

INFRAESTRUCTURA VEGETADA

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

GUÍA PRÁCTICA



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
AMBIENTE





**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

SECRETARÍA DE AMBIENTE

Alcaldesa Mayor de Bogotá
Claudia Nayibe López Hernández

Secretaria Distrital de Ambiente
Carolina Urrutia Vásquez

Director de Gestión Ambiental
Diego Francisco Rubio Goyes

Subdirector de Ecurbanismo y Gestión Ambiental Empresarial
Alejandro Gómez Cubillos

Diagramación
Juan Sebastián Forero Mogollón
María Adela Delgado Reyes

Apoyo técnico y contenido
Grupo Ecurbanismo / Secretaría Distrital de Ambiente

Revisión y corrección de estilo
Natalia Sánchez Ocampo
Diana Carolina Mora
José Fernando Cuello

Diagramación Portada / Foto Portada
Juan Sebastian Forero Mogollón

Colaboradores:
Carolina Quiroga Santamaría - Directora Ejecutiva RECIVE.
Empresas Colaboradoras: Arquitectura Más Verde, Groncol, Helecho Ecotelhado, Vertin Vertical.

Agradecimiento especial por su participación:
Arquitectura Más Verde, Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público (DADEP), Groncol, Helecho Ecotelhado, Red Colombiana de Infraestructura Vegetada-RECIVE.

Bogotá - Colombia
2021

INTRODUCCIÓN

Techos verdes y jardines verticales

GUÍA PRÁCTICA

Las ciudades son el mayor medio ambiente transformado que existe. Estas consumen cerca del 75% de los recursos naturales del mundo, y entre el 60% y 80% de la energía global se destina a estos emplazamientos. Además, son responsables del 75% de las emisiones de CO₂. En esta dinámica urbana, la industria de la construcción se constituye como uno de los ejes más importantes para el desarrollo de la economía del país y se configura como uno de los sectores productivos que generan mayor impacto ambiental en el mundo.

Considerando el impacto que producen los procesos constructivos en el mundo moderno por los procesos constructivos, los países desarrollados y en vía de desarrollo han venido adoptando diferentes acciones e instrumentos orientados a reducir la huella ambiental del urbanismo y la construcción en sus ciudades, enfocando su ordenamiento territorial en un urbanismo sostenible. Esto con el objetivo de construir ciudades equilibradas entre el medio ambiente, la sociedad y la economía.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Secretaría Distrital de Ambiente, desde el año 2009 (Acuerdo 418 de 2009), ha venido promoviendo la adopción de tecnologías arquitectónicas sustentables como medida de adaptación y mitigación al cambio climático. Por eso, y con el objetivo de divulgar este sistema constructivo sostenible e innovador, implementó 1.314 m² de techos o terrazas verdes y 120 m² de jardín vertical en su sede administrativa.

Adicionalmente, ha promovido la implementación y el mantenimiento de los techos verdes y jardines verticales de la ciudad, mediante procesos de divulgación, capacitación y acompañamiento técnico gratuito. Es importante indicar que la construcción de cada proyecto está a cargo de su promotor o propietario. Esta información es reportada en el Observatorio Ambiental de Bogotá.

La implementación de techos verdes y jardines verticales contribuye a crear una correcta conexión con la Estructura Ecológica Principal y los servicios ecosistémicos que esta brinda, en beneficio de la calidad de vida de los habitantes de Bogotá.

La guía comprende 2 partes fundamentales:

El primer capítulo corresponde a los techos verdes - llamados también cubiertas ajardinadas o verdes y techos vivos -, sus beneficios, tipologías, clasificación de las tecnologías que se encuentran en el mercado para su implementación y mantenimiento y especies recomendadas.

En el segundo capítulo encontrará lo relacionado con los jardines verticales, también llamados fachadas vivas, fachadas verdes, muros vivos o muros verdes, todas las características técnicas que se mencionan en el capítulo de los techos verdes y los lineamientos recomendados para la implementación de estos.

Las guías de techos verdes y jardines verticales que se han desarrollado para el Distrito Capital, mediante la Resolución 6423 de 2011, "por medio de la cual se adopta la Guía Técnica de Techos Verdes" y que fue modificada parcialmente por la Resolución 1570 de 2014 con la inclusión del tema de jardines verticales, presentan tres actualizaciones cuya información se ha venido ajustando de acuerdo con las necesidades constructivas y de implementación evidentes en los últimos años y con referencias del mercado y del gremio constructor, para una adecuada ejecución de proyectos y edificaciones.

La presente guía, sin distinción alguna del tipo de sistema de infraestructura vegetada (techos verdes o jardines verticales), a implementar en el Distrito Capital, establece los lineamientos y recomendaciones necesarias a tener en cuenta en los proyectos en etapa de diseño y operación, en espacio público y privado, brindando el acompañamiento técnico necesario para el adecuado funcionamiento de este tipo de tecnologías ambientales.

INFRAESTRUCTURA VEGETADA

DEFINICIÓN

1

La falta de espacios verdes en las grandes ciudades acarrea problemas relacionados con la pérdida de biodiversidad y oportunidades para la captura y el almacenamiento de CO₂, así como con el aumento de impermeabilidad, temperatura y demanda energética. Para evitar esto, desde la Secretaría Distrital de Ambiente se fomenta la implementación de tecnologías ambientales que mitiguen sus efectos, y una de esas es la infraestructura vegetada.

Esta provee beneficios asociados a los servicios ecológicos y sociales provistos por los espacios verdes en las ciudades para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Infraestructura vegetada

En Bogotá, la infraestructura vegetada se ve integrada por varios sistemas, entre los que se destacan los techos verdes y los jardines verticales. Estos, a su vez, se convierten en un elemento de conectividad ambiental de la Estructura Ecológica Principal (EEP) y los Cerros Orientales, los humedales y los parques, con el fin de favorecer la biodiversidad, mejorar el paisaje urbano y regenerar el espacio público, aumentando el área verde urbana por habitante.

ALGUNOS COMPONENTES DE LA EEP

- Cerros Orientales
- Parques
- Corredores verdes
- Canales

EEP

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL

INFRAESTRUCTURA VEGETADA

La Estructura Ecológica Principal es el eje estructural del Ordenamiento Territorial de la ciudad, en tanto contiene un sistema espacial, estructural y funcionalmente interrelacionado que define corredores ambientales de sustentación, de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ecosistémico del territorio en el cual se consolida un conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables.

IMPORTANCIA DE LA EEP

- Sostiene y conduce los procesos ecológicos esenciales, garantizando la conectividad y la disponibilidad de servicios ambientales en todo el territorio.
- Eleva la calidad ambiental y equilibra la oferta ambiental a través del territorio en correspondencia con el poblamiento y la demanda.
- Promueve la apropiación sostenible y el disfrute público de la oferta ambiental por parte de la ciudadanía.



CERROS ORIENTALES

DISEÑO DE CIUDAD

INFRAESTRUCTURA VEGETADA:
Permite la conectividad con la Estructura Ecológica Principal (EEP)

HUMEDALES - SUDS
FUENTES HÍDRICAS

INFRAESTRUCTURA VEGETADA

BIODIVERSIDAD EN LAS CIUDADES SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En la adaptación basada en los ecosistemas se hace uso de los servicios de estos y de la diversidad biológica mediante una estrategia general de adaptación. Esta comprende la gestión sostenible, la conservación y restauración de los ecosistemas con miras a ofrecer servicios que ayudan de diferentes formas a los centros urbanos.

El Millennium Ecosystem Assessment, define a los servicios ecosistémicos como todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas.



BENEFICIOS

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

Cuando implementamos sistemas de techos verdes y jardines verticales en los proyectos urbanos, encontramos una serie de beneficios que resaltan la importancia económica, ambiental, arquitectónica y social de estos. Se debe tener en cuenta que por la ubicación vertical u horizontal de la superficie vegetal, los beneficios pueden ser diferentes entre unos y otros.

Para lograr un clima urbano más saludable, probablemente sería necesario ajardinar entre un 10 y un 20% de todas las superficies techadas de cada localidad en la ciudad, ya que un techo de césped sin podar tiene en promedio de 5 a 10 veces más de superficie de hojas que la misma área en un parque abierto.



BENEFICIOS

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

Para lograr un clima urbano más saludable, probablemente sería necesario ajardinar entre un 10 y 20% todas las superficies techadas de cada localidad en la ciudad, ya que un techo de césped sin podar tiene en promedio de 5 a 10 veces más de superficie de hojas que la misma área en un parque abierto.

- AMBIENTALES
- ECONÓMICOS
- SOCIALES

1

- Retienen el agua lluvia
- Permiten aprovechar residuos orgánicos e inorgánicos
- Mitigan el efecto Isla de Calor
- Retienen dióxido de carbono y material particulado
- Generan conectividad con la Estructura Ecológica Principal
- Aumentan el área verde para la promoción de la biodiversidad

2

- Aumentan la valorización del predio
- Generan un ahorro en el consumo de agua, al integrarse con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia
- Mantienen la comodidad térmica y acústica en el interior de las edificaciones, lo que al tiempo evita la implementación de calefactores
- Es una estrategia incluida dentro del reconocimiento distrital "Bogotá Construcción Sostenible", programa de reconocimiento ambiental a edificaciones sostenibles Res. 3654/2014 [Link: http://ambientebogota.gov.co/construccion-sostenible](http://ambientebogota.gov.co/construccion-sostenible)

3

- Mejoran el paisaje urbano
- Aumentan el área verde por habitante en las ciudades
- Son Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)
- Brindan sensación de bienestar
- Generan un espacio de intercambio social
- Mejoran la calidad de vida de los habitantes de la ciudad

BENEFICIOS

DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES



Reducción del efecto Isla de Calor Urbana

Factores como la sobrepoblación, la contaminación, la alta densidad urbana, el tipo de materiales utilizados y la falta de zonas verdes incrementan más la temperatura del aire en el territorio urbano que en las zonas rurales o naturales.



Reducción de contaminación acústica

Las ciudades y su constante crecimiento generan significativos aumentos en niveles acústicos, lo que puede ocasionar estrés en sus habitantes. De este modo, los techos verdes y los jardines verticales se convierten en una barrera natural que mitiga la contaminación acústica de las ciudades, al absorber el ruido y evitar el efecto de reverberación. Adicionalmente, disminuyen el ruido en el interior de las edificaciones porque se convierten en aislantes naturales.



Mejora del confort térmico para la edificación

Las edificaciones cuentan con diversos materiales y tecnologías constructivas que proporcionan los niveles de tratamiento térmico requeridos. Los techos verdes y los jardines verticales proporcionan aislamiento térmico en espacios interiores. En climas cálidos permiten ahorro energético por reducción de uso de aparatos enfriadores, y en climas fríos actúan como masa térmica disminuyendo la amplitud de temperatura y creando confort en el interior.

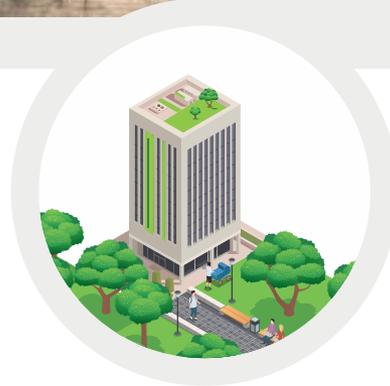
BENEFICIOS

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES



Disminución de material particulado en suspensión del aire

Factores como la quema de combustibles fósiles por actividades de tráfico e industria, incendios forestales, residuos urbanos, entre otros, generan gran cantidad de material particulado que se propaga por toda la ciudad. El material vegetal que se implementa en los techos verdes o jardines verticales ayuda a la deposición y eliminación de contaminantes aerotransportados y actúa como sumidero de carbono y otros contaminantes, por lo que permite tener un aire más limpio.



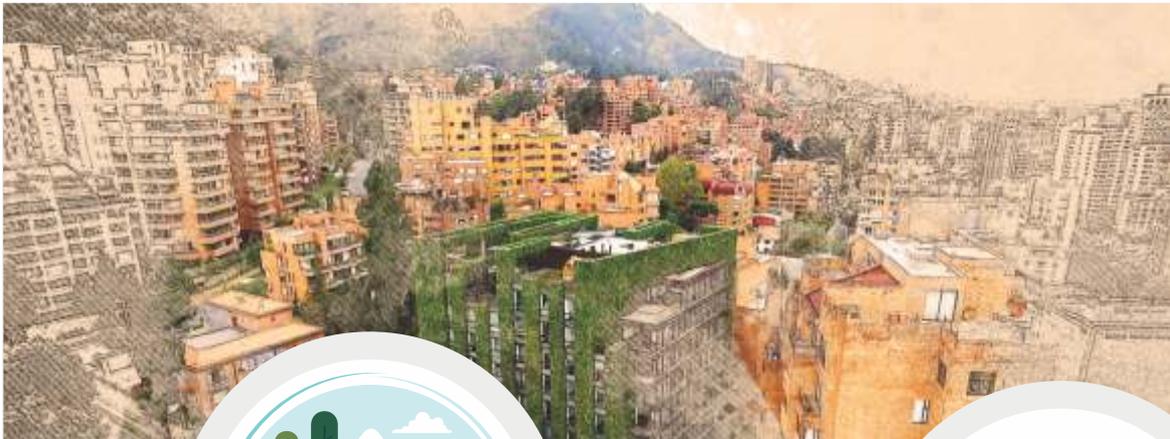
Aumento de espacios verdes por habitante

La OMS (2016) recomienda 15 m² de espacio verde por habitante. La media internacional es 10 m² por habitante. Los techos verdes y jardines verticales pueden compensar parte de las áreas verdes perdidas en la construcción de edificios y crear espacios que mejoren la calidad de vida de sus habitantes.



Renovación Urbana - Intervención de ciudad

Las zonas urbanas, con el paso del tiempo y el constante desarrollo de la ciudad, demandarán mejoras significativas que proporcionen a sus habitantes espacios seguros, de interacción y ocio. Estos espacios requieren intervención del paisaje. Una forma de intervenir en la renovación de ciudad es implementar jardines verticales en fachadas, culatas, muros de edificaciones y espacio público. No solo tendremos aporte paisajístico sino zonas verdes para el disfrute de sus habitantes.



BENEFICIOS

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES



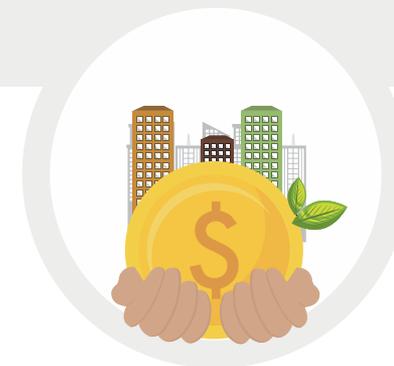
Recuperación de los ciclos naturales del agua

En las áreas naturales, durante los episodios de lluvias, hay espacios donde el agua se retiene o infiltra, liberándose paulatinamente. Por el contrario, las ciudades endurecen las áreas naturales y rompen los ciclos naturales de retención e infiltración del agua. Este tipo de tecnologías ambientales retiene en buena medida el agua que generan las precipitaciones, dependiendo del sistema de techo verde o jardín vertical utilizado, y regula la cantidad de agua que llega al alcantarillado.



Recuperación de la biodiversidad en zonas urbanas

Algunas especies de aves e insectos pueden encontrar zonas de aprovechamiento, ocupación o descanso en su recorrido por la ciudad y, de esta manera, mejorar sus diferentes servicios ecosistémicos. Los techos verdes y jardines verticales son espacios ideales para contribuir a la conservación de especies vegetales, ornitócoras y melíferas, y algunas amenazadas, como las abejas.



Incremento de valorización de proyectos urbanos

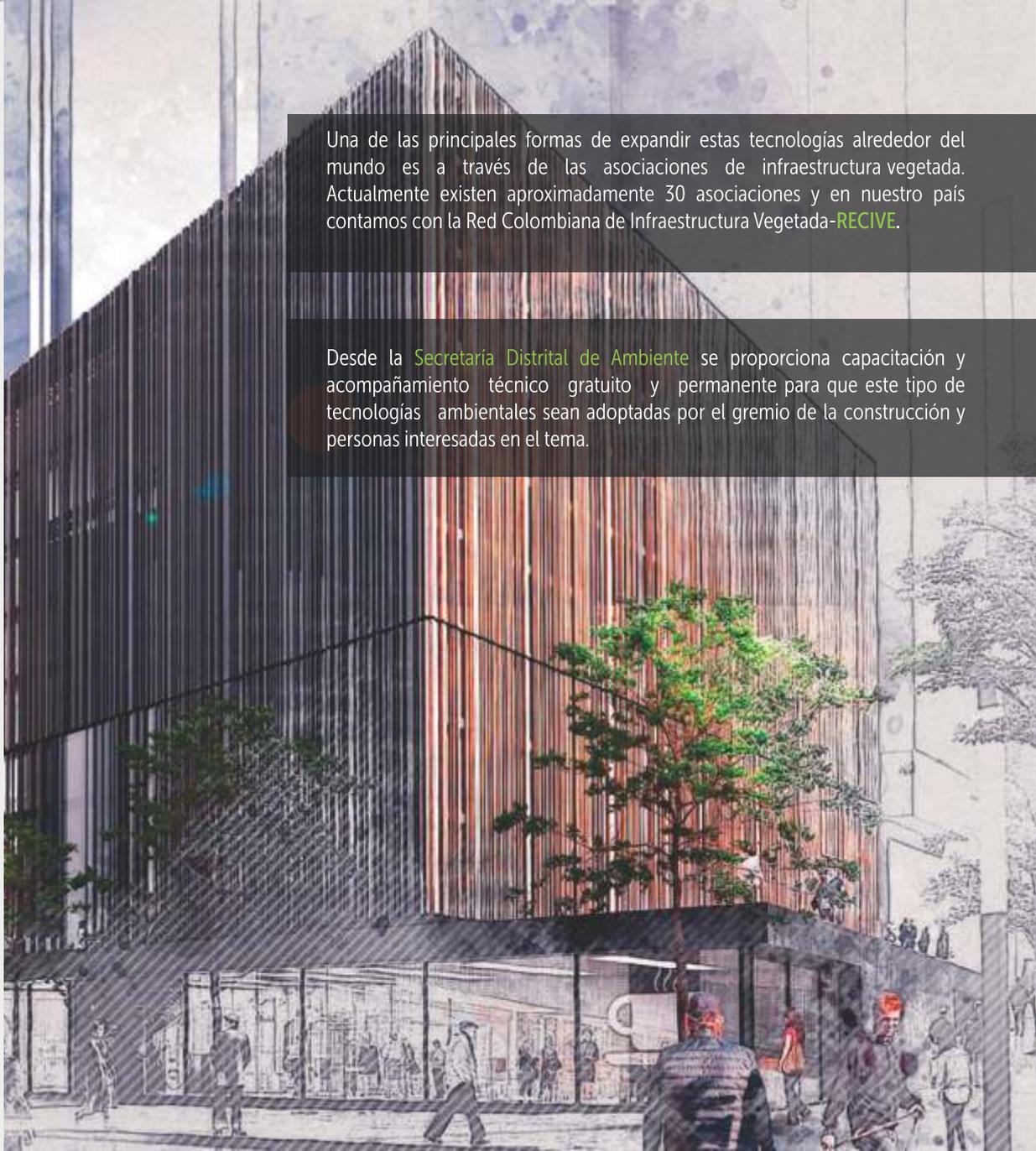
Los diferentes proyectos urbanos pueden incorporar alternativas de infraestructura vegetada que aporten un mayor valor comercial a la edificación. Estas edificaciones pueden enmarcarse bajo criterios de sostenibilidad ambiental y aporte paisajístico. La recuperación de los techos y fachadas es una forma de incorporar nuevas actividades y características a los inmuebles, mejorar la percepción de sus habitantes respecto a ellos y favorecer su valorización.

LA TECNOLOGÍA

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

La mayoría de techos verdes y jardines verticales funcionan mediante un sistema de capas. En los últimos años, los avances en materiales y tecnologías constructivas han generado un desarrollo que optimiza su tiempo de instalación, rendimiento y garantía. Estas se encuentran actualmente en el mercado y varían según la necesidad de cada proyecto y el presupuesto con el que se cuente para su ejecución.

Imagen. Fuente ERU
[http://200.69.119.86:81/archivos/contenidos/imagenes/ckeditor/images/CINEMATECA%2018%20DE%20JULIO-02\(4\).jpg](http://200.69.119.86:81/archivos/contenidos/imagenes/ckeditor/images/CINEMATECA%2018%20DE%20JULIO-02(4).jpg)

An architectural rendering of a modern building with a vertical garden facade. The building's exterior is composed of numerous thin, vertical, metallic-looking panels that create a textured, grid-like appearance. Several trees of varying sizes are integrated into the facade, growing from the building's structure. The building is situated in an urban environment, with a street scene visible at the bottom showing pedestrians and a storefront with large glass windows. The sky is a light, hazy blue.

Una de las principales formas de expandir estas tecnologías alrededor del mundo es a través de las asociaciones de infraestructura vegetada. Actualmente existen aproximadamente 30 asociaciones y en nuestro país contamos con la Red Colombiana de Infraestructura Vegetada-**RECIVE**.

Desde la **Secretaría Distrital de Ambiente** se proporciona capacitación y acompañamiento técnico gratuito y permanente para que este tipo de tecnologías ambientales sean adoptadas por el gremio de la construcción y personas interesadas en el tema.

TECHOS VERDES

DEFINICIONES

1

Un techo verde es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de una edificación mediante una adecuada integración entre el inmueble intervenido, la vegetación escogida, el medio de crecimiento diseñado y los factores climáticos y ambientales.

2

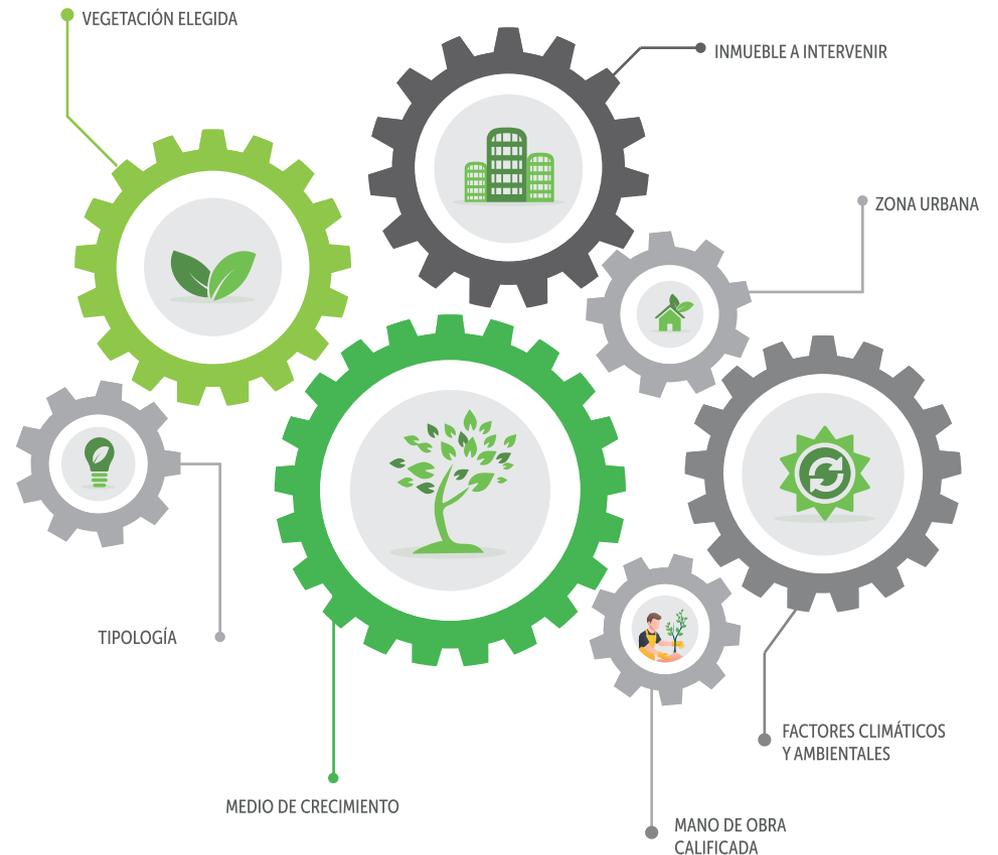
Los techos verdes, conocidos también como techos ecológicos, cubiertas verdes, sistemas de naturalización y azoteas verdes, son una nueva forma de incorporación de masa vegetal a la vida urbana, en aquellos espacios que han sido poco valorados como los envoltentes de las edificaciones.

REQUERIMIENTOS NECESARIOS

TECHOS VERDES

- INMUEBLE A INTERVENIR
- VEGETACIÓN ELEGIDA
- TIPOLOGÍA
- MEDIO DE CRECIMIENTO
- FACTORES CLIMÁTICOS Y AMBIENTALES
- MANO DE OBRA CALIFICADA
- ZONA URBANA

Un techo verde requiere de determinadas condiciones para convertirse en un sistema eficiente y que provea todos los beneficios mencionados anteriormente. A continuación se describe un diagrama interconectado que muestra el desarrollo correcto de la implementación de un sistema de techo verde.





Componentes activos

Son aquellos componentes que están expuestos a cambios fisicoquímicos constantes para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos son elementos vivos que soportan el desarrollo del sistema natural. Estos componentes son:

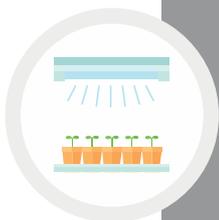
- Cobertura vegetal, que puede ser definida como la capa de vegetación natural o inducida que cubre determinada superficie terrestre.
- Medio de crecimiento, que es el sustrato que proporciona los nutrientes necesarios al sistema vegetal.



Componentes estables

Son aquellos componentes inertes del techo verde que deben mantener funciones determinadas a nivel fisicoquímico para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Estos son elementos fabricados que cumplen determinadas funciones:

- Membranas de impermeabilización
- Barreras antirraíces
- Barreras filtrantes
- Losetas
- Medios de drenaje
- Elementos del sistema de irrigación



Elementos auxiliares

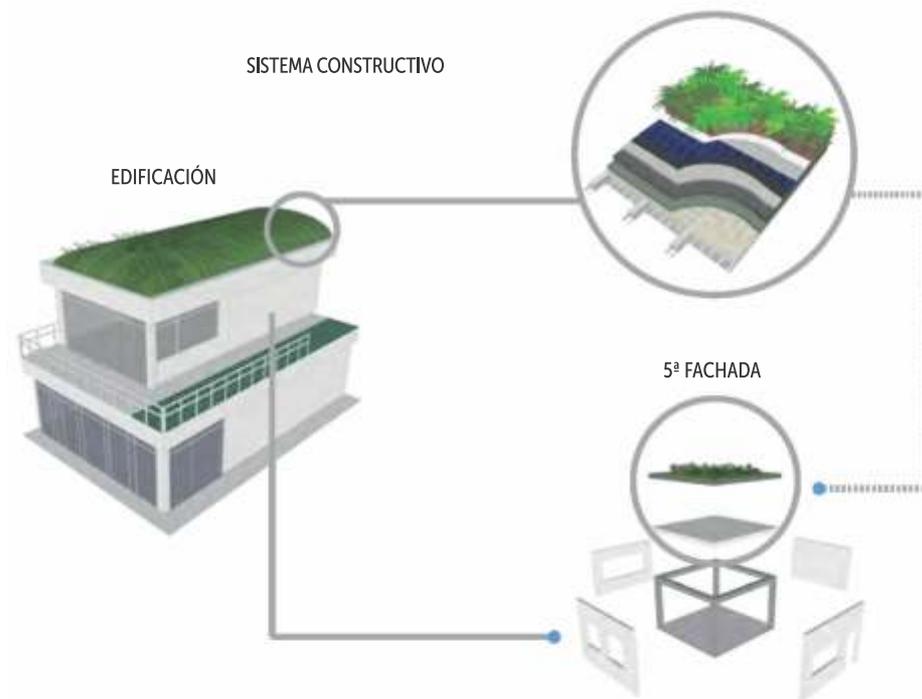
Son aquellos elementos cuyas modificaciones no afectan la estructura ni la estabilidad del sistema de techo verde ni la estructura del inmueble. Las funciones pueden ser:

- Separación
- Confinamiento
- Protección
- Evacuación de agua
- Tránsito
- Riego
- Iluminación
- Peso sobre la estructura
- Mantenimiento

COMPONENTES

TECHOS VERDES

Además de los requerimientos necesarios para la implementación de un techo verde se deben tener en cuenta una serie de componentes fundamentales para generar un sistema óptimo, esto, sin importar el tipo de tecnología aplicada.



COMPONENTES FUNCIONES

TECHOS VERDES

Se han desarrollado diferentes sistemas que intentan reproducir la naturaleza mediante un sistema constructivo multicapa, en el que cada capa incluida compensa una necesidad que tiene la planta y, en general, todo el conjunto.



1

CAPA VEGETAL. Constituye el ornamento del sistema y a su vez retiene el material particulado. Sirve de hábitat para la fauna.

2

SUSTRATO. Es responsable de aportar los nutrientes necesarios para el debido mantenimiento de la capa vegetal. Cada suelo requiere de especificaciones fisicoquímicas específicas.

3

MEMBRANA. Es una capa antirraíz utilizada con ciertos tipos de vegetación que protege tanto al manto impermeable como a la losa del techo.

4

PANEL DE IRRIGACIÓN Y RIEGO. Este elemento provee de agua al sustrato según las necesidades del techo verde y funciona como drenaje cuando se satura el sistema.

5

MANTO IMPERMEABLE. Protege a la losa de la 5ª fachada (techo) del agua y otros agentes químicos, evitando posible humedad y filtraciones que puedan afectarla.

6

LOSA DEL TECHO. Además de ser soporte estructural del sistema, contribuye al drenaje del agua.

<p>Requerimientos Operativos</p> <p>Función</p>	<p>PROPÓSITO</p> <p>Aspectos clave. Requisitos. Propiedades y unidades a considerar. Recomendaciones. Describe el desempeño que debe lograr la cubierta vegetada con relación a la función o característica descrita.</p>	<p>ASPECTOS CLAVE</p> <p>Resalta los factores de la cubierta vegetada que son determinantes para el cumplimiento de la función determinada.</p>	<p>REQUISITOS</p> <p>Se refiere a las prácticas requeridas que se deben cumplir y garantizar, independientemente del tipo de tecnología empleada.</p>	<p>PROPIEDADES Y UNIDADES A CONSIDERAR</p> <p>Enuncia las propiedades y unidades que deben ser tenidas en cuenta para el diseño, cálculo o planeación del techo verde con respecto a la función determinada.</p>
<p>1. ESTANQUEIDAD</p>	<p>Impedir la penetración de agua a la estructura de soporte del techo verde y garantizar que no existan filtraciones o deterioro causado por la humedad.</p>	<p>Capacidad de resistencia a la penetración de raíces.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento de puntos especiales (bajantes, parapetos, bordillos, juntas) entre otras. - Protección de la impermeabilización ante el daño mecánico. - Protección de la impermeabilización ante el deterioro causado por la radiación solar. 	<p>Garantía de 10 años sobre los materiales y componentes empleados para cumplir esta función</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garantizar mínimo 3 años sobre la calidad de la instalación y los componentes del sistema - Certificado de resistencia UV para sistemas de impermeabilización parcial o totalmente expuestos a la radiación solar directa 	<p>Espesor (mm)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Densidad (kg/m²) - Resistencia a la tracción (N/mm²) - Porcentaje de elongación antes de la rotura (%) - Resistencia al punzonamiento (lb) - Resistencia a la penetración de raíces - Resistencia a microorganismos - Resistencia a las variaciones de temperatura ambiental de Bogotá D. C.
<p>2. DRENAJE</p>	<p>Permitir el flujo de agua lluvia o de riego a través del sistema y conducirla de forma efectiva hacia los elementos de evacuación de la cubierta tales como bajantes, sumideros y canaletas. Mantener las condiciones aeróbicas del sustrato requeridas por la vegetación.</p>	<p>Permeabilidad de los componentes activos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volumen de aire - Capacidad de drenaje del sistema - Sistema de recolección y evacuación de agua lluvia del inmueble - Drenaje vertical a través del medio de crecimiento - Drenaje horizontal hacia los elementos de evacuación 	<p>Diseño y cálculo de ubicación y distribución de bajantes y canaletas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diseño y cálculo de pendientes requeridas. Cálculos de predimensionamiento del medio drenante contemplando climas extremos - No se deberá presentar estancamiento de agua sobre el techo verde 	<p>Porcentaje de volumen de vacío del medio drenante en condiciones reales (%)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de drenaje efectiva del medio drenante en condiciones reales (l/m²/seg) - Porcentaje máximo de limos y arcillas en el medio de crecimiento - Capacidad de drenaje efectiva del sistema de techo verde (l/m²/seg) - Permeabilidad del medio de crecimiento (cm/s) - Distribución granulométrica (mm) - Coeficiente de caudal (Kv)
<p>3. RETENCIÓN DE AGUA</p>	<p>Captar y almacenar la cantidad de agua necesaria en el sistema para garantizar la supervivencia e integridad de la cobertura vegetal en Bogotá D. C.</p>	<p>Capacidad de retención de agua de los componentes activos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de retención de agua de los componentes estables 	<p>La capacidad de retención de agua del medio de crecimiento deberá estar entre el 30% y el 60% del volumen del sustrato en estado de compactación.</p> <p>Solo podrá excederse el límite máximo en casos específicos de techos verdes ecológicos especializados que así lo requieran.</p> <p>Techos verdes autorregulados cuyo medio de crecimiento tenga una capacidad de retención de agua inferior al 40% del volumen del sustrato o las especies vegetales empleadas que así lo requieran, deberán incorporar un mecanismo de retención de agua adicional.</p>	<p>Capacidad de retención de agua del sustrato: porcentaje con respecto al volumen del sustrato compactado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de retención de agua del sustrato: l/m². - Capacidad de retención de agua del sistema: porcentaje de incremento de peso con respecto al peso del sistema en estado seco. - Peso del sistema en estado de saturación: kg/m² considerando la totalidad de los componentes en estado de saturación.

Tabla n°. 1 - Se describen con mayor claridad cada una de las funciones básicas del sistema de techos verdes

FUNCIONES BÁSICAS DEL SISTEMA

<p>Requerimientos Operativos</p> <p>Función</p>	<p>PROPÓSITO</p> <p>Aspectos clave. Requisitos. Propiedades y unidades a considerar. Recomendaciones. Describe el desempeño que debe lograr la cubierta vegetada con relación a la función o característica descrita.</p>	<p>ASPECTOS CLAVE</p> <p>Resalta los factores de la cubierta vegetada que son definitivos para el cumplimiento de la función determinada.</p>	<p>REQUISITOS</p> <p>Se refiere a las prácticas requeridas que se deben cumplir y garantizar, independientemente del tipo de tecnología empleada.</p>	<p>PROPIEDADES Y UNIDADES A CONSIDERAR</p> <p>Enuncia las propiedades y unidades que deben ser tenidas en cuenta para el diseño, cálculo o planeación del techo verde con respecto a la función determinada.</p>
<p>4. CONSISTENCIA</p>	<p>Garantizar la estabilidad formal y dimensional del sistema de techo verde y sus componentes o deterioro causado por la humedad.</p>	<p>Resistencia mecánica de los componentes estables ante los esfuerzos propios del uso designado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consistencia del medio de crecimiento - Unión y fijación de los componentes y piezas 	<p>Resistencia a fuerzas de compresión de acuerdo con el uso y tránsito de la cubierta. Debe considerarse una fuerza de compresión mínima de 0.9 kg/cm², para efectos de tránsito mínimo para mantenimiento.</p>	<p>Resistencia a la compresión: kg/cm²</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al esfuerzo de corte - Resistencia al esfuerzo de flexión - Resistencia al punzonamiento - Resistencia a la tensión - Resistencia al rasgado - Elongación (%)
<p>5. NUTRICIÓN</p>	<p>Proporcionar el equilibrio fisicoquímico y los nutrientes requeridos para mantener la cobertura vegetal viva y sana.</p>	<p>pH del medio de crecimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conductividad eléctrica del medio de crecimiento - Contenido de nutrientes mayores y menores - Contenido de materia orgánica del medio de crecimiento - Contenido de aire del medio de crecimiento 	<p>Diseño de mezcla del sustrato propuesto para satisfacer los requerimientos de las funciones respectivas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de curva granulométrica 	<p>Contenido de materia orgánica (%)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contenido de aire (%) - pH - Conductividad eléctrica (micro S/cm) - Contenido de nutrientes menores - Máximo contenido de finos (arcillas, porcentaje con relación a la masa total) - Máximo contenido de elementos extraños - Tamaño máximo de partículas
<p>6. FILTRACIÓN</p>	<p>Permitir el paso del agua a través del sistema restringiendo el paso de partículas finas.</p>	<p>Retención de partículas finas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filtración mecánica efectiva - Permeabilidad al agua 	<p>Continuidad de la función filtrante en toda el área de la cubierta incluyendo las zonas no vegetalizadas y elementos singulares.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filtración de partículas de menos de 2 mm de diámetro - Permitividad de al menos 2 s-1 - Tamaño de apertura aparente mínimo 0,25 mm - En caso de que el manto filtrante esté por encima de un punto de desagüe, la permitividad deberá aumentarse a un 30% - En ningún caso el peso por metro cuadrado del manto filtrante deberá ser inferior a 120 g - Resistencia química a microorganismos y a la humedad 	<p>Peso g/m</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apertura efectiva mm - Resistencia a la tracción kN/m² - Resistencia a la penetración N

Tabla n°. 2 - Se describen con mayor claridad cada una de las funciones básicas del sistema de Techos verdes

Techo verde extensivo



Techo verde intensivo



Techo verde semintensivo

Cabe resaltar que estas tipologías son las más usadas para los proyectos constructivos, sin embargo, existen otras que se implementan en edificaciones y que posteriormente están mencionadas en esta guía.

TIPOLOGÍAS

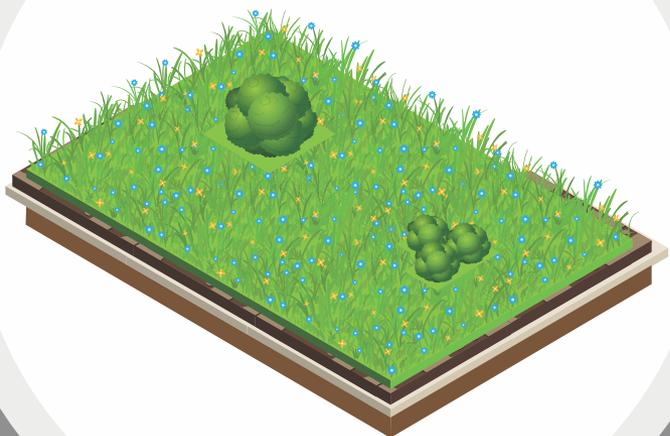
TECHOS VERDES

Existen varias tipologías de techos verdes a nivel mundial, las cuales han sido adoptadas en el Distrito Capital. Estas se diferencian por el espesor en el sustrato, el material vegetal utilizado en su implementación y la utilidad final que se le da al techo, ya sea con tráfico nulo, ligero o completo, según las actividades a realizar en la quinta fachada del proyecto.

TECHO VERDE EXTENSIVO

Esta tecnología se implementa con componentes ligeros, tanto material vegetal de peso moderado como sustratos con características que no aportan un alto espesor en su diseño.

Su mantenimiento es de bajo costo y no requiere un cuidado excesivo.



Mantenimiento / BAJO

PESO PROMEDIO

Entre 30 kg/m² y 220 kg/m²

Es una cubierta que requiere tener poco o nada de impacto, esto hace referencia a que tiene poca tolerancia al tráfico sobre su superficie.

Esta cubierta no permite generar senderos, colocar mobiliario o tránsito sobre su superficie.

MEJORA ENERGÉTICA



MEJORA DE LA CUBIERTA



MEJORA PAISAJÍSTICA



Material Vegetal Extensivo

Material vegetal compuesto de crasuláceas, suculentas y gramíneas (césped).

Sustrato

Compuesto por cerámica triturada, arena de sílice y subproductos vegetales, lo que confiere las características idóneas para un buen desarrollo vegetal.

Los techos verdes extensivos tienen un grosor de entre 4 y 15 cm y un peso de entre 30 y 220 kg/m²

TECHO VERDE INTENSIVO

Un techo verde intensivo requiere adecuaciones técnicas de tipo arquitectónico significativas, debido al gran peso que debe soportar la cubierta de la edificación. El material vegetal utilizado en este tipo de techos cuenta entre sus características con un peso considerable; es por esta razón que se requiere de un sustrato denso y de buen espesor para que las raíces queden bien arraigadas en el sistema constructivo.

El mantenimiento es de alto costo y requiere de cuidado constante.



Mantenimiento / ALTO

PESO PROMEDIO

A partir de 300 Kg/m²
sobrepasando los 850 kg/m²

Están pensados primordialmente para usos recreativos y comerciales; se pueden instalar elementos de iluminación, caminos transitables, carpas, pequeños parques infantiles, conjuntos de losas, mobiliario y lo más relevante: material vegetal con características de porte mediano y alto.

CONFORT
TÉRMICO Y ACÚSTICO



RECEPTOR DE AGUA



MEJORA PAISAJÍSTICA



Material vegetal intensivo

La vegetación consta de arbustos, plantas herbáceas y árboles de gran tamaño. A menudo estos techos se combinan con una cubierta vegetal de césped.

Sustrato

Dependiendo de las especies a plantar, puede estar compuesto por fibra de coco, turba y escoria de mineral triturado, debido a la porosidad y a su peso liviano, material vegetal y material volcánico o grava, ya que la vegetación tiene más requerimientos de nutrientes.

La profundidad de un techo verde intensivo va desde los 15 cm hasta los 150 cm y su peso puede ir desde 300kg/m² hasta 850 kg/m² o más, si es requerido.



Mantenimiento / MODERADO

PESO PROMEDIO

Entre 150 kg/m² y 450 kg/m²

Este tipo de techo permite adecuaciones en el entorno donde se va implementar. Se pueden generar pequeños caminos, formas en su implantación y desarrollo de paisajes contemplativos.

Pueden ser techos de tránsito ligero y se combinan con zonas de ocio que no generen una carga considerable a la estructura o a la placa de la cubierta.

TECHO VERDE SEMINTENSIVO

Esta tipología requiere de adecuaciones técnicas en la cubierta. Aunque no necesita el mismo espesor en sustrato del techo verde intensivo, tampoco debe carecer de este, ya que el material vegetal utilizado es de proporciones medias y requiere algunas consideraciones para que se arraigue en su suelo. Puede manejar tránsito en su superficie, pero no pesado. De igual manera, el sistema constructivo puede ser extensivo en algunas zonas y en otras intensivo para bajar costos en su diseño.

El mantenimiento es de costo medio y requiere de cuidado moderado.

VALORIZACIÓN
DEL PREDIO



MEJORA DEL
ENTORNO URBANO



RECEPTOR HÍDRICO



Material vegetal semintensivo

Adecuado para la plantación de especies vivaces, pequeños arbustos y árboles, en función de la capa de sustrato. Se implementa césped para complementar el sistema.

Sustrato

El sustrato semintensivo puede estar compuesto por turba o fibra de coco, arcilla triturada o cocida, subproductos vegetales y material mineral como arena de sílice. Nivel bajo-medio de abonado, pero en mayor porcentaje que el extensivo.

El grosor oscila entre los 15 cm y 50 cm y el peso entre los 150 kg/m² y los 350 kg/m².

CUADRO COMPARATIVO

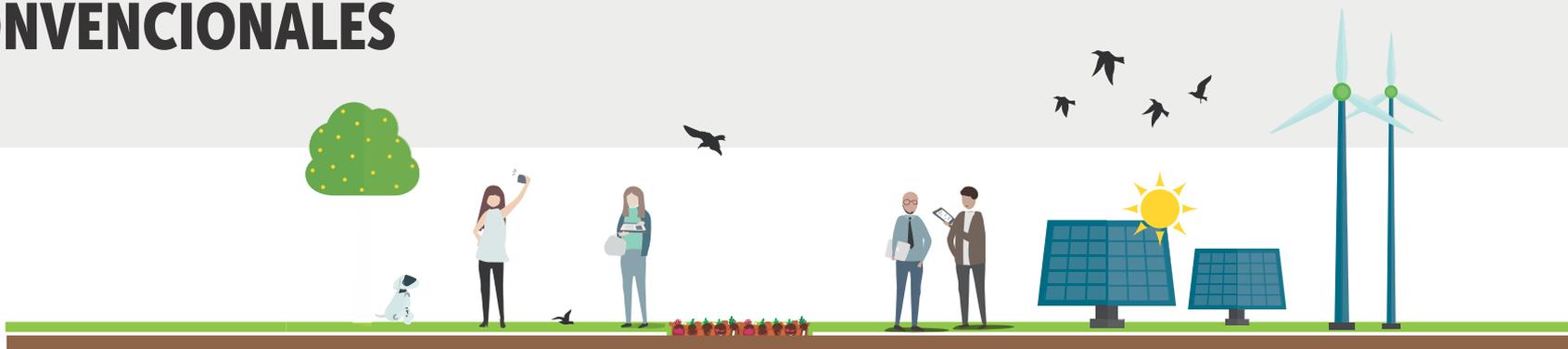
TECHOS VERDES



TECHOS VERDES	EXTENSIVOS	SEMINTENSIVOS	INTENSIVOS
Mantenimiento	Bajo	Moderado	Alto
Riego	Moderado	Periódico	Regularmente
Material vegetal	Plantas crasas (la gran mayoría del género Sedum), herbáceas perennifolias, gramíneas, bulbosas y vivaces	Plantas herbáceas, aromáticas, bulbosas, tapizantes y arbustivas de porte bajo	Plantas herbáceas, aromáticas, bulbosas, tapizantes, arbustivas, arbóreas y palmáceas
Prof. sustrato	4 - 15 cm	15 - 50 cm	15 - 150 cm
Peso	Entre 120 kg/m ² y 225 kg/m ²	Entre 150 kg/m ² y 450 kg/m ²	A partir de 500 kg/m ²
Costo	\$	\$\$	\$\$\$
Usos	Ecológicos, protección del tejado	Según diseño	Parque, jardinería pública

Tabla n°. 3 - Resumen de las principales características de los diferentes tipos de techos verdes

MENOS CONVENCIONALES



Techo verde Especializado o biodiverso	Techo verde Huerta urbana	Techo verde Recolector hídrico	Techo verde Paneles solares
<p>Presenta las características de un techo verde extensivo o semintensivo, pero está pensado especialmente para fomentar el hábitat de flora y fauna en concretas. Su objetivo principal es crear un hábitat con flora y fauna nativa de la región donde se implementa. Estos techos verdes sirven como conectores o puentes con la Estructura Ecológica Principal de la ciudad.</p>	<p>Es una tipología especializada de techo verde en la que su principal característica es la producción de alimentos. Presenta condiciones de techo verde intensivo, ya que requiere de alta aportación de agua y nutrientes y mantenimiento elevado y constante. Una opción para la cubierta es dedicar toda la superficie a la huerta, utilizando los sistemas constructivos de techos verdes intensivos. Otra de las opciones es destinar una zona de la cubierta a este propósito utilizando jardineras o contenedores y el resto a otras finalidades para aprovechar la cubierta.</p>	<p>La cubierta acumuladora de agua es la que está pensada para recoger el agua de lluvia y almacenarla para darle diferentes usos: riego para huertos urbanos o ajardinamientos en la cubierta, limpieza o descargas del inodoro. Este tipo de techo verde ofrece una alternativa al uso de agua potable y por lo tanto, una mejora en el auto abastecimiento de las ciudades.</p>	<p>Este tipo de techo verde es el que está pensado para instalar aparatos que puedan generar energía eléctrica, ya sea solar fotovoltaica o solar térmica. Las cubiertas, expuestas a muchas horas de radiación solar por su ubicación, son de los mejores sitios en los que se pueden colocar estas instalaciones. Hay dos opciones de placas para instalar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fotovoltaicas - De agua caliente sanitaria(ACS)

Tabla n°. 4 - Techos Verdes menos convencionales con aplicabilidad en el Distrito Capital



ESPEJOR SUSTRATO

La selección de material vegetal para ser utilizado en un techo verde se debe hacer, por lo general, con base en el clima local de la región en el que esté situado, aunque teniendo en cuenta otros factores que determinan la supervivencia de las especies: profundidad de sustrato y niveles de radiación solar y clima, con el factor limitante que suele ser la humedad del sustrato.

Respondiendo al grosor del sustrato y a su mantenimiento, los grupos de material vegetal que se pueden usar en un techo verde son los siguientes:

- Suculentas
- Herbáceas perennifolias
- Vivaces
- Arbustivas
- Árboles

MATERIAL VEGETAL

TECHOS VERDES

Un aspecto de importancia general en el diseño de techos verdes es la selección del material vegetal, pues del adecuado proceder en esta tarea depende su éxito.

Las especies vegetales que allí se desarrollen son determinantes en cuanto a la cantidad de beneficios que puedan ocasionar los techos verdes. Todos ellos y principalmente la reducción de contaminación y la capacidad de aislamiento térmico y acústico, se derivan de las plantas, ya que son los componentes fundamentales que los conforman, junto con el medio de cultivo.

ASPECTOS TÉCNICOS

TECHOS VERDES

- **CONDICIONES A NIVEL CLIMATOLÓGICO**
- **ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN O PROYECTO**
- **IMPERMEABILIZACIÓN**
- **AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO**

1

Se deben tener en cuenta las características específicas del clima dependiendo de la zona de implementación y de donde se encuentra posicionada la cubierta relacionada con el sol y las precipitaciones de la ciudad. Los factores del clima varían de acuerdo con la ubicación geográfica, así como la orientación y la altura de la edificación.

Factores para tener en cuenta:

- **El viento**
- **Lluvia o humedad**
- **Orientación y radiación del sol**

Antes de empezar a diseñar un techo verde hay que saber qué capacidad de carga tiene el proyecto constructivo. Se debe llevar a cabo un estudio de los materiales y del estado de la estructura existente para calcular cuál es el peso que soporta y, si es necesario, añadir algún refuerzo estructural. El técnico puede indicar qué zonas soportan más carga para así situar en esos puntos los elementos más pesados.

2

Factores para tener en cuenta:

- **La carga muerta de la cubierta**
- **La carga viva**

Una buena impermeabilización es uno de los factores más importantes para el éxito de un techo verde. Esta evitará que haya goteras y que posteriormente se genere un gasto adicional por humedad en la edificación. Esto se logra comprobando la estanqueidad del techo mediante una buena membrana impermeabilizante que asegure que no hay escapes.

3

Factores a tener en cuenta:

- **Resistente a la penetración de raíces**
- **Diseñar una pendiente adecuada que permita drenar el exceso de agua**

Este aislamiento sirve para reducirlos intercambios térmicos y acústicos entre el exterior y el interior de la edificación. Un buen aislante acústico minimiza el impacto sonoro que puede suponer habitar bajo el techo. Es recomendable que la superficie se refuerce con algún material que ayude a mitigar el impacto sonoro dentro de la edificación.

4

Factores para tener en cuenta:

- **La transmisión de impactos o golpes**
- **Aislante térmico según características constructivas y climáticas de la zona de implementación**



SUSTRATO

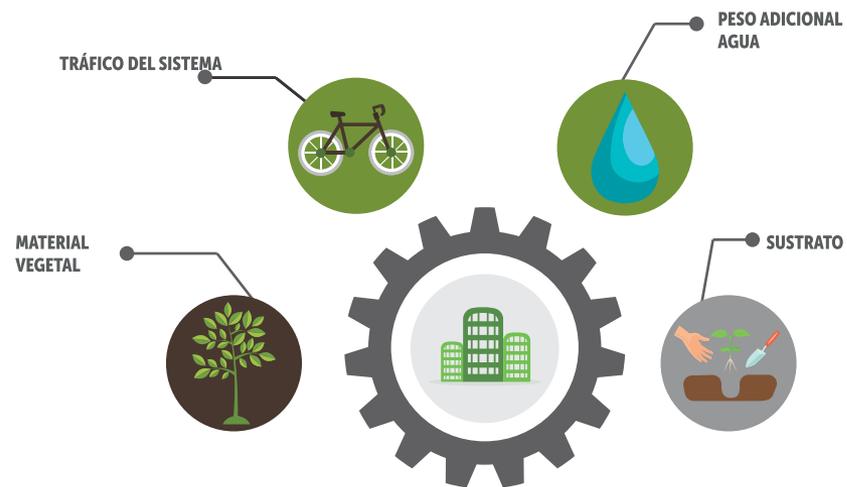
De todos los componentes que conforman un techo verde, el sustrato a utilizar es el que más se destaca al momento de implementar este tipo de tecnologías, debido a que es el que proporciona más peso dentro del sistema. A continuación se lista una serie de requisitos que el sustrato debe cumplir:

- Compatibilidad con el ambiente
- Compatibilidad con la flora
- Distribución granulométrica
- Contenido de materia orgánica
- Comportamiento del sustrato bajo compresión
- Permeabilidad
- Capacidad máxima de saturación
- Contenido de aire y porosidad
- pH del sustrato
- Contenido de sales
- Contenido de nutrientes

PESO TECHOS VERDES

Depende de la actividad que se quiera llevar a cabo. En los edificios nuevos, desde la fase de proyecto debe tenerse en cuenta el uso que se hará de la cubierta y realizar los cálculos correspondientes para que la estructura soporte la carga.

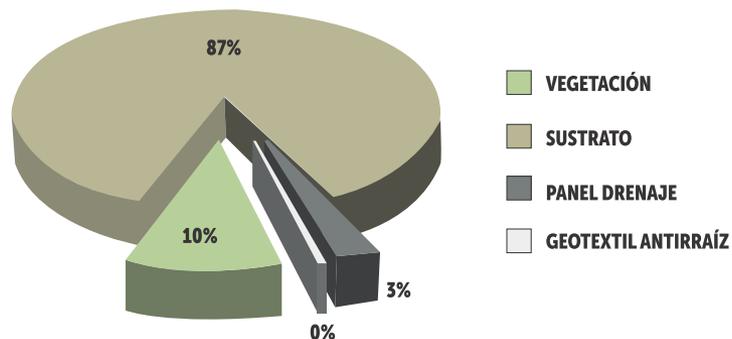
En edificios ya existentes, es necesaria la visita de un ingeniero o arquitecto para que compruebe cuál es la carga que soporta el edificio y, si es necesario, construir un refuerzo estructural para garantizar la seguridad del mismo.



PESO DE ELEMENTOS

TECHOS VERDES

Para tener una mejor percepción de cuánto puede llegar a pesar su sistema de techo verde, a continuación, relacionamos una serie de tablas y gráficas con información para que lleve a cabo su proyecto de forma eficiente y sin temor a contratiempos.



Para un espesor de 6 cm, como se indica en la figura anterior, el sustrato ocupa el 87% de la distribución del peso, y en la medida en que el espesor aumente, el porcentaje de sustrato crecerá.

La tabla revela que todos los pesos de los elementos son constantes, excepto el sustrato, que evidentemente varía en función del espesor. En la repartición de las cargas no solo la del sustrato es la que varía frente a los demás datos, sino que es la mayor en sus cantidades.

	VEGETACIÓN (kg/m ²)	SUSTRATO (kg/m ²)	PANEL DRENAJE (kg/m ²)	GEOTEXTIL (kg/m ²)	TOTAL (kg/m ²)
Techo e= 6 cm	10	90	3	0,5	104
Techo e= 8 cm	10	120	3	0,5	134
Techo e= 10 cm	10	150	3	0,5	164

Tabla n°. 5 - Peso de los elementos de un techo verde



TECHO VERDE EXTENSIVO

TECHO VERDE SEMINTENSIVO

TECHO VERDE INTENSIVO

TIPOLOGÍAS

Los techos verdes, según su estructura y los materiales utilizados en el sistema, presentan diferentes tecnologías.

TECHOS VERDES

TECNOLOGÍAS



MULTICAPA MONOLÍTICA

Consiste en apoyar directamente sobre el techo impermeabilizado varias capas de componentes especializados que tienen continuidad horizontal y actúan como una unidad. Esta tecnología es la más utilizada en los techos verdes.



MULTICAPA ELEVADA

Se apoyan las capas especializadas sobre pedestales que elevan el sistema del techo impermeabilizado y crea una hendidura horizontal continua en el intercambio.



RECEPTÁCULO

Se apoyan sobre el techo impermeabilizado recipientes individuales que alojan el medio de crecimiento y la vegetación. Estos recipientes son elementos especializados para cumplir las funciones de un techo verde y pueden tener forma de bandejas, macetas, sacos y cajones.

TECNOLOGÍAS



MONOCAPA

Consiste en tapetes presembrados que incorporan en una sola capa los diferentes componentes estables y activos y se fijan al techo impermeabilizado.



AEROPÓNICO

Las plantas no tienen sustrato o medio sólido de crecimiento y se requiere de una estructura de soporte para la vegetación. La nutrición de la planta se realiza por medio de irrigación directa en forma de líquido o vapor a las raíces expuestas de las plantas.

Perfil



Sistema de celdillas

Permite el uso de una gran gama de especies en cuanto a material vegetal, incluyendo especies nativas, césped, plantas rastreras. Cuenta en su interior con una lámina con celdillas, que sirven para retener aguas lluvias y generar beneficios a las plantas. Es compatible con cualquier tipo de techo verde (extensivo, intensivo y semintensivo).

Detalle



Detalle



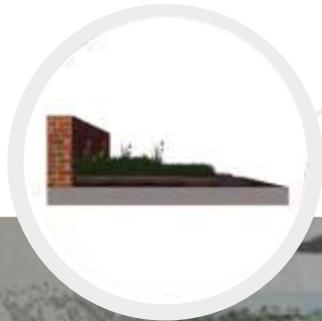
Sistema conforme

Es ideal para la recolección de aguas lluvias con el fin de reutilizarlas posteriormente en el proyecto constructivo. Soporta el peso de un techo verde intensivo. Gracias a los contenedores conformes en su estructura de soporte, se puede colocar material como gravilla que ayuda a filtrar y retener el recurso hídrico.

Superior



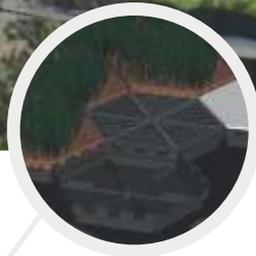
Perfil



Sistema panel modular

Presenta características que favorecen la implementación de manera fácil en proyectos arquitectónicos y constructivos. Gracias a que cuenta con módulos en forma hexagonal, se genera un panel en su configuración que facilita su mantenimiento. Retiene de manera óptima el agua y puede generar techos verdes mixtos, entre extensivos e intensivos.

Detalle



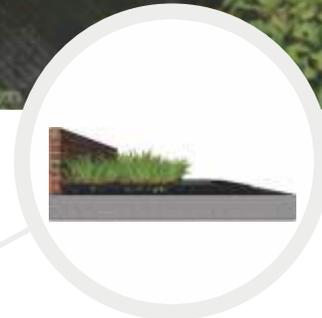
Detalle



Sistema elevado

Presenta la posibilidad de desarrollar superficies para senderos peatonales. Estos pisos deben ser elevados con el fin de proteger la impermeabilización y el sustrato del sistema. Este tipo de techo verde brinda la posibilidad de generar reservas de agua o permitir una evacuación rápida del recurso hídrico, minimizando, de esta manera el riesgo de humedad sobre la losa del proyecto o edificación.

Perfil



MANTENIMIENTO

TECHOS VERDES

Para ser conscientes del costo que tendrá el mantenimiento del proyecto es importante incorporar un análisis en la fase de desarrollo. En el apartado de mantenimiento deben definirse las tareas de mantenimiento y quién las llevará a cabo.

Grupos de elementos	Tareas de mantenimiento	Frecuencia sugerida
Elementos constructivos: Muros y límites perimetral es del techo, pavimentos, elementos arquitectónicos, impermeabilización.	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección técnica visual - Revisión de fijaciones - Detección de posibles puntos conflictivos y conservación en buen estado de todos los elementos de obra - Impermeabilización y arreglo, si procede 	Dos o tres veces al año
Instalaciones: Desagües, red de riego, iluminación, porteros automáticos, instalaciones diversas (antenas, aparatos de climatización y ventilación)	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección técnica visual - Control y limpieza de alcantarillas y desagües canales, sistemas de ventilación, claraboyas - Inspección, regulación y limpieza de las instalaciones de riego - Control y revisión de instalaciones de luz y otras instalaciones 	Cada tres meses
Mobiliario y elementos auxiliares: Mobiliario propiamente dicho, pérgolas ligeras, celosías, toldos, juegos infantiles.	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación de barnizados y pintura - Revisión de fijaciones o anclajes - Inspección técnica visual - Limpieza 	Una o dos veces al año
Vegetación: Crasas, herbáceas, vivaces, arbustivas, arbóreas y palmáceas	<ul style="list-style-type: none"> - Siegas o recortes - Podas - Eliminación de malas hierbas - Reposiciones o resiembras - Fertilización - Control de afecciones 	Según la vegetación debe estudiarse en cada proyecto
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> -Tareas de limpieza general: vaciado de papeleras, limpieza de pavimentos 	Semanal
Se debe prever qué tareas llevarán a cabo profesionales especializados, cuáles pueden externalizarse y de cuáles pueden ocuparse los propietarios.		



PREGUNTAS FRECUENTES

TECHOS VERDES



¿Los techos verdes se pueden implementar tanto en proyectos nuevos como existentes?

Sí. Los techos verdes tienen una particularidad, al momento de implementar este tipo de tecnologías ambiental es en las edificaciones, su conformación no requiere modificar la placa estructura o las columnas principales de la edificación. Simplemente se debe tener en cuenta el peso que aporta el sistema a la y generar la impermeabilización pertinente para evitar humedad y deterioro de la misma. Si el proyecto es nuevo, la consideración del peso se puede tener desde el diseño, si es ya existente, simplemente se debe determinar la carga estructural adicional por parte de un profesional especializado en estructuras.



¿Puedo utilizar cualquier cubierta para implementar un techo verde?

En la superficie de todos los techos y cubiertas se puede implementar material vegetal; cabe resaltar que lo que varía es la tipología del sistema a implementar. Recordemos que estructuralmente cada cubierta o techo requiere un soporte arquitectónico que soporta una carga específica, es por esto que se debe determinar la superficie y el material del que está compuesto la cubierta. Antes de ejecutar el proyecto del techo verde se debe hacer previamente un estudio técnico especializado.



¿Habrá ruido en la edificación después de la instalación de mi techo verde?

Recordemos que las cubiertas presentan según su conformación, una serie de materiales que aíslan el ruido del exterior. Un techo verde aporta una mitigación en decibeles del ruido del exterior, gracias a la implementación de material vegetal y sustrato, los cuales actúan como una barrera natural para reducir los niveles sonoros dentro de la edificación donde se ha instalado esta tecnología ambiental. De igual manera, es posible que se genere algún ruido en el interior de la edificación, pero esto es debido a diversos factores como el grosor del sustrato, los materiales de la placa base de la cubierta y las dimensiones del techo verde ejecutado. Cabe resaltar que el ruido seguirá entrando por los demás elementos de la edificación.

¿Un techo verde requiere agua?

Debemos tener en cuenta que un techo verde en sus generalidades actúa como un jardín convencional y como todo material vegetal necesita un mínimo de agua para desarrollarse. Según el tipo de tecnología seleccionada para el proyecto constructivo, se puede hacer una selección de especies que no requieren mucha agua. En todo caso, es bastante recomendable contar con un buen sistema de riego para evitar excesos o deficiencias del material hídrico y que este a su vez no nos conlleve gastos extras de mantenimiento por malos cuidados.



¿Cuánta agua necesito para el sistema?

Es difícil determinar este aspecto; el cálculo del agua que requiere el sistema depende del material vegetal implementado, del sustrato, de la zona donde fue realizado el proyecto y de otros factores ambientales y de desarrollo, como por ejemplo, la tecnología de techo verde utilizada. Se puede tener un sistema de recolección de aguas lluvias para aprovechar el recurso hídrico en múltiples funciones que requiere la edificación y reutilizar el agua, bajando algunos costos en servicios públicos.



PREGUNTAS FRECUENTES

TECHOS VERDES

¿Es muy costosa la implementación de un techo verde?

Es muy importante tener en cuenta este aspecto al momento de diseñar un proyecto constructivo, si implementar o no un techo verde puede subir mis costos a igual que el presupuesto que debo destinar para el mantenimiento, esto, en comparación con los beneficios que estas tecnologías nos aportan. No se puede determinar un costo fijo, ya que dependerá del tamaño de la cubierta, las adecuaciones de impermeabilización, el refuerzo estructural, si así lo requiere, y el material vegetal y sustrato que se quiere como aporte paisajístico. Sumado a esto se debe determinar si va a ser transitable o simplemente contemplativo, ya que esto determina un mayor o menor costo.



JARDINES VERTICALES

DEFINICIONES

1

Se define un jardín vertical como la cobertura vegetal conformada con plantas de hábitos herbáceos, epífitas, bejucos o enredaderas que se instalan sobre una superficie vertical, como muros, culatas, cerramientos, y similares, con el fin de obtener beneficios ambientales y paisajísticos.

2

Las paredes o los jardines verticales son una forma de jardinería urbana que consiste en tapizar muros y otras superficies para que las plantas crezcan de forma óptima. Gracias a su belleza e impacto, suelen a cometerse como un trabajo paisajístico.

BENEFICIOS

DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA

JARDINES VERTICALES



Recolección y aprovechamiento de aguas lluvias

El aprovechamiento de recurso hídrico en cualquier edificación o proyecto urbano es fundamental para aportar a la sostenibilidad ambiental. Es por esto, que los jardines verticales, según la implementación realizada, pueden reutilizar las aguas de uso doméstico para riego de jardines y, con un proceso de filtrado, también para otros usos.



Reducción de material particulado en las edificaciones

Las edificaciones con alturas considerables presentan un gran problema con los vientos y corrientes de aire, debido a la apertura de claraboyas y ventanas que permiten el ingreso de material particulado, polvo y contaminantes. El material vegetal de los jardines verticales actúa como una barrera natural que mitiga en gran medida ese material en suspensión, proporcionando protección a las personas que se encuentran en el interior de la edificación.



Regulación de la temperatura

La vegetación en climas fríos retiene el calor interior y en los cálidos dificulta la entrada de calor del exterior.

En estos últimos, la presencia de vegetación puede llegar a reducir las temperaturas ambientes de 1 a 5 °C. Se calcula que una reducción de 5° de la temperatura exterior cercana podría suponer ahorros en refrigeración de hasta un 50%.

OTROS BENEFICIOS

JARDINES VERTICALES

Los proyectos urbanos y arquitectónicos con características de sostenibilidad suponen un reto extra en su desarrollo, pero es claro que las ciudades tendrán que asumir este tipo de retos e instalaciones si quieren ofrecer calidad de vida óptima a sus habitantes.

Los jardines verticales suponen un reto paisajístico con particularidades ambientales que generan una conectividad ecológica con el entorno urbano. Cuando están bien implementados y con un adecuado mantenimiento presentan muchos beneficios tanto para las personas como para el ecosistema.



El jardín vertical se convierte en una segunda piel del edificio y esta es una piel viva. Las raíces de las plantas solo se están esparciendo en la superficie que da estructura al jardín vertical, dejando el muro interno sin afectaciones. Las plantas y la arquitectura pueden cooperar en armonía.

COMPONENTES

JARDINES VERTICALES

Los jardines verticales se diseñan con una serie de componentes, que integrados correctamente generan un sistema estable y eficiente, esto sin importar el tipo de tecnología implementada en la edificación.

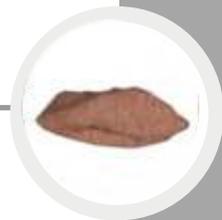
Los requerimientos necesarios para la implementación de un jardín vertical presentan las mismas características que un techo verde.



Componentes activos

Son aquellos componentes que están expuestos a cambios fisicoquímicos constantes para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos, son elementos vivos que soportan el desarrollo del sistema natural. Estos componentes son:

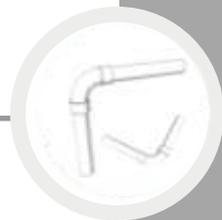
- Cobertura vegetal: puede ser definida como la capa de vegetación natural o inducida que cubre determinada superficie terrestre.
- Medio de crecimiento (variedad de sustratos que proporcionan los nutrientes necesarios al sistema vegetal).



Componentes estables

Son aquellos componentes inertes del techo verde que deben mantener estabilidad química y física para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Son aquellos elementos fabricados que cumplen determinadas funciones en el sistema:

- Membranas de impermeabilización
- Barreras antirraíces
- Barreras filtrantes
- Losetas
- Medios de drenaje
- Elementos del sistema de irrigación



Elementos auxiliares

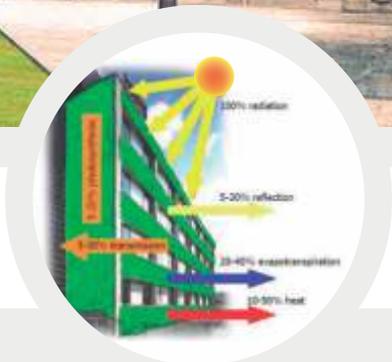
Son aquellos elementos inertes estables que cumplen funciones específicas para adaptar correctamente una sección típica de sistema de techo verde a la estructura de un inmueble, las funciones pueden ser:

- Separación
- Confinamiento
- Protección
- Evacuación de agua
- Tránsito
- Riego
- Iluminación
- Peso sobre la estructura
- Mantenimiento



BENEFICIOS

JARDINES VERTICALES



Aislamiento térmico Protección térmica

La masa vegetal crea un colchón de aire que ofrece aislamiento térmico. Además proporciona sombra a la fachada y absorbe parte de la energía solar incidente en el proceso de la fotosíntesis.

La sombra directa es uno de los beneficios más evidentes de la vegetación, comparada con sistemas artificiales aporta efectos similares más los beneficios del enfriamiento evaporativo.



Purificación del aire

Las plantas en un jardín vertical filtran partículas del aire y convierten el CO_2 en oxígeno. 1 m^2 de fachada vegetal extrae 2,3 kg de CO_2 al año del aire y produce 1,7 kg de oxígeno. Con una fachada vegetal se contribuye a la purificación del aire.



Interacción social Recuperación de zonas urbanas

Trabajar o vivir en un entorno verde genera interacción entre los habitantes del sector.

Se sabe que el verde a pequeña escala tiene un efecto positivo sobre la cohesión social en los barrios. Las áreas con más zonas verdes sufren menos agresiones, violencia y vandalismo.

CLASIFICACIÓN SISTEMAS

JARDINES VERTICALES

- Las fachadas verdes (**green facades**) son aquellas en las que el material vegetal crece en el sustrato directamente del suelo (horizontal).
- Los **jardines verticales (living walls)** son aquellos en los que el material vegetal recibe el agua y los nutrientes necesarios a nivel del muro (vertical).

CLASIFICACIÓN SISTEMAS VEGETALES VERTICALES												
FACHADAS VEGETALES TRADICIONALES (green facades) Vegetación plantada en el suelo						JARDINES VERTICALES (agua y nutrientes aportados desde la propia fachada) Vegetación plantada en el muro						
SISTEMA DIRECTO (Usa la fachada como guía)		SISTEMA INDIRECTO (Sistema intermedio entre las plantas y la fachada usada como guía)				SISTEMA DIRECTO (Usa la fachada como guía)			SISTEMA INDIRECTO (Sistema intermedio entre las plantas y la fachada: espaciadores, maceteros, sistema de soporte)			
Trepadoras autoadherentes		Trepadoras autoadherentes		Trepadoras con sistema de soporte		COMBINADO CON MACETEROS: Trepadoras autoadherentes		Muro con vegetación (natural)	Muro con vegetación (creado artificialmente) Hormigón vegetal	Trepadoras con sistema de soporte, fachada vegetal invernadero y panel deslizante vegetal		Sistema de muros verdes vivos (living wall systems)
Con raíces aéreas	Con ventosas	Trepadoras con raíces aéreas	Trepadoras con ventosas	Trenzado, enrejados	Plantas con zarcillos	Trepadoras con raíces aéreas	Trepadoras con ventosas	Plantas herbáceas y leñosas	Plantas herbáceas	Trenzado	Plantas con zarcillos	

Ambos sistemas se dividen, a su vez, en directo e indirecto. Este último consta de un sistema intermedio entre las plantas y la fachada, que crea una cámara de aire.

Tabla n°. 7 - Clasificación de los sistemas vegetales verticales (basada en Ottelé y A.Mir)

CONFORMACIÓN

JARDINES VERTICALES



IMPLEMENTACIÓN

La incorporación de estas tecnologías ambientales, en las que se involucra gran cantidad de material vegetal, permite la recreación de ecosistemas naturales. Además posibilita plantar especies que cumplan requerimientos específicos según el entorno urbano y propagar de alguna manera las especies nativas de la ciudad.

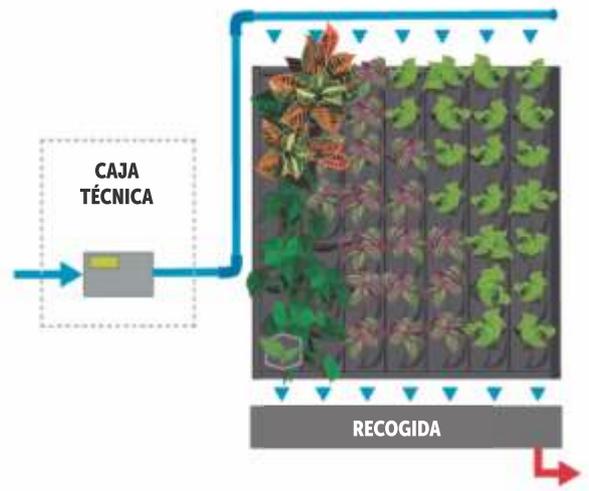
El sistema requiere componentes básicos para su implementación:

- Impermeabilización y barreras antirraíz
- Elementos auxiliares y protección de desagües
- Medios de drenaje
- Barreras filtrantes
- Medios de crecimiento
- Sistema de riego automatizado para áreas mayores a 4m²
- Material vegetal

Los jardines verticales son aplicables tanto a proyectos constructivos exteriores como a proyectos constructivos interiores, teniendo en cuenta el material vegetal a implementar.

RIEGO BÁSICO

JARDINES VERTICALES



Riego con recirculación de agua

Este esquema es recomendable para superficies pequeñas y medianas de jardín vertical (hasta 85-90m²). En este esquema no se recupera el excedente de agua de riego, conectándose desagüe directamente. Precisa de acometidas básicas en armario técnico para instalaciones auxiliares.



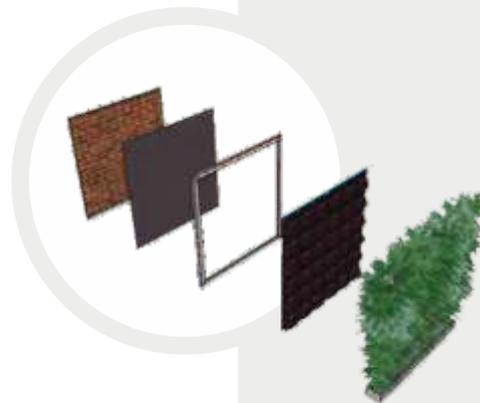
Riego con recirculación de agua

Este esquema es recomendable para superficies grandes a muy grandes de jardín vertical (mayores a 90 m²). En este esquema sí se recupera el excedente de agua de riego en un circuito cerrado, conectándose a depósitos, donde una vez tratada el agua vuelva utilizarse para el riego del jardín vertical. Precisa de acometidas básicas en local técnico para instalaciones auxiliares, depósitos y control avanzado.



BOLSILLOS

La tecnología de bolsillos es un sistema que se configura en su desarrollo a partir de capas. Esta tipología de jardín vertical es la más conocida en el mercado y la que más se implementa en fachadas. Requiere de un sistema de riego automatizado para un mantenimiento óptimo.



TIPOLOGÍAS

JARDINES VERTICALES

Existen diversas tipologías de jardines verticales que se implementan en proyectos constructivos y zonas urbanas a nivel mundial.

Debido a la diversidad y densidad del material vegetal utilizado, los jardines verticales requieren de un mantenimiento más intensivo (riego continuo, nutrientes, fertilizantes). El riego puede ser ejecutado de manera manual o programado mediante un equipo de automatización, según se establezca su frecuencia, de acuerdo con el proyecto.

SISTEMAS

JARDINES VERTICALES

A continuación se reflejan en la tabla los principales sistemas de jardines verticales. Estos son algunos de los sistemas convencionales más representativos de cada tipo. La tabla sirve de muestra de las soluciones más distintivas implementadas en los proyectos urbanos.

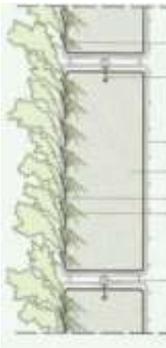
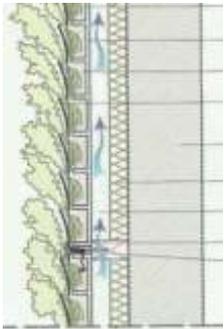
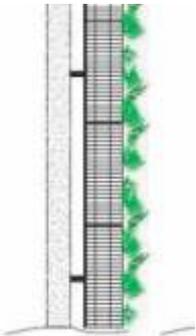
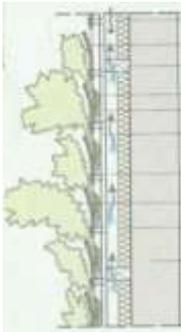
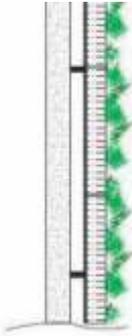
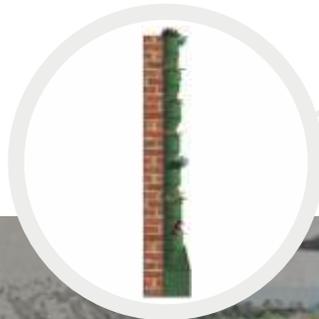
SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES							
CLASIFICACIÓN	SISTEMAS SUSTRATO PESADO (GAVIONES, MACETEROS, CONTENEDORES) (autoportante o colgado)	SISTEMAS CON SUSTRATO LIGERO (SISTEMA DE BANDEJAS)		SISTEMAS HIDROPÓNICOS			
		1. PÁNELES PLÁSTICOS	2. PÁNELES METÁLICOS	1. ESPUMAS (FOAM)	2. FIELTROS GEOTEXILES	3. LANAS MINERALES FIBRAS	4. SISTEMA AEROPÓNICO
SISTEMAS COMERCIALES	Eco-bin Leaf Box Green waves system	Parabienta VGM Green Wall	Muros verdes vivos	Sistema F+P Living EcoWall® Fytowall-Phytogreen	Le mur vegetal - El muro vegetal (Patrick Blanc)	GSky Pro Wall System Sistemas Wallflore	Richard Stoner (Nasa) Sistema nébula
IMAGEN CONCEPTUAL DEL SISTEMA							N / R

Tabla n° 8 - Clasificación de los jardines verticales más utilizados en los proyectos urbanos, a partir de Garrido, 2011.

TECNOLOGÍAS

JARDINES VERTICALES

Perfil



ECO-BIN

La característica principal de esta tecnología es el medio de plantación, constituido por recipientes de polímeros. La implementación de este jardín vertical se aleja de los sistemas automatizados. Requiere un mantenimiento más personalizado y brinda la posibilidad de tener un jardín vertical a un nivel de proyecto doméstico.

Detalle



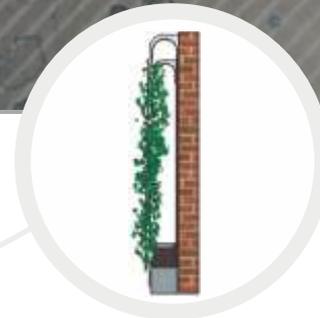
Detalle



GREEN FACADES

Esta tecnología tiene como característica principal la protección de fachadas generando una barrera viva al ser implementada. En este caso, el soporte es situado a nivel de cada planta y separado de la fachada creando una piel mediante sistemas de enrejados o cables. Este sistema presenta la particularidad de que el material vegetal tiene sus raíces en el suelo. Este sistema es un muro verde.

Perfil



El mantenimiento de los jardines verticales requiere de una gran capacidad de trabajo y especialización en temas de jardinería, atención al sustrato y conocimiento del sistema de riego periódico. No importa si el proyecto es pequeño o de grandes magnitudes, este tipo de tecnología ambiental requiere de una constante revisión del sistema, con el fin de evitar más adelante costos adicionales por cambio de material vegetal, bomba de riego o módulos afectados por humedad y otros factores.

MANTENIMIENTO

JARDINES VERTICALES

GRUPOS DE ELEMENTOS	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA SUGERIDA
Elementos constructivos: Muros y límites perimetrales de la fachada, estructura del sistema, elementos arquitectónicos, impermeabilización del muro.	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección técnica visual - Revisión de fijaciones - Detección de posibles puntos conflictivos y conservación en buen estado de todos los elementos de obra - Impermeabilización y arreglo, si procede 	Se debe revisar trimestralmente
Instalaciones: Desagües, red de riego, iluminación, mangueras, goteros, bomba del sistema, instalaciones diversas.	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección técnica visual - Control y limpieza de mangueras, canales, sistemas filtrantes - Inspección, regulación y limpieza de las instalaciones de riego (bomba) - Control y revisión de instalaciones de luz y otras instalaciones 	Se debe revisar trimestralmente
Mobiliario y elementos auxiliares: Recipientes, contenedores o módulos anclajes y guías para trabajo en alturas.	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación de barnizados y pintura de muro - Revisión de fijaciones o anclajes - Inspección técnica visual - Limpieza 	Una o dos veces al año (reemplazar si es preciso)
Vegetación: Crasas, herbáceas, vivaces, arbustivas, perennes, helechos, entre otras.	<ul style="list-style-type: none"> - Siegas o recortes - Podas - Eliminación de malas hierbas - Reposiciones o resiembras - Fertilización - Control de afecciones 	Según la vegetación, debe estudiarse en cada proyecto
Muro	-Tareas de limpieza general: lavado de fachada, retirar mohos o maleza adherida al muro	Cada 2 semanas
Se debe prever qué tareas llevarán a cabo profesionales especializados, cuáles se pueden externalizar y de cuáles pueden ocuparse los propietarios.		



TECNOLOGÍAS

JARDINES VERTICALES

Perfil



TECNOLOGÍA MÓDULOS

Esta tecnología consiste en un sistema de paneles por módulos rellenos de sustrato vegetal instalados sobre un armazón de aluminio. Este sistema permite la instalación de paneles preplantados, obteniendo una superficie verde desde el primer momento de la instalación.

Detalle



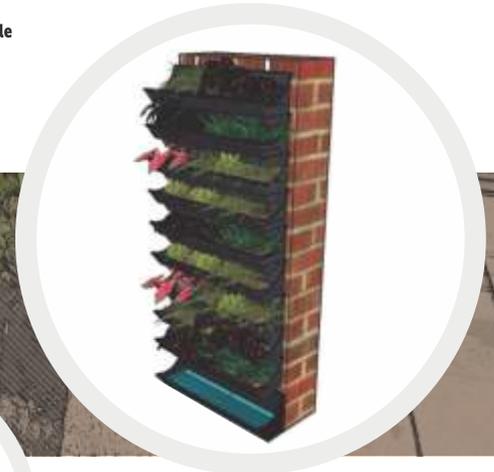
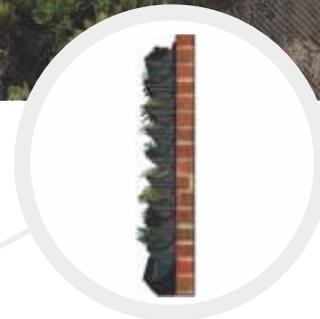
Detalle



TECNOLOGÍA CANGURO

Esta tecnología está compuesta por recipientes de polímero reciclado de fácil instalación. El sistema permite una integración gracias a las salidas del recurso hídrico y nutrientes entre niveles por aberturas en la parte inferior de cada cuneta. Un sistema ideal para proyectos interiores y exteriores.

Perfil





¿En qué me beneficia un jardín vertical?

Un jardín vertical con buen material vegetal actúa como un aire acondicionado natural, humedece el ambiente y mejora la temperatura de la edificación donde es implementado. Contribuye a la purificación del aire y da una sensación de tranquilidad a las personas. Además de los beneficios ambientales, es perfecto para el diseño paisajístico de la ciudad. Se puede jugar con las especies nativas y exóticas con sus tamaños y colores.



¿Los jardines verticales pueden tener diseño en su configuración vegetal?

Los jardines verticales pueden ser diseñados según las necesidades de cada proyecto. Hay factores que se deben tener en cuenta en el diseño como los metros cuadrados, la ubicación (interior o exterior) y las especies y colores particulares del material vegetal.

PREGUNTAS FRECUENTES

JARDINES VERTICALES



¿Los jardines verticales pueden ser utilizados para cultivar alimentos?

Sí. Las diferentes tipologías de jardines verticales presentan la particularidad de que, sin importar el tipo de recipiente que implementa el sistema, el sustrato y el material vegetal, pueden contener una especie comestible de planta. Cabe resaltar que el material vegetal que se va a utilizar debe tener unas características especiales en su raíz, hoja y fruto, ya que podría exceder el tamaño del contenedor y no sería adecuado para el desarrollo del sistema. Actualmente en las ciudades muy urbanizadas se utilizan los jardines verticales para cultivar alimentos considerando los altos costos de algunos productos agrícolas.

¿Se puede utilizar cualquier material vegetal para implementar un jardín vertical?

Cada proyecto de jardín vertical está diseñado de forma individual, por lo que todos presentan características particulares. Las plantas de interior son completamente diferentes de las utilizadas en los jardines exteriores. El material vegetal para el exterior se elige conociendo las características de su entorno, basándose en la zona climática, ya que es importante utilizar las especies correctas en las zonas adecuadas.



¿Es muy costoso implementar un jardín vertical?

Los costos de un jardín vertical dependen de diversos factores, como su tamaño, tipos de plantas, sistema de riego y algunas otras características. Hay diferentes tipos de jardines verticales y siempre se puede conseguir el que se adapte mejor al presupuesto del proyecto constructivo.



PREGUNTAS FRECUENTES

JARDINES VERTICALES

¿Cuánta vida útil tiene un jardín vertical ?

La vida útil de un jardín vertical es difícil de determinar. Aunque su estructura puede durar muchos años, el tiempo de vida del material vegetal varía dependiendo de la especie y el mantenimiento del mismo. Las plantas con buena luz, sombra, agua, nutrientes y poda, pueden llegar a crecer de forma sostenible en sus contenedores y durar varios años antes de que tengan que ser reemplazadas. El mantenimiento es fundamental para asegurar el éxito del sistema.



ELEMENTO ESENCIAL

La notoriedad de la infraestructura vegetada en los proyectos de ciudad no para de extenderse. Especialmente, dentro de las zonas urbanas, donde la presencia de la naturaleza no están habitual. Este tipo de tecnologías ambientales implementadas en obras, cuenta con las ventajas de poder construirse en diversos espacios, independientemente de su tamaño. Se debe elegir el lugar propicio, montar la estructura e instalar sobre ella el material vegetal más idóneo dependiendo cada caso en particular.

El material vegetal realmente termina siendo la parte fundamental en cada sistema implementado. Aporta al paisaje, brinda conectividad entre el entorno urbano y los habitantes, mejorando su calidad de vida.

Adicional a las especies aquí presentadas, la Secretaría Distrital de Ambiente cuenta con la Guía de Especies Vegetales que mejor se adaptan en la implementación de techos verdes y jardines verticales y la cual complementa la presente guía.

MATERIAL VEGETAL

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES



MATERIAL VEGETAL

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

Uno de los grandes interrogantes a la hora de diseñar un proyecto constructivo relacionado con infraestructura vegetada está relacionado con la selección del material vegetal. Cuál es el más propicio para utilizar en un techo verde o un jardín vertical, qué características especiales deben tener y si debo implementar especies nativas o exóticas.

Este aspecto va relacionado con la adaptación que tengan las plantas a las condiciones ambientales donde se pretendan establecer. Se hará necesario determinar luminancia, humedad relativa y temperatura para seleccionar una especie que taxonómicamente cumpla con estas variables.



Anotación: Estas especies son citadas con base en el material vegetal que utiliza Vertical green, una empresa dedicada a desarrollar proyectos urbanos con infraestructura vegetada.



IMPORTANTE MATERIAL VEGETAL

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

Lo importante a la hora de elegir el material vegetal para un techo verde o un jardín vertical, es conocer bien las características constructivas y del entorno donde este tipo de tecnologías ambientales se va a implementar. Principalmente, la elección de las especies va más a si se van a encontrar en un medio exterior o en uno interior y si requieren para su desarrollo más sol o más sombra.

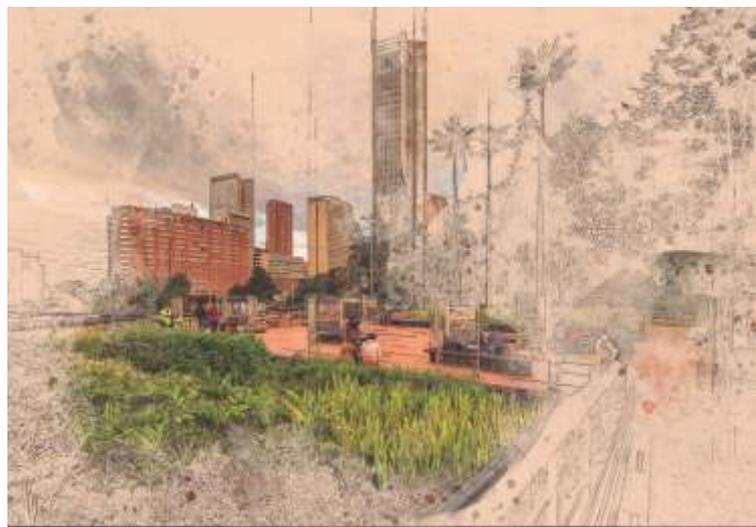
Aunque las plantas establecen siempre sus mecanismos para asegurar su supervivencia, ya sea en un techo verde, un jardín vertical, un humedal artificial, una huerta urbana o un jardín convencional, se debe tener claro cuáles son las mejores especies para infraestructura vegetada.

CARACTERÍSTICAS

MATERIAL VEGETAL

TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES

Cualquier material no se adapta a este tipo de tecnologías ambientales. Debe ser resistente a las condiciones de humedad, requerir poco sustrato para su crecimiento, no desarrollar raíces demasiado grandes, pero sí debe favorecer la fijación de la planta. Estas características, entre otras que varían según el proyecto urbano, aseguran el correcto desarrollo y sostenibilidad en el tiempo del sistema.



Anotación: Estas especies son citadas con base en el material vegetal que utiliza Verticalgreen, una empresa dedicada a desarrollar proyectos urbanos con infraestructura vegetada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INFRAESTRUCTURA VEGETADA

- Hasan, M. (2013) Investigation of Energy Efficient approaches for the energy performance improvement of commercial buildings. Tesis. Brisbane, Australia: Queensland University of Technology.
- Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia. State of Victoria through the Department of Environment and Primary Industries. February, 2014.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2014). Capítulo 1. Techos verdes y jardines verticales "Una Piel Natural para Bogotá" (pag.9). Bogotá, Colombia: Creative Commons Colombia 2.0.
- Guía de Techos Verdes Contrato 1390/2011 Miguel Ángel Cárdenas, Andrés Ibáñez, Noviembre, 2011.
- Zielinsky, S., García Collante, M.A., Vega Paternina, J.C. (2012). Techos verdes: una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta, Revista Gestión y Ambiente, 14.
- España. Documento de apoyo al documento básico DB-HE ahorro de energía. Código técnico de la edificación, febrero de 2015. Ministerio de Fomento. NTJ 11C, A Jardinamientos especiales. Cubiertas verdes, enero del 2012. Fundación de la Jardinería y el Paisaje.
- Optimizando el potencial de techos verdes para la rehabilitación energética de edificios: interacción entre sustratos reciclados, propiedades hídricas y eficiencia energética / Universidad de Córdoba-Bonterra Ibérica y Paisajes del Sur, Guía Técnica pág.25.
- Nophadrain. (2011). Extensive Green Roof. Kerkrade: Nophadrain.
- Vintimilla Peláez, C.G. (2013). Uso de materiales para jardines verticales. En: Espacios interiores. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Minke, G. (2012). Muros y fachadas verdes, jardines verticales. Barcelona: Icaria editorial.

- Ochoa de la Torre, J.M. (1999) La vegetación como instrumento para el control microclimático, capítulo 5: evaluación y aprovechamiento de los efectos micro climáticos de la Vegetación. Tesis, TDX (Tesis Doctorales en Xarxa), UPC Commons. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Ottellé, M. (2011). The green building envelope, Vertical greening. Universidad Técnica de Delft: Sieca Repro.
- Mir, A. (2011) Green facades and building structures. Tesis. Delft: Universidad Técnica de Delft.
- Garrido, L. (2011). Sustainable architecture, greening green. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones.
- Minke, Gernot. (2012) Muros y fachadas verdes, jardines verticales. Primera edición. Cali.
- Devia, C. Puente, A. Oviedo, N. Torres, A. Angarita, H. (2012). "Cubiertas verdes y dinámica hídrica en la ciudad" En: Costa Rica. 2012. Evento: XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica, 9 al 12 de Septiembre de 2012.
- Gill, S.E. Handley, J.F. Ennos, A.R. Pauleit, S. Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure. Built Environ 2007;33:115-33.

GUÍAS DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES CONSULTADAS

-Alemania: Guidelines for the Planning, Execution and Up keep of Green-roofsites

-Bonn: FLL, Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roof-Green Roofing Guidelines

-Barcelona: Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes

-Londres: Living Roofs and Walls

-Sydney: Green roof resource annual

-Toronto: Guidelines for Biodiverse Green Roofs

WEB REFERENCIAS INFRAESTRUCTURA VEGETADA

- <http://www.ambientebogota.gov.co/>
- <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/ecourbanismo/tecnologias-sostenibles>
- <http://observatorio.dadep.gov.co/sites/default/files/Reporte-tecnico-2-2017.pdf>
- <https://livingroofs.org/wpcontent/uploads/2016/03/grocode2014.pdf>
- <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>
- <https://www.sempergreen.com/es/soluciones/fachadas/beneficios-de-un-jardin-vertical>
- <http://www.ecotelhado.com.co/>
- <http://www.paisajismourbano.com/>
- <http://recive.org/>
- <http://www.verdevertical.info>
- <https://www.nophadrain.com/inspiration-projects/>
- <https://livingroofs.org/wp-content/uploads/2019/04/LONDON-LIVING-ROOFS-WALLS-REPORT-2019.pdf>
- <https://www.ntjdejardineria.org/ntj/ntj-11c-cubiertas-verdes/>
- <https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/escuela>>VectordeEscuelacreadoporfreepik-www.freepik.es
- <http://www.paisajismourbano.com/>
- <https://www.naturalbox.co/>
- <https://www.archdaily.co/>

