecuencia de la insolación, el material es susceptible de perder su capacidad de elasticidad, pudiendo desprenderse del soporte cuando este se dilata”⁴⁰.

Con la colocación de estas láminas se consigue interrumpir el paso del agua, bien sea de la lluvia o del subsuelo, al interior del edificio o edificación, al exterior en caso de depósitos. Dentro de estas láminas se tiene:

- **Auto-protegidas.** la capa asfáltica está protegida de fábrica, por ejemplo con una protección de aluminio gofrado o de pizarra triturada o arena en varios colores, aplicada sobre una de sus caras.

⁴⁰ Ibid., Láminas Bituminosas.

- **Láminas sin protección.** sus capas están expuestas, lo que obliga a protegerlas, especialmente la que vaya en la parte superior con un acabado como el gres, la ramilla o grava.
- **Con armadura.** “se denominan así, las que incorporan mallas de fibra de vidrio, poliéster o poliestireno en la lámina durante su fabricación”⁴¹.

2.2.1.2. Tipos de emulsiones acrílicas. La impermeabilización a base de acrílicos, es un producto fácil, eficaz y seguro de usar; este tipo de impermeabilizante esta hecho a base de resinas, pigmentos y componentes cerámicos, que cuando se seca se convierte en una capa impermeable entre el agua. Los materiales presentan elasticidad, plasticidad y adherencia.

Los impermeabilizantes acrílicos son llamados también poliméricos o elastoméricos, “su aplicación es rápida y tiene gran adhesión al concreto”⁴²

• **Ventajas de las emulsiones acrílicas.** Las emulsiones acrílicas son materiales de fácil manipulación y de un alto rendimiento, lo cual traduce en sus bajos costos de operación. A continuación se mencionan las ventajas de este material.

- Presenta alta adherencia en la superficie.
- Es amigable con el medio ambiente debido a que no presenta compuestos orgánicos volátiles.
- Alta resistencia a los rayos ultravioleta y gran durabilidad por su resistencia a la intemperie.
- Es un material que viene listo para usar, no requiere de calentamiento previo y no requiere de equipos especiales para su aplicación.
- Genera un acabo decorativo debido a la variedad de colores en que viene los materiales.
- Aplicado en superficies horizontales y verticales.

⁴¹**CONSTRUCCIÓN, CANAL. 2018.** Construcción. *Láminas Impermeabilizantes*. [En línea] 2018. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] <http://canalconstruccion.com/laminas-impermeabilizantes.html>.

⁴²**PASA, tecnología impermeable .** Qué son los impermeabilizantes acrílicos y cuál es su uso general. [En línea] [Citado el: 25 de octubre de 2018.] <https://pasaimper.com/impermeabilizantes-acrilicos/>.

- Corto tiempo de secado.
- Puntea mejor las fisuras.
- Tiene mayor “resistencia a la tensión por rotura ya que las fibras distribuyen y disipan los esfuerzos de tensión que producen las fisuras y el movimiento de los techos, disminuyendo la probabilidad de rotura de la impermeabilización.”⁴³

2.2.1.3. Tipos de emulsiones poliuretanos. Las impermeabilizaciones a base de poliuretanos, son ideales para la construcción, entre sus ventajas “es la reducción de los costos de mantenimiento pues se puede añadir una tela o malla protectora que aumentar la resistencia a los ataques del medio.”⁴⁴ Este tipo de impermeabilización es fácil de aplicar, tiene alta elasticidad, presentan una buena adherencia y buena resistencia a la intemperie. Las emulsiones poliuretanos pueden ser:

- **Membranas líquidas con base poliuretano.** También conocidas como membranas líquidas, se aplican como la pintura y al secarse forman una membrana elástica con gran capacidad impermeabilizante. “Las marcas de fabricantes de soluciones impermeabilizantes han desarrollado varias de estas membranas a partir de numerosos compuestos como el cemento, las resinas de silicona, los copolímeros acrílicos, poliuretanos o los impermeabilizantes bituminosos y asfálticos”⁴⁵.

De diversas composiciones, estas soluciones tienen algunos puntos en común con las pinturas al cloro-caucho, como su aplicación in situ, rápida y sencilla (por pintado). Como aspecto diferencial, estas membranas se crean como consecuencia de su secado. En concreto, el componente de esta pintura polimeriza dando lugar a un revestimiento elástico (membrana líquida) que se adhiere al soporte formando una capa impermeabilizante de gran calidad. Este revestimiento es de mayor

⁴³**SIKA.** 2018. Hoja de datos del producto. *impermeabilizante acrílico mejorado con fibras para impermeabilizar cubiertas*. [En línea] septiembre de 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2018.] file:///E:/Downloads/co-ht_Sika_Acrl_Techo_7_A%C3%B1os.pdf.

⁴⁴ **Díaz Avilés, Jordan.** Impermeabilizantes. *Ingeniería civil*. [En línea] [Citado el: 27 de octubre de 2018.] https://www.academia.edu/11313483/Impermeabilizantes_Jordan_Diaz_Aviles.

⁴⁵**PINTURAS, BLANTEM.** 2016. Blantem. *Sistemas de impermeabilización de cubiertas: ventajas de las membranas líquidas impermeabilizantes*. [En línea] 13 de Junio de 2016. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] <http://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/sistemas-de-impermeabilizacion-de-cubiertas-ventajas-de-las-membranas-liquidas>.

espesor y elasticidad que el del cloro-caucho con lo que resulta la mejor solución calidad-precio para la impermeabilización de cubiertas.

Por otro lado, las membranas líquidas pueden llegar a tener propiedades termo-reflectantes, con lo que contribuyen a limitar las ganancias de calor en el interior de los edificios. De esta forma, “se pueden conseguir importantes ahorros en el consumo de energía (aparatos de refrigeración), una menor contaminación (emisión de CO₂) y una mejora del confort térmico en el interior”⁴⁶. A continuación se mencionan las ventajas de las membranas líquidas con base poliuretano

- **Fácil aplicación:** Las membranas líquidas se aplican como cualquier otra pintura con brocha, rodillo o pistola. Además, pueden aplicarse con facilidad en cubiertas con grandes pendientes o abovedadas.

- **Elevada elasticidad:** En superficies como terrazas donde existe una exposición directa al sol, la dilatación de su superficie es un problema que afecta directamente a los productos para la impermeabilización de terrazas. La elasticidad de las membranas líquidas evita que surjan grietas y otros desperfectos que puedan condicionar su calidad.

- **Larga vida útil:** Las propiedades impermeabilizantes se extienden en el tiempo sin que exista una merma en su efectividad. De hecho, “no es necesario un mantenimiento regular como sí ocurre con otras soluciones”⁴⁷.

- **Láminas EPDM.** El EPDM (Etileno Propileno Dieno Monómero) es un terpolímero elastómero ampliamente utilizado como impermeabilización gracias a sus altas prestaciones frente los agentes atmosféricos, ácidos y álcalis, ultravioletas y ozono entre otros.

Se utiliza en “edificaciones para todo tipo de cubiertas planas o inclinadas de obra nueva o rehabilitación; en fachadas; en obra hidráulica para embalses, canales de riego, balsas de alta montaña o estanques ornamentales; y en obra civil para la impermeabilización de infraestructuras”⁴⁸.

La impermeabilización mediante láminas de caucho EPDM parte de la fabricación de “láminas compuestas por una estructura de polímero reticulado que proporciona

⁴⁶Ibid., Sección Láminas Bituminosas.

⁴⁷Ibid., Secciónmembranas líquidas

⁴⁸Ibid., Humedades.

resultados excelentes incluso en los entornos más exigentes. Son láminas impermeables auto-protegidas⁴⁹. Su aplicación es en frío y, a diferencia de las láminas bituminosas, su material de caucho resulta más resistente a la intemperie y a los rayos UV, por lo que no necesitan ningún tipo de protección adicional. También se trata de un sistema de gran durabilidad y calidad.

Es un material flexible y muy elástico, además, no provoca problemas estructurales por movimientos, roturas o medias cañas (encuentros con paredes). En cambio, con telas asfálticas, PVC y demás materiales si se pueden presentar estos inconvenientes; pese a esto, “es una de las soluciones más costosas, por lo que resulta difícil de asumir en muchos contextos. Además su aplicación es complicada y necesita un alto nivel de capacitación”⁵⁰.

2.2.2. Comparación Económica. La gran variedad de sistemas impermeabilizantes disponibles en la actualidad, le permiten a contratistas y constructores escoger entre una amplia gama de materiales, técnicas, equipos y ventajas que brindan garantías considerables de rendimiento y durabilidad, en comparación con los métodos tradicionales.

Los sistemas impermeabilizantes más usados en la construcción, son escogidos debido a sus bajos costos operacionales y la facilidad de obtención de insumos que afectarán de manera directa los cronogramas de ejecución de obras. Otro aspecto importante a considerar es la durabilidad, puesto que el periodo en que se realicen los respectivos mantenimientos va a ser determinante en las condiciones y el periodo de servicio del sistema impermeabilizante escogido.

Se realizó la cotización de precios de distintos sistemas impermeabilizantes aplicados en cubiertas transitables principalmente (véase la Tabla 2), con el fin de comparar financieramente las técnicas escogidas y brindar criterios claros de escogencia.

⁴⁹**ROLLGUM. 2016.** Qué es el EPDM para impermeabilización. [En línea] 8 de Abril de 2016. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] <http://www.rollgum.com/noticia/que-es-el-epdm-para-impermeabilizacion/> .

⁵⁰**PINTURAS, BLANTEM. 2016.** Blantem. *Sistemas de impermeabilización de cubiertas: ventajas de las membranas líquidas impermeabilizantes.* [En línea] 13 de Junio de 2016. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] <http://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/sistemas-de-impermeabilizacion-de-cubiertas-ventajas-de-las-membranas-liquidas>.

MATERIAL IMPERMEABILIZANTE	ACTIVIDADES A REALIZAR	COSTO DIRECTO PROMEDIO (COP)	A.I.U (18%)	SUBTOTAL (COP)	IVA SOBRE LA UTILIDAD (COP)	COSTO TOTAL PROMEDIO (COP)*
POLIUREA	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de Grietas y fisuras. • Nivelación y aislamiento mecánico. • Imprimación • Aplicación poliúrea. 	\$ 70.639	\$ 12.715	\$ 83.354	\$ 940	\$ 84.294
MANTO CON REFUERZO FIBRA DE POLIÉSTER	<ul style="list-style-type: none"> • Aseo general de la superficie • Suministro y aplicación de una capa Primer asfáltico. • Regateo de la junta formada por accesorios de PVC y loza de concreto. • Reparación de la junta formada por el accesorio de PVC y loza de concreto con poliuretano. • Emboquillado de sifones con manto de 3.0mm, reforzado con fibra de vidrio en el centro, pegado y sellado con llama de gas por todos sus contornos. • Suministro e instalación de manto 3.00 mm. 	\$ 29.087	\$ 5.236	\$ 34.322	\$ 387	\$ 34.709
MEMBRANA DE PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Aseo general de la superficie. • Suministro e instalación de geotextil. • Suministro e instalación de perfilaría de lámina metal-ship en el perímetro fijada con chasos. • Suministro e instalación de membrana PVC con acabado termo sellada por todo su perímetro. • Suministro e instalación de poliuretano en el perímetro de los perfiles. 	\$ 68.146	\$ 12.266	\$ 80.412	\$ 906	\$ 81.319
SISTEMA ELÁSTICO DE POLIURETANO	<ul style="list-style-type: none"> • Aseo general de la superficie a impermeabilizar. • Lavado con maquina Hidrolavadora, a 1.800 PSI, en chorro de aspersión. • Secado de la superficie con pistola de aire caliente a 400 grados de temperatura si lo requiere. • Corte reparación e Inyección de poliuretano NP1 en fisuras y/o grietas, afinado con espátula. • Regateo de la junta formada por el accesorio de PVC y la loza de concreto. • Suministro y aplicación de una capa de activador de impermeabilización existente. • Suministro y aplicación de una capa de poliuretano, secar de 8 a 12 horas. • Suministro y aplicación de una segunda capa de poliuretano, dejar curar 7 días antes de hacer prueba de estanqueidad. 	\$ 52.356	\$ 9.424	\$ 61.780	\$ 696	\$ 62.476
SISTEMA ACRÍLICO	<ul style="list-style-type: none"> • Aseo general de la superficie. • Suministro y aplicación de Primer. • Emboquillado de sifones con poliuretano. • Suministro y aplicación de una primera capa de impermeabilizante acrílico. • Suministro e instalación de una capa de refuerzo en poliéster. • Suministro y aplicación de una segunda capa de impermeabilizante. 	\$ 29.087	\$ 5.236	\$ 34.322	\$ 387	\$ 34.709

Tabla 2. Comparación económica sistemas impermeabilizantes. Fuente: Autores.

Como podemos observar en la tabla anterior, los métodos más costosos son la poliurea y las membranas de PVC debido a que su durabilidad es bastante alta; en muchas ocasiones, es necesario realizar una inversión mayor en sistemas impermeabilizantes debido a que si se escogen aquellos de menor costo, probablemente no tengan una durabilidad superior y que, a su vez, modificará los costos de mantenimiento y condiciones de servicio esperadas.

Los costos de la Tabla 2, fueron tomados de cotizaciones realizadas a entidades contratistas como Alpinismo Urbano, Cubriseal, Habitissimo y tecfloors SAS. El valor de A.I.U. que contemplan las empresas anteriores varía entre los 15 y 18%, considerando el valor correspondiente al 18% que corresponde a los costos indirectos del objeto de contrato. La columna de costo promedio se halló, con los valores generados de las entidades nombradas anteriormente y el valor de A.I.U.

A partir de la cotización de los materiales presentes en la Tabla 2, se realizó una tabla con la durabilidad que tienen estos impermeabilizantes en la construcción.

MATERIAL	DURABILIDAD
Poliurea	La poliurea tiene una vida útil larga, "la membrana impermeabilizante de poliurea tiene el certificado DITE para una vida útil de 25 años" ⁵¹
Manto con refuerzo fibra de poliéster	10 años
Membrana de PVC	15 años
Sistema elástico de poliuretano	10 años
Sistema acrílico	3 a 7 años

51

TECNOPOL. POSEEDOR DE DITE PARA VIDA UTIL DE 25 AÑOS. [En línea] [Citado el: 19 de noviembre de 2018.] <https://tecnopol.es/actualidad/polyurea-tecnocoat-p-2049-poseedor-de-dite-para-vida-util-de-25-anos>.

Tabla 3. *Tabla de durabilidad. Autores*

Como se observa en la tabla anterior, los métodos con mayor durabilidad son la poliurea y membranas de PVC. La durabilidad depende de factores de instalación y el cuidado que se de en ella. El certificado DITE, ahora llamado EAT (*European Technical Approval*), es “una evaluación técnica favorable de la idoneidad de un producto para el uso asignado, fundamentado en el cumplimiento de los requisitos esenciales previstos para las obras en las que se utilice dicho producto”⁵²

⁵² **CSIC Consejo Superior Investigación Científica.** DITE . *Ministerio de Ciencia, innovación y universidades* . [En línea] [Citado el: 19 de noviembre de 2018.] <http://dit.ietcc.csic.es/dite/>.

3. ESTUDIO DE CASO: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL LABORATORIO NACIONAL DE LA DIAN

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto del Laboratorio de la DIAN está ubicado en la Calle 65 Bis entre Carreras 81 y 89, de la nomenclatura urbana de la ciudad de Bogotá, perteneciente a la localidad de Engativá barrio Álamos.

El proyecto arquitectónico y civil considera la construcción de dos edificios que contempla un sistema apoticado con estructura en concreto reforzado y estructura metálica, cuenta con una cimentación conforme a un sistema combinado de zapatas, dados, vigas de amarre y pilotes tipo tornillo.

El edificio metálico conocido como zona de laboratorio cuenta con 4 (cuatro) pisos que tendrá un área construida de 3.690 M2 y el segundo edificio zona de parqueadero hecho en concreto cuenta con 2 (dos) pisos y con un área construida de 2.635 M2 (véase la Figura 38)

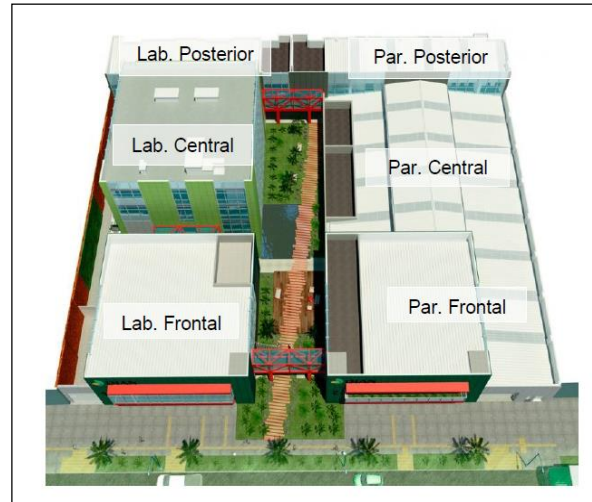


Figura 38. Distribución de las zonas del proyecto de Laboratorio DIAN. GRUPO EMPRESARIAL LHS. 2017. Construcción Laboratorio Nacional de Aduanas de la DIAN. [En línea] 2017. [Citado el: 12 de junio de 2018.] <http://porto.grupolhs.co/project/construccion-laboratorio-nacional-de-aduanas-de-la-dian/>

En la anterior figura se refleja la distribución que tiene el proyecto contando con el lado derecho la zona de parqueadero la cual que está repartida en tres secciones, frontal, central y posterior.

En el lado izquierdo se tiene toda la zona de laboratorio que al igual que el parqueadero está distribuido en secciones frontal, central y posterior.

3.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar, construir, dotar y poner en operación un laboratorio químico de aduanas moderno, que sirva como herramienta efectiva para el control de contrabando técnico.

3.3. CONSTRUCCIÓN CUBIERTAS DEL LABORATORIO CENTRAL DIAN

El proyecto construcción del laboratorio central de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN, tiene como objetivo realizar la modificación, adecuación y rehabilitación estructural de un pórtico de acero resistente a momento, el cual se construyó en 2007 y debido a problemas en el desarrollo de la obra, se abandonó sin su respectiva conclusión. La estructura anteriormente mencionada, presentaba una alta corrosión en los apoyos, disminuyendo la sección de acero y su resistencia (véase la Figura 39). Por lo cual fue necesario realizar cambios en la estructura para alcanzar nuevas especificaciones de diseño.

De igual manera, se pretende construir tres bloques adicionales, destinados para parqueaderos y un puente peatonal, el cual serán estructuras que brindarán confort y seguridad a los usuarios de este laboratorio. Al realizar estas obras adicionales se garantiza la innovación de la estructura, ya que contará con última tecnología para realizar todo tipo de pruebas de calidad y demás procedimientos técnicos.



Figura 39. Detalle corrosión en base. Universidad de Antioquia, memoria estructural 2015.

3.3.1. Proceso Constructivo Empleado. La construcción de las cubiertas en el laboratorio central de la DIAN se realizó mediante un sistema de losa colaborante o *Steel deck* (véase la Figura 40), el cual es un sistema metálico que sirve de soporte para el concreto, brindando opciones alternativas a la losa maciza convencional. “Las losas colaborantes tienen dos funciones estructurales: la primera es durante el vaciado del concreto ya que soporta el peso del material líquido y las cargas asociadas al proceso constructivo; la segunda ventaja es en servicio, ya que la placa trabaja de manera monolítica con el concreto, soportando cargas por medio de conexiones a cortante”⁵³. Cabe resaltar que la placa *Steel Deck*, aporta resistencias a los momentos positivos que se originan tanto en la fase de instalación como en la vida útil de la estructura.

⁵³ **Rackham, Couchman and Hicks.** Composite Slabs and Beams using Steel Decking: Best Practice for Design and Construction . [Online] 2009. https://www.steelconstruction.info/images/b/b8/SCI_P300.pdf. 978-1-85942-184-0.

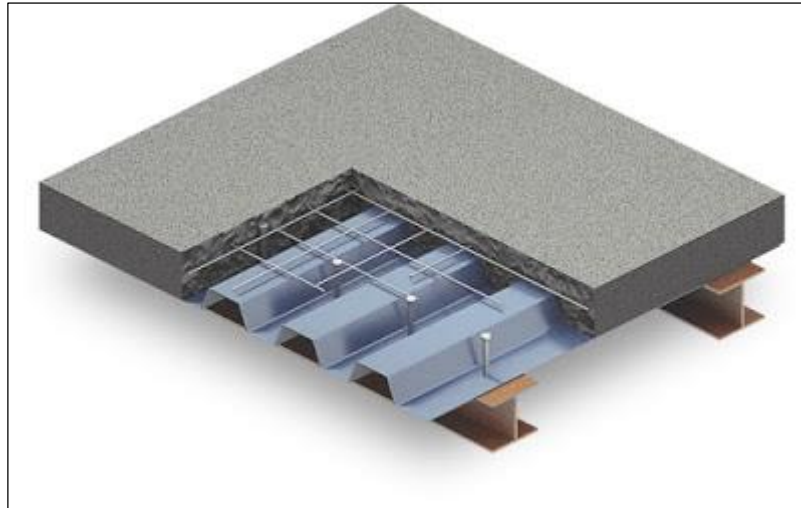


Figura 40. Placa Steel Deck. O PÓRTICO. Conheça o Steel Deck. [En línea] 18 de Octubre de 2015. <http://o-portico.blogspot.com/2015/10/conheca-o-steel-deck.html>

3.3.2. Elementos Constituyentes. Las placas colaborantes o *Steel Decks* deberán cumplir criterios tanto de resistencia como de estética, para responder a las prestaciones para las cuales fueron escogidas de acuerdo al tipo de estructura. Este tipo de placa está compuesta principalmente por los siguientes elementos:

3.3.2.1. Placa colaborante. Es una plancha de acero rodada en frío, que tiene como función principal brindar sostén a la estructura y servir de encofrado para el concreto. Esta placa es doblada por medio de bobinas con un ancho específico (véase la Figura 41). Esta placa se concibe de acuerdo a la norma norteamericana ASTM A653, así como los manuales de diseño del AISC. “No se permite el uso de aditivos o acelerantes que contengan sales clorhídricas o fluoruros ya que éstos pueden producir corrosión sobre la lámina de acero”⁵⁴.

⁵⁴ ACESCO. Op. cit., p.19.

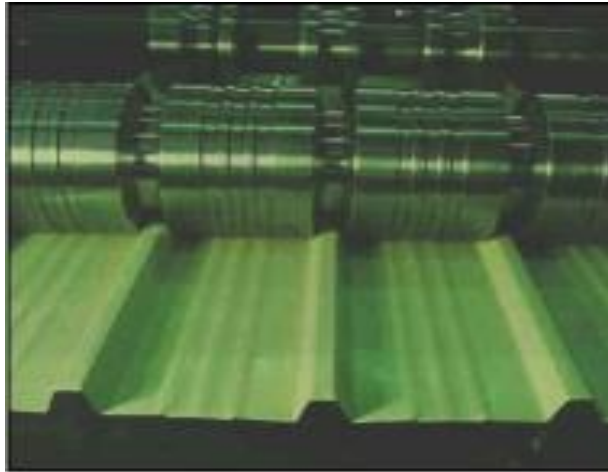


Figura 41. Perfiladora de bobina. ESTADO DE CONOCIMIENTO DE CUBEIRTAS METÁLICAS. 2015

3.3.2.2. Concreto. Es un material homogéneo compuesto de arena, grava, aire, agua y aditivos que se encarga de soportar principalmente los esfuerzos a compresión que puedan llegar a tener las placas. En el proyecto se utilizó concreto de resistencia igual a 28Mpa (4000psi), el cual está dentro de los parámetros adecuados de diseño; este material debe cumplir lo estipulado en el título C de la norma sismo-resistente colombiana (NSR-10).

3.3.2.3. Malla electro-soldada. “Son estructuras de acero planas en forma de panel, formadas por alambres de acero grafilados o lisos, dispuestos en forma ortogonal y electrosoldados en todos los puntos de encuentro”⁵⁵. Esta malla de refuerzo tiene la función principal de controlar la retracción de fraguado y los cambios térmicos que ocurran debido al concreto. Estos materiales se construyen de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC- 5806 (ASTM A1064) y (NTC 2310). (véase la Figura 42)

⁵⁵GERDAU . Diaco. *Malla Electrosoldada*. [En línea] 2018. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <https://www.gerdau.com.co/PRODUCTOSYSERVICIOS/Productos/LineasProductos/MallaEstandarElectrosoldada.aspx>.

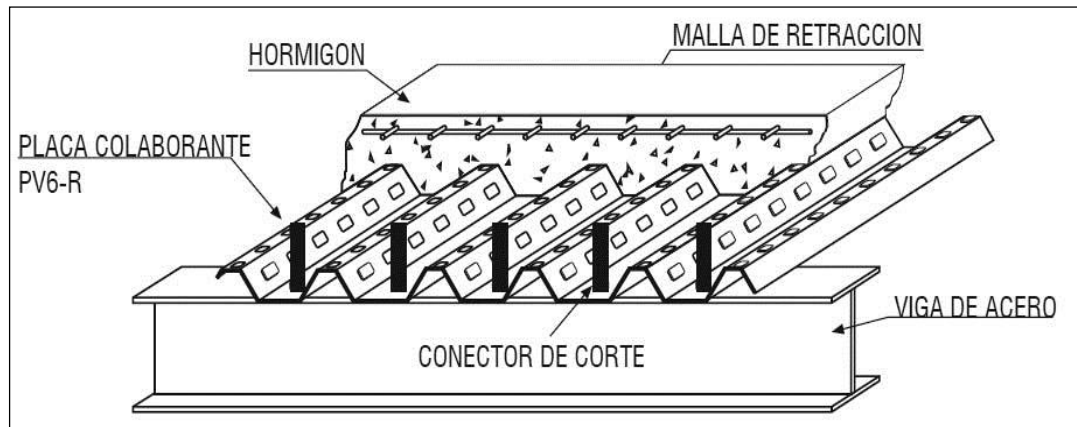


Figura 42. Elementos de losa colaborante. F., PFENNIGER. Arquitectura+acero. [En línea]
<http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>

El sistema *Steel Deck*, al trabajar como una estructura mixta horizontal, presenta una alternativa muy atractiva para los constructores, debido a su versatilidad y excelentes condiciones de diseño en edificaciones industriales, habitacionales, estacionamientos, puentes peatonales estacionamientos, cubiertas, etc. (Véase la Figura 43)



Figura 43. Steel deck en puente peatonal. Autores

3.3.3. Consideraciones Estructurales. Debido a que el proyecto construcción de laboratorios de la DIAN se plantea cómo una rehabilitación de la estructura ejecutada en 2007, se realizaron las respectivas adecuaciones respecto a las nuevas solicitudes arquitectónicas del proyecto, con lo cual fue necesario realizar nuevas condiciones de apoyo para las vigas metálicas del primer nivel.

“El diseño de miembros reforzados con losa colaborante está basado en la capacidad de resistencia de carga de acuerdo al tipo de falla que gobierne el elemento”⁵⁶.

3.3.3.1. Espesor de la losa y recubrimiento. El recubrimiento mínimo en la parte superior de la losa debe ser de 50 mm (2”), para garantizar la correcta adherencia entre la lámina de acero y el concreto, así como los demás elementos estructurales.

3.3.3.2. Cargas de diseño. Al diseñar este tipo de losas, es necesario tener en cuenta las cargas actuantes; En este caso se tuvieron en cuenta el peso propio del tablero, peso del concreto fresco, construcciones temporales (mantenimiento e instalación) y los distintos apuntalamientos para la disposición en obra, evitando esfuerzos máximos que puedan dañar la losa (véase la Figura 44).

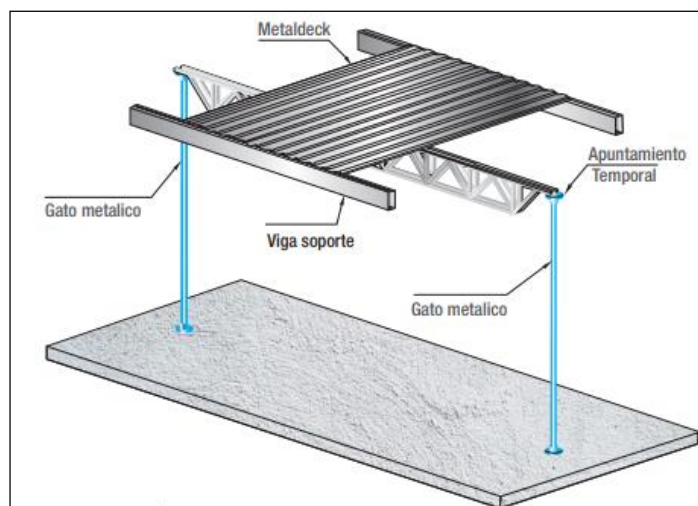


Figura 44. Apuntalamiento común. ACESCO. Manual Técnico Metaldeck. [En línea] 2013. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaldeck-grado-40-manual-tecnico.pdf>

En la Figura 45 podemos evidenciar los criterios básicos para el diseño de losas colaborantes, con lo cual se garantiza un rendimiento esperando según las cargas de servicio, la vida útil y el mantenimiento.

⁵⁶ PORTER, Max L. y EKBERG Jr, C. E. Design Recommendations for Steel Deck Floor. [En línea] 24 de Noviembre de 1975. <http://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=iscs>.

“Es necesario que este proceso sea realizado por un ingeniero Civil o Estructural idóneo, debidamente acreditado con matrícula profesional vigente”⁵⁷; ya que será este quien junto con el cliente acuerde las solicitaciones arquitectónicas y estructurales de estos elementos.

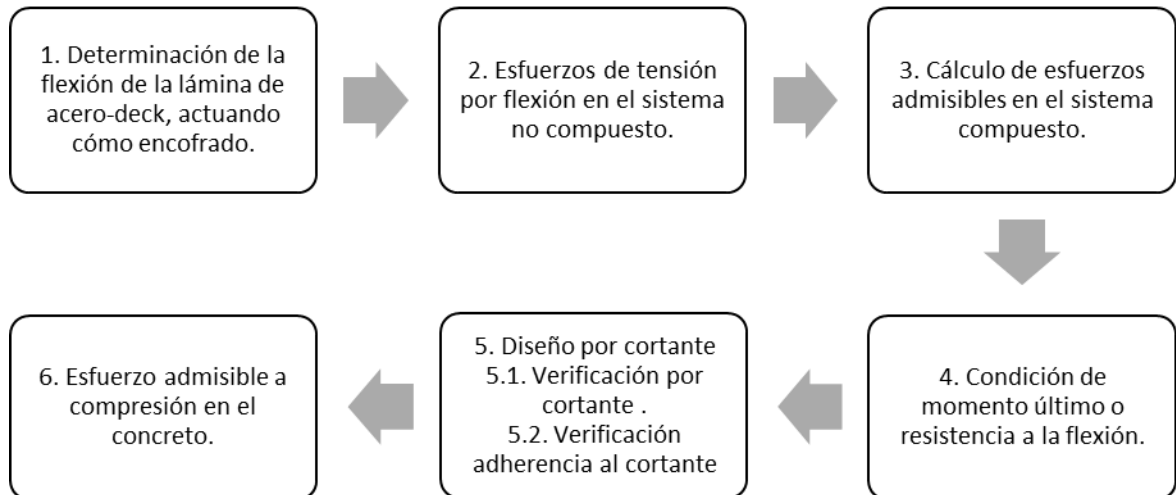


Figura 45. *Parámetros generales de diseño. Autores basándose en Ritchell Sobrevilla*

3.3.4. Detalles Constructivos. La cubierta del laboratorio central de la DIAN se construyó con respecto a las cargas de diseño y respetando las deflexiones máximas de acuerdo al espesor de los componentes de la losa. En la Tabla 4, se muestra la distribución de superficies que posee la cubierta, predominando las losas mixtas como parte fundamental de la estructura. De igual manera, en la Tabla 5, se esquematiza la distribución de volúmenes en la cubierta.

⁵⁷ ACESCO. Op. cit., p.11.

Distribución área de cubierta (m²)	
Superficie total	436.76
Superficie total forjados	429.12
Losas mixtas	429.12
Superficie en planta de vigas, zunchos y muros	1.15
Superficie lateral de vigas, zunchos y muros	13.71

Tabla 4. Distribución áreas cubierta laboratorio central. Autores basándose en Memoria Estructural Universidad de Antioquia, 2015

Distribución volumen de cubierta (m³)	
Concreto total en vigas	0.00
Volumen total forjados	38.72
Losas mixtas	34.99
Forjado doble vigas	3.73

Tabla 5. Distribución volúmenes cubierta laboratorio central. Autores basándose en Memoria Estructural Universidad de Antioquia, 2015

Para la construcción de la placa *Steel deck*, se desarrollaron los siguientes pasos:

3.3.4.1. Transporte y almacenamiento. Este proceso es de vital importancia, ya que se garantizarán las óptimas condiciones del material por medio de un correcto transporte, almacenamiento y disposición del material. En las láminas *Steel deck*, es común que se agrupen en grupos de máx. 25 elementos, de acuerdo al calibre y los pisos donde se van a instalar.

El almacenamiento dependerá de las distintas solicitudes de materiales que se encuentren en la obra. Los principales aspectos que se deben tratar son:

- Protección a la intemperie: Se debe velar que el material se encuentre lejos del terreno natural, para evitar corrosiones a causa de humedad.
- Ventilación: Es necesario que el material se encuentre protegido del aire, ya que la condensación afecta las condiciones del mismo.
- Acceso: El área de almacenamiento debe contar con espacios amplios que permitan el adecuado manejo del material.

3.3.4.2. Izaje y colocación. Son actividades que se centran en la disposición del material de acuerdo a la posición de la obra, por lo cual en cada proyecto se podrán adaptar procesos diferentes. En el laboratorio central de la DIAN, se utilizó un sistema de izaje mecánico (véase la Figura 46) debido a la altura a la que se encuentra la cubierta.

Es necesario que los operarios sean capacitados para la manipulación de láminas *Steel deck*, ya que hay altos riesgos de cortes, caídas, etc. Para una correcta colocación, se recomienda un apoyo mínimo sobre vigas transversales terminales de 4 cm embebida en la losa.

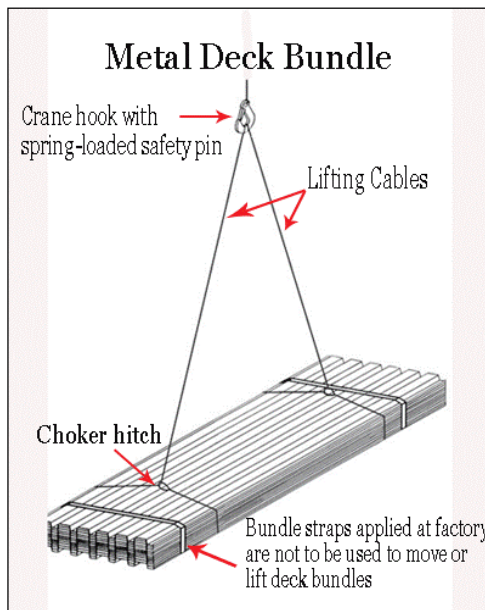


Figura 46. Izaje mecánico. ABBATA, Allan. WARREN. *Metal Decking Provides for Building Stability and Worker Safety*. [En línea] 17 de Enero de 2014. <https://www.warrenforensics.com/2014/01/17/metal-decking-provides-for-building-stability-and-worker-safety/>

3.3.4.3. Fijación y conectores. La fijación es el sistema usado para restringir el movimiento de la lámina, evitando fallos estructurales y lesiones laborales. Usualmente se realiza por medio de tornillos auto perforantes, soldadura de arco sumergido (AWS), etc.

“Los conectores o pernos de corte, se utilizan cuando se forman sistemas compuestos de losas y vigas. Dicho conector se une a la viga metálica mediante soldadura y a la losa por el concreto alrededor del mismo”⁵⁸. Estos elementos se deben instalar, al igual que los demás elementos de acuerdo a los planos de diseño. (Véase Figura 47). En el proyecto laboratorio central de la DIAN, se utilizaron este tipo de elementos. (Véase la Figura 48)

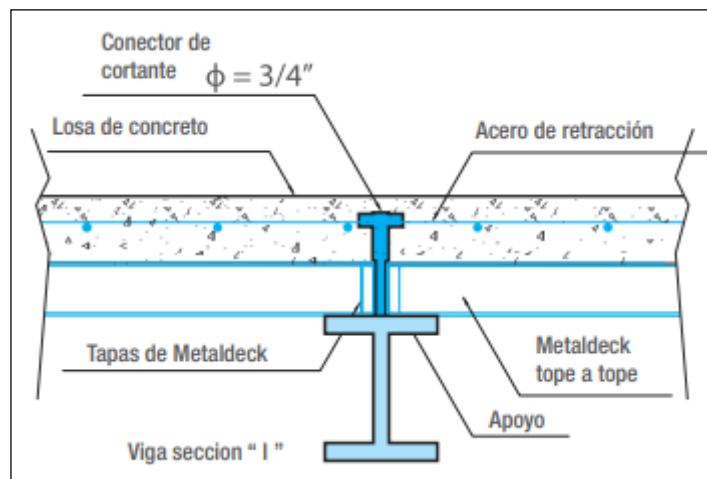


Figura 47. Detalle apoyo lámina. ACESCO. Manual Técnico Metaldeck. [En línea] 2013. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaldeck-grado-40-manual-tecnico.pdf>

⁵⁸ SOBREVILLA, Ritchell. Manual Técnico para el uso de Placas Colaborantes. [En línea] 6 de Noviembre de 2014. <https://es.slideshare.net/ritchellsobrevilla3/placa-colaborante-acero-deck>.



Figura 48. Pernos de cortante. Registro fotográfico, Grupo LHS (2018)

3.3.4.4. Perforaciones y ductos. Las perforaciones son procesos comunes en este tipo de losas, debido a que se pueden presentar solicitudes para realización de tragaluces, vanos de escalera y accesorios, por lo cual el constructor deberá evaluar si las láminas presentan daños superficiales o graves. Es necesario que se tomen medidas preventivas, cuando se ejecuten grandes cortes a profundidades mayores a 15 cm ya que pueden afectar el diafragma. (Véase la Figura 49)



Figura 49. Ductos laboratorio central Registro fotográfico, Grupo LHS (2018)

3.3.4.5. Instalación de tuberías. Algunas veces las redes sanitarias, eléctricas y electromecánicas demandan la necesidad del paso a través de los entrepisos del edificio. “Las tuberías que pueden ir por dentro de la losa, serán las que, según el peralte, pasen entre los valles superiores de las placas colaborantes y el acero superior de temperatura”⁵⁹.

⁵⁹ Ibid., p. 24.

Las cajas de salida de luz y demás elementos de soporte se pueden ejecutar embebidos en la placa ó sobre la misma (véase la Figura 50), también se debe controlar la densidad de tubería para que no generen discontinuidades y por consiguiente debilitamiento en la cubierta del proyecto.



Figura 50. Elaboración estructuras de soporte. Autores

3.3.4.6. Acero de refuerzo. Es necesario que el diseño del acero sea realizado por un ingeniero estructural, el cual debe especificar de manera detallada la disposición de dichos elementos. La función del acero es principalmente absorber la flexión negativa en los apoyos, así como controlar la retracción por fraguado del concreto. Se debe garantizar que ningún refuerzo esté en contacto con el diafragma de la losa, por lo cual se recomienda a instalarlo en el tercio superior de la losa. En el proyecto, se utilizaron estructuras especiales para el soporte del refuerzo. (véase la Figura 51)



Figura 51. Detalles conectores. Registro fotográfico, Grupo LHS (2018)

3.3.4.7. Vaciado del concreto. Después de la instalación del acero de refuerzo, se realiza el vaciado, vibrado y curado del concreto de acuerdo a las especificaciones del título C de la NSR-10 o el equivalente en el territorio donde se realice la obra. Se recomienda que al verter el concreto se haga de manera suave, posiblemente con dos operarios. (Véase la Figura 52)

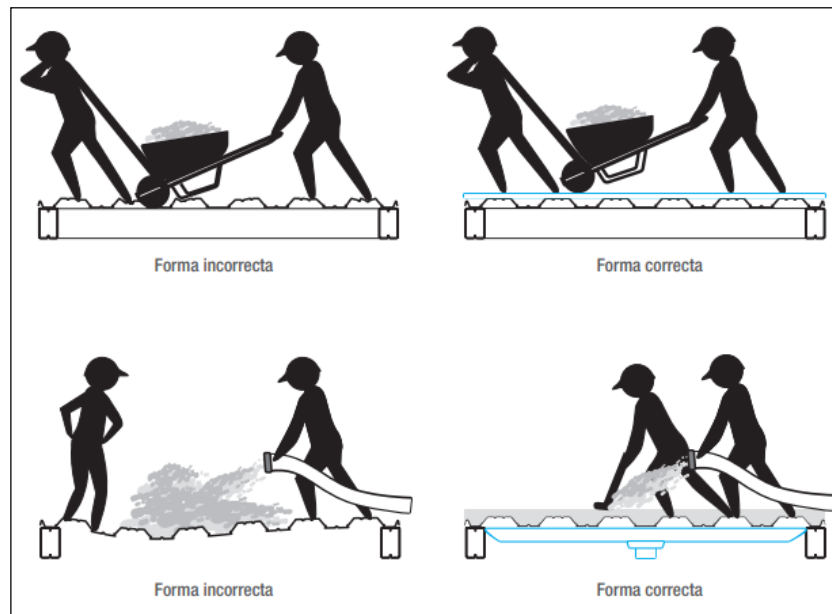


Figura 52. Manejo del concreto. ACESCO. Manual Técnico Metaldeck. [En línea] 2013. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaldeck-grado-40-manual-tecnico.pdf>

3.3.4.8. Acabados. En el proyecto de la DIAN las obras de acabados que se realizaron fueron la protección contra fuego, por medio de aspersión de Mortero ignífugo de perlita-vermiculita (véase la Figura 53). Cabe resaltar que “en placas de entrepiso compuesta, los requerimientos de protección contra fuego usualmente controlan tanto el tipo de concreto como la selección de espesores en miembros”⁶⁰; de esta manera, se deben realizar los diseños en pro de la mayor preservación contra este tipo de siniestro.



Figura 53. Aplicación mortero ignífugo. Registro fotográfico, Grupo LHS (2018)

⁶⁰ **LUGER, Kara.** Metal Deck: What Design Engineers Should Know. [En línea] Septiembre de 2006. https://www.aisc.org/globalassets/modern-steel/archives/2006/09/2006v09_deck_tips.pdf.

3.4. IMPERMEABILIZACIÓN EN EL PROYECTO DE LABORATORIOS DIAN

La impermeabilización sin lugar a dudas debe ser importante dentro del proceso constructivo de una edificación, al momento de impermeabilizar se crea una protección contra los efectos que el agua puede causar en la superficie de la estructura provocando daños estéticos y problemas estructurales que son “daños en la estructura de hormigón que al filtrar en este el agua puede provocar que la armadura interior se oxide o se lave la parte cementosa”⁶¹

3.4.1. Área a Impermeabilizar. El lugar a impermeabilizar, es la cubierta ubicada en el laboratorio central de la Construcción de los Laboratorios DIAN. La cubierta cuenta con un área total de 490 m². (Véase Anexo A) en donde se tienen 10 bases de concreto para ubicación de equipos de unidades de refrigeración, paneles solares y equipos de aire acondicionado, al igual se tienen tres ductos para ventilación. (Véase Figura 54)



Figura 54. Cubierta de Laboratorio Central. Autores

⁶¹**CONTRATISTAS, EN OBRA. 2018.** Importancia de una buena impermeabilización. [En línea] Lina Giraldo, julio de 2018. [Citado el: 11 de 10 de 2018.] <https://contratistas.co/noticias/importancia-de-una-buena-impermeabilizacion/>.

3.4.2. Documentos de Especificaciones Técnicas dadas por el Contratista. Las especificaciones técnicas en el campo de la construcción son de importancia, ya que responden al “orden en el diseño, construcción y la puesta en marcha, los cuales permitan garantizar la calidad de la obra y su cumplimiento con las necesidades por las cuales se construye”⁶².

Dentro de los documentos de especificaciones técnicas, en el Capítulo 10 Impermeabilizaciones, se definen las normas, exigencias y procedimientos que da el contratista y que deberán ser empleadas y aplicadas en la impermeabilización de la cubierta del edificio de laboratorio central. (Véase el Anexo B)

3.4.3. Propuestas Económicas. Se plantea de acuerdo a los pliegos de condiciones dados por la DIAN, donde indican la descripción y las condiciones generales para la realizar la impermeabilización con poliurea, así como los materiales que se deben usar. En la Figura 55, se tiene la comparación económica entre contratistas.

⁶²**Gomez, Viviana.** Importancia de las especificaciones técnicas. [En línea] [Citado el: 20 de 10 de 2018.]https://www.academia.edu/8184874/IMPORTANCIA_DE_LAS_ESPECIFICACIONES_T%C3%89CNICAS.

COTIZACIÓN POLIUREA EN LABORATORIO CENTRAL						
CONTRATISTA	ACTIVIDADES A REALIZAR	ACTIVIDADES NO CONTEMPLADAS	CANTIDAD (m2)	COSTO DIRECTO UNITARIO + IVA (COP)	A.I.U. (%)	COSTO TOTAL (COP)
GSA INGENIERÍA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratamiento de fisuras y grietas. ▪ La elevación del material ▪ Suministro de corriente de 220V 	490	\$ 98.558	16	\$ 48.293.175,00
QUÍMICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de la superficie. ▪ Tratamiento de fisuras y grietas. ▪ Transporte del material. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suministro de corriente de 220V 	490	\$ 95.079	15	\$ 46.588.710,00
INGENIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratamiento de fisuras y grietas. ▪ La elevación del material ▪ Suministro de corriente de 220V 	490	\$ 96.069	12	\$ 47.073.959,55
REFLECTA COL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> * Tratamiento de fisuras y grietas. * La elevación del material * Transporte del material * Suministro de corriente de 220V 	490	\$ 103.665	16	\$ 50.796.029,34
INGEARQUITECTOS SAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratamiento de fisuras y grietas. ▪ La elevación del material ▪ Suministro de corriente de 220V 	490	\$ 136.821	16	\$ 67.042.290,00

Figura 55. Propuesta económica. Autores.

En la propuesta económica, se contempló las diferencias de los valores por m2 de poliurea para realizar la impermeabilización, así como, las actividades que son asumidas por el contratista y por la entidad contratante. El porcentaje de A.I.U. que corresponde a las siglas de administración, imprevistos y utilidades son valores estipulados por el contratista y el costo total que es el resultado de multiplicar la cantidad y el costo directo.

Debido a las ventajas entre actividades a realizar y las diferencias de costos, Química industrial y comercial fue escogida como la empresa encargada a realizar la impermeabilización.

3.4.4. Sistema Impermeabilizante Escogido. Para realizar la impermeabilización del laboratorio central, se optó por utilizar recubrimiento de poliurea e imprimante; dichos materiales se explican detalladamente a continuación.

3.4.4.1. Definición de poliurea. La impermeabilización con poliurea, se basa en una formulación química de dos componentes A: isocianato y B: resina, estos componentes al mezclarse producen una reacción exotérmica, es decir producción de calor que al no tener una buena proyección podría dar lugar a quemaduras en la piel. “La poliurea es un revestimiento elastomérico flexible que forma una membrana impermeable de gran resistencia a la corrosión, a la abrasión y a la acción de productos químicos.”⁶³

El componente isocianato usado para la preparación de la poliurea es clasificado como perjudicial y toxico, causando irritación en la piel y en el sistema respiratorio. “Este componente reacciona con la humedad provocando CO₂ que da aumento a la presión en los barriles.”⁶⁴

El componente resínico, está clasificada como corrosiva para las personas que entren en contacto ya que puede provocar quemaduras en la piel.

3.4.4.2. Ventajas. Los productos que contienen poliurea se caracterizan por su alto rendimiento, entre las que se tiene:

- Se asienta y se seca rápido. La superficie que fue tratada con este material puede estar lista para iniciar a trabajar en ella después de 10 minutos.
- Baja resistencia a los rayos ultravioleta. No provoca daño en el espesor, pero si causa manchas amarillas o verdes en la poliurea.
- Gracias al equipo Reactor E-XP2, la aplicación de la poliurea es fácil y rápida.
- Forma una capa impermeable para proteger el concreto y no presentar filtraciones.

⁶³INGENIA . 2018. Ingeniería en aislamiento e impermeabilizaciones . [En línea] John Mendez, 23 de agosto de 2018. [Citado el: 14 de septiembre de 2018.] file:///E:/Downloads/180-2-18%20Consortio%20infraestructura%20DIAN%20(1)%20(1).pdf.

⁶⁴PDA EUROPE. 2014. Código de buenas prácticas para la aplicación de la poliurea. [En línea] 2014. [Citado el: 8 de 10 de 2018.] file:///D:/CO%C2%B4DIGO%20BUENAS%20PRA%C2%B4CTICAS%20POLIUREA-1.pdf.

- Presenta alta resistencia al impacto, punción y abrasión.
- Máxima adherencia en cualquier lugar.

3.4.4.3. Lugares de aplicación. La poliurea “tradicionalmente se había usado en la impermeabilización de depósitos industriales”⁶⁵ gracias a las múltiples ventajas que trae el material, la poliurea se está usando como alternativa en la impermeabilización de diferentes áreas como se tiene a continuación.

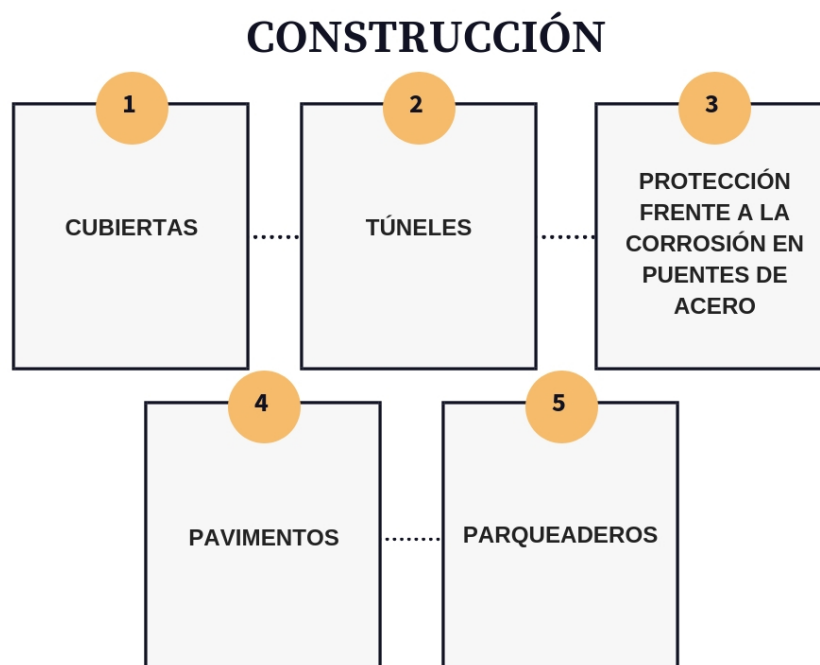


Figura 56. Aplicación de la poliurea en la construcción. Autores.

Como se observa en la Figura 56, la poliurea es aplicada en diferentes zonas de la construcción ya sea para la protección de superficies en concreto contra el agua, para proporcionar revestimientos de protección, para proteger a las estructuras del desgaste, protección de las superficies de túneles contra impactos y explosiones.

⁶⁵TECYRSA. 2017. Uso de la poliurea en impermeabilizaciones dentro del sector de la obra civil. [En línea] 13 de diciembre de 2017. <http://tecyrsa.com/uso-la-poliurea-impermeabilizaciones-dentro-del-sector-la-obra-civil/>.

En puentes de acero, para la proteger al acero frente a la corrosión con el paso del tiempo un ejemplo es la aplicación de la poliurea en el puente Golden Gate.

APLICACIONES INDUSTRIALES

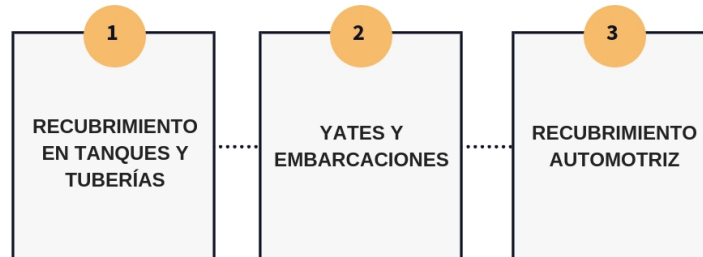


Figura 57. Aplicación de la poliurea en zonas industriales. Autores.

La poliurea se puede aplicar con distintos propósitos (véase la Figura 57), en el caso de yates y embarcaciones protege el casco de la embarcación contra la abrasión, los químicos y a la corrosión. En recubrimiento de tanques puede extender la vida útil dando una protección a todos los materiales presentes en este y deteniendo fugas presentes. En el sector automotriz la poliurea es aplicada de manera directa “en la caja de la camioneta, formando un enlace permanente entre el vehículo y el recubrimiento esperado, protegiendo la superficie de rayados, corrosión, oxidación y abolladuras”⁶⁶.

⁶⁶TOFF . Protección total para superficies . *Automotriz*. [En línea] [Citado el: 24 de octubre de 2018.] <http://toff.com.mx/automotriz/>.

PAISAJISMO Y VIVIENDA



Figura 58. Aplicación de la poliurea en paisajismo y vivienda. Autores.

En la Figura 58 se tiene la aplicación de la poliurea en paisajismo y vivienda, la aplicación de la poliurea piscinas ofrece una alta resistencia a la radiación ultravioleta, así como soluciones de filtraciones y acabados con cerámica asegurando la estanqueidad e impermeabilización. Las fachas al tener un sistema de impermeabilización con poliurea ofrecen un total aislamiento a la humedad y acabados perfectos.

3.4.5. Materiales Impermeabilización. Para realizar la impermeabilización en la cubierta del Laboratorio Central se tuvieron en cuenta los siguientes materiales:

3.4.5.1. MAPEFLEX PU 50 SL. Es un material utilizado para rellenar el espacio de las dilataciones que se forman en el concreto, el sellador es un elemento importante ya que forma una barrera protectora que garantiza la no entrada de aire, agua y otras partículas al concreto. (Véase Anexo C).

En la Figura 59, se presenta el empaque del material usado para sellar las juntas. Dentro de sus características técnicas se tiene que “es un mono-componente, listo al uso, fácil de aplicar. Es un sellador a base de poliuretano con un bajo módulo de

elasticidad.”⁶⁷ Este producto viene dentro de una bolsa plástica y una pistola que facilita el proceso de aplicación.



Figura 59. MAPEFLEX PU 50 SL. MAPEI. El compañero mundial de los constructores. Mapeflex PU50 SL. [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2018.] http://www.mapei.com/public/ES/products/mapeflex_pu_50_sl.pdf.

3.4.5.2. Primer 1955 New. El concreto al ser una estructura porosa absorbe la humedad causando daño en la estructura. La imprimación obstruye los poros presentes, haciendo que el material imprimante sea una buena opción para sellar estos pasos de agua. Este tipo de primer es usado en impermeabilizaciones que emplean poliurea y poliuretano. (véase Anexo D).

Además, los materiales como estos mejoran la adhesión entre el concreto con la poliurea aumentando así la resistencia del recubrimiento. (Véase la Figura 60)



Figura 60. Primer 1955 new. Autores

⁶⁷MAPEI. El compañero mundial de los constructores. Mapeflex PU50 SL. [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2018.] http://www.mapei.com/public/ES/products/mapeflex_pu_50_sl.pdf.

3.4.5.3. Sikalastic – 8850. Es el material final usado para la impermeabilización. Este producto es una membrana líquida de poliurea pura, compuesta por dos materiales, componente A: isocianato (tanque rojo) y componente B: resina (tanque amarillo). (Véase la Figura 61).

El material Sikalastic – 8850 es usado para recubrir y proteger el concreto en cubiertas, puentes y túneles o en estructuras como represas, canales, tanques, tuberías y parqueaderos. Esto se hace siguiendo los requisitos de las Normas Europeas EN 1504-2, establece las especificaciones para los productos y sistemas de protección superficial del hormigón. (Véase Anexo E).



Figura 61. Sikalastic – 8850. Autores

3.4.6. Equipos de Aplicación. Para la aplicación de la poliurea se tiene en cuenta el siguiente material:

3.4.6.1. Reactor E-XP2 Elite. El reactor E-XP2 es un dosificador diseñado para aplicar en recubrimientos que requieran presiones altas, en este caso la poliurea. Cuenta con un sistema híbrido y mangueras térmicas que acondicionan los materiales para que tengan una adecuada viscosidad antes de ser mezclarlos. El sistema de Reactor E-XP2 cuenta con:

- Calefactores eléctricos: los cuales hacen que los componentes A y B mantengan una temperatura constante según las instrucciones del proveedor. Esta temperatura puede variar entre 50°C y 80°C.

- Mangueras con calefacción: en sistemas de aplicación de poliurea es necesario contar con mangueras de calefacción, su función es mantener la temperatura alcanzada por los calefactores internos hasta el extremo final de la pistola. La longitud de esta manguera es de 30 metros.

- Pistolas de proyección: las pistolas de aplicación de poliurea son de gran importancia. Para la aplicación del material se usó una pistola con purga mecánica, la cual presenta un módulo de mezcla y dos orificios de los fluidos A y B. Al presionar la pistola, los dos componentes se mezclan a través de los dos orificios y la poliurea se proyecta al exterior. (véase la Figura 62)

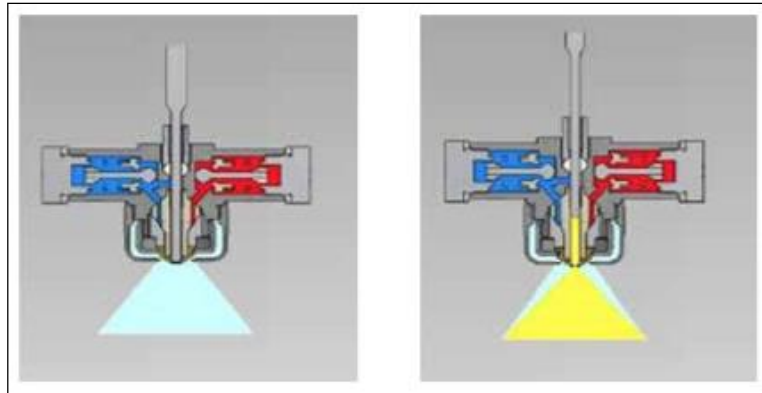


Figura 62. Pistolas de proyección de poliurea. *PDA EUROPE. 2014. Código de buenas prácticas para la aplicación de la poliurea. [En línea] 2014. [Citado el: 8 de 10 de 2018.]*
file:///D:/CO%2%B4DIGO%20BUENAS%20PRA%2%B4CTICAS%20POLIUREA-1.pdf.

El equipo Reactor E-XP2 está conformado por los siguientes componentes:

- Módulo de pantalla avanzada (ADM): esta indica información gráfica y de texto con la puesta en marcha de la aplicación de la poliurea. (véase Figura 63)



Figura 63. Pantalla ADM. GRACO. 2014. Reactor 2 E-30 and E-XP2. PROVEN QUALITY. LEADING TECHNOLOGY. [En línea] marzo de 2014. [Citado el: 9 de 10 de 2018.] file:///D:/Reactor-2-E-30-and-EX-P-2-Operation-Manual.pdf.

En la Figura 64. Desglose de información de pantalla se indica cada desglose de los significados que aparece en la pantalla del equipo.



Figura 64. Desglose de información de pantalla. Autores

Al lado de cada componente aparecen números que indican los litros que quedan en los barriles. Para tener más detalle sobre los ciclos y la vida útil se presiona en cada ítem.

Como se tiene en la Figura 65, el valor de la vida útil indica el número de galones bombeados desde la primera vez que se utilizó. El valor diario se reinicia de manera automática y con este se tiene lo que se ha gastado en el día y el valor manual es el tiempo en que se ha estado utilizando la máquina.

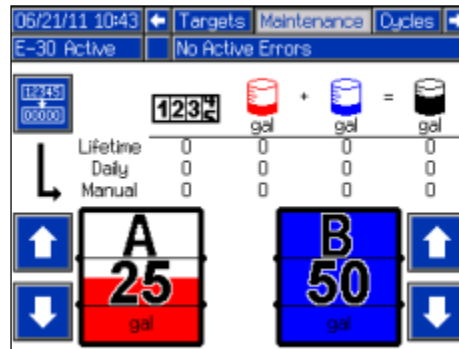


Figura 65. Valores de los componentes. GRACO. 2014. Reactor 2 E-30 and E-XP2. PROVEN QUALITY. LEADING TECHNOLOGY. [En línea] marzo de 2014. [Citado el: 9 de 10 de 2018.] file:///D:/Reactor-2-E-30-and-EX-P-2-Operation-Manual.pdf.

3.4.7. Requerimientos. Todo proceso de impermeabilización requiere ciertos criterios para proceder aplicar la poliurea, para una ejecución segura el equipo a cargo de la aplicación de la poliurea debe tener en cuenta aspectos como se tiene en la Figura 66.

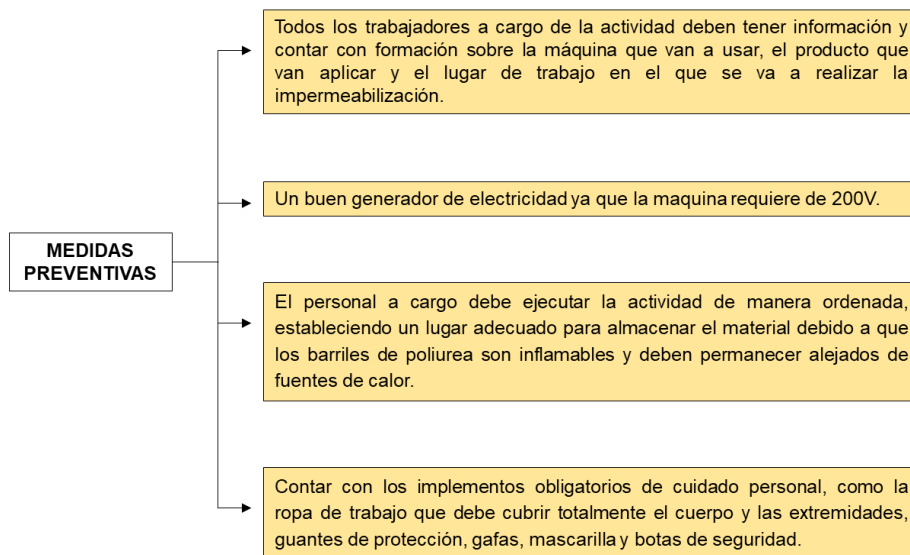


Figura 66. Medidas preventivas. Autores

El éxito en la aplicación de la poliurea depende en gran medida del estado y características de la superficie. Se debe tener en cuenta los siguientes criterios de la Figura 67.

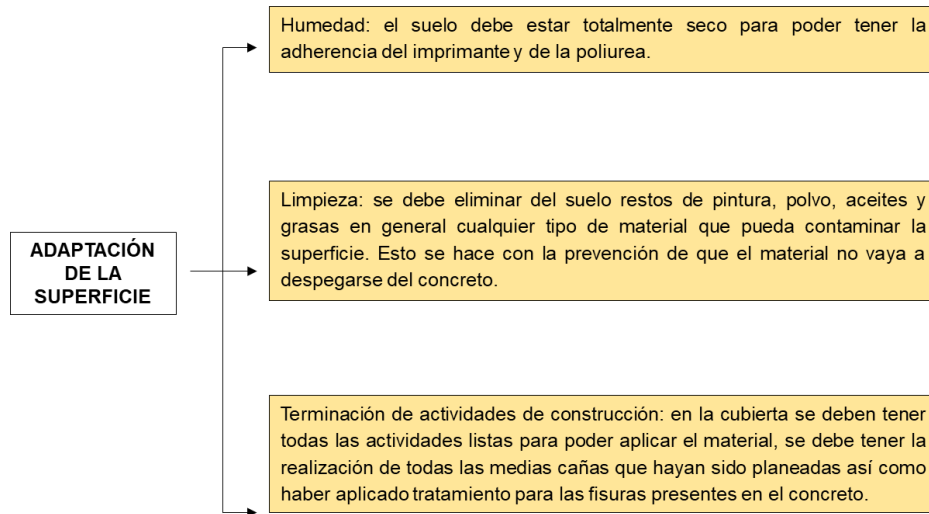


Figura 67. Adaptación de la superficie. Autores

3.4.8. Procedimiento. Para visualizar las fases de aplicación de los distintos materiales, se da el esquema de capas que conforman la impermeabilización, las cuales están formadas por tres capas que son aplicadas para que dé la total adherencia de la poliurea con el concreto. (Véase la Figura 68)

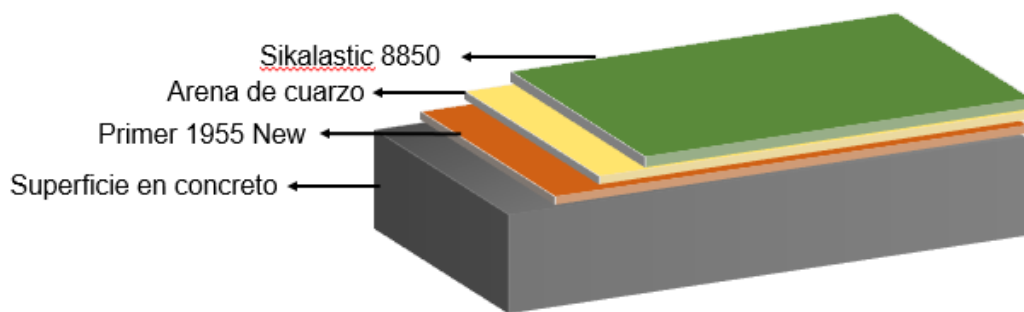


Figura 68. Esquema de aplicación de la poliurea. Autores

A continuación, se menciona el procedimiento para la aplicación de la poliurea:

3.4.8.1. Terminación de acabados. Antes de iniciar con el proceso de impermeabilización se deben tener en cuenta la terminación de ductos de ventilación, faldones, perimetrales y medias cañas.

Para evitar el depósito de materiales sólidos en las esquinas y crear una buena adherencia entre el muro y el suelo se implementa las medias cañas. (Véase la Figura 69).



Figura 69. Creación de medias cañas. Autores

3.4.8.2. Sellamiento de juntas. Como se nombró anteriormente se usó MAPEFLEX PU 50 SL producto para sellar las juntas presentes en la cubierta. Para iniciar con este proceso se debe tener la superficie limpia, libre de aceites y seca con el fin de que el producto tenga una buena pegadura al concreto.

Las fisuras deben limpiarse con cepillo o con agua, si se usa el último deberá dejarse secar y proceder a aplicar el sellador de juntas de la siguiente manera, se inserta el cartucho en la pistola y se mantiene la boquilla en el fondo de la junta manteniendo así un flujo estable de sellante. Como se tiene en la Figura 70, todas las juntas formadas en el concreto se deben sellar.



Figura 70. Sellador de juntas. Autores

3.4.8.3. Imprimir superficie. Cuando se va a realizar trabajos de impermeabilización en una superficie en específico, en este caso en una cubierta, se hace necesario realizar un proceso de imprimación en la superficie, el cual “habrá sellado todos los poros, las grietas pequeñas y las fisuras”⁶⁸

El primer paso es limpiar muy bien la cubierta, donde debe estar libre de polvo, agua y otro tipo de objetos que contaminen la superficie. Se realiza la limpieza con el fin de tener una muy buena adherencia entre el concreto y el primer.

Como se ve en la Figura 71, el material Primer 1955 New está conformado por dos componentes A y B, estos componentes debido a su secado rápido son mezclados en cantidades pequeñas de 3000 g (A) y 1000 g (B), los cuales son distribuidos con un rodillo.

⁶⁸Impermeabilizar techos . 2012. Los secretos de la impermeabilización . [En línea] 2012. [Citado el: 2 de 10 de 2018.] <http://www.impermeabilizartechos.com/imprimacion/>.



Figura 71. Aplicación del imprimante. Autores

En el momento de imprimir se debe aplicar una capa delgada y uniforme por toda la cubierta teniendo como resultado una superficie cristalina a base de imprimante. (Véase la Figura 72). Para poder aplicar la poliurea se deja que el imprimante seque por 4 horas y posterior a esto se aplica el material final a la impermeabilización.



Figura 72. Superficie con imprimante. Autores

Debido a una falta de planeación por parte del contratista, el material Sikalastic – 8850 llego tres semanas después de haber aplicado el imprimante. Ante esto se hizo una reactivación mecánica de la siguiente manera:

- Se prepara de nuevo la superficie, es decir, se deja una cubierta totalmente limpia y seca, se procede a utilizar la lija N°180. Con esto se elimina parte del imprimante ya aplicado antes, suciedad u otro material de la corteza de la superficie. (véase la Figura 73).



Figura 73. Reactivación del imprimante. Autores

- Terminado el anterior procedimiento, se aplica de nuevo la capa del material Primer 1955 New, el cual sirve como puente de anclaje químico – mecánico entre la superficie y la poliurea.

Pasado 5 minutos, se aplica en pequeñas cantidades arena de cuarzo, la cual permite realizar el perfil de anclaje en la capa de imprimante ofreciendo una mejor adherencia a la superficie. (Véase la Figura 74).



Figura 74. Aplicación de la nueva capa del imprimante. Autores

3.4.9. Aplicación de Poliurea. Terminada la imprimación es recomendable aplicar el producto de poliurea lo más antes posible y así evitar que la superficie se ensucie. “Deberá realizarse la aplicación al menos 2 horas después de la aplicación del recubrimiento de primer y en la medida de lo posible, en un plazo de 72 horas”⁶⁹.

Con un bloque de (0,20 X 0,20 X 0,40)m, realizaron la prueba para demostrar que la poliurea no se adhiere a una superficie mojada. (Véase la Figura 75)

⁶⁹PDA EUROPE. 2014. Código de buenas prácticas para la aplicación de la poliurea. [En línea] 2014. [Citado el: 8 de 10 de 2018.] file:///D:/CO%C2%B4DIGO%20BUENAS%20PRA%C2%B4CTICAS%20POLIUREA-1.pdf.

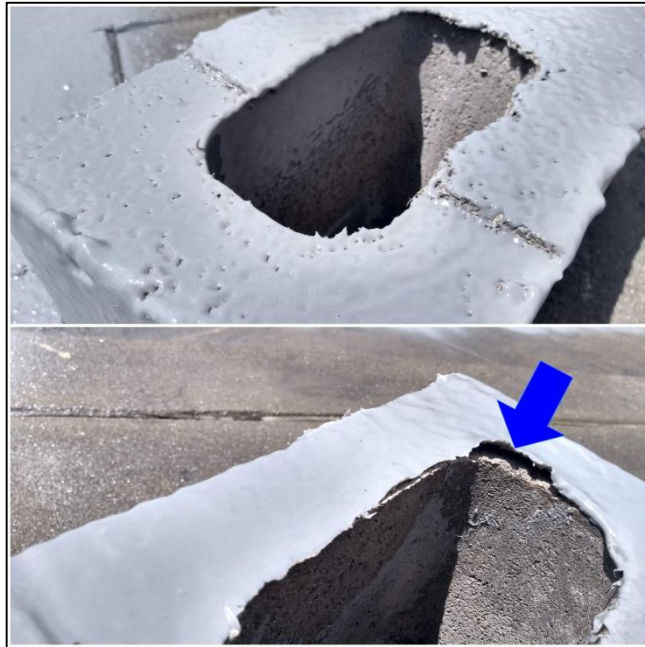


Figura 75. Bloque con poliurea. Autores

Debido al tamaño y peso de los barriles y del equipo de impermeabilización fue necesario hacer la instalación de este en el piso Mezanine del laboratorio central donde se hizo la conexión de los barriles con las mangueras calefactoras del equipo E-XP2. La manguera calefactora fue subida hasta el tercer piso por medio de una cuerda. (Véase la Figura 76)

En el transcurso de este tiempo el personal a cargo alisto los implementos de protección individual (EPI) pertinentes para la aplicación del material en la cubierta.

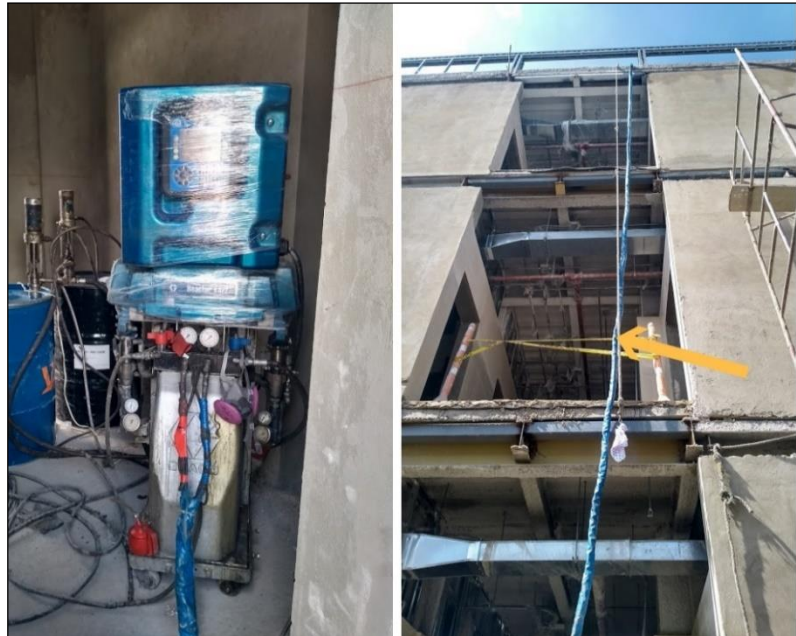


Figura 76. *Instalación de equipo. Autores*

Previo a la aplicación de la poliurea, el reactor E-XP2 debe ser encendido por 40 minutos para poder iniciar el proceso de calentamiento de los materiales.

Pasado este tiempo y ya con todos los materiales listos se aplica la poliurea con una distancia del suelo y de la pistola de más o menos un 1 metro. (Véase la Figura 77)



Figura 77. *Distancia de aplicación. Autores*

Como ya se había nombrado anteriormente, la aplicación de la poliurea se realizó en toda la cubierta del edificio del laboratorio central, debido a que la extensión de la manguera no fue suficiente, se hizo necesario correr e instalar el equipo en la zona del laboratorio posterior y continuar con la mitad de la impermeabilización. La duración total de este procedimiento entre aplicar, correr, instalar, dejar calentar el material, subir de nuevo la manguera calefactora y terminar de impermeabilizar fue de 4 horas. (Véase la Figura 78)



Figura 78. Aplicación de la poliurea. Autores

3.4.9.1. Antes. El problema de las filtraciones es común en edificaciones y casas, además de causar problemas de salud, la humedad puede generar daños en los materiales de construcción y sus componentes, por ejemplo: presentar mohos y bacterias que pudran la madera, reacciones químicas en materiales de construcción, por ejemplo, corrosión en sujetadores estructurales, cables, sistemas de aire acondicionado y techos, daños en el ladrillo o concreto y en pinturas y barnices.

El piso 3 del laboratorio central de la DIAN empezó a presentar manchas ocasionadas por las filtraciones de agua provenientes de la cubierta, si las filtraciones continúan, los daños se agrandarán haciendo que los acabados arquitectónicos y estructurales se degraden y fallen. (Véase la Figura 79)



Figura 79. Problemas de humedad en el edificio central. Autores

En la placa de la cubierta se tenía la instalación de los ductos para el desagüe provenientes de las aguas lluvias de la cubierta. La Figura 80, se tienen uno de los tubos usados para tal fin, alrededor de este se ve la mancha de humedad, así como la gotera ocasionada por la incrustación del tubo.



Figura 80. Problemas de filtración en el edificio central. Autores

La gravedad de los daños provocados por las filtraciones de agua en la estructura puede llegar a tener graves problemas debido a la corrosión en el acero de la estructura, es decir causar un deterioro del material y de las propiedades, “la

formación de óxido conduce a la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto”⁷⁰

También puede presentarse eflorescencias en el concreto que se presenta “cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar, hacia la superficie. La eflorescencia no causa problemas estructurales, pero siempre daña el aspecto y la coloración del concreto.”⁷¹ Este problema presente en el concreto puede ser provocado por lluvia, agua estancada, aspersores y bajas temperaturas.

3.4.9.2. Durante. Durante la impermeabilización de la cubierta se notó el cambio de color y el cambio a una superficie lisa. Gracias al secado rápido de la poliurea las actividades que se estaba realizando en ella pudieron ser continuadas de manera inmediata. El espesor de la capa de poliurea fue de 2mm. (Véase la Figura 81)



Figura 81. Durante la aplicación de la poliurea. Autores

⁷⁰**CIVILGEEKS.** Ingeniería y construcción. *Corrosión del acero en el concreto.* [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2018.] <https://civilgeeks.com/2011/03/20/corrosion-del-acero-en-el-concreto/>.

⁷¹**EUCLID GROUP TOXEMENT. 2017.** Eflorescencias del concreto. [En línea] 2017. [Citado el: 25 de octubre de 2018.] http://www.toxement.com.co/media/3396/eflorescencias_concreto.pdf.

3.4.9.3. Después. Después de haber realizado la impermeabilización se tuvieron problemas con la revisión que hizo interventoría con el contratante, debido a la capa delgada de poliurea que quedaron en algunos lugares. (Véase la Figura 82)



Figura 82. Espesor de la poliurea. Autores.

En la parte inferior izquierda de la Figura 81 se ve el cambio que tiene en el espesor, al finalizar la impermeabilización, la superficie debe quedar lisa sin que se vea la rugosidad en ella.

Dentro de las recomendaciones que se da para aplicar la poliurea y como esta nombrada, la superficie debe estar totalmente seca para que el primer junto con la poliurea se adhiera de manera correcta y no acurran levantamientos del material. Como se tiene en la Figura 83, en un pedazo de la cubierta el material debido a lo anterior se desprendió del concreto generando de nuevo trabajo de aplicar primer e instalación del equipo.



Figura 83. Levantamiento del material. Autores

Al realizar la aplicación de la poliurea en la altura de los ductos, el producto goteo en los alrededores, formando gotas del material lo que dio lugar al desprendimiento de la poliurea. (Véase la Figura 84).



Figura 84. Poliurea en ductos. Autores

Debido a los rayos ultravioleta, la poliurea que un inicio era gris torna a un color verde, pero esto no tiene ninguna afectación en el espesor ni en la función de esta. (Véase la Figura 85)



Figura 85. Cambio de color en la cubierta. Autores

En algunas partes de la superficie se tuvo problemas de burbujas (véase la Figura 86) y *pin-holes* o puntos de alfiler, originados por tener una superficie mojada y “salida de aire ocluido en el hormigón una vez aplicada la membrana”.⁷² Para evitar los *pin-holes* se debe dejar que el proceso de fraguado del hormigón haya concluido los 28 días. (véase la Figura 87)

72

2014. Tecno Magazine by TECNOPOL. *TECNOFLOOR, revestimientoepoxi de altas prestaciones.* [En línea] Enero-marzo de 2014. [Citado el: 11 de noviembre de 2018.] <https://www.tecnopolgroup.com/ckfinder/userfiles/files/tecnomagazine/TECNOMAGAZINE-N1-es.pdf>. N°1.

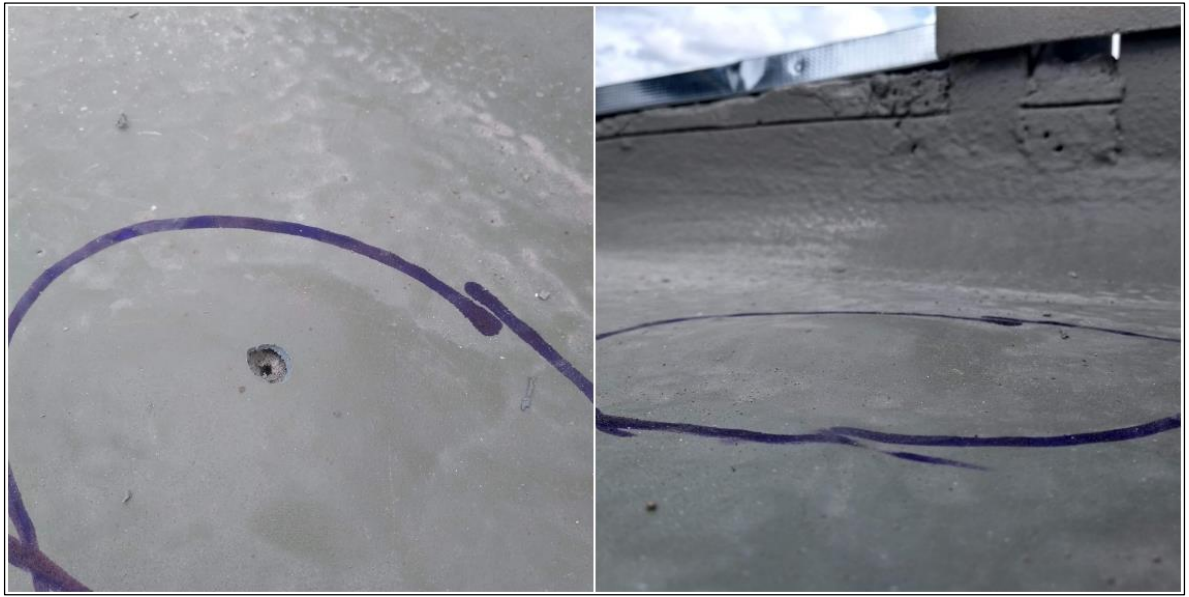


Figura 86. Burbujas en la superficie de la cubierta. Autores

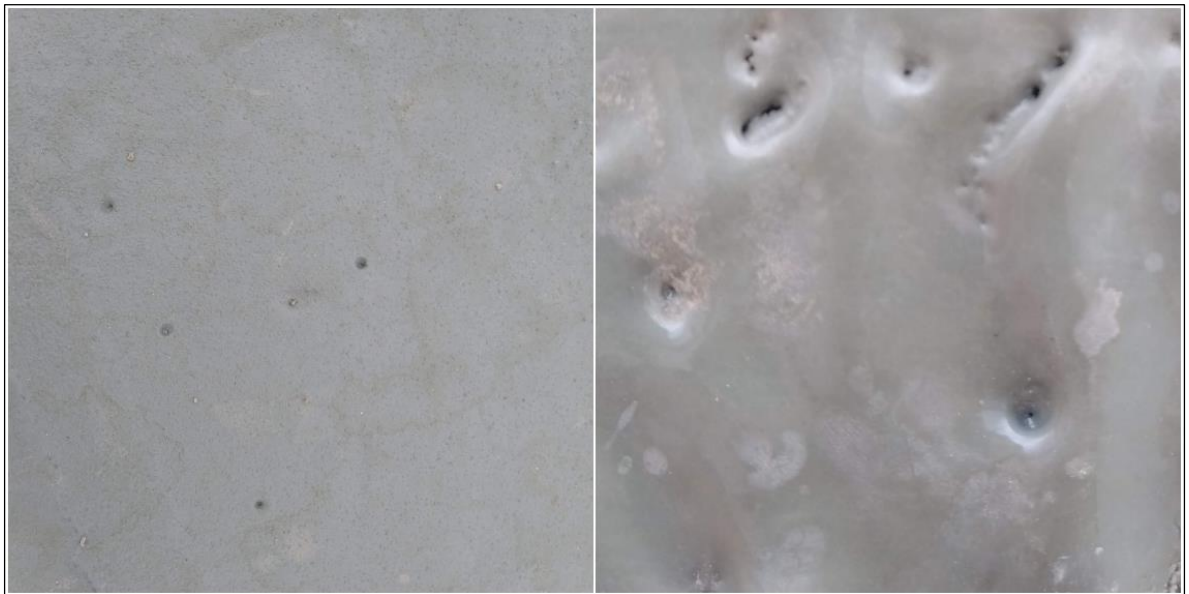


Figura 87. Pin-holes en la superficie de la cubierta. Autores

3.4.10. Mantenimiento de la Impermeabilización. Gracias a su alta resistencia y elongación, la poliurea no requiere de mantenimiento para su conservación, sin embargo, el director de obra colocará un geotextil T1400 para proteger la cubierta y el sistema de poliurea, además se aplica encima del geotextil una capa de grava. El geotextil evitara el punzonamiento inducido por algún objeto manteniendo la capa de poliurea en buen estado. (véase la Figura 88)



Figura 88. Geotextil tejido T1400. Autores

3.4.10.1. Geotextil tejido. Son aquellos que están formadas por polipropileno y poliéster, el geotextil tejido es material fabricado en sentido longitudinal y transversal, también conocido como “uno arriba, uno abajo con el resultado de una estructura plana.”⁷³ (véase la Figura 89)

⁷³ **TEX DELTA NONWOVNS TEJIDOS TECNICOS.** Geotextil tejido: usos y aplicaciones. [En línea] [Citado el: 14 de noviembre de 2018.] <https://texdelta.com/blog/geotextil-tejido-usos-y-aplicaciones/>.



Figura 89. Geotextil tejido T 1400. Autores

Los geotextiles tejidos se usan principalmente en aplicaciones de refuerzos de terrenos, terraplenes, taludes y muros. Los tipos de geotextil tejidos son:

- De filamento sencillo: este tipo de geotextil se obtiene a partir de una sola fibra textil de gran longitud.
- De filamentos múltiples: se obtiene a partir de la trama de varias fibras de gran longitud.
- De hilos de fibra corta: se obtiene a partir de la trama de fibra cortadas en determinadas longitudes.

Los geotextiles se caracterizan por desarrollar varias funciones de manera simultánea, como por ejemplo, la filtración en geotextiles que retienen las partículas de grano fino al fluir el agua de la capa de grano grueso, separación entre dos capas de suelo para evitar la mezcla de materiales, el drenaje de geotextiles donde conduce y evacua líquidos, reforzamiento que aumenta la capacidad portante del suelo y estabilidad de la construcción y por último el geotextil genera protección a membranas y a otros productos evitando perforaciones y desgastes.

Al finalizar la obra se dejará un manual de mantenimiento para cada uno de los capítulos que se tiene en el plan de desarrollo de la construcción, en este caso capítulo 10 impermeabilizaciones, donde se especifica el cuidado y la limpieza que se debe hacer cada 5 años, retirando la grava, retirando el geotextil y haciendo un barrido de la cubierta y una inspección visual verificando que no haya burbujas, levantamientos de la poliurea o manchas significativas.

Tres semanas después de haber aplicado la poliurea en la cubierta central, se tuvo un desprendimiento del material en lugares donde no cumplía con el espesor establecido en especificaciones. (véase la Figura 90)

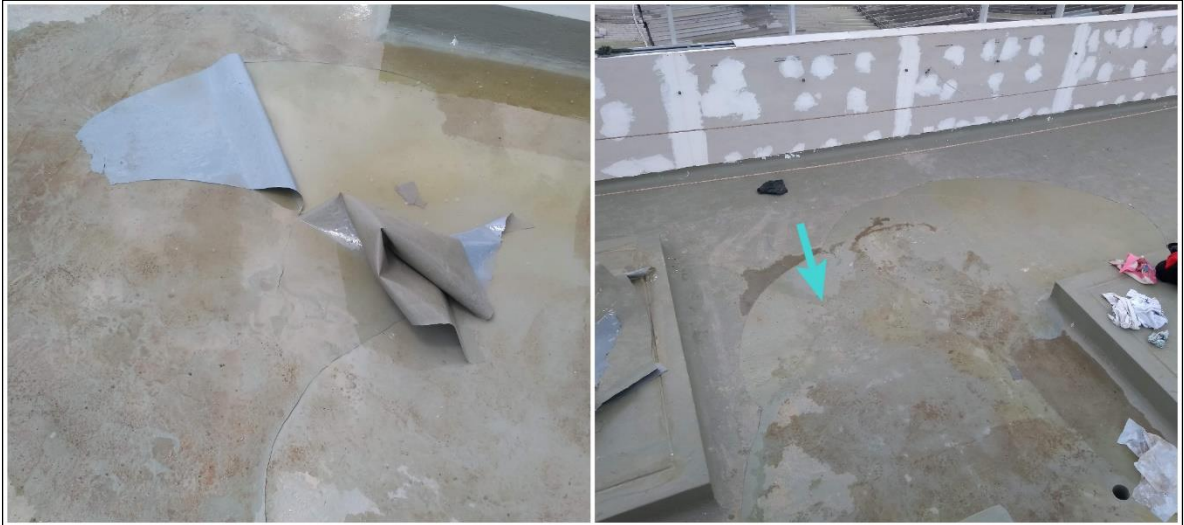


Figura 90. Desprendimiento de la capa superficial de poliurea en la placa de la cubierta del Edificio central de Laboratorio. Autores

Debido a esto, el contratante contacto la asesoría del personal de sika, donde dio la recomendación a seguir y evitar de nuevo el desprendimiento de la capa de poliurea. El procedimiento adecuado para la aplicación del material es lijar la superficie, seguido de esto, aplicar el ajustador de uretano con el propósito de “volver a crear un perfil de anclaje entre la anterior poliurea con la nueva capa del material”⁷⁴. Terminado este proceso se repite el procedimiento de aplicación de poliurea.

Para realizar esta actividad, se pasa un formato a interventoría con el fin de que acepten la actividad anterior junto con la carta de la asesoría de Sika.

Además, se estableció con interventoría un valor de altura de media caña de 0,05 cm que quedo registrado en las actas de corte de obra. (véase Anexo F)

La prueba de estanqueidad solicitada por la DIAN, será realizada cuando se terminen de hacer los arreglos en la cubierta del laboratorio central.

⁷⁴ **Claudia . 2018.** Asesora de sika . *Poliurea cubierta central DIAN.* 19 de NOVIEMBRE de 2018.

4. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

4.1. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de las cubiertas es un factor de especial cuidado a la hora de realizar inspecciones, ya que este criterio prolongará la vida útil de la cubierta si se realiza con profesionales especializados, en los plazos establecidos de acuerdo con las condiciones del ambiente al que se encuentre expuesta la estructura.

Se debe revisar la estructura mínima dos veces al año para comprobar que no hay empozamiento de agua o represamiento de humedad, ya que estos eventos aceleran el deterioro de la estructura. Igualmente, después de algún evento inusual como lluvias fuertes o eventos extremos, es necesario revisar la cubierta para detectar posibles daños.

4.1.1. Mantenimiento Preventivo. Este tipo de procedimiento tiene el fin de realizar revisiones y ajusten de elementos de la cubierta para aumentar su vida útil y garantizar la seguridad de la edificación. Generalmente, este tipo de mantenimiento se realiza un año después de la instalación de la cubierta.

4.1.2. Mantenimiento Correctivo. Se realiza con el fin de efectuar reparaciones para mantener las condiciones físicas de la cubierta, evitar daños o peligros que puedan atentar contra la integridad de transeúntes, operarios, etc.; si el cliente va a realizar visitas no calendarizadas, debe comunicar al contratista las modificaciones realizadas. Los tipos de mantenimiento correctivo se explican a continuación. (Véase la Figura 91)

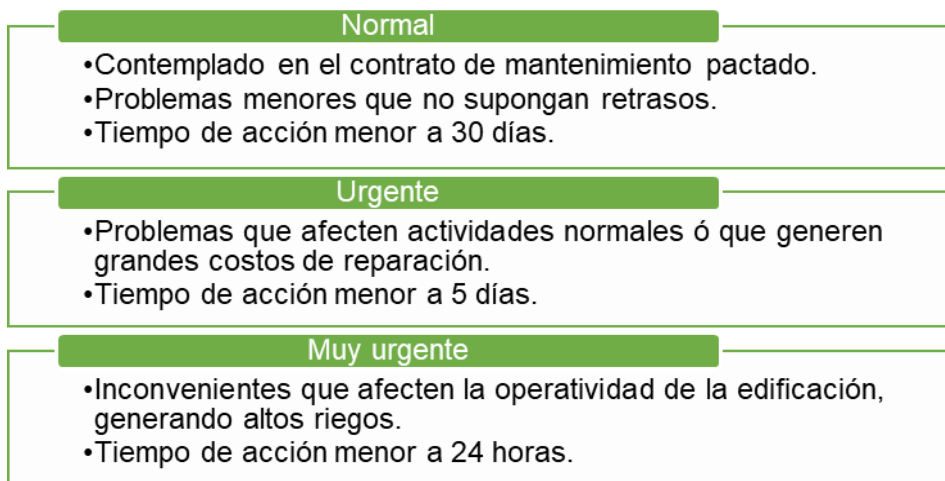


Figura 91. Tipos de mantenimiento correctivo. Autores basándose en <http://mundotejas.com/mantenimientos-de-cubierta/>

Los distintos tipos de mantenimiento correctivo permiten a clientes y contratistas tomar decisiones basados en el tiempo óptimo de acción y las consecuencias en la vida útil de la cubierta, garantizando acciones correctivas óptimas para cada tipo de cubierta.

4.2. NORMATIVIDAD

Debido a que el instrumento de evaluación para la construcción e impermeabilización de cubiertas se pretende aplicar en Colombia, la normativa que vamos a utilizar se menciona a continuación.

- NSR-10 Título E
- NTC 1906 “Ingeniería Civil y Arquitectura Agregados Minerales utilizados en la Impermeabilización de Cubiertas”.
- NTC 3488 “Ingeniería Civil y Arquitectura Membranas Prefabricadas con Base en Materiales Bituminosos y Bituminosos Modificados”.

Es necesario que se tengan en cuenta las recomendaciones plasmadas en el formato de evaluación, para garantizar la eficiencia del método.

4.3. APLICABILIDAD/ALCANCE

La falta de mecanismos para la cualificación del estado de las cubiertas en Colombia motivó la creación de este instrumento de mejora continua que beneficie a estudiantes, académicos y contratistas al realizar obras de construcción e impermeabilización de cubiertas.

El instrumento de evaluación (véase Anexo G) se realizó con base en el trabajo presentado por la firma mexicana Abinco, encargada de “instalar sistemas impermeables y de protección para el concreto y cubiertas metálicas”⁷⁵ con sedes en Monterrey, Querétaro y Tampico.

La información sobre la que se soporta este instrumento se encuentra recopilada en esta investigación y referenciada en el capítulo bibliografía.

⁷⁵**ABINCO.** Quiénes Somos. [En línea] [Citado el: 13 de Octubre de 2018.] <http://abinco.com.mx/quienes.htm>.

4.4. ANÁLISIS ESTUDIO DE CASO

Se aplicó el formato de evaluación al estudio de caso: “construcción del laboratorio central de la DIAN” (véase Anexo H), para tener una visión general de los protocolos y técnicas usadas en la construcción e impermeabilización de cubiertas.

Inicialmente, se diligenció el formulario de información general y se estableció el tipo de accesibilidad en términos físicos y visuales. Además, se identificaron las características que debían ser analizadas para evaluar el estado actual de la cubierta transitable.

Al identificar las zonas críticas del proyecto se establecieron las situaciones que debían ser analizadas, entre las cuales se encontraron:

- Aparición de humedades y filtraciones.
- Fisuras alrededor de ductos.
- Espesor irregular en la impermeabilización.
- Defectos en el material impermeabilizante.

Se escogieron las acciones recomendadas, según las observaciones del personal capacitado de la obra. Igualmente, el momento en que se debían realizar estas acciones se discutió con distintas personas involucradas en la realización de cronogramas de obra y seguimiento de actividades del proyecto.

El personal a cargo de estas actividades es el contratista escogido para realizar las laborales de impermeabilización en la cubierta del laboratorio central, por lo cual se le informó de las respectivas fallas en la cubierta antes y después de aplicar el material impermeabilizante.

Finalmente, se plasmó en el croquis las distintas áreas a impermeabilizar, con el fin de localizar espacialmente las situaciones encontradas y poder realizar un seguimiento controlado del progreso de las mismas.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que el proyecto Laboratorio Central de la DIAN cuenta con profesionales idóneos para la ejecución de trabajos de construcción e impermeabilización de cubiertas. Todas las situaciones encontradas se resolvieron a tiempo, para darle continuidad a las actividades de la ruta crítica del proyecto; por otro lado, las demoras en la disposición de materiales y la manipulación del reactor usado en la impermeabilización son aspectos a mejorar que deben ser tenidos en cuenta para futuros proyectos de impermeabilización.

5. CONCLUSIONES

- La construcción de cubiertas en la actualidad representa un gran reto para la ingeniería, ya que por medio de la aplicación de diferentes tecnologías, materiales y elementos estructurales se diseñan estructuras que garantizan el confort y funcionalidad requerido para determinada población de estudio.
- El estudio de caso “construcción del laboratorio central de la DIAN” permitió evidenciar los detalles constructivos y sistemas de impermeabilización, permitiendo la inclusión de conceptos teórico-prácticos a la vida profesional y aportando al desarrollo de la ingeniería colombiana.
- Las losas colaborantes o *Steel deck* son una alternativa respecto a las losas macizas convencionales, ya que se comportan de manera eficiente en términos de costo, durabilidad y solicitaciones de carga: Estos elementos, poseen funciones mixtas, ya que sirven como encofrado del concreto y trabajan como elementos de concreto reforzado, resistiendo esfuerzos de tensión y compresión.
- La aplicación de los materiales asfálticos, acrílicos y poliuretanos requieren de tres capas, e intermedio de la primera y segunda se debe aplicar una membrana de refuerzo, al finalizar se aplica un acabado para dar durabilidad a la impermeabilización.
- Para tener una adherencia de los materiales imprimantes con el concreto, se debe tener una preparación de la superficie, limpieza, arreglo de fisuras y superficie seca. Con materiales de impermeabilización asfálticos, acrílicos, poliuretanos y poliurea se deben tener los anteriores aspectos en cuenta para así evitar el desprendimiento de la capa impermeabilizante.
- La poliurea gracias a las propiedades de resistencia a la tracción, elongación, flexibilidad a bajas temperaturas y resistencia al punzonamiento, se ha convertido en el material favorable para aplicar en áreas grandes, como son cubiertas, parqueaderos, piscinas y pistas de atletismo.
- Las buenas prácticas de construcción e impermeabilización, acompañado de buenas y oportunas decisiones, garantizan seguridad en la estructura del edificio y la calidad en el material aplicado. El personal encargado del control de calidad, debe verificar el cumplimiento de las características de los materiales empleados, así como, el incumplimiento por parte del contratista al no ejecutar las actividades de manera correcta.

- Los sobrecostos que se pueden generar por la aparición de las filtraciones representan un alto valor económico, teniendo en cuenta que la humedad y goteras involucra la reparación de la estructura y equipos presentes en el edificio.
- La duración de la impermeabilización de cubiertas dependerá de factores como, la calidad y tipo de sistema usado, la correcta aplicación del material, el uso correcto de la zona a impermeabilizar y el respectivo mantenimiento.
- Los costos de una impermeabilización pueden variar dependiendo del material que se va a aplicar y de los insumos que este contempla como contratante, es decir, dentro de los costos directos se tiene, mano de obra, restauración de la superficie y equipos para la aplicación.
- A partir de nuevas tecnologías se han creado una variedad de productos impermeabilizantes con ventajas en su aplicación, que garantizan la funcionalidad de estas ante el paso del agua a la estructura.
- El mantenimiento de las cubiertas y demás elementos de una edificación es primordial para mantener las condiciones de diseño, brindar seguridad a los usuarios y minimizar costos por reparaciones, los cuales, muchas veces superan los rubros referentes al mantenimiento correctivo.
- Los mantenimientos preventivos y correctivos son de importancia, con estos se programan la inspección visual y cada cuanto se deben realizar para así evitar futuros daños en la cubierta y sus sistemas de impermeabilización.
- En el presente documento se desarrollaron análisis cualitativos y cuantitativos que permitieron recolectar información de fuentes sobre ingeniería y arquitectura, por lo cual, se pudieron unificar distintas disciplinas de la construcción que muchas veces han estado en conflictos conceptuales.
- Los procesos constructivos y de impermeabilización en el proyecto laboratorio central de la DIAN, presentaron algunas demoras en su ejecución; a pesar de esto, las metodologías utilizadas en ambos procedimientos fueron adecuadas normativa, logística y estructuralmente.

6. RECOMENDACIONES

- Es necesario que los supervisores (ingeniero director o residente de obra) brinden seguridad conceptual y práctica en los procedimientos que lideren, ya que de esto dependerá una correcta utilización de insumos, disminución en el porcentaje de desperdicios y defectos al ejecutar actividades in situ.
- El personal a cargo del manejo de láminas *Steel deck* deberá contar con los requerimientos de seguridad industrial establecidos por la entidad reguladora de acuerdo al lugar de ejecución del proyecto; es necesario verificar la experticia al desarrollar actividades de izaje, colocación, fijación e instalación de láminas ya que se puede ver comprometida la integridad de personal perteneciente y ajeno a la obra.
- Entre los factores más importantes que determinarán la durabilidad del impermeabilizante, se encuentran la correcta aplicación del material y el personal capacitado para esta actividad; debido a que una mala aplicación del imprimante y la aparición de humedades en el concreto generarán el levantamiento de la capa de poliurea.
- Se recomienda que haya mayor control en la recepción de materiales por parte de los contratistas, debido a que los retrasos afectan negativamente el cronograma de actividades; generando grandes desajustes entre los avances y cantidades de obra presupuestadas y realmente ejecutadas.
- Al ejecutar la nivelación del espesor de la capa poliurea, el personal a cargo deberá generar nuevamente el perfil de anclaje. Este procedimiento consiste en lijar la superficie y aplicar solvente uretano, creando una mayor adherencia entre estos materiales.
- Es necesario que al realizar distintas cotizaciones o concursos de licitación privada, se haga especial énfasis en mencionar la forma de pago, vigencia de la oferta y actividades no contempladas; esto con el fin de disminuir la incertidumbre de la laborales ejecutadas por los contratistas.
- Para evitar la aparición de *pin-holes* y burbujas en la capa de poliurea, el concreto deberá estar fraguado (28 días) y lijado; se recomienda que las fisuras estén selladas, así como garantizar la aplicación de dos capas de imprimante para crear una película de soporte que aumente la adherencia y evite el paso de aire a través de los poros del concreto.
- Se recomienda tener más rigurosidad por parte de interventores y accionistas en el momento de recibir obras similares a las descritas en esta investigación, con esto se garantiza mayor seriedad económica y operativa por parte de los contratistas encargados para tal fin.

- Para futuras investigaciones se recomienda ampliar el espectro bibliográfico referente a la construcción e impermeabilización de cubiertas en Colombia, pues la mayoría de estudios referentes a estos temas se realizan en otros países, como Cuba, España, Chile y México; lo que dificulta el desarrollo de investigaciones y limita la aplicación de estudios de caso para ampliar los conceptos aprendidos.
- Al desarrollar el formato de evaluación de cubiertas, brindamos la posibilidad a futuros estudiantes de ingeniería, arquitectura o ramas afines del conocimiento de que retomen esta investigación y realicen modificaciones o adiciones a la herramienta planteada, con el fin de ampliar los conocimientos sobre construcción e impermeabilización de cubiertas, en el marco de procesos de mejora continua de la formación profesional.

BIBLIOGRAFÍA

ABBATA, Allan. 2014. WARREN. *Metal Decking Provides for Building Stability and Worker Safety*. [En línea] 17 de Enero de 2014. <https://www.warrenforensics.com/2014/01/17/metal-decking-provides-for-building-stability-and-worker-safety/>.

ABINCO. Quiénes Somos. [En línea] [Citado el: 13 de Octubre de 2018.] <http://abinco.com.mx/quienes.htm>.

ACESCO. 2013. Manual Técnico Metaldeck. [En línea] 2013. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaldeck-grado-40-manual-tecnico.pdf>.

AGUAMARKET. Geotextil para Proteccion de Sistemas de Impermeabilizacion. [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2018.] <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=451168>.

ARAUJO, Ramón. La arquitectura y el aire: ventilación natural. [En línea] [Citado el: 6 de Octubre de 2018.] <http://www.tectonica-online.com/temas/ventilacion/arquitectura-aire-ventilacion-natural-ramon-araujo/35/>.

ASTM, A1064. 2017. Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete. [En línea] 2017. [Citado el: 15 de Agosto de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/A1064.htm>.

ASTM, A653. 2017. Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process. [En línea] 2017. [Citado el: 5 de Octubre de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/A653.htm>.

ASTM, C33. 2018. Standard Specification for Concrete Aggregates. [En línea] 2018. [Citado el: 29 de Julio de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/C33.htm>.

ASTM, D1079-16. 2016. Standard Terminology Relating to Roofing and Waterproofing. [En línea] 2016. [Citado el: 25 de Agosto de 2018.] www.astm.org.

ASTM, D113-17. 2017. Standard Test Method for Ductility of Asphalt Materials, ASTM International. [En línea] 2017. [Citado el: 24 de Septiembre de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/D113.htm>.

ASTM, D312. 2016. Standard Specification for Asphalt Used in Roofing. [En línea] 2016. [Citado el: 28 de Septiembre de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/D312.htm>.

ASTM, D7832. 2014. Standard Guide for Performance Attributes of Waterproofing Membranes Applied to Below-Grade Walls / Vertical Surfaces (Enclosing Interior

Spaces). [En línea] 2014. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/D7832.htm>.

Claudia. 2018. Asesora de sika . *Poliurea cubierta central DIAN*. 19 de NOVIEMBRE de 2018.

CONTRATISTAS, EN OBRA. 2018. Importancia de una buena impermeabilización . [En línea] Lina Giraldo, julio de 2018. [Citado el: 11 de 10 de 2018.] <https://contratistas.co/noticias/importancia-de-una-buena-impermeabilizacion/>.

CSIC Consejo Superior Investigación Científica. DITE. Ministerio de Ciencia, innovación y universidades . [En línea] [Citado el: 19 de noviembre de 2018.] <http://dit.ietcc.csic.es/dite/>.

DANOSA. Cubierta inclinada con placa asfáltica. [En línea] [Citado el: 9 de Septiembre de 2018.] <http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=IT1000&Ing=1&site=1>.

Díaz Avilés, Jordan. Impermeabilizantes. *Ingeniería civil*. [En línea] [Citado el: 27 de octubre de 2018.] https://www.academia.edu/11313483/Impermeabilizantes_Jordan_Diaz_Aviles.

2015. ESTADO DE CONOCIMIENTO DE CUBIERTAS METÁLICAS. 2015.

EUCLID GROUP TOXEMENT. 2017. Eflorescencias del concreto. [En línea] 2017. [Citado el: 25 de octubre de 2018.] http://www.toxement.com.co/media/3396/eflorescencias_concreto.pdf.

2015. ESTADO DE CONOCIMIENTO DE CUBIERTAS METÁLICAS. 2015.

F., PFENNIGER. Arquitectura+acero. [En línea] <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>.

Gomez, Viviana. Importancia de las especificaciones técnicas. [En línea] [Citado el: 20 de 10 de 2018.] https://www.academia.edu/8184874/IMPORTANCIA_DE_LAS_ESPECIFICACIONES_T%C3%89CNICAS.

GRACO. 2014. Reactor 2 E-30 and E-XP2. *PROVEN QUALITY. LEADING TECHNOLOGY*. [En línea] marzo de 2014. [Citado el: 9 de 10 de 2018.] <file:///D:/Reactor-2-E-30-and-EX-P-2-Operation-Manual.pdf>.

GRUPO EMPRESARIAL LHS. 2017. Construcción Laboratorio Nacional de Aduanas de la DIAN. [En línea] 2017. [Citado el: 12 de junio de 2018.] <http://porto.grupolhs.co/project/construccion-laboratorio-nacional-de-aduanas-de-la-dian/>.

Historia y evolución de las cubiertas. 2018. MADRID S.L. [En línea] 25 de junio de 2018. [Citado el: 12 de octubre de 2018.] <https://www.integralesmadrid.com/es/blog/historia-y-evolucion-de-las-cubiertas/>.

IMPERMEABILIZACIONES . Historia . [En línea] [Citado el: 23 de octubre de 2018.] <http://www.oocities.org/impermeabilizantes/historia.htm>.

Impermeabilizar techos . 2012. Los secretos de la impermeabilización . [En línea] 2012. [Citado el: 2 de 10 de 2018.] <http://www.impermeabilizartechos.com/imprimacion/>.

INCOPERFIL. Estructura Portante. [En línea] [Citado el: 7 de Junio de 2018.] <https://incoperfil.com/estructura-portante-cms-1-50-129/>.

INGENIA . 2018. Ingeniería en aislamiento e impermeabilizaciones . [En línea] John Mendez, 23 de agosto de 2018. [Citado el: 14 de septiembre de 2018.] [file:///E:/Downloads/180-2-18%20Consortio%20infraestructura%20DIAN%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///E:/Downloads/180-2-18%20Consortio%20infraestructura%20DIAN%20(1)%20(1).pdf).

INSIGNIA. 2018. Rehabilitación y arquitectura S.L. . [En línea] 26 de marzo de 2018. [Citado el: 24 de octubre de 2018.] <http://obrasinsignia.com/blog/impermeabilizacion-piscinas-poliurea/>.

LUGER, Kara. 2006. Metal Deck: What Design Engineers Should Know. [En línea] Septiembre de 2006. https://www.aisc.org/globalassets/modern-steel/archives/2006/09/2006v09_deck_tips.pdf.

MABASA. 2015. Características y propiedades de una cubierta metálica. [En línea] 28 de Enero de 2015. [Citado el: 12 de Septiembre de 2018.] <https://mabasa.com.mx/caracteristicas-y-propiedades-de-una-cubierta-metalica/>.

Mantenimiento de cubiertas e impermeabilización del establecimiento educacional.
CONDEMARÍN, Guillermo. 2000. s.l. : Gobierno de Chile, Septiembre de 2000.

MAPEI. El compañero mundial de los constructores. *Mapeflex PU50 SL.* [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2018.] http://www.mapei.com/public/ES/products/mapeflex_pu_50_sl.pdf.

MASTER BUILDERS SOLUTIONS. Guía de impermeabilización de cubiertas MasterSeal. *Soluciones duraderas para cubiertas con sistemas líquidos.* [En línea] Barcelona. [Citado el: 25 de octubre de 2018.] [https://assets.master-builders-solutions.basf.com/Shared%20Documents/PDF/Spanish%20\(Spain\)/MBS_Broschure_guia_impermeabilizacion_cubiertas_masterseal.pdf](https://assets.master-builders-solutions.basf.com/Shared%20Documents/PDF/Spanish%20(Spain)/MBS_Broschure_guia_impermeabilizacion_cubiertas_masterseal.pdf).

O PÓRTICO. 2015. Conheça o Steel Deck. [En línea] 18 de Octubre de 2015. <http://o-portico.blogspot.com/2015/10/conheca-o-steel-deck.html>.

PASA, tecnología impermeable . Qué son los impermeabilizantes acrílicos y cuál es su uso general. [En línea] [Citado el: 25 de octubre de 2018.] <https://pasaimper.com/impermeabilizantes-acrilicos/>.

PDA EUROPE. 2014. Código de buenas prácticas para la aplicación de la poliurea. [En línea] 2014. [Citado el: 8 de 10 de 2018.] <file:///D:/CO%C2%B4DIGO%20BUENAS%20PRA%C2%B4CTICAS%20POLIUREA-1.pdf>.

PORTER, Max L. y EKBERG Jr, C. E. 1975. Design Recommendations for Steel Deck Floor. [En línea] 24 de Noviembre de 1975. <http://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=iscss>.

Rackham, Couchman y Hicks. 2009. Composite Slabs and Beams using Steel Decking: Best Practice for Design and Construction . [En línea] 2009. https://www.steelconstruction.info/images/b/b8/SCI_P300.pdf. 978-1-85942-184-0.

REY DE CABO Lara del, GONZÁLEZ SÁNCHEZ Elena , Otros. 2012. Cubiertas Horizontales Transitables. Cubiertas Drenadas. Cubiertas Invertidas. 2012.

REYNA, Alba Cruz y CRUZ, Juan José. 2012. *LOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y SU ANÁLISIS SOBRE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA EL CONTROL EN EL PROCESO DE DISEÑO*. s.l. : Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, 2012.

ROBAYO, Jose Luis y PÉREZ, Rafael Eduardo. 2016. Análisis de la captación y aprovechamiento del agua lluvia para la utilización en el campus de la Universidad Católica de Colombia (Bogotá), de acuerdo a las características de sus sedes. *Tesis de grado*. Bogotá D.C. : s.n., 2016.

Sika . 2018. HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO. *IMPERMEABILIZANTE ACRÍLICO MEJORADO CON FIBRAS PARA IMPERMEABILIZAR CUBIERTAS*. [En línea] septiembre de 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2018.] file:///E:/Downloads/co-ht_Sika_Acrl_Techo_7_A%C3%B1os.pdf.

SOBREVILLA, Ritchell. 2014. Manual Técnico para el uso de Placas Colaborantes. [En línea] 6 de Noviembre de 2014. <https://es.slideshare.net/ritchellsobrevilla3/placa-colaborante-acero-deck>.

TECNOPOL. ¿Poliurea pura o poliuretano? ¿Cuál elegir? Historia. [En línea] [Citado el: 22 de octubre de 2018.] <https://tecnopol.es/actualidad/poliurea-pura-o-poliuretano-cual-elegir>.

TECNOPOL. POSEEDOR DE DITE PARA VIDA UTIL DE 25 AÑOS. [En línea] [Citado el: 19 de noviembre de 2018.] <https://tecnopol.es/actualidad/polyurea-tecnocoat-p-2049-poseedor-de-dite-para-vida-util-de-25-anos>.

TECYRSA. 2017. Uso de la poliurea en impermeabilizaciones dentro del sector de la obra civil. [En línea] 13 de diciembre de 2017. <http://tecyrsa.com/uso-la-poliurea-impermeabilizaciones-dentro-del-sector-la-obra-civil/>.

THERMOTEK. IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO BASE SOLVENTE. [En línea] [Citado el: 27 de octubre de 2018.] <http://grupothermotek.com/wp->

content/uploads/HT-THERMOTEK-IMPERMEABILIZANTE-ASFALTICO-BASE-SOLVENTE.pdf.

TOFF . Protección total para superficies . *Automotriz*. [En línea] [Citado el: 24 de octubre de 2018.] <http://toff.com.mx/automotriz/>.

2013. UNACH. *Facultad de Ingeniería*. [En línea] 15 de Febrero de 2013. <https://es.slideshare.net/SammuelGoGo/cubiertas-de-concreto/13>.