

PROCESOS DE MANTENIMIENTO Y CUIDADO DE LAS CUBIERTAS VERDES
EN EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

OSCAR IVAN SOLANO BUITRAGO



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ
2019

**Procesos de mantenimiento y cuidado de las cubiertas verdes en edificaciones de la ciudad
de Bogotá**

Oscar Iván Solano Buitrago

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en
Construcciones Arquitectónicas**

Melisa Gálvez Bohórquez



Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Descripción del Problema de Investigación	11
Formulación del Problema de investigación	13
Justificación de la Investigación.....	15
Pregunta de Investigación.....	17
Objetivos	18
Objetivo General.	18
Objetivos Específicos.	18
Capítulo I. Metodología.....	19
1.1. Tipo de Investigación	19
1.2. Diseño Metodológico.....	20
1.3. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	22
1.4. Categorías de Análisis.....	23
1.5. Análisis de la Información.....	24
Capítulo II. Marco Referencial.....	25
2.1. Marco Teórico	25
2.1.1. Arquitectura y construcción sostenibles.....	25
2.1.2. Cubiertas y/o techos verdes.....	27

MANTENIMIENTO Y CUIDADO DE LAS CUBIERTAS VERDES	4
2.1.3. Tipos de techos verdes.	31
2.1.4. Beneficios de la instalación de techos verdes.	35
2.1.5. Requerimientos de mantenimiento de los techos verdes.	37
2.1.6. Estado sobre la Guía de Techos Verdes en Bogotá.	40
2.2. Estado del Arte	44
2.2.1. Investigaciones a nivel internacional.....	45
2.2.2. Investigaciones a nivel nacional.....	47
Capítulo III. Análisis y discusión de los resultados	51
3.1. Características de las Cubiertas Verdes de la Biblioteca de la Universidad La Gran Colombia, el Edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional y del Centro Comercial Titán Plaza ...	52
3.1.1. Biblioteca de la Universidad La Gran Colombia.....	52
3.1.2. Edificio Uriel Gutiérrez - Universidad Nacional de Colombia.....	55
3.1.3. Centro Comercial Titán Plaza.....	58
3.2. Procesos de Mantenimiento de las Cubiertas Verdes	72
3.3. Contraste de la Información Recolectada y la Información Especificada en la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá.....	75
3.4. Propuesta de Ficha De Seguimiento y Valoración de las Cubiertas Verdes	78
Capítulo IV. Conclusiones.....	83
Capítulo V. Recomendaciones	87
Bibliografía	89
ANEXOS	96

Lista de Tablas

Tabla 1.....	33
Tabla 2.....	42
Tabla 3.....	21
Tabla 4.....	53
Tabla 5.....	55
Tabla 6.....	58
Tabla 7.....	61
Tabla 8.....	72

Lista de Figuras

Figura 1. Función de los componentes de un techo verde	27
Figura 2. Vista en axonometría de los componentes.....	28
Figura 3. Vista de perfil Componentes Activos, Estables y Auxiliares de un techo verde	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 4. Beneficios de los techos verdes	37
Figura 5. Requerimientos mínimos de mantenimiento de un techo verde	38

Imagen 1. Tipo de techo verde extensivo.....	32
Imagen 2. Cubierta verde Edificio Uriel Gutiérrez	56
Imagen 3. Cubierta verde del Centro Comercial Titán Plaza.....	59
Imagen 4. Fachada exterior del edificio	
Imagen 5. Planta terraza ajardinada	61
Imagen 6. Cubierta verde extensiva del edificio II	62
Imagen 7. Cubierta verde extensiva del edificio	62
Imagen 8. Estado de los componentes activos de la cubierta verde.....	63
Imagen 9.....	63
Imagen 10. Cubierta verde Zona B	64
Imagen 11. Plano Zona B.....	64

MANTENIMIENTO Y CUIDADO DE LAS CUBIERTAS VERDES

	6
Imagen 12. Cubierta verde Zona C	65
Imagen 13. Plano Zona C	65
Imagen 14. Cubierta verde Zona D	66
Imagen 15. Plano Zona D.....	66
Imagen 16. Cubierta verde Zona E.....	67
Imagen 17. Plano Zona E	67
Imagen 18. Cubierta verde Zona F	68
Imagen 19. Plano Zona F	68
Imagen 20. Cubierta verde Zona G	69
Imagen 21. Plano Zona G.....	69
Imagen 22. Termohygroanemometro	70

Lista de Anexos

Anexo A. Matriz de Observación Directa.....	96
Anexo B. Entrevista a personal encargado del mantenimiento de cubiertas verdes.....	99

Resumen

Los techos verdes son tecnologías novedosas que han significado la oportunidad de que desde la arquitectura sostenible se piense en la construcción de edificios amigables con el medio ambiente. En efecto, las cubiertas verdes se han convertido en importantes herramientas de gestión ambiental dentro de la ciudad. Esta investigación se centra en analizar el estado actual de las instalaciones de techos verdes de la Biblioteca de la Universidad La Gran Colombia; el edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional y el Centro Comercial Titán Plaza a través de una metodología cualitativa de alcance descriptivo, analítico y proyectivo. Para lograr esto se llevó a cabo un ejercicio de observación directa de las cubiertas verdes y la aplicación de una entrevista dirigida a personal encargado del mantenimiento a través del aporte de 3 empresas que ofrecen este tipo de servicios en la ciudad de Bogotá: Groncol, Sempergreen y Sustentar. De acuerdo con los procesos descritos, se espera dar cuenta del mantenimiento que se lleva a cabo en los edificios, teniendo en cuenta los lineamientos de la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá; y finalmente, aportar una actualización del modelo de ficha sugerido por la Guía y unas recomendaciones adicionales al apartado de mantenimiento.

Palabras clave: techos verdes, arquitectura sostenible, cubiertas verdes, mantenimiento techos verdes.

Abstract

Green roofs are novel technologies that have meant the opportunity that from the sustainable architecture think about the construction of environmentally friendly buildings. In effect, green roofs have become important environmental management tools within the city. This research focuses on analyzing the current state of the green systems facilities of the Library of the University of La Gran Colombia; The Uriel Gutiérrez building of the National University and the Titan Plaza Shopping Center through a qualitative methodology of descriptive, analytical and projective scope. To achieve this, a direct observation exercise was carried out on green roofs and the application of an interview directed to a personal maintenance assistant through the supplier of 3 companies that offer this type of services in the city of Bogotá: Groncol, Sempergreen and Sustain. In accordance with the related processes, it is expected to account for the maintenance that is carried out in the buildings, considering the guidelines of the Green Roofing Guide of the Mayor's Office of Bogotá; and finally, an update of the model sheet suggested by the Guide and some additional recommendations to the maintenance section.

Keywords: green roofs, sustainable architecture, green roofs, green roof maintenance.

Introducción

El cambio climático y la contaminación se han convertido en problemáticas que afectan y preocupan a la mayoría de las personas en el mundo. La huella de desarrollo industrial del ser humano ha provocado grandes deterioros sobre los recursos naturales del planeta, esto sobre todo como consecuencia de las actividades comerciales que se decantan por métodos de producción que descuidan el impacto sobre el medio ambiente. Sin embargo, de manera positiva se ha venido dando una preocupación por disminuir los efectos negativos de la actividad del ser humano. Los seres humanos se han preocupado cada vez más por adquirir una mayor conciencia ambiental desde sus hábitos de consumo y la manera en la que pueden contribuir a la problemática a partir de su formación profesional.

La arquitectura, así como muchas disciplinas, ha buscado responder a las condiciones sociales y culturales del entorno, de manera que se redirige hacia las necesidades propias de la población. Por tal motivo, en la actualidad se han asumido una serie de retos alrededor del desarrollo sostenible, sensible y consciente con el impacto medioambiental y no únicamente en los propósitos de expansión tal como lo menciona Tarrida (2010).

Una alternativa ambiental que se ha venido consolidando en los propósitos de la arquitectura sostenible es la de la tecnología de techos verdes. Esta tecnología permite la instalación de cubiertas vegetales sobre la azotea de los edificios con los siguientes beneficios: retención del agua, control de la temperatura del edificio, ahorro económico, contribución al paisaje, aislamiento acústico, disminución de la contaminación, creación de espacios de esparcimiento para las personas, y en general un mejoramiento al ambiente urbano. Sin embargo, es necesario que los administradores de los edificios donde se instalan los techos verdes tengan en cuenta que los procesos de mantenimiento son fundamentales para garantizar la vida útil de

este tipo de sistemas. Bajo este propósito, se busca indagar el estado de los techos verdes de tres edificios de la ciudad de Bogotá, para conocer la manera en la que se llevan a cabo los procesos de mantenimiento respecto a los requerimientos de la Guía Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá.

En consonancia con el objetivo anterior, el desarrollo de esta investigación se va a estructurar de la siguiente manera: en el Capítulo I se hace el planteamiento de la investigación, donde se desarrollan las secciones de descripción del problema, la formulación del problema, la justificación y finalmente se presenta la pregunta de investigación y los objetivos general y específicos. En el Capítulo II se presenta el marco referencial donde se desarrolla el marco teórico y un estado del arte acerca de los procesos de mantenimiento de los techos verdes tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Dentro de las categorías conceptuales y teóricas se presentan: la arquitectura y la construcción sostenible, la definición de los techos verdes, tipos, beneficios de estos sistemas, requerimientos de mantenimiento, y finalmente los contenidos de la Guía de Techos Verdes.

En el capítulo III se menciona la metodología, donde se especifica el tipo de investigación: cualitativa de alcance descriptivo, analítico y proyectivo; el diseño metodológico donde para cada objetivo específico se diseña una estrategia, una meta y el instrumento de recolección de la información; luego de ello se presentan las categorías de análisis que están dadas de acuerdo con las recomendaciones de la Guía Techos Verdes; y finalmente el procedimiento de análisis de la información.

Finalmente, en el capítulo IV se van a presentar los resultados, cuya estructura está organizada de acuerdo a los objetivos específicos: primero, una caracterización del estado y las características de los techos verdes seleccionados; segundo, una caracterización de los procesos de mantenimiento, donde se van a analizar las entrevistas aplicadas; tercero, un ejercicio de

análisis contrastivo respecto a la información recolectada en el objetivo 1 y 2 respecto a las indicaciones de la Guía Techos Verdes; y quinto, el aporte que se quiere hacer hacia la Guía respecto a la actualización y mejoramiento del modelo de ficha y unas recomendaciones adicionales.

Descripción del Problema de Investigación

Esta investigación sitúa su interés en reconocer el proceso de mantenimiento que se lleva a cabo en los techos verdes de tres edificios de la ciudad de Bogotá. En consonancia con lo anterior, es necesario indagar acerca de la tecnología de techos verdes y la manera en la que se ha ido desarrollando dentro de la arquitectura, sus beneficios y desventajas. Así, en primer lugar, los techos verdes se pensaron como una manera de moderar las variaciones de temperatura de algunas viviendas, especialmente en las zonas de climas más calientes, donde se buscaba enfriar el entorno. Sin embargo, esto tendría un auge mayor sobre los años 70 con la preocupación de conservar la energía y la eficiencia energética y sobre los años 80 en los que se dio una mayor reflexión en torno al impacto de la construcción y sus materiales para el medio ambiente. Esto a la luz de los crecientes problemas que se venían dando como el cambio climático y la calidad del aire tal como afirman Calvo, Gómez y Rodríguez (2016).

A partir de allí, su uso se ha popularizado y representa un interés cada vez mayor para pensar en las tecnologías en construcciones arquitectónicas que sean conscientes con el medio ambiente. Los edificios que deciden adoptar esta tecnología hacen un estudio previo respecto a las adecuaciones estructurales que son necesarias para implementarla. Cabe añadir que además de sus beneficios a nivel medio ambiental, los techos verdes también se han convertido en un aporte estético a nivel paisajístico de los edificios dentro de la ciudad.

Ahora bien, los techos verdes se ubican dentro de los propósitos de la construcción sostenible desde la cual la arquitectura ha hecho un aporte social, económico, ecológico y estético a las ciudades, así como lo explica Tarrida (2010). De esta manera, se ha venido revolucionando los tipos y modos de construcción y la utilización de materiales que tengan bajo impacto sobre el medio ambiente. Este tipo de construcción se preocupa tanto por el desarrollo urbano como por las problemáticas sociales y el cuidado de la salud, la conservación del agua y la energía y la ecología, esto retomando las ideas de Hayas *et al* (2015).

En efecto, los techos y cubiertas verdes en general en los edificios traen una serie de efectos dentro de los cuales se engloban los económicos, en la medida en la que este sistema permite la administración de energía y el reciclaje del agua; los efectos ambientales, pues actúan como refrigerantes en los edificios y son capaces de brindar mayor frescura en el entorno; y los efectos sociales, en la medida en la que como lo explica Salas (2017) hay un compromiso hacia el bienestar común. Por tal motivo, es común encontrar cada vez más este tipo de tecnologías dentro de la ciudad, sobre todo atendiendo a la congestión propia de los espacios urbanos. Las personas también se decantan cada vez más por estos espacios en los que pueden tener un pequeño contacto con la naturaleza.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que las tecnologías de techos verdes requieren una inversión, un proceso de instalación y unos protocolos de mantenimiento que son necesarios para garantizar el aprovechamiento adecuado de este tipo de sistemas. En efecto, construir una superficie vegetal lleva a una serie de adecuaciones para garantizar el ciclo de vida del sistema, pero también necesita de un seguimiento adecuado para evitar problemas de humedad, filtración, deterioro de la capa vegetal, entre otras.

Es allí cuando los procesos de mantenimiento toman importancia, pues se requiere evaluar continuamente el estado del sistema instalado para evitar que se dañe por cualquier factor. En ese

sentido, los sistemas de drenaje y filtrado garantizan que no haya un deterioro de la estructura con consecuencias mayores sobre las demás capas del sistema. Sin embargo, el mantenimiento requiere una inversión constante a la que no muchos administradores le dan importancia. Esto en parte por los costos que estos procesos pueden representar, pero también por desconocimiento. Esta evaluación se va a proyectar el ejercicio evaluativo sobre tres edificios: Biblioteca Universidad La Gran Colombia, Edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional y el Centro Comercial Titán Plaza, para contribuir a fortalecer la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá.

A partir de estas consideraciones alrededor del mantenimiento es que se hace necesario evaluar la manera en la que se llevan a cabo los protocolos de cuidado en las cubiertas verdes de los edificios mencionados, en la medida en la que se suele dar mayor importancia al proceso de instalación que al seguimiento adecuado de la vegetación. Por lo general hay un desconocimiento sobre la manera en la que se debe llevar a cabo el mantenimiento, sobre todo desde el cuidado de las plantas, que requiere un trabajo informado respecto a las necesidades de cada especie que hace parte del sistema. Este tipo de evaluaciones sirven no solo para llevar a cabo un control de la prioridad que se les da a los procesos de mantenimiento, sino también como correctivos para intervenir oportunamente los problemas que se estén dando a nivel estructural.

Formulación del Problema de investigación

Después de esta breve descripción de la problemática alrededor del uso y la importancia de los techos verdes como alternativa del desarrollo sostenible, así como el desconocimiento que hay acerca de los procesos de mantenimiento y la falta de información disponible, se presenta a continuación la formulación del problema de investigación que se centra más allá de este

reconocimiento, en el análisis de los procesos de cuidado y mantenimiento de estos techos y cubiertas verdes en algunos edificios de la ciudad de Bogotá, entendiendo estos como necesarios para garantizar los beneficios económicos, sociales y urbanos.

Como lo explica Hoyos (2013) particularmente en Bogotá, el sistema de cubiertas verdes se ha trabajado a través de la Secretaría de Ambiente no solo para brindar más información al respecto al uso y los beneficios de los techos verdes, sino que también para promover estímulos tributarios a aquellos edificios que los implementen, algunos de estos son la supresión de los impuestos prediales o porcentajes de descuentos.

Sin embargo, se reconoce la problemática de falta de información tanto en la implementación de los techos verdes como en el mantenimiento de las cubiertas verdes. De esta manera, como lo reconoce Marchena (2012), se debe establecer un plan de mantenimiento apoyado con expertos en el tema, de manera que se puedan emprender acciones correctivas de manera oportuna y llevar a cabo un plan de monitoreo constante. Ante esto, se requiere una inversión constante de presupuesto destinado a diferentes aspectos para el cuidado de los techos.

Más allá de los requerimientos de mantenimiento, en realidad se trata de un ejercicio juicioso de trabajo continuo e informado por parte de los arquitectos y profesionales encargados de las obras para garantizar que los administradores de los edificios conozcan la manera en la que deben mantener el cuidado de las cubiertas verdes. Allí se encuentra la problemática y es que desde su instalación, los administradores desconocen las particularidades del techo verde, pues su construcción se delega únicamente a los profesionales que prestan este servicio.

La Alcaldía de Bogotá ha facilitado una serie de recursos para fortalecer la información que se debe conocer para la implementación y el mantenimiento de los techos verdes. La Guía de Techos Verdes se estructura de tal manera que facilita una serie de criterios para mantener y cuidar este tipo de construcciones en las diferentes edificaciones de la ciudad de Bogotá. Sin embargo, la

Guía no ha tenido suficiente divulgación, a pesar de que tiene información fundamental con un lenguaje sencillo que permite entender todas las particularidades de este tipo de sistemas.

Sin embargo, la sección dedicada al mantenimiento de la Guía de Techos Verdes representa un vacío en la medida en la que no es suficientemente extenso en detalles que se deberían tener en cuenta al momento de cuidar y mantener el estado de este tipo de instalaciones. En efecto, esta sección se desarrolla de una manera muy sencilla y clara, aunque se podría detallar de una manera extensa todo el procedimiento, para que los administradores de los edificios y todos aquellos que estén interesados en este tipo de información, conozcan a detalle los lineamientos de cuidado que se recomienda llevar.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se establece el objetivo de analizar la manera en la que se dan las condiciones de mantenimiento en algunos edificios de la ciudad de Bogotá, no solo para reconocer dichas prácticas, sino también para analizarlas a la luz de los planteamientos de la Guía de Techos Verdes de la alcaldía y reconocer las falencias y fortalezas que se están dando como parte de estos procesos. Después de este proceso de evaluación también se busca generar un aporte para fortalecer la información referida al mantenimiento de los techos verdes que se encuentra en la Guía.

Justificación de la Investigación

Este ejercicio investigativo se centra en la intención de analizar los procesos de mantenimiento de los techos verdes a la luz de una serie de lineamientos sugeridos por la alcaldía de Bogotá. Sin embargo, más allá de esto encuentra su justificación como parte de la formación en el programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas, respondiendo a una

problemática real. Así, desde lo académico se sugiere un ejercicio de aplicación de lo aprendido durante la formación, pero también la importancia que tiene acercarse a los problemas reales.

Particularmente se hace un acercamiento al estado de las cubiertas verdes de la biblioteca de la Universidad La Gran Colombia, el Edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional y del Centro Comercial Titán Plaza, para conocer a través del personal encargado del mantenimiento y la observación directa, la manera en la que procura el cuidado de estos sistemas. Es importante que a partir de allí la investigación además suponga un ejercicio proyectivo que aporte hacia los procesos de mantenimiento de los techos verdes, sobre lo cual se encuentra información limitada.

De esta manera, la academia debe responder siempre a las dinámicas sociales, económicas, culturales y políticas del medio, de tal manera que pueda reflexionar sobre estas y actuar cuando sea necesario. Desde la arquitectura y sus programas afines se ha dado este proceso alrededor del cuidado del medio ambiente, como una preocupación constante en la sociedad moderna. El mundo ha sido testigo de los cambios climáticos y las malas prácticas de producción que elevan la contaminación, trayendo un deterioro sobre la calidad de vida de las personas y del estado de los ecosistemas. Particularmente en las ciudades, el tráfico, la sobrepoblación y la contaminación han venido deteriorando la calidad del aire.

Por tal motivo, este ejercicio investigativo se reconoce desde la construcción sostenible y la importancia de conocer información respecto al uso, beneficio y mantenimiento de las cubiertas verdes de los edificios. En efecto, como se mencionaba dentro de la problemática, todavía se desconoce mucha información valiosa para emprender estos proyectos, por lo que es necesario crear más espacios de reflexión que aporten al conocimiento del tema.

Adicional a la falta de información, también se da el desconocimiento respecto a los requerimientos mínimos de mantenimiento estipulados por ejemplo en la Guía de Techos Verdes

para Bogotá (2011) que, a pesar de ser una hoja de ruta para implementar un sistema de techos verdes, no es reconocida lo suficientemente por los proveedores de esta clase de servicios. En ese sentido, es necesario evaluar la manera en la que se le da cumplimiento o no a este documento, teniendo en cuenta su importancia en la regulación de las condiciones de las cubiertas verdes en la ciudad de Bogotá.

Finalmente, y anudado a lo anterior, se quiere aportar a la intención de recuperar aquellos temas que deberían tener mayor relevancia dentro de la cotidianidad, como los aportes que el ser humano puede hacer para disminuir la contaminación. Con esto, se resalta la importancia que tiene el compromiso profesional con los cambios de la sociedad y su desarrollo sostenible. De esta manera, más allá de lo analítico también se planea un aporte que permita fortalecer la información contenida en la Guía de Techos Verdes, como una manera de consolidar el ejercicio investigativo.

Pregunta de Investigación

A la luz de la descripción y la formulación del problema, se busca responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿En qué medida el proceso de mantenimiento de las cubiertas verdes de algunos edificios de la ciudad de Bogotá se ajusta a los lineamientos estipulados en la Guía Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá?

Objetivos**Objetivo General.**

Analizar el estado actual de las instalaciones de techos verdes de algunos edificios de la ciudad de Bogotá, con base en los lineamientos de la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá.

Objetivos Específicos.

Analizar las características de las cubiertas verdes de los edificios seleccionados a través de un ejercicio de reporte y visitas con el fin de identificar la instalación y mantenimiento de las cubiertas verdes extensivas de los edificios seleccionados.

Caracterizar los procesos de mantenimiento llevados a cabo en los edificios seleccionados a través de una observación directa y comparativa con base en lo establecido por la guía de techos verdes y la aplicación de entrevistas a personal de mantenimiento para determinar la manera en la que se prevé el deterioro de los techos verdes.

Contrastar la información recolectada acerca del estado, cuidado y mantenimiento de los techos verdes, a través de un ejercicio comparativo y analítico, usando como base la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá para establecer si se cumple o no los lineamientos allí estipulados.

Proponer un modelo de fichas de seguimiento y valoración un aporte investigativo como insumo para complementar la información relacionada con el mantenimiento de las cubiertas verdes consignada en la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá. Para establecer protocolos de mantenimiento que no permitan el deterioro de la cubierta.

Capítulo I. Metodología

1.1. Tipo de Investigación

Para el desarrollo de los propósitos de esta investigación contenidos en los objetivos general y específico se propone un esquema de trabajo desde el paradigma cualitativo y con un alcance descriptivo y analítico (Rodríguez, Gil y García, 1996). De esta manera, para empezar, las investigaciones *cualitativas* se enfocan en la recolección de datos a través de instrumentos dentro de los cuales se escogió la técnica de observación directa donde el investigador va a hacer visitas a los tres edificios seleccionados para observar el estado de los techos verdes y el diseño y aplicación de una entrevista al personal encargado del mantenimiento, para conocer a detalle los procedimientos que permiten mantener el sistema en buen estado.

De acuerdo con Pérez (2002), el enfoque cualitativo es especialmente relevante en la investigación de fenómenos relacionados con la realidad social. En este caso, se trata de los procesos de mantenimiento que tienen lugar en las cubiertas verdes para garantizar su ciclo de vida, y la manera en la que los administradores cumplen o no con las indicaciones y recomendaciones contenidas en la Guía de Techos Verdes mencionada anteriormente.

Una vez se ha establecido el paradigma cualitativo, se establece un alcance descriptivo y analítico. De acuerdo con Hurtado (2000), el análisis parte tanto desde la identificación como desde la comprensión de las partes que componen un todo, es decir, de la situación problemática que se quiere estudiar. Esta descomposición permite no solo identificar las partes de un fenómeno, sino también reflexionar acerca de las relaciones que existen entre dichas partes. Por tal motivo es importante llevar a cabo un proceso de descripción de las cubiertas verdes de los

tres edificios que se quieren analizar para establecer el tipo de cubierta verde y así sus necesidades de mantenimiento.

1.2. Diseño Metodológico

Para llevar a cabo de manera más ordenada los propósitos estipulados en los objetivos específicos, se presenta a continuación el siguiente cuadro de diseño metodológico que obedece a las estrategias, metas e instrumentos de recolección de la información de cada objetivo específico:

Tabla 3.

Diseño metodológico

Objetivo Específico	Estrategia	Meta	Instrumento de recolección de la información
Registrar los rasgos de las cubiertas verdes de los edificios seleccionados a través de un ejercicio de observación directa, y visitas con el fin de identificar algunas características respecto a su instalación	✓ Llevar a cabo un registro de cada uno de los edificios definiendo el tipo de cubierta y características específicas de su sistema. ✓ Llevar un registro fotográfico de la cubierta de cada edificio.	✓ Identificación de las características de las cubiertas verdes de cada edificio.	Observación directa. Diario de campo. Registro fotográfico.
Caracterizar los procesos de mantenimiento llevados a cabo en los edificios seleccionados a través de la observación y algunas entrevistas al personal, para determinar la manera en la que se cuida el estado de los techos verdes.	✓ Indagar con el personal acerca del tipo de mantenimiento requerido (mínimo, regular, especial o permanente), la periodicidad y los procesos requeridos.	✓ Reportar el estado de las cubiertas verdes de los edificios seleccionados. ✓ Conocer acerca de los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo en las cubiertas.	Entrevistas semiestructuradas. Observación directa.
Contrastar la información recolectada acerca del estado, cuidado y mantenimiento de los techos verdes, a través de un ejercicio comparativo y analítico, usando como base la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá para establecer si se cumple o no los lineamientos allí estipulados.	✓ Tomar la caracterización de cada edificación y la información recolectada frente a las necesidades de mantenimiento y contrastarla con los requerimientos mínimos para el tipo de cubierta.	✓ Determinar el grado de cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento estipulados en la Guía de Techos Verdes.	Análisis cualitativo de los datos recolectados en contraste con el documento Guía de Techos Verdes.

Fuente: elaboración propia, 2019

1.3. Técnicas e Instrumentos de Investigación

De acuerdo con el diseño de la investigación, se consideran los siguientes instrumentos de recolección de la información:

- *Entrevista a personal encargado del mantenimiento:* la entrevista se va a desarrollar de con la intención de develar los procesos y actividades que se desarrollan como parte del protocolo de mantenimiento establecido en el momento de instalación del sistema de la cubierta verde, teniendo en cuenta los requerimientos mínimos.

De acuerdo con Díaz, Torruco, Martínez y Varela (2013), las entrevistas semiestructuradas permiten que el investigador planifique un guion temático sobre las categorías que se quieren abordar con el entrevistado, las respuestas tienen respuestas abiertas de manera que se puede ahondar acerca de las opiniones y percepciones del sujeto de estudio.

- *Guía de observación:* se diseñó una matriz de observación directa (Anexo I) que permitirá recoger los elementos fundamentales para tener en cuenta para el mantenimiento de las cubiertas en cada edificio. Adicional a esto, se va a llevar un registro fotográfico que servirán tanto para el proceso de análisis como de evidencia del estado de las cubiertas verdes.

Finalmente, el ejercicio de observación de acuerdo con Díaz (2011), se define como aquel que desde la rigurosidad científica plantea un ejercicio en el cual se encuentran claras las categorías y aquello que se quiere observar, para qué hacerlo y las implicaciones detrás de esto. En este caso se trata de un tipo de observación directa, en el que el investigador

personalmente entra en contacto con el fenómeno a observar, aunque *no participe* ni intervenga de las dinámicas que se están dando allí.

1.4. Categorías de Análisis

Las categorías de análisis que se van a tener en cuenta durante el proceso de observación y aplicación de las entrevistas están relacionadas con los requerimientos de mantenimiento estipulados como mínimos en la Guía de Techos Verdes:

- ✓ Ficha técnica: protocolo de instalación: esta es la información que permite reconocer el tipo de cubierta (intensiva, extensiva, semi intensiva o biodiversa).
- ✓ Grado de mantenimiento establecido para el sistema y su alcance: mínimo, regular, especial o permanente de acuerdo con las especificaciones de la Guía.
- ✓ Revisión del estado de las plantas: evaluación del aspecto de la cubierta vegetal del techo verde.
- ✓ Procesos de deshierbe y corte de la vegetación: establecimiento de la periodicidad de estos procesos y las actividades que se llevan a cabo.
- ✓ Procesos de fertilización de acuerdo con las condiciones propias del sistema: se establece el tipo de sistema de fertilización que se utiliza y la periodicidad de este.
- ✓ Control de plagas y malezas: se describen las actividades para la prevención de aparición de malezas y el manejo de plagas.
- ✓ Procesos de resiembra: se establece en la medida en la que sea necesario para cada caso.
- ✓ Verificación del sistema de riego: se establece el sistema de acceso al agua y los procesos de riego a las plantas, así como la periodicidad de este.
- ✓ Estabilidad de la estructura: se evalúa el estado del sistema de techos verdes instalados, y la manera en la que el personal lo monitorea para prevenir su deterioro.

- ✓ Evaluación e inspección de tuberías y drenaje: se establece la manera en la que se da la revisión de estos sistemas de acuerdo con las particularidades pertinentes para cada caso.

1.5. Análisis de la Información

Finalmente, respecto al análisis de la información que se va a llevar a cabo una vez se haya hecho el ejercicio de observación directa y la aplicación de las entrevistas está determinado por un ejercicio de selección de los datos de acuerdo con las categorías de análisis mencionadas anteriormente. De esta manera, de acuerdo con Monje (2011) se cumple una fase de conceptualización de los hallazgos, en la cual se debe darle una primera mirada a los datos y la manera en la que van a ser expuestos en el documento final para cumplir con los objetivos específicos previstos.

Con esto, la información recolectada se va a presentar en tres momentos: registro de los rasgos de las cubiertas verdes y su estado de conservación; caracterización de los procesos de mantenimiento; contraste de la información recogida con la Guía Techos verdes; y propuesta de mejora y recomendaciones. Este análisis de la información tiene una culminación proyectiva desde la cual se espera hacer un aporte a la actualización de la ficha que se propone en la Guía de Techos verdes y unas recomendaciones adicionales para la sección de mantenimiento.

Capítulo II. Marco Referencial

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Arquitectura y construcción sostenibles.

Para empezar el desarrollo de este marco teórico, en primer lugar, se habla de la arquitectura sostenible como una perspectiva que se ocupa de atender problemáticas que afectan la calidad de vida de las personas. Esto lleva a repensar en los modos en los que se desarrollan las diferentes actividades humanas para que estas no tengan un impacto negativo sobre el medio ambiente.

De acuerdo con Acosta (2009), los procesos de construcción tienen un impacto sobre el medio ambiente debido a acciones como la ocupación del espacio, obstrucción del paisaje, extracción poco controlada de recursos y también la contaminación que se genera por los residuos. Por tal motivo, se ha hecho cada vez más común el cuestionamiento sobre estos métodos y la búsqueda por garantizar construcciones con el mínimo impacto ambiental. Esto también se ha manifestado en los tipos de edificaciones y tecnologías como las cubiertas verdes que traen una serie de beneficios tanto a nivel económico como social y medio ambiental.

Precisamente, desde esta posición es que surge el término de arquitectura sostenible, con la urgencia de buscar nuevas formas de construcción que no comprometan la calidad de vida de las personas y que permitan un manejo adecuado de los recursos. Este es un concepto fundamental a partir del cual los profesionales se han venido comprometiendo desde la academia y desde prácticas concretas hacia la resolución de problemas sociales. Desde allí, vale la pena mencionar los tres elementos que engloban la arquitectura sostenible de acuerdo con Jacobs (1997): primero, tomar en cuenta las consideraciones

medioambientales en la toma de decisiones que se hagan desde la política económica; segundo, el compromiso de la arquitectura con la equidad, el mejoramiento de la calidad de vida de los menos favorecidos y la justa distribución de la riqueza; y tercero, que el desarrollo no se debe equiparar al crecimiento, en la medida en la que este debe responder también a objetivos de mejoramiento de la calidad de vida y bienestar de la población.

Actualmente, Colombia se ha comprometido con las apuestas del desarrollo, la arquitectura y el urbanismo sostenible y le ha apostado al desarrollo de normativas relacionadas con tópicos como el ecourbanismo y la construcción sostenible. De esta manera, se han desarrollado estrategias para el ahorro de agua y energía en las diferentes construcciones a nivel urbano, de tal manera que se busca garantizar que el proceso de construcción no atente contra el medio ambiente y especialmente contra este tipo de recursos. Y segundo, para considerar criterios ambientales para el diseño de construcciones urbanas a partir de la clasificación de las zonas climáticas del país de acuerdo con factores como el suelo, la energía, el agua y los materiales constructivos; además, se estipula que para este tipo de construcciones es necesario ser cuidadosos en las etapas de diseño, construcción y mantenimiento (Rodríguez, Villadiego, Padilla y Osorio, 2015).

En síntesis, es importante hablar de la tecnología de los techos verdes recuperando los principios que se han venido instaurando respecto a la arquitectura y la construcción sostenible en la medida en la que esta se considera una importante herramienta de gestión ambiental. Esta es una apuesta a mitigar el impacto de las actividades humanas para la recuperación y el cuidado del medio ambiente y así, para el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.

2.1.2. Cubiertas y/o techos verdes.

Los techos verdes se definen como un tipo de tecnología verde que se da a partir de la construcción de cubiertas en los niveles superiores de diferentes estructuras que soportan algún tipo de vegetación. Como lo explica López (2010), el sistema de instalación de los techos verdes debe tener los siguientes componentes: vegetación, medio de cultivo, membrana de filtro, drenaje-reserva hídrica, sistema impermeabilizante anti-raíz, membrana de protección, aislamiento térmico y soporte estructural:

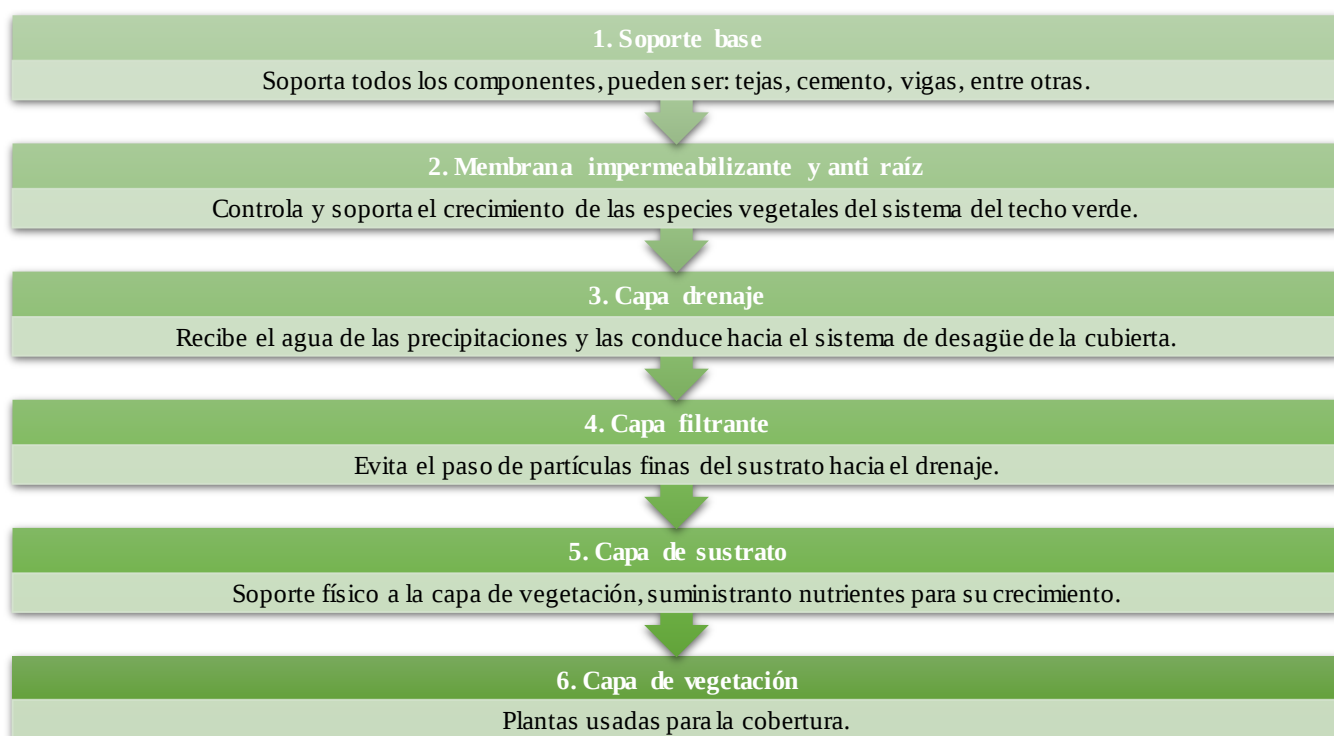


Figura 1. Función de los componentes de un techo verde

Fuente: adaptado de López (2010)

Sin embargo, cada componente puede variar dependiendo del tipo de techo verde que se quiera instalar, aun así, los componentes que son obligatorios para cualquier instalación serían: un sistema impermeabilizante anti-raíz, sistema de drenaje y reserva hídrica, membrana de filtro, medio de cultivo y algún tipo de vegetación:

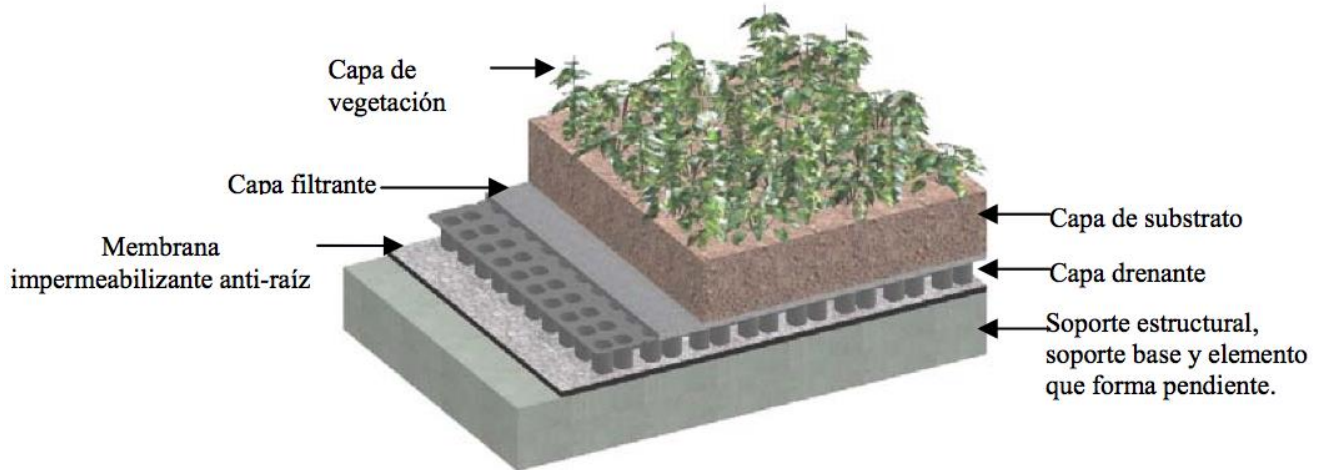


Figura 2. Vista en axonometría de los componentes

Fuente: adaptado de Arquitectura México (2011)

Desde la Guía de Techos Verdes y Jardines Verticales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015) se especifican con mayor precisión los requerimientos de un jardín verde desde la clasificación de los componentes en tres tipos: 1) Componentes Activos, que son aquellos que están en constante cambio físico y químico y que garantizan el ciclo de vida del sistema. Estos son elementos biológicos que son fundamentales para la vida de la vegetación. 2) Componentes Estables, cumplen con la función de brindar estabilidad química y física para el sistema, son componentes inertes que son fabricados especialmente para cumplir una función específica, un ejemplo de ellos son las membranas de impermeabilización, las barreras de filtro, anti-raíces, los sistemas de drenajes e irrigación, entre otros. Estos elementos son fundamentales para garantizar la vida útil del sistema de techos verdes, por lo tanto, se debe cuidar su calidad durante el proceso de construcción para prevenir filtraciones, humedad y otro tipo de problemas que afecten al sistema. Y finalmente 3) Elementos Auxiliares, son elementos inertes que son complementarios al

sistema tales como la evacuación, el riego, la iluminación, entre otras. Cada uno de estos componentes se puede ver en la siguiente imagen:

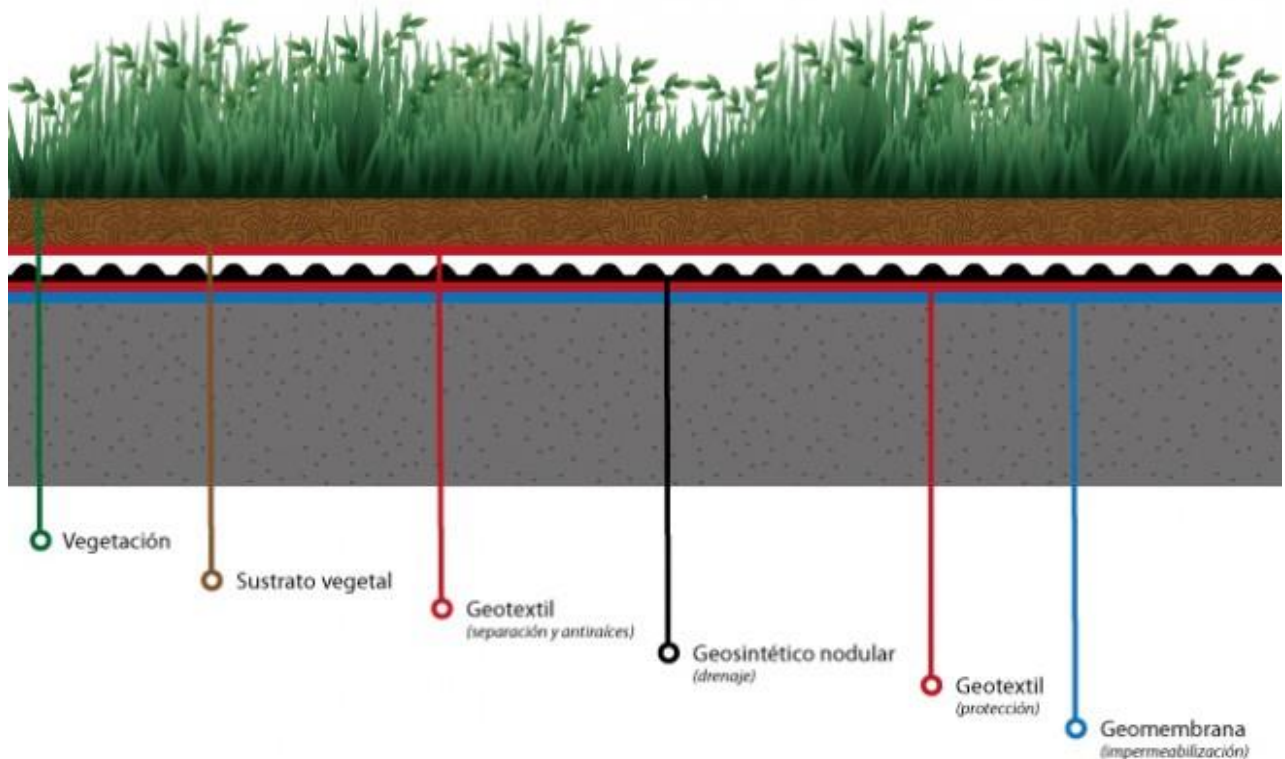


Figura 3. Vista de perfil Componentes Activos, Estables y Auxiliares de un techo verde

Fuente: Tex Delta (2019)

Más allá del uso variado de este tipo de componentes, los techos verdes tienen unos requerimientos mínimos de operatividad del sistema, estos son: 1) impedir la penetración de agua o humedad hacia la estructura de soporte; 2) permitir el flujo de agua lluvia y/o riego a través del sistema y garantizar su evacuación a través de bajantes, sumideros y canaletas. 3) mantener las condiciones adecuadas de sustrato requeridas por la capa de vegetación; 4) recoger y almacenar la cantidad de agua necesaria en el sistema; 5)

garantizar la estabilidad del sistema y sus componentes; 6) proporcionar un equilibrio fisicoquímico y los nutrientes que requiere la capa de vegetación para que esta se mantenga viva; y 7) permitir el paso de agua a través del sistema, evitando filtraciones por cuenta de las partículas más finas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015).

Se debe agregar que estas construcciones se dan con propósitos ya sea de desarrollo urbano sostenible como de refrigeración, cuidado del medio ambiente y/o estética. De acuerdo con López (2010) los techos verdes contribuyen al aprovechamiento de las cubiertas de los edificios de una manera más eficiente, que no solo resulta un espacio agradable de esparcimiento y relajación para las personas sino también una contribución social al cuidado del medio ambiente desde la arquitectura. Desde esta mirada, la arquitectura sostenible se enfocó en la capacidad que tienen las plantas, los árboles y en general la vegetación para absorber y minimizar las emisiones de carbono atmosférico, de tal manera que pueden contribuir al enfriamiento de la atmósfera, la filtración del aire para hacerlo más puro y ayudar a la retención del agua. De esta manera, su instalación en espacios urbanos ha contribuido a problemáticas como el efecto albedo o efecto isla de calor urbano que se producen como consecuencia de los gases emitidos por los vehículos y aparatos eléctricos como los aires acondicionados, así como la energía solar que es absorbidas por las superficies a través de materiales convencionales.

Ahora bien, la tecnología que implica el uso de los techos verdes en las cubiertas de los edificios lleva a la consideración de que se trata de un sistema complejo que requiere de un trabajo especializado. Por tal motivo, en la actualidad hay empresas que brinda asesoría y servicio de construcción de las cubiertas de techos verdes y que garantizan una instalación adecuada del sistema. Esto implica un proceso de instalación que también sea amigable con el medio ambiente y que procure el cuidado de recursos como el agua y la

energía, para lo cual se requieren técnicas y materiales impermeables. Cabe resaltar que el diseño y la instalación del sistema son fundamentales para garantizar la impermeabilización del sistema y evitar consecuencias como riego y deterioro con el tiempo (López, 2010). Este tipo de sistemas, así como la disponibilidad de materiales modernos y duraderos ha contribuido a que la tecnología de techos verdes sea cada vez más implementada en diferentes espacios urbanos ya sea edificaciones comerciales como viviendas.

Como consecuencia de la complejidad del sistema, hay una serie de barreras para la implementación de este tipo de proyectos. Marchena (2012) explica que una de estas son los altos costos que implican la construcción y/o transformación de la cubierta para soportar el sistema de techo verde. De igual manera se presentan otras como la dificultad de instalación, pues como se mencionaba anteriormente, se trata de un sistema complejo; la escasez de empresas y personal especializado en la construcción de este tipo de tecnología; la falta de conocimiento que tienen las personas frente a los usos y beneficios de las cubiertas verdes; y finalmente la falta de reconocimiento por parte del gobierno lo que representa la falta de incentivos para el desarrollo de este tipo de proyectos.

2.1.3. Tipos de techos verdes.

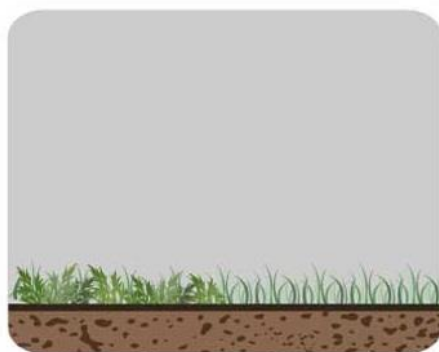
De manera análoga a las características propias de este tipo de sistema también es importante considerar los tipos de cubiertas verdes que se dan a partir de las necesidades de diseño, construcción y mantenimiento de la cubierta. En ese sentido, es importante tener en cuenta que cada edificación requiere de modificaciones estructurales especiales y además que hay una serie de factores como el clima que determinan el tipo de cubierta que se debe construir y así varían los componentes del sistema. Con el tiempo se ha hecho notable el

desarrollo de la tecnología, métodos y materiales disponibles para la construcción del sistema de techos verdes y así los tipos de cubiertas que se pueden construir.

Sin embargo, como lo menciona Abellán (2013) los tipos tradicionales de cubiertas verdes son:

2.1.3.1. Cubiertas extensivas.

Este tipo de sistema de cubierta se define como el más ligero y por lo tanto, el más económico, aunque cumple igualmente con sus funciones sociales, económicas y ecológicas. Debido a su ligereza, exige menos costos de mantenimiento y por lo tanto es el tipo de cubierta verde que más se usa, sobre todo para espacios de difícil acceso o que están ubicados en una gran pendiente.



Extensivo

Espesor: 10 - 20 cm.

Peso: 70 - 160 kg/m².

Vegetación: Sedums, Musgos,
Gramíneas y Herbáceas.

Mantenimiento: Bajo

Imagen 1. Tipo de techo verde extensivo

Fuente: Concepto Verde Perú S.A.C., 2012.

Las cubiertas extensivas requieren de un sistema ligero, cuyo sustrato tiene poco espesor y por lo tanto hay una reducida concentración de nutrientes. Como consecuencia, se requiere de un tipo de vegetación resistente y de poco mantenimiento de riego, fertilizantes o adición de nutrientes; por tal motivo, se recomienda el uso de vegetación tipo ruderales como especies de plantas vivaces, algunas gramíneas y algunas *sedum*. Una de las características de este tipo de vegetación es que tienen un crecimiento rápido y denso, por

tal motivo, este es un tipo ideal de cubierta para proyectos de renovación extensos. De acuerdo con la Guía, se recomiendan las siguientes especies:

Tabla 1. Tipo de plantas recomendadas para una cubierta verde en Bogotá

Calanchoe	Orquídea pcosa (stenorhynchus)	Helecho arbóreo	Helecho pequeño	Anturio blanco	Helecho peine
Elleanthus (orquídea con flor de mazorca)	Sedum	Pleurothallis	Cyrtochilum	Clavel chino	Prescofia
Gazania	Helecho	Afelandra	Bromelia	Gomphichis	Poinsettia
Anturio	Dólar (aglaonema)	Helecho nido de ave	Limonio	Azalea	Mano de dios
Anigozanthos (pata de canguro)	Margarita	Amaranto rosado	Vinca	Ajuga	Gazania amarilla
Cebollino ornamental	Panicetos	Rúgula	Espárrago	Romero	Orejas de conejo
Estragón	Eneldo	Arvejas	Rábano	Perejil	Cidrón
Menta	Tomillo	Hierbabuena	Manzanilla	Sedum moranense (cordoncillo, chismes, jaspalache)	Cilantro
Gerberas	Albahaca morada	Estrella de Belén	Billetes	Lirio naranja	Girasoles
Lirio iris	Pichón verde	Astromelia	Azulina		

Fuente: Adaptado de Guía de Techos Verdes

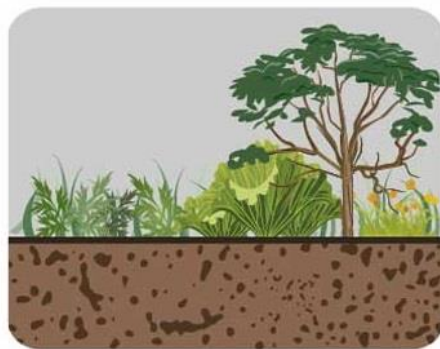
Además, dentro de este tipo de cubiertas extensivas también se da una clasificación interna: cubiertas extensivas ligeras, que tienen un bajo potencial de biodiversidad y mínima capacidad de retención de agua lluvia, un ejemplo de estas son las alfombras tapizantes; y las cubiertas extensivas súper ligeras, que tienen capas muy delgadas de sustrato, por lo tanto, la capa de vegetación apenas alcanza los 25 milímetros.

2.1.3.2. *Cubiertas intensivas.*

A diferencia del tipo de cubierta anterior, estas requieren de un sistema más complejo en la medida en la que se instalan grandes capas de vegetación que además son muy diversas. Un ejemplo de este tipo de cubiertas son los jardines que cumplen con

funciones de ser parques o jardines pequeños y/o domésticos y que sirven como espacios de esparcimiento y relajación para las personas. Por tal motivo, se trata de cubiertas que admiten una gran biodiversidad.

Debido a su envergadura, este tipo de cubiertas requieren de un sistema más complejo y por lo tanto de mayores cargas estructurales, espesor del sustrato para la retención del agua y el mantenimiento de la vegetación. Hay que añadir que además que las cubiertas intensivas construcciones se dan en espacios de acceso al público como algunos centros comerciales o residenciales. A pesar de sus altos costos y mayor mantenimiento, el sistema de aislamiento que proporciona. Esta cubierta representa una ventaja en la reducción del consumo energético en un edificio, además para la filtración y purificación del aire y del agua lluvia.



Intensivo

Espesor: 40 - 100 cm.

Peso: Superior a 400 kg/m².

Vegetación: Gramíneas,
Herbáceas, Arbustos y Árboles

Mantenimiento: Alto

Imagen 5. Techo verde intensivo

Fuente: Concepto Verde Perú S.A.C. (2012)

2.1.3.3. Cubiertas semi intensivas

Combinan los sistemas de cubiertas intensivas y extensivas. Estas tienen una profundidad y espesor medio y pocas necesidades de mantenimiento. Su uso se da especialmente en tejados que son delgados y con un acceso parcial con propósitos

paisajísticos. Las cubiertas semi intensivas admiten mayor biodiversidad que las cubiertas extensivas como plantas herbáceas, matorrales pequeños y/o césped.



Semi Intensivo

Espesor: 15 - 35 cm.

Peso: 120 - 250 kg/m².

Vegetación: Gramíneas,
Herbáceas, Arbustos

Mantenimiento: Bajo

Imagen 6. Tipo de techo verde semi intensivo

Fuente: Fuente: Concepto Verde Perú S.A.C. (2012)

Y finalmente, las cubiertas biodiversas, cuya composición es similar a las cubiertas extensivas, aunque se construyen con otro tipo de intensidad. Estos ambientes buscan recrear un hábitat natural para atraer algunas especies ya sea de plantas, pájaros y/o insectos. Esta construcción se hace con la intención de recuperar el espacio natural que existían antes de que se hiciera la edificación. Por tal motivo, son espacios que rescatan la naturaleza a través de la colonización natural de las plantas y de algunas especies de animales pequeños y su motivo principal es cuidar la biodiversidad de los espacios.

2.1.4. Beneficios de la instalación de techos verdes.

Antes de examinar los tipos de techos verdes que existen y sus requerimientos de mantenimiento, se mencionan a continuación algunos de los beneficios más notables de las cubiertas verdes a modo de síntesis de lo que se ha reiterado a lo largo del documento respecto a la importancia de este tipo de tecnologías tanto a nivel ecológico, como social y económico. Así, Hoyos (2013) menciona que a nivel urbano traer estos espacios de cubierta

vegetal resultan beneficiosos sobre todo para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

En concreto, los techos verdes contribuyen a la reducción del efecto de la isla de calor urbano que se da como consecuencia de la alta densidad de las edificaciones de las ciudades, que se construyen a partir de materiales duros como el cemento, el vidrio, el ladrillo, entre otros, que retienen la energía solar y condensan el calor en la superficie, transmitiéndolo hacia la atmósfera. Este es un efecto cada vez más común en diferentes ciudades alrededor del mundo. En ese sentido, las plantas actúan a través de su proceso normal de fotosíntesis para extraer el calor del ambiente, produciendo así un efecto de enfriamiento (Hoyos, 2013).

Para el mejoramiento de la calidad del aire, los espacios de las cubiertas verdes son ideales en la medida en la que las plantas también tienen la capacidad de atrapar partículas y gases, sobre todo en temperaturas altas que se dan durante el verano. De esta forma, las plantas tienen la capacidad de retener el carbono del aire y liberar oxígeno lo que resulta beneficioso para las construcciones que alojan este tipo de sistemas en sus cubiertas. Anudado a lo anterior, la capa vegetal también contribuye a la regulación de la humedad, en la medida en la que como explica Minke (2000), una hectárea de huerto tiene la capacidad de evaporar 1500 m³ de agua en un día caluroso.

De igual manera, Ferrer (2010) menciona que los techos verdes tienen la capacidad de aislamiento térmico y acústico. Así, la cubierta vegetal tiene la capacidad de aislar térmicamente el edificio sobre el cual está construido, esto a su vez produce un beneficio respecto a la reducción del consumo de electricidad que busca controlar la temperatura interna a través de aparatos como los aires acondicionados. Adicional a esto, el sistema representa también beneficios para la aislación acústica en la medida en la que el sistema

del techo verde a través de sus componentes ayuda a bloquear las ondas sonoras bajas y las plantas contribuyen a bloquear las frecuencias más altas. Este tipo de aislamientos son beneficios para espacios urbanos donde se presenten ruidos externos altos. Como lo muestra Rivas (2017), los techos verdes representan beneficios en el esquema de impacto de la lluvia y la temperatura en las azoteas de los edificios:

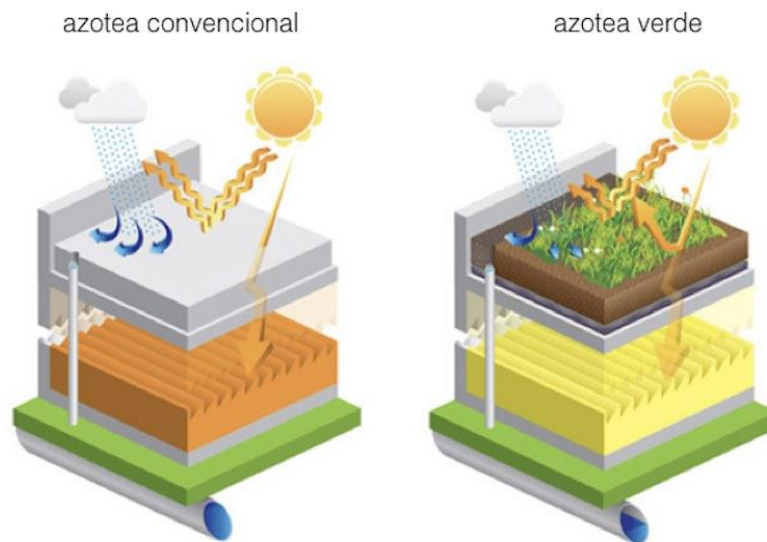


Figura 4. Beneficios de los techos verdes

Fuente: Rivas (2017)

Como se puede observar en la imagen, a diferencia de las azoteas convencionales (izq.), las azoteas verdes (der.) permiten la regulación de la temperatura dentro del edificio, ya que el impacto del sol no es directo sobre materiales duros como el concreto. Igualmente, el agua de lluvia en los techos verdes se puede aprovechar de una mejor manera, contribuyendo al ahorro del agua y de la energía.

2.1.5. Requerimientos de mantenimiento de los techos verdes.

Finalmente, los techos verdes requieren de un sistema de mantenimiento eficaz que sea acorde al tipo de sistema que sea instalado, es decir, de acuerdo con el tipo de cubierta

verde y la vegetación utilizada. Así, es necesario que la inversión para estos sistemas se piense también hacia el mantenimiento del sistema para garantizar su ciclo de vida útil y el aprovechamiento adecuado de todos los beneficios que han sido descritos con anterioridad. A continuación, se mencionan algunos elementos que de acuerdo con Luckett (2009) son fundamentales para tener en cuenta en el mantenimiento de los requerimientos mínimos de una cubierta verde:

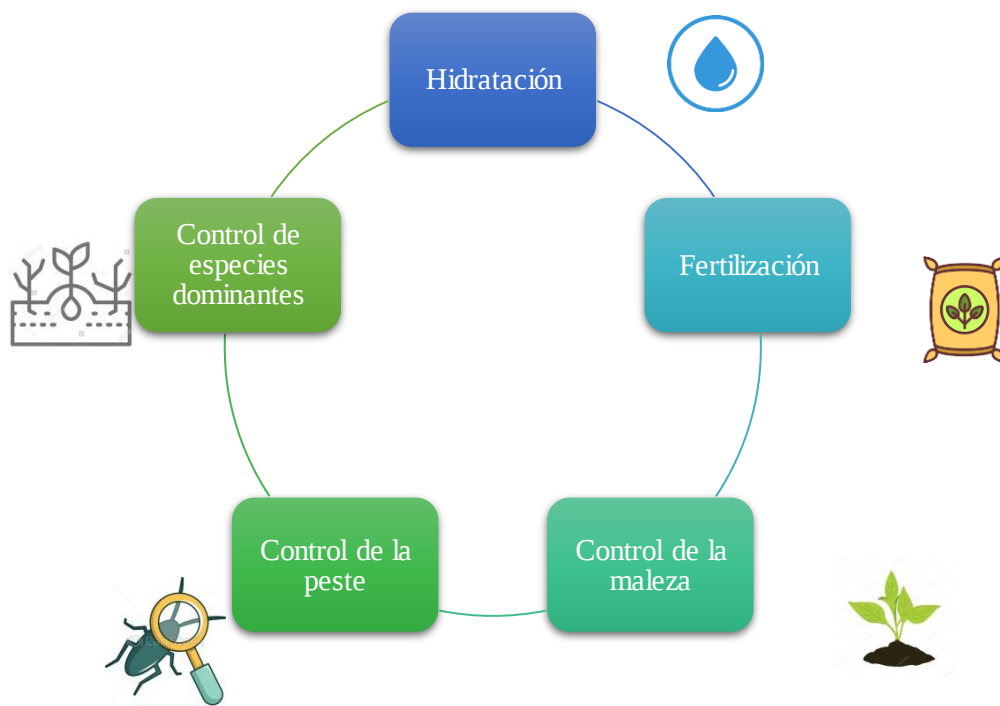


Figura 5. Requerimientos mínimos de mantenimiento de un techo verde

Fuente: elaboración propia, 2019

Hidratación, que es fundamental en la medida en la que toda planta necesita de agua para sobrevivir. En ese sentido, el mantenimiento debe garantizar un acceso a una fuente del agua en el techo y además establecer un sistema adecuado de riego de las plantas de acuerdo con los requerimientos de la vegetación escogida. Así, no debe darse ni un exceso ni un bajo acceso de agua a la planta.

Fertilización, a través de esta se le garantiza una adecuada nutrición a la planta.

Generalmente se hace uso de un tipo de fertilizante granular de liberación lenta de 12 a 14 meses; sin embargo, el uso del tipo de fertilizante va a depender nuevamente del tipo de planta que se haya escogido para la cubierta verde. De esta manera, el mantenimiento debe garantizar que los fertilizantes se apliquen de manera temprana y oportuna para la nutrición continua de la planta, especialmente durante los meses de crecimiento. Si el sistema de techo verde ya lleva un tiempo de instalación mayor a 3 años, se deben suplir las necesidades de fertilización local o individual de acuerdo con las necesidades de cierto tipo de plantas ya sea para mantener su color o crecimiento. No se recomienda el uso de fertilizantes naturales de liberación rápida como el estiércol, ya que pueden filtrarse componentes contaminantes que son nocivos para el sistema. Sin embargo, también se debe garantizar que el uso de químicos no afecte la intención de conservación del medio ambiente que tienen las cubiertas verdes.

Control de la maleza, durante el mantenimiento se debe hacer una clasificación consciente del tipo de hierbas que están presentes en el sistema que lo pueden beneficiar o afectar. Un ejemplo de ellos es la Euphorbia que tiene flores grandes que contribuyen a lo estético y que suelen aparecer en este tipo de cubiertas de techo verde. Sin embargo, se recomienda ser cuidadoso con la presencia de las malezas, en la medida en la que pueden ocupar el agua y los nutrientes que se les quiere brindar a las demás plantas. Algunas especies de malezas tienen raíces agresivas que, si no son controladas a tiempo, pueden dañar los techos y sus componentes, como las membranas superpuestas. Por tal motivo, dentro del mantenimiento se deben establecer controles de crecimiento que prevengan la aparición y propagación de maleza.

Control de la peste, debido a su grado de exposición, las cubiertas verdes pueden recibir la intromisión de invitados que afectan a largo plazo la supervivencia de la vegetación. De esta manera, se ejemplifica la aparición de aves que pueden deteriorar la estructura de las cubiertas, para lo cual será necesario implementar recursos para ahuyentarlas. Sin embargo, siempre se debe procurar la protección del medio ambiente y su biodiversidad, por lo cual se recomienda ser cuidadoso. También se pueden presentar plagas de insectos, y por tal motivo es necesario que se establezcan inspecciones de rutina a la planta para evitar el uso de pesticidas pues son elementos químicos que pueden resultar contaminantes, especialmente si tienen la capacidad de ingresar al desagüe del techo.

Especies dominantes, es necesario entender que a pesar de que los techos verdes son construcciones planeadas con una intención particular, la realidad es que la naturaleza tiene sus leyes propias y por lo tanto, se van a instaurar una serie de especies que son dominantes y aquellas que tienen un crecimiento más débil o lento. La diversidad de las especies de plantas instauradas puede variar con los años y el mantenimiento no debe intervenir en dicho proceso. Es necesario llevar un control adecuado del comportamiento de las plantas, pero no se debe actuar sobre los procesos normales de crecimiento y dominancia.

2.1.6. Estado sobre la Guía de Techos Verdes en Bogotá.

Por último, se tiene en cuenta la Guía de Techos Verdes para Bogotá desarrollada por la Secretaría Distrital de Ambiente (2011) en colaboración con la Subdirección de Ecorbanismo y gestión ambiental empresarial. Este es un documento que reúne información relacionada con el manejo de los techos verdes en la ciudad de Bogotá, tomando varios puntos de desarrollo: 1) referencias regulatorias locales y referencias técnicas internacionales; 2) definiciones acerca del sistema de techos verdes, componentes y elementos como la cobertura vegetal, el crecimiento y demás componentes estables y

auxiliares; 3) beneficios de los techos verdes para Bogotá; 4) tipos de sistemas de techos verdes de acuerdo con la tecnología aplicada; 5) clasificación de los techos verdes; requerimientos técnicos; 6) prestaciones recomendadas; y finalmente 7) fases del ciclo de vida de un sistema de techos verdes, donde se incluye el proceso de mantenimiento.

La Guía que se enfoca hacia los requisitos y las recomendaciones técnicas que garantizan la calidad y el funcionamiento de la tecnología de los techos verdes aplicados a los edificios en Bogotá. Teniendo en cuenta que la implementación de estas tecnologías demanda una serie de adecuaciones a nivel estructural para asegurar su correcto funcionamiento.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, en primer lugar, se establece una *ficha técnica* (Guía Techos Verdes, p. 50) que debe acompañar el protocolo de entrega de la instalación del sistema de techo verde. En esta ficha se debe incluir la siguiente información: contacto del proveedor del sistema, diseñador y contacto, contratista instalador contacto, dueño u operador responsable del inmueble, localización, nombre del inmueble y su uso, tipo de techo verde, indicar si es transitable o no, elementos principales de la estructura ecológica, fecha de prueba de estanqueidad u otro método válido para la detección de filtración o fuga en la capa impermeabilizada; grado de mantenimiento requerido, donde se mencione el acuerdo de mantenimiento y periodicidad; fecha previa de consolidación; responsable del mantenimiento; resumen del panorama de cargas; cuadro de especies vegetales y finalmente el cumplimiento avalado con las disposiciones de la Guía (Secretaría Distrital de Ambiente, 2011). A través de esta información es que se debe llevar un registro de los procesos de mantenimiento, teniendo en cuenta lo que se estipule para cada edificación en el momento de instalación del techo o cubierta verde.

El propósito del mantenimiento de un techo verde es verificar que las condiciones del sistema instalado sean óptimas y hacer un seguimiento de las funciones básicas de la operatividad del sistema de techo verde y de sus características mínimas de desempeño. Generalmente, el proveedor del sistema es el encargado de llevar a cabo los procesos de mantenimiento, quienes también deben entregar un manual de operación y mantenimiento. Este manual deberá incluir la siguiente información:

- Requerimientos para la inspección: accesibilidad y tránsito, iluminación y medidas de seguridad.
- Actividades de mantenimiento y frecuencia de estas.
- Tiempo mínimo de seguimiento post instalación

De acuerdo con la guía, en segundo lugar, es necesario establecer el grado de mantenimiento de acuerdo con el alcance que se establezca. Ver Tabla 2:

Tabla 1. Grados de mantenimiento – Guía Techos Verdes

Grado de mantenimiento	Alcance
Grado 1	Mínimo: inspección, limpieza y deshierbe.
Grado 2	Regular: poda y corte, irrigación activa
Grado 3	Especial: acondicionamiento esporádico, monitoreo especial
Grado 4	Permanente: control permanente, acondicionamiento permanente.

Fuente: elaboración propia a partir de Guía de Techos Verdes (2011)

Así, para el estudio de campo será fundamental reunir este tipo de información registrada en la ficha de registro respecto al grado de mantenimiento y el alcance. De esta manera, cada grado se refiere a unas actividades fundamentales, que se describen a continuación:

1. Grado de mantenimiento Mínimo

Para este tipo de mantenimiento se estipulan dos tipos de actividades: 1) Inspección y limpieza mínima de los sumideros, desagües de la red de evacuación de aguas lluvia, esta inspección se hace de manera esporádica. 2) Deshierbe, que se describe como una actividad de supervisión para prevenir la aparición de especies vegetales no deseadas. Esto se lleva a cabo especialmente durante los primeros meses de instalación. Vale la pena aclarar que estas son actividades aplicables a todos los tipos de techos verdes (Secretaría Distrital de Ambiente, 2011).

2. Grado de mantenimiento Regular

El seguimiento de grado regular implica dos actividades igualmente: 1) Poda y corta de la vegetación cuando esta sobrepase las condiciones de diseño establecidas previamente por su crecimiento, corte de las partes enfermas de las plantas y seguimiento de la regeneración de sus follajes. 2) Irrigación, que se debe realizar de acuerdo con las necesidades hídricas de la cobertura vegetal que se haya seleccionado. Esta se puede hacer a través de sistemas de goteo, microaspersión o nebulización. Se recomienda que la cantidad de agua suministrada no supere la capacidad de absorción del sistema para evitar situaciones como encharcamientos o apozamientos de agua que en definitiva deterioran el techo verde. De igual manera, estas actividades son aplicables a cualquier tipo de techo verde (Secretaría Distrital de Ambiente, 2011).

4. Grado de mantenimiento Especial

El seguimiento especial requiere de la ejecución de dos tipos de actividades: 1) Acondicionamiento esporádico, relacionado con las actividades de poda, riego, corte y

fertilización que se requieran de manera esporádica. 2) Monitoreo especial, que implica hacer un seguimiento especial y constante a las condiciones de fertilización y riego de la cobertura vegetal. Este tipo de mantenimiento es propio de los sistemas de techos verdes ajardinados o tipo huertas (Secretaría Distrital de Ambiente, 2011).

3. Grado de mantenimiento Permanente

Finalmente, el tipo de seguimiento permanente se lleva a cabo en dos etapas: 1) Acondicionamiento permanente de la cubierta vegetal a través de actividades periódicas de poda, corte, riego y fertilización. 2) Fertilización, con el objetivo de fortalecer y mejorar las capacidades nutricionales del sustrato. Este tipo de mantenimiento es más exhaustivo en la medida en la que se ha escogido una cubierta vegetal con características y necesidades particulares (Secretaría Distrital de Ambiente, 2011).

Además de esto, se considera importante evaluar de qué manera se está garantizando la calidad del sistema de techos verdes y si se están llevando a cabo actividades de replantación, reparación o reemplazo de los componentes que se van deteriorando con el tiempo.

2.2. Estado del Arte

Con la intención de conocer los aportes investigativos que se han situado sobre las mismas temáticas de este trabajo, se realiza a continuación la presentación de algunos antecedentes tanto a nivel internacional como a nivel nacional. Esto permitirá visualizar los modos de abordaje desde lo metodológico y lo teórico alrededor de la tecnología de las cubiertas y techos verdes en los espacios urbanos.

2.2.1. Investigaciones a nivel internacional.

En cuanto a los antecedentes investigativos a nivel internacional, se encuentran trabajos relacionados con los beneficios de los techos verdes en espacios urbanos para la mitigación de la contaminación y la polución. Un ejemplo de ello es el artículo de Yanling (2014) “Green roofs against pollution and climate change. A review”. El autor desarrolla una revisión de literatura de más de 650 artículos científicos respecto a sus hallazgos en dos temáticas: primero, la contaminación y todas las problemáticas que se vienen dando sobre las ciudades y el deterioro de la calidad de vida de las personas; y segundo, respecto a la capacidad que tiene los techos verdes de controlar y reducir el impacto del carbono sobre la atmósfera. De esta manera, se concluye que los techos verdes pueden controlar las emisiones de carbono provenientes de centrales eléctricas y hornos a través de su sistema de calefacción y refrigeración. Esto a largo plazo representa una viabilidad alta para los edificios y para el medio ambiente, por lo cual es importante incentivar el desarrollo de este tipo de tecnologías en las ciudades.

Wheeler, Abunnasr, Dialesandro, Assaf, Agopian y Carter (2019) desarrollan el artículo “Mitigating Urban Heating in Dryland Cities: A Literature Review” una revisión de literatura enfocada en develar la importancia de los techos urbanos sobre la calefacción urbana y las islas de calor urbano en tierras secas; es decir, aquellas regiones áridas, semiáridas o mediterráneas donde las condiciones climáticas son difíciles. Los autores abordaron en su búsqueda los siguientes tópicos: tierras secas, estrategias de enfriamiento a través de la vegetación, dimensiones de planificación de techos verdes. La búsqueda y revisión les permitió concluir que el enfoque más sostenible para las ciudades de condiciones climáticas secas son los espacios de vegetación formados por especies arbóreas

de bajo nivel de agua, pues los techos verdes no resultan viables por la calidad del ambiente.

También, Oberndorfer, Lundholm, Bass, Coffman, Doshi, Dunnett, Gaffin, Kohler, Liu y Rowe (2007) presentaron el artículo “Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services” desde el cual presentan la importancia de los techos verdes a partir de sus servicios ecosistémicos para las áreas urbanas donde se menciona la gestión mejorada de las aguas fluviales, la regulación de la temperatura en los edificios, la reducción de los efectos de las islas de calor humano y el aumento de la biodiversidad en las ciudades. Esta revisión además contó con el aporte analítico de los autores, con lo cual se concluyó que es necesario que la implementación de los techos verdes tenga en cuenta los elementos estructurales que son reglamentarios y una mayor información respecto a la tecnología de los techos verdes para aprovechar al máximo sus beneficios tanto a nivel económico como a nivel medioambiental.

Así mismo, Fai y Bakar (2018) en su artículo “Environmental Benefits of Green Roof to the Sustainable Urban Development: A Review” también se enfocan en resaltar la importancia que tiene el desarrollo de la tecnología de los techos verdes en espacios urbanos. Desde este artículo descriptivo y analítico, los autores reflexionan en torno al desarrollo urbano sostenible alrededor del cuidado del medio ambiente. De esta manera, los proyectos urbanos deben considerar la adaptación de este tipo de tecnologías y aquellas que ya se han construido podrían proyectarse hacia la adaptación de sus edificaciones para incluir techos verdes. A pesar de la inversión que esto pueda significar, los beneficios son mucho mayores, no solo a nivel administrativo, sino también para el medio ambiente y para el mejoramiento de la calidad de vida a través de este tipo de aportes.

Por otro lado, Weiler y Scholz (2009) desarrollaron una guía para la planeación, diseño y construcción de techos verdes en espacios urbanos: “Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes Over Structure”. Este fue un aporte fundamental para la discusión alrededor de los techos verdes, pero, sobre todo, para entender de manera más técnicas los procesos que se llevan a cabo para diseñar e implementar este tipo de proyectos urbanos. Esta es una perspectiva que combina elementos de arquitectura, ingeniería y diseño que puede resultar fundamental para los nuevos proyectos que se quieren encaminar hacia la implementación de los techos verdes. Los autores consideraron necesario hacer este tipo de aportes, teniendo en cuenta que en la literatura se encuentran principalmente estudios de casos descriptivos acerca de los techos verdes, pero no manuales de implementación que sirvan como guías a los profesionales a cargo de estos proyectos.

Un aporte similar hace Sutton (2015) con su libro “Green Roof Ecosystems” en el que hace una recopilación de aportes de treinta autores que abordan diferentes perspectivas alrededor de los techos verdes como una herramienta de gestión ambiental. Este libro es un aporte importante en la medida en la que describe y analiza los aportes que se han venido dando tanto en Estados Unidos como en Europa, lo que permite reconocer los elementos de gestión que han permitido la implementación de este tipo de tecnologías en espacios urbanos. De esta manera, se ha convertido en un recurso de consulta para aquellos profesionales que se embarcan en el diseño e implementación de los techos verdes en edificios.

2.2.2. Investigaciones a nivel nacional.

Desde el panorama nacional también se han dado aportes investigativos que enriquecen los modos de abordar la problemática alrededor del tratamiento de los techos

verdes. Es importante reconocer en primer lugar que como se verá a continuación, las investigaciones no se han centrado específicamente en el mantenimiento de los techos verdes, sino en reconocer sus beneficios y aplicaciones en diferentes espacios urbanos del país.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, Zielinski, García y Vega (2011) desarrollan un documento de investigación titulado “Techos verdes: ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?” desde la cual se plantean un ejercicio de revisión de experiencias respecto a la implementación de los techos verdes para conocer sus beneficios y mostrar las problemáticas que se dan en el proceso de la implementación y aplicar dichos hallazgos sobre un análisis del conocido sector hotelero del Rodadero en Santa Marta. Además de esta revisión documental, los autores también aplicaron encuestas a 18 gerentes de diferentes hoteles para conocer su percepción alrededor de los techos verdes. Los resultados arrojaron que los empresarios se muestran inseguros respecto a la implementación de este tipo de tecnologías y que es necesario aplicar estudios especializados para asegurar la viabilidad de estos en el sector hotelero de Santa Marta.

De la misma manera, Contreras y Villegas (2016) realizan un “Análisis de la implementación de techos verdes para el manejo de inundaciones: caso de estudio Chapinero, Colombia” desde el cual buscan analizar la utilidad de los techos verdes para evitar inundaciones en las viviendas. Esto se hace a partir del reconocimiento de una problemática que se viene presentando en las localidades de Usaquén y Chapinero, como consecuencia de un mal funcionamiento del alcantarillado pluvial del sector. Para esto, los autores hicieron una modelación a través del programa EpaSwmm de la red de alcantarillado pluvial y simularon el problema de las aguas lluvias. Los autores concluyeron

que es importante que se hagan modificaciones importantes a nivel estructural de los edificios, en la medida en la que los techos verdes generan una sobrecarga a la estructura. Por lo tanto, es imprescindible plantear un análisis de presupuestos para que se cumpla a cabalidad con los requerimientos técnicos de un proyecto de este tipo.

Ramírez y Bolaños (2012) proponen una mirada más técnica respecto a los impactos medio ambientales en la implementación de los techos verdes a través de su artículo “Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono atmosférico en el neotrópico” tomando sobre todo un enfoque hacia los efectos de este tipo de tecnología sobre la remoción del CO₂ atmosférico. De esta manera se llevó a cabo un tipo de investigación cualitativa centrada en la revisión de literatura, que arrojó 50 artículos relacionados con esta temática, provenientes sobre todo de Norteamérica y Asia en los cuales se analiza sobre todo los efectos térmicos de las cubiertas verdes y sus beneficios a nivel urbano y ambiental, pero muy pocos hacia la capacidad de absorción del CO₂. A partir de allí el autor reconoce un vacío investigativo y hace un aporte acerca del funcionamiento de los techos verdes alrededor de su capacidad de remoción del carbono atmosférico, con lo cual se aporta hacia los múltiples beneficios de la implementación de este tipo de tecnologías.

Por su parte, Pérez (2015) realiza un artículo enfocado en hacer una “Evaluación económica del bienestar generado por techos verdes en Bogotá” a través del cual se propone mostrar una evaluación de los beneficios económicos que trae la implementación de los Techos Verdes en diferentes espacios urbanos, teniendo en cuenta sobre todo un enfoque desde la recreación y la relajación de las personas. La autora concluye que a pesar de que se debe hacer una importante inversión, que va a variar en cada proyecto, existen

una serie de beneficios que más allá de lo económico a mediano y largo plazo, también suponen la promoción de la biodiversidad dentro de la ciudad.

Bajo una perspectiva similar de evaluación de costos, Dagovett, Romero y Uribe (2017) desarrollaron un “Estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa de diseño, construcción y mantenimiento de jardines verticales y cubiertas verdes en Bogotá. Esta propuesta se centra en dar cuenta del desarrollo de un proyecto empresarial, por lo cual se hace una revisión de las estrategias organizacionales relacionadas con los techos verdes, un análisis de las implicaciones del proyecto para lo cual plantean un estudio de mercado, estudios técnicos, estudio ambiental, estudio administrativo y un estudio de costos y beneficios, presupuesto, inversión y financiamiento. Finalmente, los autores plantean unas recomendaciones y demuestran la prefactibilidad para llevar a cabo este tipo de proyectos. Con lo cual, se pueden encontrar muchos beneficios a nivel comercial, teniendo en cuenta que este tipo de tecnologías está en auge, aunque todavía hay desconocimiento sobre los procesos de construcción y mantenimiento.

Finalmente, Díaz (2017) plantea un artículo relacionado con la “Implementación de techos verdes en el centro comercial Palatino de Bogotá” desde el cual busca reconocer los beneficios de la implementación de los techos verdes para mejorar las condiciones de habitualidad en las ciudades. A través de una investigación de tipo estudio de caso, Díaz (2017) analiza cada uno de los componentes, tipos de plantas que se pueden usar de acuerdo con el clima, variaciones de la superficie, entre otros elementos que se deben tener en cuenta para la implementación de los techos verdes en el centro comercial. Además, aplicó encuestas para conocer la opinión de algunos ciudadanos acerca del tema. Finalmente, llevó a cabo un análisis DOFA respecto a la implementación, concluyendo que los cambios enfocados a adoptar este tipo de energía resultan viables no solo para la

planificación urbana, sino también para el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, por tal motivo, los techos verdes se consideran como una importante herramienta de gestión ambiental.

Para cerrar esta sección de antecedentes, se puede analizar de acuerdo con los aportes que se han venido a nivel investigativo, que los techos verdes vienen siendo un importante tópico de discusión en relación con los objetivos de desarrollo urbano sostenible. De esta manera, se encontraron aportes alrededor de los beneficios medioambientales, económicos y sociales de los techos verdes; evaluación de costos y beneficios de la implementación de los techos verdes; y manuales para guiar el diseño, implementación y mantenimiento de este tipo de tecnología. Sin embargo, se encontraron pocos aportes que beneficiaran el enfoque de los procesos de mantenimiento de este tipo de tecnologías, por lo cual resulta una oportunidad importante para el desarrollo de esta investigación.

Capítulo III. Análisis y discusión de los resultados

A continuación se presentan los resultados de esta investigación, de acuerdo con los objetivos específicos planteados. Así, en primer lugar se da cuenta del ejercicio de observación directa y las visitas a los edificios seleccionados, con el fin de registrar los rasgos característicos de las cubiertas verdes, teniendo en cuenta aspectos como el grado de mantenimiento y alcance, el estado de las plantas, los procesos de deshierbe, poda y corte de la vegetación, procesos de fertilización, control de plagas y malezas, procesos de resiembra, sistema de riego, estabilidad de la estructura y tuberías y drenaje. Bajo este primer propósito, se presentan las Fichas de observación (ver Anexo I) diseñadas para

detallar las características de cada techo verde; además, se presenta una ficha más detallada de la cubierta verde del edificio de la Universidad La Gran Colombia, ya que se pudo realizar un trabajo más amplio por la facilidad de acceso y el apoyo de los tutores de esta investigación.

En segundo lugar, se presentan los resultados de las entrevistas aplicadas a empresas responsables de llevar a cabo los procesos de mantenimiento de las cubiertas verdes. Las respuestas de las preguntas formuladas permiten un mayor acercamiento acerca de los procesos de mantenimiento que requieren las cubiertas verdes de acuerdo con su tipo y sus necesidades. En tercer lugar, se hace un ejercicio de contraste y comparación con la información de mantenimiento que se encuentra en la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá. Y en cuarto lugar, se presenta una propuesta de ficha de seguimiento y valoración de las cubiertas verdes, para apoyar la información suministrada por la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá.

3.1. Características de las Cubiertas Verdes de la Biblioteca de la Universidad La Gran Colombia, el Edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional y del Centro Comercial Titán Plaza

Con la intención de responder al primer objetivo planteado, a continuación, se desarrolla la intención de dar cuenta de las características principales de las Cubiertas Verdes de los tres edificios seleccionados.

3.1.1. Biblioteca de la Universidad La Gran Colombia.

En primer lugar, se presenta el estado y las características de la cubierta verde de la biblioteca de la Universidad La Gran Colombia, estableciendo que se trata de un techo verde de tipo semi intensivo:

Tabla 4. Ficha técnica Edificio Biblioteca – Universidad La Gran Colombia

I. Información Ficha Técnica	
Dueño u operador del edificio:	UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
Localización:	CALLE 12 B No. 5 - 59
Nombre del inmueble y uso:	EDIFICIO VÁSQUEZ BIBLIOTECA CENTRAL
Tipo de Techo Verde:	SEMI INTENSIVO / EXTENSIVO LIVIANO
¿Es transitable?:	Sí <u>X</u> No <u> </u>
Elementos principales de la estructura ecológica:	placa estructural, manto anti-raíz, impermeabilización sistema de drenaje, geotextil, sustrato y vegetación.
Grado de mantenimiento requerido y periodicidad:	GRADO 1
Especies Vegetales:	SEDUM, CLAVEL CHINO Y CÉSPED



Imagen 1. Cubierta verde transitable de la Biblioteca de la Universidad La Gran Colombia

Fuente: elaboración propia, 2019

II. Grado de mantenimiento y alcance:

GRADO 1: se requiere un mantenimiento mínimo inspección, limpieza y deshierbe.

III. Estado de las plantas:

Plantas en estado regular, por lo cual requiere de más cuidado. Césped en malas condiciones, se requiere más cuidado.

IV. Deshierbe, poda y corte de la vegetación:

No requiere de mayor cuidado y frente a la poda y corte de la vegetación ya que el sistema es autorregulado y son plantas pequeñas.

V. Procesos de fertilización:

Se requiere un proceso de fertilización no continuo.

VI. Control de plagas y malezas:

El sistema no requiere control de plagas y malezas.

VII. Procesos de resiembra:

El sistema no requiere proceso de resiembra

VIII. Sistema de riego:

Cuenta con sistema de riego directamente manual

IX. Estabilidad de la estructura:

Estructura adecuada para la implementación del sistema de cubierta verde extensiva liviana, el edificio cuenta con un reforzamiento estructural adecuado.

X. Tuberías y drenaje:

Cuenta con condición óptimas del sistema de drenaje, tubería adecuada y bajantes de agua en buenas condiciones.

De acuerdo con la información recogida en la ficha de análisis, se tiene que se trata de un sistema multicapa monolítico, esto quiere decir que es una estructura que está compuesta por una serie de sistemas que están entrelazados entre sí, y que permiten que la estructura funcione de manera integral (EcuRed, 2019). Adicionalmente, es un tipo de cubierta verde extensiva de tipo liviano o semi intensivo, que combina los sistemas intensivos y extensivos de una cubierta verde, aun así, su mantenimiento es bajo, aunque admite una gran diversidad de plantas (Abellán, 2013). Esto no impide que pueda cumplir también con funciones de recreación y ocio, pues en este caso se trata de un espacio transitable para los estudiantes de la Universidad La Gran Colombia.

Precisamente, de acuerdo con la observación, la estructura del edificio es adecuada para resistir la cubierta verde extensiva, pues se evidencia que hay un reforzamiento estructural. La instalación del techo verde cuenta con las partes esenciales de este sistema como lo explica García (2010): placa estructural, manto anti-raíz, capa impermeabilizante, sistema de drenaje, geotextil, sustrato y vegetación.

Debido a su espesor (10-20 cm.) requiere de un tipo de mantenimiento bajo y se compone de vegetación tipo *sedums*, musgos, gramíneas y herbáceas (Abellán, 2013). En este caso, se trata de una capa vegetal compuesta de especies como *Sedum*, Clavel Chino y

Césped. A pesar de ser plantas que no necesitan gran mantenimiento, el estado de las plantas se identificó como *regular* y en cuanto al césped, se encontró en *mal estado*, pues su aspecto es seco y descuidado. Complementario a lo anterior, se tiene que es un tipo de sistema autorregulado que no necesita un proceso intensivo de deshierbe, poda y corte, pues son plantas pequeñas.

Finalmente, se identificó un tipo de mantenimiento de Grado 1, que de acuerdo con la Guía de Techos Verdes (2011) corresponde a un nivel mínimo, que requiere de tareas de inspección, limpieza y deshierbe. En efecto, los procesos de fertilización, control de maleza y resiembra no requieren de un ejercicio intensivo de mantenimiento. De igual manera, se encontró que el sistema de tuberías y drenaje es óptimo, y el sistema de riego es manual.

3.1.2. Edificio Uriel Gutiérrez - Universidad Nacional de Colombia.

En segundo lugar, se presenta el caso de la cubierta verde que se encuentra instalada en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, particularmente en el Edificio Uriel Gutiérrez, esta se identificó como un tipo de techo verde extensivo no transitable:

Tabla 5.

Ficha técnica Edificio Uriel Gutiérrez – Universidad Nacional de Colombia

I. Información Ficha Técnica	
Dueño u operador del edificio:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Localización:	CRA 45 #26-85, BOGOTÁ
Nombre del inmueble y uso:	EDIFICIO URIEL GUTIERREZ
Tipo de Techo Verde:	EXTENSIVO
¿Es transitable?	Sí ___ No <u>X</u>
Elementos principales de la estructura ecológica:	placa estructural, manto anti-raíz, impermeabilización, sistema de drenaje, geotextil, sustrato y vegetación
Grado de mantenimiento requerido y periodicidad:	GRADO 2
Responsable del mantenimiento:	GRONCOL
Especies Vegetales:	CORALITO, TULBAGIA



Imagen 2. Cubierta verde Edificio Uriel Gutiérrez

Fuente: elaboración propia, 2019.

II. Grado de mantenimiento y alcance:

Grado 2, aunque no presenta ningún tipo de mantenimiento.

III. Estado de las plantas:

Plantas en mal estado, cuenta con vegetación muerta y seca por falta de mantenimiento; además se encuentra el sistema en estado de abandono.

IV. Deshierbe, poda y corte de la vegetación:

No cuenta con ninguna de estas actividades anteriormente mencionadas, por lo cual el sistema cuenta con plantas no adecuadas al tipo de sistema implementado. Además hay presencia de hierbas y maleza por falta de mantenimiento.

V. Procesos de fertilización:

No cuenta con procesos de fertilización.

VI. Control de plagas y malezas:

No cuenta con control de plagas y malezas.

VII. Procesos de resiembra:

No cuenta con procesos de resiembra.

VIII. Sistema de riego:

No cuenta con ningún sistema de riego.

IX. Estabilidad de la estructura:

La estructura no cuenta con las condiciones requeridas del sistema ya que por la falta de mantenimiento y cuidado se ha deteriorado en general.

X. Tuberías y drenaje:

Cuenta con tuberías y drenajes en condiciones regulares a falta de mantenimiento.

De acuerdo con Abellán (2013) y Concepto Verde Perú S.A.C. (2012), las cubiertas de tipo extensivo tienen un espesor de 10 a 20 cm. Y un peso de entre 70 y 160 kg/m², lo que supone un sistema sencillo de instalar y que no requiere mucho mantenimiento. Por tal motivo, este tipo es especialmente usado en lugares no transitables, que de hecho suponen un acceso difícil. Por su espesor, la concentración de nutrientes es menor, por lo que es necesario que haya un tipo de vegetación resistente que requiera de poco cuidado como de tipo rudelares.

En este caso en particular y como se puede evidenciar en la Imagen 2, la cubierta verde presenta un estado regular a malo, que da cuenta del poco cuidado y mantenimiento que se le ha dado al sistema. En efecto, las plantas están en mal estado (no hay un sistema de riego controlado) y hay presencia de maleza y hierbas. Tampoco se han cuidado los procesos de fertilización, control de plagas y maleza, no hay un proceso de resiembra, pues como se ve en la imagen 2, hay muchas partes que no están cubiertas de vegetación. Adicionalmente, la estructura no tiene las condiciones adecuadas, pues se presenta un deterioro, aun así, el edificio cuenta con refuerzos necesarios para la adecuación de la cubierta verde. Las tuberías y el sistema de drenaje se encuentran en estado regular por falta de mantenimiento.

Por la información suministrada y observada, en este caso se requiere un Grado 2 de mantenimiento; es decir, que requiere de la acción regular de poda, corte e irrigación activa (Guía de Techos Verdes, 2011). Sin embargo, como se pudo evidenciar, en este edificio no se cumple con los requerimientos de mantenimiento de los techos verdes que son fundamentales para el ciclo de vida de este sistema. Así los explica Luckett (2009) que

considera que es necesario establecer un sistema de hidratación, fertilización, control de maleza, control de la peste y control de especies dominantes, ninguno de estos puntos se cumple en este caso.

3.1.3. Centro Comercial Titán Plaza.

En tercer lugar, se presenta el caso de la cubierta verde del Centro Comercial Titán Plaza:

Tabla 6. Ficha técnica Centro Comercial Titán Plaza

I. Información Ficha Técnica	
Dueño u operador del edificio:	OSPINAS Y CÍA. S. A
Localización:	AV. BOYACÁ #80-94, BOGOTÁ
Nombre del inmueble y uso:	CENTRO COMERCIAL TITAN PLAZA
Tipo de Techo Verde:	INTENSIVO
¿Es transitable?	Sí ☒ No ☐
Elementos principales de la estructura ecológica:	placa estructural, manto anti-raíz, impermeabilización sistema de drenaje, geotextil, sustrato y vegetación
Grado de mantenimiento requerido y periodicidad:	GRADO 3
Especies Vegetales:	helecho arbóreo, helecho pequeño, tulbaja, diefembaquia, gazania,



Imagen 3. Cubierta verde del Centro Comercial Titán Plaza

Fuente: elaboración propia, 2019.

II. Grado de mantenimiento y alcance:

Mantenimiento óptimo especial, en el cual se establece un monitoreo especial frente al sistema.

III. Estado de las plantas:

Plantas en perfectas condiciones, sin ninguna irregularidad

IV. Deshierbe, poda y corte de la vegetación:

Se realiza mantenimiento constante, como la poda de los arbustos y deshierbe de maleza; además, hay presencia de plantas no nativas dentro del sistema.

V. Procesos de fertilización:

Se realiza proceso de fertilización cada 6 meses, por riego y aspersión directamente a las plantas.

VI. Control de plagas y malezas:

Se realiza constante control de plagas, por mecanismo de aspersión con el fin de exterminar, igual para la maleza.
--

VII. Procesos de resiembra:

Aplica para el sistema en el cual se requiere remplazar ciertas plantas o arbustos de acuerdo con la condición y estado de la planta.

VIII. Sistema de riego:

Cuenta con sistema de riego constante mecánico en el cual se realiza monitoreo constante
--

IX. Estabilidad de la estructura:

La estructura cuneta con las condiciones establecidas dentro de la guía de techos verdes de Bogotá y cumple con, lo establecido.
--

X. Tuberías y drenaje:

Los drenajes se encuentran en perfectas condiciones por un constante cuidado y mantenimiento.

En el caso del Centro Comercial Titán Plaza, se encontró un tipo de instalación de sistema de techo verde intensivo, que corresponde a unas características específicas: espesor de entre 40 y 100 cm., un peso superior a 400 kg/m² y un tipo de mantenimiento alto (Abellán, 2013). Se trata de instalaciones que requieren de un sistema más complejo ya que su extensión es mayor que los casos vistos anteriormente. Precisamente, este tipo de cubiertas obedecen al propósito del centro comercial de brindar espacios de esparcimiento y ocio para los posibles clientes que visitan las tiendas del lugar. Es decir que la cubierta es transitable, pues es abierta al público.

Por tales características, este tipo de techo verde requiere un Grado 3 de mantenimiento, que debe ser constante, óptimo y especial. Respecto al estado de la estructura, se encontró que la vegetación muestra un cuidado perfecto; se realiza un mantenimiento constante de deshierbe, poda y corte; el sistema de riego y fertilización se da cada 6 meses por riego y aspersión; hay un control adecuado de plagas y malezas que también se da por proceso de aspersión; la resiembra se da cada vez que se observa la necesidad de acuerdo con el tipo de planta; el sistema de riego es mecánico y mantiene un monitoreo constante; por último, el estado de las tuberías y el drenaje se encuentra en perfecto estado.

Como se pudo observar, el estado del sistema de techo verde es muy bueno y la adecuación estructural corresponde a un proceso de planeación y diseño adecuado, que fue pensado desde el momento mismo de la construcción del centro comercial. Este es un ejemplo ideal de los beneficios de mantener un sistema de mantenimiento regular y adecuado a las necesidades de la cubierta verde. Así, aunque se trata de un Grado 3 de mantenimiento, que es más complejo, la administración del edificio se encarga de cumplir con todos los requerimientos para cuidar el estado de la cubierta verde de tipo intensivo.

Por último, se presenta la ficha de valoración del estado de la cubierta verde que se trabajó especialmente en el edificio de la Universidad La Gran Colombia:

Biblioteca Central Universidad La Gran Colombia

Tabla 7.

Valoración del estado de la cubierta verde de la Biblioteca Central Universidad La Gran Colombia.

VALORACION ESTADO CUBIERTA VERDE CASO 1	
NOMBRE DE PROYECTO:	Biblioteca Central Universidad La Gran Colombia
CIUDAD:	Bogotá D.C.
DIRECCIÓN:	Calle 12b No. 5-59
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	Edificio de 5 pisos en sistema estructural aporticado con reforzamiento estructural metálico de arriostramiento. Uso institucional. Cubierta plana en concreto con losetas elevadas para tránsito peatonal.



Imagen 4. Fachada exterior del edificio

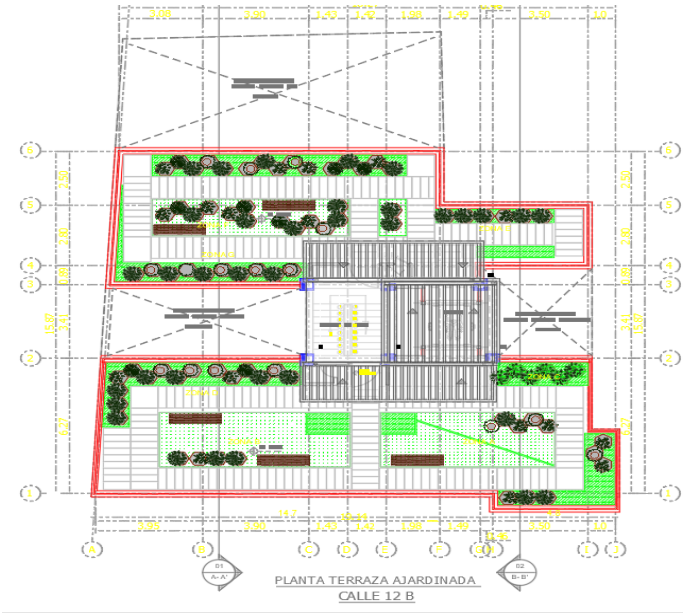


Imagen 5. Planta terraza ajardinada

CUBIERTA VERDE TIPO: EXTENSIVA**UBICACIÓN:** Azotea piso 6**FECHA DE INSTALACIÓN:** 2018 (1 año de antigüedad)**ÁREA:** 82.67m² de cubierta de la zona verde**ESTADO GENERAL:** Bueno

DESCRIPCIÓN DE LA CUBIERTA: cubierta extensiva de vegetación liviana y de bajo costo en la implementación, su sustrato es de 15 a 20 cm de espesor y requiere de un bajo mantenimiento, su función principal es aislar acústicamente y reduce la inercia térmica de la edificación. Según guía de techos verdes de Bogotá, lo cual es una cubierta de bajo costo.



Imagen 7. Cubierta verde extensiva del edificio



Imagen 6. Cubierta verde extensiva del edificio II

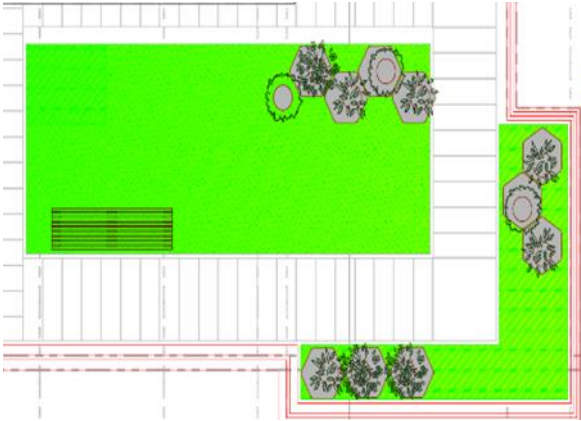
DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA A ✓ Césped de porte bajo: semiseco deteriorado. ✓ Subzonas con plantas de porte bajo.	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de césped: 3 ✓ Estado de plantas: 3 ✓ Estado de sustrato: 3 ESTADO GENERAL: Regular	



Imagen 8. Estado de los componentes activos de la cubierta verde.

Imagen 9. Plano de Zona A

Fuente: Planta física de la Universidad La Gran Colombia (2019)

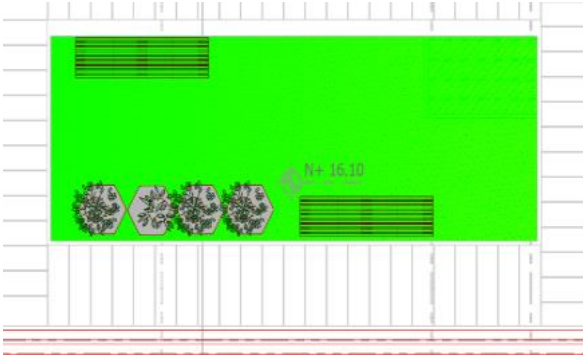
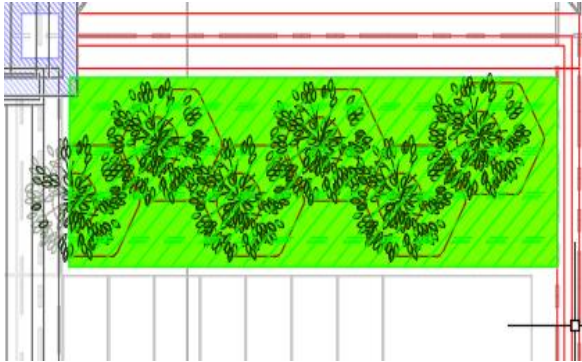
DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA B ✓ Césped de porte pajo, semi seco y deteriorado. 	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de césped: 3 ✓ Estado de plantas: 3 ✓ Estado de sustrato: 3 ESTADO GENERAL: Regular.	

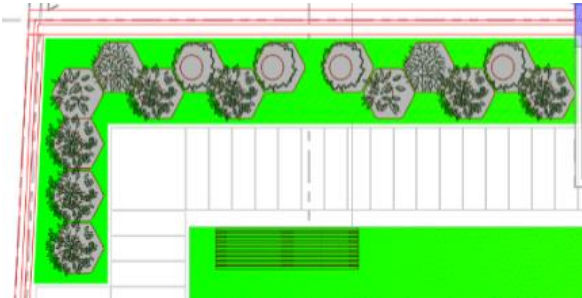
Imagen 10. Cubierta verde Zona B

Imagen 11. Plano Zona B

Fuente: Planta física de la Universidad La Gran Colombia (2019)

DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA C ✓ Plantas de vegetación pequeña, techo verde autorregulado. 	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de plantas: 4 ✓ Estado de sustrato: 4 ESTADO GENERAL: Bueno.	 Imagen 13. Plano Zona C

Fuente: Planta física de la Universidad La Gran Colombia (2019)

DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA D ✓ Plantas pequeñas que requieren poco mantenimiento y agua 	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de plantas: 4 ✓ Estado sustrato ESTADO GENERAL: Bueno.	 Imagen 15. Plano Zona D

Fuente: Planta física de la Universidad La Gran Colombia (2019)

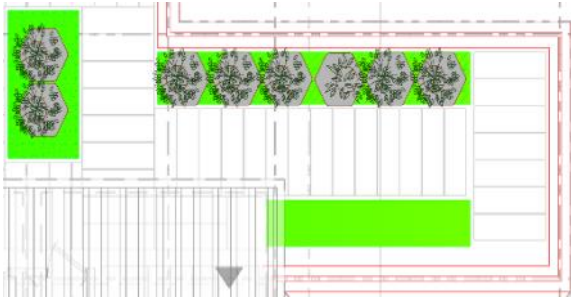
DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA E ✓ Plantas un poco secas. 	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de césped: 3 ✓ Estado de plantas: 3 ✓ Estado sustrato: 3 ESTADO GENERAL: Regular.	 Imagen 17. Plano Zona E

Imagen 16. Cubierta verde Zona E

Fuente: Planta física de la Universidad La Gran Colombia (2019)

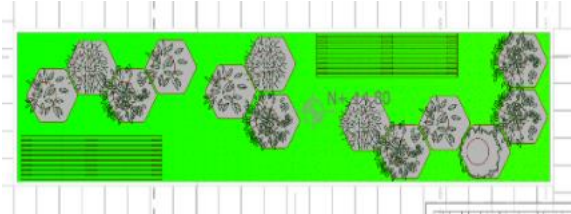
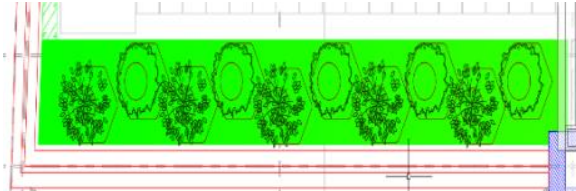
DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA F ✓ Zona combinada de pasto y vegetación pequeña. 	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de césped: 3 ✓ Estado de plantas: 3 ✓ Estado sustrato: 4 ESTADO GENERAL: REGULAR.	

Imagen 18. Cubierta verde Zona F

Imagen 19. Plano Zona F

Fuente: Planta física de la Universidad La Gran Colombia (2019)

DESCRIPCIÓN	ESTADO	IMAGEN
ZONA G ✓ Plantas pequeñas.	ESTADO GENERAL DE LOS COMPONENTES ACTIVOS ✓ Estado de plantas: 5 ✓ Estado sustrato: 4 ESTADO GENERAL: EXCELENTE.	
		Imagen 21. Plano Zona G
Imagen 20. Cubierta verde Zona G		

OBSERVACIONES VISITA: en este caso se tuvieron en cuenta factores climáticos, los cuales determinaron, las condiciones de la vegetación y de la cubierta. Estos indicadores fueron medidos con el instrumento termohygroanemometro.



Imagen 22. Termohygroanemometro

Fuente: elaboración propia, 2019

Los datos fueron tomados el miércoles 25 de septiembre de 2019 a las 12.00 a.m., hora en la que el sol se encuentra en su punto máximo de altura y hora en la que mayor temperatura aumenta en el ambiente. Los resultados fueron los siguientes:

VELOCIDAD DEL VIENTO: 1.0m/s

TEMPERATURA: 23.2° c

HUMEDAD: 43.5 % RH DEL AMBIENTE

NOTA: los datos tomados se relacionan de acuerdo con el clima y estado de la vegetación de la cubierta verde de la Biblioteca de la Universidad la Gran Colombia, para determinar las condiciones ambientales que se establecen en la guía de techos verdes de Bogotá, el cual se puede concluir que cuenta con las condiciones ambientales requeridas.

1 MUY MALO	2 MALO	3 REGULAR	4 BUENO	5 EXCELENTE
------------	--------	-----------	---------	-------------

NOTA: escala propuesta de valoración del estado general: muy malo, malo, regular, bueno, excelente, Zonas y distribución propia.

Fuente: Ficha de análisis de cubierta verde caso uno, elaboración propia.

3.2. Procesos de Mantenimiento de las Cubiertas Verdes

Después de examinar las características y el estado de las cubiertas verdes de los edificios seleccionados para la muestra, a continuación, se hace una mayor aproximación a los procesos de mantenimiento a través de la perspectiva de tres empresas que ofrecen este tipo de servicio en la ciudad de Bogotá: Groncol, Sempergreen y Sustentar.

Groncol¹ es una empresa colombiana que diseña, instala y ofrece el servicio de mantenimiento de techos o cubiertas verdes en la ciudad de Bogotá. Cuenta en la actualidad con más de 10 años de experiencia y la ejecución de alrededor de 300 proyectos, lo que le permitió ser calificada como una empresa Endeavor; es decir, que tiene un impacto positivo para la sociedad.

Por su parte, Sempergreen² es una empresa con una amplia trayectoria en el mercado, fundada en 1996, se encaminó hacia el mercado de la construcción sostenible y los ideales de las ciudades verdes. Además de ofrecer el servicio de diseño e instalación de techos verdes y jardines verticales, también se encarga de los procesos de mantenimiento de este tipo de instalaciones.

Finalmente, la empresa Sustentar Soluciones Verdes³ es una empresa líder en la ciudad de Bogotá dedicada especialmente al diseño, la ejecución y los procesos de mantenimientos de cubiertas, jardines y cualquier tipo de infraestructura verde.

Tabla 8. Resultados entrevista encargados de mantenimiento de cubiertas verdes

Preguntas	Empresa Groncol	Empresa Sempergreen	Empresa Sustentar
¿Qué costo tiene el mantenimiento de una cubierta verde?	Los costos varían de acuerdo con lo que el cliente desea, por lo cual no hay un precio fijo; sin embargo, como rango se puede establecer un	Dependiendo del tipo de proyecto y el transporte donde esté ubicado, analizando el proyecto y el tipo de drenaje a implementar.	Dependiendo del tipo de proyecto, cubierta verde y los M ² .

¹ Groncol, página web: <http://groncol.com/nosotros/>

² Sempergreen, página web: <https://www.sempergreen.com/co/sobre-sempergreen/sobre-sempergreen>

³ Sustentar Soluciones Verdes, página web: <http://www.sustentar.co/>

	rango entre los 250.000 a 500.000 dependiendo de la necesidad del sistema.		
¿Qué tipo de cubierta requiere mayor mantenimiento?	Semi extensivas e Intensivas.	Intensivas.	Intensivas.
¿ Cada cuánto se debe realizar el mantenimiento de una cubierta verde?	Cada 30 días	Cada 3 meses y se fertiliza 1 o 2 veces al año.	Depende del tipo de cubierta, por lo general se debe hacer cada mes.
Dentro del proceso de mantenimiento, ¿cuáles son las actividades que más se deben realizar ?	Deshierbe y poda.	Deshierbe.	Deshierbe y poda.
¿Qué procedimientos se llevan a cabo en el mantenimiento de una cubierta verde?	Las actividades de mantenimiento están dirigidas a podas, control fitosanitario, desmalezado, limpieza y conservación de diseño.	Deshierbe y fertilización.	Limpieza, corte, poda y mantenimiento en los sistemas de riego.
¿Qué personal se requiere para el mantenimiento de una cubierta verde?	Por ser información interna de la empresa no puedo suministrar esa información.	Personal especializado.	Personal especializado.
¿Qué herramientas y equipos se requieren para el mantenimiento de una cubierta verde?	Por ser información interna de la empresa no puedo suministrar esa información.	Se hace mantenimiento manual.	Si el sistema es intensivo se utiliza guadaña, si no, se hace manualmente.
¿ Cada cuánto se debe regar la cubierta en épocas de verano e invierno?	Por lo general en Bogotá se mantienen las plantas verdes.	Riego manual, cabe señalar que en Bogotá no lo necesita.	Riego manual, en Bogotá no es necesario.
¿Cómo evitar el ataque de plagas y enfermedades en las plantas de una cubierta verde?	Depende de las plantas y verificar el tipo de plaga y el tratamiento que se debe realizar.	Correctivo en este caso no preventivo se debe atacar.	Se debe estudiar el tipo de plagas y el estado de la vegetación.

Fuente: elaboración propia, 2019

A partir de las respuestas se pueden establecer los siguientes hallazgos: primero, que el costo de mantenimiento va a depender de las necesidades del sistema instalado, que están dadas fundamentalmente por el tipo de cubierta: intensivo, extensivo o semi intensivo. En efecto,

aquellas cubiertas de tipo intensivas son las que requieren un mayor mantenimiento, y por lo tanto mayor inversión de tiempo y presupuesto.

Respecto a la frecuencia de mantenimiento de las cubiertas verdes, los empresarios consideraron que era ideal que se hiciera cada mes o cada 3 meses, dependiendo de nuevo de las necesidades del sistema. No hay que olvidar que el mantenimiento se entiende a través de indicadores que determinan el Grado (1 a 4) que se requiere para el cuidado del techo verde.

Por otro lado, los empresarios consideraron fundamental las actividades de deshierbe y poda dentro del mantenimiento, pero también se les da prioridad a las actividades de control fitosanitario, desmalezado, limpieza, conservación del diseño, fertilización y mantenimiento de los sistemas de riego. Además, dependiendo del tipo de techo verde, se hace un tipo de mantenimiento manual o mecánico, y el uso de instrumentos como las guadañas para la poda de la vegetación.

Es importante reconocer que el mantenimiento debe ser llevado a cabo por personal capacitado y especializado para ejecutar este tipo de labores. Sin embargo, esto no ocurre en todos los casos; por ejemplo, en el Edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional de Colombia, no se lleva a cabo un proceso de mantenimiento adecuado, pues no hay personal que se encargue de ello, en el caso de la Universidad La Gran Colombia, estos procesos los llevan a cabo personal encargado de la limpieza y mantenimiento de la institución, pero no especializados en este tipo de sistemas.

Otro aspecto en el que se indagó es que el clima de Bogotá lleva a que no se experimenten estaciones en particular, aunque sí hay una diferenciación entre épocas frías y épocas más calientes. Los empresarios concordaron que el sistema de riego no necesita adecuarse a estos cambios de clima, pues particularmente en Bogotá las plantas se conservan mejor.

Finalmente, los empresarios manifestaron que las actividades de control de maleza y plagas va a depender del tipo de vegetación presente en la cubierta verde y de las condiciones del ambiente.

3.3. Contraste de la Información Recolectada y la Información Especificada en la Guía de Techos Verdes de la Alcaldía de Bogotá

Con miras a contrastar la información recolectada tanto del primer objetivo, como del segundo con la Guía de Techos Verdes (2011) desarrollada por la Alcaldía de Bogotá y particularmente por la Secretaría de Ambiente, se presenta a continuación la información que se desarrolla en dicho documento. Así, en primer lugar, se establece que el propósito de desarrollo de la Guía es el de promover y regular la implementación de las cubiertas verdes en la ciudad de Bogotá, a través del establecimiento de una serie de requisitos y recomendaciones particularmente técnicas que además les permitan a los administradores de edificios, garantizar la calidad y el funcionamiento de sus techos verdes.

En la introducción se especifica que se trata de un documento que desarrolla aspectos técnicos de manera generalizada, pues las cubiertas verdes pueden ser tanto techos verdes como jardines verticales u otro tipo de diseño; sin embargo, cada uno cumple con unos elementos estructurales en común. Por otro lado, también se especifica que la guía tiene un enfoque proyectivo, en la medida en la que busca promover el uso de nuevas tecnologías para mejorar las condiciones de desarrollo de una ciudad a través de los propósitos de la arquitectura sostenible y particularmente, el uso de techos verdes.

Hay que mencionar, además que la guía tiene doble propósitos: mencionar los requerimientos mínimos que son necesarios en todos los casos de los techos verdes en la ciudad de Bogotá, estos se relacionan con sus funciones básicas; y segundo, mencionar las recomendaciones técnicas que son sugeridas para el cumplimiento de las funciones de los techos

verdes. De igual manera, la Guía establece una escala de requerimientos de los techos verdes en relación con: 1) funcionamiento de los techos verdes; 2) la adaptación de un sistema de techo verde a una estructura específica; 3) la integridad estructural y funcional de la estructura; y 4) la estructura ecológica principal, que está especificada en el Plan de Ordenamiento Territorial (Guía de Techos Verdes, 2011).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la Guía se desarrolla en varias secciones, en primer lugar, la introducción donde se mencionan los propósitos, antecedentes, alcance y ámbito de aplicación y referencias regulatorias locales y técnicas internacionales. En segundo lugar, se presentan unas definiciones en donde se puede encontrar los componentes y elementos de un sistema de techos verdes, beneficios de los techos verdes para Bogotá D.C., tipos de sistemas de techos verdes de acuerdo con la tecnología empleada, clasificación general de los techos verdes en Bogotá D.C. En tercer lugar, requerimientos técnicos y mínimos de operatividad de los techos verdes. En cuarto lugar, prestaciones especiales y avanzadas. En quinto lugar, fases del ciclo de vida de un sistema de techos verdes: planeación de un techo verde, preparación para su implementación, implementación, seguimiento, mantenimiento y desmonte.

Es en este quinto punto entonces que se mencionan aspectos relacionados con el mantenimiento, aunque se hace de manera general y el contenido no supera una página de extensión. Sin embargo, como se mencionó en el apartado de marco teórico, la Guía establece en primer lugar que para la instalación de un sistema de techo verde es necesario que el constructor proporcione un manual en el que se incluyan requerimientos para la inspección del sistema: accesibilidad y tránsito, iluminación y medidas de seguridad; actividades de mantenimiento y sus frecuencias; y tiempo mínimo de seguimiento post venta.

Respecto al seguimiento post instalación, se establecen 4 grados de mantenimiento con sus respectivos alcances: Grado 1) mínimo; Grado 2) regular; Grado 3) especial; y Grado 4) permanente. Allí se desarrollan cada uno de estos, con las actividades que son necesarias para cada uno y su periodicidad. Sin embargo, se mencionan aspectos de manera generalizada, ya que la información está destinada hacia las empresas encargadas de hacer mantenimiento de las cubiertas verdes. En definitiva, no es información suficiente respecto a los cuidados especiales que requieren por ejemplo ciertas especies vegetales, o cuidados especiales que se deben tener en cuenta para cada capa de la estructura.

Dicho lo anterior, y de acuerdo con la información recolectada, se pudo evidenciar como en dos de los techos verdes: Universidad La Gran Colombia y especialmente, en la Universidad Nacional, no se lleva a cabo un control riguroso respecto a los procesos de mantenimiento, pues en general estas tareas están a cargo del personal de limpieza, que no tienen un conocimiento especializado de este tipo de sistemas. Así como lo mencionaban los empresarios, los encargados de llevar a cabo procesos de mantenimiento en las cubiertas verdes debe ser personal especializado, que conozca las características y necesidades de cada una de las capas que hacen parte del sistema. La Guía no especifica por ejemplo cada una de las necesidades de revisión y seguimiento de cada componente, por lo cual las personas que no tengan un conocimiento especializado desconocen el protocolo de manera detallada. En el caso del Centro Comercial Titán Plaza, se tiene que el estado de la cubierta verde es excelente, pues se le dedica un seguimiento post instalación que es constante y controlado.

En definitiva, el uso y aplicación del sistema de los techos verdes requiere un seguimiento adecuado, pero sobre todo, informado y consciente de las necesidades del sistema de acuerdo con su tipología. En muchos casos, el personal del edificio no conoce dichas

necesidades y se enfoca en tareas superficiales como el cuidado de la capa de vegetación, aunque esto no sucede en todos los casos, dejando de lado la revisión de las capas más profundas de la estructura que son fundamentales para su funcionamiento. La Guía en particular no da cuenta de dichas necesidades ni de los procedimientos que son necesarios para hacer un seguimiento del estado de la estructura. Por tal motivo y teniendo en cuenta la información anterior, se plantea desde este trabajo investigativo una ficha de seguimiento y valoración del techo verde, para que el personal encargado lleve a cabo un seguimiento adecuado del estado de la estructura, para prevenir su deterioro.

3.4. Propuesta de Ficha De Seguimiento y Valoración de las Cubiertas Verdes

Para responder al ejercicio cualitativo de alcance proyectivo, a continuación, se hace una propuesta de ficha de seguimiento y valoración del estado de los techos verdes, de manera que se pueda hacer un proceso de mantenimiento adecuado a las necesidades de cada tipo. En ese sentido, se quiere hacer un aporte para que los administradores y el personal especializado también pueda contribuir al mantenimiento de la cubierta verde, teniendo en cuenta que ellos pueden estar más pendientes de los cambios que vaya presentando el techo verde luego de su instalación.

Ya que se ha establecido este propósito, y de acuerdo con las necesidades de cada tipo de techo verde y el alcance de cada grado de mantenimiento, se establece la aplicación de la siguiente ficha con esta periodicidad: 1) Cubiertas extensivas: cada 3 meses; 2) Cubiertas intensivas: cada mes; 3) Cubiertas semi intensivas: cada mes.

FICHA DE SEGUIMIENTO Y VALORACIÓN DEL ESTADO DEL TECHO VERDE

Fecha:	Número de revisión en el año:
I. Información Ficha Técnica	
Tipo de Techo Verde:	
¿Es transitable? Sí ____ No ____	
Elementos principales de la estructura ecológica:	
Grado de mantenimiento requerido y periodicidad:	
Responsable del mantenimiento:	

I. Estado de las plantas por especie: especifique a continuación el estado de cada una de las especies que hacen parte de la capa vegetal del techo verde. Señale con un equis (x) de acuerdo con la escala: Malo, Regular o Bueno y debajo especifique algunas observaciones y necesidades de mantenimiento.

Especie 1: [Nombre]

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Especie 2. [Nombre]

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Especie 3. [Nombre]

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

II. Deshierbe, poda y corte de la vegetación: especifique a continuación el estado del techo verde respecto al deshierbe, poda y corte de la vegetación. De acuerdo con este, clasifique entre Malo, Regular y Bueno:

Fecha de última poda, deshierbe y/o corte de la vegetación: _____.

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

III. Procesos de fertilización:

Fecha de última fertilización: _____.

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

IV. Control de plagas y malezas: Identifique a continuación el estado (Malo, Regular o Bueno) de la presencia o no de plagas y malezas en la capa vegetal:

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Especies de maleza y plagas identificadas: Cochinillas____ Pulgones____ Mosca blanca____
 Ácaros____ Gusanos____ Otros_____.

Métodos de control de maleza y plaga empleados:
 _____.

V. Procesos de resiembra: Identifique a continuación el estado (Malo, Regular o Bueno) de las necesidades de resiembra de la capa vegetal:

Fecha de última resiembra: _____.

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

VI. Estado del sistema de riego: Identifiqué a continuación el estado (Malo, Regular o Bueno) del estado del sistema de riego:

Malo	Regular	Bueno
------	---------	-------

Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

VII. Estabilidad de la estructura: Identifique a continuación el estado (Malo, Regular o Bueno) de la estabilidad de estructura que soporta el techo verde.

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

VIII. Estado de tuberías y sistema de drenaje: Identifique a continuación el estado (Malo, Regular o Bueno) de las necesidades del estado de las tuberías y el sistema de drenaje:

Malo	Regular	Bueno
Observaciones:	Observaciones:	Observaciones:

Capítulo IV. Conclusiones

Para terminar el ejercicio descriptivo, analítico y proyectivo de este planteamiento investigativo, se presenta a continuación las conclusiones a las que se puede llegar a partir de la información recolectada:

- Por lo que respecta al primer objetivo, se encontró que en el caso 1 de la Biblioteca Central de la Universidad La Gran Colombia, el estado del techo verde fue calificado como Regular, en la medida en la que se encontró deterioro en la capa vegetal, especialmente en el césped, pues se veía seco y maltratado por el tránsito de las personas. Se trata de un tipo de techo verde semi intensivo o extensivo liviano, que se refiere a un tipo de instalación sencilla, con un espesor no mayor a los 20 cm. A pesar de ser extensible liviano, es transitable y por lo tanto requiere de un tipo de mantenimiento de Grado 1. Sin embargo, se pudo evidenciar que hay aspectos a mejorar como el estado de las plantas, los procesos de deshierba, fertilización, y control de maleza; por otro lado, se encontraron aspectos positivos de cuidado como las tuberías y el drenaje, el estado de la estructura y el sistema de riego.
- En el caso 2, el estado de la cubierta verde del Edificio Uriel Gutiérrez de la Universidad Nacional de Colombia, se encontró un nivel de cuidado deficiente. Como se pudo evidenciar en algunas imágenes de los resultados, a este techo verde no se le hace un mantenimiento adecuado, pues su aspecto en general es descuidado. Particularmente en este caso se trata de un sistema extensivo, que a pesar de no requerir mucho cuidado y poco mantenimiento, se le ha descuidado

por completo y por lo tanto se encontró que las plantas están en mal estado y hay una invasión evidente de maleza y hierbas. No cuenta con un sistema de fertilización, resiembra, control de plagas y maleza ni de riego; de la misma manera, el sistema de tuberías y drenajes se encuentran en estado regular por la falta de mantenimiento. Aun así, se observa la adecuación estructural para el techo verde. En este caso se observaron las consecuencias de no llevar un seguimiento controlado del techo verde después de su instalación, lo que trae un deterioro evidente en la instalación y la pérdida de los beneficios de un techo verde.

- En el caso 3, en el techo verde del Centro Comercial Titán Plaza, se detectó un estado excelente de la estructura. Se trata de un tipo de techo verde intensivo y transitable que requiere de un grado de mantenimiento 3; es decir, un mantenimiento óptimo y especial. El cuidado de la estructura es evidente y esto se refleja en el estado de las plantas, pues se realiza un mantenimiento constante a través de actividades como el deshierbe, la poda y corta de la vegetación. Los procesos de riego y fertilización se dan cada 6 meses por método de aspersión. El control de plagas y malezas se controla a través de la aspersión. La resiembra se da siempre y cuando las especies lo requieran, el sistema de riego es constante y es mecánico. Se identificó una buena adecuación estructural y el estado de tuberías y drenaje como muy positivo. En este caso se evidencia que a pesar de ser una cubierta intensiva que requiere precisamente de mayores cuidados, el Centro Comercial Titán Plaza está comprometido con mantener el aspecto de estas zonas verdes, sobre todo si se tiene en cuenta que son espacios transitables que les permiten a los visitantes interactuar entre ellos. Esta es una zona pensada para el

ocio y la recreación de la gente de acuerdo con los objetivos comerciales del lugar, y por lo tanto se le invierte el dinero y el tiempo necesarios para mantener en óptimas condiciones la cubierta verde.

- Para el segundo objetivo se hizo un acercamiento a los procesos de mantenimiento, lo que permitió dar cuenta primero, de que hay empresas consolidadas en Bogotá que ofrecen servicios de asesoramiento, diseño, instalación y mantenimiento de los techos verdes. Segundo, que los costos de mantenimiento dependen fundamentalmente del tipo de instalación (extensivo, intensivo o semi intensivo), pues allí se identifican las necesidades particulares del sistema. Así mismo, el tipo de sistema determina la periodicidad de los procesos de mantenimiento. Tercero, que es necesario contar con personal especializado para el proceso de mantenimiento, pues debe contar con conocimientos en el cuidado de la vegetación, pero también en cuanto a la estructura: sistemas de drenaje, tuberías, sistema de riego y demás componentes que hacen parte de la instalación. En cuarto lugar, que el clima de Bogotá facilita el cuidado de las plantas, pues no requieren de un cuidado especial por épocas (frío o caliente).
- A través del tercer objetivo se pudo constatar que el contenido relacionado con el mantenimiento que se encuentra desarrollado en la Guía de Techos Verdes es insuficiente respecto al seguimiento que se le debe hacer a los techos verdes después de su instalación. En ese sentido y como se hizo evidente en el caso 1 y caso 2, no siempre se cuenta con personal especializado para cuidar el estado de los techos verdes. Por lo tanto, es necesario brindar una herramienta que le

permita a los administradores de los edificios llevar un control del estado de los componentes del techo verde, para actuar de manera preventiva y no de manera correctiva y preservar el diseño de este tipo de instalación y así contar con sus beneficios. Es necesario pensar en un instrumento de seguimiento y valoración para que se mantenga un control constante del estado del techo verde. Por último, a pesar de que los techos verdes de los casos estudiados cuentan con los lineamientos estructurales necesarios para su instalación, solo en el caso 3 del Centro Comercial Titán Plaza se observó un ejercicio riguroso de cuidado y mantenimiento de la cubierta.

- Finalmente, respondiendo al último objetivo, se estableció una ficha de seguimiento del estado y la valoración de los techos verdes, con el propósito de apoyar la información suministrada en la Guía de Techos verdes y además brindar una herramienta apropiada para los administradores de los edificios, que no tienen un conocimiento especializado para el mantenimiento de las cubiertas. Por tal motivo, esta herramienta puede ser utilizada para hacer un monitoreo del techo verde después de su instalación y prevenir el deterioro de cada una de sus capas.

Capítulo V. Recomendaciones

Finalmente, después de dar cuenta del trabajo investigativo, se pueden plantear algunas recomendaciones en torno a los vacíos investigativos que se pudieron encontrar. Lo primero que vale la pena mencionar es que este fue un trabajo que se realizó en torno a 3 casos particulares con características de instalación y mantenimiento diferente, por lo cual se pudo analizar la problemática desde diferentes situaciones. Sin embargo, valdría la pena hacer un trabajo más generalizado y extenso, en la medida en la que se cuente con los recursos y el tiempo para hacerlo y de esta manera dar cuenta del estado de los techos verdes de los edificios de la ciudad de Bogotá y así poder hacer un balance del alcance de la Guía de Techos Verdes.

De igual manera, se puede pensar en un trabajo desde el paradigma cuantitativo, que permita mostrar cifras reales y actualizadas de la cantidad de edificios que cuentan con techos verdes en la ciudad de Bogotá, el grado de conocimiento e implementación de la Guía de Techos verdes, así como el estado de las cubiertas. Esto con el fin de identificar la problemática en contextos reales y se puedan plantear soluciones a partir de los hallazgos.

Sería importante además que desde la Alcaldía se gestionaran campañas de control y revisión de las cubiertas verdes, para que bajo un trabajo estructurado se pudiera dar cuenta del estado de los techos verdes de los edificios. Esto con un doble objetivo, primero, controlar que se estén cumpliendo con los parámetros normativos y estructurales de este tipo de instalaciones; y segundo, revisar el estado y el mantenimiento de las cubiertas verdes, pero sobre todo, acompañar e informar adecuadamente a los administradores de los edificios, para que se lleve a cabo un control y seguimiento óptimo, especialmente en aquellos casos en los que se encuentren deterioro. Sería valioso pensar en la capacitación de personal de limpieza y mantenimiento de los edificios

acerca de los cuidados que se deben tener respecto a la capa vegetal y demás componentes de un sistema de techos verdes.

También se piensa en la gestión que pueden hacer las instituciones educativas, como la universidad La Gran Colombia, para involucrar a los futuros profesionales en áreas afines en problemáticas y contextos reales de investigación. Esto supone por ejemplo ayudar de manera logística este tipo de proyectos para permitirle a los estudiantes acceder a todos los recursos de información que pueden ayudarlo a construir su ejercicio investigativo. Esto es, acercar cada vez más la academia a la sociedad a través de la investigación.

Finalmente, con un enfoque más propositivo y proyectivo, las investigaciones también se pueden encaminar hacia la actualización de la Guía de Techos Verdes de la ciudad de Bogotá, desarrollando un tipo de manual más especializado que cuente con mayores detalles técnicos y estructurales acerca de los tipos de sistema y sus necesidades de mantenimiento. Esto con el objetivo de contar con un material más técnico y actualizado que no solo le sirva a los diseñadores, ingenieros y arquitectos, sino que también a cualquier profesional que quiera consultar información relacionada.

Bibliografía

- Abellán, A. (2013). Tipos de Cubiertas Verdes. Recuperado de: <http://sudsostenible.com/tipos-de-cubiertas-verdes/>
- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias. University of California, Berkeley.
- Acuña, R. y Estévez, C. (2013). Factibilidad, diseño e instalación de un techo verde en el edificio de postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello en Caracas. Universidad Católica Andrés Bello. Escuela de ingeniería civil. Recuperado de: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS6647.pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). Techos verdes y jardines verticales. Guía práctica. Recuperado de: https://www.academia.edu/28053147/TECHOS_VERDES_Y_JARDINES_VERTICALES
- Arquitectura México. (2011) Normatividad de las Azoteas Verdes. Recuperado de: <https://arquitecturamexico.wordpress.com/2011/12/13/normatividad-de-las-azoteas-verdes/>
- Avella, E. (2014). Techos verdes para rescatar la ciudad. El Espectador. Recuperado de: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/techos-verdes-rescatar-ciudad-articulo-522911>
- Calvo, D.; Gómez, A. y Rodríguez, P. (2016). Techos verdes: un estilo eco amigable. *Digital Ciencia*, (9) 1. Recuperado de: https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v9-n1/QUIM-6.pdf
- Concepto Verde Perú S.A.C. (2012). Sistema de Techo Verde. Recuperado de: <http://conceptoverdevertical.com/sistema-techo-verde.html>

- Contreras, O. y Villegas, P. (2016). Análisis de la implementación de techos verdes para el manejo de inundaciones: caso de estudio Chapinero Colombia. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de :
https://www.researchgate.net/publication/329758013_Analisis_de_la_implementacion_de_techos_verdes_para_el_manejo_de_inundaciones_caso_de_estudio_Chapinero_Colombia
- Dagovett, V.; Romero, S. y Uribe, M. (2017). Estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa de diseño, construcción y mantenimiento de jardines verticales y cubiertas verdes en Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia. Recuperado de :
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/726/1/Dagovett%20Arciniegas%2C%20Victor%20Alfonso%20-%202017.pdf>
- Díaz, K. (2017). Implementación de techos verdes en el Centro Comercial Palatino de Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Recuperado de :
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16518/D%C3%ADazMarinKarenAlejandra2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, L.; Torruco, U.; Martínez, M. y Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Inv Ed Med*, 2 (7), p. 162-167. Recuperado de:
http://riem.facmed.unam.mx/sites/all/archivos/V2Num03/09_MI_LA%20_ENTREVISTA.pdf
- Díaz, L. (2011). La observación. Universidad Autónoma de México. México recuperado de :
http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sajuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- EcuRed. (2019). Sistemas monolíticos. Recuperado de:
https://www.ecured.cu/Sistemas_monol%C3%ADticos

Fai, C. y Bakar, M. (2018). Environmental Benefits of Green Roof to the Sustainable Urban Development:

A review. Universiti Tenaga Nasional. Selangor, Malaysia. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/324079463_Environmental_Benefits_of_Green_Roof_to_the_Sustainable_Urban_Development_A_Review

Ferrer, M. (2010). Techos verdes: una Realidad en Colombia y en el Mundo. *Noticreto*, N005, p. 56- 60.

García, I. (2010) Beneficios de los sistemas de naturacion en las edificaciones. Universidad nacional de México (UNAM).

Gruppe, H. (2015). Ventajas y desventajas de los techos verdes. Recuperado de:

<http://www.hildebrandt.cl/ventajas-y-desventajas-de-los-techos-verdes/>

Hayas, A.; López, A.; Espada, D.; Ruiz de Adana, S.; Consuegra, E.; Peña, A.; Ayuso, J.; Lora, A.;

Giráldez, J.; Laguna, A.; Guzmán, G.; Contreras, V.; Manzano, J.; Jiménez, F.; Cáceres, V.;

Ramajo, L.; Jiménez, J.; Pérez, A. y Vanwalleghem, T. (2015). Optimizando el potencial de techos

verdes para la rehabilitación energética de edificios: interacción entre sustratos reciclados, propiedades hídras y eficiencia energética. Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía.

Recuperado de:

https://www.aopandalucia.es/inetfiles/resultados_IDI/GGI3003IDIB/entregable_parcial/final_guia_tecnica_v2_0.pdf

Hoyos, R. (2013). Aplicación de las cubiertas verdes en el medio local como solución al déficit de zonas

verdes en Medellín. Recuperado de:

<https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/1145/Aplicaci%C3%B3n%20de%20las%20cubiertas%20verdes%20en%20el%20medio%20local%20como%20soluci%C3%B3n%20al%20d%C3%A9ficit%20de%20zonas%20verdes%20en%20Medell%C3%ADn.pdf?sequence=1>

- Hurtado, J. (2000). El proyecto de investigación: metodología de la investigación holística. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/44465356_El_proyecto_de_investigacion_metodologia_de_la_investigacion_holistica_Jacqueline_Hurtado_de_Barrera
- Jacobs, M. (1997). La economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro, Editorial ICARIA, Barcelona.
- López, E. (2013). Beneficios en la implementación de áreas verdes urbanas para el desarrollo de ciudades turísticas. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Universidad de Guadalajara. Recuperado de: <http://148.228.173.140/topofilia/assets/cuatro1cinco3.pdf>
- López, C. (2010). Un acercamiento a las cubiertas verdes. Editorial FBPSA. Recuperado de: <https://www.fbpsa.com/images/acercamiento%20a%20las%20cubiertas%20verdes.pdf>
- Luckett, K. (2009). Green Roof Construction and maintenance. McGraw Hill. Recuperado de: <https://casagreb.files.wordpress.com/2013/02/green-roof.pdf>
- Marchena, D. (2012). Techos verdes como sistemas urbanos de drenaje sostenible. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11131/MarchenaAvilaDianaCecilia2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Minke, G. (2000). Planificación, ejecución y consejos prácticos en Techos Verdes. Alemania: Editorial Fin de Siglo.
- Molina, D. (2013). Terrazas Verdes: diseño y sustentabilidad. Universidad de Palermo, Diseño de Interiores. Recuperado de: https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyecto graduacion/archivos/2722.pdf

- Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana. Recuperado de: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Oberndorfer, E.; Lundholm, J.; Bass, B.; Coffman, R.; Doshi, H.; Dunnett, N.; Gaffin, S.; Kohler, M.; Liu, K. y Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *Bioscience*, 57, (10), p. 823-833. Recuperado de: <http://www.mit.edu/people/spirn/Public/Granite%20Garden%20Research/Plants/Oberndorfer%20et%20al%202007%20Green%20Roof%20Ecosystems.pdf>
- Palacios, O. (2016). Apoyo en la actualización del inventario e indicadores de techos verdes y jardines verticales y establecimiento de parcelas demostrativas para evaluar la adaptabilidad de especies como coberturas en este tipo de tecnologías en la ciudad de Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13785/1/Inventario%20Techos%20Verdes%20y%20Jardines%20Verticales.pdf>
- Pérez, J. (2015). Evaluación económica del bienestar generado por techos verdes en Bogotá. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/18450/u721817.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1>
- Pérez, G. (2000). Modelos de investigación cualitativa en educación social y animación sociocultural. Aplicaciones prácticas. Madrid: Editorial Narcea. Recuperado de: <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/481/445>

- Ramírez, W. y Bolaños, T. (2012). Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono atmosférico en el neotrópico. *Revista nodo*, (6), p. 7-18.
- Rivas, I. (2015). Beneficios, Funcionamiento y Cómo Construir un Techo Verde. About Haus. Recuperado de: <https://about-haus.com/beneficios-construir-un-techo-verde/>
- Rodríguez, L.; Villadiego, K.; Padilla, S. y Osorio, H. (2017). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia. Una mirada al marco reglamentario. *Bitácora*, (3), p. 19-26. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/biut/v28n3/0124-7913-biut-28-03-19.pdf>
- Rodríguez, G.; García, E. y Gil, J. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. Ed. Aljibe, Málaga, España. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/44376485_Metodologia_de_la_investigacion_cualitativa_Gregorio_Rodriguez_Gomez_Javier_Gil_Flores_Eduardo_Garcia_Jimenez
- Salas, F. (2017). Propuesta de implementación del uso de techos verdes con geomembrana importada de Estados Unidos en el distrito de San Miguel, para cumplir con la meta 8 de biodiversidad de Aichi. USMP. Recuperado de: http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/2856/1/salas_af.pdf
- Schettini, P. y Cortazzo, I. (2015). Análisis de datos cualitativos en la investigación social recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49017>
- Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33 (3). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=214/21433320>
- Sutton, R. (2015). Green Roof Ecosystems. Springer International Publishing Switzerland. 447 pages. ISBN: 978-3-319-14982-0, Softcover ISBN: 978-3-319-35443-9, eBook ISBN: 978-3-319-14983-7. <http://www.springer.com/us/book/9783319149820>.

Tarrida, M. (2010). Aprender sobre las cubiertas verdes urbanas a través del caso Augustenborg
recuperado de:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13548/Tarrida,%20Mar%C3%A7al_Tesina.pdf

Tex Delta. (2019). Geosintéticos en techos verdes o cubiertas vegetales. Recuperado de:
<https://texdelta.com/blog/geosinteticos-en-techos-verdes-o-cubiertas-vegetales/>

Weiler, S. y Scholz, K. (2009). Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes Over Structure. ISBN: 978-0-471-67495-5.

Wheeler, S.; Abunnasr, Y.; Dialesandro, J.; Assaf, E.; Agopian, S. y Carter, V. (2019). Mitigating Urban Heating in Dryland Cities: A Literature Review. *Journal of Planning Literature*, p. 1-13
Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/333874708_Mitigating_Urban_Heating_in_Dryland_Cities_A_Literature_Review

Yanling, B. (2014). Green roofs against pollution and climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag, 34 (4), p.695-705. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/271680895_Green_roofs_against_pollution_and_climate_change_A_review

Zielinski, S.; García, M. y Vega, J. (2012). Techos verdes: ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta. *Gestión y Ambiente*, (15) 1, pp. 91-104.
Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/31615/1/30820-111594-1-PB.pdf>

ANEXOS**Anexo A.** Matriz de Observación Directa

Fecha:
I. Información Ficha Técnica
Proveedor del sistema:
Dueño u operador del edificio:
Localización:
Nombre del inmueble y uso:
Tipo de Techo Verde:
¿Es transitable? Sí ____ No ____
Elementos principales de la estructura ecológica:
Grado de mantenimiento requerido y periodicidad:
Responsable del mantenimiento:
Especies Vegetales:

II. Grado de mantenimiento y alcance:

Observaciones:

III. Estado de las plantas:

Observaciones:

--

IV. Deshierbe, poda y corte de la vegetación:

Observaciones:

V. Procesos de fertilización:

Observaciones:

VI. Control de plagas y malezas:

Observaciones:

VII. Procesos de resiembra:

Observaciones:

--

VIII. Sistema de riego:

Observaciones:

IX. Estabilidad de la estructura:

Observaciones:

X. Tuberías y drenaje:

Observaciones:

Anexo B. Entrevista a personal encargado del mantenimiento de cubiertas verdes.

Entrevista acerca del mantenimiento de las cubiertas verdes

Fecha:

Empresa:

A continuación se le formularán 9 preguntas que fueron pensadas con la intención de conocer aspectos claves acerca del mantenimiento de los techos verdes:

1. ¿Qué costo tiene el mantenimiento de una cubierta verde?
2. ¿Qué tipo de cubierta requiere mayor mantenimiento?
3. ¿Cada cuánto se debe realizar el mantenimiento de una cubierta verde?
4. Dentro del proceso de mantenimiento, ¿cuáles son las actividades que más se deben realizar?
5. ¿Qué procedimientos se llevan a cabo en el mantenimiento de una cubierta verde?
6. ¿Qué personal se requiere para el mantenimiento de una cubierta verde?
7. ¿Qué herramientas y equipos se requieren para el mantenimiento de una cubierta verde?
8. ¿Cada cuánto se debe regar la cubierta en épocas de verano e invierno?
9. ¿Cómo evitar el ataque de plagas y enfermedades en las plantas de una cubierta verde?