

**PROPUESTA DEL USO DE TECHOS VERDES EN EL SECTOR HOTELERO COMO  
ESTRATEGIA DE ECOINNOVACIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

**MARÍA FERNANDA BENAVIDES NIEVES**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA  
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**ORIENTADOR**

**HARVEY ANDRÉS MÍLQUEZ**

**INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**GESTION AMBIENTAL**

**BOGOTA D.C**

**2021**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del Directora de la Especialización en Gestión Ambiental

\_\_\_\_\_  
Firma del calificador

Bogotá D.C., noviembre de 2021

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García - Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad Ingeniería

Dr. Julio César Fuentes Arismendi

Directora de Programa de Especialización de Gestión Ambiental

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a cada una de las personas que ayudan en mi proceso, a las que cada día me hacen crecer integralmente e intelectualmente. Forman parte de lo que soy y hasta donde he podido llegar el día de hoy, son piezas fundamentales para cumplir mis sueños y ser feliz con lo que tengo y hago.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>pág</b>
<b>RESUMEN</b>	9
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>1. METODOLOGÍA</b>	11
<b>1.1 Zona de estudio</b>	11
<b>1.2 Objetivo general</b>	12
<b>1.3 Objetivos específicos</b>	12
<b>1.4 Desarrollo metodológico</b>	13
<b>2. TECHOS VERDES</b>	14
<b>2.1 Definición de Techos Verdes</b>	14
<b>2.2 Techos Verdes Extensivos</b>	15
<b>2.3 Techo Verde Semi-intensivo</b>	16
<b>2.4 Techos Verdes Intensivos</b>	17
<b>2.5 Techo Verde Autorregulado</b>	18
<b>2.6 Techo Verde Ajardinado</b>	18
<b>2.7 Techo Verde Ecológico Especializado</b>	19
<b>2.8 Techo Verde Huerta</b>	19
<b>2.9 Componentes activos</b>	19
<b>2.10 Componentes estables</b>	20
<b>2.11 Beneficios según la literatura</b>	21
<b>2.13 Pilares del desarrollo sostenible</b>	27
<b>3. BENEFICIOS DE LOS TECHOS VERDES EN EL SECTOR HOTELERO</b>	31
<b>3.1 Casos de éxito en hoteles</b>	35
<b>3.2 Beneficios directos en el sector hotelero</b>	40
<b>3.3 Características de los hoteles</b>	41
<b>4. VIABILIDAD TECHOS VERDES EN BOGOTÁ</b>	43
<b>4.1 Requerimientos mínimos de implementación</b>	44
<b>4.2 Ahorro de gastos operacionales</b>	45
<b>4.3 Agricultura Urbana</b>	47
<b>4.4 Ahorro de energía</b>	48

<b>4.5 Alargamiento de vida útil de los techos</b>	51
<b>5. CONCLUSIONES</b>	52
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	54

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág</b>
Figura 1: Mapa de distribución de los establecimientos de alojamiento en la ciudad de Bogotá	11
Figura 2: Estructura de los techos verdes	14
Figura 3: Ejemplo de un techo verde extensivo	15
Figura 4: Ejemplo de un techo verde semi-intensivo	17
Figura 5: Ejemplo de un techo verde intensivo	17
Figura 6 Diagrama de los pilares del desarrollo sostenible	27
Figura 7: Caso de éxito de un techo verde en la ciudad de París	30
Figura 8: Tecnología de paneles en la implementación de techos verdes en terrenos planos	32
Figura 9: El Fairmont Waterfront Hotel en Vancouver, Canadá	33
Figura 10: Ganancia de calor presentado por una azotea verdes vs una azotea convencional de asfalto	37
Figura 11: Consumo de energía en temporada de verano del sistema de aire acondicionado con techos verdes vs sin techos verdes	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 12: Sistema de captación de aguas lluvias en los techos de las edificaciones	45



## RESUMEN

Los techos verdes son alternativas a la resolución de problemáticas ambientales, sociales y ayuda al desarrollo económico, a lo largo de los años varios países han optado por implementar terrazas verdes en sus edificaciones obteniendo diferentes tipos de beneficios. Los hoteles pueden implementarlos como una estrategia de eco-innovación que les permita atraer más clientes y reducir costos. A lo largo del documento se muestran varios casos de éxito encontrados en la literatura y se explican cada uno de los aportes que tiene la implementación de estos sistemas, luego se evaluaron cuáles benefician directamente al sector hotelero, para después determinar si tienen esa misma validez en los hoteles de la ciudad de Bogotá. Se encontró que el mejor servicio proporcionado es el ahorro en gastos de energía por el uso de aires acondicionados y la obtención de alimentos por implementación de huertas y se concluyó que los techos verdes son óptimos para usarse en hoteles, debido a su buena tasa de retorno de inversión de implementación, disminución de costos, mas todos los demás beneficios que no están implícitos dentro del sector hotelero.

**Palabras clave:** Techos verdes, hoteles, eco innovación

## INTRODUCCIÓN

Bogotá cuenta con 869 establecimientos de alojamiento, de los cuales un 73.3% corresponde a hoteles, es decir, aproximadamente 634 según un estudio realizado por el Instituto Distrital de Turismo (Instituto Distrital de Turismo, 2018). Todos estos establecimientos generan diferentes tipos de impacto como lo son: la contaminación visual y arquitectónica, contaminación del agua y aire, generación de residuos, entre otros (Sierra, Bedoya, Meza, & Sierra, 2017).

Actualmente la tendencia mundial se enfoca al desarrollo de hoteles con prácticas sostenibles para generar un ahorro en la eficiencia energética y de procesos, además ayuda tener una mejor competitividad con respecto a la oferta que genera el sector turístico. Varios estudios determinan que los turistas están dispuestos a pagar un poco más por hoteles que tengan algún tipo de prácticas verdes, lo que contar con características sostenibles representa un crecimiento económico para los hoteles. (Velázquez & Vargas, 2014)

La ciudad cuenta con un censo en donde se analizan y describen las características del sector hotelero, allí se menciona que solo 105 establecimientos de los 869 cuentan con la participación en el desarrollo de la norma NTS-sostenibilidad (Instituto Distrital de Turismo, 2018). Por lo que Bogotá cuenta con una baja participación del desarrollo de prácticas sostenibles dentro de los hoteles.

Una tecnología que puede beneficiar a este sector son los techos verdes, los cuales son usados desde tiempos remotos. Los nórdicos los utilizaban principalmente como un medio estético, pero con el tiempo se dieron cuenta que aumentaba la temperatura de los hogares en épocas de invierno, también empezaron a usarlos para realizar cultivos de frutas, lo que beneficiaba a toda la población para el abastecimiento de alimentos. (Jarif, 2019)

En la actualidad debido a la recopilación de varios casos de éxito con diferentes estructuras verdes se tiene un aumento del uso de capas con vegetación como tendencia global. A medida que pasan los años los gobiernos se interesan más en la implementación de más áreas con vegetación que puedan mejorar la calidad de vida de las personas, aumentar la biodiversidad en las ciudades y reducir el consumo de energía y contaminación atmosférica. Ya que estos pueden usarse en estructuras nuevas o ya existentes, tienen poca limitación de espacio y son muy versátiles adaptándose a interiores o exteriores. (Quintero, 2019)

## 1. METODOLOGÍA

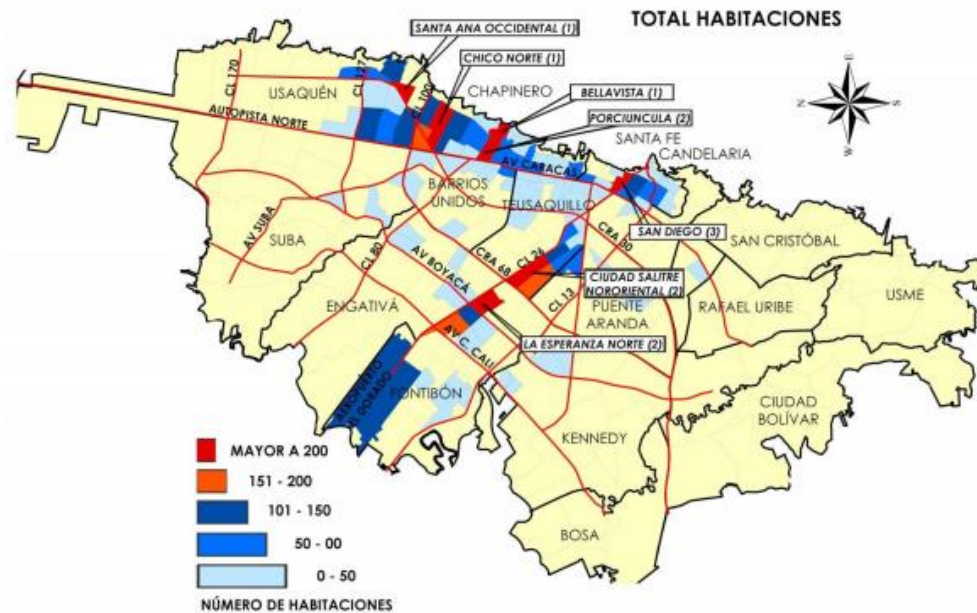
### 1.1 Zona de estudio

Bogotá se encuentra ubicada en el centro de Colombia, en la cordillera oriental en una latitud Norte: 4° 35'56" y longitud Oeste de Greenwich: 74°04'51", con 2625 m.s.n.m, a una extensión alrededor de 33 kilómetros de sur a norte y 16 kilómetros de oriente a occidente, esta se encuentra dentro de la zona de confluencia intertropical, produciendo dos épocas de lluvia; en la primera mitad del año entre los meses de marzo a mayo y en la segunda entre los meses de septiembre y noviembre. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017).

La ciudad cuenta con una alta visita de turistas por ser la capital de país, en donde el 73,3% de los diferentes tipos de alojamiento que ofrece la ciudad para el sector turístico pertenece a los hoteles. Se encuentran concentrados principalmente en las zonas de Teusaquillo con un (32,1%) y Chapinero con un (23,1%), seguido a esto se suman zonas como Usaquén (11%) y la Candelaria (11,8%), es decir que en Bogotá la gran parte de la oferta hotelera se ubica en zonas específicas que se encuentran cerca de los principales atractivos turísticos que ofrece la ciudad y al Aeropuerto Internacional El Dorado, esto se puede visualizar en la Figura 1. (Instituto Distrital de Turismo, 2018).

**Figura 2:**

*Mapa de distribución de los establecimientos de alojamiento en la ciudad de Bogotá*



*Nota:* Mapa de distribución del sector hotelero en la ciudad de Bogotá en donde se incluyen hoteles de grandes cadenas y hostales. Tomado del Instituto Distrital de Turismo. (2018). Estudio: Censo de establecimientos de alojamiento y hospedaje 2018. Bogotá: Alcaldía de Bogotá. <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/default/files/Censo-2018.pdf>

## 1.2 Objetivo general

Establecer una propuesta del uso de techos verdes en el sector hotelero como estrategia de sostenibilidad en la ciudad del Bogotá.

## 1.3 Objetivos específicos

- ◆ Identificar la funcionalidad de los techos verdes en los tres pilares del desarrollo sostenible.
- ◆ Describir las ventajas del uso de techos verdes en el sector hotelero.
- ◆ Determinar la viabilidad de los techos verdes para el sector hotelero en la ciudad de Bogotá.

#### **1.4 Desarrollo metodológico**

Para el desarrollo del presente trabajo se usa la metodología de revisión bibliográfica o sistemática, en donde se realiza una búsqueda de información verídica y reciente (últimos 10 años), con el fin de recolectar y argumentar la suficiente información para llegar al objetivo final de la investigación que es: *establecer una propuesta del uso de techos verdes en el sector hotelero como estrategia de sostenibilidad en la ciudad del Bogotá.*

Inicialmente se recolecta la información usando como palabras claves: green roof, techos verdes, superficies verdes, hoteles sostenibles en el buscador de Google académico, Scielo, repositorios de diferentes universidades nacionales e internacionales, con el fin de seleccionar la información más relevante para describir cuales son los beneficios que brindan los techos verdes en general. Todo para realizar una clasificación y análisis de la información seleccionada en las tres ramas de la sostenibilidad: económico, social y ambiental.

También se evaluarán casos de éxito que puedan ser ejemplo para la ejecución de esta investigación, ya que demuestra la factibilidad del uso de techos verdes en la ciudad de Bogotá y que pueden ser usados como una estrategia de eco-innovación en hoteles, fomentando y contribuyendo al objetivo del desarrollo sostenible: de ciudades y comunidades sostenibles. Es importante tener en cuenta artículos de revistas científicas y bases de datos.

Una vez clasificados los beneficios en las tres ramas, se seleccionarán los que representen un impacto dentro de las empresas hoteleras y teniendo en cuenta las características que estos presentan, se describirá si realmente puede ser beneficioso para este sector.

Por último y haciendo referencia al tercer objetivo, se tomarán varias guías nacionales e internacionales para seleccionar las condiciones adecuadas, mejores y más rentables para el sector hotelero y como pueden aprovechar los beneficios.

## 2. TECHOS VERDES

### 2.1 Definición de Techos Verdes

Es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de un inmueble mediante una adecuada integración entre: inmueble invertido, vegetación escogida, medio de crecimiento diseñado, factores climáticos y ambientales, como se observa en la figura 2. También son llamados terrazas bióticas ya que en muchos casos permite la interacción de diferentes especies y las alberga, sin embargo, el término más conocido es techo verde ya que generaliza cualquier infraestructura horizontal o inclinada que cubra un espacio y que contenga algún tipo de vegetación. (Secretaria de Ambiente, 2011)

#### Figura 4.

*Estructura de los techos verdes*



**Nota:** Componentes que componen los techos verdes. Tomado de: Iñigo, A. (2017). La cubierta verde como mejora del comportamiento energético en Alicante. Alicante: Universidad de Alicante.

Para el desarrollo y construcción de los techos verdes se deben tener en cuenta una serie de factores que afectaran el sistema, entre ellos están: el inmueble, tipo de vegetación, diseño del medio de crecimiento, factores climáticos y ambientales y además debe contar con unos elementos básicos para garantizar el éxito a largo plazo: estanqueidad, drenaje, capacidad de retención de agua, estabilidad mecánica, nutrición y por último filtración. Por otra parte, es necesario tener una estructura básica como se muestra en el Figura 2, en donde se incluye la capa vegetal, el suelo, panel y la losa del techo (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)

Existen una serie de clasificaciones de techos verdes, entre ellas se encuentran la extensiva, intensiva y semi-intensivo, cada una de estas categorías cumple con unas especificaciones que definen el tipo de techo y brinda una información importante al momento de la construcción o la implementación de estas tecnologías en alguna estructura, esto le permite al usuario cual se adapta mejor a sus necesidades y se presentan a continuación (Eucid group toxement, 2018)

## **2.2 Techos Verdes Extensivos**

Como se observa en la Figura 3 un techo verde extensivo tiene la particularidad de tener vegetación de un tamaño pequeño y tiene las siguientes características:

- ◆ Espesor del sustrato: entre 5 a 15 cm
- ◆ Es ideal si permanecen verdes durante todo el año.
- ◆ Tipo de plantas: mayormente rastreras y cubre suelos
- ◆ En general se utilizan plantas de raíces poco vigorosas, de muy baja mantención y resistentes a condiciones extremas.
- ◆ Peso: entre 50 kg/m<sup>2</sup> y 70 kg/m<sup>2</sup>, cuando el sustrato está saturado en agua.
- ◆ Sustrato: está compuesto principalmente por materiales inorgánicos, para así lograr un buen drenaje.
- ◆ Su mantenimiento es de 1 o 2 veces al año

## Figura 6:

*Ejemplo de un techo verde extensivo*



*Nota:* Techo verde extensivo. Tomado de: Siemens. (14 de Septiembre de 2011). Techos verdes: sostenibilidad aplicada a la construcción. Obtenido de Ciudades del Futuro: <https://ciudadesdelfuturo.es/techos-verdes-sostenibilidad-aplicada-a-la-construccion.php>

### 2.3 Techo Verde Semi-intensivo

En este tipo de techo como se observa en la Figura 4 la vegetación empieza a aumentar su tamaño y se usa más para tipo recreativo o decorativo de terrazas.

- ◆ Espesor del sustrato: entre 15 a 25 cm
- ◆ Aumento de costos de manutención
- ◆ Tipo de plantas: como el sustrato tiene mayor profundidad, se pueden utilizar plantas un poco más grandes, como pequeños arbustos
- ◆ Peso: entre  $150 \text{ kg/m}^2$  y  $230 \text{ kg/m}^2$ , dependiendo de la cantidad de materia orgánica, ya que es ésta la que retiene la mayor cantidad de agua.



- ◆ Sustrato: contiene una mayor cantidad de materia orgánica, ya que, al poder utilizar especies de mayor tamaño, éstas ya no son tan resistentes

**Figura 8:**

*Ejemplo de un techo verde semi-intensivo*



**Nota:** Techo verde semi intensivo Tomado de: Bioguia. (2016). Techos verdes: una alternativa que suma adherentes. Obtenido de <https://www.bioguia.com/>

#### **2.4 Techos Verdes Intensivos**

Por último, los techos verdes intensivos involucran plantas de grandes magnitudes como se observa en la Figura 5 y tienen un peso muy alto, las edificaciones deben contar con una estructura muy fuerte para soportarlos.

- ◆ Espesor del sustrato: entre 25 cm a 90 cm
- ◆ Tipo de plantas: como hay bastante profundidad para el enraizamiento, se pueden utilizar árboles

## **Figura 10:**

*Ejemplo de un techo verde intensivo*



*Nota:* Tomado de: Zinco. (2021). INTENSIVOS. Tomado de:  
<https://www.zinco-greenroof.cl/sistema/intensivos>

Existe otro tipo de clasificación según el uso del techo y estas se definen dentro de la Guía de Techos Verdes de la ciudad de Bogotá:

### **2.5 Techo Verde Autorregulado**

Es el techo verde que requiere el mínimo de componentes para su desarrollo, generalmente es el más económico, se usa vegetación que se adapta fácilmente a las condiciones ambientales, con el fin de que puedan sobrevivir sin sistemas de riego especializados y simplemente con el agua lluvia satisfaga sus necesidades y tenga una larga durabilidad el sistema, el espesor del sustrato depende del tamaño de la raíz de la planta y aproximadamente es de 20 a 120 mm con una altura de cobertura vegetal de 50 cm de altura.

### **2.6 Techo Verde Ajardinado**

Dentro de esta categoría se observan plantas de un tamaño mayor, normalmente el objetivo es crear un espacio recreativo que contenga senderos y se pueda apreciar la vegetación presente, por este motivo requiere de un mayor cuidado, riego y mantenimiento. Por el tamaño de las raíces el

sustrato es más grande que en el autorregulado (120 a 150 mm) y de igual forma su peso se incrementa

### **2.7 Techo Verde Ecológico Especializado**

Este tipo de techo buscar ser un corredor ecológico para la fauna y la flora local, tiene una vegetación de gran tamaño que llega hasta los 200 cm de altura y su peso llega a los 450 kg y debe tener un seguimiento constante. Debido a la magnitud este tipo de proyectos deben ser avalados por el jardín botánico y por la Secretaria Distrital de Ambiente o la Secretaria de Planeación Distrital

### **2.8 Techo Verde Huerta**

Se usan para la producción agrícola y requiere de corredores para su mantenimiento y recolección de hortalizas, tiene unas exigencias para que funcione adecuadamente como barreras ambientales que eviten el daño en los cultivos, sustratos especiales con nutrientes y sistemas de riego que garanticen que las plantas puedan absorberla, comúnmente se reutilizan aguas lluvia para el riego y una alternativa son los sistemas hidropónicos

Los componentes básicos que contiene un techo verde sin importar el tipo de tecnología establecidos por (Eucid group toxement, 2018) y (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015)

### **2.9 Componentes activos**

Son los que soportan todo el funcionamiento de la materia viva en el techo y tiene cambios fisicoquímicos, normalmente incluye la cobertura vegetal y medio de crecimiento.

#### ***a. Tipo de planta***

Se elige a criterio del uso de techo verde que se le vaya a dar, según la altura de vegetación y peso. Por otra parte, se deben estudiar factores ambientales los cuales deben ser adecuados para la vegetación implementada, el factor de crecimiento que posean, requerimientos nutricionales, tipos de raíces que presente, plantas que no compitan entre sí.

### ***b. Medio de cultivo***

Esta debe ser capaz de soportar las raíces de las plantas elegidas, suficientemente fuerte para ser medio de anclaje y debe tener el sustrato necesario con los nutrientes adecuados, retención y drenaje de agua. Usualmente posee tres componentes: arena limpia, compost y agregado

## **2.10 Componentes estables**

Son todas las partes inertes del sistema que permite que tenga una vida útil y funcional, por lo que la calidad de los mismos es muy importante para no afectar tanto el sistema de techos verdes como el techo original del edificio.

### ***a. Membrana de drenaje***

Es un elemento que permite que exista la suficiente humedad para la supervivencia de las plantas, pero en el momento en que esta esté lo suficientemente llena pueda drenar hacia el drenaje superficial del techo el agua sobrante, para evitar una saturación de agua.

### ***b. Protección anti-raíz***

Es fundamental para evitar que las raíces de las plantas dañen la capa impermeabilizante que protege el techo, esto sucede cuando las plantas buscan a toda costa buscar nutrientes y agua para su supervivencia.

### ***c. Membrana de impermeabilización***

Es importante para mantener el techo libre de humedades que se puedan provocar por la retención de agua por parte de las plantas, protege el techo del edificio de concreto, se debe analizar muy bien qué tipo de membrana según el tipo de techo verdes elegido.

### ***d. Soporte estructural***

Este estudio debe realizarse para determinar si un edificio soporta estructuralmente el peso adicional que se le pondrá, teniendo en cuenta el peso de la cubierta vegetal y el sustrato saturado de agua, ya que puede traer consecuencias graves a nivel estructural si no se tiene en cuenta, por otro lado, se debe medir la inclinación que preferiblemente debe tener como mínimo un 2%.

### *e. Elementos auxiliares*

Son elementos inertes que cumplen una función específica dentro del sistema, ya sea para embellecer o como un elemento adicional que se requiere para que el funcionamiento sea correcto, un ejemplo de ello es: la iluminación, protección, mantenimiento, espaciamiento, etc.

## **2.11 Beneficios según la literatura**

### *a. Uso de agricultura urbana*

Uno de los beneficios encontrados es la posibilidad de usar las terrazas o techos planos de las edificaciones para plantar una serie de vegetación que produzca alimentos y represente una ganancia económica o genere una seguridad alimentaria. La literatura muestra un caso de éxito en Cazucá en donde se realizó un estudio, el cual consistía en poner techos verdes en las casas de personas de estratos bajos, usando botellas PET recicladas y se evaluó que al final muchas familias tenían en sus techos hortalizas que usaban para su propio consumo y podían cocinar con ellos, disminuyendo así el costo de alimentación sin representarles un costo muy alto adicional, pues solo se debe realizar una primera inversión (Cortes & Devia, 2012).

### *b. Disminución de inundaciones*

Los techos verdes comparados con techos convencionales demuestran que, a nivel de drenaje, los caudales pico disminuyen, por consiguiente, los diámetros de tuberías se reducen, incluyendo volúmenes excavados, dimensiones de cunetas y rejillas, y todo lo que implique el diseño de drenaje urbano, por lo que existe una compensación monetaria. Por otro lado, el uso de los sistemas de retención de volumen y retardo en la producción de caudales máximos reduce en gran medida las inundaciones en las ciudades, permitiendo su crecimiento sin necesidad de generar los problemas de inundaciones y desbordes de quebradas o drenajes. (López, Nelson; Barreto, Wilmer; Mendez, Néstor, 2015)

### *c. Reducción de islas de calor*

Estudios demuestran que la implementación de techos verdes reduce la temperatura ambiental. Principalmente debido a que, disminuyen la cantidad de absorción de calor de los pavimentos de

los techos en comparación con los tradicionales que no poseen vegetación, por consiguiente, se contribuye a la reducción del calentamiento global, ya que los rayos solares no se quedan atrapados en el planeta, sino que una parte es reflejada y otra es usada por las plantas para el proceso de fotosíntesis. (Murgul & Pasetti, 2018).

Esta misma teoría se sustenta en otro estudio en donde se habla de que la solución principal a la problemática de islas de calor en las ciudades se puede reducir mediante la implementación de techos verdes en zonas estratégicas de la ciudad, ya que estos actúan como un colchón térmico evitando que se sobrecalienten las superficies asfálticas presentes en los techos de las casas, calles y azoteas de los edificios las cuales pueden llegar hasta los 70 C° (Alpuche, Moreno, Ochoa, & Marincic, 2010)

Otro ejemplo de la literatura, demuestra que el uso de superficies verdes, jardines dentro de los edificios y la reducción de las superficies pavimentadas, pueden reducir el fenómeno de isla de calor que se produce principalmente por el incremento de las superficies selladas, zonas de aglomeración urbana, influencias negativas en el agua domiciliaria, calidad del aire y el microclima. (Galindo & José, 2015)

#### ***d. Captura de Carbono***

Las plantas usadas en los techos verdes funcionan como sumideros de carbono y dependiendo del sustrato y tipo de planta puede aumentar o disminuir la captación. El proceso que sucede es el natural que realiza la vegetación normalmente, el cual fue suspendido al momento de construir en terrenos que antes eran verdes y ahora son superficies grises. En consecuencia, los techos verdes representan una gran solución en la construcción de grandes ciudades y pueden traer una serie de beneficios en la purificación del aire y disminución de los impactos generados por las grandes emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. (Andía, 2019).

Los techos verdes tienen una gran capacidad para captar carbono, un estudio realizado en una tesis de grado de la Universidad Libre muestra que, según el área de cobertura se puede reducir el CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Se realizó una investigación para determinar el área apta para la construcción de techos verdes en el barrio Rosales de la ciudad de Bogotá, en donde de 11.110,4 m<sup>2</sup> solo el 45,2% puede cubrirse con esta tecnología y con esta cantidad se pueden compensar un 40% de las emisiones producidas por vehículos a gasolina y diesel y aunque es solo una pequeña parte de la

ciudad, esto puede implementarse en diferentes lugares dando lugar a una mayor reducción en una ciudad con altos índices de contaminación atmosférica. (Mosquera & Solano, 2018)

Otro punto importante a tener en cuenta es el tipo de planta que se va a usar, cada una tiene una capacidad diferente de absorción de carbono, un estudio realizado en México muestra cómo dos especies tienen grandes diferencias en este aspecto, por lo que cada estudio muestra un resultado diferente teniendo en cuenta también las condiciones climatológicas de las zonas. Pero todas poseen la capacidad de reducir el CO<sub>2</sub> dado el proceso de fotosíntesis que realizan para su respiración, en donde la proporción de absorción es mayor comparada con la emisión. Un ejemplo presentado en el documento muestra que una cubierta extensiva de sedum puede capturar en promedio 375 g de C por m<sup>2</sup> en un periodo de seis meses; 168 g de C por m<sup>2</sup> en la biomasa aérea, 107 g de C por m<sup>2</sup> en la raíz y 100 g de C por m<sup>2</sup> en el sustrato. (Carbajal, Rodriguez, Avila, Rodriguez, & Hernandez, 2017)

Se realizó un modelo para ver qué variaciones pueden afectar la reducción del CO<sub>2</sub> por techos verdes y muros verticales. En cuanto a los techos los resultados mostraron que la altura a la que están, la cercanía a las fuentes de emisión y el porcentaje de cobertura vegetal si generan un gran diferencia a la hora de evaluar la concentración de CO<sub>2</sub> en la zona; Para las paredes verticales no se encontraron muchas diferencias, por lo que concluyen que las plantas sin son efectivas en la captación de carbono pero las condiciones si deben tenerse en cuenta a la hora de implementarlos, además las variaciones meteorológicas pueden afectar las mediciones y controlar de alguna manera que tanto hay reducción de contaminantes atmosféricos. (Viecco, Vera, & Jorquera, 2019)

#### *e. Disminución de contaminantes atmosféricos*

Los espacios verdes filtran el aire reteniendo partículas contaminantes, en donde aproximadamente 1 m<sup>2</sup> de espacios verdes pueden remover 0,2 kg de partículas suspendidas (Gullo & Zangone, 2012). Además, pueden mejorar el clima de las ciudades, en donde estos purifican el aire y reducen las variaciones de temperatura y los porcentajes de humedad disminuyen. (Galindo & José, 2015).

Por naturaleza la vegetación es capaz de filtrar partículas de suciedad como el PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>. Existen dos posibilidades, la primera en donde las partículas quedan adheridas en las superficies de las hojas y luego el agua lluvia las arrastra hasta el suelo y la segunda en donde son absorbidas

por las plantas, por lo que permanecen ahí hasta que la misma muere, principalmente este caso ocurre cuando hay contaminantes en forma de gas y aerosoles (Galindo & José, 2015)

Otro ejemplo que se evidencia es Chicago una de las ciudades con más techos verdes, en el 2007 ya contaban con 300 edificios que contaban con esta tecnología, en donde determinaron que se redujo la contaminación atmosférica en parámetros como: Ozono, NO, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> (Redondo, 2014). De la mano con este estudio realizado en donde se determina que las plantas son capaces de absorber contaminantes atmosféricos como el material particulado y para el proceso de fotosíntesis usan el CO<sub>2</sub> (Quintero, 2019).

#### ***f. Aumento de zonas verdes***

La falta de espacios verdes conlleva a una serie de consecuencias como lo son: pérdida de biodiversidad, aumento de temperatura, mayor demanda energética, efectos invernadero, para contrarrestar estas problemáticas se recomienda el uso de tecnologías sustentables y una de ellas son los techos verdes, además pueden ser una respuesta a reponer espacios verdes perdidos en la ciudad, debido al crecimiento demográfico acelerado (Perez, 2017).

#### ***g. Reducción del Ruido***

Los techos verdes, son capaces de reducir la frecuencia de ruido en 10 y 20 dB, y también tienen la capacidad de absorber las ondas sonoras y reducir el nivel de sonido en comparación con los techos regulares. (Conelly & Murray, 2013). Por otra parte, por el sustrato que posee absorbe las ondas sonoras, disminuyendo el ruido. Esto sucede porque entran en los espacios porosos de las plantas y genera una serie de intervenciones con el sustrato. (Cortés, 2019)

#### ***h. Recolección de agua***

Durante un estudio, el autor afirma que los techos verdes brindan un beneficio a las estructuras que los utilizan, ya que estos son óptimos para recoger agua lluvia y almacenarla. Por lo que las estructuras pueden usar el agua para diferentes actividades que se requieran como, el uso de baños, riego, etc. Sin embargo, hay que tener en cuenta la intensidad de las precipitaciones y que cualquier ahorro por más mínimo que sea a largo plazo va a representar un ahorro económico mayor. (López, 2020)



### ***i. Ventajas para la salud***

Las actividades al aire libre, en parques y jardines ayudan a disminuir el estrés de las personas y brindan relajación para ellas, en donde atrapa la atención y genera un efecto restaurador en ellos, mejorando considerablemente su salud. Las personas que viven rodeadas de este tipo de ecosistemas son menos susceptibles a tener enfermedades, ya que brindan oxígeno adicional, una mejor calidad del aire, disminución de olores ofensivos, sonidos y también una parte terapéutica al tener que cuidarlas (Gullo & Zangone, 2012).

Por otra parte, los techos verdes brindan a la ciudad un valor agregado estéticamente, transformando el paisaje urbano y aumentando el confort visual de los habitantes y visitantes. Esto influye directamente en el ánimo de las personas, que lleva a una serie de consecuencias sociales positivas, en donde se toma una conciencia ambiental y de trato hacia las personas. También se valorizan las edificaciones, mejoran el aspecto de ellas y la composición de las ciudades. (Cortés, 2019)

### ***j. Confort Térmico***

Disminuye la temperatura del ambiente debido a la sombra que producen y gracias a la transpiración de las plantas que también disminuye las reacciones fotoquímicas que producen contaminantes efecto invernadero como el O<sub>3</sub>

### ***k. Tránsito de la biodiversidad***

Las grandes ciudades han fragmentado a lo largo de los años los hábitats naturales de las especies, sin embargo, hay una solución llamada los corredores verdes que se componen de una serie de vegetación que conecta diferentes áreas. En consecuencia, a esto las especies pueden moverse con facilidad hacia sus ecosistemas y conservan la naturaleza de los mismos y de sus especies, especialmente en las aves. Aumentar el volumen de vegetación dentro de las ciudades aumentaría la densidad poblacional de diferentes especies y ayudaría en migración de las aves. (Redondo, 2014)

## *l. Espacios de esparcimiento*

Dependiendo del tipo de techos verde que se maneje, puede usarse para espacios de esparcimiento, en donde los visitantes disfruten del aire libre y de un ambiente natural, estando dentro de la ciudad. Pueden realizar ejercicio, pasear a sus mascotas o simplemente relajarse. Según la OMS la población mundial ha reducido su actividad física y está relacionado directamente con millones de muertes en el mundo anualmente. (Redondo, 2014)

### **2.12 Desarrollo Sostenible**

Según la FAO el desarrollo sostenible se basa en el manejo de los recursos naturales en vez de la explotación de ellos, además incluye la parte humana en cuanto a la solidarización por las necesidades que tienen las personas actualmente y las que van a necesitar en el futuro, poniendo en práctica de igual forma la equidad internacional. También encamina al desarrollo tecnológico y científico con el fin de satisfacer las necesidades presentes y futuras de la población.

El concepto nace en la conferencia de Estocolmo en el documento “Nuestro Futuro Común” y a medida que va pasando el tiempo se involucran nuevas ideas que complementan tanto el concepto como la práctica del desarrollo sostenible, ya que antiguamente se pensaba únicamente en desarrollo como un crecimiento económico, sin tener en cuenta los recursos naturales y la parte social. (FAO, 2020)

"Un nuevo estilo de desarrollo debe partir de un replanteamiento de valores que excluya todo tipo de dominación sobre el entorno natural y los grupos humanos. Este nuevo modelo deberá basarse en una redistribución justa de los recursos naturales y en mecanismos participativos y democráticos que permitan la presencia activa de los diferentes sectores de la población y el respeto a la autodeterminación de los pueblos.

El manejo adecuado del entorno natural permitirá satisfacer las necesidades básicas de las mayorías sociales en lugar de responder a los intereses de los grupos dominantes que no consideran la capacidad de carga de los ecosistemas e impiden la constitución de una sociedad justa" (Fundación Natura y CEPLAES, 1992).

A partir de esto se crean seis objetivos principales que son:

1. Satisfacer las necesidades humanas básicas
2. Lograr un crecimiento económico constante
3. Mejorar la calidad del crecimiento económico
4. Atender los aspectos demográficos
5. Seleccionar opciones tecnológicas adecuadas
6. Aprovechar, conservar, restaurar los recursos naturales

### 2.13 Pilares del desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible, se divide en tres pilares fundamentales, los cuales son: económico, social y ambiental, al unirlos da como resultado un sistema soportable, viable, sostenible y equitativo, como se muestra en la figura 6.

**Figura 12:**

*Diagrama de los pilares del desarrollo sostenible*



**Nota:** Tripletta de los pilares del desarrollo sostenible y sus principios. Tomado de: Castaño, C. (2013). Los Pilares del Desarrollo Sostenible. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

### ***a. Económico***

En este se busca lograr un crecimiento económico, teniendo presente la correcta administración de los recursos, implica que las futuras generaciones tengan una buena calidad de vida y puedan suplir sus necesidades. (Castaño C. , 2013)

### ***b. Social***

Pretende incluir a los grupos más desfavorecidos, una equidad entre países y un cambio entre las relaciones de los países desarrollados y en vía de desarrollo. “La población tiene que entender y sentirse motivada para buscar modelos sostenibles en sus propios lugares y con sus propios medios. Para ello, se precisa unas condiciones de vida dignas y un adecuado acceso a la cultura”.

Las familias más desfavorecidas tienden a explotar más los recursos naturales para su subsistencia y ahí es donde el tema de la pobreza empieza a generar una gran relevancia para la conservación de recursos naturales y para tener una calidad de vida. Por eso un cambio hacia el enfoque social es muy importante, ya que son los que se ven afectados diariamente por todos aspectos del mundo globalizado. (Castaño C. , 2013)

### ***c. Ambiental***

En este pilar se busca el buen uso de los recursos naturales durante todos los procesos que se requieran para el desarrollo humano, incluye todo lo que es biodiversidad, el suelo, el agua y los bosques. Se basa en el principio de la economía circular, que quiere eliminar en las cadenas de producción los residuos y convertirlos en nuevas materias primas, así se evita el uso excesivo e innecesario de los recursos naturales, también se tiene en cuenta el proceso del ciclo de vida del producto, en donde lo ideal es reducir desde la fuente los actores contaminantes e innecesarios. (Castaño C. , 2013)

A continuación, se observa en la Tabla 1 la clasificación realizada de los beneficios de los techos verdes en los tres pilares del desarrollo sostenible, para determinar si cumplen con las características requeridas.

**Tabla 1:**

*Clasificación de los beneficios brindados por la implementación de los techos verdes según la revisión bibliográfica.*

---

<b>Clasificación de los beneficios que ofrecen los techos verdes</b>		
<b>Económico</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Social</b>
Promoción de agricultura urbana	Mejora la calidad del agua	Embellecimiento del espacio público
Ahorro de gastos operacionales	Mejoramiento de la calidad del agua	Generación de nuevos espacios de recreación
Alargamiento de la vida útil de los techos	Reducción de la contaminación atmosférica	Accesibilidad de agua
Ahorro de energía	Reducción efectos de isla de calor	Disminuye la posibilidad de inundaciones
Reduce el tratamiento de aguas residuales	Reducción de la contaminación auditiva	Estado emocional de la población.
Reduce el uso de redes de agua lluvia	Aumento de la biodiversidad	
	Reducción del cambio climático	

---

**Nota:** Tabla de la clasificación de los beneficios presentados por la literatura sobre los techos verdes

Según la clasificación realizada se define que se encuentran beneficios en los tres pilares de la sostenibilidad, por lo que son una estrategia que debe implementarse al generar un equilibrio y una oportunidad para suplir el gran crecimiento urbano que se vive actualmente, el cual ha generado una pérdida de zonas verdes dentro de la ciudad.

Cabe resaltar que varios de los beneficios que se pusieron en cada categoría se ven integrados también en otra, por ejemplo: una mejora en la calidad del aire conlleva a una mejora en la salud de la población y por ende un mejoramiento en la calidad de vida de las personas, disminución de

costos en la salud, etc. Por lo que uno de los beneficios puede repercutir en el futuro en los otros e influir en otras áreas que no sean las de implementación o que se traten en este estudio.

Los beneficios de esta tecnología se ven ressaltadas en los casos de éxito que ya presentan otros países en donde se han impuesto una serie de recomendaciones y en otros casos una serie de normas que sugieren el uso de techos verdes. Francia es un pionero en esto, pues en el 2013 fue aprobada una ley en Nantes que obliga a que las nuevas estructuras cuenten con un techo cubierto parcialmente con cobertura vegetal. Uno de sus edificios con el uso de techos verdes se evidencia en la Figura 7. (Helechos SAS, 2015)

**Figura 14:**

*Caso de éxito de un techo verde en la ciudad de París*



**Nota:** Ejemplo de un techo verde en la ciudad de Paris, Francia. Tomado de: Construir TV. (2016). Por ley, francia obligará a construir techos verdes. Argentina. <https://www.construirtv.com/por-ley-francia-obligara-a-construir-techos-verdes/>

## **BENEFICIOS DE LOS TECHOS VERDES EN EL SECTOR HOTELERO**

La literatura muestra varios casos de éxito en la implementación de techos verdes, en donde el principal objetivo es hacer estructuras sostenibles que brinden un equilibrio con la parte ambiental y económica. De esta forma usan los beneficios ambientales para también obtener un ahorro en los gastos, esto se enmarca no solo en sector hotelero, sino en diferentes edificios ya sean privados o públicos. A continuación, se muestran proyectos y casos de éxito internacionales en la implementación de techos verdes.

### **◆ China**

En China se describen las áreas verdes sobre techos, como un sistema de captación de aprovechamiento de aguas lluvia integrados, que permite recaudar de manera eficiente el agua para poderla usar en otros procesos, en donde normalmente se dirige a un tanque purificador de agua, para asegurar que esté totalmente limpia y apta para el uso. El sistema da como características principales, la reducción de agua que va al sistema de alcantarillado, aprovechamiento de agua lluvia y proveer un aislamiento térmico al edificio.

En este caso se mezclan dos tipos de estructura, la verde y la azul. Se usan para obtener aguas lluvias y luego ser tratadas mediante una serie de capas filtrantes y un proceso de osmosis inversa, además se proporciona un espacio dentro de la estructura para implementar una serie de espacios verdes, que brindan sostenibilidad y bienestar a los habitantes del edificio. Otro tema tratado es la especie de planta ideal para usar en China, sedum lineare, la cual puede resistir tanto altas como bajas temperaturas, es de fácil sostenimiento, requiere de una membrana pequeña, requisitos que son importantes durante la construcción de techos verdes, al ser factores de consideración para la viabilidad del proyecto. (Mojica, Cuellar, Mejia, & Medina, 2020)

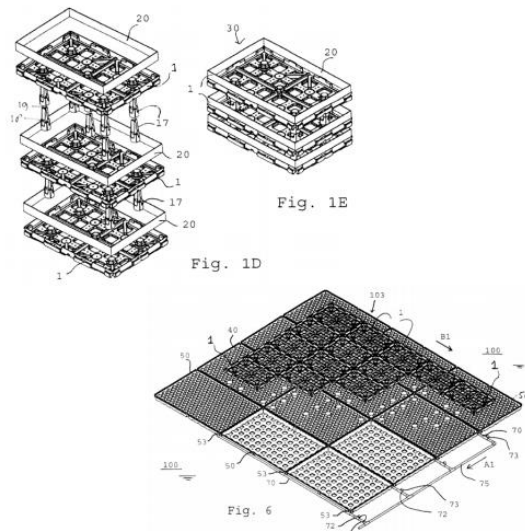
### **◆ Holanda**

Los techos verdes pueden ser contruidos de varias maneras según el tipo de estructura superior que posea el edificio, algunos cuentan con diferentes porcentajes en pendientes, pero otros son totalmente rectos, esta situación dificulta la instalación y mantenimiento de estructuras verdes en azoteas, por ello en Holanda innovaron en la utilización de paneles que generan inclinación, los cuales son de bajo costo y peso. Cuenta con tres bandejas, una en donde se ubican las plantas, la

segunda para amortiguar los cambios de lluvia y la última funciona como un sistema de drenaje, esto se puede observar en la Figura 8 (Mojica, Cuellar, Mejia, & Medina, 2020)

**Figura 16:**

*Tecnología de paneles en la implementación de techos verdes en terrenos planos*



**Nota:** Tomado de: Mojica, P., Cuellar, S., Mejia, J., & Medina, C. (2020). Infraestructura verde y azul. Bogotá: Industria y Comercio.

◆ **Alemania**

En Alemania desde la década de los 60's se empezaron a implementar techos verdes con el objetivo de proteger del calor los techos y aumentar su vida útil. Actualmente, aproximadamente el 10% de los edificios de este país cuentan con esta tecnología. Adicionalmente otro beneficio encontrado es el valor agregado que se le otorga a las edificaciones, pues los hoteles pueden aumentar un poco sus tarifas, aumentando los beneficios económicos y atrayendo a más huéspedes.

Según el gobierno alemán, los techos planos de los edificios en un 80% de los casos empiezan a presentar problemas y daños en la construcción aproximadamente en 5 años, pero al implementar techos verdes con una buena impermeabilización y ejecución, “la vida útil del techo es casi



interminable”, por lo que queda totalmente protegido de los rayos ultravioleta y daños mecánicos (Durán, 2014)

#### ◆ **Estados Unidos**

El proyecto Clean Rivers se desarrolla en Washinton D.C. y busca mediante estrategias como techos verdes, pavimentos permeables, eco-pavimentos y drenajes ecológicos, reducir la cantidad de agua fluyendo en los túneles de hormigón en donde el agua fluvial y residual comparten un mismo sistema de drenaje. Aseguran que esas tecnologías pueden ayudar a las ciudades a mitigar el cambio climático, reducir temperaturas, mejorar calidad del aire y brindar nuevos espacios para las personas que les gusta tener cerca espacios verdes, pero trabajan dentro de grandes ciudades. Estiman invertir 90 millones de dólares en el proyecto. (Hecotelhado, 2015)

Ciudades como Nueva York, San José y Filadelfia también poseen proyectos que aprovechan las infraestructuras verdes urbanas para mitigar y controlar los efectos de tratamiento de aguas lluvia y mejorar el sistema de alcantarillado y creando una estrategia para la reducción del cambio climático en las ciudades y en el mundo. (Hecotelhado, 2015)

Por otro lado, Estados Unidos tiene un proyecto de implementación de techos verdes a varios conjuntos de edificios, con el fin de usarlos como una estrategia de recolección de aguas lluvias, las cuales serán recolectadas y filtradas mediante techos con vegetación y toda el agua se usará para las instalaciones sanitarias, además ayudará a aumentar el confort visual de sus dueños y visitantes. El proyecto tiene como objetivo una certificación LEED en la categoría de Oro y una de sus estrategias es el uso de terrazas verdes. (Villa, 2010).

Un artículo desarrollado por la National Geographic, muestra diferentes casos en donde los techos verdes son usados como estrategia de aislamiento térmico, uso recreacional, mezcla con paneles solares y desarrollo de huertas. Entre los ejemplos encontramos: El Ayuntamiento de Chicago, el museo Bundeskunsthalle en Alemania, en una casa en Londres del arquitecto Justin Bere, el Fairmont Waterfront Hotel en Vancouver ilustrado en la Figura 9, el centro comercial MAG y conjuntos de edificios en Alemania, el hospital de Basilea y La azotea del West Coast Building en Estados Unidos. (National Geographic, 2018).

**Figura 18:**

*El Fairmont Waterfront Hotel en Vancouver, Canadá*



*Nota:* Ejemplo de un techo verde ubicado en Vancouver, Canadá. Tomado de: National Geographic. (7 de Marzo de 2018). Fotografías de azoteas verdes. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/photography/2018/03/fotografias-de-azoteas-verdes?Image=01greenroof>

◆ **Colombia**

En la ciudad de Bogotá en el barrio Rosales se encuentra un edificio con jardines verticales, el cual posee alrededor de 115,000 plantas que cubren 3017m<sup>2</sup> de las paredes y el techo, para ello construyeron un sistema de riego muy complejo con 42 sectores, que dosifican según las condiciones de humedad y radiación solar. Por otra parte, cuenta con una planta de tratamiento que recicla el agua de zonas grises del edificio. Otro caso de éxito en Colombia se encuentra en la ciudad Tuluá, en donde implementaron techos verdes en la cárcel, con el fin de regular la temperatura interna (Tropical Commons, 2018).

Una empresa llamada Groncol, tiene el 50% de los proyectos de jardines y techos verdes en Colombia, llegaron en el 2009 al darse cuenta que no existía ninguna empresa especializada y desde entonces han realizado grandes proyectos, incluido el jardín verde más grande de Latino América. Uno de estos es:

- ◆ 80 once: Complejo de apartamentos que contiene 4 techos verdes a diferentes alturas y con diferentes tipos que incluyen áreas de pasto, jardines verticales, jardines con vegetación arbustiva y áreas de permanencia en pisos prefabricados.
- ◆ Clínica Santa Fe: Contiene tres tipos de estructuras verdes, en el primer piso hay un complejo de plantas, en el sótano un oasis lleno de Yarumos y jardines colgantes que se encuentran en las habitaciones
- ◆ Edificio inteligente EPM: En donde se realizó un proceso de renovación y se usaron las terrazas antiguas para convertirlas en techos verdes

Otros de los proyectos exitosos de la empresa son: en el centro comercial Fontanar en la ciudad de Bogotá, Clínica los Cobos en Bogotá, Fundación Cardiovascular de Colombia, edificio de ingeniería de la universidad Javeriana, Centro empresarial Colina Exteriores, PTAR de Bello, Hotel B3 en Bogotá, entre otros. (GRONCOL, 2021)

Existen varias estructuras en Colombia que poseen techos verdes, sin embargo, existen muy pocos estudios específicos sobre estos, poco a poco nuevas empresas se dedican exclusivamente al diseño e implementación en las diferentes edificaciones, pero no hay un recuento de estas zonas en las ciudades. La mayor parte de la información se encuentra en repositorios de otros países pioneros que poseen documentos con los beneficios dados por los techos verdes y muestran varios ejemplos de grandes superficies cubiertas con cobertura vegetal tanto en los techos como en las paredes.

### **3.1 Casos de éxito en hoteles**

Un caso de éxito sucede en el Biohotel Organic Suites, el cual cuenta con una terraza verde, que se usa con el fin de recolectar agua lluvia, que posteriormente es utilizada para el abastecimiento de algunas necesidades del hotel, como los son sanitarios, actividades de riego y aseo. Gracias a esto se genera un ahorro y un uso eficiente del agua, teniendo además otros beneficios por el uso de tecnologías verdes. (Solorza, Saenz, & Hurtado, 2016).

Un hotel en Canadá utiliza 2048 pies<sup>2</sup> de superficies verdes para la siembra de vegetales y hortalizas que se usan en la preparación de los alimentos para los huéspedes, suministrando todas las hierbas y disminuyendo costos en la compra de alimentos, el ahorro es de aproximadamente entre 11000 y 13500 libras anuales y en el primer año se recupera el total de la inversión de la plantación. (Ibañez, 2008)

Tokio una de las ciudades más eco-amigables del mundo, ya cuenta con leyes que hacen obligatorio el uso de tejados verdes en los edificios, por lo que uno de sus hoteles más importantes “Hotel imperial” ya cuenta con ellos. Es un hotel 5 estrellas ubicado cerca de varios centros turísticos y posee todas las comodidades que busquen sus huéspedes, como piscinas, restaurantes y bares de salón. (Energía Limpia XXI, 2015).

En el Salvador un hotel sostenible Árbol de Fuego, tiene implementado techos verdes como una herramienta de disminución de calor dentro de sus instalaciones, reducir el ruido, purificación de aire y atracción de mariposas y pájaros. Cuentan por otra parte con paneles solares, paredes verdes, jardines ecológicos, biojardineras y realizan procesos de compostaje. (Árbol de fuego-Eco Hotel, 2021)

Hotel Hacienda Santuario, se encuentra ubicado en México, es un atractivo turístico dentro de la ciudad donde se encuentra ubicada, ya que poseen en sus techos jardines en donde cultivan su propia comida, entre ellos están cultivos de: tomates, cilantro, nopales, calabacín, cebolla, fresas, melones e incluso una amplia variedad de Flores y hierbas, volviendo un espacio vacío en un proyecto de impacto, práctico y atractivo para los turistas. (Travel LATAM, 2019)

Un concurso desarrollado en Argentina que premia las ideas innovadoras de los hoteles, otorgo el primer puesto a la propuesta “Techos verdes para una vida más verde”. Esta consiste en implementar techos verdes para ser usados como huertas, aprovechar espacios que normalmente no son utilizados, pero se paga por su espacio, además tendría como fin, realizar procesos de compostaje para crear un círculo en la cadena, teniendo en cuenta que los platos del menú del hotel estarían hechos con la comida cultivada en el techo del hotel. (Hotelga, 2019)

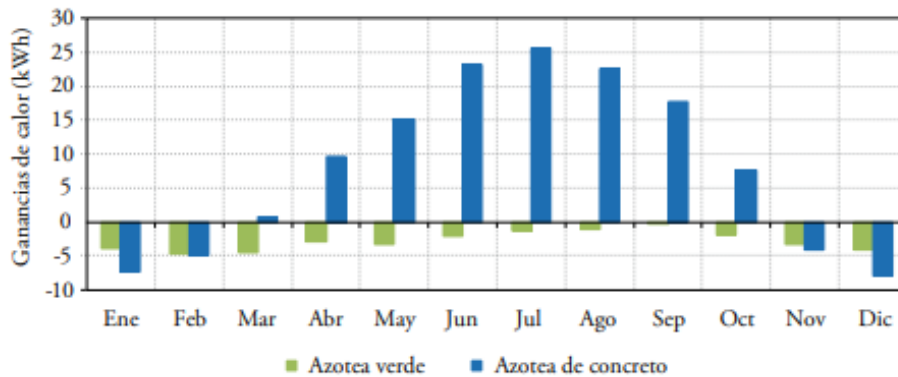
Otro beneficio al que le apuntan a nivel internacional es la aislación térmica, para ello, se realizó un estudio en un sector hotelero en Sonora, México para demostrar la viabilidad del proyecto en esa región. Se tuvieron en cuenta varios factores para hacerlos más sostenibles y durante la

investigación se demostró que la mayoría de lugares contaban con sistemas de aire acondicionado, el cual representa un costo de energía que podría reducirse al usar cubiertas con vegetación.

Para la demostración se usaron una serie de simulaciones en computador en donde los resultados mostraron que el uso de techos verdes puede reducir hasta 5 °C en el interior de las superficies, comparado con uno de asfalto convencional (Murillo, Avíles, & Alcívar, 2017). Varios estudios demuestran esta misma teoría en donde las superficies con cobertura vegetal redujeron hasta 4.22 °C en horas del día, en esta investigación se implementa de manera real en pequeñas superficies, para concluir que la vegetación ayuda a controlar la variabilidad térmica dentro y fuera de las edificaciones, como lo muestra la Figura 10 y 11. (Tovar, 2018). Estos mismos autores creen que puede usarse como estrategia para atraer más turistas, ya que es nuevo en el mercado y en algunos casos puede usarse como un mini bosque o una nueva atracción turística.

**Figura 20:**

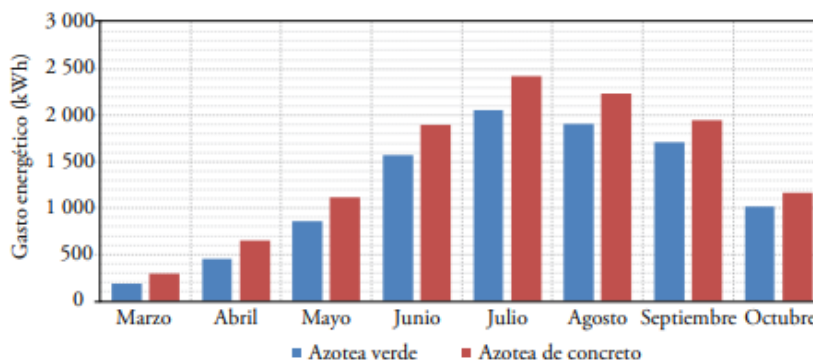
*Ganancia de calor presentado por una azotea verdes vs una azotea convencional de asfalto*



**Nota:** Gráfica del calor que se presenta en un techo verde comparado con un techo convencional de asfalto Tomado de: Murillo, M., Avíles, T., & Alcívar, R. (2017). Modelo de Gestión Operativa y Financiera: Techos Verdes para Hostelerías Cantón Salinas. Ciencias ecológicas, 84-103.

**Figura 21:**

*Consumo de energía en temporada de verano del sistema de aire acondicionado con techos verdes vs sin techos verdes*



**Nota:** Gráfica del consumo de energía que se presenta en un hotel en temporada de verano de un techo verde en comparado con un techo convencional de asfalto. Tomado de: Murillo, M., Avíles, T., & Alcívar, R. (2017). Modelo de Gestión Operativa y Financiera: Techos Verdes para Hosterías Cantón Salinas. Ciencias ecológicas, 84-103.

Además de los beneficios económicos presentados, es importante validar el interés de las partes interesadas del proyecto. Una encuesta de aprobación del mismo proyecto de Sonora, afirma que los turistas están interesados en ir a lugares con características de sostenibilidad y acercamiento a la naturaleza, de igual forma los dueños de hoteles estarían dispuestos a implementar este tipo de tecnología, teniendo en cuenta que estos tienen una TIR del 35% o 39%, siendo muy viable para la construcción de los mismos. (Murillo, Avíles, & Alcívar, 2017)

**Tabla 2:**

*Resultado de la encuesta realizada a los turistas en la región de Salinas, Guayaquil sobre si estaría dispuesto a hospedarse en una estructura con techo verde*

<b>Sí</b>	<b>353</b>
<b>No</b>	<b>23</b>
<b>Total</b>	<b>376</b>

**Nota:** Encuesta realizada a los turistas de la región de Salinas sobre la disposición en hospedarse en un lugar que contenga techos verdes Tomado de: Murillo, M., Avíles, T., & Alcívar, R. (2017). Modelo de Gestión Operativa y Financiera: Techos Verdes para Hosterías Cantón Salinas. Ciencias ecológicas, 84-103.

**Tabla 3:**

*Resultado de la encuesta realizada a los dueños de hoteles en la región de Salinas, Guayaquil sobre si estaría dispuesto a invertir en techos verdes.*

<b>Si</b>	<b>12</b>
<b>No</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>12</b>

**Nota:** Resultado de la encuesta realizada en la región de Salinas sobre la disposición de los dueños de los hoteles a utilizar techos verdes. Tomado de: Murillo, M., Avíles, T., & Alcívar, R. (2017). Modelo de Gestión Operativa y Financiera: Techos Verdes para Hosterías Cantón Salinas. Ciencias ecológicas, 84-103.

Además, el Instituto Tecnológico Hotelero afirma que el 90% de los turistas elige un hotel con características de sostenibilidad y un 34% estaría dispuesto a pagar un poco más si se cuentan con alguna tecnología verde. Algunas de las acciones que pueden implementar son: el uso de aguas de escorrentía recolectadas por los techos verdes, aumentar el confort térmico al interior de las

edificaciones, crear espacios de confort para los residentes, aumentar el valor agregado de la propiedad, entre otros. (Giobellina, 2020).

### **3.2 Beneficios directos en el sector hotelero**

Según los casos de éxito, los hoteles pueden tomar partida de varios de ellos, sin embargo, es necesario determinar cuales le afectan directamente y cuáles pueden ser las principales razones para que este sector utilice esta herramienta como un método de ayuda al ambiente, pero también resulte beneficiado directamente de alguna manera. Por este motivo se tienen en cuenta principalmente los beneficios económicos que resultan ser más atractivos, fáciles de visualizar y evaluar.

Según lo mencionado anteriormente, se enlistan los beneficios económicos encontrados en la literatura:

#### ***a. Promoción de agricultura urbana***

Desarrollo de espacios de siembra de hortalizas para tener una parte de alimentación autosustentable, en donde puedan usarlas ya sea para elaboración de los menús de los huéspedes o para la alimentación de sus empleados. Otra estrategia que pueden usar es invitar a los visitantes a ayudar en el proceso de cultivo o ellos mismos elegir algunas de las hortalizas que se usarán en sus platos. Hay que tener en cuenta el tipo de techo verde que se va a elegir, ya que se requiere de un mayor espacio y cuidado en un techo de tipo semi-intensivo. Sin embargo, trae una economía circular al poder usar residuos como compost que servirá de alimento para los nuevos cultivos y estos serán servidos en la mesa de los turistas y disponibles en el menú del hotel. Un beneficio adicional que trae es el interés turístico que va a proporcionar, el cual atraería nuevo público y generaría más interés en la mayoría de los huéspedes por ser innovador y tener un sentido sostenible.

#### ***b. Ahorro de gastos operacionales***

Todos los hoteles necesitan agua para su operación, ya sea para uso de los huéspedes como duchas, baños y piscinas, como el lavado de pisos platos, sabanas, etc. Una forma de reducir el gasto económico por el consumo de agua es usar el agua lluvia como una forma de recolección de



recurso. Con ayuda de los techos verdes esto se puede realizar de manera eficiente, como se describe anteriormente.

#### *c. Alargamiento de vida útil de los techos*

Como se evidencio en la literatura puede ayudar a el mantenimiento de los techos, evitando costos de reparación, esto sería viable para hoteles que tengan una amplia superficie que no es usada para otro tipo de actividades y requiere de menos mantenimiento ya que se puede usar un techo de tipo extensivo que requiere un bajo costo de mantenimiento si su implementación se realiza de manera correcta.

#### *d. Ahorro de energía*

La mayoría de los hoteles en el mundo usan el aire acondicionado para proporcionar confort a sus huéspedes, pero este genera un alto consumo energético y por lo tanto gastos en el pago de los mismos. Una reducción de la temperatura interna de las estructuras puede ayudar a mitigar el uso de los sistemas de aire acondicionado, teniendo en cuenta que las temperaturas de las ciudades fluctúan mucho por la gran densidad de población que genera islas de calor.

#### *e. Reduce el uso de redes de agua lluvia*

Cualquier tipo de alojamiento puede elegir de cual desea beneficiarse y a cuál desea apuntar según sus objetivos, estrategias de mercado y su alcance. Hay que tener en cuenta que existe un costo inicial de implementación, pero este dinero tiene una tasa de retorno que no se puede evaluar en esta investigación, pero que según la literatura y según el tipo de beneficio obtenido puede variar al igual que el costo de implementación. Cabe resaltar que a medida que pasa el tiempo la sostenibilidad está teniendo más aceptación y los objetivos del desarrollo sostenible apuntan al uso de la economía circular y uso de energías renovables.

### **3.3 Características de los hoteles**

Cada hotel según su objetivo posee una serie de servicios a ofrecer, hay que tener en cuenta que el dueño debe determinar las características que quiere tener, el tipo de hotel que quiere crear, el nivel de experiencias que quiera ofrecer. Según estas decisiones la cantidad y calidad de los servicios va a variar, sin embargo, hay unos requisitos mínimos que el usuario requiere por ser un hotel y

que necesita para satisfacer sus necesidades, el resto proporcionará una experiencia adicional que generará un mayor confort, ayudando a la reputación del hotel y mejorando el pensamiento de los usuarios acerca de él.

- ◆ La infraestructura proporciona una parte importante dentro de los hoteles, pues definen la cara que quieren mostrarle a los clientes, implica elementos de arquitectura, decoración y diseño, una parte que llama la atención y genera un ambiente diferente para cada uno de los hoteles. (Jáuregui & Evangelista, 2020).
- ◆ Dentro del equipamiento con el que debe contar el hotel son los servicios básicos para el usuario como: electricidad y agua, el uso de aires acondicionados para una buena climatización de las áreas y regulación de la temperatura (Gonçalves & Fraiz, 2013)
- ◆ Los alimentos y bebidas deben ser de calidad, con buenos horarios flexibles que permitan que el cliente pueda sentirse satisfecho incluyendo el balance en los precios, que no debe ser muy excesivo en relación con el tipo de servicio que está ofreciendo el hotel (Gonçalves & Fraiz, 2013)
- ◆ El reconocimiento es una ventaja de los hoteles diferenciadores, se da por las buenas calificaciones que brindan los clientes, principalmente por las páginas web, un elemento que hoy en día a cobrado bastante fuerza. Esto implica la atracción de nuevos clientes que quieren vivir esa experiencia única que ofrece el hotel, también se puede dar por características y experiencias que otros hoteles no posean y que generen un atractivo para los visitantes. (Jáuregui & Evangelista, 2020)

### 3. VIABILIDAD TECHOS VERDES EN BOGOTÁ

La alcaldía de la ciudad de Bogotá, ha establecido en su Plan de Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático para Bogotá 2018-2030 diferentes objetivos para enfrentar los problemas generados en las industrias y diferentes sectores que puedan ocasionar un daño ambiental, dentro de los que se encuentran *“Impulsar a Bogotá como una ciudad sostenible, eficiente y baja en carbono.... Implica, adoptar nuevas prácticas en el ciclo de vida de las edificaciones, de diseño, construcción y procesos de operación que reduzcan el mantenimiento, disminuyan el consumo energético, promueva la energía renovable y reduzca al máximo las emisiones y residuos”*. Lo que quiere decir que existe un amplio compromiso y una visión en disminuir el cambio climático atacándolo desde acciones concretas dentro de la capital.

Por otra parte, en el acuerdo 386 del 2009 se dictan ciertos objetivos en donde se busca implementar, promover y estimular tecnologías para la creación de techos verdes en Bogotá, con el fin de mejorar a nivel ambiental, ecológico, paisajístico y urbano, teniendo en cuenta estructuras públicas y privadas, además de exigir que el jardín botánico brinde el acompañamiento en el estudio técnico para la implementación. (Palacios, 2014). Todo esto aplicable entonces a el sector hotelero de la ciudad.

En un estudio realizado para determinar los beneficios que aportarían a la ciudad los techos verdes, afirma varios puntos favorables. El primero es que con cifras y el coste de implementación se determina que hay un ahorro por la obtención de agua y disminución de la escorrentía; Otro punto a resaltar es el aumento del costo de la propiedad, pues incrementa en un 4.12%, además aumenta la vida útil del techo, genera espacios de recreación pasiva. Por lo que concluyen que genera una externalidad positiva del 60%. (Diaz, 2019)

La Secretaría Distrital de Ambiente adopta la política pública de ecourbanismo y construcción sostenible según el Decreto 566 de 2014, en donde se busca orientar a la ciudad a tener edificaciones que vayan de la mano con el desarrollo sostenible y que tengan características de eficiencia en el ahorro de agua, energía y tengan construcciones verdes. Dentro de sus objetivos esta que el 100% de los edificios nuevos usen al menos una estrategia de sostenibilidad y aumentar en un 25% las áreas verdes mediante techos o paredes verdes. (Secretaría de Ambiente, 2017)

#### **4.1 Requerimientos mínimos de implementación**

Los hoteles ya construidos inicialmente deben hacer una evaluación a estructura de sus edificios para definir si es posible implementar alguno de los sistemas de techos verdes, que fin se le puede otorgar según la carga que soporte y con ese análisis elegir la mejor tecnología, ya que existen varias con diferentes sistemas de drenaje y tipos de inclinación de los tejados.

##### ***A. Integridad del inmueble***

Según la guía de techos verdes de Bogotá, los estudios previos que se deben realizar son:

- ◆ Capacidad estructural del techo del inmueble
- ◆ Capacidad estructural del inmueble
- ◆ Cargas vivas o cargas muertas del techo verde en estado saturado
- ◆ Prevención de incendios

Todo esto con el fin de prever el peso que el inmueble va a tener adicional teniendo en cuenta parámetros como peso de todos los componentes y el incremento que se puede dar por la acumulación de agua y el sustrato. Un profesional debe evaluar el inmueble con una visita presencial y en caso de requerirlo deberá hacer ensayos estructurales y otros estudios para avalar la viabilidad del proyecto teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma de sismos NRS10. Con referencia al control de incendios se evalúa teniendo en cuenta que los materiales que se usen no debes ser de tipo combustible y en caso de tener algún material inflamable en el techo debe estar lejos de cualquier fuente que pueda ocasionar un incendio, en caso de que la vegetación sea suficientemente grande para generar un incendio con materiales naturales se aconseja crear barreras de fuego cada 40 metros lineales.

##### ***B. Funcionalidad con el inmueble***

Calcular la red necesaria de drenaje de aguas lluvia, así como la red de distribución de agua o red de riego si es necesario para que el funcionamiento sea correcto, además los corredores de tránsito deben existir para el referente mantenimiento y equipos.

Una vez realizado el estudio de viabilidad existen una serie de requerimientos específicos que se deben realizar para una correcta implementación, la guía es muy específica y trata temas estructurales que ya van de acuerdo al año de construcción, destino del edificio, uso, etc. Cada hotel tiene condiciones diferentes que en caso de querer implementar techos verdes deben ponerse

a consideración y gracias al programa creado por la Alcaldía de Bogotá, el Jardín Botánico ayuda a la evaluación, recomendación e implementación de cualquier sistema verde por lo que a nivel técnico la mejor opción es usar este mecanismo de ayuda.

Por otro lado, el hotel debe escoger la finalidad del uso de estos techos verdes, puede hacerlo por interés ambiental o incluir temas de sostenibilidad que ayuden a disminuir problemáticas que afectan a la ciudad, pero cabe resaltar que si se ofrece una tecnología que también sea viable económicamente los gerentes lo verán como una opción más viable, y ya que en el país no existe ningún incentivo económico al implementar tecnologías verdes, es necesario mostrar los beneficios económicos que implican los techos con vegetación, sin dejar atrás los demás beneficios que otorga a la ciudad y a toda la población en general.

#### **4.2 Ahorro de gastos operacionales**

Para que un Hotel en la ciudad de Bogotá pueda beneficiarse de la reducción de gastos en el ahorro de agua mediante los techos verdes se hace necesario también la implementación de infraestructuras azules con el fin de captar el agua lluvia y ser filtrado por lo techos verdes para nivelar el pH.

Los sistemas azules están relacionados con una planificación y gestión adecuada del agua, con el fin de contrarrestar problemáticas ambientales y sociales. (Cortes, Magdaleno, & Molina, 2018). En este caso se crean una serie de drenajes puestos a lo largo del techo que drenan el líquido hasta una cisterna, en donde se almacena el agua para luego ser usada en actividades como sanitarios, riego de plantas, lavada de fachadas, etc. Un sistema similar mostrado en la Figura 12 (FAO, 2013).

Uno de los factores que afecta el agua lluvia es su acidificación que puede ocurrir por la presencia de emisiones importantes de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y de formación de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) en la atmosfera, por lo que se hace necesario la nivelación a un pH neutro para que pueda ser manipulado sin tener ningún tipo de repercusión. (IDEAM, 2019) Esto se puede realizar mediante el uso de techos verdes que posean un sustrato que filtre los Nitratos y Sulfatos presentes en la lluvia ácida, principalmente gracias al sustrato que poseen más que por el tipo de vegetación según estudios realizados por (Castaño P. , 2014).

**Figura 23:**

*Sistema de captación de aguas lluvias en los techos de las edificaciones*



**Nota:** Diseño de un sistema de captación de aguas lluvias en los techos de las edificaciones Tomado de: Ginna, G., & Gámez, P. (2014). Evaluación y pre diseño de techos verdes para la reutilización de aguas lluvias en la umng: una perspectiva desde la universidad saludable. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Sería viable para un hotel la implementación de todo este sistema, si la ciudad cuenta con repetidos episodios de lluvia ácida, por lo que sea pueda ver limitada el uso de esta agua para las actividades destinadas, por el contrario, no sería necesario implementar techos verdes para la recuperación de aguas lluvia, pues esta puede realizarse sin necesidad de la presencia de plantas o vegetación. En el caso de Bogotá según el IDEAM “*existe una mayor preponderancia de lluvia con carácter ácido. Por otro lado, parece existir una notoria relación entre el régimen de precipitación para la ciudad y los valores más bajos de pH, que se presentan en los meses más lluviosos (abril-mayo y octubre-noviembre) lo que lleva a determinar que gran parte de los óxidos de azufre y nitrógeno*

*son lavados constantemente durante las precipitaciones, disminuyendo así el pH*". Lo que afirma que se presentan constantes episodios de este fenómeno.

El sistema debe estar bien estructurado en cuanto a la inclinación usada, puesto que si esta no es la suficiente las plantas van a retener el líquido evitando que este caiga a los sistemas de drenaje destinados. Ya que otro de los beneficios que ofrecen los techos verdes es el control de escorrentías reteniendo un gran porcentaje de agua en la vegetación y en el sustrato, normalmente esto ocurre en sistemas con poca o nula inclinación del techo. (Castaño P. , 2014).

Por otra parte, si se implementan los techos verdes únicamente como regulador de pH podría no ser del todo económicamente viable, ya que este requiere de la instalación de varios objetos inertes para su funcionamiento y realmente el beneficio se estaría obteniendo de la recolección de aguas lluvia como tal. Se podrían usar otros métodos de regulación de pH, si es que este es bastante ácido para requerirlo.

### **4.3 Agricultura Urbana**

La agricultura en techos requiere de un área de plantación y circulación de personas para la siempre y recolección de los alimentos, además requiere de cubiertas más resistentes para soportar todo el sistema y evitar el desgaste del techo, un sistema de riego que generalmente se hace por goteo y por medio de la recirculación de aguas lluvia para el ahorro de agua y tecnologías que faciliten la manipulación de las plantas y facilite su cuidado.

Normalmente este tipo de huertas genera una serie de alimentación orgánica en donde no se utiliza ningún tipo de químico para su sostenimiento, su tamaño puede variar según el soporte de la estructura en cuanto al peso o al alcance que se tenga de recolección y siembra, en este caso no es necesario tener una inclinación en el techo muy elevada, ya que se pueden implementar por medio de sistemas menos sofisticados usando materas y hasta botellas de PET. (Ávala & Salgado, 2012)

Una de las formas de implementación de huertos en los techos de las edificaciones es usando un sistema hidropónico, en donde las plantas son instaladas en recipientes que están rellenos del sustrato necesario y el sistema de riego pasa a través de las raíces para evitar desperdicio de agua, una ventaja de estos sistemas es que no tienen un peso muy elevado, por lo que es una gran alternativa en edificios ya construidos y que tengan una limitación de peso. Por otra parte, esto permite el control del pH y limita la exposición de pérdida de nutrientes por la lluvia.

Es el más idóneo ya que se usan en ausencia de tierra y mediante la dosificación de nutrientes y agua se pueden cultivar hortalizas de excelente calidad y solución nutritiva, es una tecnología que permite optimizar los recursos en donde se obtiene una mayor producción en un espacio más reducido, no se requieren máquinas para su cosecha, no se requieren cantidades de fertilizantes, hay un ahorro de agua, no se ven limitados por factores meteorológicos y no requiere de un constante mantenimiento. (Beltrano & Gimenez, 2015).

El cálculo del costo-beneficio de los sistemas hidropónicos y huertas en los techos de los hoteles es muy relativo, depende del espacio destinado, cantidad de plantas, tipo y tamaño de plantas, entre otros. Sin embargo, un estudio de cálculos de costos y retorno de inversión afirma que pueden tenerse ganancias y recuperar el dinero invertido, es decir, que para un hotel es rentable usar este método de techos verdes. Por un lado, para garantizar una parte de la alimentación y por otro se puede usar como una estrategia de atracción de los turistas y personas que busquen una alimentación orgánica o les guste vivir una vida sostenible.

Durante el estudio mencionado, se consideran variables de costos como: plantas, nutrientes en solución, agua, energía, trabajadores, técnico agrícola, tubos de PVC, bomba de almacenamiento, estructura techada, tanque de almacenamiento, filtros, imprevistos, etc. En este caso solo se toma una referencia de planta que es la lechuga, la cual brinda 8 cosechas al año, al final el análisis económico arroja que se recupera la inversión en un año y se tienen ganancias de 3 a 4 veces lo invertido, cabe resaltar que las condiciones de cada lugar pueden variar, pero el estudio es un indicio de la factibilidad del proyecto. (Martínez, 2013)

### **3.4 Ahorro de energía**

Los estudios respaldan considerablemente la eficiencia de ahorro de energía en los techos que tenga vegetación debido a la capacidad reflectiva de estos por los rayos de sol, uso para procesos fotosintéticos y retención de la humedad. Las temperaturas al interior de los edificios pueden disminuir de acuerdo al clima de la ciudad. Aproximadamente se puede reducir unos 6°C en otros casos llegar a una disminución de 11°C. (Alchapar, Érica, & Cánton, 2018).

Bogotá cuenta con una temperatura promedio de 14°C es un clima moderadamente frío, por otro lado, cuenta con días en que la sensación térmica es de 24°C o incluso más. Gracias a los fenómenos de la niña y el niño, la ciudad posee varios altibajos de temperatura por lo que los cambios repentinos de temperatura se dan muy seguido a lo largo del año, independientemente de



las épocas de lluvia y sequía que normalmente se han presentado a lo largo de los años (Alcaldía de Bogotá, 2019).

El cambio de temperaturas a lo largo del día puede afectar el confort de las personas tanto dentro de las edificaciones como en la parte externa, pero cuando se habla de prestar un servicio las personas buscan tener un 100% de comodidad al pagar por ello, muchas veces esto puede determinar la toma de una decisión de entrar a un lugar o quedarse en él. Aunque Bogotá cuente con un clima relativamente frío la mayoría de los hoteles ofrecen el servicio de aire acondicionado para nivelar las diferentes temperaturas presentes a lo largo del día, ya que es la mejor alternativa de ventilar los lugares, sin tener corrientes de aire muy fuertes, malos olores o entrada de ruido, como sucede al usar ventilación natural mediante la apertura de ventanas, además es más difícil regular de manera constante la temperatura que se quiere tener. (López & Camilo, 2019).

Se realizó una búsqueda por el buscador Google para determinar qué cantidad de hoteles en Bogotá usan u ofrecen el servicio de aire acondicionado, en donde se encontraron los siguientes resultados en diferentes páginas que ofrecen filtros para la elección de los hoteles

- ◆ Expedia: más de 100 hoteles usan el servicio de aire acondicionado
- ◆ Let'sbookhotel: tiene 76 resultados de hoteles con aire acondicionado
- ◆ Hotelmix: Se encuentran 226 resultados de hoteles con aire acondicionado en la habitación

Dentro de estas páginas se encontraron hoteles con diferentes rangos de precio, calificaciones, servicios y locaciones dentro de la ciudad, lo que demuestra que si se usa este tipo de tecnología para regular las temperaturas al interior de los hoteles.

El uso de techos verdes como lo dice la literatura puede disminuir temperaturas internas, regulando el clima, evitando que los clientes usen el aire acondicionado y reduzcan de esta forma su consumo. Recuperando la inversión realizada en la implementación de techos verdes. En este caso se recomienda el uso del tipo de techo que soporte la estructura y que el hotel quiera usar, no hay una regla específica y por consiguiente se puede usar un techo extensivo o intensivo, de uso recreacional o de huerta.

Un mal aislamiento es lo que produce diferentes sensaciones térmicas dentro de un edificio, debido a que no se tienen datos específicos de gastos en el uso de aire acondicionado en hoteles, se hará una analogía con un estudio realizado para determinar el ahorro energético que se tiene al usar

techos verdes en la ciudad de Atenas (tabla 4), es importante resaltar que en el estudio especifican que esto varía según el tipo de edificio, condiciones climáticas y uso de algún tipo de aislamiento térmico, por lo que cada caso va a ser diferente y se recomienda realizar un análisis para cada uno de los hoteles.

**Tabla 4:**

*Resultado de la encuesta realizada a los turistas en la región de Salinas, Guayaquil sobre si estaría dispuesto a hospedarse en una estructura con techo verde*

Tipo de cubierta	Transmitancia térmica sin cubierta verde (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitancia térmica con cubierta verde (W/m <sup>2</sup> K)	Porcentaje de ahorro energético anual para calefacción, en %	Porcentaje de ahorro energético anual para refrigeración, en %	Total ahorro energético anual
Aislamiento alto	0.26–0.4	0.24–0.34	8–9%	0	2%
Aislamiento medio	0.74–0.80	0.55–0.59	13%	0–4%	3–7%
No aislada	7.76–18.18	1.73–1.99	45–46%	22–45%	31–44%

**Nota:** Resultado de la encuesta realizada a los turistas en la región de Salinas, Guayaquil sobre si estaría dispuesto a hospedarse en una estructura con techo verde Tomado de: Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería. (2015). Optimizando el potencial de techos verdes para la rehabilitación energética de edificios: interacción entre sustratos reciclados, propiedades hídricas y eficiencia energética. Andalucía: Universidad de Cordoba.

Como se observa en la tabla 4 la reducción del porcentaje de uso de calefacción al usar techos verdes sin ningún tipo de aislamiento es considerablemente alta, lo que puede ser viable en disminución de costos, teniendo en cuenta que al inicio se requiere hacer una inversión inicial, pero con el tiempo la tasa de retorno puede ser beneficiosa para el hotel y le otorga un reconocimiento que puede atraer más clientes o aumentar el valor de su inmueble.

#### **4.5 Alargamiento de vida útil de los techos**

Según el tipo de material de los techos de una construcción puede variar su vida útil, los de asfalto pueden durar 20-25 años, de madera de 20 a 30 años, metal de 40 a 50 años, por ello depende mucho el tiempo en que deba renovarse o tener una reparación. (Renew financial, 2018) Normalmente esto ocurre por un desgaste natural generado principalmente por los rayos UV, tamaño del granizo, frecuencia de ocurrencia y velocidad.

Muchos de los artículos relacionados con techos verdes afirman que su implementación alarga la vida útil de los techos y los protege de los daños causados por las condiciones meteorológicas del lugar. Sin embargo, no se registra el motivo principal o no se encontraron estudios recientes que afirmen esta teoría. Por lo que es posible que, si funciona con el fin mencionado, pero no se puede determinar exactamente la viabilidad. En conjunto con otras ventajas puede usarse y aprovechar todas para lograr un edificio sostenible y más eficaz.

#### 4. CONCLUSIONES

Los techos verdes son herramientas que se adaptan muy bien al concepto del desarrollo sostenible, pues integra puntos de los tres pilares, en donde se puede obtener un beneficio económico, ambiental y social. Además, tiene una variedad de funciones que pueden impactar positivamente en las organizaciones y en cualquier lugar donde se implante.

Los hoteles pueden tomar la alternativa de usar techos verdes en vez de convencionales para beneficiarse económicamente, al reducir costos de operación diariamente. Cada hotel es libre de elegir el uso específico que le quiere dar, pero el sistema siempre va a proveer otros beneficios que vienen implícitos con la implementación.

En Bogotá, es factible la implementación de techos verdes en hoteles, sin embargo, es necesario revisar las condiciones estructurales de los edificios ya construidos y en los nuevos tener en cuenta el tipo de techo que se quiere usar dentro de los diseños, ya que es una parte fundamental para no tener riesgos a futuro por el peso que estos generan.

Por otra parte, si la estructura lo permite, es factible implementarlos ya que traen consigo una serie de beneficios que pueden aumentar incluso la cantidad de personas asistentes, reducir gastos económicos y generar un sistema más integrado y más sostenible. Que de forma indirecta está ayudando al ambiente, reduciendo contaminación atmosférica, islas de calor, creando lugares de esparcimiento, entre otros.

La literatura muestra que existen diferentes tipos de terrazas verdes, pero cualquiera de estos proporciona diferentes usos y beneficios. Teniendo en cuenta los tres pilares del desarrollo sostenible, económico, social y ambiental, se determinaron para cada categoría una serie de funciones que se clasificaron en estos mismos. A nivel ambiental se encontraron los siguientes: mejora la calidad del agua, mejoramiento de la calidad del agua, reducción de la contaminación atmosférica, reducción efectos de isla de calor, reducción de la contaminación auditiva, aumento de la biodiversidad, reducción del cambio climático; A nivel económico los siguientes: promoción de agricultura urbana, ahorro de gastos operacionales, alargamiento de la vida útil de los techos, ahorro de energía, reduce el tratamiento de aguas residuales, reduce el uso de redes de agua lluvia y a nivel social: embellecimiento del espacio público, generación de nuevos espacios de

recreación, accesibilidad de agua, disminuye la posibilidad de inundaciones, estado emocional de la población.

Se encuentran unos casos de éxito de implementación de techos verdes en hoteles internacionales y nacionales, gracias a esto se identificaron los beneficios que trae el sector que principalmente son los económicos: promoción de la agricultura, ahorro de gastos operacionales, alargamiento de vida útil de los techos, ahorro de energía y reducción del uso de redes de lluvia. Algunos de estos reducen significativamente gastos de los hoteles y de manera indirecta también ayudan a los demás pilares del desarrollo sostenible, el ambiental y el social. Por otra parte, puede atraer a más usuarios al uso de hoteles con estas tecnologías.

Por último, para el caso específico de la ciudad de Bogotá conviene la implementación en tres casos específicos: agricultura urbana, en donde se pueden obtener alimentos para el uso en hoteles, considerando que las condiciones climáticas limitan la producción de algunos alimentos o plantas ornamentales; ahorro de energía, que aplica para hoteles que usen aire acondicionado en su establecimiento y ahorro de gastos operacionales, que acompañado de un sistema de recolección de aguas lluvia puede usarse para diferentes tareas dentro de los hoteles. Los demás beneficios no representan un ahorro muy notorio, además deben evaluarse las condiciones estructurales de los edificios en los que se quiera aplicar esta tecnología.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería. (2015). *Optimizando el potencial de techos verdes para la rehabilitación energética de edificios: interacción entre sustratos reciclados, propiedades hídricas y eficiencia energética*. Andalucía: Universidad de Córdoba.
- Alcaldía de Bogotá. (2019). *El Clima de Bogotá*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/encuentra-informacion-actualizada-sobre-el-clima-de-la-ciudad-de-bogota#:~:text=Bogot%C3%A1%20se%20caracteriza%20por%20tener,hasta%20los%2023%C2%BAC%20o%20m%C3%a1s>.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). *Guía de Techos Verdes de Bogotá*. Bogotá: Secretaria distrital de ambiente.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). *Guía práctica techos verdes y jardines verticales*. Bogotá.
- Alchapar, L., Érica, C., & Cánton, A. (2018). *¿Techos reflectivos o verdes? Influencia sobre el microclima en ciudades de zonas áridas. Mendoza, argentina*. Mendoza: Centro Científico Tecnológico (Conicet), sede Mendoza.
- Alpuche, M., Moreno, H., Ochoa, J., & Marincic, I. (2010). *Análisis térmico de viviendas económicas en México utilizando techos verdes*. México: Universidad Sonora.
- Andía, J. (2019). *Techos Verdes y sus beneficios*. Lima, Perú: Universidad Científica del Sur.
- Árbol de fuego-Eco Hotel. (2021). *Ecoworks*. Obtenido de <https://arboldefuego.com/mapa.html>
- Ávala, D., & Salgado, F. (2012). *Plan de acción para la inclusión de la agricultura urbana en techos verdes*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en Hidroponía*. Argentina: Universidad de la Plata.
- Bioguia. (2016). *Techos verdes: una alternativa que suma adherentes*. Obtenido de <https://www.bioguia.com/>
- Carbajal, J., Rodríguez, A., Avila, L., Rodríguez, A., & Hernández, H. (2017). Captura de carbono por una fachada vegetada. *Acta Universitaria*, 55-61.

- Castaño, C. (2013). *Los Pilares del Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Castaño, P. (2014). *Techos verdes y sistemas de procesamiento de agua lluvia*. Argentina: UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA.
- Conelly, M., & Murray, H. (2013). Experimental Investigation of the sound transmission of vegetables roofs. *Science Direct*, 1136-1143.
- Construir TV. (2016). *Por ley, francia obligará a construir techos verdes*. Argentina. <https://www.construirtv.com/por-ley-francia-obligara-a-construir-techos-verdes/>
- Cortes, C., & Devia, C. (2012). Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables. Estudio de caso en el barrio La Isla altos de Cazuca en Soacha, Cundinamarca. *Ambiente y Desarrollo*, 21-35.
- Cortes, F., Magdaleno, F., & Molina, B. (2018). Infraestructuras verdes y azules: estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. *Ingenieria Civil*, 105-112.
- Cortés, K. (2019). *Análisis del comportamiento térmico, beneficios, costos, de dos tipos de techos verdes en sistema modular, en Poza Rica, veracruz*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Diaz, C. (2019). *Valoración Económica de Techos Verdes en Bogotá*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Durán, J. (2014). *Evaluación y pre-diseño de cubiertas verdes para la reutilización de aguas lluvias en la universidad militar nueva granada: una perspectiva desde universidad saludable*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Energía Limpia XXI. (3 de Agosto de 2015). *Techos verdes y paneles solares en hotel de Tokio arquitectura verde*. Obtenido de <https://energialimpiaparatodos.com/2015/08/03/7578/>
- Eucid group toxement. (2018). *Guia Básica para la instación de un techo vegetal*. Tocancipa.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Chile: organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.

- La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación . (2020). *El desarrollo sostenible*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x5600s/x5600s05.htm>
- Galindo, J., & José, B. (2015). *Integración de la sostenibilidad a la enseñanza de la arquitectura para mitigar el cambio climático, ejemplo: aplicación de techos verdes en la colonia La Paz, Puebla, Pue.* Puebla: Universidad Popular Autónoma de Puebla.
- Ginna, G., & Gámez, P. (2014). *Evaluación y pre diseño de techos verdes para la reutilización de aguas lluvias en la umng: una perspectiva desde la universidad saludable*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Giobellina, B. (2020). *Los techos verdes como innovación para la sustentabilidad en vivienda, ciudad y territorio*. Cordoba: Universidad Nacional de Cordoba.
- Gonçalves, J., & Fraiz, J. (2013). Calidad de la experiencia en los hoteles termales de galicia, españa. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 493-525.
- GRONCOL. (2021). *Proyectos de techos verdes*. Obtenido de <http://groncol.com/proyectos/>
- Gullo, L., & Zangone, S. (2012). *Techos Verdes para el Metrobus*. Buenos Aires: FADU/UBA .
- Hecotelhado. (2015). *Ciudades se enfrentan al cambio climático*. Bogotá: Arquitectura Sostenible, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, Techos verdes 0.
- Helechos SAS. (2015). *Francia declara que nuevos proyectos deben tener techos verdes*. Bogotá: Ecotelhado.
- Hotelga. (2019). *Ganadores y distinguidos del concurso hoteles más verdes*. Obtenido de <https://hotelga.com.ar/sitio-2019/ganadores-y-distinguidos-del-concurso-hoteles-mas-verdes/>
- Ibañez, R. (2008). Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible para descubrir en Colombia. *Revista de arquitectura*, 21-32.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). *Problema de la lluvia ácida*. Bogotá: Gobierno de Colombia.



- Instituto Distrital de Turismo. (2018). *Estudio: Censo de establecimientos de alojamiento y hospedaje 2018*. Bogotá: Alcaldía de Bogotá.  
<http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/default/files/Censo-2018.pdf>
- Iñigo, A. (2017). *La cubierta verde como mejora del comportamiento energético en Alicante*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Jarif, J. (2019). *Techos verdes y sus beneficios*. Lima, Perú: Facultad de ciencias ambientales carrera profesional de ingeniería ambiental.
- Jáuregui, D., & Evangelista, Y. (2020). *Influencia de las características de servicio de infraestructura en el reconocimiento internacional de hoteles boutique*. Lima: universidad peruana de ciencias aplicadas.
- López, L., & Camilo, M. J. (2019). *Diseño de un sistema de climatización aplicando la norma faiar de calidad de aire interior para el edificio de acaire en bogotá d.c*. Bogotá: Universidad de America.
- López, N. (2020). Almacenamiento de Agua de lluvia en Medios Urbanos Utilizando Techos Verdes. *Ciencia de la Vida*, 54-71.
- López, Nelson; Barreto, Wilmer; Mendez, Néstor. (2015). Techos verdes como solución al problema de inundaciones en medios urbanos. *Gaceta Técnica*, 9-12.
- Martínez, P. (2013). *Aeroponía como metodo de cultivo sostenible, rentable, e incluyente en Bogotá*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Mojica, P., Cuellar, S., Mejia, J., & Medina, C. (2020). *Infraestructura verde y azul*. Bogotá: Industria y Comercio.
- Mosquera, J. F., & Solano, L. N. (2018). *Diseño de modelo para techos verdes en dirección a la compensación de dióxido de carbono (co2), generado por los vehículos particulares que visitan la zona rosa de bogotá*. Bogotá: Universidad Libre.
- Murgul, V., & Pasetti, M. (2018). *International Scientific Conference energy Management of Municipal Facilites and Sustainable Energy Technologies EMMFT* . Brescia, Italia: Moscow State University of Civil.



- Siemens. (14 de Septiembre de 2011). *Techos verdes: sostenibilidad aplicada a la construcción*. Obtenido de Ciudades del Futuro: <https://ciudadesdelfuturo.es/techos-verdes-sostenibilidad-aplicada-a-la-construccion.php>
- Sierra, C., Bedoya, E., Meza, M., & Sierra, D. (2017). Gestión para la sostenibilidad ambiental, sociocultura, económica en el sector hotelero: Revisión bibliográfica. *Estudios interdisciplinarios en ciencias sociales*, 475-495.
- Solorza, C., Saenz, D., & Hurtado, E. (2016). Prácticas ambientales para hoteles ecológicos en Bogotá. *Estudiantes facultad de ciencias económicas.*, 99-111.
- Tovar, E. (2018). *Evaluación del desempeño de los techos verdes como aislantes térmicos para edificaciones*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Travel LATAM. (21 de Agosto de 2019). *Hotel Hacienda el Santuario celebra 10 años de sostenibilidad*. Obtenido de <https://es.travel2latam.com/nota/55891-hotel-hacienda-el-santuario-celebra-10-anos-de-sostenibilidad>
- Velázquez, J., & Vargas, E. (2014). Ecoinnovación en turismo: una aproximación al estado de la cuestión. *Gestión y Ambiente*, 191-207.
- Viecco, M., Vera, S., & Jorquera, H. (2019). *Configuraciones de techos y muros verdes en edificaciones para disminuir la contaminación atmosférica urbana*. Cartagena de Indias: Universidad Pontificia Bolivariana y Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Villa, F. (2010). *Construcciones verdes*. California: Alarife.
- Zinco. (2021). *INTENSIVOS*. Obtenido de <https://www.zinco-greenroof.cl/sistema/intensivos>