

---

# MUROS VERDES

---

Proyecto “Plan de gestión ambiental para el espacio público barrio Villas de la Capilla, Usaquén”



UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
2020



# MUROS VERDES

PROYECTO “PLAN DE GESTIÓN  
AMBIENTAL PARA EL ESPACIO  
PÚBLICO EN EL BARRIO VILLAS DE  
LA CAPILLA, USAQUÉN”

**ELABORADO POR:**

ESTEFANÍA ARAUJO RINCON  
JAZMÍN HASBLEIDY OSPINA  
JESSICA DAHIANN VALLEJO  
MARTHA CAROLINA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ING. AMBIENTAL Y  
SANITARIA  
BOGOTÁ, MAYO 2020

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	4
OBJETIVOS .....	4
OBJETIVO GENERAL .....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPITULO I: CONTEXTUALIZACIÓN.....	5
ANTECEDENTES .....	5
MARCO LEGAL.....	6
MARCO TEÓRICO .....	7
¿Qué es un muro verde?.....	7
Componentes de un muro verde .....	8
Beneficios .....	8
Servicios ecosistémicos .....	9
Sistemas constructivos .....	10
Tecnologías.....	16
Listado de especies aptas para muros verdes .....	17
Lugares autorizados para la instalación de muros verdes o jardines verticales en Bogotá D.C. ....	21
Asociaciones.....	22
CAPITULO II: EVALUACIÓN .....	23
METODOLOGÍA .....	23
MATRIZ DE VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ESPECIES PARA MUROS VERDES .....	23
DISEÑO.....	32
CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN .....	34
REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MURO VERDE .....	34
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN .....	35
PLAN DE MANTENIMIENTO.....	35
Abonamiento .....	36
Control de plagas .....	36
Poda.....	36
CONCLUSIONES .....	37
RECOMENDACIONES .....	38
REFERENCIAS.....	39

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de tecnologías para muros verdes .....	16
Tabla 2. Matriz de valoración y selección de especies.....	27
Tabla 3. Cissus Rhombifolia o Roiciso .....	29
Tabla 4. Duranta Repens o Duranta Erecta .....	29
Tabla 5. Parthenocissus .....	29
Tabla 6. Tulbaghia Violacea o Tulbagia .....	30
Tabla 7. Hedera Helix, Hiedra Común o Yendra .....	30
Tabla 8. Evaluación de las especies seleccionadas para el proyecto .....	30

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sistema Green Living Technologies .....	10
Ilustración 2. Sistema Patente Patrick Blank.....	11
Ilustración 3. Sistema G – Sky .....	12
Ilustración 4. Sistema F+P.....	13
Ilustración 5. Sistema Leaf Box .....	14
Ilustración 6. Sistema Gro Wall.....	15
Ilustración 7. Sistema hidropónico .....	16
Ilustración 8. Listado de especies aptas para muros verdes I .....	18
Ilustración 9. Listado de especies aptas para muros verdes II .....	19
Ilustración 10. Listado de especies aptas para muros verdes III .....	20
Ilustración 11. Listado de especies aptas para muros verdes IV .....	21
Ilustración 12. Segundo lugar estratégico para la implementación de muros verdes .....	35

## INTRODUCCIÓN

Los muros verdes o también llamados jardines verticales son coberturas vegetales conformadas con plantas de hábitos herbáceos, epífitas, bejucos o enredaderas que crecen sin ningún tipo de suelo, los cuales se instalan en muros, culatas, cerramientos, y similares. Estos muros, además de una apariencia visual aceptable y limpia, entrega varios beneficios tanto a las edificaciones como a sus habitantes. Algunos de ellos son regulación de la temperatura, absorción natural de los contaminantes, mejoras en la calidad de vida, captura de dióxido de carbono y otras partículas suspendidas en el aire proveyendo oxígeno limpio y fuentes de relajación y liberación del estrés.

En lo anterior, se considera la implementación de muros verdes como estrategia para regular la calidad del aire en el barrio de Villas de la Capilla en la localidad de Usaquén, teniendo en cuenta que en la zona las vías principales se encuentran sin pavimentar y su cercanía a establecimientos de comercio y viviendas es mínima.

El barrio de Villas de la Capilla, es un asentamiento que lleva ubicado 20 años en la localidad de Usaquén, donde sus habitantes han mantenido la integridad y el trabajo conjunto para buscar prácticas de desarrollo sostenible, por lo tanto, desde el espacio académico de Taller de Servicio Municipal nuestro equipo de trabajo a cargo del proyecto, presenta en este documento un informe técnico con respecto a la evaluación de los muros verdes con el fin de brindar beneficios a la comunidad en cuanto a los aspectos ambientales, sociales y de espacio público en la fase de implementación.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Realizar una evaluación técnica para la implementación de muros verdes en el barrio de Villas de la Capilla Usaquén, con el fin de brindar beneficios a la comunidad en cuanto a los aspectos ambientales, sociales y de espacio público.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies adecuadas para los muros verdes y evaluarlas de acuerdo a las necesidades y condiciones del lugar donde se realizará la implementación.
- Establecer un diseño óptimo de muros verdes para implementar en el barrio de Villas de la Capilla que cumpla con la normatividad vigente.
- Formular los requerimientos necesarios para la implementación y el mantenimiento de muros verdes en el barrio de Villas de la Capilla.

## CAPITULO I: CONTEXTUALIZACIÓN

### ANTECEDENTES

Dentro del marco de los antecedentes podemos mencionar algunas investigaciones que permiten corroborar los beneficios de estructuras que se han implementado ya sea desde los muros o techos verdes, entre estos estudios tenemos:

La mejora de las condiciones de habitabilidad y del cambio climático a partir de ecotechos extensivos. Estudio de caso: barrio La Isla, Altos de Cazucá, Soacha, Cundinamarca, donde la investigación propone estimar y comparar la atenuación térmica y la captura de CO<sub>2</sub> en viviendas de interés prioritario ubicadas en Altos de Cazucá, que utilizaron cultivos de hortalizas como ecotechos. El diseño experimental requirió desarrollos tecnológicos como un sistema de riego que optimiza el agua de precipitación y contenedores independientes para el sustrato y las plantas. Los cultivos están divididos en: 1) lechuga y rábano; 2) cebolla larga, cilantro y lechuga, y 3) espinaca y perejil. Se estudió también una vivienda testigo sin ecotecho. Luego, se cuantificaron las variables térmicas dentro de la vivienda y el carbono capturado. Los resultados son una atenuación térmica del techo (4 °C) y del ambiente (3 °C), un aumento de la humedad relativa del 10% y un total de CO<sub>2</sub> capturado de 16,1 kg, 38,6 kg y 8,3 kg, anualmente (Forero & Devia, 2011)

La evaluación de una cubierta verde como sistema de drenaje urbano sostenible en el año 2014, donde se evalúan las cubiertas verdes como sistemas de drenaje urbano sostenible con el objetivo de determinar las capacidades de almacenamiento temporal de los excesos de precipitación. En este caso particular, se implementaron sustratos con materiales reciclados de la construcción para evaluar su capacidad de atenuación y retardo de la escorrentía urbana y a la vez buscar una alternativa para darle un segundo uso a este tipo de materiales y así contribuir a la disminución de los escombros que generan las obras en construcción en la ciudad, que para el año 2021 se estima alcance un volumen de 10'748.587 m<sup>3</sup> (León, 2014).

Ventajas de los jardines verticales sobre edificios de concreto en clima cálido-seco de Guatemala, este estudio se realiza en el Centro Universitario de El Progreso de la Usac que se encuentra en el dominado corredor seco de Guatemala, ya que posee una temperatura anual de 27-34°C, en un clima cálido-seco. Por incidencia solar que reciben las aulas durante todo el año, se decidió utilizar un jardín vertical como sistema de enfriamiento pasivo, que se hizo con estructura de pino tratado, neumáticos de caucho reutilizados como macetas y vegetación local. Se tomaron datos de temperatura y humedad relativa ambiente, la temperatura y humedad relativa del salón cubierto por el jardín vertical y un salón sin cubierta adicional al muro de concreto, durante 30 días dispersos de enero a abril, para cubrir la época más fría y más caliente del año. La máxima disminución de temperatura fue 2.3°C y un incremento de humedad relativa de 4.4%. El confort higrotérmico se midió por una encuesta entre estudiantes de agronomía con jornada de 7:00 a 16:00 h, dando como resultado que solamente el 8.4% de los estudiantes encuestados percibieron mayor confort higrotérmico, esto se cree que fue porque el jardín vertical se encontraba en su etapa inicial y con poca proliferación vegetal para producir el efecto deseado. Se recomienda repetir el estudio durante el 2018, cuando el jardín vertical esté más maduro (Taracena, 2017)

Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación, en esta investigación se presenta una aproximación conceptual del espacio público como componente que estructura la ciudad, así como de la naturaleza de las infraestructuras verdes vivas como parte de la arquitectura verde; sobre estas últimas se exponen características tipológicas, beneficios, desventajas, metodologías de implementación y experiencias de su aplicación en diversos contextos. El objetivo de este trabajo es detallar la importancia de las infraestructuras verdes vivas como parte del espacio público y su función como elemento organizador de las metrópolis. La metodología se orienta a la revisión de los trabajos de investigación más recientes que abordan la temática, desarrollados en el marco global, latinoamericano y colombiano; fueron obtenidos de la consulta de diversas publicaciones especializadas internacionales y revistas científicas regionales. Se concluye que las infraestructuras verdes son versátiles, propias de la arquitectura verde, con importantes beneficios urbanos y ambientales; su aplicación se soporta en metodologías sólidas para evaluar su implementación en proyectos arquitectónicos, de urbanismo y espacio público (González & González, 2019)

## MARCO LEGAL

Dentro del marco regulatorio se evidencia un avance e interés por parte del distrito en el establecimiento de lineamientos técnicos para la correcta adecuación e implementación de muros y techos verdes, por tanto, a continuación, observamos algunas de las normas en relación desde lo general a lo particular:

Inicialmente desde la Constitución Política de Colombia se plantea en su artículo 79 el derecho a gozar de un ambiente sano, estableciendo que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines (Asamblea Nacional Constituyente, 1991)

La Ley 99 de 1993 por su parte, consagra como uno de los principios generales ambientales la protección del paisaje, por ser patrimonio común y atribuyó a las autoridades ambientales las funciones de otorgar permisos y autorizaciones para el desarrollo de actividades, que puedan afectar el medio ambiente, e imponer y ejecutar a prevención las medidas de Policía y las sanciones previstas en caso de violación a las normas de protección ambiental (Congreso de Colombia, 1993)

Decreto 456 de 2008 "Por el cual se reforma el Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones" 2008-2038 –PGA-, dentro de sus objetivos de calidad ambiental, incluye el de "estabilidad climática" orientado a gestionar y ejecutar proyectos y actividades enmarcadas dentro de objetivos globales, para la reducción de los impactos y la adaptación al cambio climático, así como el de orientar el ordenamiento, construcción y funcionamiento del tejido urbano para proteger la región frente al cambio climático previsible (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008)

Acuerdo 391 de 2009 "Por medio del cual se dictan lineamientos para la formulación del Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al cambio climático y se dictan otras disposiciones" donde la administración distrital formulará el Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en los diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos de la ciudad, como estrategia de gestión, planificación y control, que le permita a la ciudad la evaluación de la vulnerabilidad actual, los riesgos climáticos futuros, y la integración de las diferentes acciones de mitigación y adaptación, con el fin de mejorar la calidad de vida y

garantizar el desarrollo sostenible de ciudad. Así mismo, incluir dentro del plan estrategias que generen nuevos pulmones verdes y aumento de los niveles de captura de CO<sub>2</sub>, diseño y construcción sostenible, entre otras. (Concejo de Bogotá D.C., 2009)

Acuerdo de ley 418 de 2009 “Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, en otras en el D.C y se dictan otras disposiciones” en donde, la administración distrital promoverá el urbanismo sostenible mediante el conocimiento, divulgación e implementación progresiva y adecuada de techos, terrazas verdes entre otras tecnologías, en los proyectos inmobiliarios públicos de carácter Distrital y privados nuevos o existentes de la Ciudad, como medida de adaptación y mitigación al cambio climático. También la Secretaria Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis, prestarán la asesoría y el soporte técnico cuando sea necesario sobre las diversas especies vegetales recomendadas, sustratos, nutrientes y mantenimiento de las coberturas vegetales en los techos o terrazas verdes en la Ciudad (Concejo de Bogotá D.C., 2009)

Resolución 6619 de 2011 “Por la cual se establecen las características y condiciones para el diseño e implementación de jardines verticales en el Distrito Capital y se toman otras determinaciones” y la cual fue revocada por la Resolución 01305 de 2013 “Por medio de la cual se decreta la Revocatoria Directa de la Resolución No. 6619 del 20 de diciembre de 2011” en donde se establecen las características y condiciones para el diseño e implementación de jardines verticales en el perímetro urbano del Distrito Capital como medida de promoción del urbanismo sostenible, de la biodiversidad urbana y como una estrategia para la Adaptación y mitigación frente a la variabilidad y al Cambio Climático, la Secretaría Distrital de Ambiente efectuara el estudio y aprobación técnica de los diseños para la implementación de estos Jardines (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013)

Resolución 6423 de 2011 “Por medio de la cual se adopta la Guía Técnica de Techos Verdes” adopta la Guía Técnica de Techos Verdes, como una herramienta, que establecerá los requerimientos técnicos y prácticas recomendadas para la correcta aplicación de tecnologías de techos verdes en Bogotá D.C. Establece igualmente que la asesoría y el soporte técnico que se refiere el artículo 3º del Acuerdo Distrital 418 de 2009, estará a cargo de la Subdirección de Ecorurbanismo y Gestión Ambiental Empresarial y la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, en coordinación con el Jardín Botánico José Celestino Mutis (Secretaria Distrital de Ambiente, 2011)

## MARCO TEÓRICO

### ¿Qué es un muro verde?

Los muros verdes o también llamadas jardines verticales son coberturas vegetales conformadas con plantas de hábitos herbáceos, epífitas, bejucos o enredaderas que crecen sin ningún tipo de suelo, los cuales se instalan en muros, culatas, cerramientos, y similares (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013). El jardín vertical debe ser considerado como un elemento independiente del elemento publicitario, teniendo en cuenta que la publicidad exterior visual tiene su propia reglamentación y ella debe ser aplicada para la instalación, evaluación, control y seguimiento del elemento publicitario.

El muro verde constituye un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre una superficie vertical interior o exterior de un inmueble mediante una adecuada integración

entre 1) el inmueble a intervenir 2) la vegetación escogida 3) el medio de crecimiento y 4) los factores climáticos y ambientales. Para lograr esta integración, el sistema debe desempeñar 6 funciones básicas: 1. Estanqueidad 2. Drenaje 3. Capacidad de retención de agua 4. Consistencia 5. Nutrición y 6. Filtración (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).

### Componentes de un muro verde

Todo sistema de muros verdes está compuesto por tres tipos de componentes, independientemente de la tecnología empleada:

1. **Componentes Activos** son aquellos que están expuestos a un cambio constante físico químico para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos son elementos biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema: Cobertura vegetal y medio de crecimiento (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).
2. **Componentes Estables** componentes inertes del jardín vertical 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 anti-raíces, barreras filtrantes, medios de drenaje, elementos del sistema de irrigación etc. La durabilidad de los componentes estables depende de la capacidad de los mismos para resistir con éxito a las condiciones ambientales, la humedad y los agentes orgánicos tales como microorganismos y hongos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).
3. **Elementos Auxiliares** elementos inertes estables que cumplen funciones específicas para adaptar correctamente una sección típica de sistema de jardín vertical a la estructura de un inmueble, tales como: Separación, Confinamiento, Protección, Evacuación de agua, Tránsito, Riego, Iluminación, entre otros (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).

### Beneficios

La guía práctica de la Secretaría Distrital de Ambiente identifica dentro de su contenido algunos beneficios sociales, económicos y ambientales con los muros verdes, teniendo en cuenta la ubicación vertical u horizontal de la superficie vegetal:

#### Beneficios ambientales

- Retienen el agua lluvia.
- Permite aprovechar residuos orgánicos.
- Mitigan el efecto Isla de Calor.
- Se reutiliza y reciclan materiales.
- Aumentan el área verde para la promoción de la biodiversidad.
- Absorben el ruido.
- Generan conectividad con la Estructura Ecológica Principal.
- Cumplen servicios ecosistémicos.
- Aumentan el área verde de la ciudad.
- Realizan captura de carbono durante el día.

## **Beneficios sociales**

- Brinda sensación de bienestar.
- Mejora la calidad de vida.
- Genera un espacio de intercambio de saberes e intercambio tecnológico
- Activa los sentidos olfativos, táctiles y visuales
- Mejora el paisaje urbano.
- Aumenta el área verde de la ciudad.
- Genera jardines consumibles.
- Es un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible - SUDS

## **Beneficios económicos**

- Permite integrarse con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia generando un ahorro en el consumo de agua.
- Genera puntaje en la certificación Distrital PRECO Programa de Reconocimiento Ambiental a Edificaciones Ecoeficientes Res. 5926/2011 e internacional LEED Leadership in Energy & Environmental Design.
- Mantiene la comodidad térmica al interior de las edificaciones evitando la implementación de calefactores.
- Aumenta la valorización del predio.
- Optimiza espacios para Agricultura Urbana.

## **Servicios ecosistémicos**

Algunos de los servicios ecosistémicos que se han podido reflejar a través de los estudios realizados son los siguientes:

### **De soporte**

- Permite la conectividad con la Estructura Ecológica Principal.
- Sirve de hábitat para las aves migratorias, anfibios, insectos.
- Aumenta el área verde urbana.
- Genera corredores ecológicos.
- Aprovechamiento de residuos orgánicos.

### **Cultural**

- Fomenta la agroecología.
- Fomenta el intercambio de saberes.

### **De provisión**

- Producción de alimento para fauna

## De regulación

- Refresca el ambiente.
- Purifica el aire.
- Filtra el agua lluvia, llevándola más limpia al caudal.
- Disminuye el Efecto Isla de Calor Urbano.
- Aporta a la biodiversidad.

## Sistemas constructivos

A continuación, se muestran diversos sistemas utilizados en la actualidad para la implementación de muros verdes:

### Sistema Green Living Technologies

Está formado por paneles modulares de varios tamaños que se pueden solicitar en aluminio o acero inoxidable. El módulo estándar es de 24"x24"x3" (61x61x7,6cm) que se complementa con módulos de otros tamaños 12"x12"x3" (30,5x30,5x7,6cm), 12"x24"x3" (30,5x61x7,6cm) y piezas de esquina. Esta variedad de piezas permite ejecutar formas complejas con mayor resolución que otros sistemas de paneles modulares. El sistema de plantación es sencillo, el sustrato se compacta en las celdas de los paneles y las especies vegetales se plantan mientras el panel permanece en posición horizontal. El sistema de riego por goteo se sitúa entre los paneles, el agua drena a través de toda la fachada y se recoge en la parte inferior (Urbanarbolismo, 2019)



*Ilustración 1. Sistema Green Living Technologies*

Fuente: (Urbanarbolismo, 2019)

### Sistema Patente Patrick Blank

El Muro Vegetal de Patrick Blank consiste en la superposición de diferentes elementos que garantizan el crecimiento y fijación a largo término de las raíces de las plantas; y esto sobre una superficie y no en un volumen, al contrario de los otros métodos de cultivo. La patente de Patrick Blanc se basa, pues, en esta novedosa técnica de cultura vertical que permite eliminar los problemas de peso del sustrato y, por lo tanto, asegurar la vegetalización de las superficies de los edificios, sea cual sea la altura.

Según esta solución que ya ha demostrado su efectividad desde hace numerosos años, se grapán 2 capas de fieltro de poliamida sobre unas planchas de PVC expandido de 10mm de grosor (soporte estanco) y se fijan sobre una estructura metálica que asegura el aislamiento (cojín de aire) con el muro “portador”. Sobre este fieltro, de gran capilaridad y retención de agua, es donde se desarrollan las raíces de las plantas. Éstas se instalan en todas las alturas del muro, con una densidad del orden de una veintena por metro cuadrado. El riego se efectúa a partir de un conjunto de tubos regularmente agujereados, superpuestos a partir de la cima del muro vegetal. El sistema está programado por electroválvulas acopladas a un distribuidor de solución nutritiva poco concentrada. La simplicidad de esta técnica va unida a su fiabilidad a largo plazo. El mantenimiento es bajo ya que las malas hierbas no son capaces de invadir estas superficies verticales. Se prevé una poda anual de los arbustos (Urbanarbolismo, 2019)



*Ilustración 2. Sistema Patente Patrick Blank*

Fuente: (Urbanarbolismo, 2019)

### **Sistema G – Sky**

Es uno de los sistemas modulares, el cual contiene un panel de 12×12" de polipropileno montado sobre soportes de acero. Viene preplantado con el sustrato apropiado, filtro de malla y 13 plantas por panel. Se puede cubrir una superficie creando un patrón con paneles de distintas especies como un bitmap (Urbanarbolismo, 2019).

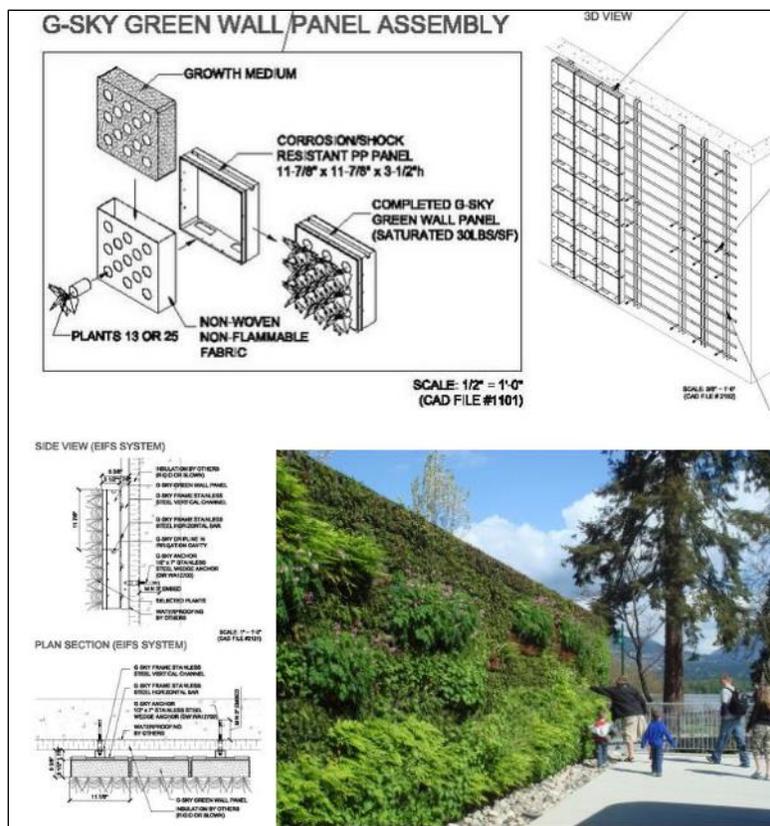


Ilustración 3. Sistema G – Sky

Fuente: (Urbanarbolismo, 2019)

### Sistema F+P

Este sistema destaca por su rapidez de montaje, su bajo peso y su facilidad de mantenimiento. El sistema consiste en una estructura portante metálica sobre la que se dispone un trasdosado de paneles plásticos. En estos paneles se fija una combinación de fieltros donde crecen las raíces y circula una solución de riego hidropónica. El peso total del sistema saturado y plantado es de alrededor de 35 kg/m<sup>2</sup>. La principal ventaja de este sistema es el sencillo mantenimiento. Las especies vegetales se plantan y sustituyen muy fácilmente, sin necesidad de afectar al resto del jardín. Las instalaciones de riego se sitúan entre las capas de fieltro, por lo que su instalación y sustitución es muy rápida (Bonells, 2020)

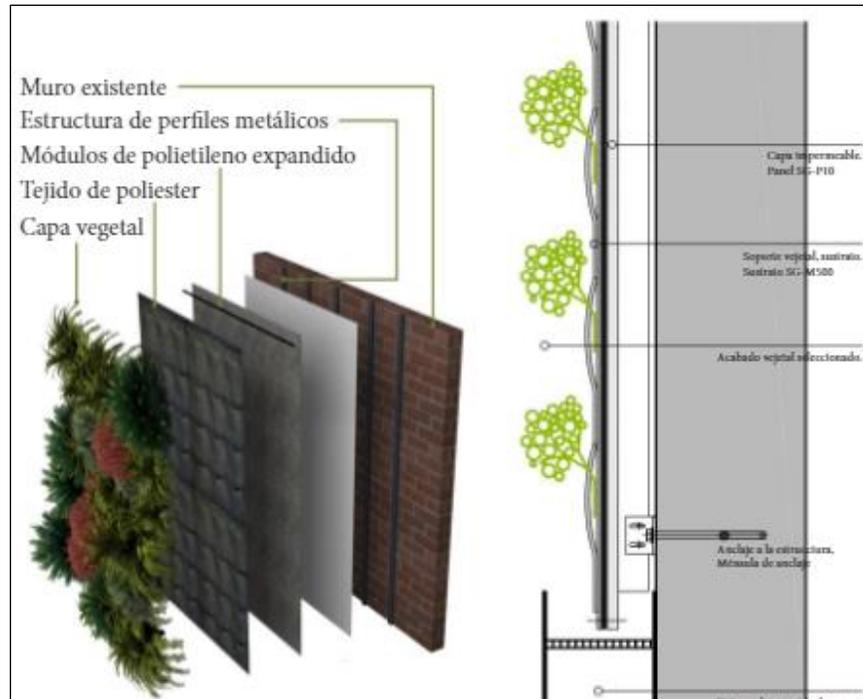


Ilustración 4. Sistema F+P

Fuente: (Bonells, 2020)

### Sistema Leaf Box

Este sistema se caracteriza por su mayor capacidad de almacenamiento de agua lo que permite tener cierta independencia respecto a los periodos de riego.

Este tipo de jardín está formado por una construcción modular a medida de paneles de estructura metálica rellena de musgo Sahagún. La estructura metálica de los paneles se encuentra plastificada y está especialmente tratada para resistir a los agentes químicos utilizados en jardinería, lo que impide su deterioro y corrosión.

Dentro de los módulos se implanta la malla de sujeción del sustrato de musgo Sphagnum sobre el que se realiza la plantación. El musgo Sphagnum es antibacteriano, ideal contra la putrefacción, enfermedades y plagas de forma natural. Retiene hasta 20 veces su peso en agua, condición que lo convierte en un excelente administrador y distribuidor de humedad, también presenta una textura ligera que permite la oxigenación de las raíces de las plantas (Bonells, 2020)



*Ilustración 5. Sistema Leaf Box*

Fuente: (Bonells, 2020)

### **Sistema Gro Wall**

Diseñado específicamente para entusiastas de los jardines verticales. Gro-Wall incluye nuevas características que benefician a usuarios y diseñadores. Las nuevas características incluyen un sistema de riego revolucionario, un mejor anclaje a muro y una mejor adecuación de las plantas al lugar de plantado. Gro-Wall permite a los diseñadores y usuarios instalar jardines verticales tanto en condiciones de exterior como interior con un completo acceso y control. Las nuevas mejoras proporcionan un control individual de riego sobre cada planta, aumentando la eficiencia, permitiendo cambios de diseño y un fácil acceso a los componentes de riego.

Dentro de sus características se encuentra la rápida construcción, rápida instalación de las plantas, expansión vertical y horizontal, óptima retención de humedad para las plantas, sencillo acceso y mantenimiento de las plantas individualmente, amplias posibilidades de diseño, estructura autoportante, estructuralmente muy resistente, sistema de plantado modular y posibilidad de captar el exceso de riego (Bonells, 2020).



*Ilustración 6. Sistema Gro Wall*

Fuente: (Bonells, 2020)

### **Sistema hidropónico**

La idea del cultivo hidropónico se toma del autor francés Patrick Blanc que consiste en un sistema de cultivo carente de sustrato de tierra y abono, suplementado con nutrientes que ofrece ventajas con respecto a la limpieza y ausencia de plagas en las raíces y un mayor rendimiento foliar, lo cual es apropiado para 4 espacios interiores. Los denominados jardines verticales hidropónicos incorporan un sistema de riego automatizado, una innovadora técnica que ayuda al medio ambiente y que crea diseños innovadores y acogedores en el interior de nuestro hogar. Las ventajas de este tipo de jardines, además de su sistema de riego, es la posibilidad de añadir una gran variedad de plantas, tales como, plantas de albahaca, pak choy, cilantro, perejil, lechuga y rúcula, las cuales se pueden personalizar, dando lugar a impresionantes creaciones. Un jardín hidropónico es aquel que proporciona a las plantas los nutrientes necesarios para vivir, sin ser necesaria la tierra, haciéndose una mezcla de sales minerales con agua, la denominada técnica de hidroponía (García, 2018).

Existen muchas ventajas en la hidroponía, tales como un menor número de plagas y aparición de malas hierbas, un crecimiento de las plantas más rápido y un mayor control sobre el proceso de jardinería. Por no mencionar que el cultivo hidropónico permite ahorrar más agua y espacio. Para los cultivos hidropónicos se usan diferentes tipos de sustratos que se encargan de proporcionar a las plantas la temperatura y los nutrientes necesarios para su desarrollo (García, 2018)

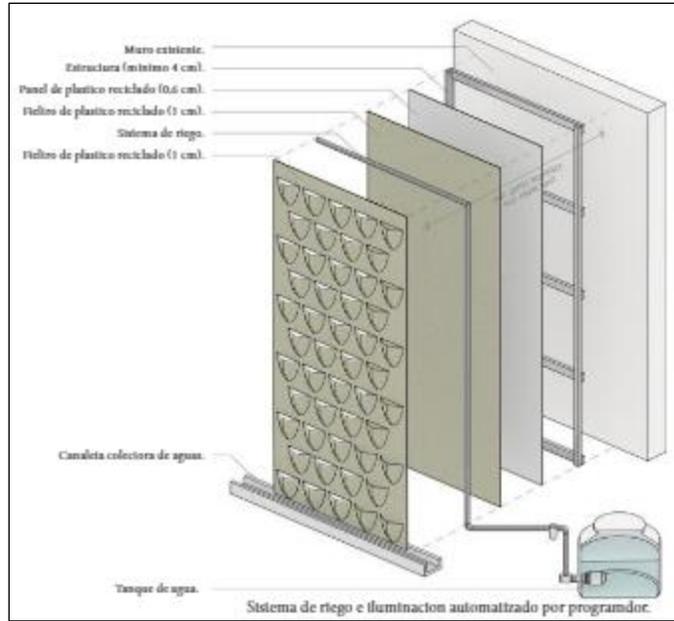


Ilustración 7. Sistema hidropónico

Fuente: (Garcia, 2018)

### Tecnologías

De acuerdo con la guía práctica de la Secretaria Distrital de Ambiente, la mayoría de jardines verticales funcionan a través de capas, la más conocida es la multicapa, en los últimos años se han experimentado y desarrollado múltiples sistemas que optimizan tanto su tiempo de instalación como su rendimiento; estas tecnologías ya se encuentran disponibles en el mercado. Algunas de ellas son:

Tabla 1. Tabla de tecnologías para muros verdes

<p style="text-align: center;"><b><u>Filtro</u></b></p> <p>Sistema que emplea geotextil sobre una estructura, por lo general implementa sistema de riego automatizado.</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Bolsillos</u></b></p> <p>Bolsillos en Geotextil. Permite una instalación sencilla y paulatina.</p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Contenedores de plástico reciclado</u></b></p> <p>Contenedores de alta perdurabilidad y peso ligero</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Cuadrado</u></b></p> <p>Sistema modular instalado sobre una estructura metálica, permite la pre siembra.</p>



### Sistema flotante

Consiste en el diseño de tenso estructuras que permiten el desarrollo de plantas trepadoras o enredaderas sobre la fachada de una edificación para generar sombra.



Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (modificado por autores), 2020

### Listado de especies aptas para muros verdes

Aunque se debe contar con una asesoría de un profesional para cada caso particular, según la guía de techos verdes y jardines verticales, elaborada por la Secretaria Distrital de Ambiente, recomienda este listado de especies que han sido implementadas con éxito en proyectos, no obstante, se sugiere implementar especies nativas y se debe consultar la guía de especies invasoras del Instituto Humboldt para evitar el uso de especies inapropiadas así como consultar el banco de semillas del jardín botánico.

	<p><b>Afelandra</b>  Nombre científico:  <i>Aphelandra squarrosa</i>  Nombre común:  <b>Afelandra.</b></p>		<p><b>Calatea</b>  Nombre científico:  <i>Calathea zebrina</i>  Nombre común:  <b>Calatea.</b></p>
	<p><b>Anturio rojo</b>  Nombre científico:  <i>Anthurium andreanum</i>  Nombre común:  <b>Anturio rojo.</b></p>		<p><b>Filodendro congo</b>  Nombre científico:  <i>Filodendrum congo</i>  Nombre común:  <b>Filodendro congo.</b></p>
	<p><b>Bromelia</b>  Nombre científico:  <i>Guzmania spp</i>  Nombre común:  <b>Bromelia.</b></p>		<p><b>Filodendro limón</b>  Nombre científico:  <i>Filodendrum cordatum amarillo</i>  Nombre común:  <b>Filodendro limón.</b></p>
	<p><b>Poinsettia</b>  Nombre científico:  <i>Euphorbia pulcherima</i>  Nombre común:  <b>Flor de pascua, Estrella de navidad, Poinsettia</b></p>		<p><b>Filodendro verde</b>  Nombre científico:  <i>Filodendrum cordatum verde</i>  Nombre común:  <b>Filodendro verde.</b></p>
	<p><b>Dólar</b>  Nombre científico:  <i>Aglaonema sp</i>  Nombre común:  <b>Dorar, Aglaonema</b></p>		<p><b>Filodendro rojo</b>  Nombre científico:  <i>Filodendrum cordatum rojo</i>  Nombre común:  <b>Filodendro rojo.</b></p>
	<p><b>Helecho nido de ave</b>  Nombre científico:  <i>Asplenium nidus</i>  Nombre común:  <b>Helecho nido de ave.</b></p>		<p><b>Hiedra uña de gato</b>  Nombre científico:  <i>Hedera helix</i>  Nombre común:  <b>Hiedra uña de gato.</b></p>

Ilustración 8. Listado de especies aptas para muros verdes I

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (2014)

	<p><b>Sedum clara de huevo</b>  Nombre científico:  <i>Sedum Pachyclados</i>  Nombre común:  <b>Sedum clara de huevo.</b></p>		<p><b>Limonio</b>  Nombre científico:  <i>Limonium sinuatum</i>  Nombre común:  <b>Limonio.</b></p>
	<p><b>Cintas</b>  Nombre científico:  <i>Clorophyllum comosum</i>  Nombre común:  <b>Cintas.</b></p>		<p><b>Mano de dios</b>  Nombre científico:  <i>Xiphidium caeruleum</i>  Nombre común:  <b>Mano de dios.</b></p>
	<p><b>Panameña</b>  Nombre científico:  <i>Tradescantia zebrina</i>  Nombre común:  <b>Panameña.</b></p>		<p><b>Margarita</b>  Nombre científico:  <i>Bellis perennis</i>  Nombre común:  <b>Margarita.</b></p>
	<p><b>Begonia pichón</b>  Nombre científico:  <i>Begonia sp.</i>  Nombre común:  <b>Begonia pichón.</b></p>		<p><b>Vinca</b>  Nombre científico:  <i>Vinca major</i>  Nombre común:  <b>Vinca variegada</b></p>
	<p><b>Buganvilla</b>  Nombre científico:  <i>Bougainvillea spectabilis</i>  Nombre común:  <b>Buganvilla, Veranera</b></p>		<p><b>Gazania amarilla</b>  Nombre científico:  <i>Gazania rigens</i>  Nombre común:  <b>Gazania amarilla.</b></p>
	<p><b>Clavel chino</b>  Nombre científico:  <i>Delosperma cooperi</i>  Nombre común:  <b>Clavel chino.</b></p>		<p><b>Panicetos</b>  Nombre científico:  <i>Pennisetum setaceum</i>  Nombre común:  <b>Cola de zorro, Pennisetum.</b></p>
	<p><b>Coralito</b>  Nombre científico:  <i>Cestrum elegans</i>  Nombre común:  <b>Coralito, Cestro, Palqui, Jesamina.</b></p>		<p><b>Espárrago</b>  Nombre científico:  <i>Asparagus plumosus</i>  Nombre común:  <b>Esparraguera de los floristas.</b></p>
	<p><b>Croto</b>  Nombre científico:  <i>Codiaeum variegatum</i>  Nombre común:  <b>Croton.</b></p>		<p><b>Orejas de conejo</b>  Nombre científico:  <i>Stachys byzantina</i>  Nombre común:  <b>Oreja de conejo, Estachis, Lanuda</b></p>

Ilustración 9. Listado de especies aptas para muros verdes II

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (2014)

	<p><b>Azalea</b>  Nombre científico:  <i>Rhododendron indicum</i>  Nombre común:  <b>Azalea.</b></p>		<p><b>Eneldo</b>  Nombre científico:  <i>Anethum graveolens</i>  Nombre común:  <b>Eneldo.</b></p>
	<p><b>Anigozanthos</b>  Nombre científico:  <i>Anigozanthus flavidus</i>  Nombre común:  <b>Falsa adelfa, pata de canguro, Anigozanthos</b></p>		<p><b>Arvejas</b>  Nombre científico:  <i>Pisum sativum</i>  Nombre común:  <b>Guisante, Arveja.</b></p>
	<p><b>Amaranto rosado</b>  Nombre científico:  <i>Gomphrena globosa</i>  Nombre común:  <b>Amaranto globoso, Amarantina, Amaranto redondo, Perpetua</b></p>		<p><b>Rábano</b>  Nombre científico:  <i>Raphanus sativus</i>  Nombre común:  <b>Rábano.</b></p>
	<p><b>Ajuga</b>  Nombre científico:  <i>Ajuga reptans</i>  Nombre común:  <b>Ajuga, Búgula.</b></p>		<p><b>Perejil</b>  Nombre científico:  <i>Petroselinum crispum</i>  Nombre común:  <b>Perejil.</b></p>
	<p><b>Cebollino ornamental</b>  Nombre científico:  <i>Allium schoenoprasum</i>  Nombre común:  <b>Cebollino, Cebolleta</b></p>		<p><b>Cidrón</b>  Nombre científico:  <i>Aloysia triphylla</i>  Nombre común:  <b>Cidrón.</b></p>
	<p><b>Rúgula</b>  Nombre científico:  <i>Eruca sativa</i>  Nombre común:  <b>Rúcula, Rúgula.</b></p>		<p><b>Menta</b>  Nombre científico:  <i>Mentha piperita</i>  Nombre común:  <b>Menta.</b></p>
	<p><b>Romero</b>  Nombre científico:  <i>Rosmarinus officinalis</i>  Nombre común:  <b>Romero.</b></p>		<p><b>Tomillo</b>  Nombre científico:  <i>Thymus vulgaris</i>  Nombre común:  <b>Tomillo.</b></p>
	<p><b>Estragón</b>  Nombre científico:  <i>Artemisia dracunculus</i>  Nombre común:  <b>Estragón, Dragoncillo.</b></p>		<p><b>Hierbabuena</b>  Nombre científico:  <i>Mentha spicata</i>  Nombre común:  <b>Hierbabuena, Yerbabuena</b></p>

Ilustración 10. Listado de especies aptas para muros verdes III

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (2014)

	<p><b>Manzanilla</b>  Nombre científico:  <i>Matricaria chamomilla</i>  Nombre común:  <b>Manzanilla.</b></p>		<p><b>Sedum moranense</b>  Nombre científico:  <i>Sedum moranense</i>  Nombre común:  <b>Cordoncillo, Chismes, Jaspalache</b></p>
	<p><b>Cilantro</b>  Nombre científico:  <i>Coriandrum sativum</i>  Nombre común:  <b>Cilantro.</b></p>		<p><b>Gerberas</b>  Nombre científico:  <i>Gerbera jamesonii</i>  Nombre común:  <b>Gerbera, margarita africana.</b></p>
	<p><b>Albahaca morada</b>  Nombre científico:  <i>Ocimum basilicum</i>  Nombre común:  <b>Albahaca morada.</b></p>		<p><b>Estrella de belén</b>  Nombre científico:  <i>Ornithogalum thyrsoides</i>  Nombre común:  <b>Estrella de Belén.</b></p>
	<p><b>Billetes</b>  Nombre científico:  <i>Eucharis amazonica</i>  Nombre común:  <b>Lirio del amazonas, Billeto</b></p>		<p><b>Lirio naranja</b>  Nombre científico:  <i>Hemerocallis flava</i>  Nombre común:  <b>Lirio Naranja.</b></p>
	<p><b>Girasoles</b>  Nombre científico:  <i>Helianthus annuus</i>  Nombre común:  <b>Girasol.</b></p>		<p><b>Lirio iris</b>  Nombre científico:  <i>Iris germanica</i>  Nombre común:  <b>Lirio azul, Lirio</b></p>
	<p><b>Pichón verde</b>  Nombre científico:  <i>Begonia semperlorens</i>  Nombre común:  <b>Pichón.</b></p>		<p><b>Astromelia</b>  Nombre científico:  <i>Astroemeria sp</i>  Nombre común:  <b>Astroemeria</b></p>
	<p><b>Azulina</b>  Nombre científico:  <i>Plumbago capensis</i>  Nombre común:  <b>Azulina</b></p>		

Ilustración 11. Listado de especies aptas para muros verdes IV

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente (2014)

### Lugares autorizados para la instalación de muros verdes o jardines verticales en Bogotá D.C.

De acuerdo con la Resolución 03105 de 2013, los lugares permitidos para la instalación de jardines verticales o muros verdes son los que a continuación se enuncian:

- Culatas de inmuebles
- Cerramientos de obra
- Cerramientos de lotes sin urbanizar

- Cerramientos parqueaderos a cielo abierto
- Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá
- Puentes vehiculares, bajo puentes y muros de contención de vías
- Elementos de publicidad exterior visual

### Asociaciones

Algunas de las asociaciones que se pueden encontrar a nivel internacional y nacional para expandir conocimiento con respecto a los muros verdes o jardines verticales son:

**Red mundial de infraestructura verde:** la Red Mundial de Infraestructura verde recoge y difunde el conocimiento, la información y los datos relativos a techos y muros verdes en todo el mundo. Actúa como un centro de intercambio de información mundial de asociaciones nacionales de techos verdes, y otras partes interesadas, como las autoridades, instituciones educativas y la industria de azoteas verdes proporcionando redes para todos los interesados. El World Green Infrastructure Network (WGIN) está representada en 30 países en todo el mundo. En estos países, los representantes podrán ser asociaciones de techos verdes o de los miembros corporativos de la industria de techos verdes. Aproximadamente 20 países tienen organizaciones nacionales de techos verdes, los otros 10 países están representados por las corporaciones privadas.

**Asociación latinoamericana de infraestructura vegetativa:** conocida por sus iniciales en inglés LAGIN Latin American Green Infrastructure Network. Está conformada por representantes de México, Argentina, Brasil, Chile, Cuba y Colombia.

**Red colombiana de infraestructura vegetada – RECIVE:** es una red de profesionales que trabaja con el objetivo común de promover el desarrollo de la Infraestructura verde en Colombia como una práctica responsable que mejora la calidad ambiental y produce bienestar en los habitantes de la ciudad. Tiene el reto de crear un mercado exitoso y sostenible con tecnologías viables y duraderas.

## CAPITULO II: EVALUACIÓN

### **METODOLOGÍA**

Para la implementación y evaluación de los muros verdes es necesario identificar la regulación de orden nacional con el fin de conocer los lineamientos que se deben adoptar y que han sido propuestos por parte de la Secretaria Distrital de Ambiente. A lo largo del documento se ha estructurado cada parte con base a la Resolución 6619 de 2011 “Por la cual se establecen las características y condiciones para el diseño e implementación de jardines verticales en el Distrito Capital y se toman otras determinaciones” y la cual fue revocada por la Resolución 01305 de 2013 “Por medio de la cual se decreta la Revocatoria Directa de la Resolución No. 6619 del 20 de diciembre de 2011” en donde se establecen las características y condiciones para el diseño e implementación de jardines verticales en el perímetro urbano del Distrito Capital como medida de promoción del urbanismo sostenible, de la biodiversidad urbana y como una estrategia para la Adaptación y mitigación frente a la variabilidad y al Cambio Climático, de esta manera la Secretaría Distrital de Ambiente efectuara el estudio y aprobación técnica de los diseños para la implementación de estos Jardines (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013)

Una vez conocidos los lineamientos para la estructuración y los requisitos que deben tener para la implementación de los muros verdes, es importante establecer la selección de especies y para esto se toma la metodología basada en un estudio de investigación “Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica” de Tomás Bolaños Silva (Biólogo Magister en Gestión Ambiental) Investigador Programa de Arquitectura y Dirección de Investigaciones Universidad Piloto de Colombia y el Arquitecto Andrés Moscoso Hurtado.

En ella, los autores proponen una herramienta metodológica constituida por dos componentes: el primero analiza los requerimientos a tener en cuenta para incluir especies vegetales en las envolventes de proyectos arquitectónicos (techos, muros y terrazas verdes); y el segundo, es la matriz para la selección acertada de las especies vegetales a incluir, puesto que mediante una sencilla sumatoria permite visualizar las diferentes especies, con sus respectivos atributos y su puntaje final (Bolaños & Moscoso, 2011)

### **MATRIZ DE VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ESPECIES PARA MUROS VERDES**

La Secretaria Distrital de Ambiente adoptó una metodología dentro de su guía práctica para poder realizar la selección de especies para muros verdes, la cual utilizamos en nuestro proyecto, esta metodología corresponde a una publicación de la Universidad Piloto de Colombia, “Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica” de Tomás Bolaños Silva (Biólogo Magister en Gestión Ambiental) Investigador Programa de Arquitectura y Dirección de Investigaciones Universidad Piloto de Colombia y el Arquitecto Andrés Moscoso Hurtado.

En ella, se puede adoptar una matriz que se compone por categorías que responden a elementos básicos, pero significativos para la acertada selección de especies como se puede observar en la Tabla 3.

No obstante, la descripción de las categorías propuestas en la matriz de acuerdo a Bolaños y Moscoso se pueden observar en la Tabla 2

Tabla 2. Descripción de las variables de la Matriz propuesta por Bolaños y Moscoso

Categoría	Variable	Descripción
Origen		Procedencia geográfica de la planta.
	Nativa	Se refiere a las especies que se encuentran dentro de su área de distribución natural original (Shine, Williams, & Güngling, 2000)
	Exótica sin potencial invasor	Especie no nativa o naturalizada que está en clara expansión y cuya presencia y distribución tiene impacto negativo y amenaza los ecosistemas, hábitat o especies; logra establecerse, desplazar o competir con las especies nativas (Baptiste, y otros, 2010)
	Exótica con potencia invasor:	Especie no nativa o naturalizada que está en clara expansión y cuya presencia y distribución tiene impacto negativo y amenaza los ecosistemas, hábitat o especies; logra establecerse, desplazar o competir con las especies nativas (Baptiste, y otros, 2010)
Hábito		Patrón de desarrollo de una planta
	Hierba	Planta que no presenta tejidos leñosos persistentes (Heywood, 1985)
	Trepadora	Planta que se encarama a un soporte con la ayuda de ganchos, ventosas, espinas o zarcillos (Heywood, 1985)
	Epífita	Planta que crece sobre otra sin obtener de ella su alimento (Heywood, 1985)
	Arbusto	Planta perenne (que persiste durante más de dos años y florece por lo general anualmente), leñosa, con ramas laterales bien desarrolladas que aparecen cerca de la base por lo que no hay tronco, alcanzan menos de 10 m de altura (Heywood, 1985)
	Árbol	Planta perenne grande, con un único tronco leñoso y ramificado y con muy pocas o ninguna rama en la base (Heywood, 1985)
Altura	0 - 1,0 m 1,1 - 2,0 m 2,1 - 3,0 m Más de 3,1 m	Altura de la planta.
Propagación		Modo de reproducción y/o cultivo de la planta.
	Estacas	A partir de la siembra de una pequeña porción del tallo de la planta, que contenga yemas, brotan raíces y se produce una planta nueva.

Categoría	Variable	Descripción
	Esquejes	Tallos que se preparan en recipientes con agua o tierra hasta que forman raíces y luego se trasplantan.
	Semillas	Proceso en el que se plantan las semillas con el objetivo de que germinen y se produzca una nueva planta.
	Trasplante del medio natural	Método mediante el cual se colectan las plántulas en un ecosistema natural y se llevan al vivero, para luego ser plantadas en su lugar final.
	Cultivo de tejidos	Cultivo realizado en medios libres de contaminación por microorganismos, en los cuales se utilizan soluciones con nutrientes y elementos para el desarrollo vegetal (hormonas de crecimiento).
Rango altitudinal	Se encuentra en el rango altitudinal. Se encuentra fuera del rango, pero puede ser utilizada. Se encuentra fuera del rango y no puede ser utilizada.	Altura en metros sobre el nivel del mar en la que la planta se desarrolla. Dependiendo de la especie, las plantas pueden tener un amplio rango altitudinal, o, por el contrario, limitarse a una altitud específica.
Clima	Presenta adaptabilidad a diversos climas, distribución cosmopolita. Presenta un requerimiento climático específico. Resistencia a heladas o/y otros factores climáticos extremos.	Aspectos sobre la adaptabilidad de la planta a condiciones de temperatura y humedad, así como a la resistencia a cambios extremos como heladas, granizadas, entre otros. La variable clima se relaciona con el rango altitudinal. Algunas plantas pueden tener amplia distribución y soportar variedad de climas, por lo que se considera importante su uso; otras en cambio, necesitan climas y/o microclimas específicos, por lo que se pueden utilizar en algunos espacios puntuales de la construcción (por ejemplo: plena exposición solar y generación de sombra). Se recomienda el uso de especies locales, habituadas al clima local.
Agua	Alto consumo de agua Bajo consumo de agua Resistencia a sequías	Necesidades de agua de la planta. Es un factor muy importante pues a partir de este, el diseño debe contemplar mecanismos de riego y/o drenajes.

Categoría	Variable	Descripción
Requerimientos lumínicos	Ninguna preferencia Plena exposición Sombra	Adaptaciones de la planta a la luz. Existen plantas que requieren para su desarrollo lugares con plena exposición solar, otras se desarrollan en ambientes sombreados, y algunas pueden soportar sombra y plena exposición. Este factor es determinante para ubicar la planta de acuerdo a la orientación dentro del proyecto.
Viento	Preferencia por vientos de baja intensidad. Resistencia a lugares con vientos fuertes y/o constantes.	Capacidad de la planta para tolerar el viento. Debido a que las construcciones en las ciudades pueden causar cambios en las dinámicas de los vientos (por ejemplo: provocando el efecto Vénturi), es necesario saber si la especie seleccionada puede soportar estas condiciones que se presentarán de acuerdo al diseño y contexto geográfico aledaño al proyecto.
Suelo	Suelos no profundos. Suelos profundos. Dependiente de alta calidad del suelo y/o sustrato.	Condiciones del sustrato que necesita la planta, con elementos tales como la profundidad y la calidad del mismo en cuanto a su composición (orgánico, inerte, artificial), porosidad, capacidad de almacenamiento de nutrientes, entre otros.
Aplicaciones en jardinería	Si No	Una especie utilizada en jardinería puede ser mejor para el proyecto, puesto que están estandarizados su cultivo y mantenimiento.
Mantenimiento	Baja frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación). Alta frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación). Requiere sistema de riego. No requiere sistema de riego. Bajo costo. Alto costo.	Periodicidad con que debe atenderse la planta para su sostenimiento (podas, deshierbe, fertilización, fumigación, entre otros), requerimientos en cuanto a sistemas de riego, y su costo.

Categoría	Variable	Descripción
Valor agregado	Aislamiento térmico	Características secundarias que pueden ser factores adicionales en el proyecto. Se incluyen algunos como aislamiento térmico, acústico, uso medicinal, alimenticio, atrayente de avifauna (alimento, lugar de nidación, refugio) y estética de la planta (formas y colores de hojas, flores, inflorescencias).
	Aislamiento acústico	
	Medicinal	
	Alimento humano	
	Atrayente de avifauna	
	Estética	

Se recomienda con especial atención, seleccionar siempre especies nativas y no especies exóticas (introducidas), puesto que en la actualidad la segunda causa mundial de pérdida de la biodiversidad se presenta a partir de las invasiones biológicas, las cuales pueden generar impactos negativos en los ecosistemas, como modificaciones de dinámicas hídricas, regímenes de fuego, ciclos de nutrientes, entre otros procesos ecológicos. En general, la mayor parte de las introducciones de especies invasoras a un lugar, ocurre de manera intencional (Baptiste, y otros, 2010)

*Tabla 3. Matriz de valoración y selección de especies*

Categoría	Variable	Escala de valorización
Origen	Nativa	3
	Exótica sin potencial invasor	2
	Exótica con potencial invasor	0
Hábito (corresponde al tipo de crecimiento de la planta)	Hierba	3
	Trepadora	3
	Epífita	3
	Arbusto	2
	Árbol de bajo porte	1
	Árbol	0
Altura (Corresponde a la altura de la planta)	0 - 1,0 m	3
	1,1 - 2,0 m	2
	2,1 - 3,0 m	1
	Más de 3,1 m	0
Propagación	Semillas	3
	Estacas	2
	Esquejes	1
	Trasplante de medio natural	0
	Por cultivo de tejidos y otras técnicas más avanzadas	0
Rango altitudinal	Se encuentra en el rango altitudinal	3
	Se encuentra fuera del rango, pero puede ser utilizada	2
	Se encuentra fuera del rango y no puede ser utilizada	0

Categoría	Variable	Escala de valorización
Clima	Presenta adaptabilidad a diversos climas, distribución cosmopolita	3
	Presenta un requerimiento climático específico	3
	Resistencia a heladas o/y otros factores climáticos extremos	3
Agua	Alto consumo de agua	1
	Bajo consumo de agua	3
	Resistencia a sequías	3
Requerimientos lumínicos	Ninguna preferencia	3
	Plena exposición	2
	Sombra	2
Viento	Preferencia por vientos de baja intensidad	2
	Resistencia a lugares con vientos fuertes y/o constantes	3
Suelo	Suelos no profundos	3
	Suelos profundos	0
	Dependiente de alta calidad del suelo y/o sustrato	1
Aplicaciones en jardinería	Si	3
	No	0
Mantenimiento	Baja frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)	3
	Alta frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)	1
	Requiere sistema de riego	1
	No requiere sistema de riego	3
	Bajo costo	3
	Alto costo	1
Valor agregado	Aislamiento térmico	3
	Aislamiento acústico	3
	Medicinal	3
	Alimento humano	3
	Atrayente de avifauna	3
	Estética	3

Fuente: (Bolaños & Moscoso, 2011)

De acuerdo a esta metodología, en nuestro proyecto se escogieron cinco (5) especies para muro verde en exteriores, las cuales son de color verde, ya que se recomienda las de color verde para exteriores y las de colores vivos para interiores, las especies seleccionadas fueron las siguientes:

Tabla 4. *Cissus Rhombifolia* o Roiciso

<b><u>CISSUS RHOMBIFOLIA O ROICISO</u></b>	
Sp (1)	<p>Género: Cissus                      Familia: Vitaceae                      Riego moderado                      Sus tallos son finos                      Puede crecer en lugares con poca luz                      Es una especie perenne que crece con facilidad</p>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. *Duranta Repens* o *Duranta Erecta*

<b><u>DURANTA REPENS O DURANTA ERECTA</u></b>	
Sp (2)	<p>Género: Duranta L                      Familia: Verbenaceae                      Es una especie perenne que crece con facilidad                      Es de tronco corto, pero con muchas ramas                      Puedes soportar heladas esporádicas                      Necesita exposición solar                      Las flores aparecen en los racimos                      Se debe podar moderadamente para fortalecer la planta</p>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. *Parthenocissus*

<b><u>PARTHENOCISSUS</u></b>	
Sp (3)	<p>Género: Parthenocissus                      Familia: Vitaceae                      Se adapta en cualquier clima                      La tierra debe permanecer fresca pero no muy humedad                      Resistente al frio hasta unos -15°C                      No necesita podarse                      Es una especie perenne que crece con facilidad</p>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Tulbaghia Violacea* o *Tulbagia*

<b><u>TULBAGHIA VIOLACEA O TULBAGIA</u></b>	
Sp (4)	<p>Género: <i>Tulbaghia violacea</i>                      Familia: Japonica                      Le basta con el abonado anual de jardín                      Es una planta característica de climas cálidos                      Aguanta escasez de agua                      Necesita exposición solar para florecer                      Su floración se produce durante todo el verano y el otoño                      Es una especie perenne que crece con facilidad</p>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. *Hedera Helix*, *Hiedra Común* o *Yendra*

<b><u>HEDERA HELIX, HIEDRA COMÚN O YEDRA</u></b>	
Sp (5)	<p>Género: <i>Hedera</i>                      Familia: Araliaceae                      Es una especie perenne que crece con facilidad                      Tolera el frío hasta los 7°C                      Se debe podar una o dos veces al año                      La iniciativa de los rayos solares directos, pueden dañar las hojas y blanquearlas                      Puede alcanzar hasta los 30 m de altura                      Se debe regar cuando el sustrato quede seco, por lo que en invierno se debe reducir la frecuencia de riego</p>



Fuente: Elaboración propia

Una vez escogidas las especies se realizó la valorización obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9. *Evaluación de las especies seleccionadas para el proyecto*

Categoría	Variable	Especies				
		Sp (1)	Sp (2)	Sp (3)	Sp (4)	Sp (5)
Origen	Nativa		3			
	Exótica sin potencial invasor	2		2	2	2
	Exótica con potencial invasor					
Hábito (corresponde al tipo de crecimiento de la planta)	Hierba					
	Trepadora	3		3		3

Categoría	Variable	Especies				
		Sp (1)	Sp (2)	Sp (3)	Sp (4)	Sp (5)
	Epífita					
	Arbusto		2		2	
	Árbol de bajo porte					
	Árbol					
Altura (Corresponde a la altura de la planta)	0 - 1,0 m	3			3	
	1,1 - 2,0 m					
	2,1 - 3,0 m		1	1		
	Más de 3,1 m					0
Propagación	Semillas	3	3	3	3	3
	Estacas					
	Esquejes	1	1	1		1
	Trasplante de medio natural					
	Por cultivo de tejidos y otras técnicas más avanzadas					
Rango altitudinal	Se encuentra en el rango altitudinal	3	3	3	3	3
	Se encuentra fuera del rango, pero puede ser utilizada					
	Se encuentra fuera del rango y no puede ser utilizada					
Clima	Presenta adaptabilidad a diversos climas, distribución cosmopolita			3		
	Presenta un requerimiento climático específico	3			3	3
	Resistencia a heladas o/y otros factores climáticos extremos		3	3		
Agua	Alto consumo de agua					
	Bajo consumo de agua	3	3	3	3	3
	Resistencia a sequías					
Requerimientos lumínicos	Ninguna preferencia	3				
	Plena exposición		2	2	2	
	Sombra					2
Viento	Preferencia por vientos de baja intensidad	2	2	2	2	2
	Resistencia a lugares con vientos fuertes y/o constantes					
Suelo	Suelos no profundos	3	3	3	3	3
	Suelos profundos					
	Dependiente de alta calidad del suelo y/o sustrato					

Categoría	Variable	Especies				
		Sp (1)	Sp (2)	Sp (3)	Sp (4)	Sp (5)
Aplicaciones en jardinería	Si	3	3	3	3	3
	No					
Mantenimiento	Baja frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)			3	3	3
	Alta frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)	1	1			
	Requiere sistema de riego					
	No requiere sistema de riego	3	3	3	3	3
	Bajo costo	3	3	3	3	3
	Alto costo					
Valor agregado	Aislamiento térmico					
	Aislamiento acústico					
	Medicinal		3			
	Alimento humano				3	
	Atrayente de avifauna		3			
	Estética	3	3	3	3	3
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>40</b>

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que las mejores especies para el lugar son la Sp (2), Sp (3) y Sp (4), por lo tanto, de acuerdo al diseño que se establezca y el acuerdo con la comunidad se podría seleccionar cualquiera de las tres, ya que se adaptan perfectamente a las condiciones del lugar.

## DISEÑO

Con base a los lineamientos de la Resolución 1305 de 2013 de la Secretaría Distrital de Ambiente se realizó la adopción del diseño de los muros verdes incluyendo las recomendaciones de la bibliografía consultada, es importante tener en cuenta que la resolución indica que:

Los jardines verticales o muros verdes, según su lugar de ubicación, tendrán las siguientes dimensiones:

a) Jardines Verticales ubicados en culatas de edificaciones: Podrá ocuparse el ciento por ciento (100%) del área de la culata con jardines. Para su financiación se autoriza la ubicación de elementos de publicidad que podrán ocupar un área equivalente al diez por ciento (10%) del área ocupada por el jardín, sin que sobrepase en ningún caso, de cuarenta y ocho metros cuadrados (48 m<sup>2</sup>).

b) Cerramientos. Los cerramientos en lo que se pueden instalar jardines verticales son: en los de obra, en los de inmuebles sin urbanizar o en los de parqueaderos a cielo abierto. Para ello, los cerramientos deberán ser de aquellos que utilizan paneles de acero de hasta doce metros cuadrados (12 m<sup>2</sup>), los cuales deberán estar cubiertos el 100% del área de cada panel con jardines verticales.

Para su instalación y mantenimiento se autoriza la instalación de publicidad en la proporción de un panel de publicidad por cada dos (2) paneles que cuenten con jardines verticales.

c) Zonas laterales de puentes vehiculares, bajo puentes y muros de contención de vías: Podrá ocuparse el ciento por ciento (100%) del área disponible de los laterales de los puentes vehiculares, bajo puentes y de los muros de contención de vías. Para su financiación se autoriza la ubicación de elementos de publicidad que podrán ocupar un área equivalente al diez por ciento (10%) del área ocupada por el jardín, sin que sobrepase en ningún caso, de cuarenta y ocho metros cuadrados (48 m<sup>2</sup>).

d) Sistema Integrado de Transporte de Bogotá: Al interior del Sistema Integrado de Transporte de Bogotá, en las estaciones y portales, se podrán instalar muros o paneles cubiertos con jardines verticales. Su ubicación e instalación deberá ser aprobada previamente por el Ente Gestor del Sistema, cumpliendo lo dispuesto en la presente Resolución.

e) Elementos publicitarios verdes: En los elementos de publicidad exterior visual, actualmente regulados por las normas vigentes sobre la materia, se deberá conformar la totalidad del área hábil para portar publicidad o cara publicitaria del elemento, con jardines verticales.

Siguiendo estos parámetros se adopta el literal a) recopilando cada uno de los datos en una memoria de cálculo adjunta a este documento bajo el nombre de *11.1 Memoria de cálculo de muros verdes*, el diseño en cartografía 2D como adjunto *11.2 Cartografía 2D\_Muros verdes* y modelo tridimensional como *11.3 Modelo tridimensional\_Muros verdes*.

## CAPITULO III: IMPLEMENTACIÓN

### REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MURO VERDE

La guía práctica para techos verdes y jardines verticales de la Secretaria Distrital de Ambiente propone algunos requerimientos mínimos para la implementación de muro verde como el tiempo de luz día, la orientación de la fachada, velocidad del viento y altura a la que se instalará este, la cual determinará la implementación de la normativa para trabajo seguro en alturas si este lo requiere.

Un sistema de jardín vertical deberá cumplir con las siguientes funciones básicas:

1. Estanqueidad
2. Drenaje
3. Capacidad de retención de agua
4. Consistencia
5. Nutrición
6. Filtración

Antes de realizar la instalación con base al diseño que se recomienda de acuerdo a las visitas que se han realizado en el barrio de Villas de la Capilla, es importante generar una revisión al detalle del lugar previamente acordado con la comunidad donde se debe:

#### **1. Identificar el material del muro**

Los muros externos en su mayoría están impermeabilizados y son de materiales más resistentes como el ladrillo y el concreto.

Los muros internos pueden ser de ladrillo y concreto, los cuales serían aptos para soportar peso; sin embargo, algunos son de Drywall (Muro en seco), por lo que estos no pueden soportar grandes pesos y no es recomendable realizar la instalación de un muro verde en este tipo de muro. Para darse cuenta si un muro está hecho en Drywall basta con darle golpes y si su sonido es hueco es porque está hecho en Drywall.

#### **2. Identificar la estructura del muro**

Los muros pueden ser estructurales: soportan cargas y están en medio de vigas o viguetas y columnas o columnetas. Si están confinados en estas estructuras, es apto para instalar un muro verde. - Los muros de Drywall son muros divisorios por lo que no es recomendable instalar peso en ellos.

3. Verificar que no exista grietas o fisuras en el muro si las hay son indicios de que el muro posee problemas estructurales y no son aptos para soportar peso.
4. Verificar que no exista humedad en el muro si la hay es necesario revisar cuál es su origen y solucionarlo, ya que la humedad debilita estructuralmente el muro haciéndolo menos resistente.
5. Es necesario verificar las instalaciones que posee el muro, eléctricas e hidráulicas, ya que pueden ser de mucha utilidad para el funcionamiento del muro verde.

## LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN

El lugar de implementación de los muros verdes será acordado con la comunidad del barrio de Villa de la Capilla, no obstante, se plantean dos lugares estratégicos para la instalación, el primero se encuentra ubicado en una de las viviendas en frente de la vía principal que corresponde a una casa de tres pisos con un local comercial en el primero.

El segundo lugar estratégico es contiguo al mural de guardianes del cerro como se observa en la Ilustración 12:



*Ilustración 12. Segundo lugar estratégico para la implementación de muros verdes*

Fuente: Autores

## PLAN DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es uno de los aspectos más importantes para la longevidad de los muros verdes, si éste falla es muy posible que se incurra en gastos extra afectando la sostenibilidad del proyecto.

Para garantizar la perdurabilidad del muro verde, es importante planificar un mantenimiento bimensual o trimestral durante el primer año, para nuestro proyecto el mantenimiento será de forma bimensual, teniendo en cuenta que se designará una o dos personas responsables dentro de la comunidad. El mantenimiento debe incluir las siguientes actividades:

- Revisión del estado de las plantas.
- Deshierbe.
- Poda y corte.
- Fertilización según sea el caso

- Control de plagas.
- Resiembra según sea el caso.
- Riego cada dos días.
- Estabilidad de la estructura según sea el caso.

### Abonamiento

Los abonos pueden estar formados por todos o una parte de los macronutrientes y de los micronutrientes que existen para las plantas. En función de su presencia, cantidad y equilibrio entre ellos, Los **principales macronutrientes para una planta son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio(K)**. También se consideran macronutrientes el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), pero los más importantes son los tres anteriores. El Nitrógeno (N) es el responsable del crecimiento de hojas y tallos verdes; el Fósforo (P) es el responsable del crecimiento radicular; y el Potasio (K) es el responsable del “engorde” de tallos y mejora de la floración.

Para nuestro muro verde el abonamiento se realizará por medio de la técnica de abono foliar la cual consiste en diluir un abono líquido o sólido (preferentemente líquido) en un pulverizador y aplicarlo de forma local o total en la superficie del jardín. Es necesario que este tipo de abonado se aplique durante las horas donde el sol no dé directamente al jardín, a las plantas que tengan buena superficie de absorción, y teniendo cuidado con las manchas u otros efectos estéticos negativos que pueda producir en hojas y flores si estas son sensibles y/o la calidad del agua no es buena, con demasiadas sales.

La actividad de abonamiento se realizará una vez al mes o cada dos meses, según se evalúe de manera cualitativa las características de las plantas.

### Control de plagas

Cada 8 días se realizará una aspersión con un producto químico o biológico utilizando 3 cm por litro de agua en un fumigador. Esto en el caso de insectos. En caso de enfermedades se utiliza 4 cm por litro de agua del químico requerido, no obstante, este ítem está sujeto al área del muro verde y la cantidad que se instale.

### Poda

De acuerdo a las especies que se utilicen para la implementación del muro verde, así mismo se realizara la poda, no obstante, es recomendable, en el caso de la elección de una planta trepadora, podar el tallo, y realizar el direccionamiento, las hojas o flores que se encuentren en mal estado se deben retirar.

Existen dos tipos de poda, la poda de limpieza que se ejecutara de acuerdo a la especie, extrayendo las ramas largas y las que están en mal estado, chequeando que la dirección que estén tomando las plantas sea la deseada; y la poda de renovación que se realizará cada 2 o 3 años, extrayendo todo el material en exceso y dejando unos tallos principales para que la planta vuelva a nacer y crecer en perfecto estado.

## CONCLUSIONES

Con la implementación de los muros verdes en el barrio de Villas de la Capilla, la población objetivo obtendrá beneficios ambientales en la mejora de condiciones en cuanto a calidad de aire ya que los muros absorberán algunos contaminantes y retendrán partículas en suspensión que se encuentran en el ambiente teniendo en cuenta las vías principales sin pavimentar y el flujo de los buses del sistema de transporte público.

En cuanto al aspecto social, los muros verdes brindan una sensación de naturalidad al ambiente, confort hacia los habitantes, bienestar, y una fuente de motivación a mejorar el espacio público, este último uno de los más importantes para el ordenamiento del lugar.

Durante la implementación y puesta en marcha de los muros verdes se trabajará de forma positiva el tejido social, ya que los habitantes del barrio participaran en la instalación y el cuidado del muro verde, bajo un plan de seguimiento y monitoreo concordado con la comunidad.

El barrio de Villas de la Capilla promoverá un ambiente más sano y sostenible con la implementación de estas estrategias que proporcionaran un punto de diferencia y ejemplo para los barrios contiguos.

## RECOMENDACIONES

Es de vital importancia que la comunidad se apropie de los muros a realizar, y que se distribuyan o se asignen tareas para el mantenimiento de los muros verdes, con el fin de que se mantenga en condiciones adecuadas las plantas, que se realice el riego, la poda, y el control de las plagas.

La comunidad podrá apoyar el sistema de barreras verdes con los árboles sembrados al límite de la reserva, cuidando su crecimiento al igual que la poda y la fertilización, además de esto es fundamental la limpieza en la zona, la eliminación de especies invasoras u objetos que no pertenecen a la zona verde.

Es indispensable para el grupo ejecutor la asesoría hacia la comunidad con respecto a los fertilizantes a utilizar de acuerdo con la especie de plantas que se usará y también evitar la posible afectación de los medios, por tanto, se recomienda la información preliminar para la elección de este producto químico

## REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2008). *Decreto 456 de 2008*. Obtenido de Secretaria del Habitat: <https://www.habitatbogota.gov.co/decreto-456-2008>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Obtenido de Secretaria del Senado: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion\\_politica\\_1991.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html)
- Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F., Gil, D., & Lasso, C. (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bolaños, T., & Moscoso, A. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica. *Revista nodo*, 5-20.
- Bonells, J. (2020). *MUROS VERDES Y JARDINES VERTICALES*. Obtenido de Jardines sin fronteras: <https://jardinessinfronteras.com/2018/02/02/muros-verdes-y-jardines-verticales/>
- Concejo de Bogotá D.C. (06 de junio de 2009). *Acuerdo 391 de 2009 Concejo de Bogotá D.C.* Obtenido de Secretaria Jurídica Distrital: [alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36976](http://alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36976)
- Concejo de Bogotá D.C. (22 de 12 de 2009). *Acuerdo 418 de 2009 Concejo de Bogotá D.C.* Obtenido de Secretaria Jurídica Distrital: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38262>
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de Secretaria del Habitat: <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-99-1993>
- Forero, C., & Devia, C. A. (2011). Mejora de las condiciones de habitabilidad y del cambio climático a partir de ecotechos extensivos. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 316 - 329.
- García, G. (2018). *JARDINES HIDROPONICOS VERTICALES. Universidad de Palermo, Argentina. Elementos organicos*, 60.
- González, L., & González, J. (2019). Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 1-20.
- Heywood, V. (1985). *Las plantas con flores*. Barcelona: Editorial Reverté.
- León, E. (2014). *Evaluación de una cubierta verde como sistema de drenaje urbano sostenible*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://bdigital.unal.edu.co/46267/1/300511.2014.pdf>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2011). *Resolución 6423 de 2011*. Obtenido de Secretaría Distrital de Ambiente: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45082&dt=S>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (23 de Agosto de 2013). *RESOLUCIÓN 01305 DE 2013*. Obtenido de Secretaria Jurídica Distrital: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54501>

Secretaria Distrital de Ambiente. (2014). *Guía práctica: Techos verdes y jardines verticales una piel natural para Bogotá*. Obtenido de Alcaldía mayor de Bogotá: [https://issuu.com/ambientebogota/docs/guia\\_de\\_techos\\_verdes\\_y\\_jardines\\_ve](https://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_y_jardines_ve)

Shine, C., Williams, N., & Güngling, L. (2000). *Guía para la elaboración de marcos jurídicos e institucionales relativos a las especies exóticas invasoras*. Cambridge: Gland.

Taracena, C. (2017). Ventajas de los jardines verticales sobre edificios de concreto en clima cálido-seco de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 20-31.

Urbanarbolismo. (2019). *Sistemas constructivos*. Obtenido de Urbanarbolismo: <https://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-sistemas-constructivos/>