



UNIVERSIDAD
MAYOR

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

**CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

ESTUDIO DE MUROS Y CUBIERTAS VERDES
SISTEMAS A IMPLEMENTAR EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Catalina Barros Pulido

Profesor:
Carlos Aguirre Núñez

Diciembre, 2018

Santiago, Chile



UNIVERSIDAD
MAYOR

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

**CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

ESTUDIO DE MUROS Y CUBIERTAS VERDES
SISTEMAS A IMPLEMENTAR EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Catalina Barros Pulido

Profesor:
Carlos Aguirre Núñez

Diciembre, 2018

Santiago, Chile

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi profesor guía, Carlos Aguirre, por su apoyo, excelente disposición y aceptación de cada una de mis ideas durante el trabajo, potenciar mi motivación y tener altas expectativas de mi para yo siempre demostrar que era más lo que podía dar. Gracias también a Gustavo Zamorano y Waldo Bustamante por el aporte que realizaron a esta memoria de título en cuanto a información y la buena disposición al momento de las entrevistas y resolver cada una de mis dudas.

Agradezco a mi familia por creer en mis capacidades y motivación durante este gran proceso. Patricio Barros Contreras, Mónica Pulido Cerda y Claudio Lavín Ugarte, son los pilares de mi vida y a ellos les debo lo que soy ahora en el presente.

Gracias a Simón Becerra por todo su apoyo, ayuda y ser un excelente compañero, en todo este proceso que fue la realización de esta memoria de título, y siempre. Gracias por todo el interés que ha mostrado en mi trabajo al dar ánimos cuando fueron necesarios y acompañarme incondicionalmente en esta etapa de crecimiento en la cual hemos avanzado juntos y espero que lo sigamos haciendo.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

En la presente memoria de título, se determinó los aportes, beneficios y aplicaciones que tiene para la construcción y las ciudades en general la implementación de muros verdes y cubiertas verdes en Santiago; lo anteriormente expuesto se realizó mediante investigación a través de recolección de información, entrevistas a expertos, encuestas cuantitativas discretas, para finalizar con una evaluación económica de estos sistemas verdes (análisis financiero).

El objetivo general es identificar los diferentes tipos de sistemas, conocer los aspectos botánicos, constructivos, de mantenimiento, consideraciones que se deben tener en un proyecto al momento de realizar la instalación de una cubierta o muro verde, con la finalidad de demostrar que los muros verdes y cubiertas verdes son una alternativa viable de implementar en la Región Metropolitana de Chile y que es posible su montaje en las edificaciones.

Desde el punto de vista técnico el sistema verde demostró contribuir como aislante térmico y acústico, ofreciendo una mejor estética en las ciudades y en cuanto aspectos comerciales logra generar un aumento de plusvalía en edificios; siendo de este modo el sistema validado y sustentado así su uso, en ámbitos de construcción desde múltiples perspectivas, tales como social, económica y técnicas.

El análisis financiero de costos de construcción y la rentabilidad del proyecto determinó que es factible su implementación, que este amortiza los gastos climáticos de la edificación, mientras que la evaluación social permitió demostrar la contribución que este da al medio ambiente, disminuyendo la contaminación, aumentando la superficie verde dentro de la ciudad.

Estos tipos de sistemas vegetales han generado en la actualidad alto impacto en su instalación, teniendo como propósito principal, vivir en un entorno más saludable, sobre todo confortables y sostenibles.

SUMMARY

The present report analyses the contributions, benefits and applications of the implementation of Green Walls in the building field, and cities in general, and specifically in Santiago, Chile. This analysis was elaborated through information gathering, experts interviewing, discrete quantitative surveys and an economic evaluation of these green systems (financial analysis).

The general objective was to identify the different types of systems, to know the botanical, constructive and maintenance aspects that must be taken into consideration in a green wall or green roof installing project., in order to demonstrate that green walls and green roofs are a viable alternative to implement in the Metropolitan Region of Chile and that it is possible to assemble them in buildings.

From the technical point of view, the green system proved to contribute as a thermal and acoustic insulator, offering a better aesthetic in the cities and as commercial aspects, it manages to generate an increase of surplus value of the buildings; In this way, the system is validated and sustained in construction areas from multiple perspectives, such as social, economic and technical.

The financial analysis of construction costs and the profitability of the project determined that its implementation is feasible, which amortizes the climatic expenses of building, while the social evaluation allowed to demonstrate the contribution to the environment, decreasing pollution and increasing the green areas within the city.

These types of plant systems have currently generated great impact on their installation, with the main purpose of living in a healthier, comfortable and sustainable environment

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.1.3 Alcances.....	3
1.2 Evolución de muros y cubiertas verdes.....	4
1.3 Definiciones.....	15
1.3.1 Muro verde.....	15
1.3.2 Cubierta verde.....	16
1.3.3 Fachada verde.....	16
1.3.4 Huerto urbano.....	17
1.3.5 Desambiguaciones.....	18
1.3.6 Sustentabilidad vs. Sostenibilidad.....	19
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	20
2.1 Ejemplos de aplicación de muros y cubiertas verdes.....	20
2.1.1 Destacados de Europa.....	20
2.1.2 Destacados de América.....	27
2.1.3 Destacados de Asia.....	38
2.1.4 Destacados de Oceanía.....	41
2.1.5 Vegetación en obras civiles.....	42
2.1.6 Proyecciones futuras.....	44
2.2 Modelo de análisis.....	51
2.2.1 Tipos de muros verdes.....	51
2.2.2 Tipos de cubiertas verdes.....	59
2.2.3 Aspectos botánicos.....	62
2.2.3.1 Sustrato.....	62
2.2.3.2 Tipos de plantas.....	63
2.2.4 Aspectos constructivos.....	66
2.2.4.1 Sistema de riego.....	66
2.2.4.2 Investigación de parámetros técnicos.....	68
2.2.5 Mantenimiento.....	69
2.2.5.1 Mantenimiento botánico.....	70
2.2.5.2 Mantenimiento estructural.....	70
CAPÍTULO 3: MÉTODO CONSTRUCTIVO.....	85
3.1 Consideraciones para un proyecto.....	71
3.1.1 Antecedentes generalizados para especificación.....	71
3.1.1.2 Especificación de montaje.....	72
3.1.1.2.1 Sistema in situ.....	73
3.1.1.2.2 Sistema modular.....	73

3.1.1.3 Especificación de estructura soportante.....	73
3.1.1.4 Especificación de componentes.....	79
3.1.1.4.1 Sistema de Impermeabilización.....	79
3.1.1.4.2 Protección Anti-Raíz.....	79
3.1.1.4.3 Drenaje.....	79
3.1.1.4.4 Filtro.....	79
3.1.1.5 Especificación de componentes opcionales.....	82
3.1.1.5.1 Protección de la impermeabilización.....	82
3.1.1.5.2 Aislación térmica.....	82
3.1.1.5.3 Acumulador de agua.....	83
3.1.1.5.4 Protección de erosión.....	83
3.1.1.5.5 Sistema de riego.....	83
3.1.1.5.6 Retenedor perimetral.....	83
3.1.1.5.7 Caja registrable.....	84
3.1.1.5.8 Barandillas.....	84
3.1.1.5.9 Pasarelas.....	84
3.2 Método de instalación.....	89
CAPÍTULO 4: Normativas de construcción.....	96
4.1 Normas internacionales.....	94
4.2 Normas nacionales.....	101
CAPÍTULO 5: Análisis crítico de los sistemas verdes.....	106
5.1 Beneficios.....	103
5.1.1 Constructivos.....	104
5.1.1.1 Aislante térmico.....	104
5.1.1.2 Aislante acústico.....	105
5.1.1.3 Protección de material.....	106
5.1.2 Arquitectónicos.....	107
5.1.2.1 Estética de la envolvente.....	107
5.1.3 Sociales.....	107
5.1.3.1 Efecto Isla de calor.....	107
5.1.3.2 Calidad del aire.....	110
5.1.3.3 Aguas lluvias.....	111
5.1.4 Privados.....	112
5.1.4.1 Eficiencia Energética.....	112
5.1.4.2 Comercialización.....	112
5.1.5 Salud.....	113
5.2 Desventajas.....	114
5.2.1 Componentes constructivos.....	114
5.2.2 Instalación.....	115
5.2.3 Mantenimiento.....	115

5.2.4 Adaptabilidad.....	115
5.2.5 Redimensionamiento de elementos estructurales para soportar sobrecargas.....	116
5.2.6 Costos e inversión.....	116
CAPITULO 6: muros y cubiertas verdes en la región metropolitana.....	121
6.1 Área de estudio.....	119
6.2 Factibilidad comercial de las soluciones constructivas muros y cubiertas verdes.....	121
6.2.1 Análisis de datos.....	121
6.2.1.1 Formulación de encuestas.....	121
6.2.1.2 Entrevistas.....	125
6.3 Aspectos de eficiencia energética.....	128
6.3.1 Aspectos térmicos.....	128
6.4 Análisis económico.....	133
6.4.1 Evaluación financiera de muro y cubierta verde.....	133
CAPÍTULO 7: Conclusiones, limitaciones y futuras investigaciones.....	145
CAPITULO 8: Anexos.....	148
CAPITULO 9: Bibliografía y webgrafía.....	163

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Cuadro resumen propiedades muros y cubiertas verdes	61
Tabla 2.2 Cuadro comparativo cubiertas extensivas e intensivas.....	61
Tabla 3.1 Cuadro referencial de características de la estructura de losa liviana con panel de entrepiso aislante.....	77
Tabla 3.2 Armadura Inferior del Panel	78
Tabla 4.1 Certificaciones	98
Tabla 4.2 Aspectos que maximizan puntuación BREEM y LEED.....	103
Tabla 5.1 Muro verde vs muro tradicional.....	120
Tabla 6.1 Porcentajes por volumen de los sustratos a ensayar.....	132
Tabla 6.2 Densidades de los sustratos ensayados	133
Tabla 6.3 Resistencia térmica de sustratos con 0% de humedad	133
Tabla 6.4 Resistencia térmica de sustratos con 25% de humedad.....	133
Tabla 6.5 Resistencia térmica de sustratos con 50% de humedad.....	133
Tabla 6.6 Resistencia térmica de sustratos con 75% de humedad.....	134
Tabla 6.7 Resistencia térmica de sustratos con 100% de humedad.....	134
Tabla 6.8 Tramitación térmica.....	135
Tabla 6.9 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 0% de humedad.....	135
Tabla 6.10 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 25% de humedad.....	135
Tabla 6.11 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 50% de humedad.....	135
Tabla 6.12 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 75% de humedad.....	135
Tabla 6.13 Aporte de sustratos a la R total recomendada al 100% de humedad.....	136
Tabla 6.14 Costos simples y aproximados.....	134
Tabla 6.15 Datos a considerar para elaborar cubierta verde.....	137
Tabla 6.16 Presupuesto.....	139
Tabla 6.17 CIP.....	140
Tabla 6.18 Atributos endógenos y exógenos.....	143
Tabla 6.19 Diferentes perspectivas.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Principales hitos de muros y cubiertas verdes.....	4
Figura 1.2 Jardín Colgante de Babilonia.....	5
Figura 1.3 Muestra de construcción vikinga.....	6
Figura 1.4 Casas de Orongo.....	6
Figura 1.5 Letchworth Garden City.....	7
Figura 1.6 Rockefeller Center.....	8
Figura 1.7 Croquis ladrillos Botánicos.....	8
Figura 1.8 Techo de Césped en Noruega.....	9
Figura 1.9 Edificio Banca Catalana.....	10
Figura 1.10 Casa de P. Harris.....	10
Figura 1.11 Edificio Consorcio.....	11
Figura 1.12 Universal City Wall.....	12
Figura 1.13 Acros Fukuoka.....	12
Figura 1.14 Entrada del edificio Fundación Cartier.....	13
Figura 1.15 Muro verde en el patio del hotel.....	14
Figura 1.16 Proyecto Cumbres Huechuraba.....	15
Figura 1.17 Av. Consistorial (Peñalolén, Santiago, Chile.).....	16
Figura 1.18 Mall Parque Arauco.....	17
Figura 1.19 Huerto urbano en azotea de Madrid.....	17
Figura 1.20 Cubierta, fachada y muro verde.....	18
Figura 2.1 Continentes del mundo.....	20
Figura 2.2 Musee du Quai Branly.....	21
Figura 2.3 Rue D'alsace.....	22
Figura 2.4 Caixa Fórum.....	22
Figura 2.5 Elementos cerámicos de las plantas.....	23
Figura 2.6 Parte trasera del hotel.....	23
Figura 2.7 Vista de abajo hacia arriba de Hotel Mercure.....	24
Figura 2.8 Hotel Athenaeum.....	25
Figura 2.9 Centro comercial IFiordaliso.....	26
Figura 2.10 Galerías Lafayette.....	26
Figura 2.11 Biblioteca Pública de Semiahmoo, antes.....	27
Figura 2.12 Biblioteca Pública de Semiahmoo, actual.....	27
Figura 2.13 Vancouver Convention Centre.....	28
Figura 2.14 Mall Parque Arauco.....	29
Figura 2.15 Hotel intercontinental.....	30
Figura 2.16 Hotel Radisson.....	30
Figura 2.17 Hotel Radisson.....	31
Figura 2.18 Universidad del Claustro de Sor Juana.....	32
Figura 2.19 Infonavit.....	33
Figura 2.20 Edificio Celebra.....	34
Figura 2.21 Parque Titanium.....	34

Figura 2.22 Edificio Santalaia.....	35
Figura 2.23 Hotel B3 Virrey.....	36
Figura 2.24 Tienda Arredo.....	36
Figura 2.25 Edificio Residencial.....	37
Figura 2.26 Centro Comercial Siam Paragon.....	38
Figura 2.27 Nanyang Technological University.....	39
Figura 2.28 Science Hills Komatsu.....	39
Figura 2.29 Institute of Technical Education HQ & College Central.....	40
Figura 2.30.....	41
Figura 2.31 One central Park.....	42
Figura 2.32 Pount Juvenal antes y después	43
Figura 2.33 Vía verde	44
Figura 2.34 Diseño de futura ciudad	46
Figura 2.35 Imagen del proyecto	47
Figura 2.36 Proyecto París 2050	47
Figura 2.37 Edificio de eficiencia energética en Copenhague	49
Figura 2.38 Revistas/Publicaciones	49
Figura 2.39 Complejo turístico costero de vacaciones	50
Figura 2.40 Cuadro resumen	52
Figura 2.41 Resumen tipos de sistemas de muro verde	52
Figura 2.42 Ejemplo de muro suspendido	53
Figura 2.43 Sistema autoportante	54
Figura 2.44 Muro autoportante vs muro suspendido	54
Figura 2.45 Ilustración de muro verde con panel	55
Figura 2.46 Ejemplo de sistema de sustrato ligero intensivo	56
Figura 2.47 Ejemplo de sistema de sustrato ligero extensivo.....	57
Figura 2.48 Sistema colgado vs sistema de bolsillo	58
Figura 2.49 Distinto tipos de sistema de muro vegetales	59
Figura 2.50 Partes o elementos de un techo vegetal tipo	59
Figura 2.51 Capas del perfil típico de un techo verde	61
Figura 2.52 Nombres de plantas	64
Figura 2.53 Datos de plantas	65
Figura 2.54 Representación de riego por goteo editado	67
Figura 2.55 Procedimiento de liberación de agua	68
Figura 3.1 Representación típica	71
Figura 3.2 Detalle constructivo del módulo	75
Figura 3.3 EETT muro verde	75
Figura 3.4 Elevación del perfil horizontal de un muro verde	76
Figura 3.5 Elevación de perfil de muro verde	76
Figura 3.6 Corte transversal losa liviana con panel de entrepiso aislante	78
Figura 3.7 Construcción de sistema modular de muro verde, sección horizontal.	82
Figura 3.8 Cubierta vegetal intensiva y extensiva sobre hormigón	86
Figura 3.9 Cubierta verde extensiva en césped y metal.....	87

Figura 3.10 Cubierta vegetal con montaje extensivo	88
Figura 3.11 Cubierta vegetal con montaje intensivo	88
Figura 3.12 Cubierta vegetal con montaje profundo	89
Figura 3.13 Ficha técnica – Techos verdes modulares	90
Figura 3.14 Componentes aplican para cubierta intensiva/extensiva.	91
Figura 3.15 Imagen interferida de muro verde.	92
Figura 3.16 Muro verde de sistema hidropónico	93
Figura 3.17 Solución para sistema auto portante o suspendido	94
Figura 4.1 Logo de certificaciones internacionales	97
Figura 4.2 Ficha de contribución leed – Cubierta verde	99
Figura 4.3 Categorías puntos leed para cubierta verde – Empresa Plant Art	100
Figura 4.4 Ficha de contribución leed – Muro verde	101
Figura 4.5 Categorías puntos leed para cubierta verde – Empresa Plant Art	101
Figura 4.6 Certificación LEED muros verdes Hidrosym	102
Figura 5.1 Esquema resumen de los beneficios a presentar	106
Figura 5.2 Aislación térmica-acústica	108
Figura 5.3 Rendimiento térmico mejorado	111
Figura 5.4 Esquema efecto isla de calor	111
Figura 5.5 Aislación generada por techos verdes en comparación con uno convencional	112
Figura 5.6 Limpiando el aire	113
Figura 5.7 Interpretación de la ciudad	115
Figura 5.8 Aumento del valor de la propiedad	116
Figura 5.9 Desventajas a presentar	117
Figura 6.1 Mapa físico Santiago de Chile	123
Figura 6.2 Imagen satelital	139
Figura 6.3 Curva de demanda privada y social	144

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 Personas que conocen los sistemas verdes	125
Gráfico 6.2 Interesados en recibir información	125
Gráfico 6.3 Conservación del medio ambiente ante una decisión de compra	126
Gráfico 6.4 Cuanto más pagaría por tener muros y/o cubiertas verdes.....	126
Gráfico 6.5 Forma de pagar el valor agregado de mantenimiento	127
Grafico 6.6 Estudio de caso n°1, VAN privado sin cubierta verde	146
Grafico 6.7 Estudio de caso n°1, VAN privado y VAN social.....	146
Grafico 6.8 Grafico estudio de caso n°2, VAN privado sin cubierta verde.....	148

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

La presente memoria de título se basa en los muros y cubiertas verdes y su aplicación en edificios del tipo residencial, hotelera, construcciones corporativas y grandes luces. Se realizará un estudio de mercado para Santiago, Región Metropolitana de Chile. Un muro y cubierta verde, es un sistema Semi o completamente cubierto con plantas que incorpora un sustrato, con un sistema integrado de agua para riego. Esta solución verde de muros y cubiertas varía dependiendo según la elección de plantas, el sustrato, y el tipo de muro o de cubierta y donde estos se implementarán (geográficamente). Es necesario saber que, para el caso de los muros existen tipos de interior y exterior, pero para efectos de esta memoria de título el enfoque será para las instalaciones al exterior, y los distintos tipos de sistema que existen tanto para muros como cubiertas.

En la memoria de título se realizará una distinción acerca de una serie de términos, sinónimos y/o nombres comerciales que hacen referencia a los temas de la investigación, para evitar obstaculizar la comprensión de ideas, ya que se hará referencia con el nombre original y simple de cada uno de los sistemas.

Es importante considerar que hoy en día esta solución constructiva ecológica se ha vuelto popular especialmente en las áreas urbanas. (Yalcinalp et al., 2017). A raíz que cada día se incrementa la densidad de población, las zonas residenciales e industriales, estos cada vez comenzarán a ocupar y reemplazar los sectores verdes en las ciudades, ocasionando un gran impacto en el entorno en el cual hoy en día nos desenvolvemos.

Para el desarrollo de la investigación la contaminación, es un factor a considerar ante la propuesta de este sistema, debido a que causa un alto desequilibrio para el medio ambiente y los individuos que habitan este planeta. Esta es una problemática global. Si bien los seres humanos han generado grandes avances tecnológicos, a la vez también han descuidado al ambiente y una gran razón que esto ocurra es por la incorrecta utilización de recursos naturales y producción de distintos tipos de contaminantes, es por este motivo que para contrarrestar esta fuerte problemática que se ha desarrollado en todo el mundo, se propone esta solución verde, si bien tiene un alto costo, es ideal para implementarse en las urbes.

Dentro de los problemas ambientales no solo está la contaminación, hay otro factor significativo, tal como la falta de zonas verdes en las áreas urbanas, debido a que en su mayoría las ciudades del mundo cuentan con una baja cantidad de espacios verdes, sobre todo aquellas con una planificación urbanística antigua con poca preocupación de la calidad ambiental del medio urbano. Sin vegetación es improbable la producción de fotosíntesis de tal manera que el aire no se renueva, generando que lo que respiramos no sea de calidad; provocando efectos nocivos a la salud.

Este sistema verde se centra en la construcción para evadir el entorno artificial urbano (entiéndase por no natural, entorno construido o infraestructuras grises) (Xing, Jones, Donninson, 2017), que aporta una serie de beneficios los que se abarcan en cinco parámetros a analizar:

- 1.- Constructivos.
- 2.- Arquitectónicos.
- 3.- Públicos.
- 4.- Privados.
- 5.- Salud.

El propósito de esta memoria de título, es investigar la factibilidad económica y de implementación de muros y cubiertas verdes en Chile, basada en Santiago, Región Metropolitana. (Hoy en día se encuentra una elevada cantidad de registros de muros y cubiertas verdes en esta ciudad). Además, lograr que la sustentabilidad pueda ocupar un rol cada vez más predominante, e importante en el área de la construcción.

Es trascendental conocer las normativas aplicables a muros y techos verdes que deben cumplir sobre rendimiento energético (los conocidos como puntos leed) y para su instalación en aspectos constructivos.

Para dar sustento a la investigación se realizará un estudio de la inversión comercial en el mercado actual para muros y cubiertas verdes en la Región Metropolitana, a través de: la recolección de datos, los que serán obtenidos mediante encuestas cuantitativa, de forma online que permitirán conocer el número de individuos que se mostrarían a favor o en contra con la implementación de estos sistemas (muros y cubiertas verdes), los datos que para usos prácticos se convertirán en estadística aplicada mediante la creación de modelos determinísticos que permitirán conocer, y segmentar el mercado actual. Estos permitirán caracterizar y/o identificar los patrones del público objetivo en cuestión señalando sus tendencias y/o preferencias en relación a los muros y cubiertas verdes. Además, se debe conocer, que los servicios constructivos y ecológicos son unidades conmensurables (medibles) monetariamente y los beneficios de biodiversidad se consideran intangibles y difíciles de medir.

Los muros y cubiertas verdes generan un aporte al área de la construcción, de tal forma que efectivamente funciona como aislante térmico, debido a la reducción de temperatura interior del inmueble o mantención de ella según época del año, generando un ahorro monetario a propietarios de la edificación. (Väinö et al., 2013)

Otro aspecto relacionado al confort de una construcción que es proporcionado por la implementación de un muro o cubierta verde es la aislación acústica, siendo instalada en zonas con alta tendencia a ruido, es efectiva la disminución de presión sonora (medida en decibeles) emitida hacía el interior del inmueble. En el exterior este cubrirá la estética como una "atractiva terminación", debido a las especies vegetales (plantas), además de ofrecer protección a la estructura de la radiación solar, junto con control y absorción de aguas capturadas por la armadura vegetal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Determinar los tipos de sistemas, aspectos botánicos, aspectos constructivos y mantenimientos de muros verdes exteriores y cubiertas verdes, junto con analizar las especificaciones técnicas y consideraciones para proyecto como método constructivo. Además, analizar una evaluación económica, para estudiar el mercado actual de los sistemas verdes en edificaciones en la región metropolitana de Santiago, Chile. Para lograr demostrar la viabilidad comercial del proyecto.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar cada uno de los componentes, procedimientos, materialidad, y montaje de los sistemas para realizar una correcta construcción.

Definir y conocer los beneficios y desventajas que contienen los sistemas propuestos para evaluar y considerar su efectiva implementación.

Conocer el mercado inmobiliario para determinar una evaluación económica de ambos sistemas través de un análisis cuantitativo discreto de la información recolectada.

Determinar la sostenibilidad de los sistemas de muros y cubiertas verdes.

1.1.3 Alcances

En la presente memoria de título se realizará la implementación teórica de muros y cubiertas verdes, para aspectos botánicos, constructivos técnicos y normativas aplicables a los sistemas. Se expondrá una serie de ejemplos destacables a nivel mundial clasificados en continentes, y se desarrollara estudio de caso particular para la región metropolitana de Chile, a través de recolección de datos, los que serán obtenidos mediante encuestas online de carácter cuantitativa, lo que permitirá conocer el número de individuos que se encuentran en un nicho a favor o en contra de la implementación de estos sistemas, junto con la determinación de ámbito geográfico, cuantificando el mercado, y realizando una segmentación del perfil del cliente para estudiar y comprender las motivaciones y comportamientos para invertir en este tipo de sistemas vegetales de acuerdo a sus intereses y necesidades. Finalmente incluyéndose una proyección futura de muros y cubiertas verdes en cuanto a lo que se espera en el mercado actual.

1.2 EVOLUCIÓN DE MUROS Y CUBIERTAS VERDES.

A continuación, se presentará en orden cronológico los hitos más relevantes de la historia de los muros y cubiertas verdes, desde antes de Cristo, hasta el siglo XXI (1 de Enero del 2001), ya que desde esta fecha hasta la actualidad (año 2018) se encontrará en el capítulo N° 2 de la presente memoria de título.

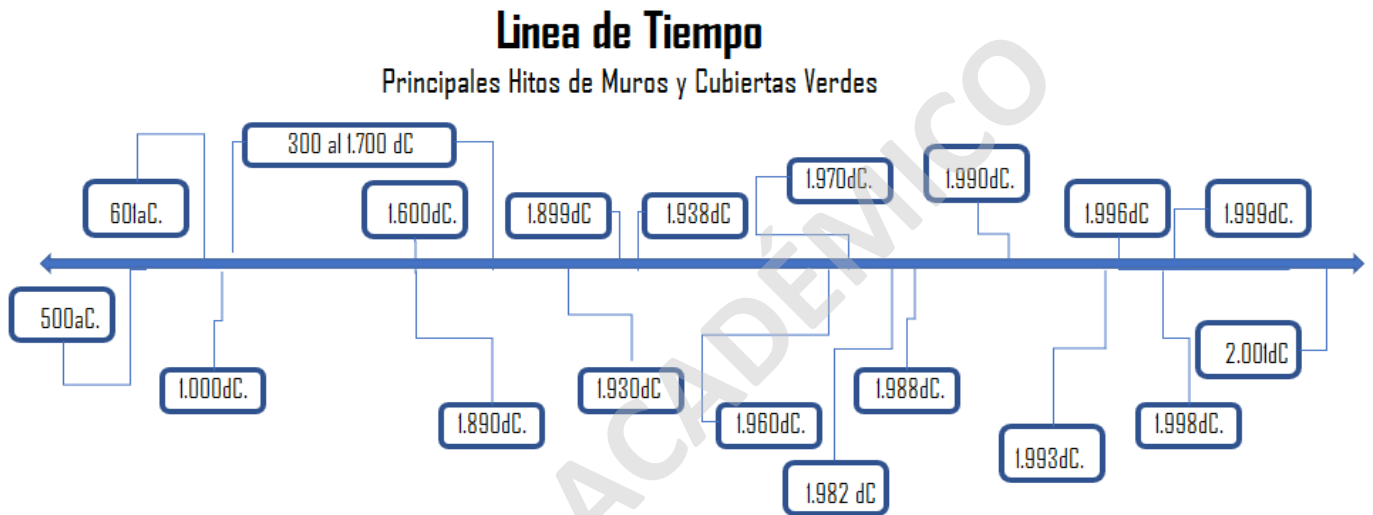


Figura 1.1 Principales hitos de muros y cubiertas verdes

Fuente: Elaboración Propia.

500 a.C. En Los Jardines Colgantes de Babilonia, durante el reino de Nabucodonosor II, se implementa muro verde con un complejo sistema de bombeo de agua, operado de forma manual por esclavos con diferentes tipos de plantas. También usado para los techos, este fue construido sobre vigas de piedras arqueadas e impermeabilizadas con capas de juncos y alquitrán grueso.



Figura 1.2 Jardín Colgante de Babilonia

Fuente: <http://www.labioguia.com/notas/la-historia-secreta-y-completa-de-los-jardines-colgantes-de-babilonia-la-maravilla-del-mundo-antigo>

601 a.C. Desarrollan el sistema de cubiertas verdes en los jardines de techo ornamental en el valle de río Tigris y Éufrates.

300 al 1.700 Los Romanos inician los cultivos de vides a través de “jardines verticales” apoyándolos en muros de sus casas.

1.000 Los Vikingos aplican el uso de los techos verdes, para las reconstrucciones de las casas de césped nórdicas. Su uso era para impermeabilizar el interior de las construcciones y evitar el escape de temperaturas.



Figura 1.3 Muestra de construcción vikinga

Fuente: <http://urbanismoytransporte.com/antecedentes-historia-de-las-cubiertas-vegetales/>

1.600 En Isla de Pascua, Chile. La cultura Rapa-nui implementa techos verdes para los albergues ceremoniales de los reyes de la isla, la utilización de hierbas por encima de la construcción se realizaba ya que esto les proporcionaría protección contra la intemperie.



Figura 1.4 Casas de Orongo

Fuente: <https://imaginaisladepascua.com/que-ver/sitios-arqueologicos/orongo/>

1.890 Comienza el movimiento Jugendstil, el que recibe este nombre en Alemania y los países nórdicos, siendo este una renovación artística inspirada en la estética de la naturaleza, llevando este estilo a los muros verdes, rompiendo el esquema de arquitectura existente de la época. Utilización de plantas trepadoras para hacer una transición entre la casa y el jardín, lo cual supuso una alternativa innovadora, y contribuyó al desarrollo del movimiento.

1.899 En Inglaterra, nace el movimiento Garden City, el que promueve un método de planificación urbana en que las comunidades estén envueltas en un cinturón verde. El primero que fue creado se ubica en Letchworth, considerada como la primera ciudad jardín del mundo, un patrimonio único.



Figura 1.5 Letchworth Garden City.

Fuente: <https://www.theguardian.com/housing-network/gallery/2011/oct/26/living-buildings-garden-museum-exhibition>

1.930 Disminuye el uso de plantas trepadoras, debido a que se empiezan a emplear nuevas metodologías en el área de la construcción, Además, comenzaron paradigmas hacia este sistema, ya que se creía que los muros verdes aportaban una sobrecarga de uso al peso propio de la estructura, además que estos aportaban humedad, debilitándolos en forma estructural.

1.930 Se construye el primer techo verde en new york, corresponde a una cubierta ajardinada que es materializado en el centro Rockefeller, considerado como un rascacielos emblemático al ser pionero para la construcción de elementos verdes en una azotea, esto se implementa de una manera para combatir el cambio climático.



Figura 1.6 Rockefeller Center

Fuente: <https://www.construible.es/comunicaciones/implementacion-cubiertas-ajardinadas-lucha-contra-cambio-climatico>

1.938 Stanley White, arquitecto de la universidad Illionis en Chicago, Estados Unidos. Teoriza de manera oficial muros verdes con un croquis, al cual llama “ladrillos botánicos”, el cual patenta, pero no progresa más allá de la creación que realizo en su patio.

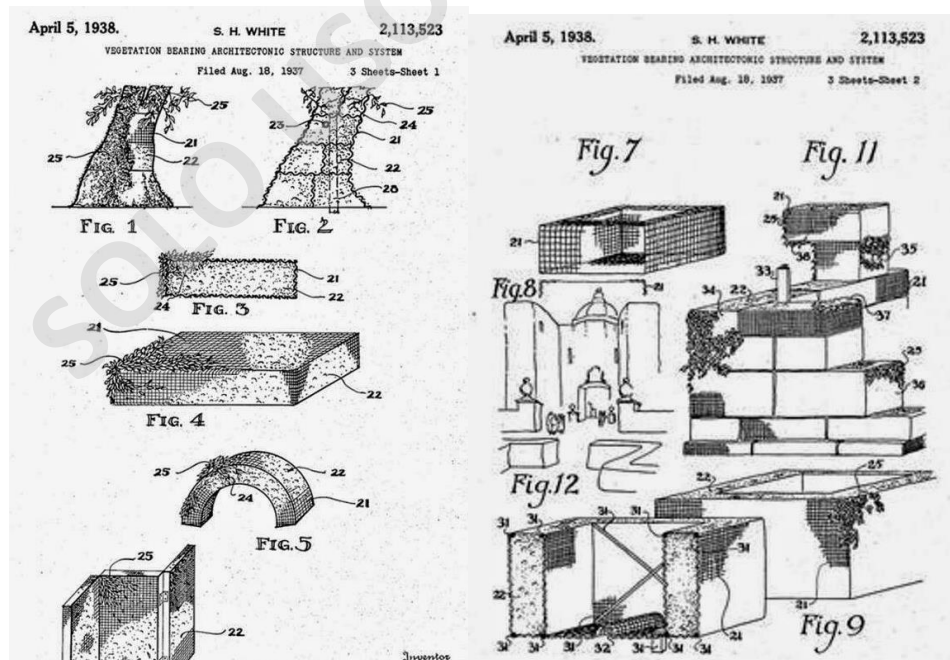


Figura 1.7 Croquis Ladrillos Botánicos

Fuente: <http://jardinesverticalesycubiertasvegetales.blogspot.cl/2014/07/patente-del-primer-muro-verde-por.html>

1.960 En países escandinavos, debido a las propiedades térmicas de los techos verdes, son estos utilizados para protegerse del frío, ya que estos países tienen condiciones climáticas extremas.



Figura 1.8 Techo de césped en Noruega
Fuente: Scandinavian Green Roof Association

1.970 Debido a la crisis del petróleo, Alemania comienza a realizar la utilización de muros y techos verdes, con el propósito de reducción de consumo de energía.

1.978 Barcelona, se realiza el primer jardín vertical colgante, pionero de una nueva era de hacer jardines, el que se implementó en el edificio Banca Catalana, el cual además es el primer jardín vertical de Europa.



Figura 1.9 Edificio Banca Catalana

Fuente: https://elpais.com/diario/2001/12/01/catalunya/1007172444_850215.html

1.982 Casa de Paul Harris, Chile. Creada por el arquitecto Enrique Browne, esta contiene un parrón de entrada con enredaderas.



Figura 1.10 Casa de P. Harris.

Fuente: <http://www.disenoarquitectura.cl/casa-paul-harris-enrique-browne/>

1.988 El botánico Patrick Blanc patenta los sistemas de muros vegetalizados, cuya característica principal es instalar paneles de PVC en muros y fachadas, los que cubre con

fibras naturales no biodegradables, colocando plantas dentro de las mismas. Esto lo realiza para su primer muro vegetal en el museo de las ciencias y la industria en Paris. Musee de la Villette.

1.988 Se implementa, un sistema de cableado de acero inoxidable, a modo de tensores, para fachadas verde, aportando al control de la sobrecarga que estos generan, el cual tiene su primera aparición en el mercado inmobiliario de América del norte.

1.990 Se desarrollan enrejados modulares en mercado de América del norte.

1.993 Se inaugura el edificio Consorcio de Santiago, Chile. Ubicado en la comuna de Las Condes, su emplazamiento es Av. El Bosque con Av. Tobalaba. Posee una fachada verde, que se compone de parrones de hoja caduca y enredaderas, las cuales protege al cubrir la insolación que sufre la edificación en el cuerpo de esta. La solución de diseño es verticales, separados por 1,40 mts desde el plomo exterior del edificio. Esta separación asegura amplitud para corrientes de aire. Este sistema está programado con riego automático por goteo. Trabajo realizado por la participación del arquitecto Enrique Brown.



Figura 1.11 Edificio Consorcio.

Fuente: <http://www.disenoarquitectura.cl/edificio-consorcio-santiago/>

1.993 Primera aplicación importante de un sistema de paneles enrejados utilizados en universal City Walk en California.



Figura 1.12 Universal City Walk

Fuente: <https://jardinessinfronteras.com/2018/02/02/muros-verdes-y-jardines-verticales/>

1.993 Se realiza la creación en EEUU de Green Building. Organización que promueve la sostenibilidad en diseño, construcción y certificaciones.

1.995 Se crea en Japón la gran edificación de Acros Fukuoka Prefectural International Hall, para oficinas gubernamentales de 14 pisos. Considerado uno de los primeros edificios en incorporar cubierta verde en el mundo, su sistema es de cubierta verde intensiva, que posee 50.000 plantas en total con 120 variedades, conteniendo así una gran diversidad botánica. La pendiente de la cubierta es de 2% y proporciona regular la temperatura interior de estas oficinas.



Figura 1.13 Acros Fukuoka

Fuente: <http://revistamadretierra.com/wp-content/uploads/2013/07/8955-200planetagadget.com.jpg>

1.996 Alrededor de diez millones de metros cuadrados de techos verdes, construidos en Alemania, debido al apoyo legislativo y financiero del gobierno y municipalidades del país.

1.998 Patrick Blanc realiza muro verde vertical encima de la puerta principal del edificio en la Fundación Cartier en París. De esta manera Blanc comenzó a ganar renombre a partir de dicha creación. Lo realizó con una estructura metálica, una lámina plástica como panel de soporte, una capa de fieltro de poliamida, que funciona como una base de apoyo y luego la plantación sin tierra con un suministro de agua y nutrientes. Consistía en una red de tuberías con una boquilla de goteo alimentada con una bomba de agua y nutrientes que va fijada sobre la capa de enraizamiento. Estableciendo que las plantas no necesitan suelo para crecer.



Figura 1.14 Entrada del edificio Fundación Cartier.

Fuente: <https://moovemag.com/2013/07/arte-contemporaneo-en-la-fundacion-cartier/>

1.999 En Estados Unidos, comienza la Asociación Industrial Green Roofs for Healthy Cities, sin fines de lucro, que busca aumentar y concientizar acerca de los beneficios medio ambientales de los techos verdes tanto como para muros verdes.

2.001 Hotel Perthsing Hall, París. Ubicado en un muro del patio, se considera la segunda obra creada por Patrick Blanc, la cual se compone por aproximadamente 300 especies diferentes de plantas y cuenta con 30 metros de alto.



Figura 1.15 Muro verde en el patio del hotel.

Fuente: <http://www.v-ter.com/vivers-ter/novedades/noticias-vvt-2017/256-edificios-paredes-verdes-paris.html>

Luego de dar a conocer la trascendencia de los muros y cubiertas verdes, siendo que estos han existido desde siempre solo que con una mirada diferente a la que es hoy en día se conoce. Se ha mostrado la evolución exponencial y posible tendencia futura. Sin importar en qué país y localidad, su uso partió con fines estéticos, de protección (aislación) y ecológicos a medida que va avanzando los hitos más relevantes.

Ya que hoy en día se vive una realidad en la cual los ambientes están altamente contaminados, además de saturados de edificaciones (escenario el cual no cambiara ni se detendrá) y densidad de población, en el que el uso de muros y cubiertas verdes tendrán un aumento necesario, por la cantidad de beneficios que estos pueden otorgar para los siguientes años.

1.3 DEFINICIONES

Si bien en el punto anterior se señaló la historia de muros y cubiertas verdes, a continuación, se presentarán las definiciones de estas para tener una mayor comprensión y entendimiento:

1.3.1 Cubierta verde: Se denomina de esta manera a la superficie exterior de cubierta, que está preparada para la instalación de una manta de vegetal, ya sea parcial o completamente, sobre los techos de edificaciones nuevas o existentes, o completa. Este se compone de un sustrato, drenaje, filtro, medio de crecimiento y una capa vegetal, siendo posible la incorporación de más capas vegetales, teniendo un mínimo de tres de estas. Su función es impermeabilizar, aislar térmicamente, manejar las aguas lluvias, y aumentar las áreas verdes, contribuyendo así a disminuir el fenómeno de isla de calor y cambio climático de los centros urbanos, generando beneficios estéticos, de ahorro y sociales. (Presentados en extenso en el capítulo N° 2 de la presente memoria de título)



Figura 1.16 Proyecto Cumbres Huechuraba

Fuente: Verde Activo

1.3.2 Fachada verde: Es un sistema de plantas trepadoras que puede ser de pared o techumbre, que están capacitadas para cubrir estructuras, a partir del uso de enrejado de madera o mallas como soporte de la planta. Los materiales vegetales pueden enraizarse desde el suelo y no requieren de riego adicional.



Figura 1.17 Av. Consistorial (Peñalolén, Santiago, Chile.)
Fuente: Elaboración Propia.

1.3.3 Muro verde: Es una pared que se compone de plantas de forma vertical, soportadas por un sistema integrado o paneles estructurales para la parte exterior, este sistema puede ser instalado en un edificio o construcciones a grandes luces como malls, edificios corporativos, etc. Este puede ser continuo o independiente. Al igual que una cubierta verde, el muro verde requiere de drenaje, riego y vegetación incorporada en el mismo sistema, además de que se instala plantas sin necesidad de suelo. Las plantas elegidas a diferencia de una fachada, necesitan de una estructura de soporte y requieren de un mantenimiento más intensivo. Este sistema proporciona a la estructura un "sombreado" el que genera un microclima más frío y contribuye a la mejora de la calidad del aire, entre otras. (Presentados en extenso en el capítulo n°2 de la presente memoria de título)



Figura 1.18 Mall Parque Arauco

Fuente: Plant Art

1.3.4 Huerto urbano: Se considera la mezcla de las técnicas del sistema de cubiertas verdes junto con la agricultura, el cual estos medios verdes permitirán la cultivación de los propios alimentos de forma local y sostenible. El proceso de cultivo es amplio para todo tipo de vegetación. Generando un espacio de horticultura para una comunidad o propio.



Figura 1.19 Huerto urbano en azotea de Madrid.

Fuente: <http://www.elmundo.es/tendencias/2014/05/28/5384bab7268e3e5a308b457c.html>

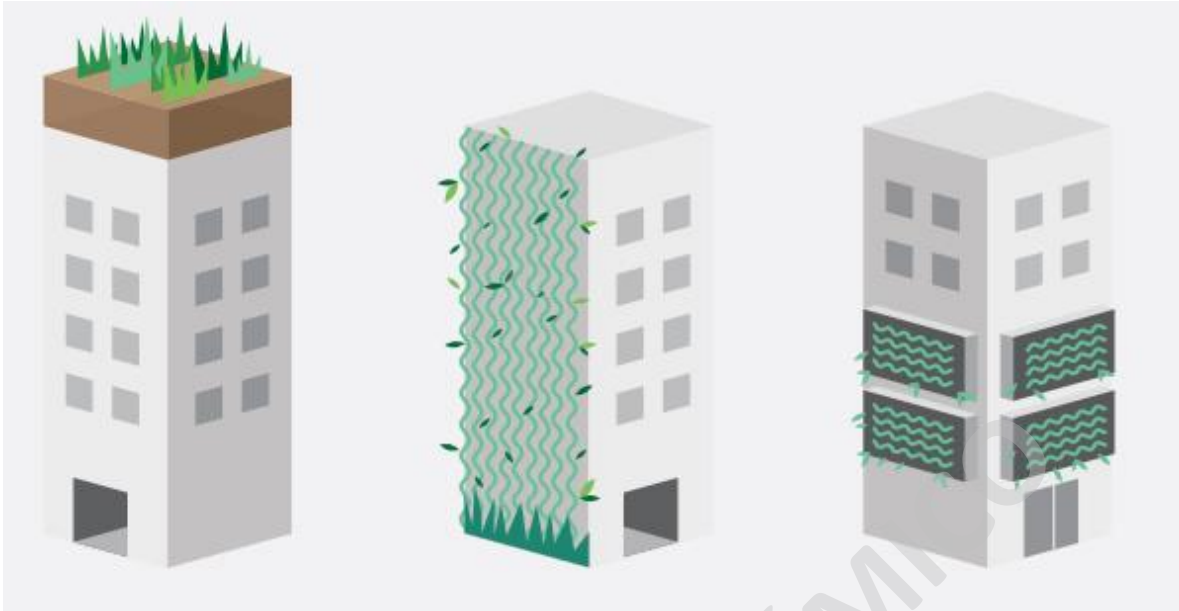


Figura 1.20 Cubierta, fachada y muro verde
Fuente: Growing Green Guide

1.3.5 DESAMBIGUACIONES

El significado de las palabras es un tema en el procesamiento del lenguaje natural y es por esta razón que se realiza la definición exacta de los términos utilizados en la presente memoria de título (sección 1.2 Definiciones), para evitar la pluralidad de significados y a continuación de estos, un listado con una serie de terminologías que hacen referencia al tema a investigar.

Este conjunto de términos que se presentará a continuación, se consideran con el “mismo” significado para referirse a las definiciones realizadas anteriormente, para estar en conocimiento de aquellos sinónimos de la palabra original o clásica del sistema.

Para Cubiertas Verdes:

- Azoteas vivas.
- Jardín Viviente.
- Eco cubierta (nombre comercial).
- Techo frío.
- Techo cálido.
- Techos frescos.
- Tejado ajardinado.
- Techo verde.
- Cubierta vegetal.
- Cubierta ecológica.
- Naturados.

Para Muros verdes:

- Jardín vertical.
- Pared verde o viviente.
- Pielas verdes.
- Biomuro.

En la presente memoria de título se presentará acerca de sistemas considerados como ecológicos (muros y cubiertas verdes), es conveniente realizar la definición de dos términos utilizados que forman parte del trascurso de cada uno de los capítulos y conjuntamente será beneficioso para un mayor entendimiento.

1.3.6 Sustentabilidad vs Sostenibilidad

Es importante saber diferenciar que estos conceptos ofrecen significados similares o se utilizan para el mismo contexto, pero realmente su significado que tiende a confundirse, si bien estos términos son completamente diferentes, ya que son ambos utilizados al referirse a responsabilidad social con el medio ambiente.

Sustentabilidad: Consiste en un incremento regulado que abarca medidas sociales y gubernativas para dirigir con eficiencia los recursos. Satisface las necesidades sin comprometer el medio. Terminología con inclinación a la intervención humana.

Sostenibilidad: Hace referencia a que puede mantenerse o perdurar por sí mismo, sin perjudicar los recursos. Logra equilibrar de forma autónoma. Hace inclinación hacia una idea autárquica.

CAPITULO 2: ESTADO DEL ARTE

2.1 EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE MUROS Y CUBIERTAS VERDES

El objetivo de este capítulo es entregar un registro de ejemplos de muros y cubiertas verdes que se han desarrollado alrededor del mundo, sin importar su año de elaboración, estos se han mantenido en el tiempo y siguen funcionando en la actualidad con éxito (año 2018). Es importante mencionar que los que se presentarán a continuación no son los únicos, solamente los más relevantes, porque la incorporación de estos sistemas de muro y cubierta verde han aumentado positivamente a nivel mundial. Para mayor entendimiento su orden será a través de continentes, comenzando con el continente europeo, continente americano, continente asiático y finalmente de Oceanía.



Figura 2.1 Continentes del mundo.

Fuente: <https://www.saberespractico.com/geografia>

2.1.1 DESTACADOS DE EUROPA.

Emblemático Museo Quai Branly, ubicado en París, Francia. En el año 2004 se crea este muro exterior que posee una exuberante fachada, diseñado por Patrick Blanc, con una superficie de 800 m² de verdadero jardín vertical, con un total de 15.000 plantas, con 150 especies distintas. Consta de un circuito cerrado que aporta el agua con nutrientes adicionales que humedecen un fieltro de poliamida sobre el cual las plantas se encuentran enganchadas.



Figura 2.2 Musée du Quai Branly

Fuente: <https://www.murvegetalpatrickblanc.com/realisations/paris-ile-de-france/musee-du-quai-branly>

Rue D'Alsace, ubicado en París, Francia. Creado por Patrick Blanc, en el año 2006 con una superficie de 1400 m² y 27 metros de alto. Comprende 40.000 plantas con más de 110 especies. Toda esta vegetación protege la estructura del ruido de la ciudad.



Figura 2.3 Rue D'alsace

Fuente: <http://www.v-ter.com/vivers-ter/novedades/noticias-vvt-2017/256-edificios-paredes-verdes-paris.html>

Caixa Fórum, ubicado en Madrid, España. Su inauguración se realiza en el año 2008, obra creada por Patrick Blanc, considerada el pulmón verde de la ciudad. Las dimensiones del muro verde son 24 metros de altura con 15.000 plantas de 205 especies diferentes de vegetación con una gran variedad de tonalidades verdes.



Figura 2.4 Caixa Fórum

Fuente: <http://www.jardinesverticales.es/los-jardines-verticales-mas-grandes-del-mundo>

Hotel Ushuaia, Ubicado en Ibiza, España. Inaugurado el año 2011. Este muro verde tiene el propósito de ser una gran barrera acústica entre la discoteca del patio y el hotel. La configuración de este muro verde se basa en botelleros cerámicos que contienen las plantas que se encuentran levemente inclinados lo que le permite la entrada de agua. Utiliza una gran cantidad de plantas que se adaptan a las condiciones climáticas del país, la más popular de estas Sedum. Conocido como “jardín vertical Eco.Bin”.



Figura 2.5 Elementos cerámicos de las plantas.

Fuente: <http://www.alicanteforestal.es/jardin-vertical-ibiza/>



Figura 2.6 Parte trasera del hotel.

Fuente: <http://www.alicanteforestal.es/jardin-vertical-ibiza/>

Hotel Mercure, ubicado en Madrid, España. Creado el año 2012, conocido como “la joya eco oculta”, ya que esta se encuentra al interior del hotel. Considerada como muro verde colgante, inspirado en los jardines colgantes de Babilonia en la antigüedad. Consta de 844 m² de superficie con 200 especies que componen a este muro con 20 metros de altura. Se crea con el propósito de entregar una linda vista para quienes hacen uso de las habitaciones

del hotel, es decir, fines decorativos con aportes medio ambientales. Este muro absorbe 25.000 kg de CO₂ al año, también reduce la contaminación ambiental y hasta proporciona aislación acústica por lo frondoso que este es. Utiliza las aguas del hotel como regadío.



Figura 2.7 Vista de abajo hacia arriba de Hotel Mercure

Fuente: http://www.telva.com/2012/03/26/estilo_de_vida/1332768566.html

Hotel Athenaeum, ubicado en Londres, Reino Unido, obra creada por Patrick Blanc en el año 2009, contiene doce mil plantas con 260 especies a lo largo de la edificación de ocho pisos.



Figura 2.8 Hotel Athenaeum

Fuente: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/london/athenaeum-hotel-london>

Centro comercial IlFiordaliso, Ubicado en Milán, Italia. Comprende una gran dimensión de 1.263 m² que rodea el centro comercial, este muro consta con más de 44.000 plantas de 200 especies diferentes, que estuvieron cultivándose en un vivero durante un año para luego realizar el traslado al muro una vez este ya listo.



Figura 2.9 Centro comercial Il Fiordaliso

Fuente: <http://www.jardinesverticales.es/los-jardines-verticales-mas-grandes-del-mundo/>

Galeries Lafayette, ubicado en Berlín, Alemania. Pequeño pero muy famoso muro verde creado por Patrick Blanc, el año 2008.



Figura 2.10 Galerías Lafayette

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/galeriesslafayetteberlin/4427080558>

2.1.2 DESTACADOS DE AMÉRICA.

Biblioteca Pública de Semiahmoo, ubicado en Washington, Estados Unidos. Proyecto finalizado el año 2011. Es uno de los muros verdes más grandes con 280 m² de vegetación. Cuenta con 10.000 plantas que figuran más de 120 especies, incluyendo plantas, arbustos y árboles pequeños. Se construye con el fin de aislación del edificio, purificar aire del entorno y transformar la fachada gris del hormigón a verde y ecológica.



August 2010

Figura 2.11 Biblioteca Pública de Semiahmoo, antes.

Figura: <http://www.huichol.com.mx/6-hechos-jardines-verticales-no-conocias/>



Figura 2.12 Biblioteca Pública de Semiahmoo, actual

Fuente: <http://bibliotequera.blogspot.cl/2011/08/muro-verde-biblioteca-semiahmoo-estados.html>

Vancouver Convention Centre, Canadá. Elaborado el año 2001. Considerado uno de los "top ten" de construcciones verdes. Los niveles de techo verde contemplan 6 hectáreas con aproximadamente 400.000 plantas nativas. Su propósito es la filtración de aguas pluviales junto con la aislación térmica para controlar la temperatura interior de la construcción. Tiene incorporado una planta de tratamiento, la cual les permite reducir el consumo de cantidad de agua potable en un 73% a través de riego de la cubierta con aguas grises.



Figura 2.13 Vancouver Convention Centre

Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/723249/centro-de-convenciones-de-vancouver-slash-lmn-architects>

Mall Parque Arauco, Ubicado en la comuna de Las Condes, Santiago, Chile. Gran centro comercial inaugura pared verde con 750 m², siendo el primer muro verde del país. Contiene más de 100.000 plantas que componen el muro verde, tiene un sistema de riego inteligente que detecta la falta de agua. Fabricado por la empresa PlantArt.



Figura 2.14 Mall Parque Arauco
Fuente: Plant Art

Hotel intercontinental, Ubicado en la comuna de Vitacura, Santiago, Chile. Edificio de 16 pisos creado el año 2010. Contiene más de 2.000 m² de muro verde. Cubre la fachada sur y poniente de la edificación, para su fabricación se utilizó tecnologías importadas de Estados Unidos. Se distingue por la aislación acústica (hasta 40 db) y térmica que tiene gracias al muro verde. Es considerado como un gran aporte verde para el sector de Sanhattan. Contiene diferentes tipos de plantas que cambian de color según distintas épocas del año. Estas plantas están sobre un armazón orgánico de 8cm de profundidad que incluye "calados" para que las raíces se entrelazan, detrás de este se incorpora el sistema de cañería de riego automático por goteo.

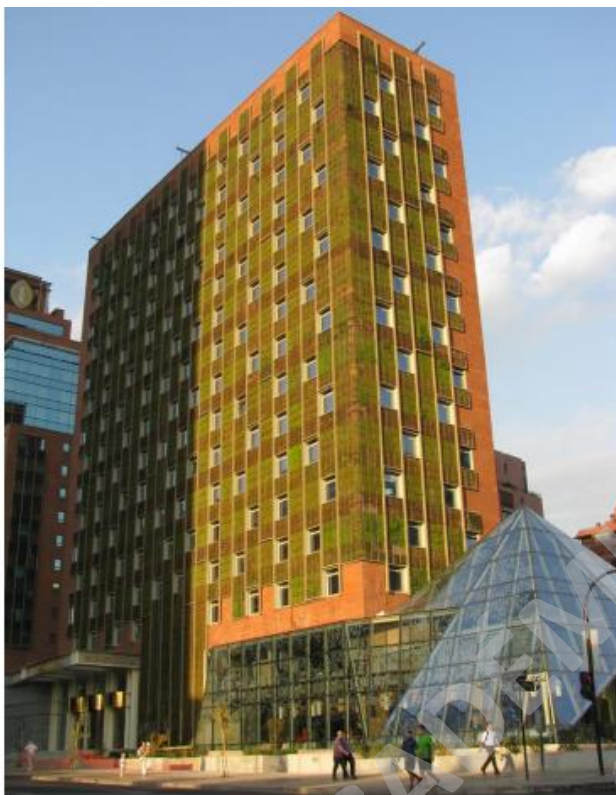


Figura 2.15 Hotel intercontinental

Fuente: <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=4030&edi=184&xit=hotel-intercontinental-tower-un-pulmon-verde-en-medio-del-centro-financiero>

Hotel Radisson, Concón, Chile. Ubicada en Avenida Borgoño. Creada el año 2010. Se presentan líneas ondulares en el muro verde, debido al diseño y la gran diversidad de plantas.



Figura 2.16 Hotel Radisson

Fuente: <http://www.v-ter.com/paredes-vegetales/proyectos-realizados-paredes-vegetales/103-pared-vegetal-chile.html>



Figura 2.17 Hotel Radisson

Fuente: <http://www.v-ter.com/paredes-vegetales/proyectos-realizados-paredes-vegetales/103-pared-vegetal-chile.html>

Universidad del Claustro de Sor Juana, ubicado en D.F, México. Creado el año 2012. Este cuenta con un área de 400 m² de muro de la universidad para enverdecimiento, con 250 especies diferentes, este sistema se realiza con el objetivo de proporcionar estética y una mayor generación de oxígeno. Este proyecto es considerado social.



Figura 2.18 Universidad del Claustro de Sor Juana

Fuente: <https://es.foursquare.com/v/jardin-vertical-claustro-de-sor-juana/519413ff498e0e798d02ea2b>

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT), ubicado en México. Edificio creado el año 2011, en el cual su techo verde comprende con 5.265 m² de vegetación en la azotea con tres ecosistemas diferentes, las cuales son vegetación tropical, desértica y plantas altas. Contiene un cárcamo para almacenar agua, sistema de riego con método de aspersión y goteo, lo que permitirá la humedad de las plantas. Considerado como la azotea más grande de latino América y con la Certificación de Edificio Sustentable y Grado de Excelencia. Tiene 80 especies de plantas que se trajeron desde invernaderos de la Universidad de manejo y conservación de vida silvestre de Semarnat. Para la realización de este proyecto se hizo la inversión de 10 millones aproximadamente, pero según el instituto la vegetación ha disminuido la temperatura del edificio entre un 10 y 15%, ocasionando un ahorro de energía.



Figura 2.19 Infonavit

Fuente: <https://mxcity.mx/2016/08/la-azotea-verde-mas-grande-de-latinoamerica/>

Edificio Celebra, ubicado en Montevideo, Uruguay. Realizado el año 2014, considerado uno de los más grandes de su país, tiene 300 m² en una superficie de 52 metros de largo con alrededor de 5 metros de altura (la multiplicación da 260). La creación de este ecosistema vertical se realiza con el propósito de proporcionar mayor cantidad de oxígeno para las personas y atrapar alrededor de 130 kilos de polvo al año. Este muro utiliza 6.000 ejemplares de plantas, de 35 especies y 10 familias distintas, para generar un gran importe estético.



Figura 2.20 Edificio Celebra

Fuente: <https://www.pinterest.cl/pin/491947959271773492/>

Parque Titanium, Ubicado en la comuna de Las Condes, Santiago, Chile. Desarrollo comercial compuesto por tres edificios de oficina de 23 pisos, creado el año 2014. Se encuentra una losa de doble curvatura en el primer subterráneo que es donde se extiende una cubierta vegetal, correspondiendo esta al cielo del primer subterráneo, esta obra comprende 9.000 m² verdes, sus medidas son de 1,12 x 2,40 mts. Está cubierta cumple la función de evacuar las aguas y continuar el homenaje de parques existentes. Proyecto certificado por US Green Building Council.

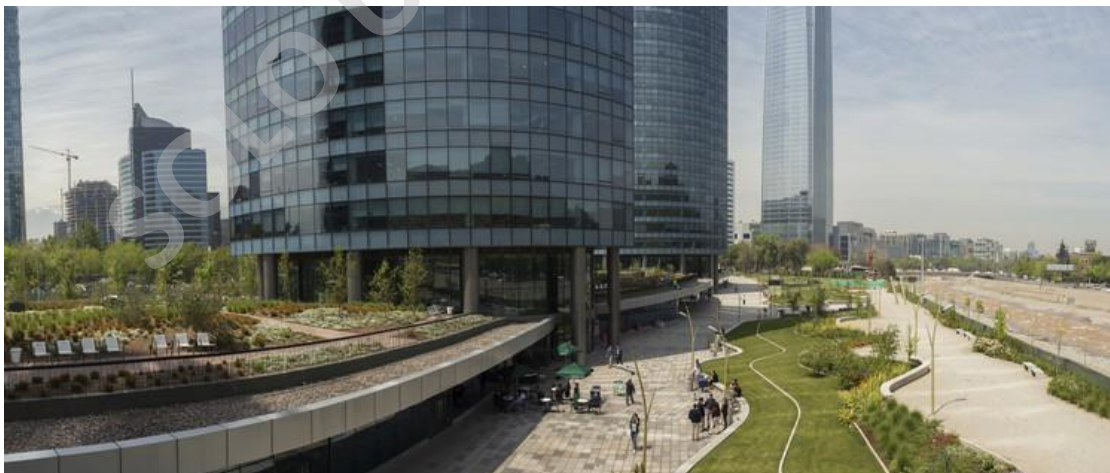


Figura 2.21 Parque Titanium.

Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-263806/en-construccion-parque-titanium-senarq>

Edificio Santalaia, ubicado en Bogotá, Colombia. Finalizado el año 2016. Edificio residencial que tiene un muro verde con 3.117 m² de vegetación, nombrado por la publicación Green Roofs, el jardín vertical más alto del mundo. Contiene un total de 115.000 plantas, las cuales utilizan 42 estaciones de riego. Esta cobertura vegetal contribuye a mejorar el efecto isla de calor, junto con una compensación de huella de carbono, además de proporcionar gran calidad de oxígeno para los residentes. Realizado por las empresas Groncol (colombiana) y Paisajismo Urbano (española).



Figura 2.22 Edificio Santalaia

Fuente: <http://www.greenroofs.com/blog/2016/09/05/project-week-september-5-2016-santalaia/>

Hotel B3 Virrey, ubicado en Bogotá, Colombia. Edificio de ocho pisos, comprende uno de los muros verdes más grandes del país, aproximadamente 360 m² de muro vegetal con 25.000 plantas, se realizó como herramienta para incrementar el valor de la propiedad y para las personas reduzcan su estrés. Se mantiene con un sistema de riego hidropónico de nutrientes. Realizado por la empresa Groncol.



Figura 2.23 Hotel B3 Virrey

Fuente: <http://groncol.com/proyectos/hotel-b3/>

Tienda Arredo Av. Libertador, ubicado en Buenos Aires, Argentina. Creado en el año 2014. Consta con más de 200 m² y 8.000 plantas con más de 20 especies diferentes. Se realiza con el objetivo de contribuir con el medio ambiente. Los paneles tienen riego automatizado



Figura. 2.24 Tienda Arredo.

Fuente: <https://www.singulargreen.com/los-cinco-mejores-jardines-verticales-en-argentina/>

Edificio Bulnes y Las Heras, ubicado en Buenos Aires, Argentina. Es uno de los primeros muros verdes de la ciudad.



Figura 2.25 Edificio Residencial.

Fuente: <https://www.singulargreen.com/los-cinco-mejores-jardines-verticales-en-argentina/>

2.1.3 DESTACADOS DE ASIA.

Centro Comercial Siam Paragon, ubicado en Tailandia en la ciudad de Bangkok. Creado el año 2005 por Patrick Blanc.



Figura 2.26 Centro Comercial Siam Paragon

Fuente: <https://www.nuevamujer.com/bienestar/2012/05/18/15-maravillosos-jardines-verticales-alrededor-del-mundo.html>

Nanyang Technological University, Ubicado en Singapur. Creado el año 2006 pero inaugurado oficialmente el año 2009, con una inversión de 38 millones SGD del proyecto. Cubierta verde intensiva con una inclinación de 45°. El fin de esta cubierta verde es reducir las temperaturas durante el día y proporcionar calidad de aire para todos. Se compone por solamente dos tipos de hierbas. Su riego se realiza a través de rociadores automáticos que utiliza las aguas lluvias recolectadas.



Figura 2.27 Nanyang Technological University

Fuente: <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=846>

Science Hills Komatsu, ubicado en Ishikawa, Japón. Este proyecto se desarrolló en el año 2013. Este museo de ciencias y centro de comunicaciones tiene cuatro cubiertas verdes onduladas que están distribuidas por la parte superior aislando la estructura para las épocas de invierno y menor pérdida de calor durante invierno. Las aguas lluvias se reutiliza como riego. El paisaje que ofrece es para el tránsito de personas del museo.



Figura 2.28 Science Hills Komatsu

Fuente: <https://building.closeupengineering.it/en/science-hills-komatsu-architecture-landscape/3449/>

Institute of Technical Education HQ & College Central, ubicado en Singapur. Construido el año 2012. Muros verdes con una altura máxima de hasta 35 metros cubren la fachada de ocho pisos del campus, lo que la transforma en una instalación de 5,324 m² de vegetación. Los muros verdes ofrecen protección a paredes con orientación al oeste, del intenso sol con grandes temperaturas, por ende, reduce la temperatura ambiental, aporta para el efecto isla de calor y en consecuencia de lo anterior colabora con un ahorro de energía en cuanto a gastos para aire acondicionado, lo que genera un aporte en la disminución de huella de carbono para la universidad. Y para potenciar la concentración de los alumnos se elaboraron los muros verdes como aislante acústico para atenuar el ruido del exterior. El riego de esta edificación es automatizado por goteo que contiene la liberación de nutrientes y agua en un tiempo y con una duración determinada.



Figura 2.29 Institute of Technical Education HQ & College Central.

Fuente: <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=1522>

Tree House, ubicado en Singapur. Edificio residencial completado en el año 2013. Hasta el año 2014 considerado por los Records Mundiales Guinness, como el muro verde más grande del mundo. El año 2013 gana los premios de MIPIM Asia Awards. Contiene 2.289 m² de enverdecimiento. Realiza un gran ahorro de agua y energía cada año. Este proyecto sostenible reduce la huella de carbono de la propiedad al filtrar contaminantes y dióxido de carbono.



Figura 2. 30 Tree House

Fuente: <http://www.bukitpanjang.com/tree-house.html>

2.1.4 DESTACADOS DE OCEANÍA.

One Central Park, Ubicado en Sídney, Australia. Construcción completada el año 2014. Edificio con dos torres residenciales con muro verde creados por Patrick Blanc, formando más de 1.000 m² con 21 paneles de plantas con el fin de regular el sol según las estaciones del año. Usa 35 especies de plantas y flores diferentes de Australia. Utiliza un sistema de riego hidropónico



Figura 2.31 One central Park

Fuente: <https://www.dezeen.com/2014/10/10/one-central-park-sydney-jean-nouvel-vertical-gardens>

2.1.5 VEGETACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES.

Cada vez las urbes optan por aplicar sustentabilidad al entorno en donde se desenvuelven cada día, dando un amplio lugar a lo que es la recuperación de espacios verdes y mejorar la calidad de vida. Siendo lo más destacable mejorar esta calidad de vida a través de combatir las fuentes contaminaciones que se viven hoy en día. Es por esta razón que los muros y cubiertas vegetales se ha ido implementando en edificios residenciales, hoteleros y de oficina, tanto como construcciones corporativas y están también tomando lugar en su instalación en lo que son las obras civiles, con el objetivo de filtrar gases contaminantes, polvo, disminuir los altos ruidos de la circulación vehicular y a su vez proporcionar un espacio visualmente más agradable.

Según lo expuesto recientemente, debido a que esta memoria de título se está centrando en estos sistemas verdes incorporados en edificios, es importante señalar que estos son utilizados e instalados en diversas áreas de la construcción, tales como obras civiles.

En la figura 2.32 y 2.33 se muestran dos aplicaciones de instalación de muro vegetal en Europa y Latinoamérica respectivamente.

Pont Juvenal, (figura 2.32) ubicado Aix en Provence, Francia. Creado por Patrick Blanc en el año 2008, en el cual se cubren 605 m² de hormigón y 15 metros de altura, transformando por completo el aspecto del puente. Para su fabricación se usaron más de 20.000 plantas, utilizando un sistema de muro verde intensivo, con el objetivo de poder producir oxígeno y renovar el ambiente de quienes circulan por esa área.



Figura 2.32 Pont Juvenal antes y después.

Fuente: <http://ecotelhado.com.co/el-puente-max-juvenal-en-aix-en-provence-francia-patrick-blanc/>

Vía verde, (figura 2.33) ubicada en México, inaugurado el 12 de julio del 2016. Proyecto verde vertical, en el cual se instalaron alrededor de 1.000 columnas en la vía más rápida de la ciudad de México. Este se llevó a cabo con la iniciativa de privados y el gobierno de la ciudad.

Este Proyecto fue realizado para combatir la gran cantidad de contaminación y el déficit de zonas verdes en la capital, este consta de 60.000 m², dispuestos en 57 km, cubriendo 1.000 columnas. El sistema constructivo es en base a elementos prefabricados, con riego por goteo, especies de fácil montaje y utiliza un sistema de muro verde soportante. Su mantenimiento es mediante la recolección de aguas pluviales del asfalto superior y, además, se le incorporó riego automatizado de agua potable.



Figura 2.33 Vía verde

Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/791416/via-verde-un-nuevo-debate-de-sustentabilidad-en-mexico>

2.1.6 PROYECCIONES FUTURAS

La finalidad de elaborar este capítulo después de mostrar los ejemplos destacables según continentes, es entregar conocimientos de lo que sucede en el mundo hoy en día. Ya que desde hace años atrás las ciudades más importantes en el mundo buscan ser consideradas y etiquetadas como “ciudades sostenibles o sustentables”, para sus habitantes tanto como para mejorar la calidad de vida del entorno en cuanto a los fuertes aspectos de contaminación que existen hoy en día en cuestión. En el que las urbes realizan grandes esfuerzos sociales y económicos para obtener finalmente un desarrollo urbano inteligente.

A continuación, se presentarán los casos más destacables para el futuro a modo de resumen, los cuales abordan la sustentabilidad y sustentabilidad en sus ciudades, el cual todos estos incorporan muros o cubiertas verdes.

Las tecnologías para la construcción, tanto como los deseos de contribuir al medio ambiente, han generado a través de los años una serie de cambios para la construcción. En el presente trabajo de título se ha hablado acerca de muros y cubiertas verdes, pero desde una perspectiva técnica, constructiva y simplificada para su utilización, conociendo de forma macro todos sus aspectos, pero hoy en día estos sistemas han ocupado una representación y labor mucho más significativo. En el caso de los huertos verdes (plantación de vegetación alimenticia en techos de cubiertas), o bien los muros verdes exteriores, generando una serie de aportes para los que habitan una edificación o para aquellos países que sus condiciones climáticas les impide la utilización de estos sistemas, puedes obtenerlo de forma artificial dentro de las respectivas edificaciones (los países destacados que más utilizan muros verdes en interior

son: Los Emiratos Árabes, Sudáfrica, Portugal, Nueva Zelanda, Irlanda, Chipre, entre otros). Esto quiere decir que los muros y cubiertas verdes están tomando un gran lugar en todo lo que se está necesitando para evolucionar. Los países según su desarrollo, cada uno está comenzando a tomar fuertes iniciativas para “re naturalizar las ciudades”, realizando abundantes inversiones millonarias, incentivos financieros y entre otros.

Se podría señalar que comienza desde el año 2011, con el proyecto financiado por universidades de Austria y Alemania y empresas privadas, para crear **Pro Green City**. Trata en enverdecimiento para ciudades europeas, en muros, cubiertas y con riegos ecológicos; la idea se basa en adaptar la ciudad a los cambios climáticos, además de contribuir a la disminución de la contaminación. Este proyecto se simuló en Viena (Austria), Bottrop (Alemania) y Madrid (España). El estudio de tres proyectos iguales, con una superficie de 38 m² ubicadas en cada uno de los países, fueron analizadas durante tres años, lo que permitió cuantificar la economía necesaria para el mantenimiento de una casa normal, esto permitió la elección de plantas para los sistemas, y demostrar cuales son los verdaderos aportes que efectúa la utilización de muro y cubierta vegetal, al mantenimiento y los principios ecológicos que se obtendrán a futuro.

Forest City, una creación que realiza China, la primera ciudad forestal del mundo, en cual la ciudad está desarrollada por muros y cubiertas verdes y paneles solares con el fin de evadir la contaminación ambiental y el calentamiento global. El objetivo del proyecto es superar los límites de la sostenibilidad, con el codicioso plan de tener el proyecto finalizado para el año 2020. Esta ciudad verde se ubicará a lo largo del Rio Liujiang, Guangxi (Sur de China). El proyecto es diseñado por una empresa italiana, la cual contendrá edificios, escuelas, oficinas, hoteles y hospitales, que estarán envueltas en vegetación. Una suposición clave es evadir la contaminación del aire, que ha cubierto muchas zonas de China, considerándose una gran amenaza. A medida que esta ciudad comience a envejecer, los arboles crecerán, lo que provocara una gran efectividad de absorción de CO₂, hacer que la temperatura promedio más baja, generación de biodiversidad de plantas y barreras acústicas. Este proyecto incluyo unas estadísticas clave de la ciudad, estas son: 10.000 toneladas de absorción de CO₂ por año, 57 toneladas de absorción de contaminantes por año, 900 toneladas de oxigeno producido por año, 30.000 habitantes, 40.000 árboles dentro de la ciudad y 1.000.000 de plantas, más de 100.000 especies dentro de la ciudad.



Diseño conceptual de Forest City en China.

Figura 2.34 Diseño de futura ciudad.

Fuente: <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2017/06/30/chinas-new-forest-city-will-make-you-rethink-urban-cities/#58c6c383dabd>

Paris, aprobó un proyecto futurista para el año 2050. Se trata de la renovación de la ciudad, proyecto conocido como “**Paris Smart city 2050**” transformar a la ciudad más sostenible, ecológica y conectada que pueda existir, ofreciendo una superior calidad de vida. El objetivo es reducir las transmisiones de contaminación en un 75%. El proyecto consta de torres residenciales con que producirán su propia electricidad por los escudos térmicos de las estructuras. En cierto sector de la ciudad se encontrará las Phosynthesis Towers, construcciones modernas con bio-reactores de algas que tendrán la capacidad de renovar el aire. En la zona de distrito 19 de París, se encontrará Farmcrapes Towers, que comprenden los huertos verticales de la ciudad, que junto con las Bamboo Towers, aportarán con los mejores productos rurales a la ciudad. Todas las aguas lluvias serán almacenadas con bombas hidroeléctricas reversibles que proporcionarán la energía por las celdas fotovoltaicas y torres eólicas instaladas en los alrededores. Se realizará la construcción de un nuevo puente con turbinas eólicas y acústicas para también la generación de energías junto con el aprovechamiento de las aguas y vientos.

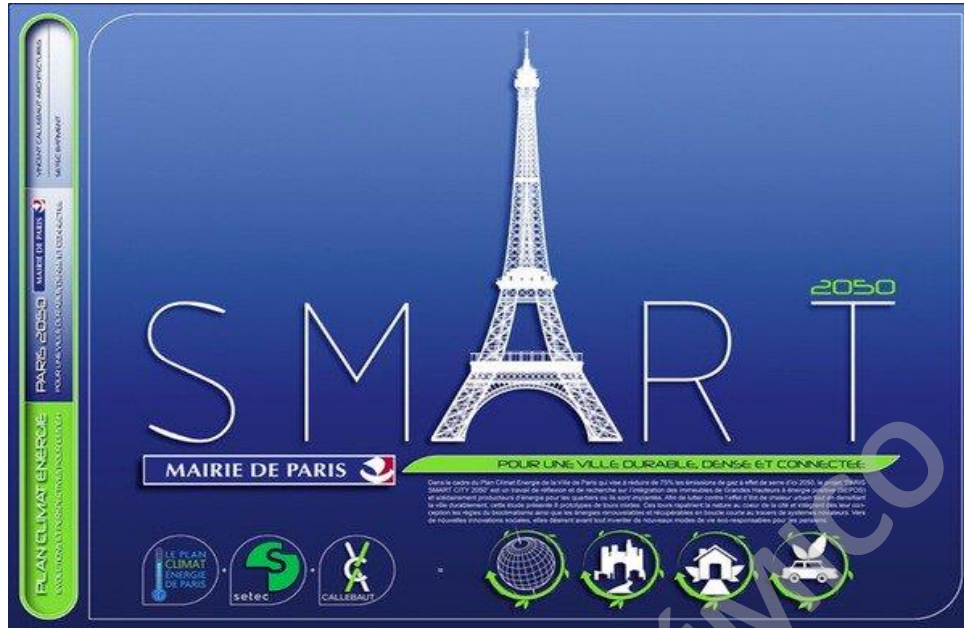


Figura 2.35 Imagen del proyecto.

Fuente:

http://vincent.callebaut.org/object/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050/projects/

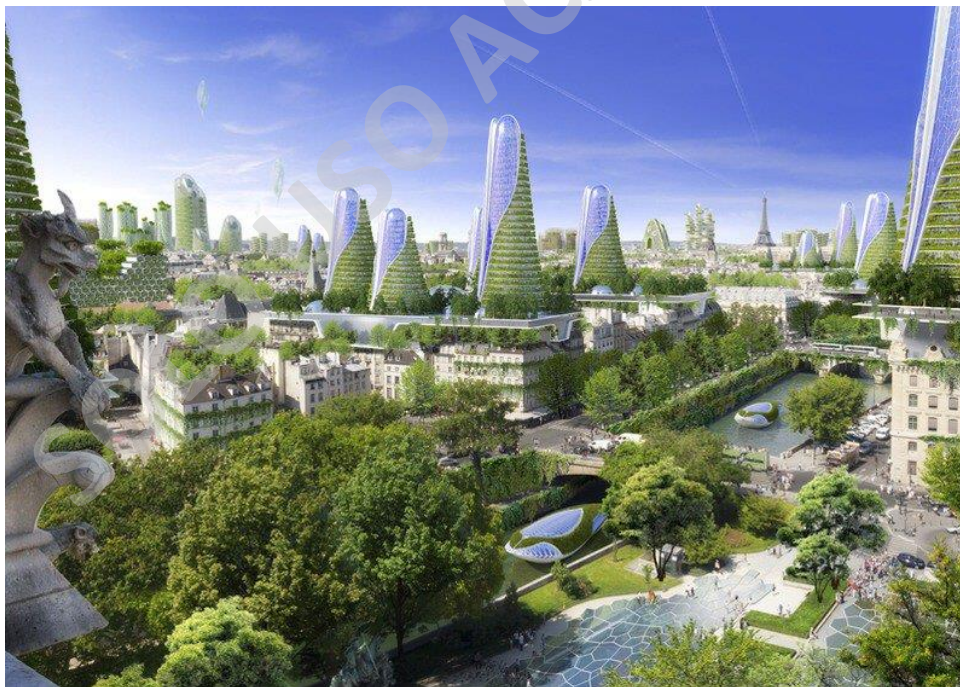


Figura 2.36 Proyecto Paris 2050.

Fuente:

http://vincent.callebaut.org/zoom/projects/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050

Copenhague, considerada una de las ciudades más habitables de Dinamarca tiene un proyecto con políticas sostenibles para el futuro, conocido como “**el plan climático**”, en el cual esta ciudad sería verde, inteligente y neutral en cuanto a la emisión de CO₂. Idea que se planteó el año 2012 para ser efectuada el año 2025. Esta ciudad plana, rodeada de edificaciones del siglo XIX, todo lo que sea vegetación está totalmente rebajado, en ausencia de árboles y como abundante se conforman con uno que otro arbusto, solo engaña la vista con sus diseños arquitectónicos, es por esta razón que se hace una pretensión mayor de la instalación de cubiertas verdes en estas edificaciones, para plantar además huertos en aquellas zonas, usufructuar las aguas lluvias y refrescar los edificios en épocas de verano. El objetivo de este proyecto es liberarse de los combustibles fósiles, basándose en la eficiencia energética, producción de energía renovable, movilidad verde y construcción verde. Se alienta a construir cubiertas verdes y muros verdes para un aporte estético y de aislación. Además, se instalarán una gran cantidad de paneles solares en edificios municipales, se fomentará el no uso de automóvil de forma privada y solamente el uso de los transportes públicos, todos estos con propósitos medioambientales, ya que esta ciudad establece que sería ideal para el uso de bicicleta como medio de transporte. Se espera que la inversión hasta el año 2025 sea de 364 millones (moneda) de parte del municipio, costos utilizados en la construcción de edificios nuevos energéticos y en renovar las edificaciones existentes, junto con la modernización del transporte público. La empresa Greater Copenhagen Utility (HOFOR), instalará 17 turbinas eólicas y lo que es la actualidad (año 2018), se han instalado tres aerogeneradores, siendo de esta manera que las energías para el futuro de Dinamarca, provendrán desde los vientos, biomasa, geotérmica y desechos.

Se dice que hoy en día se encuentra dentro de la tercera fase, ya que los nuevos proyectos de construcción deben cumplir con las normativas ambientales del año 2020 de alta eficiencia. Esta gran revolución de la ciudad danesa, es convertirse en los pioneros del mundo en cuanto a la disminución de emisiones de carbono.



Figura 2.37 Edificio de eficiencia energética en Copenhague

Fuente: https://www.huffingtonpost.com/entry/copenhagen-striving-to-be-carbon-neutral-part-3-the-us_5814ddee4b0cd37efcfea86



Figura 2.38 Revistas/Publicaciones.

Fuente: <https://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2017/07/31/copenhagens-fourfold-path-to-carbon-neutrality.html>

El **Hualien residences**, parque habitacional futurista en Taiwán. Proyecto que está actualmente en construcción, este proyecto consiste en edificaciones para el esparcimiento y recreación, considerado como resort, ubicado en Hualien, situado en el lado de la costa este. Un estudio realiza la idea, el concepto para TLDC (Taiwan Land Developed Corporation), el objetivo es que esta nueva ciudad se mimetice con el entorno, un conjunto de construcciones irregulares, estas estructuras poseerán vegetación en sus cubiertas, protegiendo a los habitantes del calor y humedad, ocasionado por el trópico de cáncer. Proyecto iniciado el año 2009 con la coordinación de su diseño y proyecto, para alrededor del año 2015 finalizar su primera vivienda con una superficie de 92 m² que consta con cubierta verde, en el cual la construcción de este proyecto se llevara a cabo de forma completa el año 2016 para estimar su finalización a finales del año 2028.



Figura 2.39 Complejo turístico costero de vacaciones.

Fuente: <https://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/hualien-residences-parque-habitacional-futurista-taiwan/>

Según los casos mostrados con anterioridad y las proyecciones de sostenibilidad que están generando grandes países en el mundo, se aprecia los diferentes tipos y diseños que estos sistemas pueden aportar a las construcciones, cada una con sus propios fines y características y aun así se han conseguido implementar o según los casos se desea incorporar en futuras construcciones en conjunto de tecnologías aplicables. (Visto en ejemplos a nivel mundial y proyecciones futuras). A modo de presentar lo que hoy en día existe en el alrededor del mundo, siendo un registro no menor y en consideración de que existen una cantidad innumerable más, los muros y cubiertas verdes son considerados desconocidos por el poco conocimiento que se tiene de estos en lo que es en la ciudad de Santiago de Chile, pero a través de estos ejemplos se demuestra todo lo que es y aporta para otros países del mundo.

Para tener un mayor alcance de estos sistemas, se efectuará un modelo de análisis el cual presentará detalladamente todos los aspectos de los sistemas de muro y cubiertas verdes.

2.2 MODELO DE ANÁLISIS

Un sistema verde se puede definir como la vegetación que se desarrolla en las envolventes de edificios, tanto en muro como cubierta. El crecimiento se dirige al control y eficiencia sostenible del inmueble, siendo un aporte para este y su entorno.

Paneles: Son fabricaciones modulares de aluminio, acero inoxidable, chapa metálica reforzada, con o sin base de polietileno. Los paneles modulares se fabricarán según las dimensiones requeridas, ya que existe una gran variedad de ellas (60x60, 80x120, etc.), y según su magnitud, luego de esto se determinará la cantidad de plantas que se permite en cada uno de los paneles, porque es en el panel donde la vegetación crece y desarrolla en el sustrato de forma horizontal, o también se puede realizar la instalación de la planta ya crecida. Este tipo de sistema se encuentra fijo a una lámina que otorga protección de humedad. Estos paneles para pared pueden ser instalados en cualquier lugar, ya que este sistema es adaptable a diferentes espacios. Este tipo de sistema puede ser con riego (riego por goteo a los módulos y circulación de agua por medio de ductos) o sin riego (riego manual).

Dentro de los sistemas de muros o cubiertas verdes, encontramos los siguientes para cada caso:

2.2.1 TIPOS DE MUROS VERDES

Dentro de las subclasificaciones que existen para los muros verdes, se puede agrupar a estos en casos directos e indirectos, según corresponda. La primera de estas son las fachadas verdes (dentro de las cuales no aplican para esta memoria de título, ya que solamente se está dando énfasis a enfoques estructurales), el sistema directo, se utilizan plantas trepadoras o auto adherentes, que provienen desde el suelo, las cuales usan la estructura existente como guía. Para los sistemas indirectos, también se utilizan plantas trepadoras que provienen desde el suelo, pero la particularidad de este es que usan un sistema intermedio entre las plantas y fachada de edificación. Dentro de la segunda categoría, de forma directa están los muros verdes propiamente tal, conocidos como sustrato liviano, en los cuales el agua, nutrientes y plantas provienen desde el sistema instalado. En este caso se encuentra la combinación con maceteros, bolsillos y una serie de tipologías diferentes entre sí, ya que todos ellos cambian su materialidad de composición, pero todos cumplen la característica de ser colgantes. Y finalmente de manera indirecta encontramos los LWS (Living Walls System) los cuales se componen con sistemas de soporte.

En la figura 2.40 se muestra un esquema a modo de resumen ejecutivo de lo que se explicará a continuación en detalle, que son los tipos de muros verdes. Se realizará una clasificación según los sustratos pesados o livianos para poder abarcarlos en subclasificaciones.

Además, en el esquema de la figura 2.41 se muestran los tipos de sistema de muro verdes y cuáles son los métodos para materializarlos, los que también se explicarán detalladamente a continuación de los esquemas.

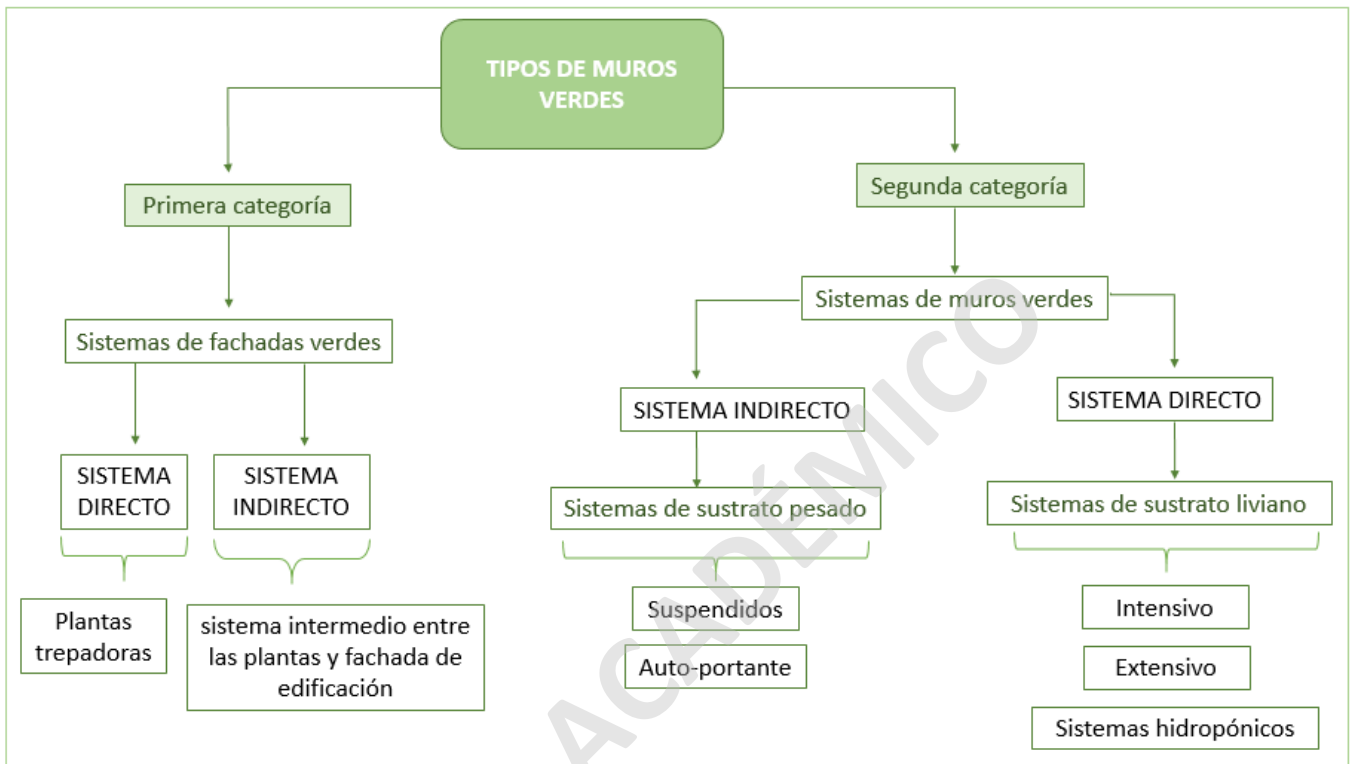


Figura 2.40 Cuadro resumen
Fuente: Elaboración propia.

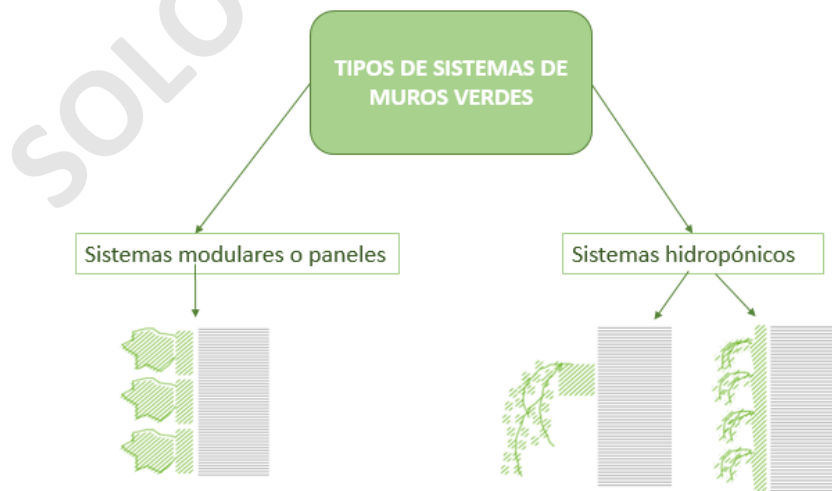


Figura 2.41 Resumen tipos de sistema de muros verdes
Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA DE SUSTRATO PESADO

Living Walls System (LWS) compuestos por elementos suspendidos y auto portante.

Suspendido: En la figura 2.42 se ve un muro verde colocado directamente sobre la pared. Se realizarán previo a la instalación una serie de cálculos que determinarán la factibilidad de materializarlos. Siendo la pared de hormigón la que funcionará como un soporte, ya que la estructura del sistema va fijado con anillos metálicos y crucetas de acero galvanizado fijados por tensión y rígidas a la estructura.



Figura 2.42 Ejemplo de muro suspendido

Fuente: Hidrosym

Auto-portante: Es una tipología de muro que se usa cuándo la pared no puede recibir una sobrecarga de uso (figura 2.43), proporcionada por el muro verde. Se materializa en el suelo una fundación de hormigón para recibir a la estructura metálica con refuerzos verticales y horizontales que soportará la carga. Este sistema no afectará a la resistencia de la pared.



Figura 2.43 Sistema auto portante
Fuente: Hidrosym

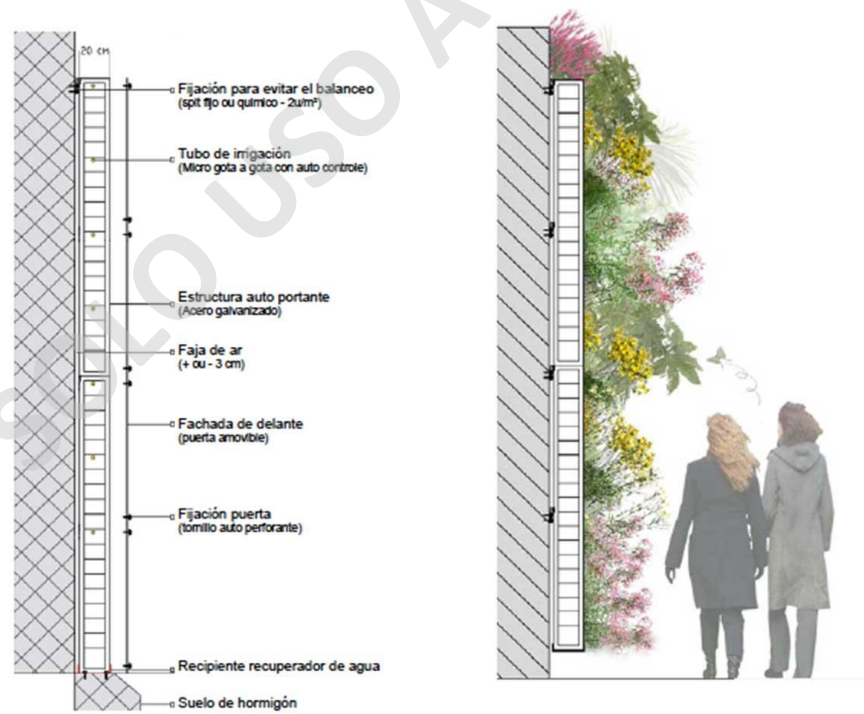


Figura 2.44 Muro auto-portante vs Muro suspendido.
Fuente: Hidrosym

SISTEMA DE SUSTRATO LIGERO

Este tipo de sistema conocido como bandejas, independiente de las dimensiones (intensivas o extensivas) que estos puedan poseer, se diseñan y elaboran con paneles modulares metálicos, estos paneles utilizan elementos de fijación para recibir la vegetación. A continuación, en la figura 2.45 se muestra su representación gráfica típica.



Figura 2.45 Ilustración de muro verde con panel.

Fuente: <https://greenwall.pro/en/technology/>

Intensivos: Se juntan todas las celdas metálicas en un solo panel (de tipo modular), que se encontrará dispuestas de manera uniforme, generando una continuidad del sustrato. Este tipo de panel puede tener un máximo de tres capas, las que comprenden: perfiles metálicos, panel de PVC, Polifiltro y una cobertura vegetal (las dimensiones de cada una de ellas dependerán de la solicitud de carga). El peso aproximado saturado del sustrato es de 35 kg/m². El riego del sistema por goteo.



Figura 2.46 Ejemplo sistema de sustrato ligero intensivo.

Fuente: Hidrosym

Extensivos: Se requerirá para en medio de cada fila y columnas metálicas, la instalación de una malla para que las plantas logren cubrir las superficies que hayan quedado sin vegetación.



Figura 2.47 Ejemplo de sistema de sustrato ligero extensivo.

Fuente: Hidrosym

Sistemas hidropónicos (independientes)

Se caracterizan por estar compuestos por cuatro tipos de materiales: Espumas, Filtros de Geotextil, Lanass minerales o fibras. Estos destacan por su gran capacidad liviana y el poder adaptarse fácilmente a cualquier tipo de proyecto debido a que su elaboración no requiere de gran dificultad. Los sistemas hidropónicos son el tipo más utilizados dentro de las obras de Patrick Blanc, conocidos por cumplir las características de ir colgados.

Colgados: Se dispone a través de “macetas” ubicadas en diferentes niveles de alturas. Este tipo de muro requiere para su instalación un sistema cerrado con suministro de nutrientes como su forma de riego. La segunda categoría es un modelo similar conocido como “sistema

de bolsillo”, siendo este un sistema monolítico, en donde se plantará la vegetación en bolsillos de fieltro que van fijados a este mismo manto vegetal (en donde se debe tener precaución con aspectos de pudrición en el material y tener control con el crecimiento de la vegetación para que este no se caiga de su superficie y lo que es peor aún, llevar consigo una sección de la estructura), según su diseño se le considera útil en cuanto a riego, ya que permite al agua poder fluir, y para controlar el exceso de esta se utiliza un sistema aparte que dependerá del proyecto.

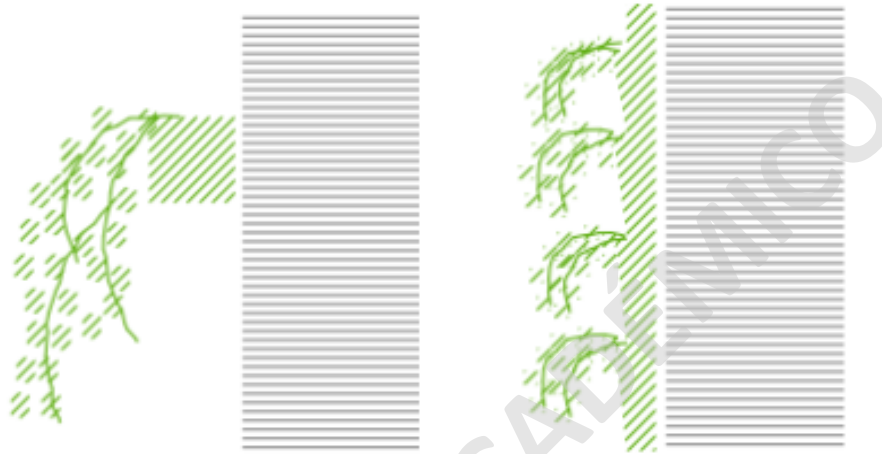


Figura 2.48 Sistema colgado vs Sistema bolsillo.

Fuente: <https://greenwall.pro/en/technology/>

A continuación, en la figura 2.49 se presentará una imagen resumen con los tipos de muro verde explicados detalladamente con anterioridad:

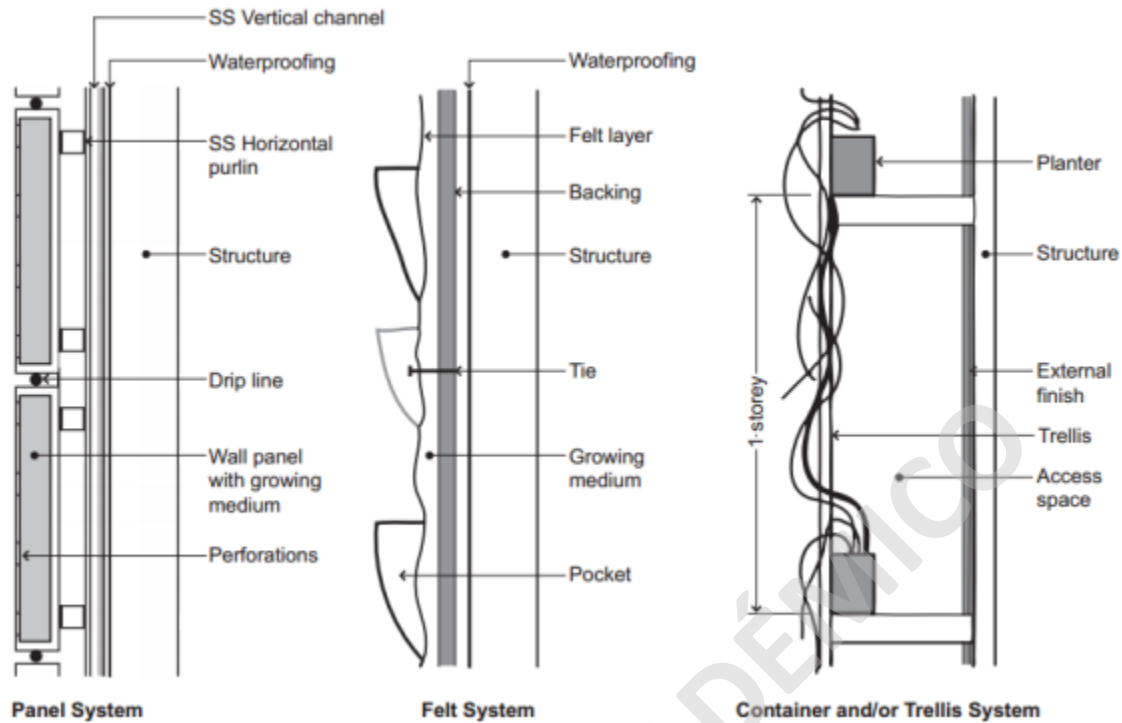


Figura 2.49 Distintos tipos de sistemas de muros vegetales.

Fuente: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130298/cf-canales_mg.pdf

2.2.2 TIPO DE CUBIERTAS VERDES

Para determinar el modelo de cubierta a instalar en una edificación o construcciones corporativas y grandes luces, hay que considerar las características generales de cada proyecto tipo.

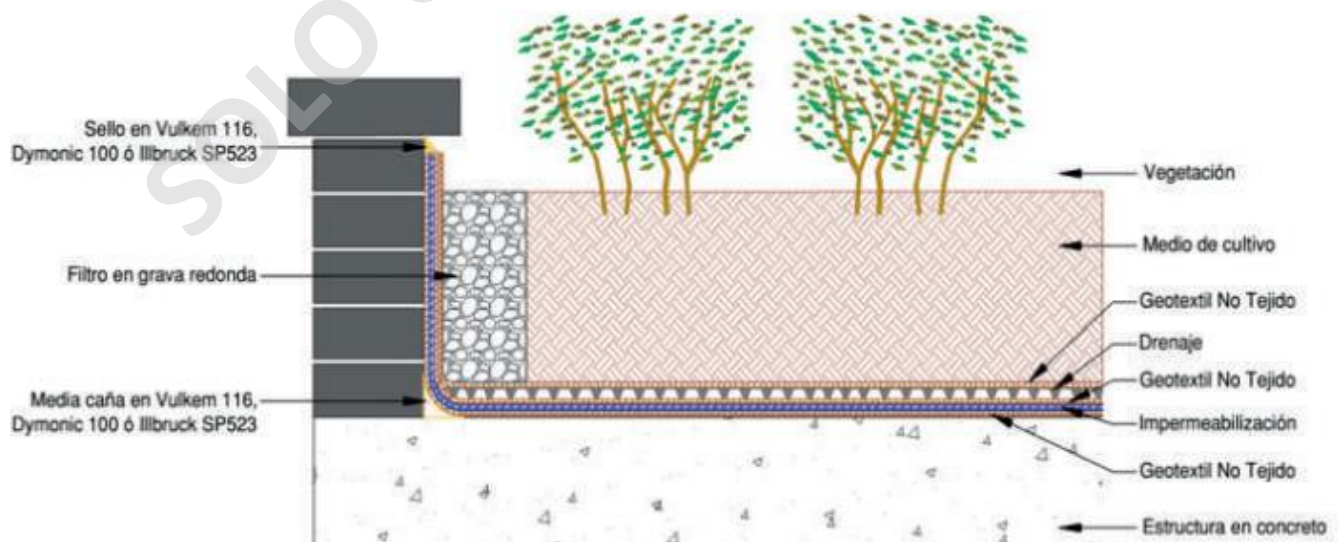


Figura 2.50 Partes o elementos de un techo vegetal tipo.

Fuente: <http://www.toxement.com.co>

Intensivo: Corresponde a un sustrato profundo (20 cm o más). Este tipo de techo proporciona mayor interés a lo que es la biodiversidad, porque permite cultivar una alta cantidad y variedad de plantas, semejantes a pastos, arbustos y árboles pequeños, lo que contribuye a tener mayor carga estructural (245 kg/m^2 o más) y los costos sean altos. (Yalcinalp et al., 2017). El tipo de plantación será lo que determine la profundidad necesaria del sustrato, estos están principalmente diseñados para proporcionar servicios y accesibles de uso recreativo, haciendo referencia a jardines o terrazas en la techumbre, siendo también de uso transitable, comprenden un abundante crecimiento de la vegetación con un peso considerable por el soporte estructural del medio de crecimiento de las plantas. El sistema requiere de un mantenimiento mayor en cuanto a riego y fertilizantes, por la gran cantidad de plantas utilizadas. (Living Roofs and Walls, 2008) La capacidad de la carga de cubierta deberá ser resistente y la pendiente deberá ser plana o en bancales.

Semi-Intensivo: Pertenece a una combinación asociada de cubierta intensiva y extensiva, esta cuenta con un espesor de sustrato medio (Entre 11 y 20 cm), en el cual se puede cultivar una variedad mayor de plantas, tales como arbustos pequeños y pastos ornamentales, lo que significará que este sistema contenga un peso saturado regular (variando entre 150 y 250 kg/m^2). Se exige un mantenimiento regular, para conservar la estética botánica del sistema, para ello requiere de riego persistente. Este tipo de cubierta está diseñado para espacios parcialmente transitables. La inversión para materializar este tipo de sistema es más económica que uno totalmente ajardinado (como lo es el intensivo).

Extensivo: Comprende a un sustrato bajo (hasta 10 cm) o superficial, estos deben tener la capacidad de responder contra condiciones climáticas difíciles en aspectos de sequía constante, viento y precipitaciones. El sustrato al ser poco profundo es más ligero (aproximadamente de 50 - 170 kg/m^2). (Yalcinalp et al., 2017), ya que, en la mayoría de los casos se utiliza poca variedad en los tipos de plantas en un solo medio (pasto, flores, musgo, etc.), siendo estas también un limitante al momento de realizar la elección, por el pequeño sustrato que soporta al proyecto. No requerirá de un gran manejo de riego fertilización y mantenimiento que es lo que contribuye a ser menos costoso. (Living Roofs and Walls, 2008). Es considerado apto para ser utilizados en construcciones existentes, en la cual la capacidad de carga de cubierta se considera como “normal” y una pendiente de hasta de 45° donde no es posible el tránsito sobre este tipo de cubierta.

A continuación, se presentará un cuadro resumen en la tabla 2.1 con los tipos de cubierta vegetal descritos anteriormente y consecutivamente en la tabla 2.2 un cuadro con sus diferencias comparativas sustanciales. Posterior a los resúmenes se presenta una imagen de un perfil típico para mayor entendimiento y orientación en la Figura 2.48

PARTICULARIDAD	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Densidad de Sustrato	Hasta 10 cm.	Entre 11-20 cm.	20 cm y Mayor.
Envolvente verde transitable	No Transitable	Parcialmente transitable	Transitable
Carga Saturada	Entre 50 – 170 kg/m ²	Entre 150 – 250 kg/m ²	Mayor que 245 kg/m ²
Cantidad Vegetal	Reducida	Superior	Elevado
Mantenición	Mínima	Variable	Alta

Tabla 2.1 Cuadro resumen propiedades muros y cubiertas verdes.

Fuente: Elaboración Propia

CUBIERTA EXTENSIVA	CUBIERTA INTENSIVA
Más ligero	Macizo
Menos costos	Altos Costos
Poca selección de plantas	Gran biodiversidad
Mantenimiento reducido	Mantenimiento continuo
Accesibilidad visitable	Accesibilidad transitable
Baja intensidad de riego	Alta intensidad de riego
Capacidad de carga normal	Estructura con mayor resistencia

Tabla 2.2 Cuadro comparativo cubiertas extensivas e intensivas.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2.51 Capas del perfil típico de un techo verde.

Fuente: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130298/cf-canales_mg.pdf

2.2.3 ASPECTOS BOTÁNICOS

En este capítulo se presentará la información del medio de crecimiento junto con los tipos de plantas, siendo estos aplicables para muros tanto como cubiertas verdes.

2.2.3.1 SUSTRATO

Se define sustrato al medio de crecimiento como la combinación de material orgánico e inorgánico, que es fundamental para el desarrollo de plantas, produciendo el afianzamiento de estas, drenaje de agua y crecimiento de plantas. Es fundamental estar en conocimiento que el medio de crecimiento puede ir cambiando de acuerdo con el tipo de proyecto y las necesidades de cada uno de ellos. El medio de crecimiento para cubiertas y muros verdes está confeccionado por dos elementos:

Material inorgánico o mineral:

Estos elementos mantendrán la vida de las plantas y proporcionarán una superficie porosa de aire, agua e intercambio de gases. Para asegurar su mantención deben incluir la capacidad de intercambiar cationes (transformación química de iones cargados positivos los que son reemplazados por iones positivos de otro químico). Además, estos elementos deberán amortiguar y resistir los cambios de niveles de PH. Los ejemplos de los minerales usados son: vermiculita expandida, gránulos de arcilla liviana expandida, roca volcánica, piedra pómez, arena, zeolita, perlita expandida, arena gruesa, trozos de tejas, diatomita, huevillo, gravilla y lana de roca.

Incluso estos materiales pueden afectar al medio de crecimiento, debido a la repartición de tamaño de grano específico (afectaría a la permeabilidad y capacidad de contención de agua), densidad, peso y costo.

Material orgánico (MO):

Coopera al crecimiento de las plantas, por efecto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio de crecimiento, afectando la disponibilidad de nutrientes ya sea de forma directa o indirecta. Además, cumple la función de actuar como un pegamento estimulando la estructura del suelo. El porcentaje de este elemento es más elevado para las primeras etapas de la cubierta vegetal para facilitar el asentamiento de las plantas. Una vez establecido el porcentaje se estabiliza de un 2-5% del volumen total. Los suelos naturales generalmente tienen entre 2 a 5% de material orgánico por unidad de masa, mientras que un medio de crecimiento para cubierta extensiva puede contener de 3 a 6%. El exceso de este material puede ocasionar problemas con el drenaje y reducción de volumen, y es por ello que se generen una mayor mantención del sistema y un reabastecimiento frecuente.

Hay que considerar que el MO proporciona el nivel necesario de nutrientes para las plantas, pero al pasar el tiempo este nivel se verá disminuido y es por esa razón que se les incorpora a las plantas fertilizantes para que ellas puedan recuperar los nutrientes. La selección de la zona en la cual se instalará la cubierta verde afectará a los compuestos orgánicos, debido a

que en regiones húmedas estos compuestos se descompondrán más rápido que climas áridos. (Porcentaje MO volumen total para áreas húmedas más bajo de 10-20% y en áreas áridas < 40%). Los ejemplos de estos elementos son: paja orgánica, madera, césped, hojas, pasto cortado, residuos de agricultura, turba o turba de musgo, abono (Tierra de hoja). La proporción de estos elementos puede variar según proyecto y su porcentaje se verá determinado por el tipo de planta a utilizar, el clima (precipitaciones) y disponibilidad local.

Estos elementos señalados deben cumplir con las siguientes características para que el sistema tenga un funcionamiento en conjunto exitoso.

- Aportar con una mínima carga de peso.
- Lograr la retención de humedad y nutrientes.
- Ofrecer un volumen de vacíos, para cuando este se sature.
- Ser poroso para orearse de manera interna.
- Prevenir recogimiento y compactación.
- Libre de material que pueda degradar la capa de impermeabilidad.

Es importante considerar que la profundidad del sustrato es fundamental ya que esta capa va a influir en la capacidad de retención de agua (para el caso de la escorrentía de aguas lluvias).

La tierra de jardín tradicional no se utiliza para cubiertas vegetales ni muros verdes, por el hecho de que esta presenta características diferentes a la de los sustratos especiales que utilizan estas tecnologías verdes, por la limitada permeabilidad y retención de agua que contiene la tierra de jardín tradicional, junto con el peso de esta que no sería un aporte positivo para estos sistemas. Es por esta razón, que se utiliza para sustrato especialmente formulado con lo indicado precedentemente.

2.2.3.2 TIPO DE PLANTAS.

Las plantas se instalan en la capa donde se efectúa la vida vegetal. Es primordial la relación del tipo de sistema de cubierta o muro a seleccionar, para realizar la correcta elección de vegetación se usan criterios como las condiciones de temperatura y humedad. En función a esto, la elección de las especies es un punto importante enfocado en sus características.

Para los muros y techos verdes, se entiende "diversidad de plantas" (en la mayoría de los casos), que pueden ser perennes, bienales o anuales, estas se pueden clasificar en tres categorías principales que son los monocultivos (dedicado a una sola especie vegetal), combinaciones simples y las comunidades de plantas. A continuación, se darán a conocer las plantas utilizadas que han demostrado ser compatibles con muros y/o cubiertas verdes en Chile, considerando que estas plantas serán seleccionadas según corresponda para su instalación en el exterior y que puedan mantenerse a través del tiempo con éxito.

Los criterios para la selección de plantas, son los siguientes:

- Tipo de vegetación que requiere cada clima.
- Resistencia de las plantas a condiciones climáticas según ubicación geográfica.
- Considerar el crecimiento que pueda tener la vegetación.
- En caso de propagación vegetal este no genere incongruencias en proyecto.
- Combinación positiva de plantas.
- Expectativa de vida para el desarrollo y mantenimiento de la vegetación de al menos de forma anual.

Las plantas se estudian y son clasificadas según distintos criterios tales como: nombre científico, nombre común, si estas pertenecen a interior o exterior, tipo de planta, zona donde se recomienda su instalación, dimensión de la planta, cantidad de agua que requiere, cuanta será su necesidad de luz, en que época del año provoca floración, si tiene flor de qué color, permanente/temporal, resistencia a heladas, origen de las plantas, hábitat climático donde pueden vivir y suelos en cuanto a buen drenaje, húmedos, fértil, etc.

	Nombre Científico	Nombre Común		Nombre Científico	Nombre Común
1	Allium spp.	Alium o ajo oronamental	22	Mentha spicata	Hierbabuena
2	Arabis caucasica	Arabis	23	Ophiopogon sp.	Ophiopogo
3	Asplenium aethiopicum	Helecho perejil	24	Oxalis enneaphylla	Oxalis
4	Aster sp.	Aster	25	Pelargonium hostorum	Cardenal
5	Brachyscome s.	Brachicome	26	Pitosporum tobira 'nana'	Pitosporo enano
6	Calceolaria crenatiflora	Zapatilla	27	Plectranthus ciliatus	Dólar Negro
7	Carex buchannani	Carex roja	28	Rosmarinus officinalis 'Prostratus'	Romero rastrero
8	Carex testacea	Carex	29	Ruta	Ruda
9	Chamaemelum nobile	Manzanilla	30	Salvia	Salvia
10	Dimorphotheca	Dimorfoteca	31	Santolina chamaecyparissus	Santolina
11	Erigeron mucronatus	Vitadinea	32	Senecio sineraria / Jacobea maritima	Cineraria gris
12	Felicia amelloides var.	Agathea	33	Stachys lanata	Oreja de liebre
13	Festuca glauca	Festuca	34	Thymus vulgaris	Tomillo
14	Geranium sp.	Geranio	35	Valeriana officinalis	Valeriana
15	Hebe pinguifolia	Verónica	36	Verbena bonariensis	Verbena rosada
16	Hebe sp.	Verónica	37	Spathiphyllum	Espatifilo
17	Jasminum grandiflorum	Jazmín español	38	Ficus repens	Ficus
18	Lavandula stoechas	Lavanda	39	Piperaceae	Peperomia
19	Leucanthemum vulgare	Margarita mayor			
20	Liriope muscari	Liriope			
21	Mentha pulegium	Poleo			
22	Mentha spicata	Hierbabuena			

Figura 2.52 Nombres de plantas

Fuente: Hidrosym

	Interior / Exterior	Tipo	Zona	Dimension	Agua	Luz	Floración
1	E	Aromático	Costa				
2	E	Pradera	Norte - Costa	0,2	Bajo	Sol	Prim-Ver
3	E - I	Bosque	Costa - Sur	0,45	Alto	Semi-Sombra	
4	E	Bosque	Sur	0,5	Alto	Semi	Ver-Ot
5	E	Pradera	Costa	0,25	Medio	Sol	Prim-Ver
6	E - I	Bosque	Sur	0,5	Alto	Semi-Sombra	Prim-Ver
7	E	Pradera	Norte	0,5	Medio	Semi-Sombra	Ver
8	E	Bosque	Norte - Sur	0,5	Bajo	Sol - Semi	Ver
9	E	Aromático	Costa				
10	E	Pradera	Costa				
11	E	Pradera	Costa	0,3	Medio	Sol	Largo
12	E	Pradera	Costa	0,5	Medio	Sol	Prim-Ot
13	E	Pradera	Costa - Norte	0,23	Medio	Sol	Ver
14	E	Aromático	Costa	0,5	Alto	Sol	Prim-Ot
15	E	Pradera	Norte	0,5	Medio	Sol - Semi	Prim-Ver
16	E	Bosque	Costa	0,7	Medio	Sol	Vero o Ot
17	E	Aromático	Costa				
18	E	Aromático	Costa				
19	E	Bosque	Sur	0,6	Medio	Sol - Semi	Prim-Ver
20	E	Bosque	Costa	0,4	Medio	Semisombra	Ver-Ot
21	E	Aromático	Costa				
22	E	Aromático	Costa				
23	E	Bosque	Costa	0,2	Medio	Semisombra	Ver
24	E	Bosque	Sur	0,07	Medio	Sol	Prim-Ver

	Color Flor	Permanente/Temporal	Heladas	Origen	Hábitat	Suelos
1						
2	Bl	Per	menos 10	Irán	Costa o Seco	Buen drenaje
3		Per	Moderadas	Eur	Bosq Hum	Húmedos
4	Az	Per	menos 20	Alpes	Bancales	Buen drenaje
5	Mor	Per	No	Australia	Medit	
6	Am	Per	No	S-Ch	Templado	
7	-	Per	Sí	NZ		Neutro; fresco y drenado; contenido en nutrientes medio o pobre.
8	-	Per	Sí	NZ		Prefiere un suelo húmedo, con buen drenaje. Es indiferente a la naturaleza del sustrato.
9						
10						
11	Bl - Ros	Per	menos 5	México		Buen drenaje
12	Az	Per	menos 5	Sudáfrica		
13	Az - Vio	Per	Sí			Todo tipo de suelos, siendo secos y con buen drenaje. La sequedad acentúa su color azul.
14	Ros	Per	menos 3			
15	Bl	Per	Sí			
16	Bl - Vio - Roj	Per	No	NZ	Costa	Buen drenaje
17						
18						
19	Bl	Per	menos 5		Praderas	
20	Bl a Malva	Per				Poco calcáreos
21		Per				
22						

Figura 2.53 Datos de plantas.

Fuente: Hidrosym

Las vegetaciones consideradas ideales para aquellos climas soleados son: petunia x hybrida, alyssum sp, pelargonium hortorum, erigeron mucronatus, y suculentadesde. Las que contienen un costo de 590 CLP cada unidad. Y para considerar plantas que requieran de sobrevivir bajo sombra destacan: fragaria chilensis y sutera sp (bacopa), con un costo desde 2.000 CLP cada unidad.

2.2.4 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

En este capítulo se abordarán los sistemas de riego e investigación de parámetros técnicos, aplicables para ambos sistemas, muro y cubierta verde.

2.2.4.1 SISTEMA DE RIEGO.

“Se consigue garantizar una elevada evapotranspiración, especialmente en períodos secos y calurosos. Todo ello gracias al sistema de riego incorporado y a la elección de la adecuada vegetación. Un aumento de la evapotranspiración contribuye siempre a refrescar la temperatura ambiente en las ciudades”. (Cubierta verde para climatización urbana, sf, zinco international, <http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es>)

Habitualmente todos los tipos de cubiertas o muro con vegetación necesitan de riego, más aún según el tipo de especie de planta que se utiliza y en qué época del año se encuentra. Ya sea cubierta de tipo extensiva o intensiva y se desee que sean con la menor posible intervención, estas necesitan de riego para asegurar el correcto establecimiento de la vegetación.

La sostenibilidad de estos sistemas a largo plazo, dependerá del manejo correcto para gestionar el riego, es por eso que los sistemas de muros y cubiertas verdes deben poseer un riego integrado a las estructuras. Esto se debe a que un exceso de agua no permitirá la independencia de la planta y generará que esta requiera de una mantención continua a través de una necesidad.

El sistema de riego se ubica en la parte inferior del sustrato, de tal forma de que el agua esté disponible para la raíz de las plantas. Lo ideal es suministrar la cantidad de agua necesaria para el correcto crecimiento de la vegetación en la cubierta verde. Se debe elegir el tipo de riego según tipo de cubierta o muro verde, siendo la más implementada el **riego localizado** o conocido por “**riego por goteo**”. Este tipo de riego proporciona un aporte de agua de forma controlada sin desplazamientos ni pérdidas. Esta eliminación de pérdidas es debido a vientos y evaporación, tiempos de riego y correcta distribución del agua, siendo un gran beneficio para la cubierta. Consiste este sistema de tuberías con goteos conectadas, instalándose en la raíz de la materialidad vegetal. Además, como ventaja requiere de un menor número de tuberías y goteos para realizar los regadíos, lo que implicaría un ahorro económico en la instalación y sobre todo para el consumo de agua. Otro sistema de riego es **riego por aspersión o difusión**, se utiliza para casos puntuales y debe haber una justificación para esta, ya que, no es el más eficiente. Este sistema consiste en múltiples chorros de agua que van rotando, en donde las grandes gotas de agua se ven cortadas por los vientos y existe la posibilidad que estas aguas no caigan donde se desea o necesita. Lo ideal es que este proceso sea lento para que el agua pueda absorberse en la tierra y no quede de forma superficial en la planta.

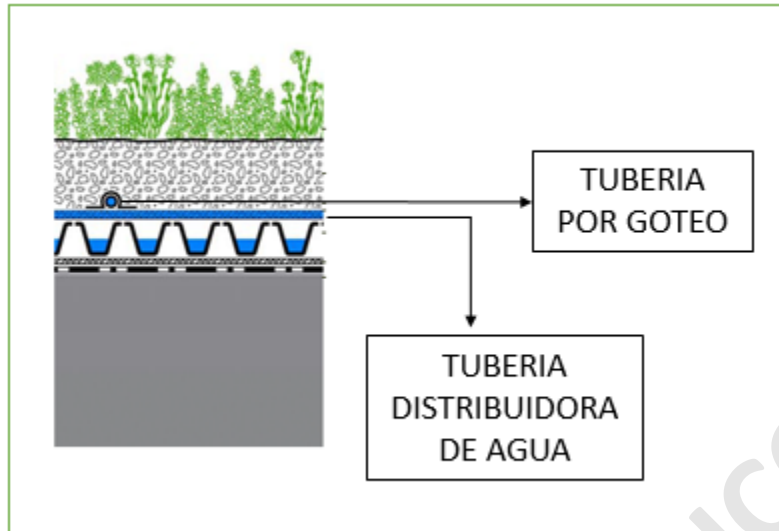


Figura. 2.54 Representación de riego por goteo editado.
Fuente: Zinco techos verdes

También existen unas variantes de riego para la cubierta verde, encontrándose los siguientes casos:

Gestión de aguas pluviales

Las construcciones sellan los suelos, lo que ante fluctuaciones impide el ingreso de agua a él, y por ende es imposible la absorción de aguas lluvias. Entonces, estas aguas pluviales pasan por sobre las superficies selladas y estas van acumulándose con posibilidades de agentes contaminantes. Además, que los sistemas de alcantarilla colapsan con un exceso de escorrentía de agua, pero es por esta razón que hace positiva la utilización de cubiertas verdes, ya que estas pueden recuperar los ciclos naturales de las aguas, ya que permiten retenerlas, ocupando estas para sus procesos naturales, en efecto acondicionando su entorno por evotranspiración. Las aguas sobrantes pueden reutilizarse si se almacenan en depósitos, en caso que esta no se recoja, llegaría retrasada a los desagües, porque esta primero debe filtrarse por distintas capas del sistema, evitando así el colapso.

Se explicará brevemente cómo funcionan los sistemas de cubiertas vegetales: **con retención de agua**, el agua de lluvia colmara las concavidades de las placas con elemento de drenaje y retención de gran eficiencia de material polietileno, generando una amplia canalización para facilitar la difusión. **Drenaje adecuado**, en este paso la tierra vegetada se encuentra en saturación con las concavidades llenas y las aguas que sobran pueden emanar libres hacia desagües de cubiertas. Y, por último, **huecos para oxigenación**, esto es para la capa vegetal, consta de aberturas de las partes convexas del sistema que permitirán oxigenación y humedecer la capa vegetal.



Figura 2.55 Procedimiento de liberación de agua.

Fuente: Zinco techos verdes

Empleo de aguas grises

Una excelente ventaja de la utilización de estas aguas es la constante disponibilidad de uso hídrico. Podría considerarse como un suministro habitual para una cubierta verde (según la zona fuera con precipitaciones relativamente constantes y según la planta elegida). Pero su uso puede considerarse más para áreas de investigación o en sistemas ya comprobados, en cuanto a la adaptación de la vegetación ante este tipo de aguas.

2.2.4.2 INVESTIGACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

Se sugiere que, para seleccionar un determinado tipo de cubierta o muro verde, además de estudiar las características y atributos asociados, se deben analizar las propiedades del inmueble en donde se realizara la instalación y uso que se le proporcionara.

Elementos bases que deben considerarse para ser analizados, se determinan ante las siguientes preguntas:

- ¿El inmueble es nuevo o existente?
- ¿La instalación se realizará en inmueble comercial, industrial o habitacional?
- ¿Qué dimensiones tendrá la estructura vegetal?
- ¿Cuál será la carga admisible?
- ¿Ubicación geográfica del inmueble?

Dentro de los aspectos fundamentales para obtener los beneficios esperados por la instalación verde seleccionada, es que logre satisfacer requisitos de uso, ya sea para cubierta o muro verde y tipo de estos. El proceso correcto consiste en organizar los antecedentes preliminares para la preparación de especificaciones técnicas, en el que se debe incluir la siguiente información:

Establecer el objetivo del sistema vegetal: Se debe Indicar al proyectista el uso que se le dará, junto con el objetivo que se determinó para su instalación, casos de estética, donde se

usará entre otras. En caso de que la instalación sea sobre un inmueble ya existente hay que verificar la factibilidad de las cargas a soportar, en los planos de la actual techumbre o muros y antecedentes estructurales o de diseño para no ocasionar fallas o inconformidades. En caso que sea un inmueble totalmente nuevo, es más fácil proporcionar todo cálculo junto con las etapas de diseño.

Tipo de sistema vegetal: Indicación del sistema vegetal ya sea cubierta o muro verde, y subclasificarlos en extensivo, intensivo y auto portante entre otros.

Presupuesto del proyecto y costos anuales de mantención: Información en cuanto a presupuesto que permitirá al proyectista adaptar el diseño en cuanto a montos y la realidad del proyecto.

Contención de aguas pluviales: Informa si se requiere su necesidad y estimar el peso máximo aceptable en estados de saturación.

Gasto energético: Indicación del descenso de consumo de energía que se estima apropiado para el proyecto una vez finalizado.

Cabe destacar que todos los antecedentes anteriores para este tipo de proyectos, requerirán la colaboración de una variedad de profesionales para hacer efectivos los beneficios de los sistemas.

2.2.5 MANTENIMIENTO

Para llevar al éxito de un proyecto de muro o cubierta verde, tiene que ser esencial su mantención, sobre todo si este mantenimiento funciona como una garantía de parte de las empresas al menos alrededor de un año y que después de ellos, sea de forma particular por el dueño del proyecto, ya que el primer año es la etapa crítica para estos sistemas ya sea de muro tanto como para cubierta.

El mantenimiento está relacionado según el tipo de sistema de muro o cubierta verde que se desee realizar en un proyecto, como también sus dimensiones y lógicamente considerando que la constancia de mantenimiento dependerá claramente de la elección de plantas para el sistema, la estación del año y su diseño, ya que no todas las plantas presentan el mismo periodo de crecimiento ni comportamiento. Podría ser recomendado un mantenimiento de forma cuatrimestral o trimestral durante su primer año y luego tener un control según como logre salir adelante el proyecto. Los trabajos de mantenimiento son fundamentales para la conservación y sobrevivencia de los sistemas de muro o cubierta vegetal. El objetivo del mantenimiento es básicamente de ofrecer un sistema en estado resistente y sano. Para este tipo de mantenimiento debe ser considerado equivalente al de un jardín tradicional.

2.2.5.1 MANTENCIÓN BOTÁNICA

En este punto se tratará de todos los aspectos vegetales tales como podar la vegetación si esta lo requiere, para no disminuir los aspectos de estética y a su vez el podar puede ser una forma de controlar el caso de que hayan plagas. Además, podar en aspectos funcionales, en caso que la vegetación este sobre una ventana o generen alguna interferencia en algún elemento motivo por un crecimiento desmesurado. También, es transcendental encargarse de fertilización en cuanto a los nutrientes que las plantas puedan necesitar para lograr sobrevivir y tener un óptimo crecimiento. Hay que mencionar que no siempre se puede llevar adelante el proyecto solo con éxitos, es por esta razón que hay circunstancias en que las plantas morirán y estas deberán ser reposicionadas por unas nuevas, para evitar espacios vacíos en el sistema, interfiriendo de esta manera en el diseño deseado para el proyecto, si es necesario considerar una reposición esta no será fácil ya que dependerá del tipo de sistema que se utilice para determinar cómo puede afectar a sistema en general en cuanto a cambiar sustrato u otro tipo de partes. Según lo expuesto en el apartado 2.2, se alude a que los sistemas extensivos son las que menos mantenimiento necesita y haciendo referencia que los intensivos son como un jardín común, es decir, necesitan de mantenimiento usual.

2.2.5.2 MANTENCIÓN ESTRUCTURAL

Este tipo de mantención como su nombre lo dice, se encarga del mantenimiento de la estructura del sistema seleccionado. Después de un periodo de tiempo es importante considerar una evaluación en cuanto a las aguas sobrantes, puede requerir una limpieza el sistema de riego o ver si los depósitos de agua están funcionando de forma adecuada, porque podemos encontrar emisores defectuosos, fugas en conexiones o goteos, según la gravedad del caso se deberá limpiar y reemplazar. A su vez verificar si el sistema necesita control en cuanto a disminuir o aumentar los riegos para la vegetación. Es importante cuidar la vegetación y poder realizar inspecciones estructurales. La utilización de metodologías preventivas es útil para no tener un constante mantenimiento en la estructura, es importante estar a disposición de los problemas o las fallas que podría llegar a tener el sistema para luego planificar las mantenciones y ver la continuidad que estas deberían tener, en caso de fallas de impermeabilización, en cuanto a detectar presencia de humedad y como está siendo la penetración del agua en el sistema. Pero dependiendo del tipo de sistema que se utiliza es lo que hará que la inspección sea profunda, ya que algunos están diseñados de forma simple permitiendo flujo de agua y aire libre, siendo en este caso importante verificar el anclaje y espaciadores (para muro verde).

De acuerdo con el modelo de análisis y los aspectos constructivos a considerar para estos proyectos verdes expuestos con anterioridad, se ha logrado determinar y conocer cada una de sus partes y funcionalidades, logrando obtener un mayor entendimiento a estos complejos sistemas de muro y/o cubierta vegetal.

Los hallazgos más comunes son que el rendimiento térmico de techo verde depende de la zona climática, los materiales de construcción, la estacionalidad y la selección de material de techo verde. A modo de ejemplo, en áreas de clima frío, un sustrato grueso mejora el rendimiento térmico en comparación con un sustrato delgado. Por el

contrario, en las zonas de clima caliente y húmedo, un sustrato de 10 cm de profundidad es suficiente para reducir la energía necesaria para enfriar el espacio. Mientras que el mayor beneficio para el rendimiento térmico de techo verde es ofrecido por una densa vegetación y saludable. Para climas cálidos y secos, la selección de plantas adecuado es esencial, ya que los techos verdes tienen que ser tolerante a la sequía. Debido a estos resultados de amplio alcance, no es posible especificar un “óptimo” techo verde. (Pianella, 2017, p.3)

CAPITULO 3: MÉTODO CONSTRUCTIVO

3.1 CONSIDERACIONES PARA UN PROYECTO

La variación en cuanto a los tipos de cubierta y muros verdes, junto con los tipos de sistema de cada uno de ellos y además con los beneficios que estos pueden aportar, se recomienda un procedimiento adecuado para la especificación técnica que deberá estar disponible al momento de la realización del proyecto y para evitar imprecisión en el desarrollo de obra. La indicación de pasos a continuación es la siguiente:

3.1.1 Antecedentes generalizados para especificación

Primeramente, se realiza un estudio de documentación entregada por mandante, el cual abarca información encontrada en el apartado 2.2 de esta memoria de título. Cuya información facultará al profesional proyectista, comenzar a evaluar el proyecto de una forma más gráfica.

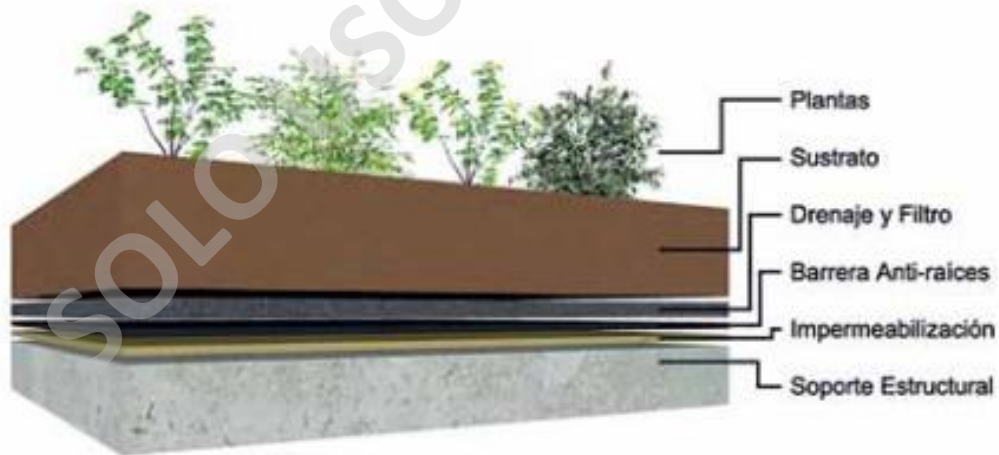


Figura 3.1 Representación típica.

Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT

Luego, para proceder con las especificaciones técnicas, se debe realizar un análisis respecto a los componentes obligatorios para los sistemas, los cuales son: la estructura soportante, impermeabilización, protección anti-raíz, drenaje, filtración, medio de crecimiento e

indiscutiblemente la vegetación. Y analizar que existe la posibilidad de adicionar algún componente opcional y alternativo, que no son imprescindibles, pero si pueden atribuir beneficios y/o características positivas a los sistemas para un mejor funcionamiento, estos dependerán del diseño, dentro de estos encontramos: Protección de la impermeabilización, aislación térmica, acumulador de agua, protección contra erosión, sistema de riego, y retenedor perimetral.

Los componentes utilizados y métodos de instalación pueden tener variaciones teniendo claro los requisitos y exigencias del proyecto, presupuesto y tipo de uso del sistema verde. Ahora bien, las soluciones para cubierta o muro verde serán modificables según las necesidades de mantención, tipo de proyecto, circunstancias climáticas y aislamientos acústicos-térmicos que se deseen tener. Por ende, hay dos partidas fundamentales que siempre se debe tener en consideración para la instalación, estas son la carga admisible de la estructura y la selección del tipo de impermeabilización (medida de protección para la estructura). En el caso que sea para techumbre o muro se debe estudiar el peso que aportara la cubierta o muro vegetal, lo que tendrá variaciones según el peso unitario del medio de crecimiento que se haya elegido para ese sistema. Se debe tomar como una precaución elemental para los inmuebles nuevos tanto como intervención de los ya existentes. Por esta razón, la dependencia del informe de cálculo, elaborado por profesionales componentes, inferirá en la evaluación del tipo de sistema acorde al proyecto. El tipo de impermeabilización, también es un aspecto de suma importancia, porque es posible encontrar una gran diversidad de opciones, siendo las más comunes: Membranas TPO, EPDM, PVC y membranas líquidas de poliuretano.

Es fundamental revisar la pendiente que tendrá la cubierta o muro verde (si es que es necesario en caso de muros) y especificar un drenaje óptimo para evitar la acumulación de aguas. Sería de gran utilidad considerar que, si la cubierta vegetal cuenta con una pendiente muy inclinada, algunos componentes deberían instalarse junto con un soporte para mantenerlos fijos, debido al peso del conjunto de materiales y así evitar desprendimiento o desmoronamiento del sistema vegetal.

En cuanto a la elección de especies vegetales, visto de forma previa en el apartado 2.4 de este trabajo de título, los especialistas en la instalación de las plantas, sugieren considerar la utilización de una variedad de especies, para potenciar la diversidad de estas y hacer un aporte estético aún mayor. El medio de crecimiento, visto anteriormente, es un aspecto esencial para el cumplimiento del sistema en un largo plazo, y para esto se debe investigar una conveniente permeabilidad al agua y un buen anclaje de raíces.

3.1.1.2 Especificación de montaje

Esta sección comprenderá las variables de costos y tiempo que inciden según la selección de tipo de montaje que tenga el muro o cubierta verde.

Para su implementación existen dos tipos de realización, in situ y modular, hay que tener seguridad y claridad acerca de los objetivos que se desean obtener de los sistemas.

3.1.1.2.1 Sistema in situ: trata de la instalación de los componentes obligatorios de forma separada, los cuales son proporcionados por uno o más proveedores, para un resultado integrado del proyecto, se requerirá de mano de obra especializada, para eso es conveniente contratar servicios de una empresa con experiencia y que cuente con la mano de obra adecuada para dicha instalación. Este tipo de montaje puede ser para todo tipo de sistemas, pero es usado frecuentemente para proyectos de grandes dimensiones, además tiene la posibilidad de ofrecer variabilidad en el diseño y mayor flexibilidad, de esto se incluye como un aspecto ambiguo que es la incertidumbre que puede ocasionar la instalación con temas de costos y plazos, es por esta razón que es importante adaptarse a las necesidades del cliente.

3.1.1.2.2 Sistema modular: Es una instalación en la cual no requiere necesariamente de un especialista y los plazos se consideran relativamente breves, como lo que son los sistemas extensivos o Semi intensivos de cubiertas vegetales, ya que, la plantación se realiza con anterioridad en elementos prefabricados, con todos los componentes obligatorios que continuamente son trasladados e instalados en donde será su lugar definitivo, ya sea en muro o cubierta. Es posible hacer una instalación directa en la capa impermeable (lo que significa que cuando se fabricó con anterioridad se especificó no llevarse a cabo con todas sus partes obligatorias y solo las requeridas) y así facilitar cambios, en caso que sean necesarios. Cabe destacar que cuando la instalación se realiza con la vegetación ya crecida, se logra un efecto estético de forma inmediata.

3.1.1.3 Especificación de estructura soportante

Hay que comprender que la estructura soportante proporcionará la extensión o área que servirá de soporte para el muro o cubierta verde y es indispensable para poder llevar a cabo la instalación del sistema. En general, esta estructura cuenta con una inclinación que dependerá del tipo de sistema que se seleccione, además de las características que confirmen que sea un soporte adecuado al peso que implicará la instalación del sistema vegetal. Pueden ser estructuras rígidas como las losas de hormigón o también pueden ser de carácter flexible que son de material prefabricado o placas de madera. Esta estructura soportante tiene un rol fundamental, ya que esta será la pieza que definirá el peso máximo del sistema vegetal en sí que podrá ser instalado.

Para aquellos sistemas que aporten una gran cantidad de carga (como son el caso de las cubiertas intensivas que fluctúan entre 500 a 1000 kg/m²) se recomienda ser montados sobre losas de hormigón, por las características y resistencias del material.

En este punto del capítulo 3, Método Constructivo, se expondrá de manera general cómo se comporta la estructura desde el punto de “ingenieril”, tras ser implementado un muro verde en una estructura nueva, y en una estructura existente.

Para el caso en que la cubierta o muro verde se vaya a materializar en una edificación ya existente, se debe seguir con protocolos de seguridad, esto se debe, a la gran cantidad de

sobrecarga que aportan estos elementos a la estructura, y la deformación que generan sobre esta.

Las consideraciones para la instalación de un muro verde con sustrato ligero (sistema intensivo/extensivo) en primer lugar, la superficie donde se instalará el muro verde deberá soportar al menos 40 kg/m^2 en caso de paneles de $60 \times 60 \text{ cm}$ (incluyendo omega estructural y módulos, El omega estructural debe ir adosado al muro, el que debe soportar 40 kg/m^2 aprox.) con anclaje de 6 tornillos autoperforantes galvanizados de 2", los cuales van sujetos en cuatro esquinas cada uno al lado del otro sin dejar espacios; y de tal modo que si no es posible cumplir tal requisito (que el muro existente no resista el peso), se debe construir una estructura nueva que pueda soportar el peso, como sería en el caso de un sistema de muro verde auto-portante. Luego en segundo lugar, deberá existir un punto de agua o de salida con un diámetro de $1/2''$, debido a que esta salida de agua debe estar continua al muro para poder instalar el riego tecnificado; y a falta de este se deberá buscar una solución con un proyecto de riego, haciendo referencia a sistemas de estanques de almacenamiento, de bombeo, etc.

Según requerimientos técnicos del muro verde. Junto con el punto de agua, se necesita un lugar o recipiente el cual dejar el agua que caiga del muro, teniendo también la posibilidad de almacenarla y para ello se debe considerar la instalación de una canaleta receptora de al menos 30 cm de ancho x 20 cm de alto o si bien dirigir el agua para su reciclaje. Es importante que el mandante realice los trabajos de habilitar una conexión eléctrica con protección para la programación del riego automático, que claramente debe ir cerca del muro verde y en caso que esta instalación quedara detrás del muro verde, se deberá realizar una pasada a las tuberías.

A continuación, se presentará una imagen explicativa de la fórmula de anclaje de módulos utilizados en la empresa Plant Art en las figuras 3.2 y 3.3

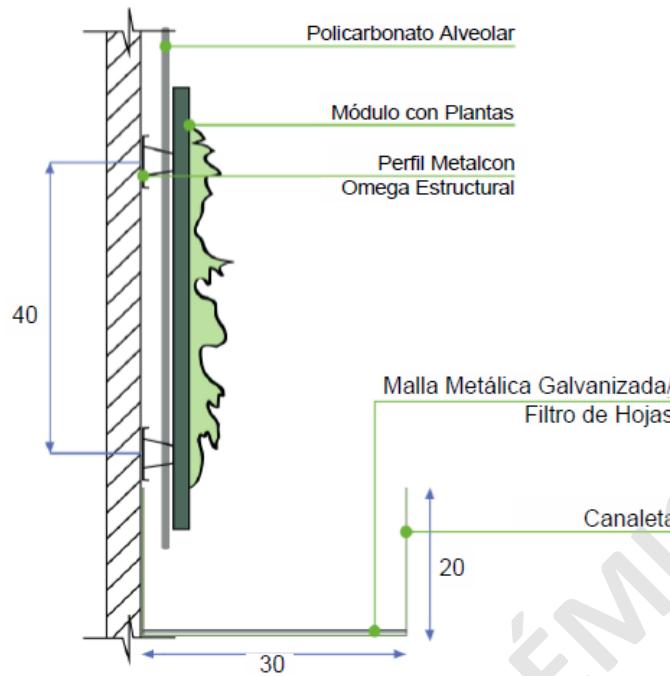


Figura 3.2 Detalle constructivo del módulo
Fuente: Plant Art



Figura 3.3 EETT muro verde
Fuente: Plant Art

Según lo expuesto con anterioridad en el capítulo 2.2, siendo las medidas mencionadas anteriormente de un menor tamaño y en el caso de que las dimensiones cambiaran a 80x120 como son el caso de los paneles modulares que se presentarán a continuación, no varían gradualmente, solo en aspectos de medidas, ya que, en sí, es el mismo sistema con las mismas partes. Como se puede apreciar en las figuras 3.4 y 3.5

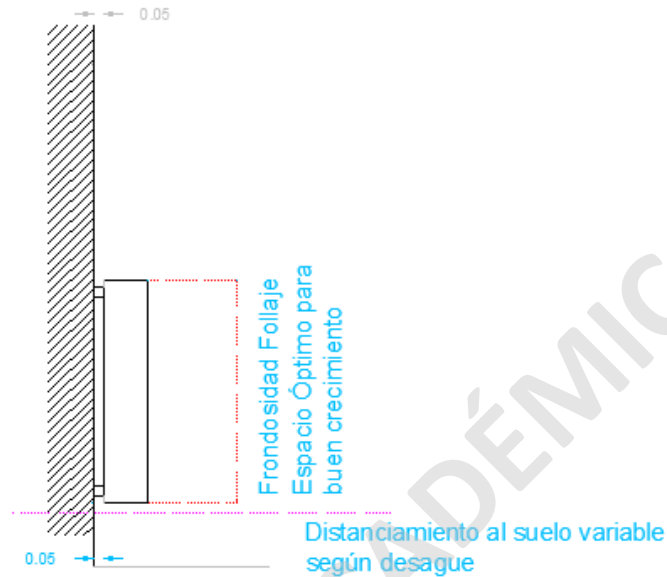


Figura 3.4 Elevación de perfil horizontal de un muro verde
Fuente: Hidrosym

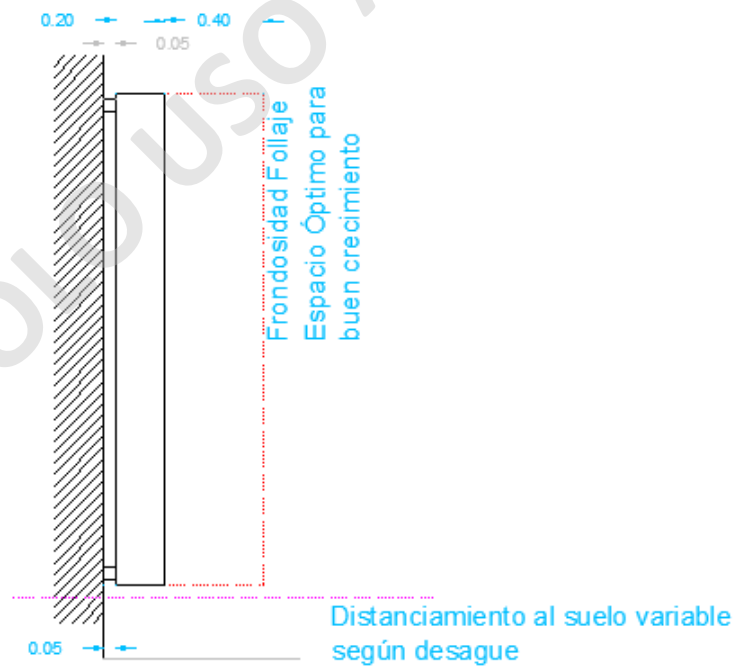


Figura 3.5 Elevación de perfil de muro verde
Fuente: Hidrosym

Desde el punto de vista de la sobrecarga de uso, los muros verdes y cubiertas se comportan como una carga distribuida en toda el área de la estructura, teniendo como consecuencia que se aumente el momento máximo estático, lo que significa que la deflexión de los elementos estructurales sea mayor, facilitando el colapso de esta.

Para el caso particular de un inmueble existente, el protocolo correcto es determinar la carga nueva que se estará incorporando en la estructura, a través de un profesional competente que cuantifique las cargas de uso y peso propio, conociendo así el peso extra que puede ser dispuesto sobre los elementos estructurales de la edificación.

De no ser el caso en que, la estructura existente sea capaz de soportar la adición de la sobre carga proporcionada indistintamente por muros verdes o cubiertas, se debe proceder al mejoramiento de la edificación, a partir de métodos como aumento de sección, es decir, se añade mayor área al elemento para que este sea capaz de elevar su resistencia a cualquier tensión producida por estática y dinámica, otro método usado, es el de la demolición parcial o remoción de los elementos, esto para que el material nuevo de su diseño sea capaz de soportar todas solicitudes y esfuerzos admisibles.

Para el caso de estructura nuevas en la construcción de un futuro inmueble la instalación de cubierta vegetal resulta ser menos dificultosa, esto es debido a que el ingeniero civil estructural o profesional competente se encargará del dimensionamiento de la estructura total del inmueble, teniendo en consideración el peso generado por el sistema vegetal. En aspectos de compensación de diferenciales de peso, es recomendable el uso de losas livianas, porque están elaboradas por sistemas modulares que se componen de espumas de poliestileno expandido de gran densidad en la cual no hay necesidad de aumentar la estructura nueva a diseñar, pueden ser de 15 hasta 29 cm de alto por 60 cm de ancho en su parte baja con una longitud hasta de 12 metros. Los paneles de polietileno expandido se podrán ensamblar de forma lateral, en el cual cada módulo de paneles para losa aislante contará en su interior con acero galvanizado de 0.8 mm de espesor con una separación de 30 cm desde el eje.

Altura de Panel Aislante (cm)	15	20	25	29
Altura de Losa Total (cm)	20	25	30	34
Cantidad de Hormigón (m ³ /m ²)	0,07	0,08	0,09	0,10
Peso Propio (Kg/m ²)	175	200	225	250
Peso Propio Adicional (Kg/m ²)	125	125	125	125
Peso Propio Total (Kg/m ²)	300	325	350	375

Tabla 3.1 Cuadro referencial de características de la estructura de losa liviana con panel de entrepiso aislante

Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT

Altura de Panel 15 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	2,0	2,5	3,0	3,5	3,8
300	100	2Φ8	2Φ8	2Φ10	2Φ10	2Φ12
300	150	2Φ8	2Φ8	2Φ10	2Φ12	2Φ12
300	250	2Φ8	2Φ8	2Φ10	2Φ12	2Φ16
300	350	2Φ8	2Φ10	2Φ12	2Φ16	2Φ16
Altura de Panel 20 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
325	100	2Φ8	2Φ8	2Φ10	2Φ12	2Φ12
325	150	2Φ8	2Φ10	2Φ10	2Φ12	2Φ16
325	250	2Φ8	2Φ10	2Φ12	2Φ16	2Φ16
325	350	2Φ10	2Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ16
Altura de Panel 25 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
350	100	2Φ10	2Φ10	2Φ12	2Φ12	2Φ16
350	150	2Φ10	2Φ10	2Φ12	2Φ16	2Φ16
350	250	2Φ10	2Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ16
350	350	2Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ18
Altura de Panel 29 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
375	100	2Φ10	2Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ16
375	150	2Φ10	2Φ12	2Φ16	2Φ16	2Φ16
375	250	2Φ10	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ18
375	350	2Φ16	2Φ16	2Φ16	2Φ18	2Φ18

Tabla 3.2 Armadura Inferior del Panel

Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT

Armadura Superior 2Φ8

Estribos Φ6 @15

Acero Refuerzo $F_y=4200$ (Kg/cm²), Hormigón $f_c=200$ (Kg/cm²)

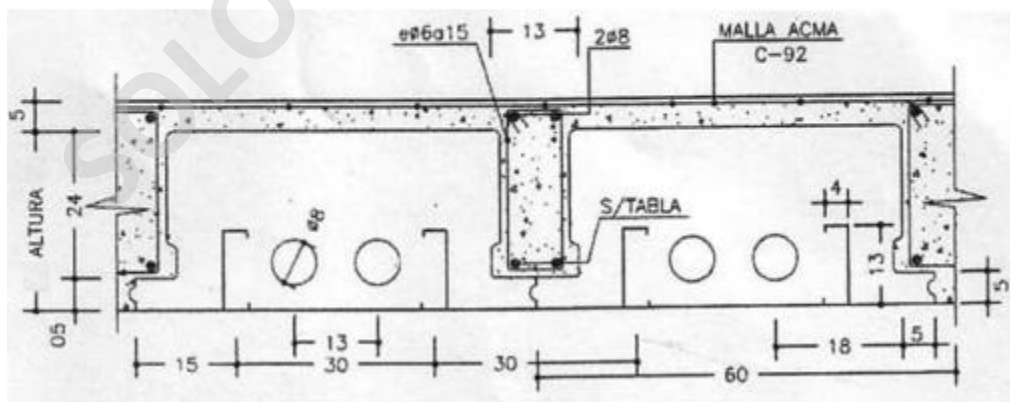


Figura 3.6 Corte trasversal losa liviana con panel de entrepiso aislante

Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT

Al considerar una losa típica, esta resulta ser aproximadamente un 50% más pesada que si se fabricara sobre una losa liviana con panel de entrepiso, y en caso que se considerara como estructura de losa soportante su peso estaría siendo aproximadamente 90% superior. Los paneles de entrepiso aislante se confeccionan con la expansión de perlas de poliestileno, que tienen una densidad nominal de 20 kg/m^3 . Estos paneles proporcionarán un área para instalar vigas a la capa de comprensión del sistema (Vigas tipo “T”). Los canales “C” tendrán dimensiones de 6 o 13 cm de altura, los que serán moldeados de forma que el poliestileno forme una pieza de forma incorporada. Estos canales C, se consideran perfiles que se colocan en el panel al mismo tiempo de inyectar espuma de poliestileno, con el propósito de funcionar como soporte del sistema para aceptar el peso del hormigón y soportar capa del cielo. La losa o estructura en donde se realizará la instalación de cubierta verde, debe estar despejada de enfierraduras, elementos que puedan clavar y membranas de curado que puedan afectar la impermeabilización junto con su adherencia.

Para el caso de estructura nueva en la construcción de muro verde, existen dos procedimientos para incorporar estos elementos a la edificación en cuestión, el primero es generar una “almohadilla de fundación”, que tendrá un alto mínimo de 20 cm y ancho de a lo menos 25 cm. Y un grado de resistencia de H25, en donde descansará el muro verde, lo que tendrá por consecuencia que la carga sea absorbida por la fundación, difuminada completamente en el terreno, la particularidad de este método es que no necesita un mejoramiento estructural para su implementación.

Dependiendo de la situación de proyecto, (ubicación, entorno, geografía) se puede generar un segundo caso, en el que el muro verde deba ser empotrado directamente sobre la estructura de la edificación, lo que generará un efecto de “Volcamiento” y torsión accidental en el elemento, en este caso se deben aplicar las técnicas de mejoramiento estructural que se nombraron anteriormente con la finalidad que no se sufra de un colapso ante la acción del mismo peso propio, y asegurar la resistencia ante los efectos sísmicos y sus cargas vibratorias y de impacto que aquí se producen.

3.1.1.4 Especificación de componentes

Sistema de Impermeabilización

La impermeabilización es una de las partes fundamentales, ya que será la encargada de mantener la construcción seca y sin rastros de humedad. Cuando se presentan problemas de filtración de agua al interior es porque este sistema ha fallado, causando problemas, que pueden ir desde tipo estructural hasta inhabitabilidad para los ocupantes de la edificación.

Se debe considerar que este componente será el primero en la instalación y es por esta misma razón que es el más complejo en la fase de montaje, tanto como si se deseara reparar.

El mercado ofrece una variabilidad accesible de técnicas para la instalación de sistemas de membranas impermeables para utilizarlos en cubiertas tanto como en muros verdes. Ahora se precisarán las utilizadas en Chile:

- Membrana de EDPM
- Membrana de TPO
- Membrana líquida de poliuretano
- Lámina de PVC

También podría utilizarse las membranas que se componen de elementos asfálticos o alquitrán, pero estos no son recomendables, ya que se tendría que realizar una separación de capas, debido a que en la capa vegetal las raíces que se encuentran en esta sección, son fácilmente atraídas por este tipo de elementos.

Es conveniente ser muy cuidadosos con la membrana impermeabilizada en aspectos de diseño, elección, instalación y sobre todo recepción, porque cualquier irregularidad que se presente en esta capa, afectará de forma sucesiva a todos los componentes y capas que forman el sistema verde. Para efectos de realizar reparaciones se requiere de tener en cuenta un alto costo.

Protección Anti-Raíz

Esta capa del sistema se compone de una barrera física o bien química que tiene el propósito de prevenir o sostener las raíces de las plantas y que estas puedan llegar a la capa impermeabilizante. La barrera protectora se fabrica con materiales plásticos o de polímeros artificiales, tomando la función de barrera mecánica o química, siendo una de las más comunes utilizadas con HDPE, siendo su traducción en español polietileno de alta densidad. Además, la utilización de membrana TPO en la etapa de impermeabilización también es considerada como barrera anti raíces, por lo que aplicarlo en el producto hace referencia a una función doble.

Cuando se trate de proyectos intensivos, se debería considerar la instalación de una doble capa de protección anti-raíz, por la gran cantidad de plantas que poseen los sistemas de gran envergadura que podrían afectar todo tipo de capas del sistema por la fuerza de las raíces.

Drenaje

Capa elaborada por tableros de desagüe y tubos que trasladan el agua para no complicar e involucrar la capa de impermeabilización o estructura soportante. Junto a esto generará que no se encuentre saturado de agua en la capa de medio de crecimiento de las plantas, y así mantener la proporción de agua adecuada para permitir y mantener la vida de la vegetación. Cuando se refiere a la capa de drenaje, es posible entender que puede cumplir con dos objetivos, trabajar como una barrera parcial contra raíces o como una membrana de protección, haciendo aumento de la compresión.

Es posible que la capa de drenaje se elabore de diferentes combinaciones de elementos como los siguientes:

- Esterillas porosas, fabricadas con plástico y/o polietileno.
- Medio granular.
- Tablero rígido de drenaje. (Contienen una forma de caja de huevos en la cual retienen aguas para minimizar pérdidas y de esta forma hace reducción a los riegos de forma permanente)
- Drenajes de techado (para el caso de cubiertas).
- Canaletas.
- Tuberías de drenaje.
- Tableros de retención de humedad.

Dependerá de la dimensión del proyecto si el sistema de drenaje será simple o complejo, en caso de cubiertas verdes la pendiente es un factor fundamental, ya que dependen de la fuerza de gravedad si utilizarán canaletas de drenaje y un sistema básico de canal o si una techumbre es plana, necesitará de más elementos y coordinación de ellos para hacer efectiva la evacuación de excesos de agua. Cuando se trate de muros pequeños o pequeñas cubiertas extensivas, puede que no requieran de drenajes interiores y verificar si existe la posibilidad de drenajes por los extremos o bordes. Para proyectos de grandes dimensiones, se requerirán diversas áreas de drenaje y que se transporten las aguas.

Es importante la revisión de los diferentes materiales en cuanto a funcionamiento, para que estos no pierdan su capacidad de drenar obstruyendo el sistema y sobre todo no colapsen al momento de funcionamiento.

Filtro

Esta parte del sistema se considera de multifunciones, es por esta razón su grado de importancia, ya que se conforma de un material liviano y que deba evitar la descomposición. Va ubicado sobre la capa de drenaje o puede ir incluida en esa sección, la idea es poder mantener el medio de crecimiento en su posición y prever que aquellas partículas de gran dimensión obstruyan el sistema de drenaje (ya que este se encuentra debajo) y que las pequeñas puedan pasar sin causar inconvenientes. Este tipo de material puede ser de alfombras de fibras de poliéster livianas y con resistencia al agua o alfombras de polietileno-polipropileno. La elección de material y cantidad dependerá de los requerimientos del diseño.

De cierto modo, esta capa también podría ser considerada como una barrera adicional para el tema de las raíces, porque puede otorgar protección.

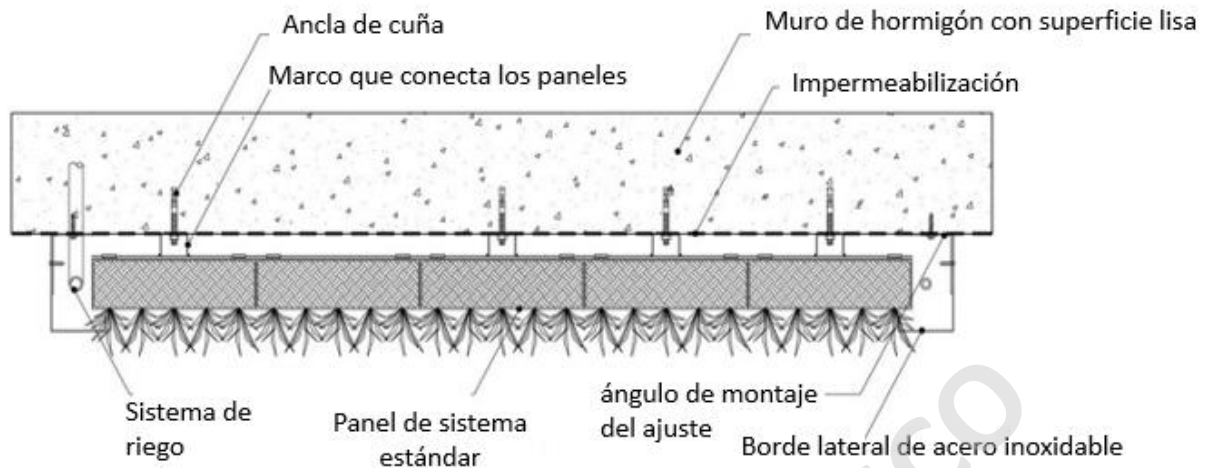


Figura 3.7 Construcción de sistema modular de muro verde, sección horizontal.

Fuente: Green Wall Technology

3.1.1.5 Especificación de componentes opcionales

Protección de la impermeabilización

Componente utilizado para generar protección de daños durante etapas de construcción (todo tipo de residuos o aceites) a la capa impermeabilizadora, para ello existe una serie de materiales que ofrece el mercado, los cuales son:

- Geotextil resistente al punzonamiento y tracción mecánica
- Termoplástico sintético
- Membranas termoestables
- Colchonetas de espuma de termoplástico reciclado
- Alfombra de caucho de compuestos reciclados
- Compuestos de fibra de cemento
- Red compuesta de polietileno

Claramente este material tiene que tener una alta resistencia a la compresión, para resistir la presión actuada por equipos de construcción y las capas en si del sistema vegetal.

Aislación Térmica

Este tipo de componente opcional se instalará en medio de la estructura soportante y la impermeabilización para generar reducción de transferencia de temperaturas altas o bajas desde el exterior hasta interior del inmueble. También puede cooperar con la reducción de aires acondicionados en épocas calurosas del año. Esta aislación térmica se puede llevar a cabo con los siguientes materiales: Poliestireno expandido de alta densidad o polysocianurato. Siendo el primero una espuma rígida de coloración blanca con gran capacidad de trabajabilidad por su resistencia físico-mecánica, por su baja densidad y

reducido peso aparente. Se compone por infinitas celdas cerradas, apoyadas y termo-soldadas de forma tangencial entre sí. Una de las particularidades más importantes del poliestileno es lo ligero que este material puede ser y la alta resistencia a humedad, en cuanto a absorción, este material cumple con una positiva aislación térmica y acústica lo que hace referencia una común utilización en temas de fachadas, cubiertas y hasta suelos.

Como condición obligatoria para funciones de aislaciones térmicas y acústicas, su cumplimiento se verifica en los productos certificados por MINVU en cumplimiento de normativa de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en el artículo 4.1.10, norma técnica NCh 2251 y NCh 1070 en conjunto de la ubicación geográfica encontrada en el Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica.

Acumulador de agua

Es una parte del sistema en la cual se instala una capa para generar aumento de capacidad de retención de agua para el sistema verde. También puede ser un gran aporte para el desempeño del sistema de riego, ya que puede captar las aguas lluvias y logra reponer la humedad de medio de crecimiento a través de la evo transpiración. Los materiales recomendados pueden ser: Laminas de plástico, packs de hidrogel, colchonetas de espuma de uretano y absorbente polar.

Protección de erosión

Esta capa es utilizada para otorgar protección al medio de crecimiento, porque esta parte del sistema se mantiene en su posición por las raíces de las plantas, pero puede padecer de erosión (desgaste ocasionado en la superficie por desgaste de un cuerpo por roce con otro), producido por el viento cuando este está expuesto y también durante el proceso de instalación de las plantas. Para aquellos proyectos de muro verde expuestos a fuertes vientos o para proyectos de cubierta verde con grandes inclinaciones, requerirán de una capa protectora contra erosión.

Los materiales considerados para este tipo de capa son: Laminas de protección, mantillo y mantas fotodegradables.

Sistema de riego

La instalación de un sistema de riego permitirá tener un mayor control de las aguas en el medio de crecimiento para dar mayor facilidad al crecimiento de la vegetación. Se considera esencial para el desarrollo inicial de las plantas, para poder asegurar su vivencia a largo plazo, claro está que dependerá del tipo de sistema a instalar en cuestión de que si están diseñados para funcionar sin agua del periodo inicial o que si el proyecto requiere de riego continuo inicial por aquellas especies de plantas que requieren de niveles superiores de cuidado. Hay una gran variedad de sistemas de riegos utilizados en los sistemas, estos son algunos: Elevados, rociadores, goteo, por capilaridad, base goteo o manguera (riego manual).

Retenedor perimetral

Los retenedores cumplen un rol importante en la instalación, ya que separaran las zonas con vegetación de los componentes estructurales de muros y te cubiertas, tales como antepechos,

pilares, viga invertida, Semi y normal, drenajes, tragaluz, etc. A su vez esta parte puede ser un accesorio adicional para protección al fuego. Pueden ser integrados en sistema in situ o modular. Los materiales que pueden utilizarse son: retenedores de hormigón prefabricado, borde de aluminio o madera y retenedores de productos reciclados.

A continuación, los elementos adicionales son considerados exclusivos para los casos de cubierta vegetal.

Caja registrable

Elemento que permitirá inspeccionar los puntos de desagüe y también poder mantenerlos limpios. La dimensión de esta caja será similar a la del medio de crecimiento y su instalación es sobrepuesta en puntos de desagüe, se construyen con materiales de acero inoxidable y aluminio.

Barandillas

Se utilizan como protección durante la construcción o en caso que la cubierta vegetal sea transitable, ayuda a prevenir caídas otorgando una mayor seguridad. Con mayor detalle de especificación para su instalación se encuentra en capítulo n°4 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.

Pasarelas

Son aceras para las cubiertas transitables, en la cual hay un espacio libre de vegetación y así permitir un fácil acceso. Es posible utilizar una gran cantidad de materiales para este tráfico peatonal, siendo los más conocidos: adoquines prefabricados de concreto, piedra natural, grava o rocas de fibra de vidrio.

3.2 MÉTODO DE INSTALACIÓN

En el presente capítulo se realizará una recomendación de cómo hacer el montaje para un proyecto tipo en caso de una cubierta y para un muro vegetal, la idea es elaborar un procedimiento detallado para evitar imprecisiones in situ y permitir conocer diferentes tipos de partes según materiales de muro/cubierta vegetal. De acuerdo con las consideraciones técnicas de un proyecto en cuanto a la fabricación de cada uno de los componentes que contendrá el sistema a instalar.

Las propuestas de montaje, son las siguientes:

- Ordenamiento de las capas componentes de cubierta vegetal y muro vegetal, cada una respondiendo a las necesidades detectadas para las especificaciones de estas.
- Utilizar la ficha técnica de las empresas Generación verde, Verde 360°, Hidrosym, Manual técnico de proyectos de cubierta como referencia de los sistemas y Tecpro,
- Empresas referenciales: Asfalchile y Tremcoroofing.

Al realizar una instalación de una cubierta vegetal, existen tres variantes con respecto al uso de sistema intensiva o extensiva, cabe recordar que se asocia a su dimensionamiento y que estas pueden ser sobre hormigón, césped o metal. Cuando se habla de las diferencias de intensivo o extensivo, se visualiza según la figura 3.6 que, la cubierta extensiva consta de cambios en cuanto a materiales, y que para los extensivos que tienen la posibilidad de mayor variedad en cuanto a césped y metal, como se aprecia en la figura 3.7 estos requieren de agregar de dos capas más. Es importante señalar que las especificaciones de instalación que se muestran en las respectivas ilustraciones corresponden para cubiertas planas. Datos extraídos de manual de la Cámara Chilena de la Construcción.

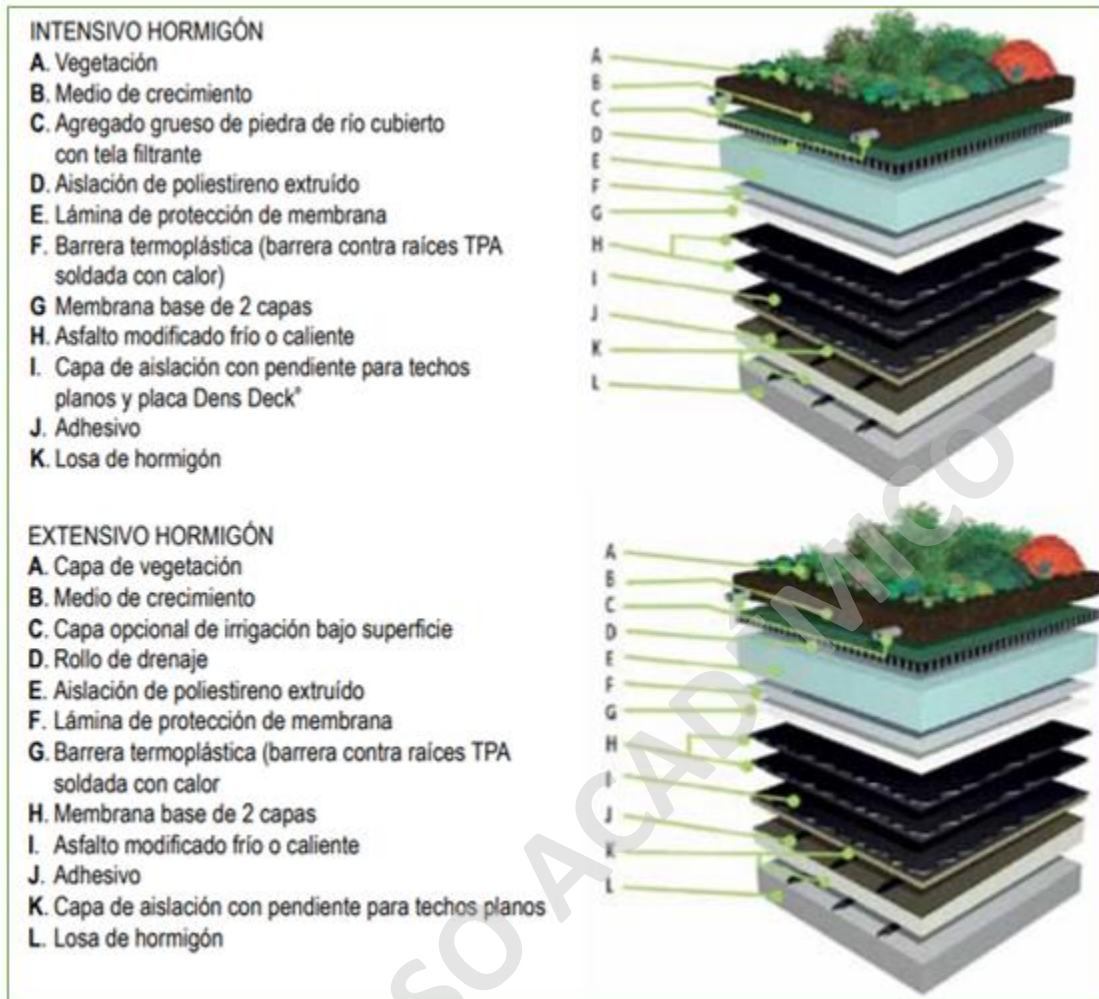


Figura 3.8 Cubierta vegetal intensiva y extensiva sobre hormigón
 Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT



Figura 3.9 Cubierta verde extensiva en césped y metal
Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT

A continuación, se presentan tres propuestas de montajes en los casos de cubiertas vegetales: extensivo, intensivo y profundo, en los se observarán variaciones de dimensiones del medio de crecimiento o sustrato, debido a que el tamaño de la cubierta vegetal es que determina el espesor del sustrato, acorde con el tipo de plantas a instalar en el sistema.

Cuando el espesor del sustrato comienza a aumentar, el sistema requerirá de ciertos cambios en sus capas. Como se aprecia en las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 que en montaje intensivo y extensivo en su segunda capa se coloca un geotextil retenedor de humedad, pero que debido al gran dimensionamiento del sustrato del tercero, este como segunda capa requiere de un filtro y drenarte, colocando en su siguiente capa un geotextil con protección corrosiva, siendo que, las mostradas en las figuras 3.8 y 3.9 la parte de filtro y drenarte corresponden a la tercer y de este modo se itera el proceso como se aprecia en las imágenes, van surgiendo modificaciones y adiciones de capas según lo requiera el sistema de acuerdo con el tamaño de su sustrato.

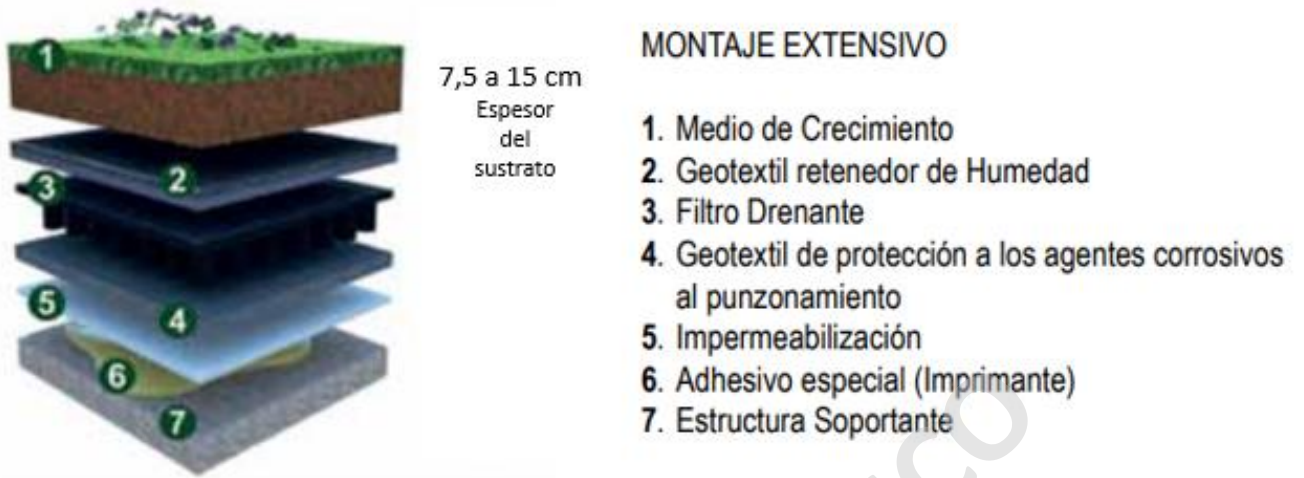


Figura 3.10 Cubierta vegetal con montaje extensivo
Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT



Figura 3.11 Cubierta vegetal con montaje intensivo
Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT



Figura 3.12 Cubierta vegetal con montaje profundo
Fuente: Recomendaciones Técnicas Cubiertas Vegetales CDT

La gran variabilidad de tipos de cubiertas vegetales, tipos de edificación, beneficios que se desean obtener en estos sistemas y una serie de variables todas relacionadas entre si que generan una gran cantidad de aspectos de se deben considerar en su materialización.

Lo expuesto con anterioridad hace referencia a la metodología de instalación de las cubiertas vegetales de tal manera que permitirá al instalador comenzar a dimensionar el proyecto para tener en conocimiento los pasos indicados para realizar el montaje adecuadamente, evitando las impresiones que posteriormente afecten el funcionamiento de la obra.

A continuacion se presentará la ficha técnica de una cubierta verde en sistemas modulares, este tipo usualmente es de vegetación continua e inmediata en la superficie del techo, estos pueden venir precultivados, para solamente realizar la instalacion o bien la platacion puede realizarse in situ. Estos modulos son de polipropileno reciclado de medidas 60x30x8 cm, fieltro de polipropileno para retencion de aguas y actuando como capa de drenaje, utiliza un sustrato mineral de componentes orgánicos de 8 a 9 cm. Una instalacion con estas características puede soportar el crecimiento de plantas hasta de 18 cm, haciendo un peso total del sistema modular entre 90 y 100 kg/m², estimando una retencion hidrica de 32 lt/m² y siendo muy importante la retencion temporal de aguas lluvias de 40 lt/m². Se recomienda tipo de riego por aspersión (encontrado en el apartado 2.5 de esta memoria de título)

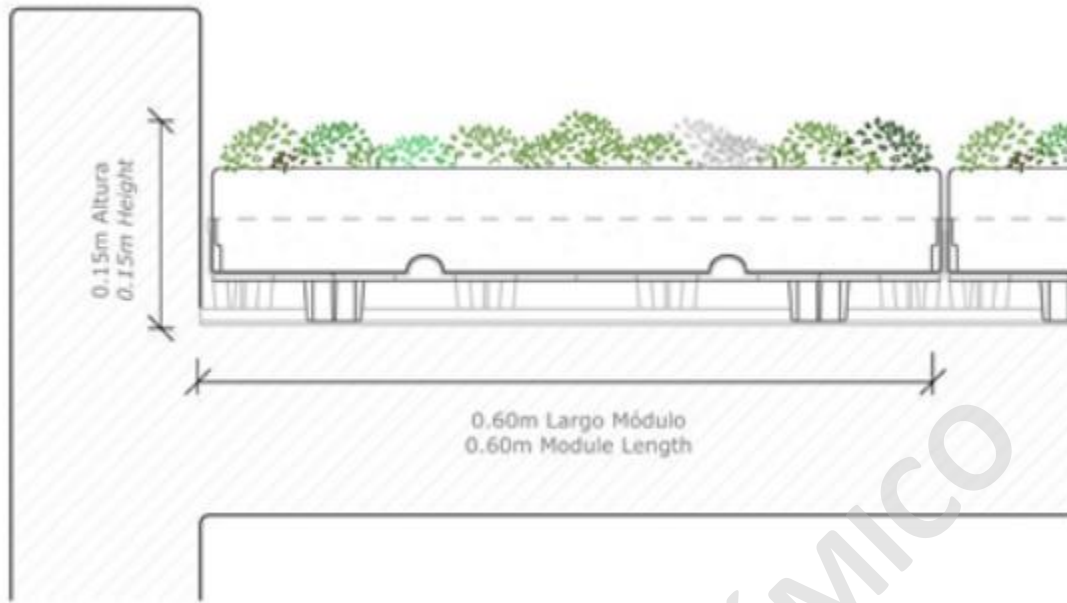


Figura 3.13 Ficha técnica – Techos verdes modulares
Fuente: Verde 360

Las partes en la figura 3.14 son las siguientes:

- A: Vegetación. Ejemplo tipo Sedum.
- B: Sustrato mineral.
- C: Filtro.
- D: Bandeja modular de plástico reciclado.
- E: Sistema de riego.
- F: Membrana impermeable:
- G: Cubierta existente.

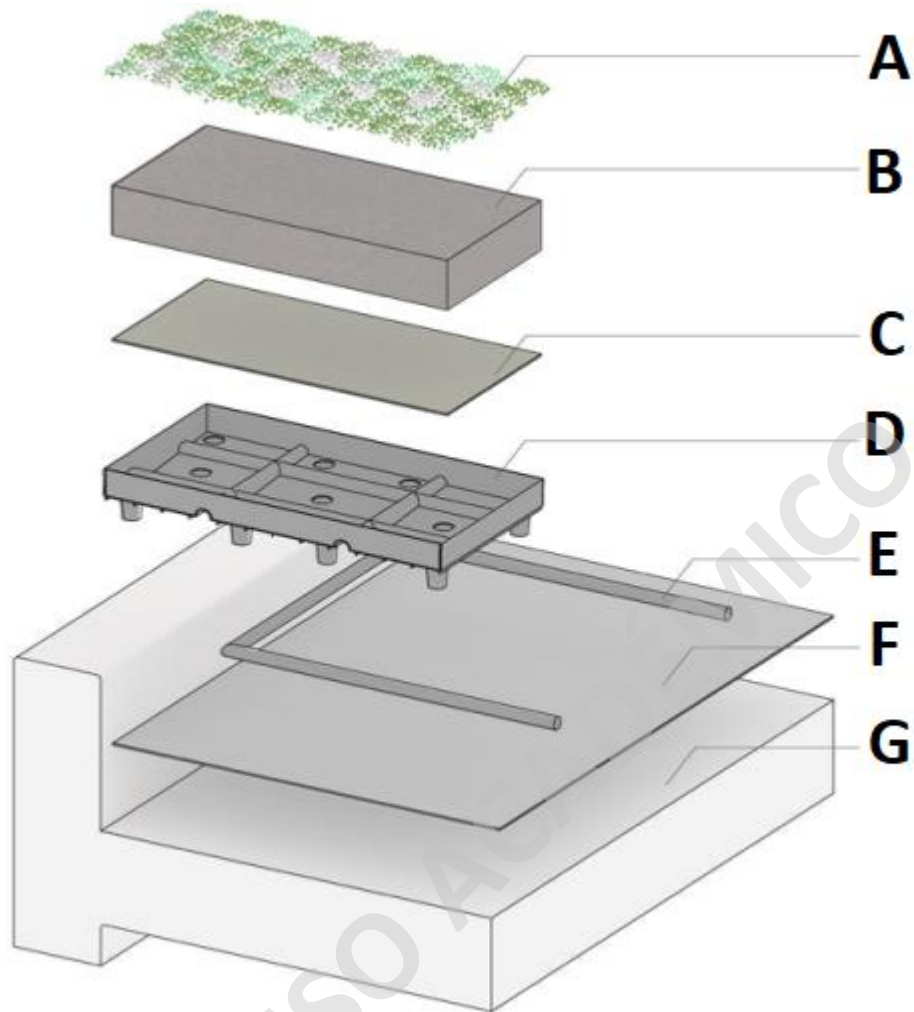


Figura 3.14 Componentes aplican para cubierta intensiva/extensiva.
Fuente: Verde 360

Con el propósito de continuidad con las propuestas de montaje, ahora se mostrarán los casos de muros verdes. Utilizando datos de las empresas Generación Verde, Verde 360 e Hidrosym. Comenzará con la figura 3.15 que presenta el proceso constructivo de un muro verde con sistema de hidropónico de bolsillo (expuesto en el apartado 2.2.1), de las cuales sus partes son las siguientes:

A: Muro de Hormigón.

B: Estructura soportante. Este componente debe quedar totalmente aislado de la capa de riego. Esta estructura de acero está compuesta por perfiles de 1"x1" recubierto con esmalte anticorrosivo.

C: Placa impermeable. Membrana compuesta de aluminio y polietileno con un espesor de 6 mm, sujetas por tornillos tirafondo de acero galvanizado, es importante sellar las uniones de las placas con poliuretano.

D: Sistema de riego. Tuberías de polipropileno copolimerorandom (PPR) que conducen agua, este sistema puede ser con recuperación de aguas y es ideal el suministro de nutrientes disueltos en el agua)

E: Geotextiles. Se realiza la colocación de dos capas de este material, para el crecimiento vegetal y el desarrollo de las raíces. Dependiendo del tipo de muro verde es la instalación de paneles o bandejas para soporte de vegetación.

F: Instalación vegetal.

G: Tanque almacenamiento de agua. Esta parte se ubica debajo del jardín del muro, y el material de este puede variar según proyecto.

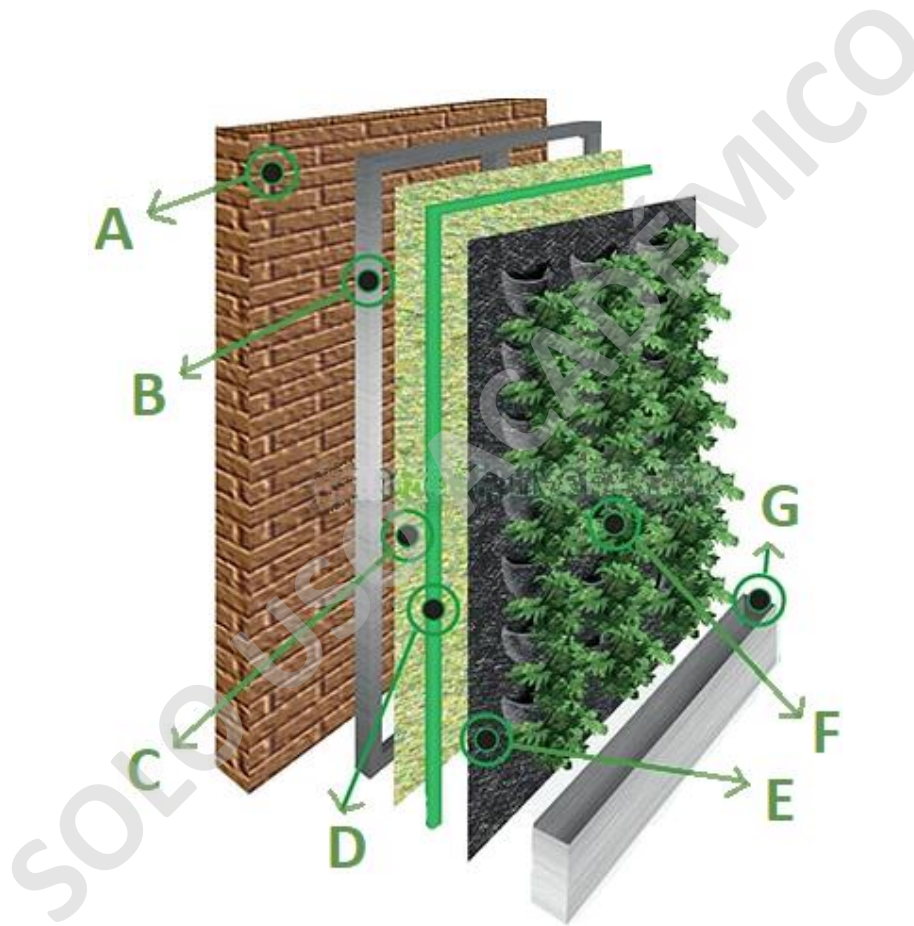


Figura 3.15 Imagen interferida de muro verde.

Fuente: Generación Verde

La figura 3.16 contempla también un sistema hidropónico (el cual no tiene sustrato, debido a lo liviano que este sistema puede llegar a ser). Este sistema tipo es bastante común para elaboración in situ, debido a su gran adaptabilidad a proyectos, el cual contiene un método

automatizado de fertirrigación por gravedad y capilaridad a través de filtros de plástico en donde se desarrollan las raíces formando un sistema auto soportante.

Las características técnicas en cuanto a espesor, la estructura soportante debe ser desde 4cm de ancho según diseño, será conveniente incluir una fachada ventilada en el espacio de sobre estructura y soporte de plantas alrededor de 2,6 cm. En cuanto al peso de la estructura para este tipo de muro, es de alrededor de 21 kg/m² considerando hidratación total.

Este tipo de muro muestra un tipo de riego en base a un sistema cerrado (requiere de un tanque registrable que almacena agua con nutrientes para las plantas), en el que agua pasa por retículas, generando una pérdida mínima por evo transpiración.

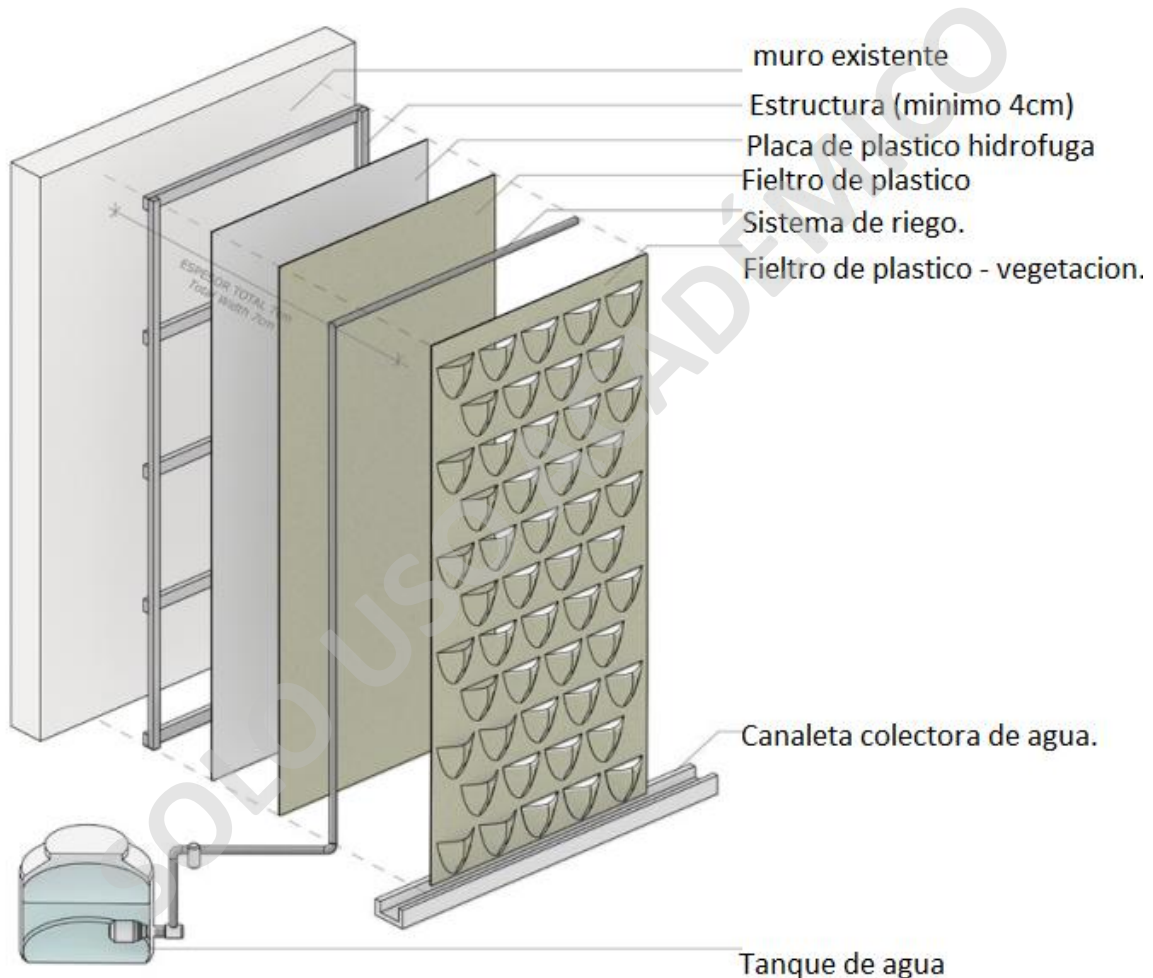


Figura 3.16 Muro verde de sistema hidropónico

Fuente: Verde 360

La figura 3.17 muestra un tipo de solución usada para edificación. Este tipo de muro son de sustrato continuo el que tiene la función de actuar como fachada ventilada (debido a que su

anclaje tiene una separación mínima de 3 cm), es importante recordar que las estructuras auto portantes no generan aporte de cargas a la fachada de la edificación.

La especificación técnica que se presenta en la figura 3.14 es considerada para un muro verde intensivo tanto como extensivo del tipo suspendido o auto-portante. Según se aprecia en la figura la descripción del sistema de muro contempla estructura galvanizada de acero, tela imputrescible y anti raíz, PVC reciclado, sustrato compuesto por fibras vegetales (alrededor de 50 mm), sistema de riego automatizado y los soportes de fijación serán diseñados según los cálculos que variarán según el proyecto.



Figura 3.17 Solución para sistema auto portante o suspendido.

Fuente: <http://www.canevaflor.cl/content/03-medio-ambiente/02-ficha-leed/ficha-leed-hidrosym-canevaflor.pdf>

Hay aspectos in situ que no se pueden pasar por alto, como lo que es en la etapa de impermeabilización (componente obligatorio del sistema), siendo una de las más importantes del sistema, en esta es imprescindible su instalación cuidadosamente y responsablemente para que esta logre funcionar con éxito. Primero se debe realizar una preparación de la superficie, la cual debe estar limpia y seca, antes de seleccionar el tipo de membrana a utilizar como los mencionados anteriormente (membrana EPDM, TPO, líquida de poliuretano o lamina de PVC) porque la membrana tampoco puede ser instalada en existencia de humedad, el área donde se realizará la impermeabilización debe estar libre de contaminantes, tales como pinturas, grasas, etc. Verificar si esta reducirá el porcentaje de pendiente (en el caso de cubierta vegetal), que la superficie se encuentra recta o habrá que interferir y emparejar la zona correspondiente o en presencia de fallas tales como nidos de hormigón, claramente esta debe ser reparada antes, o si bien en otros casos que si ya presenta un aislamiento termo-

acústico correspondiente. Se deben considerar todos esos aspectos para cada caso correspondiente para luego continuar con la instalación según fabricante del material seleccionado, pues cada material requerirá y tendrá una instalación desemejante, aunque sean para todos los casos la etapa de impermeabilización.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO 4: NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN.

Existe una gran cantidad de países que aún no han tomado conciencia del impacto ambiental que generan las construcciones, y no están con la disposición de invertir en los medios necesarios para afrontar este problema. Los factores económicos tienen un rol fundamental en este ámbito, y debido a que las construcciones sustentables presentan un elevado costo para los proyectos. Sin embargo, son rentables en un largo plazo, debido a que la inversión se compensa con la disminución de los consumos de energía.

4.1. NORMAS INTERNACIONALES.

Para asuntos relacionados a la sostenibilidad se realizan evaluaciones tales como BREEAM (Building Research Establishments Assessment Method) y LEED (Leadership in Energy & Environmental Design). Los cuales corresponden a programas de certificación de construcciones sostenibles, en función del ciclo de vida de edificios, sistemas compuestos por una serie de normas. Estos sistemas son reconocidos de forma internacional.

BREEAM, conocido como el certificado de construcción sostenible, enfocándose para quien construye, opera y mantiene el edificio. Su objetivo es favorecer en los aspectos que impactan el medio ambiente, generar mayor confort y salud para quienes viven, trabajan o utilizaran el edificio. Se encarga de evaluar diez impactos, siendo estos los siguientes: Gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso ecológico del suelo, contaminación, innovación. Y otorga una puntuación final después de ponderar según la importancia de cada área de impacto. Luego de tal esquema de evaluación, se realiza una certificación en función de la tipología y uso del inmueble.

El motivo de certificar es fomentar a la construcción más sostenible, que genere beneficios económicos, ambientales y sociales para todas las personas que se relacionarán con el proyecto. Además de la responsabilidad social corporativa de las empresas hacia la sociedad.

El proceso certificador consta en que el cliente quiere certificar su edificio, y solicita un asesor. Luego el asesor registra el proyecto desde fase de diseño, hace una recopilación de evidencias, luego redacta un informe de evaluación. Prontamente, el organismo certificador realiza una verificación, y emite un certificado provisorio, el asesor solicita el certificado post-construcción, siendo este mismo quien hace una pronta revisión de las evidencias, realizando una redacción del informe de evaluación fase de post-construcción, la que es verificada por organismos certificadores, hasta que finalmente se obtiene el certificado BREEAM.

LEED, es un sistema de clasificación de edificios ecológicos más utilizados en el mundo, disponible para todos los tipos de proyectos, ya sea de edificios, viviendas y comunidades. La idea es crear inmuebles ecológicos saludables, con altos grados de eficiencia y económicos, de forma de que estos puedan ahorrar energía, agua recursos y respalden la salud de las personas a lo largo del ciclo de vida del edificio; de esta manera se convierte LEED es considerado como el símbolo de la sostenibilidad.

Las categorías de evaluación que usa LEED son las siguientes: Construcciones nuevas, edificios existentes, viviendas, desarrollo de comunidades, educación y salud. El sistema califica el desempeño en seis áreas distintas de las construcciones: Sitios sustentables, eficiencia en consumo de agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental de interiores e innovaciones en operaciones y prioridad regional.

También realiza una evaluación basada en un sistema de puntos generados por la eficiencia alcanzada en cada una de las áreas. Se estima que para tener un certificado básico se debe obtener más de 40 puntos. Luego existe distinción plata, oro y platino, que corresponden según las puntuaciones más considerables, siendo estos 49, 60 y 80 (Respectivamente) puntos o más.



Figura 4.1 Logo de certificaciones internacionales.

Fuente: Plant Art certificación leed

A continuación, en la tabla 4.1 se presentará un cuadro resumen, para diferenciar ambas certificaciones y aclarar sus similitudes.

BREEAM	LEED
Fue el primer sistema creado y diseñado para verificar los aspectos de sostenibilidad ambiental en los edificios.	Sistema con menos antigüedad, que proporciona un marco completo para evaluar el eco-eficiencia de edificios y cumplir propósitos de la sostenibilidad.

Se considera más relevante en Reino Unido (1990), ya que fue creado en Europa y se encuentra adaptado con una normativa local.	Se considera que esta certificación tiene más sentido en una política corporativa a nivel global. Creado en Estados Unidos (1998)
Esquemas de evaluación 1.- Oficinas 2.- Industrias 3.- Centros educacionales 4.- Casas sostenibles 5.- Sanidad 6.- Multi-residencial	Esquemas de evaluación 1.- Nuevas construcciones 2.- Edificios existentes 3.- Comercial 4.- Interiores 5.- Envolvertes 6.- Centros educacionales 7.- Sanidad 8.- Casa 9.- Desarrollo de comunidad
Categorías 1.- Uso de suelo y ecología 2.- Gestión 3.- Salud y bienestar 4.- Energía 5.- Agua 6.- Contaminación 7.- Transporte 8.- Materiales 9.- Residuos	Categorías 1.- Emplazamiento y tratamiento de espacios 2.- Uso eficiente de agua 3.- Rendimiento energético 4.- Uso de materiales y recursos 5.- Calidad de aire interior 6.- Prioridades regionales.
Calificaciones Aprobado Bueno Muy bueno Excelente Sobresaliente	Calificaciones Certificado Plata Oro Platino

Tabla 4.1 Certificaciones
Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de muros y cubiertas verdes ayuda a obtener mayor cantidad de puntaje para estas certificaciones, sobre todo LEED en la mayoría de los casos, incluso Chile.

En Chile, existen empresas especializadas en muros y cubiertas verdes que cuenta con la asesoría del IDIEM (centro de investigación para necesidades de control y ensayo de calidad de materiales usado en obras públicas en Chile) de Universidad de Chile y de Chile CGB (Chile Green Building) para la obtener la validación ambiental de materiales, productos y servicios bajo estándares internacionales asociados a la certificación LEED. Es importante saber que los muros y cubiertas vegetales podrán contribuir a la obtención de puntos LEED en diferentes categorías de crédito, siempre y cuando los proyectos cumplan con los

requerimientos necesarios. Como ejemplo en la empresa Plant Art, cuenta con contribución de certificación leed como se muestra en las figuras 4.2;4.3;4.4 y 4.5.

CUBIERTAS VEGETALES

Ficha Contribución Créditos LEED®

PLANTART

Techo Verde TELMADERMI

Dirección comercial: Raúl Labbé 12613 Of. 621.
Teléfono de contacto: (56-2) 8696039
Página web: www.plantart.cl



PRODUCTO:
TECHO VERDE

El Techo Verde Telmadermi es un sistema compuesto por varias capas de materiales diseñados para permitir el crecimiento de distintas especies vegetales eliminando la necesidad del uso de tierra. Esta característica proporciona un peso menor de la cubierta, de 20 kg/m² aproximado. El sistema reemplaza cualquier acabado que se tenga sobre la loza; grava, teja, etc.

Una cubierta vegetada compensa la destrucción de áreas verdes en zonas densamente urbanizadas y contribuye a un diseño de paisajismo que normalmente ayuda a la disminución del efecto isla calor en el sitio del proyecto donde sea instalada.



CERTIFICACIONES LEED APLICABLES:

- LEED Nuevas Construcciones (NC)
- LEED Núcleo y Envoltente (CS)
- LEED para Colegios (Schools)
- LEED Edificios Existentes (EB O&M)

OPORTUNIDAD CRÉDITOS LEED:

- S.S. C.5.1 Intervención del Terreno, Protección y Restauración del Hábitat
- S.S. C.5.2 Intervención del Terreno, Maximización del Área Libre
- S.S. C.6.1 Evacuación de Aguas Lluvias, Control de Cantidad
- S.S. C.6.2 Evacuación de Aguas Lluvias, Control de Calidad
- S.S. C.7.2 Efecto Isla Calor, Nivel Techos
- MR C.4.0 Contenido Reciclado
- MR C.5.0 Material Regional

- Categoría Materiales y Recursos
- Categoría Calidad del Ambiente Interior
- Categoría Innovación en el Diseño

- Categoría Sitios Sustentables
- Categoría Eficiencia en el Uso del Agua
- Categoría Eficiencia Energética

NOTAS:

1. La información contenida en este documento corresponde a la validación de los antecedentes entregados por la empresa, en base a la revisión de los estándares asociados a la Certificación LEED, *Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition*. Este documento no constituye una certificación del producto, ni garantiza el cumplimiento de la normativa local vigente.

2. Las conclusiones de este estudio se aplican solamente a los productos mencionados en este informe y está sujeto a la invariabilidad de las condiciones técnicas del producto, y a la invariabilidad de los requerimientos abordados por la certificación LEED V3, 2009 Edition.

De no existir variaciones asociadas a lo anterior, la validez del estudio será de 2 años a partir de la fecha de emisión de este informe: **16/03/ 2012**



SES.FOR.LEED V2/ FN° 645.764-2/ 05-02/ TQ5

Figura 4.2 Ficha de contribución leed – Cubierta verde

Fuente: https://docs.wixstatic.com/ugd/e455dd_830438e9ba134ee7899fe9b2f2d3026e.pdf

Ficha Contribución Créditos LEED®		CUBIERTAS VEGETALES
PLANTART		
Techo Verde TELMADERMI		
CONTRIBUCIÓN POR CATEGORÍA LEED®:		
	Categoría SITIOS SUSTENTABLES	
Crédito 5.1: Intervención del Terreno: Protección y Restauración del Hábitat		1 Punto
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools/ EB O&M		
	Categoría SITIOS SUSTENTABLES	
Crédito 5.2: Intervención del terreno: Maximización del Área Libre		1 Punto
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools		
	Categoría SITIOS SUSTENTABLES	
Crédito 6.1: Evacuación de Aguas Lluvias, Control de cantidad		1 Punto
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools/ EB O&M		
	Categoría SITIOS SUSTENTABLES	
Crédito 6.2: Evacuación de Aguas Lluvias, Control de calidad		1 Punto
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools		
	Categoría SITIOS SUSTENTABLES	
Crédito 7.2: Efecto de Isla Calor, Nivel Techos		1 Punto
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools/ EB O&M		
	Categoría MATERIALES Y RECURSOS	
Crédito 4: Contenido Reciclado		1 - 2 Pts.
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools		
	Categoría MATERIALES Y RECURSOS	
Crédito 5: Material Regional		1 - 2 Pts.
Sistema de Certificación Aplicable: NC / CS / Schools		

Figura 4.3 Categorías puntos leed para cubierta verde – Empresa Plant Art
Fuente: https://docs.wixstatic.com/ugd/e455dd_830438e9ba134ee7899fe9b2f2d3026e.pdf



FICHA DE PRODUCTO
CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN LEED
www.portalverdechilegbc.cl



Raúl Labbé 12613, Oficina 621,
Lo Barnechea, Santiago de Chile.
Fono: [56 2] 8696039
Mail: contacto@plantart.cl



TIPO DE PRODUCTO
Sistema modular de muros verdes.

APLICACIÓN
Para uso en muros en todo tipo de proyectos: residenciales, comerciales, corporativos, hospitalarios, retail, etc.

DESCRIPCIÓN
El Muro Vegetal Telmadermi ha sido elaborado con una tecnología que permite el crecimiento de distintas especies vegetales sin la necesidad de utilizar tierra. En el sistema, las especies vegetales no desarrollan grandes raíces ya que se proveen las condiciones necesarias para su óptimo desarrollo.

Cada mt2 del Muro Vegetal Telmadermi pesa aproximadamente 20 Kilos. El sistema esta compuesto por módulos de 60x60, armados mediante un sistema de estructura metálica, permitiendo variados diseños dependiendo de las preferencias del cliente. Cada módulo considera dentro del diseño la instalación de riego por goteo, según las necesidades hídricas que determinen su orientación solar y plantas.

<p>NC: NEW CONSTRUCTION CS: CORE & SHELL S: SCHOOLS</p>	<p>CI: COMMERCIAL INTERIORS EBOM: EXISTING BUILDING OPERATIONS AND MAINTENANCE</p>	<p>HC: HEALTHCARE R-ID: RETAIL INTERIORS DESIGN R-NC: RETAIL NEW CONSTRUCTION</p>
 <p>CRÉDITO DEL AMBIENTE CONSTRUIDO</p>	 <p>PROCESO CONSTRUYENDO CON LEED</p>	 <p>PREVENCIÓN DEL RIESGO</p>
 <p>REUTILIZACIÓN DE MATERIALES</p>	 <p>ENERGÍA SOSTENIBLE</p>	 <p>EFICIENCIA DEL AGUA</p>
 <p>ENERGÍA ATMOSFÉRICA</p>	 <p>GBC Chile Green Building Council</p>	
<p>NOTAS: Esta ficha fue elaborada con el fin de identificar el aporte del producto o sistema para su aplicación en proyectos que buscan la certificación LEED, basada en la v3 2009 (Actualizada en Junio 2010).</p>		<p>Los créditos se obtienen con la totalidad de materiales del proyecto. La información de respaldo es de uso referencial. Solicite a la Empresa los documentos necesarios para su proyecto.</p> <p>info@chilegbc.cl</p>

Figura 4.4 Ficha de contribución leed – Muro verde

Fuente: https://docs.wixstatic.com/ugd/e455dd_6880fd13932b4c3cb668c0a8af924db3.pdf

-  MATERIALES Y RECURSOS
-  CONTENIDO RECICLADO
-  MATERIAL REGIONAL
-  COMPRAS SUSTENTABLES - ALTERACIONES Y ADICIONES
-  MATERIALES Y PRODUCTOS DE ORIGEN SUSTENTABLE
-  ENERGÍA Y ATMÓSFERA
-  MÍNIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA
-  OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
-  DESEMPEÑO MÍNIMO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
-  OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
-  INNOVACIÓN

Figura 4.5 Categorías puntos leed para cubierta verde – Empresa Plant Art

Fuente: https://docs.wixstatic.com/ugd/e455dd_6880fd13932b4c3cb668c0a8af924db3.pdf

Otro ejemplo de empresa destacada chilena en muros verdes, también cuenta con certificación LEED, empresa europea llamada Canevaflor, que tiene una sucursal en Santiago de Chile con el nombre de Hidrosym.

FICHA DE PRODUCTO
CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN LEED
www.portalverdechilegbc.cl

Hidrosym
www.canevaflor.com
www.hidrosym.cl
Marion Touaux - Responsable América Latina
Mail: m.touaux@canevaflor.com
Tel: +56 2 2748303 [Hidrosym]

Muro Intensivo **Cesta Vegetada** **Muro extensivo**

TIPO DE PRODUCTO
Los sistemas de muros vegetales Hidrosym Canevaflor® son una solución única y durable para vegetalizar edificios. Desde hace más de 10 años, Canevaflor® diseña, construye y mantiene jardines verticales en todo el mundo. Con más de 30.000 m2 construidos en Europa, Asia, Medio Oriente, y recientemente Brasil, nuestra experiencia permite brindar el respaldo técnico de una empresa líder en el mercado mundial. Hoy en día, los productos Canevaflor® están disponibles en Chile gracias a su alianza exclusiva con Hidrosym, una empresa creada en el 1982, formada por profesionales y técnicos especializados en el tratamiento y manejo de áreas verdes y medio ambiente, calificada en Primera Categoría de Paisajismo por el MINVU y miembro de ChileGBC, que asocia a empresas interesadas en aportar en áreas de sustentabilidad y eficiencia energética. Esta alianza permite adaptar a las necesidades locales un producto de calidad internacional reconocida. El

APLICACIÓN
Muros vegetales de sustrato continuo, el cual puede funcionar como fachada ventilada, ya que el sistema de anclaje incluye una separación mínima de 3cm, cuyo diseño se adapta a cada proyecto ya sea bajo techo o al aire libre. Su estructura autoportante no implica cargas a la fachada.

PRODUCTOS
- Muro Vegetal Interior y Exterior: Autoportante o Suspenso
- Muro Vegetal Doble Piel
- Fachada Vegetalizada
- Muro Vegetal Intensivo o Extensivo
- Muro Vegetal Antiruido
- Muro Descontaminante: Interiores y Exteriores

* Solicite a Hidrosym Canevaflor® mayor información acerca de los distintos sistemas de muros vegetales, certificaciones, ensayos y características técnicas.

- Utilización de especies vegetales, adaptadas y acorde con la zona climática.
- Incluye la mantención por un año y seguimiento de un ciclo completo de vida de las especies plantadas.

Además, los sistemas de muros vegetales Hidrosym Canevaflor® pueden complementarse con algún sistema de aislación de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Los sistemas de muros vegetales Hidrosym Canevaflor®, cuentan con un sistema de riego que utiliza sensores de evotranspiración Solar Sync de Hunter, el cual está combinado con programadores inteligentes, ajustando el tiempo de funcionamiento óptimo según las condiciones climáticas locales. Hunter es el primer fabricante de riego que consigue, siguiendo las estrictas normas de la EPA (la Agencia de Protección Medioambiental en los Estados Unidos), una aprobación tan amplia de sus programadores. La pre-instalación de compatibilidad con el sensor SolarSync permite cumplir con los requerimientos del programa WaterSense sin tener que cambiar todo el programador.

LEED

Figura 4.6 Certificación LEED muros verdes Hidrosym

Fuente: <http://www.canevaflor.cl/content/03-medio-ambiente/02-ficha-leed/ficha-leed-hidrosym-canevaflor.pdf>

A nivel mundial, ASTM (American Society for Testing and Materials), esta norma internacional se basa en los esfuerzos constructivos sostenibles. Tiene una función crítica de potenciar el crecimiento de construcciones verdes. ASTM ha estado orientada de forma dispuesta y con el afán del crecimiento de la construcción de edificios sustentables: los techos verdes. El desarrollo e instalación de sistemas vegetales, de techos sustentables están aumentando en una amplia variedad de edificios, desde instalaciones industriales hasta residencias privadas. Esta norma ha reglamentado algunos aspectos de las cubiertas vegetales, como las cargas vivas, las cargas muertas para su diseño estructural, las capas de drenaje, los métodos para la comprobación de retención de agua en capas de drenaje, los estándares para permeabilidad y materiales granulares.

Los grandes avances normativos para techos verdes, en los países europeos, sobre todo en Alemania, considerados hoy en día como los pioneros en el mundo, respecto a las propuestas verdes, incluyendo en ellas los muros y cubiertas vegetales. Cuentan con incentivos para iniciar las terrazas verdes, para otorgar múltiples beneficios, pero, sobre todo, asociadas a

coeficientes de escorrentías, y altura mínima de cobertura vegetal. También existen estímulos tarifarios por reutilizar el agua lluvia. En Alemania se evalúa la calidad de la cubierta vegetal, según sistemas de calificación como los lineamientos del FLL (ForschungsgesellschaftLandschaftsentwicklungLandschaftsbau), usado por una gran cantidad de países europeos y empresas que se rigen por ciertas normativas y la aplican en diferentes países. (Como es el caso de la empresa europea: Zincolifeonroof, de cubiertas verdes que ha incorporado una gran cantidad de su producto en construcciones, ubicadas en Chile desde el año 2007 hasta la actualidad.)

A continuación, se presentará un cuadro resumen, en el cual se clasifica lo que los tipos de sistema aportan en las certificaciones para poder sumar puntos, ya que estos sistemas no cubren todas las categorías evaluadas, pero si una gran cantidad de gran relevancia, según la tabla 4.2

TIPO DE SISTEMA	BREEAM	LEED
MURO VERDE	Contaminación Salud y bienestar Energía Agua	Uso eficiente de agua Rendimiento energético Calidad de aire interior
CUBIERTA VERDE	Contaminación Salud y bienestar Energía Agua	Uso eficiente de agua Rendimiento energético Calidad de aire interior

Tabla 4.2 Aspectos que maximizan puntuación breeam y leed

Fuente: Elaboración propia.

4.2 NORMAS NACIONALES.

El objetivo de este capítulo es conocer y determinar las normas existentes en Chile, en cuanto a muros y cubiertas verdes para que estas sean aplicadas correctamente en la construcción de proyectos con muros y cubiertas vegetales.

En la actualidad (año 2018), Chile aún no ha presentado iniciativas gubernamentales o algún tipo de franquicia o beneficio a quienes invierten en estos tipos de proyectos. Sin embargo, la contribución del sector privado para la obtención de beneficios públicos ha logrado demostrar que la evaluación de estos tipos de sistemas a incorporar en proyectos es totalmente positiva, como para permitir su gran desarrollo en futuro. Existe un registro no menor de edificios comerciales y residenciales que por iniciativa propia han implementado estos sistemas.

Se debe realizar un estudio complementario en referencia a la normativa chilena a modificar la legislación con el objetivo de incorporar exigencias (de muros y/o cubiertas verdes) a los

proyectos de construcción. Sería positivo determinar incentivos tributarios y/o arancelarios para promover mejoras a los diseños y proyectos (ya sean nuevos o modificación de existentes). En el año 2016, se realizó en Chile una propuesta parlamentaria, con un periodo legislativo del año 2014-2018, la cual trata de establecer de forma obligatoria a los proyectos de construcción de edificios habitacionales, de comercio, oficina, industriales y otros en el que su flujo requiera de un estudio de impacto de transporte urbano (EISTU), la construcción de cubierta vegetal, con dimensiones no menor al 50% de la cabida basal de la construcción. La instalación de cubierta verde es para colaborar con cualquier beneficio ecológico y sobre todo para poder reducir el efecto isla de calor. A modo de ejemplo: Si se construye un edificio con una cantidad indeterminada de pisos sobre un terreno con una superficie de 800 m², la cantidad mínima de construcción de cubierta vegetal será a 400 m².

El proyecto de ley se trata de agregar artículo 105 de la Ley General de Urbanismo y Construcción, DFL n°458 una nueva letra, siendo esta “g)” proyecto de techo (s) verde (s).

El hecho de que Chile a nivel país no tenga una legislación que regule directamente estos sistemas verdes ha sido una problemática considerable entre expertos y profesionales del rubro de la construcción, debido a que cada año surge más la necesidad de adoptar soluciones sustentables. Los expertos en muros y cubiertas verdes, muestran preocupación, en la búsqueda de un cambio para los paradigmas y controversias que existen en la actualidad referente al tema de estudio. (Según publicación: Cambio a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones: Críticas a decreto que limita los techos verdes en edificios provoca debate entre Minvu y expertos, 2017)

A muchos expertos les preocupa que no se está generando un mejor aprovechamiento de las cubiertas de los edificios. Siendo una gran crítica el 20% de la superficie, determinado por la norma DDU 316 (normas urbanísticas de altura máxima de edificación y elementos exteriores), siendo que tal porcentaje está siendo ocupado por muros, barandas, equipos de aire acondicionado, y ductos de ventilación haciendo de esta forma que la normativa actual no incentivará la creación de cubiertas vegetales. (Publicación en diario de la construcción, Cambio a la OGUC que limita los techos verdes en edificios provoca debate entre Minvu y expertos, 2018)

Aunque a la fecha en Chile no se encuentren normativas para estos sistemas, es trascendental saber que, los techos verdes, más que muros vegetales son utilizados ampliamente en Europa y América del Norte, en algunos países incluso han creado una serie de manuales y leyes que fomentan el uso de esta tecnología verde. Para el caso de Europa, las ciudades tales como Munich (Alemania), Copenhague (Dinamarca) y París (Francia) tienen leyes que exigen e invitan a la instalación de cubiertas verdes para ciertos tipos de edificios; Mientras que en América del Norte como es el caso de Toronto (Canadá) fueron los pioneros en el mundo para hacer cumplir una ordenanza que todos los edificios de más de 2.000 m² deben tener entre un 20% y 60% los techos verdes.

Las ciudades de EEUU como es el caso de Portland y Minneapolis ya han incorporado las cubiertas vegetales en sus leyes de planificación urbana.

En Australia y América del Sur, las cubiertas verdes no son considerablemente utilizadas como en los casos anteriores. Sin embargo, países como Argentina y Chile están con la motivación de introducir cada vez más políticas y fuertes incentivos financieros para promover la adopción de prácticas y tecnologías más sostenibles, siendo más realizado por Argentina ya que en la actualidad ya tiene normativas para dos de sus ciudades más importantes, Cordova y Buenos Aires. En Chile, según datos del Centro de Desarrollo Urbano Sostenible (CEDEUS), se estima que las políticas de incentivos para la sostenibilidad han apoyado recientemente la instalación de más de sesenta mil metros cuadrados de techos verdes. Pero como se ha expuesto al inicio de este capítulo, en Chile no hay en existencia leyes que permitan asesorar o que ofrecen incentivos para su uso. (Mora-Melià, et. al 2018)

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO 5: ANÁLISIS CRITICO DE LOS SISTEMAS VERDES

5.1 BENEFICIOS



Figura 5.1 Esquema resumen de los beneficios a presentar.

Fuente: Elaboración propia.

Los muros y cubiertas verdes pueden ser considerados de alto costo en su etapa de construcción y mantenimiento en comparación con la instalación de una techumbre o muro y/o terminaciones tradicionales. Sin embargo, solamente la comparación realizada en base a costos es un análisis no concluyente, considerando la gran cantidad de beneficios que conlleva la instalación de estos sistemas al ser instalados en las edificaciones y además contribuyen a una mejora para la ciudad.

Antes de comenzar a explicar cuáles son todos los beneficios que ofrecen estos sistemas vegetales, para una mayor comprensión se iniciará con definir que es el proceso de fotosíntesis y que es la evotranspiración de las plantas.

La fotosíntesis: Es el proceso por el cual las plantas elaboran su alimento, el que les sirve para crecer y desarrollarse. Para esto las plantas necesitan de clorofila, que es un pigmento verde que se encuentra en las hojas, y se encarga de absorber la luz para realizar el proceso.

La evotranspiración: Es conocido como el vapor de agua devuelto al aire en un área determinada. Se realiza una combinación de la cantidad de vapor de agua devuelta a través de este proceso de evotranspiración (de vegetación húmeda y estomas de las hojas) con la cantidad del vapor de agua devuelto por la exhalación de la humedad a través de la superficie de la planta.

5.1.1 BENEFICIOS CONSTRUCTIVOS

Las construcciones verdes o sostenibles, se están convirtiendo en la actualidad en una “marca ambiental” alrededor de todo el mundo. Generan responsabilidad social como aspecto integral al momento de diseñar o remodelar un inmueble. La certificación LEED le da puntuación a los edificios por sus características ambientales. Los sistemas de muro o cubierta vegetal pueden otorgar créditos al edificio por el beneficio que generan en la ventilación, iluminación, acústica, bajas emisiones de carbono, entre otros.

5.1.1.1 AISLANTE TÉRMICO

Es trascendental considerar la cantidad de capas que proporciona estos sistemas, siendo que, la planta en si actúa como un amortiguador, luego se encuentra la parte del sustrato, el cual mantendrá un porcentaje de aire y este es el que ofrece aislación. Se debe tener en cuenta que dependiendo de la humedad que posea será la efectividad de la aislación, porque a mayor humedad los poros se encontrarán tapados lo que generará una menor aislación. Siendo entonces lo ideal es que estas plantas del sistema se encuentren con alrededor de 30% o 40% de aire para que puedan vivir y puedan mantenerse como un sistema aislante.

La sombra que se produce en la capa vegetal de un muro verde, contribuye a detener el asoleamiento de forma directa en los muros, así como también en los techos.

Genera una disminución en las temperaturas de las capas de aire y superficie exterior de la envolvente del edificio.

La evotranspiración de las plantas requiere de energía que es proporcionada por el sol y a su vez por el aire circundante, provocando que la capa de aire entre plantas y superficie de sustrato se encuentre a una temperatura más baja que la del aire sobre la capa vegetal.

La porosidad del sustrato cumple la función de aislar, al poseer huecos de aire y tener un espesor considerable, haciéndose efectivo este aislante en invierno como en verano. El resto de las capas de estos sistemas se consideran un tanto despreciables en términos de aporte a resistencia térmica, por lo mínimo que son sus espesores.

Para el caso de la instalación de un muro intensivo, instalado en la fachada de un edificio permite considerablemente regular la temperatura, hasta 12°C de amplitud térmica entre el interior y el exterior de un edificio. Este es un factor significativo al momento de evaluar la eficiencia energética de una construcción.

5.1.1.2 AISLANTE ACÚSTICO

Los muros y cubiertas verdes pueden realizar un gran aporte en cuanto a la absorción de ondas sonoras de alta y baja frecuencia. Estas ondas no suelen ser totalmente aisladas por el hormigón u otros materiales con características similares.

La combinación de sustrato poroso y la capa vegetal son los que generan este beneficio.

El mecanismo de como la vegetación disminuye el campo de sonido es a través de: la absorción de este y su difusión, esto ocurre cuando una onda sonora incide sobre las plantas y luego esta es reflejada hacia atrás; se produce una disminución del nivel acústico cuando una onda es transmitida a través de la vegetación.

La efectividad de la vegetación determina en la absorción de los múltiples reflejos de la propagación del sonido al aire libre. (Veisten k1 et al., 2012)



Figura 5.2 Aislación térmica-acústica
Fuente: <http://www.cubiertasverdes.com.ar/>

De acuerdo con lo anterior se puede concluir que los muros y cubiertas verdes son excelentes atenuadores del ruido y sobre todo a bajas frecuencias. Una cubierta verde intensiva y extensiva puede llegar a atenuar 40 y 50 dB. Ya que estos sistemas poseen tal beneficio, se considera conveniente para edificaciones grandes tales como aeropuertos, universidades, centros de evento entre otros. Asimismo, puede haber ciertos factores que causen incidencia en cuanto a la atenuación de los ruidos como, por ejemplo, la vegetación seleccionada, composición y profundidad de sustrato. (Yalcinalp et al., 2017)

Para el caso de un muro verde, hasta se sugiere la posibilidad de reemplazar los paneles acústicos. Ya que este tipo de sistema de muro verde tiene cualidades de aislante acústico, teniendo la capacidad de reducir hasta 32 dB y absorber hasta 20dB. Se recomienda su instalación en los bordes de rutas y autopistas (como lo es en el caso de la calle Av. Tobalaba, ubicada en Santiago). El uso a este sistema de muro vegetal permitirá reducir considerablemente la contaminación sonora y asegurar un mayor bienestar de los vecinos. (Muro verde propiedades acústicas, Hidrosym, <http://www.canevaflor.cl/productos>)

5.1.1.3 PROTECCIÓN DE MATERIAL

En el caso de muros y cubiertas verdes, estos son capaces de prolongar la vida útil de los materiales, en el proceso, conocido como impermeabilización esta es quien protege la estructura de la intemperie de los efectos de altas temperaturas y vientos, tanto como protección para su eventual tránsito como lo es en aspectos de cubierta.

Por el hecho de que las plantas poseen un alto contenido de humedad, se genera en el caso de los muros vegetales, una capa natural con resistencia al fuego; ya que, gracias a la humedad del sustrato cooperan a que el fuego no se propague rápidamente.

Se entiende que las membranas impermeabilizantes en si cumplen un rol muy importante para las techumbres en general. Se considera un beneficio constructivo ya que el uso de cubiertas con vegetación permitirá reducir los costos de mantenimiento de una techumbre tradicional, al poder incrementar su vida útil (siendo que, usualmente el periodo de vida útil que tiene una techumbre promedio es de 15 años), lo que genera una reducción de gastos en aspectos de reparaciones y mantenimientos de techumbres, al menos en un 35%, gracias al incremento de la vida útil de las membranas impermeabilizantes.

En el caso de cubiertas verdes, extenderán la vida útil de la membrana de la techumbre al proteger contra el estrés térmico, fluctuaciones y radiación UV. La exposición a estos causa un deterioro de los materiales de la techumbre, según los estudios ha quedado demostrado que al menos la utilización de una cubierta vegetal duplicará la vida útil de la membrana de las cubiertas a 40 o 50 años. (Väinö et al., 2013)

5.1.2 BENEFICIOS ARQUITECTÓNICOS

5.1.2.1 ESTÉTICA DE LA ENVOLVENTE

Un beneficio importante es la estética que ofrecen estos sistemas verdes en que luciría como una terminación. Puede llegar a generar la revalorización de algún edificio en particular, otorga una mejora paisajística o hasta generar un establecimiento comercial para proporcionar una obra de arte en vivo. Además, puede ofrecer un toque estético de sofisticación y cuidado del entorno. (Väinö et al., 2013)

Es una buena forma para llenar de vida y color las urbes, al poder elegir una diversidad de diseños y tipos de plantas, ya que de esta forma se puede atenuar del uso excesivo de hormigón y otros materiales de construcción. Es una forma ideal para cooperar con el embellecimiento de las ciudades.

5.1.3 BENEFICIOS SOCIALES

Los beneficios públicos se asocian a la vegetación, según el lugar donde estos sistemas se implementan, porque son amigables con el entorno.

5.1.3.1 EFECTO ISLA DE CALOR

El efecto isla de calor urbana (ICU) es el aumento de la temperatura ambiente en promedio de las ciudades, debido a la absorción de radiación solar en las superficies de hormigón, lo que hace difícil de disipar el calor absorbido durante la noche cuando baja la temperatura, producido por el reemplazo de vegetación natural por espacios pavimentados, edificaciones y estructuras destinadas a uso habitacional. En la Región Metropolitana, Santiago, tiene efecto isla de calor urbana mucho más alta que sus alrededores, siendo que en los días más calurosos la diferencia de temperatura entre la ciudad y zonas rurales fluctúa entre 2 a 6 °C.

Existen tres tipos de efectos de isla de calor:

- 1.- Isla de calor de la capa dosel (ICCD)
- 2.- Isla de calor de la capa de perímetro (ICCP)
- 3.- Isla de calor de superficie (ICS)

Las dos primeras se refieren al calentamiento de la atmósfera urbana, mientras que la última se diferencia porque hace referencia al calor relativo de la superficie urbana. La ICCD es la capa de aire de las ciudades que se encuentra más cercana a la superficie, se extiende hacia arriba aproximadamente hasta la altura media de las edificaciones. Sobre la capa de dosel, se encuentra la ICCP, la cual puede ser de 1 km o más de espesor durante el día, y encogerse a cientos de metros o menos durante la noche. La ICCP es la que forma una cúpula de aire más caliente, extendiéndose en dirección del viento más allá de la ciudad.

Las causas de las islas de calor son la urbanización sin control, la falta de áreas verdes y el uso excesivo de autos. Además de estas causas ciertas interacciones están relacionadas, tales como: **el aumento de la absorción de la energía solar**, debido a que las superficies tienen baja capacidad de reflejar la luz y absorbe el calor. **Calor acumulado**, que está totalmente relacionado con la capacidad térmica de los materiales constructivos, **obstrucción del aire**, realizado por las mismas edificaciones y **falta de evotranspiración** que se debe a la poca cantidad de vegetación en la ciudad.

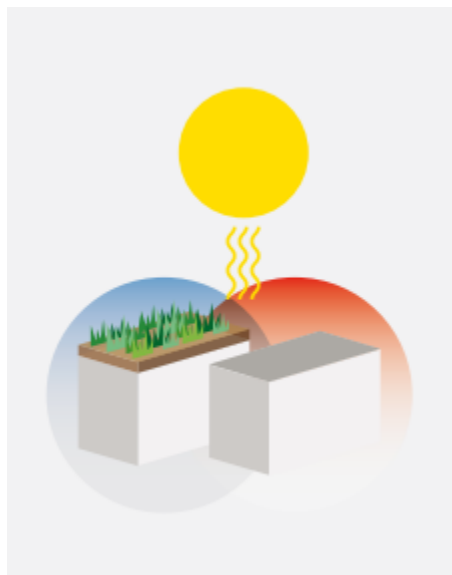


Figura 5.3 Rendimiento térmico mejorado

Fuente: Growing Green guide

Un ejemplo claro de estos efectos en la ciudad de Santiago, son las comunas de Santiago Centro, Providencia, Las Condes, Vitacura y Ñuñoa, las que demuestran el efecto isla de calor localizado, asociado a una gran densidad construida. Siendo que, el efecto es más notorio en el día que en la noche. (Según artículo de modificación de LGUC del año 2016)

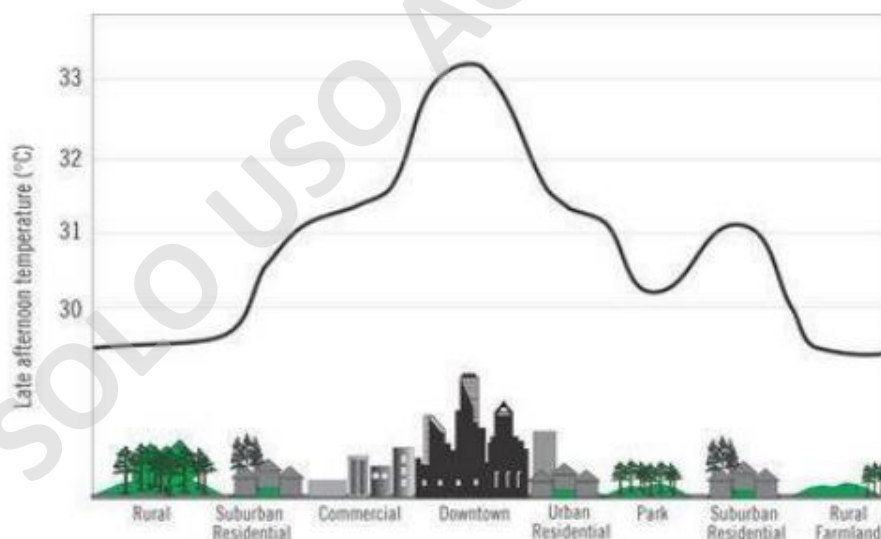


Figura 5.4 Esquema efecto isla de calor.

Fuente: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130221/ahorro-energetico-y-economico-a-traves-de-la-implementacion-de-medidas-de-gestion-energetica>.

Todas las áreas urbanas experimentan el efecto isla de calor, y el impacto que produce el ICU se ve reflejado en tres aspectos fundamentales: La salud de la población, consumo energético y medio ambiente.

Las cubiertas verdes tienen la capacidad de refrigerar un edificio a través de métodos tales como el sombreado que es proporcionado por las mismas plantas, enfriamiento ocasionado por la evotranspiracion y masa térmica. El valor térmico del sustrato húmedo es bajo, pero la capacidad de enfriar gracias a la evotranspiracion es considerada alta. Se ha determinado que en épocas de año calurosas se puede disminuir la temperatura entre 2°C a 3°C.

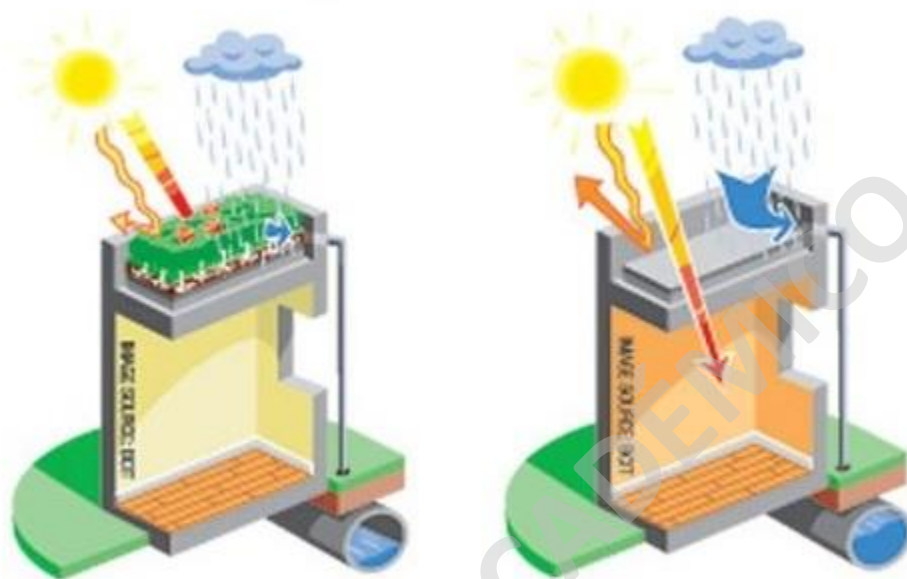


Figura 5.5 Aislación generada por techos verdes en comparación con uno convencional.

Fuente: <http://vitasoluciones.com.ar/beneficios-ecologicos/>

Estos sistemas verdes, poseen una masa térmica considerable y un valor de aislamiento moderado, siendo estas propiedades las que al combinarse reducen las temperaturas entre el sistema verde y la estructura del edificio. Por ejemplo, si una cubierta verde con un bajo nivel de aislamiento debajo de la capa impermeable, esta permite que el espacio inferior se caliente con rapidez, en un clima considerado cálido y soleado. Pero las temperaturas internas, del piso bajo de la techumbre se deben a que el entorno interno del inmueble no es totalmente cómodo para los ocupantes. (Living Roofs and Walls, 2008)

Cuando hablamos de reducir el efecto isla de calor la idea es minimizar el micro clima, ya que lo que preocupa es el hábitat humano y a su vez otros seres vivos que se encuentren en ciertas partes de la ciudad. Se considera que, como solución ideal para evadir este efecto, es instalar cubiertas vegetales, las cuales puedan cubrir al menos el 50% del área de cubierta exterior del edificio para aplicar en la superficie reflectancia que también puede llevarse a cabo en conjunto con otras materialidades de cubierta, de tal manera de cumplir con el siguiente criterio.

$$\frac{\text{Área de la cubierta que cumpla con el SRI mínimo}}{0,75} + \frac{\text{Área de la cubierta vegetal}}{0,5} \geq \text{Total área de cubierta}$$

Una gran cantidad de estudios han demostrado que la falta de espacios verdes aumenta el efecto de isla de calor en zonas urbanas, que es lo que se ha expuesto anteriormente, mientras que la instalación de cubiertas verdes puede lograr mitigar este efecto negativo por la depreciación de la temperatura. En esta forma, los techos verdes aíslan edificios, tanto de calor y frío, reduciendo de este modo también el consumo de energía para enfriar o calentar. (Mora-Melià et. Al 2018)

5.1.3.3 CALIDAD DEL AIRE

Es importante tener en cuenta que en el futuro los problemas de contaminación ambiental en las ciudades será una problemática que tomará un rol importante para las personas; porque si se realiza una sumatoria de factores tales como las alzas de temperaturas, el aumento del mercado automotriz, exposición de gases de industrias, material articulado entre otros, estos son los que incrementan de forma permanente la contaminación.

El proceso de fotosíntesis de las plantas requiere de dióxido de carbono (CO_2), siendo este uno de los gases que genera contaminación en el aire y es el principal colaborador con el calentamiento global del planeta. Es por esta razón que sugerir la instalación de muros tanto como cubiertas verdes aumenta la cantidad de áreas verdes que generará un equilibrio en el ciclo del CO_2 , proporcionando una mejor calidad de aire (transformando el CO_2 en O_2) para la vida de los ciudadanos y al largo plazo contribuir a los fenómenos que perjudican al planeta.

Los muros tanto como cubiertas verdes, son filtros de aire natural, otorgando un ambiente mucho más limpio que en general podrá proporcionar mejor salud para los habitantes, debido a que estos sistemas verdes van a metabolizar estas toxinas dañinas produciendo al mismo tiempo que liberan oxígeno al aire.

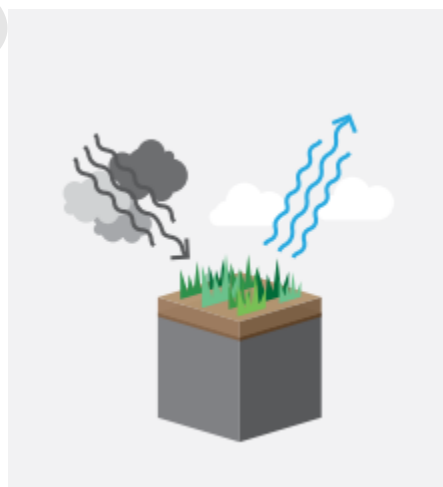


Figura 5.6 Limpiando el aire
Fuente: Growing Green guide

5.1.4 AGUAS LLUVIAS

El mejoramiento de aguas lluvias se trata de la inhabilidad de drenar agua de forma adecuada, las fuertes precipitaciones son un gran inconveniente que enfrentan las ciudades hoy en día. Muchas veces esta problemática está basada en una deficiente planificación de una red de drenaje, esta problemática surge porque no siempre se realiza minuciosamente el cálculo de una red de drenaje, teniendo en consideración los caudales reales que el aumento de urbanización está provocando, debido a esto se produce un desbordamiento de la red en zonas situadas aguas abajo. Una forma de disminuir este gran problema podría ser destinar una superficie con cierta capacidad de almacenamiento que permita retener el volumen de caudal de escorrentía lo que claramente dependerá de la capacidad del desagüe de la red existente aguas abajo. Para el caso de las cubiertas vegetales se puede reducir hasta un 60% de escorrentía y un 80% de evacuación de agua ante una precipitación relativamente intensa. Si el coeficiente de desagüe es 0,3 para aguas lluvias, una cubierta vegetal con un mínimo de 10 cm de espesor, esto significaría que el caudal de desagüe y lluvia caída es del 30%, siendo el 70% retenido por la cubierta vegetal, ya que va a ser desaguada posteriormente o simplemente evaporada. (Xing et al., 2017) También, el uso de cubiertas y/o muros vegetales puede ser incorporado para aprovechar las aguas con la función de utilizar aguas grises para los sistemas. (Según normativa alemana DIN 1986).

Por lo tanto, la aplicación e instalación de estos sistemas verdes mejora las aguas lluvias, en cuanto a las condiciones de retención, porque logra retrasar la llegada del agua lluvia que va directo a las alcantarillas, permitiendo así la evotranspiración de la planta con el agua almacenada. Pero es importante reconocer que esta medida de mitigación para la escorrentía de aguas lluvias es superficial, ya que simplemente está generando una colaboración para reducir las inundaciones en las ciudades. A su vez, sería importante considerar la posibilidad de poder reutilizar estas aguas lluvias que han quedado almacenadas, caso particular más viable para las cubiertas vegetales, porque así es posible reducir a largo plazo el consumo de agua potable y hasta podría ser posible reutilizar esas aguas almacenadas para otro tipo de acciones, no solamente el regadío de la cubierta vegetal.

5.1.4.1 BENEFICIOS PRIVADOS

5.1.4.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Esta perspectiva está basada en el consumo energético. Existe hoy en la actualidad una alta demanda de energía destinada a sistemas de ventilación/calefacción de aires acondicionados y climatización en espacios de edificaciones de trabajos, corporativos, etc. y sumando a estos la demanda en los casos residenciales. Las altas temperaturas pueden conducir un alto uso de aire acondicionado, que al mismo tiempo lleva al aumento en el consumo de energía. Y, en el clima frío, emplea el efecto contrario lo que es una demanda de calefacción adicional del piso de abajo de la techumbre, siendo este un gran consumo de energía y esta misma tiene un alto impacto financiero y ambiental. (Francesca Pagliaro, 2015) Pero si se realiza la implementación de muros y/o cubiertas verdes en los inmuebles, puede disminuir considerablemente esta energía ocasionada por el efecto isla de calor urbano.

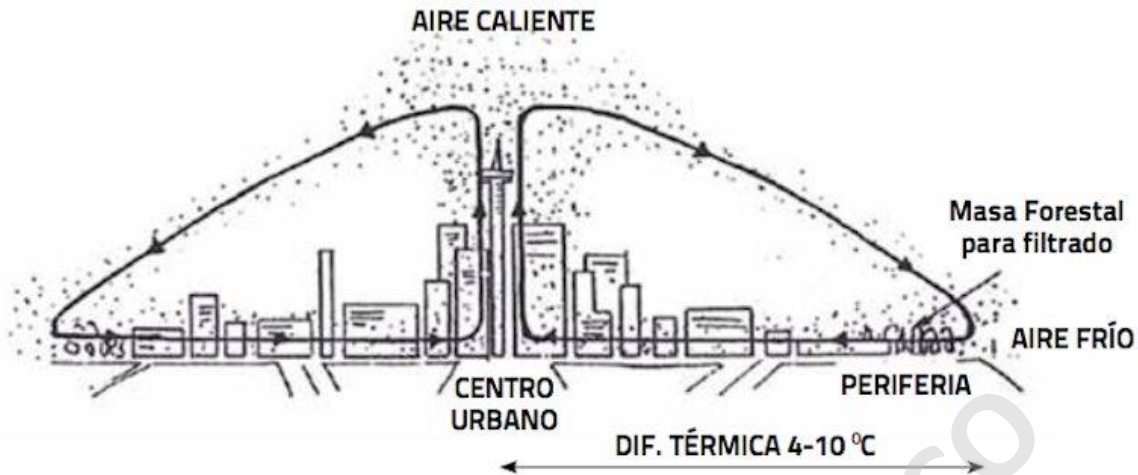


Figura 5.7 Interpretación de la ciudad.

Fuente: <https://about-haus.com/beneficios-construir-un-techo-verde/>

Es importante considerar que en los elementos constructivos como techumbres es donde se producen grandes pérdidas de calor en el invierno y estas al estar expuestas al sol en épocas de verano hacen tener grandes ganancias de calor. Es importante considerar que según la OGUC en el artículo 4.1.10 establece los requisitos de reglamentación térmica para edificaciones.

5.1.4.2 COMERCIALIZACIÓN

Este tipo de beneficio va referido a como los muros y/o cubiertas verdes realizan un aporte a la comercialización de los edificios que posean estos sistemas y a la imagen corporativa de quienes invierten en estos para incorporarlos a proyectos. Hoy en día, el hacer un aporte ambiental al entorno es un acto que demuestra compromiso y responsabilidad social para quienes tienen a cargo diferentes proyectos, ya sean construcciones públicas o privadas que tienen como objetivo principal generar un impacto positivo para las personas.

También es posible considerar que, estos sistemas pueden aumentar la plusvalía de la zona en el cual se implementan, por el hecho de lo atractivos que lucen, de acuerdo al sector en donde se encuentran estos inmuebles, ya que se potencia con estar agregando un punto de diferenciación con otros inmuebles, como lo ha sido hoy en día en la ciudad de Santiago de Chile que consta de espacios comerciales, oficinas y restaurantes los cuales poseen muros verdes, siendo estos íntegramente más atractivos y llamativos. Como beneficio a las inmobiliarias una propuesta sería que estas tecnologías verdes pueden elevar el costo de comercialización de edificios y hacer ventas atractivas como para aquellos edificios sin una “bonita vista” y ofrezcan una vista hacia este tipo de cubiertas, y otra opción positiva es instalar una cubierta verde extensiva la cual se complementa con espacios de recreación como piscinas o quinchos.



Figura 5.8 Aumento del valor de la propiedad
Fuente: Growing Green guide

Existen algunas ciudades europeas, que tienen altos compromisos ecológicos, reduciendo hasta en un 15% del total del impuesto predial a edificios que contengan una gran cantidad de m² vegetales. A modo de ejemplo, estas situaciones se dan en Alemania y Suiza.

5.1.5 BENEFICIOS DE SALUD

Es importante conocer que si se implementan los sistemas verdes se genera un gran impacto positivo en la salud de las personas, debido a que, quienes conviven con factores externos dañinos, tales como los aumentos de temperatura que se generan, ocasionados por el efecto isla de calor, compuestos tales como el dióxido de nitrógeno, compuesto orgánicos volátiles y otros procesos industriales generan problemas respiratorios y cardiacos en las personas. Actualmente nos encontramos con una gran variedad de aspectos que dañan la salud, pero estos sistemas (muros y cubiertas verdes) logran disminuir estos efectos mencionados, porque la vegetación ofrece calefacción, mejor calidad de vida y por cada m² instalado, atrapa 130 gramos de polvo por año. (Darlington, 2001). Además de los beneficios de salud física, también se generan beneficios psicológicos como mejorías en el rendimiento y reducción del estrés, cuando en el área de trabajo se encuentra con vegetación. (Lohr et al., 1996). Se han realizado estudios en los cuales afirman que los muros y/o cubiertas vegetales generan una mayor productividad laboral, porque cuando se está en espacios agradables a la vista, se genera un mayor confort visual, al estar rodeado de elementos vivos, una mejor calidad de vida del entorno laboral, reduciendo el estrés y aumentando la motivación y entusiasmo a los trabajadores.

Las plantas en general se conocen por ser buenas para proporcionar bienestar y tranquilidad.

La biofilia, se define a grandes rasgos como la afinidad innata que sienten las personas por todo lo viviente, lo que permite entender la razón de porque este tipo de sistemas ha demostrado tener efectos positivos en la salud de las personas, productibilidad en trabajos y

la recuperación de pacientes en hospitales o centros terapéuticos. (Grant Revell and Martin Anda, 2014)

5.2 DESVENTAJAS

Las desventajas que se identificarán en muros y cubiertas verdes son las siguientes, resumidas en la Figura 5.6



Figura 5.9 Desventajas a presentar
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

El sistema de impermeabilización se considera una desventaja en cuanto a las membranas de PVC, ya que estas en el momento de su fabricación utiliza en grandes cantidades de cloro y aditivos, por lo que se genera una a una "pequeña contradicción" al ser este un material altamente contaminante en el proceso de elaboración al necesitar de su instalación para la materialización de un sistema altamente "verde".

Recientemente, los muros y cubiertas vegetales se han utilizado como un componente importante en ámbitos sustentables del diseño urbano en las ciudades. Aunque estos sistemas propuestos son capaces de satisfacer las diversas necesidades, como se describió anteriormente en el punto 5.1 de este capítulo, pero aún no han logrado ganar la popularidad deseada en ciertos países (como es el caso de Chile), debido a los costos de construcción, cargas estáticas, daños de construcción y costos de mantenimiento. (Meral et al., 2018)

5.2.2 INSTALACIÓN

El proceso técnico que tienen estos sistemas, es bastante difícil. Esta debe realizarse minuciosamente sin tener margen de error, porque su instalación de por sí es compleja, y si no se realiza correctamente puede causar fallas en los sistemas de riego, las raíces pueden atravesar las capas del sistema y podrían causar daños a la estructura soportante.

Uno de los procesos más importantes es la impermeabilización, siendo fundamental en cubiertas y muros, entonces es esencial considerar un material óptimo y mano de obra u operador especializado en este tipo de trabajos.

5.2.3 MANTENIMIENTO

Esta es una de las desventajas que más se aprecia en la actualidad. No solo relacionado con el costo de este, sino que, si el proyecto no se lleva a cabo con éxito estos o fracasan estos tienden a ser propensos a la descomposición, debido a los elementos orgánicos que estos sistemas poseen. Es por esta razón que independiente que se determine que no todos los proyectos necesitan de una mantención constante, de alguna forma si requieren de ella, aunque sea de forma periódica, pero es requerida.

El mantenimiento es un aspecto fundamental para lograr la sostenibilidad del sistema verde, los costos tratan de la fertilización de forma casi mensual, riego y sistemas que deben ser diseñados para satisfacer los nutrientes y practicas generales de las plantas (que en muchos casos habrá una diversidad de plantas en un solo proyecto). (Meral et al., 2018)

5.2.4 ADAPTABILIDAD

Se dice que estos sistemas son considerados flexibles, si se hace referencia a las dimensiones menores de ellos. Pero, esto no es totalmente correcto, ya que no pueden ser instalados en cualquier tipo de cubierta o muro, porque no todos los edificios pueden ser adaptados a este tipo de sistemas o no a todos los materiales constructivos. Igualmente, tienen una limitante que es el aspecto geográfico. Las condiciones climáticas de la zona son un factor que puede determinar que el proyecto no se lleve a cabo con éxito, es por esta razón que el área debe ser bien estudiada para determinar las condiciones climáticas en las cuales deberá sobrevivir el muro o cubierta vegetal para hacer una correcta selección de plantas. Es decir, este tipo de sistemas no funcionan en todas las localidades.

5.2.5 REDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA SOPORTAR SOBRECARGAS.

Dentro de las desventajas que presenta este sistema se puede señalar que, para el caso de estructuras existentes los elementos soportantes en ciertos casos deben ser redimensionados, debido a la gran sobrecarga permanente que generan los muros y cubiertas verdes, se debe analizar si es que la edificación donde se materializará será capaz de soportar este aumento en la carga existente, de resultar desfavorable el análisis se debe proceder a redimensionar el elemento para que este pueda soportar la nueva tensión admisible que se generará, sin presentar fallas estructurales, o esfuerzos que sobrepasen su límite elástico o plástico. En el caso de estructuras nuevas el proceso que se lleva a cabo es el de repartir cargas sobre elementos estructurales contiguos, o generar una mayor sección sobre el o los elementos que soportarán la sobrecarga generada.

Ambos métodos tienen el inconveniente de elevar el costo de materializar el proyecto de incorporar muros y/o cubiertas verdes

Entonces, para el caso de una estructura existente, no pueden ser instaladas en todos los casos, ya que al ser sistemas pesados requieren de ciertas características estructurales para su instalación. Se debe priorizar el uso de sistemas livianos para minimizar la sobrecarga del techo existente. (Cascone et al., 2018)

5.2.6 COSTOS E INVERSIÓN.

La instalación de muros y cubiertas verdes generan una reducción en los gastos de energía, pero al ser un sistema sostenible de aspecto natural, genera directamente un aumento en el valor de la propiedad. Es posible que logre agregar el 15% al 20% valor al inmueble.

Al hablar de costos elevados, se hace referencia a que requiere una inversión inicial en materiales e instalación que serán costosas según el tipo de construcción y las condiciones climáticas del área.

Los mantenimientos de estos generan un alto costo, independiente que según tipo de sistema se determinará la periodicidad de la mantención, debido a esto muchas veces no puede ser fácilmente financiado y es por esta razón se descarta la implementación de estos sistemas. Hay que tener en consideración que las mantenciones deben ir con un contrato o garantía, como convenio con la empresa que instaló o fabricó el muro, para que el propietario pueda desligarse del sistema. Ciertos análisis económicos han indicado que el tiempo de amortización descontado de la inversión puede variar entre 13 a 18 años, dependiendo de los sustratos y la vegetación utilizada en el techo verde. (Cascone et al., 2018)

Para considerar evaluar la viabilidad de instalar un muro o cubierta verde en edificios, el factor económico también debe ser considerado. La configuración techo verde simple y más barato es la de una cubierta vegetal extensiva, la cual los costos aproximados varían entre 55.000 y 65.000 CLP/m² (2,1 a 2,5 UF/m²) incluyendo en el sistema la impermeabilización, sistema de drenaje, sustrato, vegetación y riego. Pero para el caso de las cubiertas intensivas, se asemeja su diseño para uso recreativo y una mayor dimensión, estos son más caros, a partir desde los 110.000 CLP/m² o 5 UF/m², por lo que genera que no siempre sean muy considerados para instalar. Cuando hablamos del caso de muro verde este varía su precio según muchos requisitos a evaluar, en cuanto a si es intensivo o extensivo, para el caso de un muro auto-portante o soportante sus valores en el mercado aproximadamente son de 216.000, 280.000 y 300.000 CLP/m² (8 a 11,1UF/m²). En términos monetarios, se habla de que esto supone una fuerte inversión que normalmente no podría ser asegurado por los usuarios privados solamente hoy en día.

Por lo tanto, sería positiva la promoción de tecnologías verdes y una prioridad para los países en desarrollo como lo que es Chile. Pero, las condiciones socio-económicas de cada sector de las ciudades requieren especial atención al estudio de la inversión tanto como de la decisión de llevar a cabo estos proyectos al elegir el tipo de muro o cubierta verde para promover su instalación

A continuación, en la tabla 5.1 se realiza un cuadro comparativo con las desventajas de la implementación de un sistema verde con un edificio con muro verde y un edificio tradicional.

De modo de demostrar que independiente de las desventajas que poseen los sistemas verdes, aun así, es considerado una mejor opción que uno tradicional en cuanto a las problemáticas presentadas en la actualidad.

Las ciudades están en la necesidad de cada día poseer más puntos verdes y cooperar con el medio ambiente para tener un futuro mejor.

MURO VERDE NATURAL	MURO ARTIFICIAL
Costos en mantenimientos de forma periódica.	Se realiza un mantenimiento a largo plazo.
Realiza una contribución con el medio ambiente.	No alivia al síndrome del edificio enfermo.
Ofrece una mayor calidad de aire a la población.	No genera ningún aporte.

Tabla 5.1 Cuadro comparativo de muro verde y un muro tradicional

Fuente: Elaboración propia.

A modo de finalización y cerrar el capítulo, se estima la validación de estos sistemas en aspectos cualitativos, pero a partir de ellos, con la información anterior se pueden generar un análisis cuantitativo tal como:

1m² vegetal logra extraer 2,3 kg de CO₂ al año del aire, y produce 1,7 kg de oxígeno. (Baraldi, 2018)

1m² vegetal atrapa alrededor de 130 gramos de polvo al año (Cascone et al., 2018)

Se plantea el siguiente caso hipotético: Un edificio de hormigón armado ubicado en la comuna de Las Condes en la ciudad de Santiago, como es el caso del Hotel Intercontinental, con una cantidad de 16 pisos de altura. Construido en un terreno de 1.900 m², la cantidad de metros construidos del hotel es de 12.130 m², y en este se realiza la instalación de 2.200 m² de muro verde en fachadas poniente y sur con un sistema de sustrato ligero con paneles modulares, podría estimarse entonces que:

2.200 m² de muro vegetal x 2,3 kg CO₂

= 5.060 kg CO₂ extraídos del aire/año

En el caso del oxígeno sucede lo siguiente

2.200 x 1,7 kg de O₂ = 3.740 kg O₂/año

Siendo 3.740 kg de oxígeno libre de contaminación proporcionado al año para la población, por unidad de metro cuadrado que ofrece el inmueble hotelero.

Para finalizar este capítulo, se presentará en orden descendente, las capas que componen un sistema verde para mayor comprensión de todo lo que ha expuesto en el transcurso de esta memoria de título.

Vegetación: Parte superior del sistema y consta de vegetación resistente y estéticamente agradable. Debe proporcionar beneficios físicos constructivos (aislamiento térmico, protección acústica, etc.) y a su vez beneficios ecológicos (retención de lluvia, de limpieza de aire, etc.). Por lo tanto, idealmente, esta vegetación es tan densa como sea posible y es lo más uniforme en altura como sea posible.

Sustrato: Capa que soporta la vegetación y contiene las raíces, junto con materiales de nutrientes. Es importante que en esta capa tenga suficiente volumen de aire para permitir la penetración de raíces, así como ser adecuadamente inerte para evitar el crecimiento excesivo de la vegetación.

Filtro: Esta capa impide que las partes del sustrato que generen la formación de lodos, como resultado de la infiltración de lluvia, pasen a las capas inferiores.

Capa de drenaje: Su función es para evitar el estancamiento de agua excesiva en el sustrato, que puede ser perjudicial para la vegetación.

Capa anti-raíz: Estos están posicionados de tal manera que evitan el daño a las capas de impermeabilización de cubiertas o de la estructura del edificio.

Capa de impermeabilización: Su función principal es sellar el techo o muro al desviar el agua a los conductos de drenaje y permitir que la estructura se mantenga sana.

6. MUROS Y CUBIERTAS VERDES EN LA REGIÓN METROPOLITANA.

Este último capítulo de la presente memoria de título, se realizará con el objetivo de lograr conocer el mercado inmobiliario para obtener una evaluación económica del sistema verde través de un análisis cuantitativo discreto de la información recolectada. A su vez determinar la sostenibilidad de los sistemas de muros y cubiertas verdes. En los siguientes apartados se expondrá el contexto en el cual se desarrollará esta evaluación, se explicarán los procedimientos y resultados finales de los casos y variables presentes según corresponda.

6.1 ÁREA DE ESTUDIO

La Ciudad de Santiago, ubicada en la Región Metropolitana, se encuentra en parte de la zona de depresión intermedia, conocida como la “Cuenca de Santiago”, terreno limitado por el Río Maipo y Río Mapocho. La Ciudad posee un área de extensión territorial de 15.384,8 km² aproximadamente, la que se encuentra encerrada entre cadenas montañosas. Al Norte por el cordón de Chacabuco, en el Oriente por la Cordillera de los Andes, hacia el Sur por la Angostura de Paine y al Poniente por la Cordillera de la Costa.

Una peculiaridad de su ubicación es que la Ciudad de Santiago, sufre lo conocido como “encierro orográfico”, que corresponde a la dificultad del paso de las corrientes de aire a la Ciudad, provenientes de la costa como las montañas altas, creando una falta de ventilación, lo que provoca problemas de contaminación atmosférica que se manifiestan en esta Ciudad, además de esto también genera un mantenimiento de la humedad relativamente baja, cercana a un promedio anual de un 70% aproximadamente.

En cuanto a las características climáticas que posee esta Ciudad, corresponden a un clima mediterráneo o templado-cálido, debido a sus estaciones secas prolongadas e inviernos lluviosos. En la actualidad las precipitaciones de la zona se han presentado con gran irregularidad, ya que se ha logrado distinguir que un año puede ser muy lluvioso y al siguiente muy seco y frío, teniendo temperaturas extremas que bajan de los cero grados y en épocas de verano, pueden ser bastante calurosas, alcanzando fácilmente los 30°C durante el día, mientras que por las tardes y noches refresca ligeramente. Las temporadas de inviernos se registran en los meses de mayo, junio, julio y agosto, concentrando un 80% de las precipitaciones en los meses de junio a agosto.

6.2 FACTIBILIDAD COMERCIAL DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS MUROS Y CUBIERTAS VERDES

6.2.1 ANÁLISIS DE DATOS

6.2.1.1 FORMULACIÓN DE ENCUESTAS

El objetivo de este capítulo es formular 15 preguntas para encuestar la mayor cantidad de personas en un rango de tiempo de aproximadamente dos semanas (Lunes 25 de junio del 2018 hasta Lunes 9 de Julio del 2018), el medio por el cual se desarrollará esta encuesta es de forma online vía e-mails. Quienes recibirán la encuesta son personas que cumplen con las exigencias de rango etario e ingreso promedio mensual, además, estas personas se encuentran relacionadas de forma directa con el ámbito de la construcción en su mayoría.

El título de presentación de la encuesta es: “Evaluación de sistemas verdes”; teniendo como propósito, lograr determinar y conocer que es lo que realmente se conoce respecto a los sistemas propuestos en esta memoria de título, que son los respectivos muros y cubiertas verdes. Además, junto con esta información se busca conocer las preferencias de atributos sustentables en inmuebles para establecer a partir de los datos recolectados un análisis que se realizará para poder determinar la factibilidad comercial de estos sistemas en un mercado.

El número de encuestados fue de 50 personas, de los cuales se representará la información en gráficos, los cuales se encontrarán en el anexo A de esta memoria de título y a continuación se presentará la información más relevante y concluyente.

El rango etario predominante de las personas que desarrollaron esta encuesta, es desde los 40 hasta 60 años, teniendo en su mayoría un ingreso promedio mensual de 2.500.000 CLP, la formación académica de los encuestados es universitaria completa con postgrado y/o especialidades, el 78% de las personas que contestaron esta encuesta si conocen los elementos de mitigación de la contaminación ambiental, teniendo una preferencia de “muy importante y/o satisfactorio” para ellos las metodologías constructivas sustentables.

Los Resultados obtenidos son los siguientes:



Gráfico 6.1 Personas que conocen los sistemas verdes
Fuente: Elaboración Propia

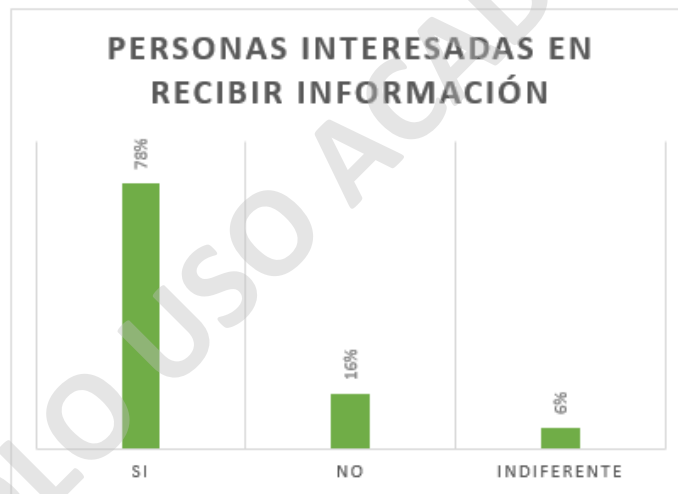


Gráfico 6.2 Interesados en recibir información
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la decisión de compra de un inmueble, para una gran cantidad de personas (64% de los encuestado) es un referente el cuidado y conservación que estos generan en el medio ambiente del medio ambiente.

Dentro de las preguntas (como se puede apreciar en el Gráfico 6.4) se consultó el valor agregado, es decir, cuanto más se estaría dispuesto a pagar por un departamento con atributos sostenibles como muros y/o cubiertas verdes, siendo el porcentaje más alto, los que no

estarían dispuestos a pagar más por la incorporación de muros y/o cubiertas verdes en el proyecto.

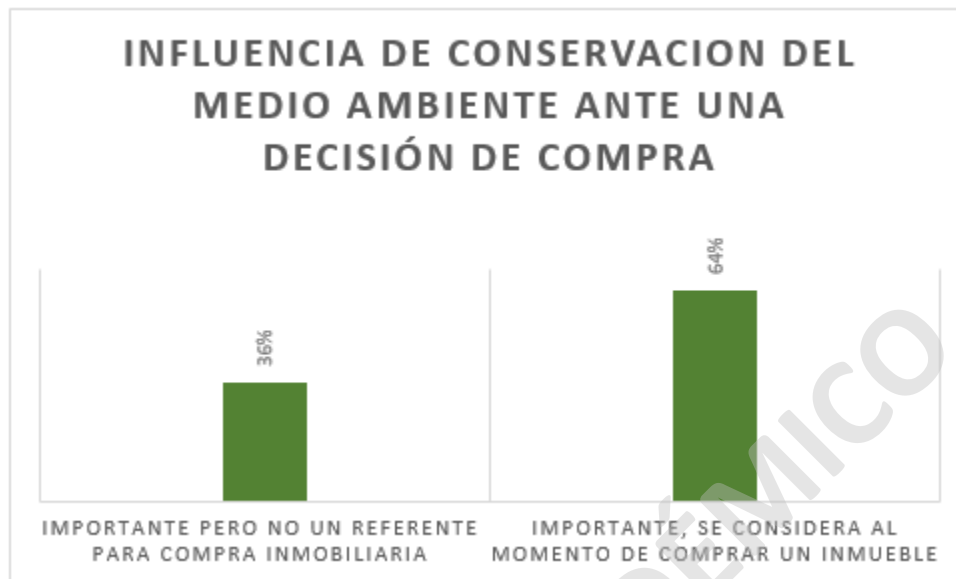


Gráfico 6.3 Influencia de conservación del medio ambiente ante una decisión de compra
Fuente: Elaboración Propia

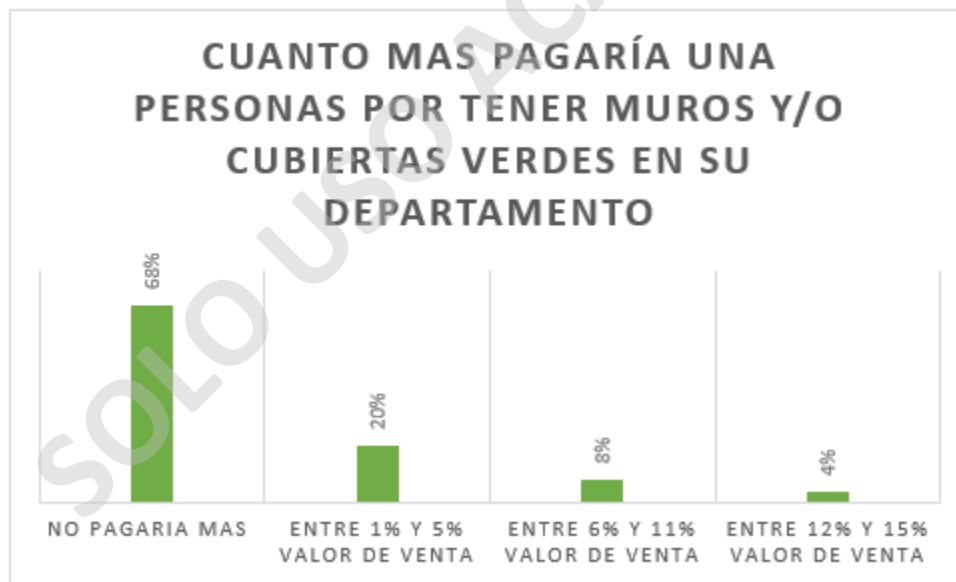


Gráfico 6.4 Cuanto más pagaría una persona por tener muros y/o cubiertas verdes en su departamento
Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar, como se muestra en el gráfico 6.5 dentro de las opciones que se presentaron para pagar el valor agregado, haciendo referencia al mantenimiento para el caso de un edificio con muro y/o cubierta verde, la opción más viable y con mayor votación corresponde a través

de los gastos comunes y a continuación de este con una puntuación no menor, según un pago anual.

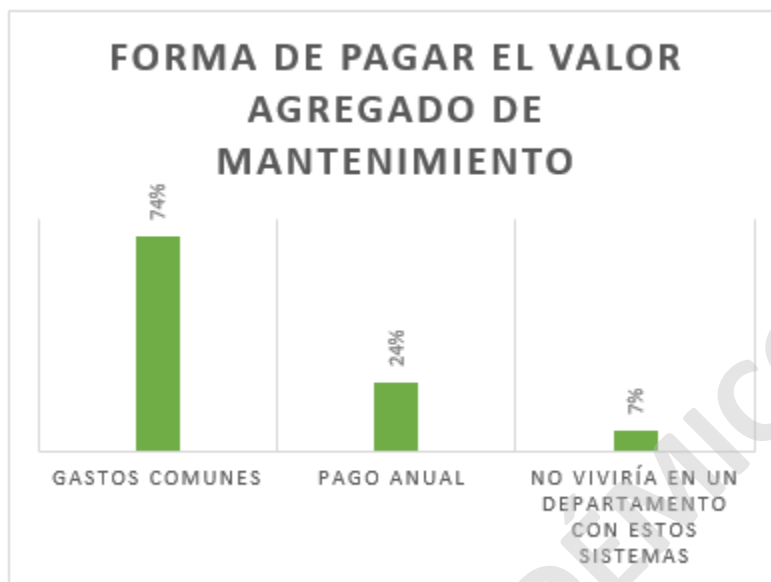


Gráfico 6.5 Forma de pagar el valor agregado de mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

Concluyendo, según la información recopilada en las 15 preguntas, el público objetivo al cual se debe captar, corresponde a personas de un rango etario entre 41 y 51 años, a quienes estos tipos de sistemas verdes les parecen atractivos, debido a que les interesan las metodologías constructivas sustentables, se consideran sistemas capaces de combatir la contaminación, ofrecen una mejor calidad de vida, estética y entre otros beneficios. Este público objetivo tiene una formación académica de postgrado y/o especialidades, con un ingreso promedio mensual mayor a 2.500.000 CLP; Quienes estarían dispuestos a pagar entre un 1% y 5% del valor de la venta, de esta forma pagando el valor agregado a través de gastos comunes.

La gran mayoría de los encuestados si conocen los efectos de mitigación que entregan estos sistemas con respecto a la contaminación ambiental.

Como se señala en el gráfico 6.1 al momento de consultar a los encuestados si es que conoce el sistema verde un 78%, es decir, 39 personas declararon conocer las muros y/o cubiertas vegetales; si bien a un porcentaje menor a la mitad de los encuestados (32%) no conocen estos sistemas, sin importar esto como se muestra en el gráfico 6.2 a un alto porcentaje de personas (78%) les interesaría recibir información detallada en cuanto a costos, beneficios y especificaciones técnica de estos sistemas, más de la mitad de las personas quienes contestaron la encuesta consideran que es importante el cuidado y conservación del medio ambiente por lo que si influye en sus decisiones de compra de un inmueble.

6.2.1.2 ENTREVISTAS

El objetivo de esta sección es poder entrevistar personas familiarizadas con los sistemas propuestos de muros y cubiertas vegetales, para poder conocer datos nuevos de estos sistemas, obtener una mayor comprensión y a su vez determinar qué tan asertiva ha sido esta investigación en general, es por esta razón que este capítulo no se efectuó al inicio de esta memoria de título y se elaboró en la terminación de esta para poder conversar de muros y cubiertas verdes con expertos y/o empresas logrando realizar las preguntas adecuadas para conseguir la información faltante.

Se realizó las encuestas a un experto de la Pontificia Universidad Católica de Chile y empresa Hidrosym-Canevaflor, estas personas fueron grabadas y a continuación una síntesis de dichas opiniones extraídas de las preguntas.

Datos sustanciales

Encuesta realizada el día Jueves 14 de Junio del 2018, 15:30 horas al Sr. Gustavo Zamorano, arquitecto de la empresa Hidrosym-Canevaflor, conversación grabada. La entrevista duró alrededor de 1 hora en la cual se expusieron los proyectos de la empresa, se visitó y observó los sistemas verdes dentro de la empresa y se desarrollaron de 12 preguntas.

Síntesis de las respuestas

Lo que primeramente considera Hidrosym en sus proyectos es determinar el peso del muro, además de cómo es la materialidad y ubicación de la estructura a la cual se va a adosar el muro verde, porque si el muro es de hormigón, tabiques o bulldoser, deben tener indudablemente una estructura auto-portante para traspasar las cargas verticales hacia el suelo, si el muro es de reducida dimensión, se construyen “poyos” de hormigón y si el muro verde posee grandes dimensiones se construye una fundación corrida. La idea de la forma de trabajo es siempre sobredimensionar la estructura para evitar ciertos imprevistos. Los muros verdes de Hidrosym generalmente tienen un peso aproximado de 120 kg/m².

Los costos dependerán de las dimensiones del muro verde y si el tamaño es considerable se realiza un precio de mercado. Los valores referenciales entregados por Rodrigo Zamorano son de 250.000 hasta 350.000 CLP/m² para un muro verde y en el caso de cubierta vegetal el precio referencial es de 150.000 CLP/m². Además, aclara que el costo depende del tipo de muro verde y techo verde y la complejidad de estos proyectos, pero hace referencia a que por lo general las cubiertas vegetales se llevan a cabo sobre edificaciones existentes lo cual lo hace menos dificultoso y siendo más común que la instalación de muros verdes se realice junto con la construcción de un proyecto en su etapa final, haciendo que se tengan más consideraciones. En cuanto a las mantenciones, los precios referenciales son de 1 UF anual/m² se consideran 1 año de garantía del servicio ante fallas de sistema o problemáticas con la vegetación, pero es trascendental considerar que si estos proyectos logran subsistir en tiempos prolongados dependerá de quienes realmente se preocupen de mantenerlos, en cuanto a riego, sobre todo, este tipo de proyectos no fracasan.

En la empresa no se han presentado dificultades en sus proyectos pese a que no hay actualmente una normativa, las regulaciones o especificaciones que esta empresa utiliza son las que efectúa la empresa Canevaflor de presencia internacional en Japón, Brasil, China, Malasia, Dubái, Luxemburgo, España, Turquía y Chile, con el nombre de Hidrosym; los aspectos que pueden generar grandes dificultades y problemáticas es la humedad y los requerimientos de cálculo estructural; hasta la fecha, nunca se les ha desprendido un muro. Porque cuando uno adosa un muro puede generar fallas de debilitamiento, pero una losa bien hecha no debería verse mayormente afectada por unos pocos centímetros de perforación.

Datos sustanciales

Encuesta realizada el día Miércoles 20 de Junio del 2018, 13:00 horas al Sr. Waldo Bustamante, ingeniero civil y docente de la Pontificia Universidad Católica de la Facultad de arquitectura, experto en muros y cubiertas verdes, conversación grabada. La entrevista duró alrededor de 30 minutos en la cual se desarrollaron de 15 preguntas.

Síntesis de las respuestas

En techumbres es elemental resolver problemas de impermeabilidad, pendientes y evacuación de aguas lluvias antes de realizar la instalación de una cubierta vegetal, es un tema completo que debe ser resuelto por expertos que trabajan estos sistemas. Los muros y cubiertas verdes, ambos presentan grados de complejidad, de lo que se ha realizado de trabajos experimentales en la facultad de San Joaquín, estos sistemas tienen un efecto térmico, tienen un gran impacto en aspectos de enfriamiento en algunos tipos de edificios como es en el caso de aquellos que tienen una gran extensión de techumbre pero de baja en altura, en ciertos análisis se ha determinado que en los casos en los que más se vuelve evidente los beneficios térmicos y energéticos es en los de retails y malls, estos son capaces de mitigar los efectos internos de toda la energía que consumen, porque tienen altas demandas energética. El techo se calienta y ese calor entra al interior del recinto, el fenómeno de evotranspiración de la planta reduce las temperaturas. Actualmente se está dando gran énfasis e investigando el efecto isla de calor, y como la presencia de verde (plantas) disminuye la temperatura, en la teoría y la práctica, el efecto no es de la cubierta vegetal principalmente sino de cualquier superficie con vegetación, que en la Ciudad de Santiago no se encuentra con gran abundancia.

El Sr. Bustamante cuestiona el hecho de que hoy en día no existe una normativa aplicable a estos sistemas verdes, pero también añade que esto es producto que estos sistemas son muy nuevos en Chile. Sería ideal que pudieran existir incentivos más que de financiamiento, sino que compensar la instalación de estos sistemas de muro o cubierta verde tales como el permiso de edificación sean más barato u ofrecer mayores posibilidades de construcción o baja de impuestos por el hecho de instalar estos atributos que generan beneficios a toda la comunidad.

Hace referencia a Portland, Estados Unidos, una de las Ciudades más verdes dentro de un país con altos índices de contaminación, que viven una experiencia interesante en cuanto a los cambios que se han implementado a través de los años con las energías renovables, menor

contaminación y mayor calidad de vida para sus habitantes, además, ofrece beneficios según las legislaciones públicas respecto a los muros y cubiertas vegetales y esto a ha funcionado en otros países también, dar mayor posibilidades de construcción. En el caso de Santiago, debería existir una regulación para saber cuáles son las opciones para determinar donde aplicar y cuáles son las exigencias mínimas que deben cumplir estos sistemas verdes.

Antes de que Santiago se vuelva más verde, primero debería existir una normativa, pero puede ser un aporte para los años 2025-2030 respecto a las demandas energéticas; Lo complejo es que en Chile hay una gran cantidad de soluciones, una gran cantidad de m^2 que no están pauteados o no han funcionado, pero mayoritariamente el problema de las principales fallas o fracasos son que no se ha hecho una buena elección de las plantas porque también hay que regular cuánta agua se puede usar para regar, porque si se quiere reducir ciertos gastos, se generarán más gastos en mantenerlos con riego; también es importante el tema del mantenimiento, que los materiales que se encuentran en presencia de agua y humedad no se oxiden y debiliten. Hay que verificar que la estructura pueda resistir la carga extra que se adicionará por el efecto de un muro verde en una edificación, por eso estos proyectos tienen que ser calculados de manera cuidadosa, no siendo la mayor complejidad su instalación e inversión, sino que este funcione y se mantenga a través del tiempo.

Los edificios corporativos es donde más se usa el sistema, tales como en comercios, retails y algunas municipalidades, en la mayoría de los casos en los edificios de oficinas o habitacionales el precio no aumenta de manera significativa, si la cantidad de m^2 a instalar sobrepasa los $40m^2$. A nivel privado no está totalmente incorporado, mayoritariamente es usado para generar imágenes de ventas por el área comercial, implementando pocos m^2 , porque el mercado aún no ha crecido lo suficiente por no ser sistemas totalmente conocidos en la actualidad.

Al referirse a la inversión necesaria para materializar estos sistemas verdes, se debe considerar primordialmente que sus beneficios son sociales, por lo que siempre será una buena inversión a realizar, mejorando la calidad del aire, porque tiene la capacidad de absorber material particulado.

En el ámbito de la construcción no hay alta capacidad de innovación, generalmente se construye con lo que se conoce, es por esta razón que muchos profesionales no confían en su totalidad en estas propuestas verdes en la Ciudad. En la facultad de San Joaquín existe un laboratorio donde se encuentran estos sistemas y se ha generado mucha biodiversidad en la facultad, por lo que no se comprende por qué los profesionales no desean familiarizarse con estas nuevas propuestas, pero deberían hacerla. Sería positivo que más profesionales del ámbito de la construcción se involucraran en estos sistemas, no solamente agrónomos y arquitectos, Waldo considera que estos sistemas son de carácter multidisciplinario la instalación de muros y cubiertas verdes, ya que los materiales de construcción deben ser supervisados y controlados por quien realmente conocen de ello, a su vez los aspectos de impermeabilización que son complejos y tanto como un ingeniero que realice los cálculos pertinentes.

Sería positivo poder implementar muros y cubiertas verdes a la Ciudad en mayor cantidad para todos los aspectos del cuidado del medio ambiente, pero se considera que los chilenos tienen una conciencia ecológica débil, y es algo que se aprecia día a día, un claro ejemplo de esto es cuán difícil ha sido reducir el uso de las bolsas plásticas.

Se puede concluir a través de la experiencia realizada a un experto del tema con una persona que trabaja con estos sistemas, es que sus conocimientos y apreciaciones respecto a lo que son los muros y cubiertas vegetales son bastante similares, en cuanto a aspectos técnicos del sistema y que estos debiesen ser más potenciados en la ciudad de Santiago y que su alto costo no permite que estos sistemas sean descubiertos, accesibles o vistosos para toda la comunidad. Falta más desarrollo en lenguaje técnico, comprensión del sistema y motivación de que, en un futuro no muy lejano, estos sistemas europeos se incorporarán fácilmente en Sudamérica y lo que más interesa aun para efectos de esta memoria de título, la ciudad de Santiago.

6.3 ASPECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

6.3.1 ASPECTOS TÉRMICOS

En la presente sección antes de la evaluación económica del sistema vegetal, se estimará como se mejora sensación térmica y su directa relación con el confort habitacional. Siendo notable que en los casos de viviendas o espacios de trabajo la sensación térmica del interior es fundamental para aquellos que ocupan el inmueble. Una variabilidad extrema de altas o bajas temperaturas probablemente ocasionará efectos negativos ante aspectos de comodidad de las personas, es por esta razón que se utilizan métodos clásicos de climatización tales como estufas o aire acondicionado para épocas de invierno/verano. Por lo tanto, se entiende por la envolvente térmica de los edificios el conjunto de elementos perimetrales que es conformado por muros, suelo y techumbre, siendo por estos por donde se genera la pérdida de calor desde el interior hacia el exterior en las estaciones invernales del año. Sin embargo, también se presentan una serie de situaciones que son consideradas como buenas alternativas para disminuir la temperatura anterior en estaciones de verano, tales como evitar el soleamiento directo a los materiales de una estructura, evotranspiración de las plantas y el efecto sombra que estas plantas generan.

La conducción o resistencia térmica (λ) y el espesor de los materiales (e) son los que conforman la envolvente e influirán de forma directa en el acondicionamiento térmico del edificio, puesto que la resistencia térmica se determina por el cociente del espesor del material (debido a este motivo es que la elección de los materiales de construcción debe ser correcta de acuerdo con la zona climática y el diseño del inmueble, porque esto generará una buena resistencia térmica de ellos que proporcionará confort térmico para los ocupantes a través del tiempo) y la conducción térmica del mismo, siendo así las sumatorias de las resistencias de cada elemento que forman el perfil de diferentes partes de una envolvente; expresado en la siguiente fórmula:

$$R_T = \sum \frac{e}{\lambda}$$

En las fases previas a la ejecución de un proyecto cualquiera, por lo general se priorizan los diseños económicos disminuyendo el espesor de muros y/o losas, para así en la etapa de construcción se tenga una reducción de los costos, no obstante, si se considera a mediano o largo plazo el costo de mantención para los edificios, este puede elevarse de manera significativa debido a un mal desempeño energético.

El costo para mantener las temperaturas interiores de forma adecuada para lograr el confort habitacional es relativamente alto, lo que puede generar un estrés térmico para los materiales acortando la vida útil de estos. Según lo mencionado anteriormente no solo se reduce a mantener una sensación térmica agradable, (que incide de forma directa en los costos de energía que se utiliza para climatizar), también perjudica el consumo general y las demandas de energía a un nivel macro (abarcando tecnología y hasta ordenes sociales), siendo que en la actualidad las energías cada vez se consideran más costosas y escasas. Por esto, las estrategias constructivas sustentables pueden aportar mejoras en el desempeño térmico, y como los muros y cubiertas vegetales tienen una gran cantidad de beneficios, comienzan a tomar lugar en el ámbito de la construcción, para toda clase de edificación.

Con el objetivo de determinar el aporte de muros y cubiertas vegetales en cuanto a la mejora de resistencia térmica de la envolvente de un edificio, el estudio propuesto a continuación consiste en determinar la conductibilidad térmica en diferentes sustratos, debido a que el medio de crecimiento es un componente de gran espesor del perfil de una cubierta vegetal. Según la dificultad de estos sistemas y la variabilidad que existe en los sustratos, por el contenido de humedad no despreciable. Datos extraídos de una fase experimental de la Universidad Católica, en cuanto a los techos verdes respecto a una interpolación del contenido de humedad de tres sustratos típicos de cubiertas verdes, obteniendo valores finales de las muestras.

Los sustratos ensayados en el experimento son tres, con diferentes contenidos de materia orgánica, arena y mezclas realizadas por la recomendación de dos ingenieros agrónomos de la Universidad Católica; en cuanto al contenido del material orgánico deber ser relativamente bajo, menos del 20% según la guía FLL (explicado en el capítulo n°4) para los excesos de crecimiento de la planta y aparición de maleza. Se utilizan agregados a la arena materiales que ya han sido usados para proyectos de infraestructura vegetal.

Probeta	Turba	Varmiculita	Pelita	Arena	Total
Sustrato 1	10%	33%	23%	33%	100%
Sustrato 2	20%	33%	13%	33%	100%
Sustrato 3	9%	52%	22%	17%	100%

Tabla 6.1 Porcentajes por volumen de los sustratos a ensayar

Con los resultados de los ensayos de la fase experimental, es admisible el cálculo de resistencia térmica de dos sustratos para tres espesores diferentes con distintas saturaciones.

Se utilizaron dos probetas de 4 cm de espesor y dimensión de 55x55 cm² cada una, siendo la densidad del sustrato variable según el tipo de cubierta que se utilice (intensiva o extensiva), pero las densidades para esta fase experimental son las siguientes:

	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
Probeta 1 (kg/m ³)	980,233	794,388	651,323
Probeta 2 (kg/m ³)	839,043	746,891	561,095
Promedio (kg/m ³)	909,638	770,64	606,209

Tabla 6.2 Densidades de los sustratos ensayados

La metodología utilizada para realizar los ensayos fue determinar la conductibilidad térmica en materiales a través de la norma NCh 850.Of2008, Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Higrotermia del IDIEM, ubicado en Salomón Sack 840, Cerrillos, Santiago de Chile. La intención de esta fase experimental es la simulación para una cubierta del tipo extensiva, para aprovechar el hecho de que este tipo de cubierta vegetal requiere de una menor mantención, por esta razón se realiza la elección de tres tipos de espesores: 5, 10 y 15 cm

Es importante considerar que el sustrato de una cubierta vegetal probablemente nunca se encuentre seco, se determinó conocer los valores de conductibilidad térmica a distintas saturaciones.

0% de humedad	Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
R (m ² K/w)	5	0,2141	0,2872
	10	0,4282	0,5744
	15	0,6422	0,8616

Tabla 6.3 Resistencia térmica de sustratos con 0% de humedad

25% de humedad	Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
R (m ² K/w)	5	0,1428	0,1636
	10	0,2856	0,3273
	15	0,4284	0,4909

Tabla 6.4 Resistencia térmica de sustratos con 25% de humedad

50% de humedad	Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
R (m ² K/w)	5	0,1071	0,1144
	10	0,2142	0,2288
	15	0,3214	0,3432

Tabla 6.5 Resistencia térmica de sustratos con 50% de humedad

75% de humedad	Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
R (m ² K/w)	5	0,0857	0,0879
	10	0,1714	0,1759
	15	0,2571	0,2638

Tabla 6.6 Resistencia térmica de sustratos con 75% de humedad

100% de humedad	Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
R (m ² K/w)	5	0,0714	0,0714
	10	0,1429	0,1429
	15	0,2143	0,2143

Tabla 6.7 Resistencia térmica de sustratos con 100% de humedad

Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en el artículo 4.1.10, especifica en la tabla n°1 las exigencias de tramitación térmica máxima o mínima para las techumbres, muros perimetrales y pisos ventilados, como se presenta a continuación:

ZONA	TECHUMBRES		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m ² K	m ² k/W	W/m ² K	m ² k/W	W/m ² K	m ² k/W
1	0,84	1,19	4,00	0,25	3,6	0,28
2	0,6	1,67	3,00	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,7	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,6	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,5	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Tabla 6.8 Tramitación térmica

Según los planos de la zonificación térmica de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) de la región metropolitana, para la ciudad de Santiago, se ubica en la zona 3, exigiéndose una resistencia térmica total mínima recomendada para techumbres de 2,13 m²k/W; De acuerdo a los datos anteriores, se puede visualizar que este valor con la resistencia térmica contribuida por los sustratos, el porcentaje que aporta una cubierta vegetal a lo exigido, sin considerar otros efectos que contiene la capa con vegetación o las demás capas de estos sistemas como la de drenaje.

Para hacer la determinación del aporte porcentual de la cubierta vegetal en sus variaciones de sustrato y espesores, se utiliza como guía la NCh1079-2008

Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
5	10%	13%
10	20%	27%
15	30%	40%

Tabla 6.8 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 0% de humedad.

Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
5	7%	8%
10	13%	15%
15	20%	23%

Tabla 6.9 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 25% de humedad.

Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
5	5%	5%
10	10%	11%
15	15%	16%

Tabla 6.10 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 50% de humedad.

Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
5	4%	4%
10	8%	8%
15	12%	12%

Tabla 6.11 Aporte de los sustratos a la R total recomendada al 75% de humedad.

Espesor (cm)	Sustrato 1	Sustrato 2
5	3%	3%
10	7%	7%
15	10%	10%

Tabla 6.12 Aporte de sustratos a la R total recomendada al 100% de humedad.

De acuerdo a lo anterior, se logró hacer una estimación del aporte de las cubiertas vegetales de acuerdo a la resistencia térmica mínima exigida por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, según diferentes niveles de saturación y espesores a la resistencia de la envolvente, pero realizar un cálculo pertinente para los efectos totales, es un asunto mucho más complejo.

6.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

6.4.1 EVALUACIÓN FINANCIERA DE MURO Y CUBIERTA VERDE

En el presente capítulo, se determina que en varias ocasiones los proyectos fallan y en muchos casos esto es producido por la poca investigación que se ha realizado, es por esta razón que durante toda esta memoria de título se ha desarrollado cada uno de los detalles de los sistemas de muros y cubiertas vegetales, para una vez llegado a este punto, tener en conocimiento los riesgos, beneficios y ganancias de la instalación de estos sistemas verdes. Lo que se realizará a continuación es una investigación profunda respecto a los flujos económicos con el propósito de obtener el rendimiento de la inversión que se ha de realizar en este tipo de proyectos. La consideración para esta evaluación financiera es que este estudio se aplicará para el caso de un edificio existente, tomado a modo de ejemplo en el cual se instalará en su quinta fachada una cubierta vegetal.

Para comenzar se realizó en una planilla, los costos aproximados de forma simple y reducida como se muestra en la tabla 6.13, las variables de precios que se deben considerar para construir una cubierta vegetal, en las cuales se estiman los costos de las capas del sistema según los materiales que este utiliza, siendo también de gran importancia el considerarse monetariamente al momento de usar estos sistemas verdes, no solamente para los casos de cubiertas vegetales, se deben tener en cuenta los gastos de riego y la mantención de la capa vegetal. Ya que como guía se usó el precio referencial que dio el arquitecto quien se entrevistó en Hidrosym-Canevaflor.

CAPAS	\$ /m ²	
impermeablización	8.000	18.000
Anti-raíz	4.000	10.000
Retenedor de agua	6.000	12.000
Drenaje	10.000	15.000
Sustrato	50.000	60.000
Vegetación	8.000	40.000
TOTAL	86.000	155.000

Tabla 6.13 Costos simples y aproximados

Fuente: Elaboración propia

A partir de lo anterior se realizó un presupuesto detallado, con el propósito de tener un mayor entendimiento y dominio del sistema vegetal, en cuanto a aspectos técnicos de cada uno de los materiales a utilizar en las diferentes capas y sus rendimientos propiamente tal como lo realiza un Constructor Civil, a continuación, se presentará los datos propuestos para la cubierta verde a realizar, considerando según todo lo estudiado, el tipo de cubierta vegetal, espesor del sustrato, la carga saturada para ese tipo de cubierta vegetal junto con los m², además de la selección de plantas ideales para lograr una prolongada vida útil del sistema vegetal, junto con la ubicación en donde se emplazará este proyecto sobre una edificación, considerándose una información de gran importancia ya que va ligado con el clima ante que selección de planta se debe realizar:

DATOS:

Cubierta extensiva	500m ²
Sustrato	7,5 - 10 cm
UF al día	14-10-2018
Valor UF	\$27.387
Carga saturada	50 - 170 kn/m ²
Tipo de Vegetación	sol - semi/semi -sombra

Tabla 6.14 Datos a considerar para elaborar cubierta verde

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se obtuvo como resultado el valor al que se había señalado en un comienzo (el precio referencial de la empresa) lo cual fue un resultado positivo y esperado. La metodología de cómo se realizó este presupuesto fue en una planilla Excel en el cual se optimizó el plan de materiales para mantenerse dentro del presupuesto esperado, reemplazando algún recurso no del todo específico y necesario con uno que requerirá de menos dinero; se especifican las actividades fundamentales para llevar a cabo con éxito este sistema vegetal, abarcando las actividades de estructuras metálicas, Sistema de impermeabilización, Drenaje, Acumulador de agua, Filtro, protección contra erosión, Sistema de riego, Protección anti-raíz, Sustrato hasta llegar finalmente a la Vegetación. Si bien, no se especificó la mano de obra para la instalación de este sistema de cubierta, pero las leyes sociales, si se incluyeron dentro del presupuesto.

Para efectos del presupuesto el valor considerado por metro cuadrado será \$155.630 CLP. A continuación, se presentará el desarrollo completo del presupuesto con cada una de sus partidas con los datos señalados anteriormente.

PRESUPUESTO CUBIERTA VERDE					
GENERALIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	P. UF
Estructuras metálicas					
Perfiles de Acero galvanizado 1"x1"	tira	0,73	4.000	\$2.920	\$0,11
Esmalte anticorrosivo	galón	0,002	33.000	\$66	\$0,00
Tornillos tirafondo de acero galvanizado	unidad	45	1.290	\$58.050	\$2,12
Lamina de separación y deslizante TGV 21	rollo	0,0125	7.990	\$100	\$0,00
Canaleta para fachadas y terrazas FR - tipo var	gl	0,0166	6.000	\$100	\$0,00
				\$61.235	\$2,24
Sistema de impermeabilización					
Adhesivo imprimante	unidad	0,5	5.190	\$2.595	\$0,09
Membrana HDPE	rollo	0,07	4.000	\$280	\$0,01
Geotextil no tejido de polipropileno para dren	rollo	0,01	16.990	\$170	\$0,01
Impermeabilizante	galón	0,005	34.290	\$171	\$0,01
				\$3.216	\$0,12
Drenaje					
Floradrain FD 25-E	placa	0,05	8.990	\$450	\$0,02
Floradrain FD 40-E	placa	0,05	7.000	\$350	\$0,01
Manta protectora y retenedora SSM45	rollo	0,01	11.000	\$110	\$0,00
				\$910	\$0,03
Acumulador de agua					
Protectodrain PD250	rollo	0,05	4.700	\$235	\$0,01
Filtro					
Filtro sistema FS	rollo	0,027	10.100	\$273	\$0,01
Protección de erosión					
Mantas fotodegradables	rollo	0,0099	11.100	\$110	\$0,00
Sistema de riego					
Tubería por goteo 100-L1	rollo	0,075	7.100	\$533	\$0,02
Gestor de riego BM 4	gl	0,0442	11.000	\$486	\$0,02
Caja de control de desagüe KS6	pieza	1	23.000	\$23.000	\$0,84
Caja de registro transitable BES con rejilla par	pieza	1	25.990	\$25.990	\$0,95
				\$50.009	\$1,83
Protección anti-raíz					
Lamina antirraíces de poliolefina flexible	unidad	7,76	1.200	\$9.312	\$0
Sustrato					
Material inorgánico	m3	0,04	30.000	\$1.200	\$0,04
Material orgánico	m3	0,04	28.000	\$1.120	\$0,04
Tela filtrante	gl	0,51	15.000	\$7.650	\$0,28
Aislación de poliestileno extruido	rollo	0,0068	17.000	\$116	\$0,00
Lamina de protección de membrana	m2	0,00657	22.000	\$145	\$0,01
				\$10.230	\$0,37
Vegetación					
Sedum monregalase	unidad	3	850	\$2.550	\$0,09
Carex	unidad	3	1200	\$3.600	\$0,13
Carex roja	unidad	4	1300	\$5.200	\$0,19
Verónica	unidad	5	600	\$3.000	\$0,11
Ophioponga	unidad	5	1150	\$5.750	\$0,21
				\$20.100	\$0,73
TOTAL				\$155.630	\$5,68

Tabla 6.15 Presupuesto
Fuente: Elaboración Propia

6.2.1.4.1 RESULTADOS

Primero se realizó un estudio de mercado y tasación de suelos, en el cual se seleccionó un terreno en la comuna de Las Condes, y se determinó un proyecto, un edificio habitacional, ya que se comenzará esta evaluación financiera de proyecto con la construcción de un edificio con atributos tradicionales y luego sobre ese mismo proyecto se incorporará la instalación de una cubierta vegetal para analizar y estudiar cómo se comportan los flujos y como sería la mejor forma de financiar este proyecto teniendo ambas opciones comparativas.

Para comenzar se realiza un estudio de mercado, en el cual consiste en encontrar la disponibilidad de un terreno para comenzar a estudiar un futuro proyecto, se muestra en la figura 6.2 la imagen satelital de la ubicación del terreno disponible, en la cual se emplazará un edificio robot y de acuerdo con lo anterior se debe buscar el certificado de informes previos correspondiente a la comuna y estos datos municipales son importantes a considerar para la determinación de un proyecto, se presentan en la Tabla 6.16



Figura 6.2 Imagen satelital
Fuente Google Earth

ESTUDIO DE CABIDA	
Superficie del Terreno	8667,5
C.O.S	0,4
C.C	1,8
Superficie Maxima 1er piso	3467
Superficie Maxima ha construir	15601,5
Superficie Máxima por Piso	2228,785714
Superficie Disponible para Dptos.	1827,604286

Tabla 6.16 CIP
Fuente Municipalidad de las condes

De acuerdo con lo anterior, se realiza una identificación del mercado, el cual se basa en un estudio de oferta y demanda a través de la metodología de encuestas, de los cuales se determinó los atributos endógenos (internos propiamente tal del edificio) que poseerá el edificio robot a construir y los atributos exógenos (aquellos que forman parte del entorno) que se determinaron según la ubicación del terreno, siendo finalmente lo que se ofrecerá para los clientes a la hora de construir el inmueble. En la Tabla 6.17 se ven detalladamente cada uno de los atributos.

ATRIBUTOS EDIFICIO	
ATRIBUTO ENDOGENOS	ZONA EXOGENOS
Termopanel	Distancia a Paraderos y Metro
Cocina Equipada	Universidades
Calefacción	Comercio
Orientación	Colegios
Terraza	Centros de Salud
Piso Flotante	Areas Verdes
Piso Porcelanato	Servicios
Quicho	
Sala De Eventos	
Camaras de Seguridad	
Gimnasio	
Bicicleteros	
Azotea	
Piscina	
Estacionamiento	
Bodega	
Areas Verdes	
Estacionamiento Visitas	

Tabla 6.17 Atributos endógenos y exógenos
Fuente: Elaboración propia

Luego, se realiza un estudio de cabida, en el cual se determinó la capacidad construible y es por esta razón que es necesario conocer las normativas señalada anteriormente, ahora a continuación se mostrara en un cuadro resumen de la cabida en cuanto a los datos, ingresos y costos de la primera evaluación económica a realizar, corresponde a él VAN PRIVADO del proyecto, la cual no lleva la incorporación de ningún sistema vegetal.

Con la información anterior permite realizar un modelo de costos y un modelo de ingresos, en el que se incorporan los siguientes datos: Velocidad de venta estimada y meses de venta estimado siendo estos 28 meses, realizando a continuación un flujo de caja que arroja los siguientes resultados:

Van	55364,29 UF
Van/m2	6,39 UF/m2
Tasa Anual	12%
Tasa Mensual	0,95%

PV	100,00 UF/m2
CC	28,00 UF/m2
CC CV	0,00 UF/m2
DSCTO IVA	1

Luego se realiza una nueva evaluación económica sobre la anterior, la cual consiste en calcular el mismo VAN PRIVADO, pero incorporando el atributo vegetal elegido correspondiente a la cubierta vegetal, los datos utilizados para este nuevo cálculo son extraídos de la figura 6.14 y utilizando el presupuesto elaborado y presentado anteriormente en la figura 6.15

Utilización de mismos datos

CABIDA			
Superficie Terreno	8.668		
C.O.S	0		
C.C.	2		435.282
Superficie máxima 1er piso	3.467		
superficie máxima construible (m2)	15.602		436.842
Superficie Por Piso	2.229	2.089	
Superficie Vendible por piso	1.828	1.770	
superficie cubierta verde	500		
Diferencia	401		
INGRESOS			
Tipos de Dptos.	3D2B	2D2B	
Superficie	135	120	
Precio UF/m2	100	95	
Cantidad Dptos	36	48	84
Total Sup Vendible	4.860	5.760	
Precio Dptos.	13.500	11.400	
Ingresos Por Ventas	486.000	547.200	1.033.200

Aquí se presenta un cuadro resumen del flujo de caja para tener un mayor entendimiento del procedimiento.

PERIODOS	INVERSIÓN	COSTO CONSTRUCCIÓN	INGRESOS	FLUJO DE CAJA
0	234022,50 UF			-234022,50 UF
1		6316,33 UF		-6316,33 UF
2		12632,65 UF		-12632,65 UF
3		18948,98 UF	7680,00 UF	-11268,98 UF
4		50530,60 UF	12240,00 UF	-38290,60 UF
5		101061,21 UF	9960,00 UF	-91101,21 UF
6		126326,51 UF	4980,00 UF	-121346,51 UF
7		113693,86 UF	6840,00 UF	-106853,86 UF
8		88428,56 UF	7260,00 UF	-81168,56 UF
9		50530,60 UF	7680,00 UF	-42850,60 UF
10		31581,63 UF	9960,00 UF	-21621,63 UF
11		18948,98 UF	9960,00 UF	-8988,98 UF
12		12632,65 UF	4980,00 UF	-7652,65 UF
13			364560,00 UF	364560,00 UF
14			38400,00 UF	38400,00 UF
15			24900,00 UF	24900,00 UF
16			49800,00 UF	49800,00 UF
17			51900,00 UF	51900,00 UF
18			36300,00 UF	36300,00 UF
19			36300,00 UF	36300,00 UF
20			38400,00 UF	38400,00 UF
21			36300,00 UF	36300,00 UF
22			38400,00 UF	38400,00 UF
23			22800,00 UF	22800,00 UF
24			47700,00 UF	47700,00 UF
25			36300,00 UF	36300,00 UF
26			47700,00 UF	47700,00 UF
27			47700,00 UF	47700,00 UF
28			34200,00 UF	34200,00 UF

Resultados finales del VAN PRIVADO con CUBIERTA VERDE

Van	52696,10 UF	PV	100,00 UF/m ²
Van/m ²	6,08 UF/m ²	CC	28,00 UF/m ²
Tasa Anual	12%	CC CV	5,68 UF/m ²
Tasa Mensual	0,95%	DSCTO IVA	1

Al estudiar el análisis financiero del proyecto se pudo determinar que del punto de vista privado es más rentable no realizar una edificación con cubierta vegetal, pero si se buscará una alternativa con una mejor rentabilidad desde un punto de vista económico es tener un financiamiento externo porque esto maximiza las utilidades obtenidas en el proyecto.

Al comparar el proyecto entre la incorporación de cubiertas verdes en el proyecto, en el punto de vista privado es mucho más rentable no incorporarlo ya que el valor de su construcción y mantenimiento hace que las ganancias netas del proyecto tengan un descenso de 7704 UF y que el diferencial de ganancia por m² de terreno sea de un 21% menos, lo que en números esto significa perder 0,88 UF/m²

Para los beneficios sociales del proyecto se utilizó como guía “evaluación social de proyectos” de Ernesto Fontaine. Si bien, la rentabilidad privada del proyecto es mayor que la rentabilidad del valor social incorporando una cubierta vegetal, la decisión óptima sería incorporar muros y/o cubiertas verdes en los proyectos habitacionales o de construcción, esto es debido a que los costos de construcción se aumentan, el resultado del VAN y del VAN/m² siguen siendo mayores a cero, esto significa que se siguen obteniendo ganancias. Ahora, desde el punto de vista de las externalidades, no se está tomando en cuenta el valor de la mejora de la calidad de vida de los ocupantes del edificio, debido a que como se ha demostrado a lo largo de esta memoria de título, los muros y cubiertas verdes mejoran las condiciones energéticas, calidad del aire de la comunidad en general y entre otros.

$$VANBS = \sum_{i=0}^n \left[\sum_{h=1}^m \frac{X_{hi} \cdot P_{hi}^*}{(1+r^*)^i} - \sum_{j=1}^k \frac{Y_{ji} \cdot P_{ji}^*}{(1+r^*)^i} + \text{Efectos indirectos} + \text{Externalidades} \right]$$

En síntesis, las cualidades que avalan la incorporación de muros y cubiertas desde la perspectiva social y privada son las siguientes.

PRIVADO	SOCIAL
Van > 0 ✓	Mejora entorno; calidad de aire, estética ✓
TIR > tasa bancaria (12%) ✓	Mejora calidad de vida familiar ✓

Tabla 6.18 Diferentes perspectivas

Fuente: Elaboración propia

	VAN privado >0	VAN privado <0
VAN social >0	Lo hace el privado	El Estado incentiva el proyecto (subsidio) o lo ejecuta directamente
VAN social <0	El Estado desincentiva el proyecto	No se ejecuta el proyecto

Situación del Proyecto en análisis.

Tabla 6.19 Situación de proyecto según recuadro
 Fuente: Ministerio de desarrollo social

Entonces lo que se logra comprender es que, según los enfoques de la evaluación, con lo que se ha logrado determinar es que la evaluación se cubiertas verdes para un edificio habitacional de dos torres, con siete pisos, ubicado en la comuna de las Condes, corresponde a lo señalado en la imagen con el círculo de color rojo.

Y que los precios de los proyectos sociales son valores que reflejarán el verdadero costo para la sociedad, de las unidades adicionales de recursos utilizados en la ejecución y operación de un proyecto de inversión. A continuación, se presentará el siguiente grafico para entender el comportamiento de lo explicado anteriormente.

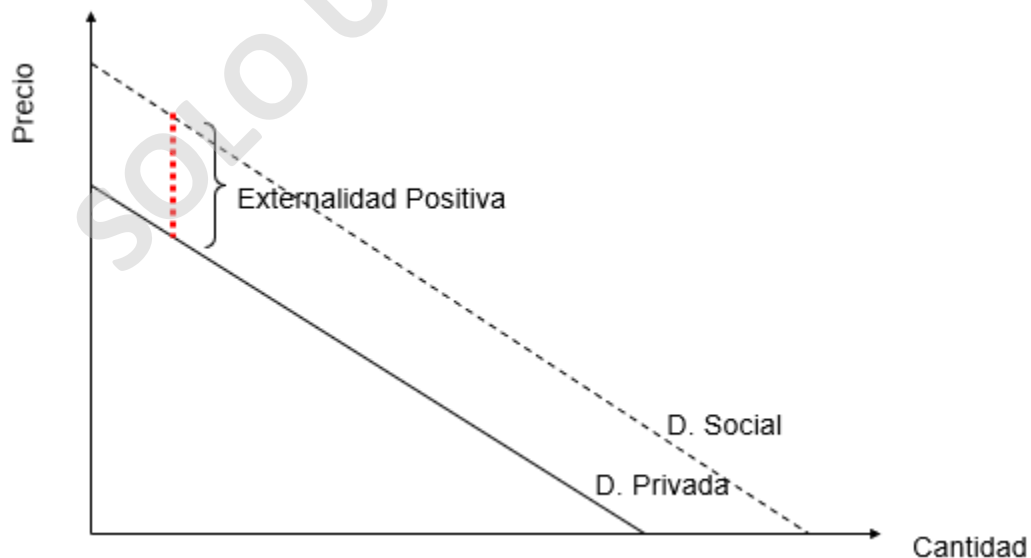


Figura 6.3 Curva de demanda privada y social
 Fuente: Ministerio de desarrollo social

Lo que para finalizar este capítulo, se entiende según la figura 6.4 que, esta externalidad positiva en la producción o en el consumo, llevan a que el mercado produzca una menor cantidad que lo que sería más deseable socialmente, siendo este resultado acertado y representable a la propuesta de muros y cubiertas vegetales para la ciudad de Santiago, por el hecho de que ofrece beneficios garantizados, pero independiente de su rendimiento o utilidad, no es altamente distinguido, lo cual no genera inclinación ni disposición para la población de la ciudad de la Región Metropolitana hoy en día.

6.4.1.1 ESTUDIO DE CASO VAN PRIVADO Y VAN SOCIAL

En el siguiente estudio y análisis financiero se realizará una simulación de costos que permita determinar si es rentable y viable la construcción de los sistemas verdes en el caso 1 se plantean dos hipótesis, y estas son que: no se construya cubierta verde y si se construya, y que se construya esta con aporte estatal para su financiamiento.

CASO 1: Al analizar los distintos escenarios que pueden surgir producto de la valoración financiera del proyecto, de esto se distinguen tres casos.

VAN Privado: sin Cubierta Verde

VAN Privado: con Cubierta Verde

VAN Social: con Cubierta Verde

Para los casos anteriores se consideraron los siguientes datos:

Tasa anual: 12%

Tasa mensual: 0,95%

Periodo de análisis: 28 meses

Obteniéndose los siguientes resultados:

VAN Privado: sin Cubierta Verde 55.364 UF

VAN Privado: con Cubierta Verde 52.696 UF

VAN Social: con Cubierta Verde 53.203 UF

Lo que da como resultado que la mejor opción es no realizar la instalación de una cubierta verde, aunque parte de estos gastos fueran amortizados por el estado.

Para el caso del VAN privado: la utilidad total del proyecto producto de incorporar cubierta verde en este cae en un 5%.

Mientras que en el caso VAN social, si bien el resultado esperado es más alto que en el caso anterior por 507 UF, este al ser comparado con el VAN Privado sin cubierta verde alcanza el 96% de la máxima utilidad esperada del proyecto.

Por lo que el análisis de rentabilidad privada arroja que siempre lo mejor es no incorporar cubiertas verdes al proyecto.

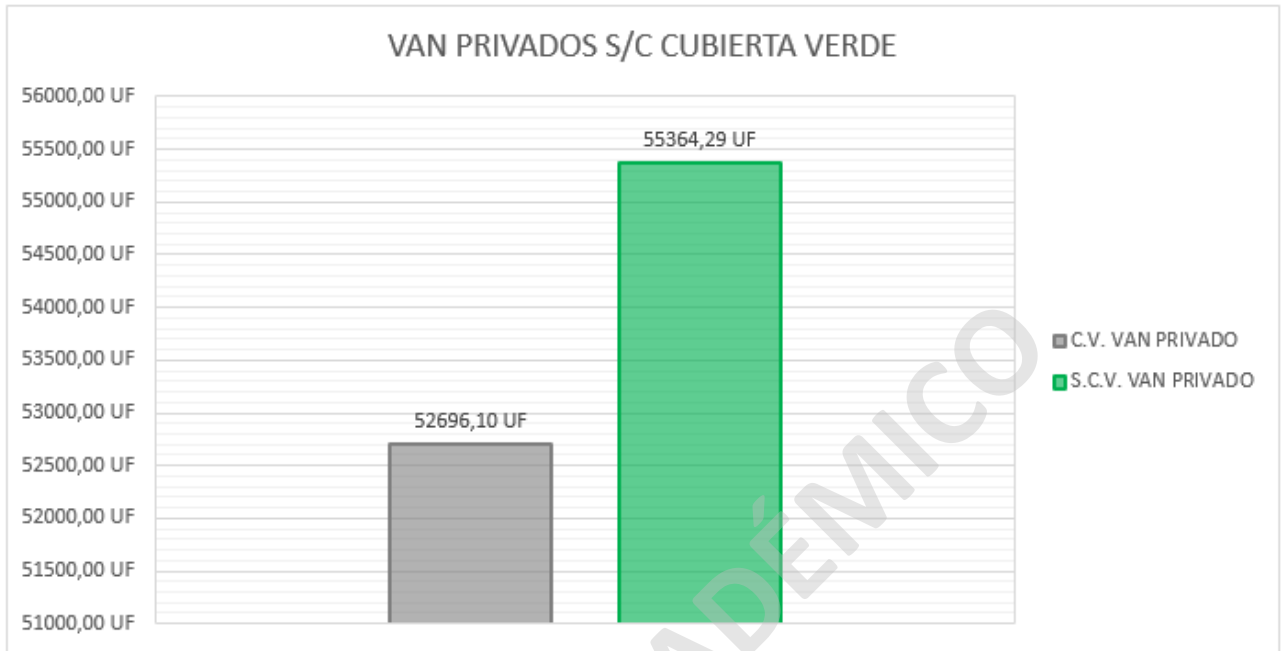


Gráfico 6.6 Estudio de caso n°1, VAN privado sin cubierta verde
Fuente: Elaboración propia.

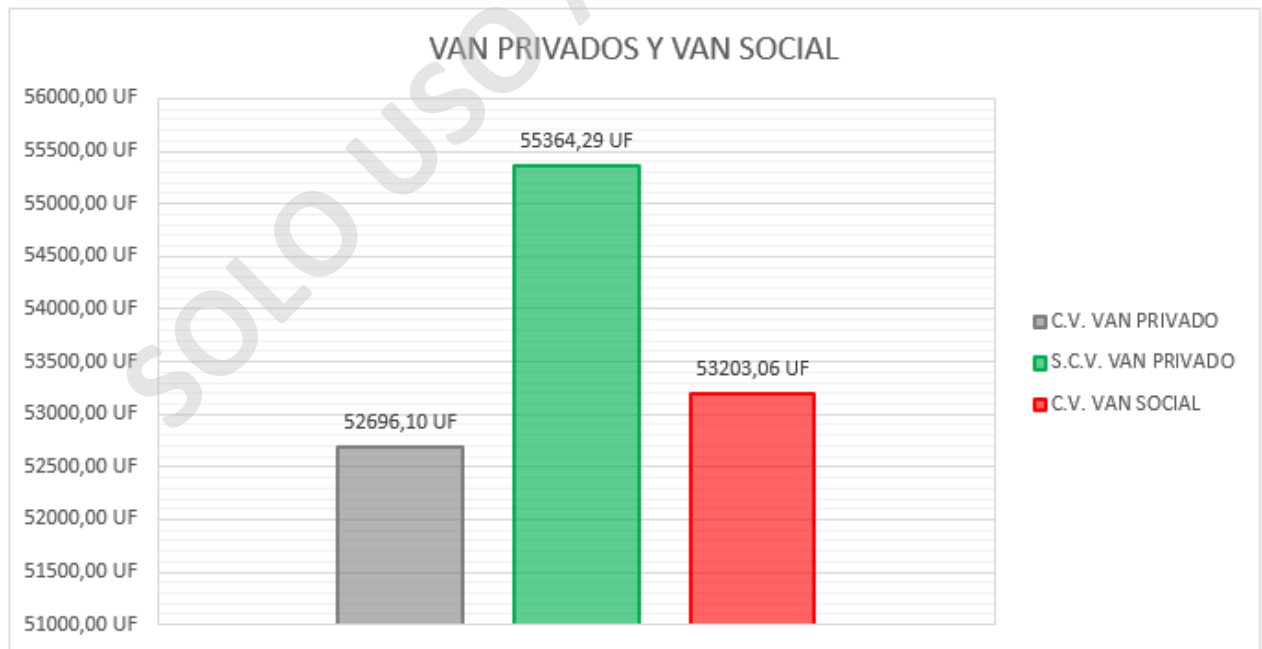


Gráfico 6.7 Estudio de caso n°1, VAN privado y VAN social
Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente análisis se mostrará como a partir de las propiedades térmicas descritas en el desarrollo de la presente memoria de título se puede amortizar los gastos producidos de calefaccionar el edificio, por lo tanto a diferencia del caso uno los egresos experimentarán un descenso de aproximadamente un 1,5%, para luego una vez más demostrar la viabilidad del sistema, y verificar cual es la alternativa que más utilidades le entrega al inversionista.

CASO 2: En este análisis se incorporará el ahorro térmico que se produce por la incorporación de una cubierta verde.

El gasto promedio anual de calefaccionar un edificio es 874 UF, y la incorporación de este sistema verde permite reducir este egreso en un 40 %, lo que significa una disminución de un 1,5 % en los costos de construcción del edificio producto de los equipos de climatización.

Obteniéndose el siguiente resultado:

VAN Privado: sin Cubierta Verde 55.364 UF

VAN Privado: con Cubierta Verde 54.780 UF

VAN Social: con Cubierta Verde 55.287 UF

Si bien en este caso la alternativa más rentable resulta ser nuevamente no incorporar en el proyecto cubiertas verdes, esta vez la diferencia en términos marginales ha disminuido considerablemente, apreciándose que al instalar cubiertas verdes amortizadas por el estado la diferencia porcentual es de un 0,14% (77 UF) con respecto de no instalarlas, y de un 1,06% (584 UF) si el financiamiento fuera privado completamente.

Al sopesar el análisis numérico y los beneficios que trae la instalación de estos elementos verde descritos a lo largo de esta memoria de título, la mejor alternativa desde el punto de vista social y de inversión es realizarlos con financiamiento estatal, en la que todos los actores se ven beneficiados

Los inversionistas en base a la rentabilidad obtenida, y los usuarios mejorando su calidad de vida.

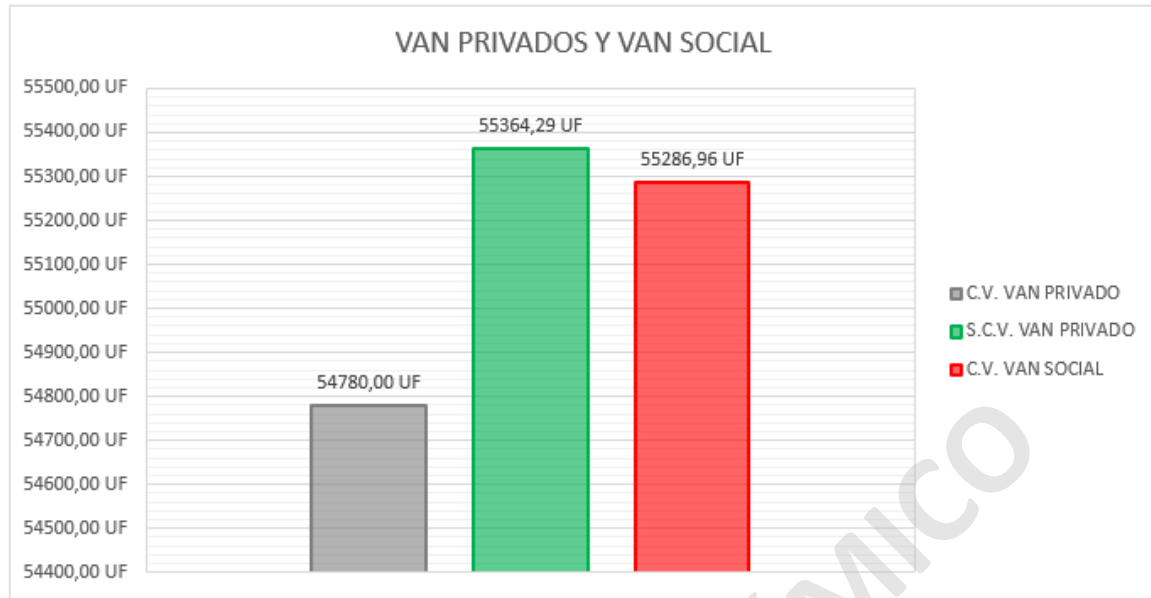


Gráfico 6.8 Estudio de caso n°2, VAN privado y VAN social
Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES.

Al identificar materiales, procedimientos, materialidad y montaje de estos sistemas (muros y cubiertas vegetales), se puede comprender que el uso de estos elementos ha pasado por múltiples transformaciones y distintos usos a través de la historia, remontándose a centenares de años en la antigüedad como son los casos de los vikingos y los famosos jardines flotantes de Babilonia, estos con distintos propósitos como el camuflaje, absorción de aguas pluviales, estética, etc. Si bien en ese entonces las “técnicas constructivas” empleadas en estos eran arcaicas y sin mayores detalles, hoy en día estos procesos fueron sistematizados y refinados para maximizar su eficiencia y eficacia. Aunque aún existe incertidumbre y confusión de los sistemas, lo que genera que no sea alto el deseo de instalación.

Para su instalación, diseño, montaje y mantención se puede apreciar que estas estructuras requieren de un equipo multidisciplinario desde su elaboración para definir desde la especie arbórea a implementarse, la estructura soportante y el tipo de sustrato que se empleará, incorporando a en estos procedimientos a agrónomos, arquitectos, ingenieros y constructores entre otros.

Al conocer los beneficios y desventajas que presentan los sistemas propuestos, se concluye que es factible considerar y/o evaluar su efectiva implementación, debido a que en la ciudad de Santiago existe una gran cantidad de metros cuadrados en azoteas (quinta fachada de un edificio) sin utilización alguna, siendo estas totalmente desaprovechados, acumulando calor y sobre todo contaminación;

En cuanto a lo que se puede concluir respecto a la evaluación económica realizada, permite entender que, en la situación actual de la ciudad de Santiago, los muros verdes tanto como las cubiertas verdes se podrían considerar como una estrategia que propone cambiar y mejorar la calidad ambiental y física urbana, proponiéndose como una mejor propuesta para todo ámbito social. Podría considerarse que instalar un sistema verde en una ciudad o espacio densamente habitado para darle naturaleza, responde sobre una necesidad, generando un beneficio común. Pero a su vez se entiende que, para un inversionista, no hace netamente rentable un proyecto con cubierta vegetal sobre una edificación, debido a que el retorno de la inversión no es el mismo que un edificio tradicional. (van privado vs. Van social)

Financieramente hablando se genera una gran disputa en temas de costos y calidad, ya que el precio debe ser considerado adecuado y además estos deben una larga duración, teniendo una instalación de muro o cubierta verde con un bajo costo de mantenimiento idealmente. Si se hace referencia a la edificación del estudio en el capítulo n°6, esta infraestructura son una nueva atracción para sus ocupantes, ya que la cubierta vegetal, logra cambiar la plusvalía del sector y los precios de la vivienda, teniendo como un costo adicional el de la mantención y exclusividad de tener un sistema verde, considerándose este como un valor agregado.

No hay que olvidar que, hablando desde la perspectiva de un constructor, es de gran interés lograr los mejores costos para respetar el presupuesto, pero hoy en día según la responsabilidad social y empresarial, tampoco se debe descuidar e ignorar el medio ambiente, pues todo lo ligado al resguardo del medio ambiente, hablando de eficiencia energética, esto siempre trae mayores costos.

Haciendo referencia a las proyecciones, si bien, no existe normativa ni incentivos para todo lo que sea instalación de cubierta o muro verde para la construcción, se puede apreciar que cada vez estos sistemas toman mayor fuerza y se implementan en mayor escala cada año, no existen estimaciones concretas de su posible crecimiento, pero si se puede apreciar que cada vez es más frecuente, encontrar una publicación o noticia de la fuerza que están tomando estos sistemas de forma internacional, haciéndose de esta manera cada vez más conocidos y teniendo cada vez más credibilidad en cuanto a su factibilidad.

El sistema de cubierta verde, es considerado como una buena propuesta para controlar ciertos aspectos como: para tratar temas de las aguas pluviales, siendo un tema no menor para el área de la construcción debido a todos los problemas que ocurren en Santiago ocasionados por las inundaciones generadas por lluvias, siempre viéndose las opciones de soluciones limitadas debido a los altos costos de construcción, la necesidad de contar con un gran espacio para construir una infraestructura de gestión y altos gastos en mantenimiento. Sin embargo, si se establece una comparación al alto impacto que genera la mantención o mejora de los sistemas de gestión de aguas lluvias en la ciudad, contiene un menor impacto el de una cubierta verde, considerándose como un Sistema de Drenaje Urbano Sostenible, actuando como una filtración, con mayor control y retención de las aguas.

Además, generan los muros y cubiertas verdes alto impacto en el conocido “efecto isla de calor” en el cual esta vegetación permite la disminución las altas temperaturas de los rayos solares, producto del material de construcción y el transporte (vehículos privados y/o

públicos), concentrado toda esta “ola” de calor en el hormigón. Entonces si la contaminación también es una variable que atrae calor, enfermedades, etc., ¿Por qué no contrarrestar estas situaciones con implementación de verde en las construcciones?

La limitación del estudio se aprecia notoriamente en la poca valoración comercial actual para los sistemas, ya que no se aprecian los beneficios sociales que esta entrega y se ve solo como un gasto extra en el tiempo.

En cuanto a el aporte de este trabajo a la universidad es en que la elaboración de esta memoria de título, se realizó y finalizó satisfactoriamente, ya que logró cumplir la meta personal que era el desarrollo del tema presentado. La construcción se encuentra hoy en día bastante acotada ante los ojos muchos educadores y estudiantes de construcción civil, ignorando toda la belleza que se encuentra en cada proyecto, todo lo que se puede aprender y estudiar desarrollando los conocimientos que se poseen para desarrollar la carrera, es común quedarse con la simpleza, y precisamente no buscar más allá o saber más de lo que todos conocen, pero el punto es que no hay áreas limitadas para quienes siguen esta carrera, porque no todo debe estar seccionado entre las disciplinas constructivas y las del arquitecto o diseñador o hasta una ingeniería; es factible desarrollar un tema de arquitectura y convertirlo y explicarlo desde el punto de vista y mirada de un constructor civil. Es factible desempeñar labores en los cuales existe una gran cantidad de innovación, áreas esperando ser descubiertas por esta rama de todo lo que es la “construcción”. Este desafío fue llevado a cabo con éxito, porque se propone con esta memoria de título, que la construcción tiene una gran cantidad de ramas por desarrollar y aprender, siendo una muy importante la de la eficiencia energética, que si un constructor construye con responsabilidad y a su vez se interesa en resguardar el futuro, haciendo un aporte con el medio ambiente, ese tipo de constructor, a mi parecer, no será solamente un conocedor de los aspectos básicos, no solamente del hormigón, después de todo, la creatividad e innovación es el éxito de las ciudades.

Si bien, la idea fue abarcar en su totalidad todos los aspectos de las cubiertas y muros vegetales para tener un conocimiento completo y detallado de los sistemas, pero siempre es posible el poder ampliar el análisis o mejorarlo desarrollando otros métodos de análisis y sobre todo teniendo el tiempo, disposición y presupuesto para poder realizar una fase experimental elaborada propiamente para observar los resultados y cambios detenidamente comprobando así los sistemas.

8. ANEXOS

ANEXO A

Evaluación de sistemas verdes

Encuesta que consta de 15 preguntas. El propósito de esta encuesta es, lograr determinar las preferencias de atributos sustentables para edificios habitacionales, hoteleros o de oficinas, dando énfasis a los muros y cubiertas vegetales (MV - CV) para determinar el mercado objetivo de estos sistemas.

Edificio Intercontinental (MV) - Edificio en providencia (CV)



¿Cuál es su rango etario? *

- 30 a 40 años
- 41 a 51 años
- 52 a 62 años
- Mayor a 62 años

¿Cuál es su ingreso promedio mensual? *

- Desde 1.000.000 a 1.500.000 [
- Desde 1.500.000 a 2.000.000 [
- Desde 2.000.000 a 2.500.000 [
- Mayor a 2.500.000.

SOLO USO ACADÉMICO

¿Cuál es su formación académica? *

- Pregrado incompleto
- Técnico completo
- Pregrado completo
- Postgrado y/o especialidades

¿Usted conoce los elementos de mitigación de la contaminación ambiental?

- Sí
- No
- Me es indiferente

SOLO USO ACADÉMICO

¿Que tan satisfactorio o importante son para usted las metodologías constructivas sustentables? (amigables con el medio ambiente)

Muy importante

Importante

Poco importante

¿Conoce los sistemas de muros y/o cubiertas verdes? *

Sí

No

SOLO USO ACADÉMICO

¿Le interesaría recibir información detallada de estos sistemas? (en cuanto a especificaciones técnicas, costos y beneficios)

- Sí
- No
- Me es indiferente

¿Consideraría usted que, los muros o cubiertas vegetales se consideran sistemas viables para combatir la contaminación actual?

- Sí
- No
- No lo sé

SOLO USO ACADÉMICO

¿Le gustaría que en la ciudad de Santiago, la cual cada día tiene mas construcciones y pocos espacios verdes, las edificaciones contaran con vegetación en sus muros y/o techos con el objetivo de ofrecer una serie de beneficios ambientales, constructivos y de estética para la ciudad? (como se presenta en la imagen)



- Sí
- No
- Me es indiferente

¿Usted estaría dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo para tener a futuro una mejor calidad de vida?

- Si estaría dispuesto
- No estaría dispuesto
- Si estaría dispuesto, pero aún no

¿Para usted es importante la conservación y cuidado del medio ambiente e influye esto en sus decisiones de compra?

- Si es importante, y lo considero al momento de comprar un inmueble
- Es importante, pero no un referente para una compra inmobiliaria
- No es importante

SOLO USO ACADÉMICO

¿Cuanto más estaría dispuesto a pagar por un departamento con atributos amigables con el medio ambiente, tales como muros y/o cubiertas verdes, siendo que son considerado como una buena inversión a futuro y le traería una serie de beneficios ?

- No pagaría mas por este tipo de atributos
- Entre un 1% y 5% del valor de venta
- Entre un 6% y 11% del valor de venta
- Entre 12% y 15% del valor de venta

¿Que características lo motivarían a volverse un consumidor de proyectos inmobiliarios sustentables, siendo que, estos poseen un alto costo?

- Calidad
- Beneficios sociales
- Beneficios ambientales
- Beneficios a la salud

¿Cuales de estos atributos sustentables usted elegiría/interesarían a la hora de realizar una compra de una vivienda? (puede elegir mas de 1 atributo)

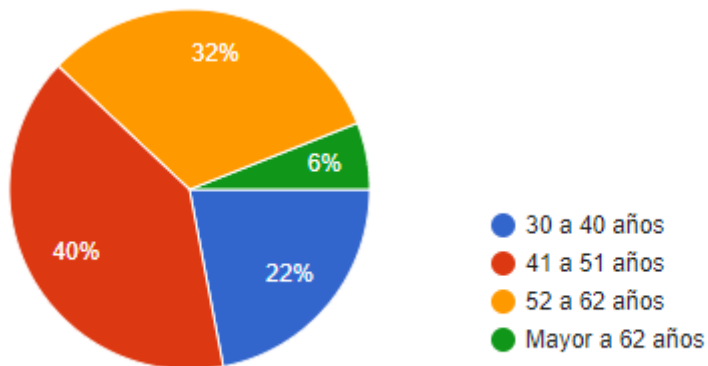
- Paneles foto-voltaico (reutilizar energías renovables)
- Termo panel (doble vidriado)
- Iluminacion led
- Muros vegetales (mejora calidad de aire/gestion de aguas lluvias/aislacion termo-acustica)
- Paneles solares térmicos (para agua caliente sanitaria)
- Techos vegetales (mejora calidad de aire/gestion de aguas lluvias/aislacion termo-acustica)
- Sensores de CO2 (comprueban el retorno de aire para aire acondicionado)
- Bombas de calor (regulacion de agua caliente y fria)

Si usted viviera en un departamento con muros y/o cubiertas verdes, ¿Como sería la forma de pagar el valor agregado de estos en cuanto a mantenimiento?

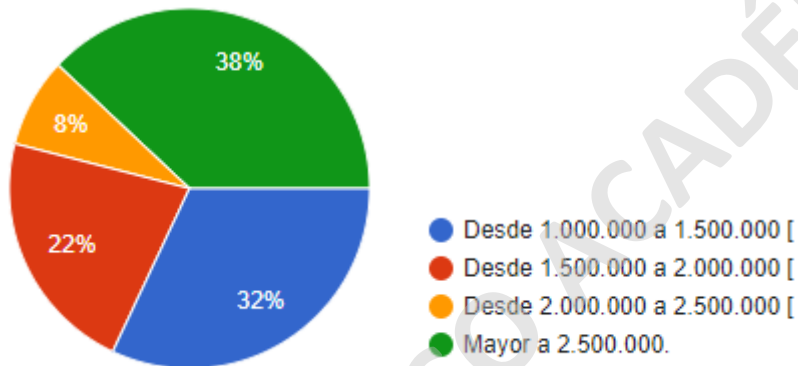
- A través de los gastos comunes
- A través de un pago anual
- No viviría en un departamento con estos sistemas

1.2 RESPUESTAS

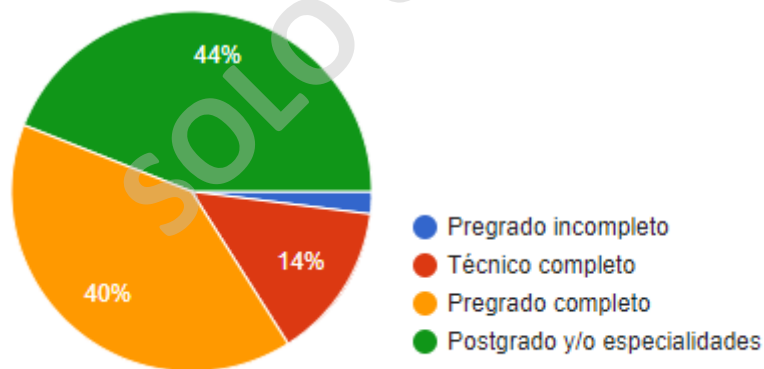
¿Cuál es su rango etario?



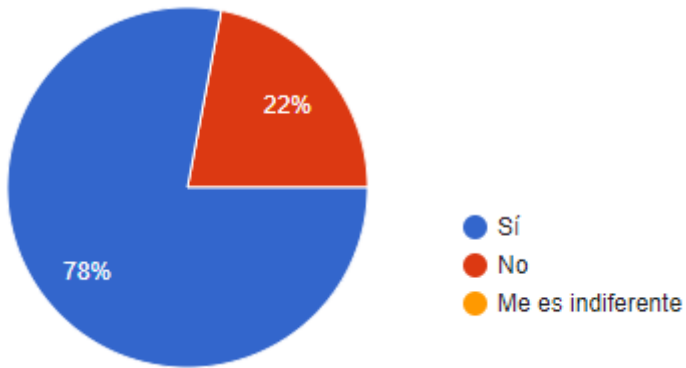
¿Cuál es su ingreso promedio mensual?



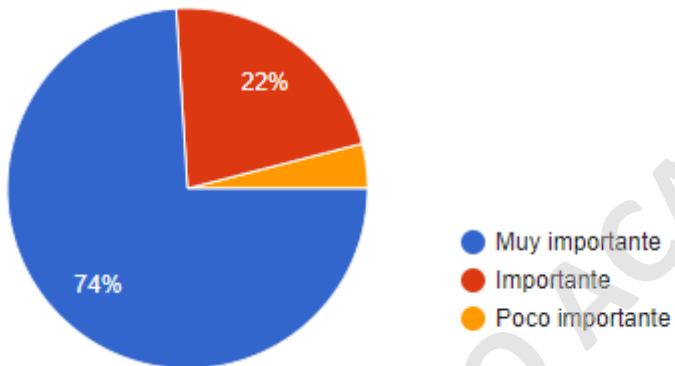
¿Cuál es su formación académica?



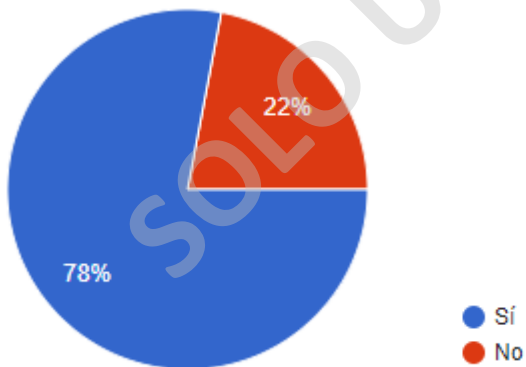
¿Usted conoce los elementos de mitigación de la contaminación ambiental?



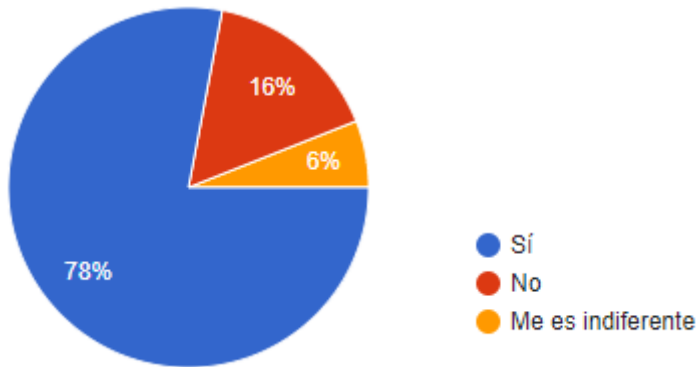
¿Qué tan satisfactorio o importante son para usted las metodologías constructivas sustentables? (amigables con el medio ambiente)



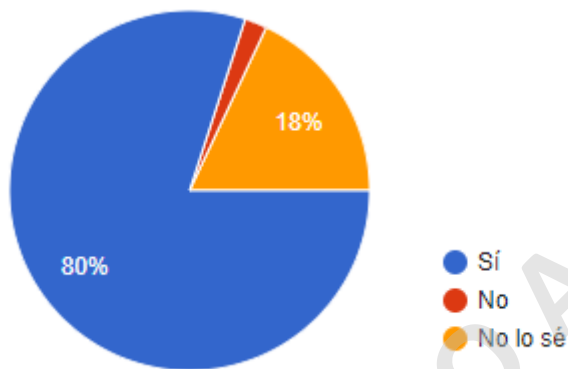
¿Conoce los sistemas de muros y/o cubiertas verdes?



¿Le interesaría recibir información detallada de estos sistemas? (en cuanto a especificaciones técnicas, costos y beneficios)



¿Consideraría usted que, los muros o cubiertas vegetales se consideran sistemas viables para combatir la contaminación actual?

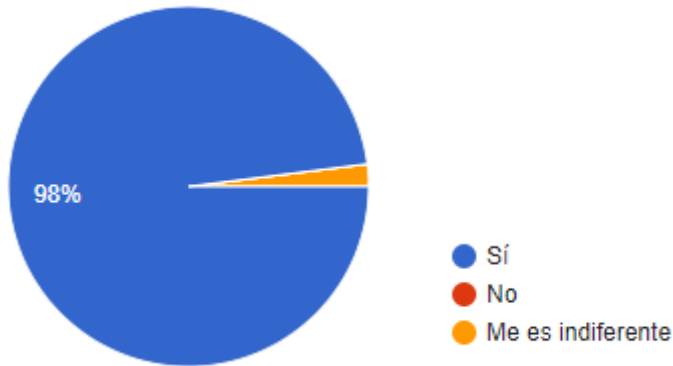


¿Le gustaría que, en la ciudad de Santiago, la cual cada día tiene más construcciones y pocos espacios verdes, las edificaciones contaran con vegetación en sus muros y/o techos con el objetivo de ofrecer una serie de beneficios ambientales, constructivos y de estética para la ciudad? (como se presenta en la imagen)



Figura 6.2 Cubiertas verdes para buenos aires
Fuente: Verde sobre gris

Imagen satelital extraída y editada de internet la cual muestra a Argentina, como ejemplo sin techos verdes y como luciría si esta tuviera una cantidad considerable de estos. De los resultados de la pregunta fueron los siguientes:



¿Usted estaría dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo para tener a futuro una mejor calidad de vida?

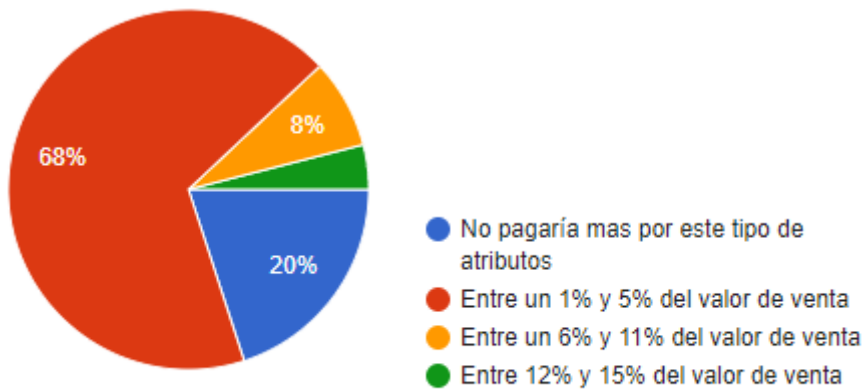


¿Para usted es importante la conservación y cuidado del medio ambiente e influye esto en sus decisiones de compra?

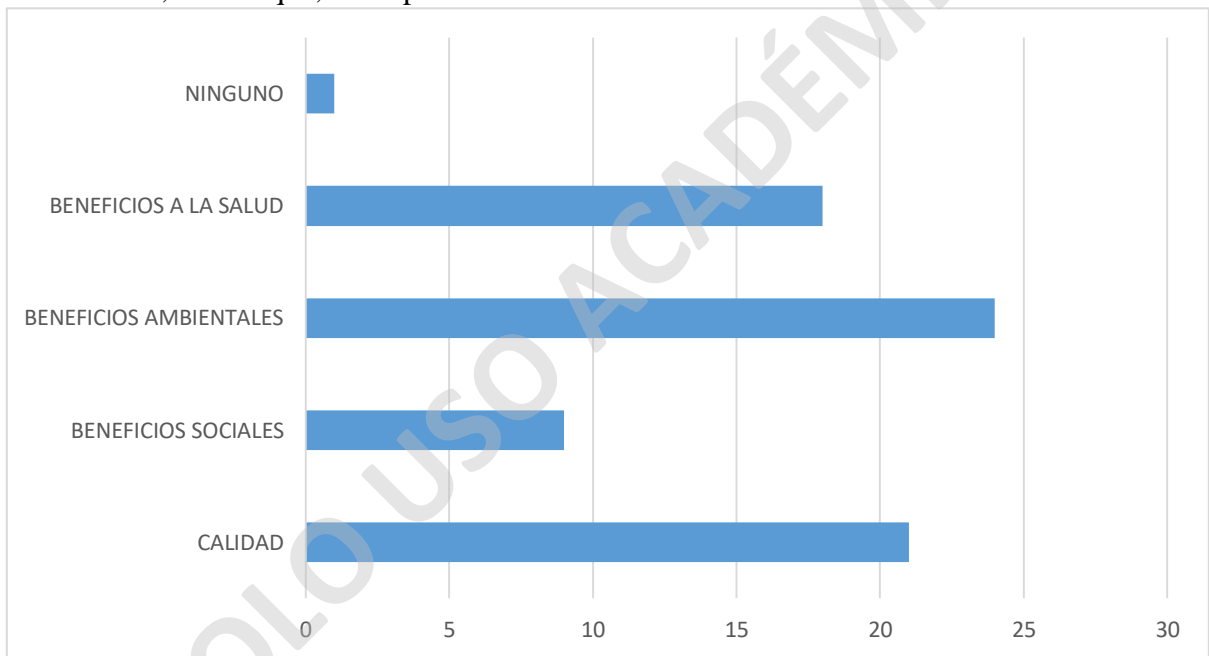


¿Cuánto más estaría dispuesto a pagar por un departamento con atributos amigables con el medio ambiente, tales como muros y/o cubiertas verdes, siendo que son considerado como

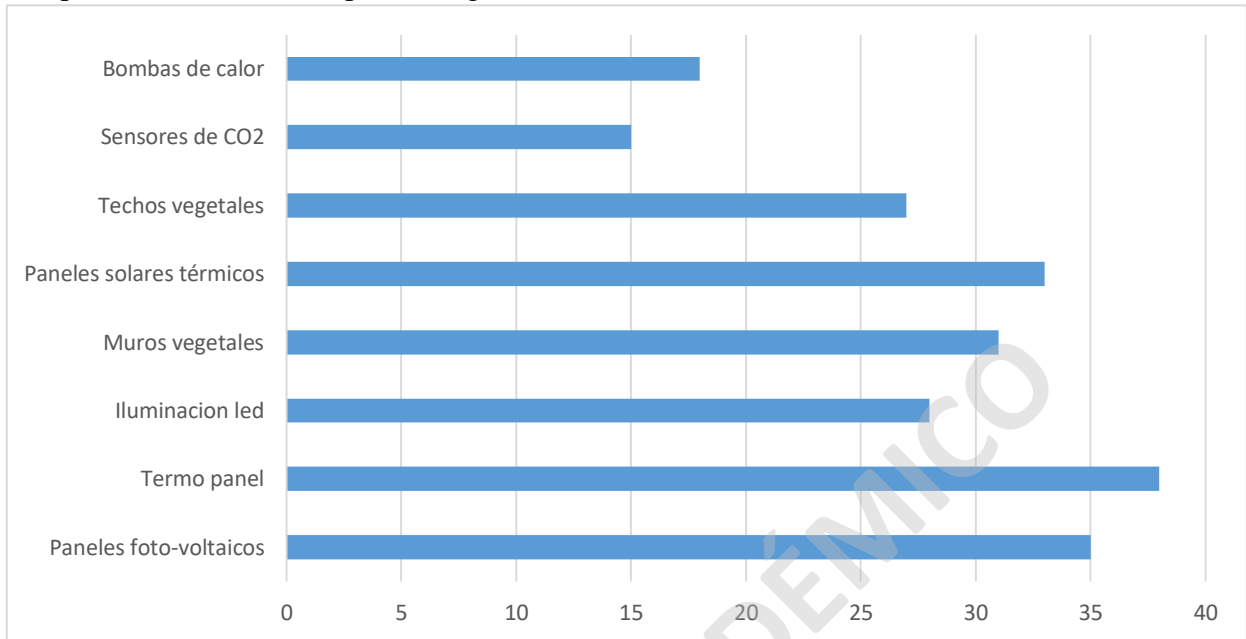
una buena inversión a futuro y le traería una serie de beneficios?



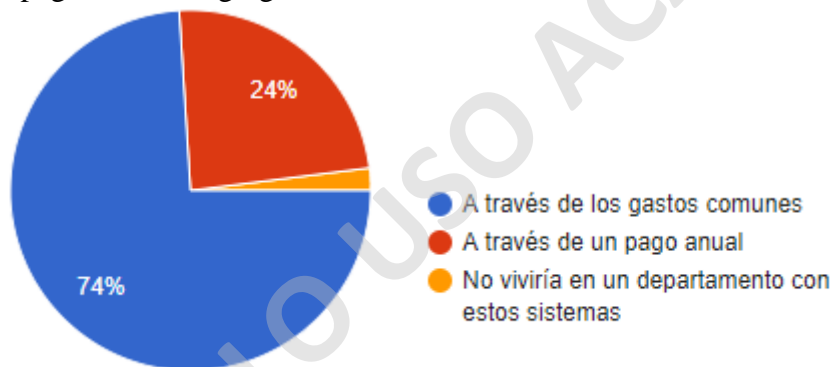
¿Qué características lo motivarían a volverse un consumidor de proyectos inmobiliarios sustentables, siendo que, estos poseen un alto costo?



¿Cuáles de estos atributos sustentables usted elegiría/interesarían a la hora de realizar una compra de una vivienda? (puede elegir más de 1 atributo)



Si usted viviera en un departamento con muros y/o cubiertas verdes, ¿Cómo sería la forma de pagar el valor agregado de estos en cuanto a mantenimiento?



8.2 DEFINICIONES DE ANÁLISIS ECONÓMICO

Para mayor entendimiento y comprensión se presentará a continuación los términos utilizados y con posterioridad la interpretación de los análisis.

Van Puro: Se considera que en la inversión que requiere el proyecto proviene de fuentes de financiamiento internas o propias, entendiéndose que los recursos totales que necesita el proyecto provienen de una entidad ejecutora o del mismo inversionista.

Van Financiado: Es cuando los recursos que utiliza el proyecto son de alguna forma propios y también en parte de terceras personas, siendo así que el proyecto utiliza recursos externos para su financiamiento o este no puede realizarse o no es conveniente.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Parámetro usado para poder calcular la viabilidad de un proyecto, basado en la estimación de flujos de caja. Si el resultado del TIR es alto, se está ante un proyecto considerado rentable, en la cual el retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado.

Evaluación Social de Proyectos: La Evaluación Social de Proyectos determina la conveniencia de ejecutar un proyecto desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto. La evaluación social de proyectos no sólo es aplicable a proyectos sociales o del sector público. Cualquier proyecto, aún si es ejecutado por un privado, puede ser evaluado desde un enfoque social.

Efectos Indirectos: son los efectos que tiene el proyecto sobre otros mercados relacionados (sustitutos, complementarios, encadenamientos)

Externalidades: efectos positivos o negativos que produce el proyecto sobre otros agentes económicos.

9. BIBLIOGRAFÍA

Ahorro energético y económico a través de la implementación de medidas de gestión energética. El caso de la implementación de doble piel vegetal, en edificios de oficinas existentes de los años 90 en Santiago - repositorio u de chile

A comprehensive study on green roof performance for retrofitting existing buildings - building and environment, año 2018 - ncbi

A methodological comparison between energy and environmental performance evaluation – artículo, año 2015, Sustainability - mdpi

A simplified model for modular green roof hydrologic analyses and design, año 2016

Characterisation of nature-based solutions for the built environment, año 2017, Sustainability - mdpi

Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki, año 2013, [finnish meteorological institute](#)

Do looks matter? a case study on extensive green roofs using discrete choice experiments, año 2018 - ncbi

Ecophysiological and micromorphological characterization of green roof vegetation for urban mitigation - urban forestry & urban greening, año 2018 - ncbi

Efecto del uso de techos verdes y fachadas vegetales en el comportamiento térmico de edificios - repositorio u de chile

Factibilidad de incorporación de cubiertas vegetales en viviendas económicas de conjuntos blocks colectivos - repositorio u de chile

Habitat effect on urban roof vegetation, año 2017, Sustainability - mdpi

Heat transfer in a lightweight extensive green roof under water-freezing conditions - energy & buildings, año 2018 - ncbi

Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection, Sustainable cities and society, año 2018

Implementation of green roof technology in residential buildings and neighborhoods of cyprus, Sustainable cities and society, año 2018

Living roofs and Walls, Technical report, año 2008

Maria kmieć - green wall technology, año 2014

Observation and estimation of evapotranspiration from an irrigated green roof in a rain-scarce environment, año 2017, Water - mdpi

Ozone removal efficiency and surface analysis of green and white roof hvac filters, año 2018 - ncbi

Phosphate leaching from green roof substrates—can green roofs pollute urban water bodies?, año 2017, Water - mdpi

Renewable and sustainable energy reviews, green roofs and facades: a comprehensive review, año 2017

Substrate composition and depth affect soil moisture behavior and plant-soil relationship on mediterranean extensive green Roofs, año 2017

Substrate depth, vegetation and irrigation affect green roof thermal performance in a mediterranean type climate, año 2017 – ncbi

Sustainable urban biophilia: the case of greenskins for urban density, año 2014, Sustainability - mdpi

Thermal study on extensive green roof integrated irrigation in northwestern arid regions of china, año 2017

Using a hydrological model to simulate the performance and estimate the runoff coefficient of green roofs in semiarid climates, año 2017, Water – mdpi

Un enfoque comparativo de las paredes artificiales y verdes naturales de acuerdo a la sostenibilidad ecológica, año 2018, Sustainability - mdpi

Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: including monetised amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards, año 2012 - ncbi

Viability of green roofs as a flood mitigation element in the central region of chile, año 2018 - ncbi

Water quality function of an extensive vegetated roof - science of the total environment, año 2018 – ncbi

Wall vegetation characteristics of urban and sub-urban áreas, año 2017, Sustainability – mdpi

<http://www.chilegbc.cl/user/estudios/Presentaciones%20Seminario%20Viviendas%20Sustentables.pdf>

<http://energiayjardines.blogspot.cl/2012/01/techos-y-muros-verdes-pronto-seran.html>

<http://www.diariodelaconstruccion.cl/cambio-a-la-oguc-que-limita-los-techos-verdes-en-edificios-provoca-debate-entre-minvu-y-expertos/>

<https://www.camara.cl/sala/verComunicacion.aspx?comuid=17059&formato=pdf>

<https://verdeactivo.cl/tag/techos-verdes>

<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2957&edi=142&xit=cubiertas-y-muros-vegetales-la-incorporacion-de-esta-nueva-tecnica-en-chile>

<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/noticia-pais/condiciones-climaticas-afectarian-desarrollo-de-muros-y-techos-con-plantas/>

<https://www.asescuve.org/cubiertas-verdes/normativa/>

<https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/handle/11703/86542>

<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/?s=muros+verdes>

<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/?s=cubiertas+verdes>

<http://arquipaisajeba.blogspot.cl/2014/02/going-vertical-la-historia-de-paredes.html>

https://www.ltu.edu/water/greenroofs_history.asp

<https://commons.bcit.ca/greenroof/faq/what-is-the-history-of-green-roofs/>

<https://www.renewableenergyhub.co.uk/green-roof-information/the-history-of-green-roofing.html>

<http://www.obrasweb.mx/obra-del-axo-2012/2012/08/22/centro-internacional-de-convenciones-los-cabos>

<http://www.quaibrantly.fr/es/los-espacios/muro-vegetal/>

<http://www.arquine.com/el-nuevo-jardin-vertical-de-patrick-blanc/>

<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5551.pdf>

<http://www.uc.cl/la-universidad/noticias/15473-expertos-analizan-la-realidad-y-desafios-de-los-techos-y-muros-verdes>

<https://imaginaisladedepascua.com/que-ver/sitios-arqueologicos/orongo/>

<http://www.staffs.ac.uk/research/greenwall/type/>

https://www.tiposde.com/definicion_de_muro_verde.html

<https://www.bdcnetwork.com/6-things-you-need-know-about-green-walls>

<https://jardinessinfronteras.com/2018/02/02/muros-verdes-y-jardines-verticales/>

<http://www.growinggreenguide.org/technical-guide/introduction-to-roofs-walls-and-facades/green-wall-definition/>

<http://www2.latercera.com/noticia/la-apuesta-de-los-edificios-santiaguinos-para-ahorrar-energia/>

<http://www.disenoarquitectura.cl/parque-titanium-senarq/>

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962015000100009

<http://www.zinco.cl/web/techos-verdes-actuales/12/chile.html>

<http://verdeactivo.cl/techos-verdes/chile-proyectos>

<https://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-sistemas-constructivos/>

<https://www.bdcnetwork.com/6-things-you-need-know-about-green-walls>

<https://ecoosfera.com/2014/11/los-muros-verdes-mas-alla-de-la-moda-conoce-todas-sus-propiedades/>

<http://www.altramedioambiente.com/azoteas-verdes-y-muros-verdes/>

<https://www.nuevamujer.com/bienestar/2012/05/18/15-maravillosos-jardines-verticales-alrededor-del-mundo.html>

<http://www.arquine.com/el-nuevo-jardin-vertical-de-patrick-blanc/>

<http://www.jardinurbano.pe/conoce-los-beneficios-de-los-green-walls-o-muros-verdes-587-n.html>

<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2743&edi=134&xit=muros-verdes-en-las-oficinas>

<http://www.huichol.com.mx/6-hechos-jardines-verticales-no-conocias/>

<http://www.lavanguardia.com/vivo/ecologia/20170206/414074741450/jardin-azotea-contaminacion-co2-ciudades.html>

<http://www.hildebrandt.cl/caracteristicas-y-beneficios-de-los-muros-verdes/>

<https://www.ambius.com/green-walls/ultimate-guide-to-living-green-walls/>

<http://groncol.com/proyectos/hotel-b3/>

<http://www.igniagreen.com/en/blog/the-7-most-famous-vertical-garden-at-the-world/>

<http://www.jardinesverticales.es/los-jardines-verticales-mas-grandes-del-mundo/>

<http://www.disenoarquitectura.cl/hotel-intercontinental-tower-abwb-arquitectos-asociados/>

<https://livingroofs.org/>

<https://livingroofs.org/green-colour-green-performance/>

<https://www.nuevamujer.com/bienestar/2014/09/04/en-copenhague-ya-son-obligatorias-las-azoteas-verdes.html>

<http://canevaflor.cl/productos>

<http://www.altramedioambiente.com/panel-prefabricado-para-muro-verde-con-y-sin-sistema-de-riego-por-goteo/>

<https://paisajismodigital.com/blog/plantas-para-techos-verdes-mas-utilizadas/>

<https://www.vix.com/es/imj/hogar/145822/que-plantas-conviene-cultivar-en-un-jardin-vertical>

https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/br_greenroof_es.pdf

<http://www.green4cities.com/?p=649>

<https://www.houzz.es/ideabooks/60402484/list/casas-verdes-un-sistema-que-cambiara-el-paisaje-urbano-del-futuro>

<https://www.forbes.com/sites/trevornace/2017/06/30/chinas-new-forest-city-will-make-you-rethink-urban-cities/#3e36d76adabd>

http://vincent.callebaut.org/zoom/projects/150105_parissmartcity2050/parissmartcity2050_pl002.jpg

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150303_paris_2050_futurista_ecologica_jm

<https://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2017/07/31/copenhagens-fourfold-path-to-carbon-neutrality.html>

<https://urbanlifecopenhagen.weebly.com/sustainability.html>

<https://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/hualien-residences-parque-habitacional-futurista-taiwan/>

<http://www.jardinurbano.pe/mantenimiento-de-jardines-verticales-489-n.html>

<https://generacionverde.com/mantenimiento-jardin-vertical-y-muro-verde/>

<https://www.totallandscapecare.com/landscaping/green-wall-maintenance/>

<https://greenology.sg/maintenance-of-green-walls/>

70.-<http://www.diariodelaconstruccion.cl/como-construir-un-muro-verde-en-chile-recomendaciones-costos-y-opciones/>

<http://www.odepa.gob.cl/publicaciones/noticias/noticias-institucionales/publicada-en-el-diario-oficial-normativa-del-ministerio-de-agricultura-que-protege-el-musgo-sphagnum-magellanicum-en-todo-el-territorio-nacional>

<https://www.bcn.cl/observatorio/bioetica/noticias/3-aspectos-que-toda-ciudad-sustentable-debe-incorporar>

<http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=431179>

<https://www.camara.cl/sala/verComunicacion.aspx?comuid=17059&formato=pdf>

<http://www.diariodelaconstruccion.cl/cambio-a-la-oguc-que-limita-los-techos-verdes-en-edificios-provoca-debate-entre-minvu-y-expertos/>

<http://www.breeam.es/certifica/esquemas-de-certificacion>

<https://new.usgbc.org/leed>

<http://www.hildebrandt.cl/cuales-son-los-requisitos-para-certificar-un-proyecto-en-leed/>

https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPND13/clauson_spnd13.html

<https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/clima.htm>

<https://imagnasantiago.com/la-ciudad/geografia/>

https://docs.wixstatic.com/ugd/e455dd_830438e9ba134ee7899fe9b2f2d3026e.pdf

https://docs.wixstatic.com/ugd/e455dd_6880fd13932b4c3cb668c0a8af924db3.pdf

<https://www.plantart.cl/certificacionleed>

<https://www.plantart.cl/muros-verdes>

<https://www.plantart.cl/clientes>

<http://verdeactivo.cl/techos-verdes/chile-proyectos>

<http://www.zinco.cl/web/techos-verdes-actuales/12/chile.html>

<http://tecpro.cl/proyectos>