

2019

# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE FACHADA VERDE DOBLE PIEL EN EDIFICIOS

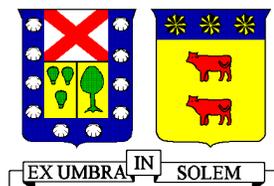
SEGUEL CANESSA, VALENTINA PAZ

---

<https://hdl.handle.net/11673/47060>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES  
VALPARAISO – CHILE



## **METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE FACHADA VERDE DOBLE PIEL EN EDIFICIOS**

Memoria de titulación presentada por  
VALENTINA PAZ SEGUEL CANESSA

Como requisito parcial para optar al título de  
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía  
FRANCISCO LAGOS PERALTA

Noviembre 2018

## **Agradecimientos**

Cada persona tiene distintos tiempos para los procesos, pero lo importante es aprender y disfrutar de éste, el cual está acompañado de diferentes personas. Dedicada a todas ellas, que me acompañaron en este camino tan difícil, que me dieron el aliento para seguir adelante a pesar de todos los obstáculos y que me enseñaron a perseverar para poder llegar al final del proceso. No puedo nombrar a todas las personas en este papel, pero lo importante que cada uno sabe lo agradecida que estoy de ellos. Simplemente gracias totales.

*En cualquier tarea se puede ganar o perder,  
lo importante es la nobleza de los recursos  
utilizados.*

*(Marcelo Bielsa)*

## **Resumen**

El crecimiento urbano en el último tiempo ha ido de manera ascendente, dejando de lado las áreas verdes, eliminando parques y plazas para emplazar grandes edificios, llenando de grandes torres las ciudades, convirtiéndose en un paisaje gris a los ojos del ser humano. De esta manera es como las urbes van dejando de lado la capa vegetal que cubría el territorio desde el principio, agregando además en aumento de la población, densificando la cantidad de habitantes por metro cuadrado, además del exceso de radiación, falta de ventilación, teniendo como consecuencias dificultades en el momento de materializar cada construcción, problemas medio ambientales asociados a la falta de planificación, de conocimiento sobre la sostenibilidad, al consumo de los recursos naturales por parte de las personas, etc.

Por la problemática nombrada anteriormente, se han generado sistemas constructivos capaces de aminorar y solucionar los problemas asociados a la contaminación, y que ayudan a impulsar el ahorro energético. Dentro de estos sistemas están las fachadas verdes que se incorporan en los edificios, las cuales entregan un equilibrio y armonía en los espacios, de acuerdo con cada necesidad y en función de los materiales a utilizar en la construcción, generando una alternativa eficaz y eficiente para los problemas descritos anteriormente.

El enfoque de la presente memoria es sobre el sistema constructivo de las fachadas verdes, específicamente en el uso de la doble piel vegetal que fue usada en el edificio Consorcio ubicado en la ciudad de Santiago, siendo la primera gran construcción del país en utilizar muros verdes como sistema de fachada.

## **Abstract**

The urban growth in the last time has gone in ascending way, leaving the green areas aside, eliminating parks and squares to place great buildings, filling with large towers the cities, becoming a gray landscape at sight of the human being. This is how the cities are leaving the plant layer aside that covered the territory from the beginning, also adding an population increase, densifying the number of inhabitants per square meter, in addition to excess radiation, lack of ventilation, taking as consequences, difficulties at the time of materializing each construction, environmental problems associated with lack of planning, knowledge about sustainability, consumption of natural resources by people, etc.

Due to the problem mentioned above, constructive systems have been generated able to reduce and solve the problems associated with pollution, and which help to boost energy savings. Within these systems are the green facades that are incorporated on the buildings, which provide a balance and harmony in the spaces, according to each need and depending on the materials to be used in the construction, generating an effective and efficient alternative for the problems described previously.

The focus of this report is on the constructive system of the green facades, specifically in the use of the double vegetal skin that was used in the Consorcio building located in the city of Santiago, being the first large construction in the country to use green walls as a facade system.

## Tabla de contenido

Agradecimientos .....	2
Resumen.....	3
Abstract.....	4
Índice de figuras.....	8
Índice de gráficos.....	10
Índice de tablas .....	11
Capítulo 1: Introducción .....	12
1.1 Historia de los muros y jardines verticales.....	12
1.2 Antecedentes generales.....	14
1.3 Objetivo general .....	17
1.4 Objetivos secundarios.....	18
1.5 Alcance del estudio.....	18
1.6 Metodología.....	18
1.7 Estructura de la memoria.....	19
Capítulo 2: Sistema constructivo Fachadas Vegetales .....	20
2.1 Fachadas Verdes .....	21
2.1.1 Fachadas verdes tradicionales. ....	21
2.1.2 Sistema doble piel.....	23
2.1.2.1 Sistema de cables trenzado. ....	23
2.1.2.2 Enrejados modulares.....	24
2.1.2.3 Fachada vegetal invernadero. ....	26
2.1.2.4 Fachada deslizante vegetal. ....	28
2.1.3 Sistemas plantas precultivadas. ....	31
2.1.3.1 Sistemas de paneles vegetados en cajas metálicas. ....	32
2.1.3.2 Sistemas de paneles vegetados en celdas drenantes. ....	35
2.1.3.3 Gaviones de metal .....	36
2.1.4 Sistema hidropónico. ....	39
2.1.5 Hormigón vegetal. ....	41

Capítulo 3: Criterios de selección del tipo de fachada verde.....	43
3.1 Industrialización .....	43
3.2 Montaje.....	44
3.3 Mantenimiento.....	45
3.4 Efectividad energética .....	45
3.5 Peso.....	46
3.6 Riego.....	47
3.7 Costo económico .....	48
3.8 Reutilizabilidad.....	48
Capítulo 4: Edificio Consorcio .....	49
4.1 Antecedentes.....	49
4.2 Diseño y construcción .....	51
4.3 Costo.....	61
4.4 Sustentabilidad y confort.....	62
4.5 Comportamiento energético .....	65
4.5.1 Transmisión de calor a través de un elemento constructivo.....	65
4.5.1.1 Conducción.....	66
4.5.1.2 Convección.....	67
4.5.1.3 Radiación.....	68
4.5.2 Eficiencia energética.....	68
4.6 Análisis doble piel vegetal Edificio Consorcio .....	71
Capítulo 5: Beneficios de la fachada verde tipo doble piel vegetal.....	72
5.1 Mejora la calidad del aire .....	72
5.2 Reducción del remolino de polvo.....	72
5.3 Regulación de la temperatura y humedad.....	73
5.4 Efecto del aislamiento térmico .....	73
5.5 Reducción del efecto isla.....	74
5.6 Aislación acústica.....	74
5.7 Producción de Oxígeno y consumo de dióxido de carbono .....	74
5.8 Variación de la incidencia del viento .....	74

5.9	Protección de las fachadas .....	75
5.10	Protecciones físicas.....	75
5.11	Bienestar .....	75
5.12	Aumento de áreas verdes .....	75
5.13	Efectos estéticos .....	75
Capítulo 6: Fachadas doble piel convencionales en edificios de oficinas .....		77
6.1	Fachada ventilada .....	77
6.2	Persiana exterior .....	79
6.3	Celosía de exterior .....	81
6.4	Comparación de fachadas convencionales con fachada verde .....	83
Capítulo 7: Conclusiones .....		86
Referencias.....		89
Anexos .....		93
Anexo 1: Plantas usadas en Edificio Consorcio Santiago .....		93
Anexo 2: Cotización implementación fachada vegetal.....		94
Anexo 3: Valor Fachada ventilada.....		95
Anexo 4: Valor Persiana de exterior .....		96
Anexo 5: Presupuesto Celosía exterior .....		97

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Jardín colgante de Babilonia.....	12
<i>Figura 2.</i> Edificio Banca Catalana, actual Edificio Planeta. ....	13
<i>Figura 3.</i> Universal City Walk en ciudad de California.....	13
<i>Figura 4:</i> Tipología de las Fachadas verdes. ....	20
<i>Figura 5.</i> Fachada vegetal tradicional. ....	21
<i>Figura 6.</i> Sistema de cables trenzado en forma de rombo.....	23
<i>Figura 7.</i> Sistema Jakob.....	24
<i>Figura 8.</i> Sistema enrejado modular.....	25
<i>Figura 9.</i> Fachada vegetal tipo invernadero. ....	27
<i>Figura 10.</i> Detalle sección fachada vegetal tipo invernadero. ....	27
<i>Figura 11.</i> Detalle de los tres subsistemas de la fachada tipo invernadero. ....	28
<i>Figura 12.</i> Vista general fachada vegetal deslizante. ....	30
<i>Figura 13.</i> Detalle constructivo fachada vegetal deslizante. ....	30
<i>Figura 14.</i> Despiece de los componentes del sistema precultivo en cajas metálicas. ....	33
<i>Figura 15.</i> Sistema de paneles vegetados en cajas metálicas. ....	33
<i>Figura 16.</i> Sección vertical del sistema de paneles. ....	33
<i>Figura 17.</i> Sistema modular de paneles vegetados en caja metálica de GSKy Plant Systems Inc.....	34
<i>Figura 18.</i> Sistema de paneles vegetados en celdas drenantes.....	35
<i>Figura 19.</i> Sección del panel con vegetación plantada. ....	35
<i>Figura 20.</i> Fachada verde con sistema de gaviones metálicos.....	37
<i>Figura 21.</i> Perspectiva y sección horizontal del sistema de gaviones.....	38
<i>Figura 22.</i> Fachada vegetal realizado por sistema hidropónico de Patrick Blanc.....	39
<i>Figura 23.</i> Detalle del ensamblaje por capas del sistema hidropónico. ....	40
<i>Figura 24.</i> Detalle componentes hormigón vegetal.....	41
<i>Figura 25.</i> Fachada verde con hormigón vegetal. ....	41
<i>Figura 26.</i> Edificio Consorcio Santiago en verano. ....	50
<i>Figura 27.</i> Emplazamiento Edificio Consorcio Santiago.....	51
<i>Figura 28.</i> Vista en planta Edificio Consorcio.....	51
<i>Figura 29.</i> Funcionamiento térmico Edificio Consorcio Santiago.....	53

<i>Figura 30.</i> Edificio consorcio recién terminado sin vegetación instalada.....	54
<i>Figura 31.</i> Vista detallada del sistema de soporte de la jardinera y la rejilla. ....	54
<i>Figura 32.</i> Corte transversal Edificio Consorcio Santiago y detalle de la doble piel vegetal.....	55
<i>Figura 33.</i> Detalle Parrones verticales. ....	56
<i>Figura 34.</i> Detalle de la sección de la pared.....	57
<i>Figura 35.</i> Sección del sistema fachada vegetal Edificio Consorcio .....	58
<i>Figura 36.</i> Detalle constructivo parrones verticales.....	59
<i>Figura 37.</i> Riego por goteo.....	60
<i>Figura 38.</i> Levantamiento vertical de áreas verdes .....	62
<i>Figura 39.</i> Evolución de la vegetación del edificio en el tiempo. ....	63
<i>Figura 40.</i> Interior Edificio Consorcio Santiago, piso 14. ....	64
<i>Figura 41.</i> Transmisión de calor en edificios. ....	66
<i>Figura 42.</i> Intercambio de calor por conducción. ....	66
<i>Figura 43.</i> Convección natural. ....	67
<i>Figura 44.</i> Radiación térmica. ....	68
<i>Figura 45.</i> Edificio de oficinas con fachada ventilada Trespa .....	77
<i>Figura 46.</i> Efecto chimenea fachada ventilada .....	77
<i>Figura 47.</i> Detalle fachada ventilada.....	78
<i>Figura 48.</i> Edificio con persiana exterior .....	80
<i>Figura 49.</i> Persiana Veneciana de aluminio .....	80
<i>Figura 50.</i> Edificio con celosía horizontal .....	81
<i>Figura 51.</i> Celosía Aeroscreen plano 300.....	82

## Índice de gráficos

<i>Gráfico 1.</i> Factores que afectan en la innovación en la construcción.....	15
<i>Gráfico 2.</i> Preferencia tecnologías para fachadas de edificios. ....	17
<i>Gráfico 3.</i> Comparación consumo energético promedio en edificios convencionales y Edificio Consorcio.....	69
<i>Gráfico 4.</i> Comparación costo energético promedio en edificios convencionales y Edificio Consorcio.....	69
<i>Gráfico 5.</i> Comparación consumo energético en Edificio Consorcio, pisos con y sin doble piel vegetal.....	70
<i>Gráfico 6.</i> Comparación costo energético en Edificio Consorcio, pisos con y sin doble piel vegetal.....	70

## Índice de tablas

Tabla 1: <i>Información edificio Consorcio Santiago</i> .....	49
Tabla 2: <i>Cálculos de cobertura de la fachada verde</i> .....	61
Tabla 3: <i>Resumen Cotización fachada verde doble piel</i> .....	62
Tabla 4: <i>Superficie horizontal</i> .....	63
Tabla 5: <i>Superficie vertical</i> .....	63
Tabla 6: <i>Factores ambientales que inciden en el confort de los usuarios en el trabajo</i> .65	
Tabla 7: <i>Resumen presupuesto Fachada ventilada Trespa</i> .....	79
Tabla 8: <i>Resumen presupuesto Persiana Veneciana de aluminio</i> .....	80
Tabla 9: <i>Resumen presupuesto Celosía exterior</i> .....	82
Tabla 10: <i>Comparación costo de implementación de las diferentes fachadas</i> .....	83
Tabla 11: <i>Comparación de características entre las diferentes fachadas</i> .....	84
Tabla 12: <i>Vegetación Edificio Consorcio Santiago</i> .....	93
Tabla 13: <i>Presupuesto Fachada verde doble piel</i> .....	94
Tabla 14: <i>Precio unitario Fachada ventilada Trespa</i> .....	95
Tabla 15: <i>Precio unitario Persiana Veneciana de aluminio</i> .....	96
Tabla 16: <i>Presupuesto celosía exterior Aeroscreen plano 300</i> .....	97

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Historia de los muros y jardines verticales

El antiguo concepto de muros verdes o jardín vertical fue construido en Babilonia hace más de 2500 años. En la Figura 1, se muestra la construcción de los jardines colgantes en la antigua Babilonia: una maravilla del mundo antiguo, y el antepasado de la pared verde moderna.



*Figura 1.* Jardín colgante de Babilonia.

Fuente: (“Los Jardines Colgantes de Babilonia,” 2015)

Barcelona cuenta desde 1978, con el primer jardín vertical, pionera de una nueva manera de hacer jardines. En la Figura 2 aparece el edificio Banca Catalana, actualmente propiedad de la editorial Planeta, el cual es el primer jardín vertical de Europa. El edificio está formado por cuatro bloques octogonales juntos. En torno al edificio existen dos cinturones de jardineras, separadas del edificio por un pasillo de 65 cm. Las jardineras están hechas de acero con una longitud total de 3.800 metros.



*Figura 2.* Edificio Banca Catalana, actual Edificio Planeta.

Fuente: (“MC2 - Estudio de Ingeniería,” n.d.)

En 1988 comenzó a utilizarse el sistema de cable de acero inoxidable para fachadas verdes, a principios de 1990 de cable y alambre – cuerda de red y sistemas de paneles de enrejado modulares entran en el mercado de América del Norte.

La primera aplicación importante de un sistema de paneles enrejados fue utilizada en Universal City Walk en California en 1993, la cual se puede observar en la Figura 3.



*Figura 3.* Universal City Walk en ciudad de California.

Fuente: (Bonells, 2018)

Así con el tiempo, los muros verdes y jardines verticales comienzan a ser un paisaje habitual en las ciudades y los edificios.

## 1.2 Antecedentes generales

La construcción es uno de los sectores económicos de mayor crecimiento en el mundo, lo cual ha demandado un constante desarrollo tecnológico, tanto en los materiales y procesos constructivos, como en las soluciones de diseño, mejora en eficiencia y calidad de las construcciones.

El crecimiento urbano ha mostrado la falta de conciencia que tiene el ser humano con su entorno inmediato, lo que genera una serie de alteraciones en las personas y en el medio ambiente. Provocando, además, componentes importantes en el cambio climático, disminución de la vegetación, erosión de los diferentes terrenos, contaminación del aire, etc. Debido a todos estos factores es como las ciudades van dejando de lado la capa vegetal que en un principio cubría el territorio, lo que, sumado a la densificación, exceso de radiación, a la poca ventilación, provocan el efecto invernadero e islas de calor.

La construcción sustentable implica dar un giro desde los sistemas convencionales utilizados. Para ello es indispensable la innovación tecnológica, el desarrollo técnico científico, la creatividad y los cambios culturales.

En el Gráfico 1 se muestran los resultados de una encuesta realizada por la Red de Innovación en la Construcción (INCONET), en cuanto al desarrollo de la innovación en América Latina, obteniendo lo siguiente: un 53% indicó que el principal responsable es la necesidad de un cambio cultural importante y vencer el temor al cambio, y un 12,9% que falta financiamiento, un 10,3% indica que es muy caro y que no está claro el beneficio, un 9,9% se refiere a que falta mayor capacitación, el 8,3% de los encuestados opinó que hay bajo acceso a información de nuevas tecnologías y finalmente un 5,6% dice que les va bien sin innovar.



Gráfico 1. Factores que afectan en la innovación en la construcción  
Fuente: (Corporación de Desarrollo Tecnológico, n.d.-b)

El desarrollo en el ámbito de la construcción repercute de tal manera que hace que se incorpore el concepto de sustentabilidad en la industria inmobiliaria, ya sea como parte de las políticas de responsabilidad social de las empresas, como por la búsqueda de un mejor estándar de producto inmobiliario que permita una diferenciación en el mercado. Todo esto genera el desafío para los participantes que son parte del proyecto en incorporar de manera balanceada las tres dimensiones de la sustentabilidad: económica, social y ambiental.

La construcción sustentable se define como el modo de concebir el diseño arquitectónico y urbanístico, que se refiere a la incorporación del concepto de sustentabilidad en el proceso de planificación, diseño, construcción y operación de las edificaciones y su entorno, y que busca optimizar los recursos naturales y los sistemas de edificación de tal modo, que minimicen el impacto sobre el medio ambiente y la salud de las personas. (MINVU, MOP, MINENERGIA, 2013)

Las infraestructuras verdes en las ciudades, tales como parques, árboles en las calles, jardines y espacios verdes recreativos, proporcionan servicios de ecosistema importantes para nuestras ciudades. Sin embargo, el aumento de densidad de urbanización, el cambio

climático y el desarrollo descontrolado hacen que estas infraestructuras no sean suficientes. Los edificios tienen un potencial sin explotar para que las ciudades sean más atractivas.

Antiguamente al hablar de fachadas se relacionaba directamente con la estructura, ya que además de ser el aspecto exterior del edificio, también formaban parte del conjunto estructural que lo sostenía. Actualmente, la calidad de los materiales, el uso de otros nuevos como el acero y el dominio de nuevas técnicas permiten eliminar el factor estructural prestando mayor atención a la estética y funcionalidad de la estructura. Sin embargo, los cambios más profundos han sido consecuencia de la evolución de las técnicas constructivas.

Como consecuencia de lo anterior, se está trabajando con la arquitectura y la construcción para hacerse cargo de los aspectos ambientales, a través de construcciones ecológicas, autosustentables, uso de energías renovables, y entre otras estrategias, incorporar envolventes verdes a los edificios.

La incorporación de espacios y elementos con vegetación en el diseño constructivo, arquitectónico y urbano constituye una de las estrategias bioclimáticas más antiguas y, a su vez, más interesantes, ya que materializa la interrelación entre el edificio el ecosistema circundante. La integración de sistemas vegetales en la construcción y arquitectura puede ser empleada como instrumento para incrementar las áreas verdes en las ciudades, posibilitando el diseño de fachadas que promuevan el ahorro energético y respondan a condiciones medioambientales específicas.

En el Gráfico 2, se muestra el resultado de una encuesta realizada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico con respecto a lo que se espera de las nuevas tecnologías orientadas a proteger las fachadas de los edificios, obteniendo lo siguiente: un 64% indicó que fortalezca de manera sustancial la eficiencia energética del edificio, un 21% espera que otorgue confort a los usuarios del edificio, mientras que el 7% indica que distingan estéticamente al edificio, un 6% que sean sistemas económicos y finalmente, un 2% no consideró ninguna opción.

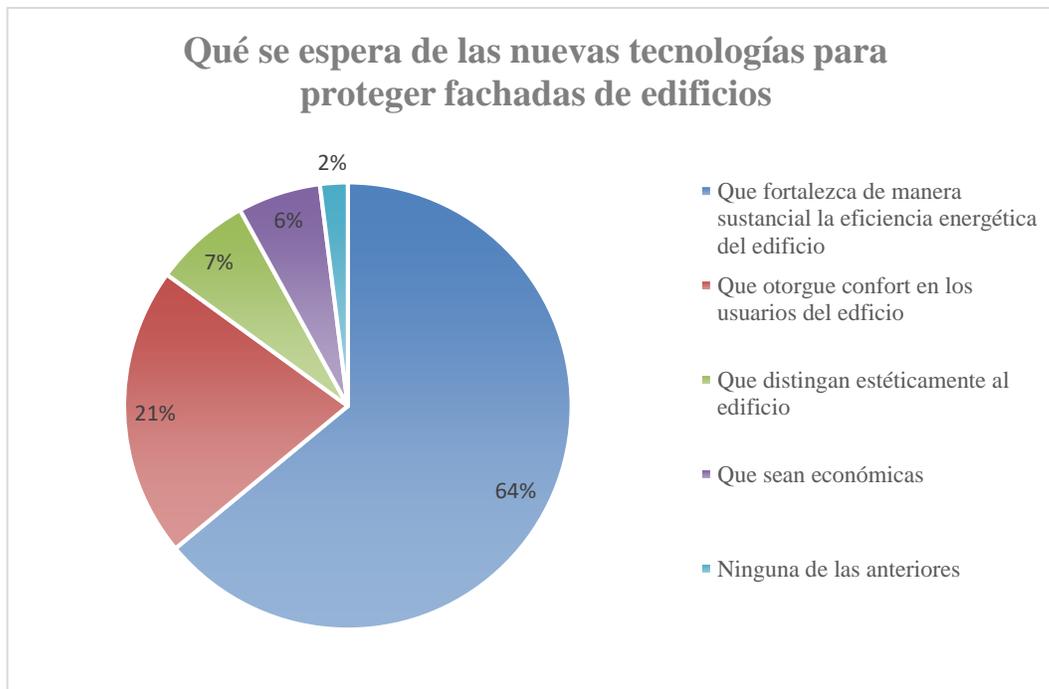


Gráfico 2. Preferencia tecnologías para fachadas de edificios.  
Fuente: (“Corporación de Desarrollo Tecnológico,” n.d.-a)

Para llevar a cabo el estudio, se planteó mostrar el sistema constructivo de fachadas verdes del primer edificio en Chile en utilizar este tipo de envoltente, el edificio Consorcio ubicado en la Región Metropolitana, comuna de Las Condes. Estableciendo los beneficios de este tipo de fachada y su eficiencia energética. Además, de comparar el costo de construcción del sistema de fachada verde con otros sistemas de envoltentes que funcionan como una doble piel, tal como lo hacen la fachada ventilada, celosías y persianas de exterior

El ciclo de vida de un edificio se refiere a la visualización de un edificio a lo largo de la totalidad de su vida: no solo en su existencia operativa, sino también teniendo en cuenta el diseño, construcción y fin de su vida útil.

### 1.3 Objetivo general

Analizar la utilización del sistema constructivo de fachada verde doble piel, la cual fue usada en el edificio Consorcio, demostrando el beneficio del uso de este tipo de sistema con respecto a otros sistemas de fachadas convencionales que funcionan como una doble piel.

#### **1.4 Objetivos secundarios**

- Caracterizar los tipos de fachadas verdes existentes.
- Estudiar los efectos de la integración de fachadas verdes y jardines verticales en la edificación, en relación con los efectos de la temperatura, contaminación ambiental y acústica.
- Promover sistemas constructivos sustentables en las construcciones y edificaciones.
- Comparar los costos de implementación y características de los distintos tipos de fachadas que actúan como una doble piel, la fachada verde, fachada ventilada, celosía y persiana de exterior.

#### **1.5 Alcance del estudio**

En la presente memoria, se estudia el sistema constructivo de fachadas verdes y jardines verticales, utilizados como medida de sustentabilidad en los edificios. Se caracteriza la construcción del muro verde del edificio pionero en la utilización de éstas, edificio Consorcio.

Además, se estudian las componentes principales, costo de implementación y beneficios de este método de fachada, demostrando porqué hay que utilizarlas con respecto a otros tipos de fachadas que funcionan como doble piel, impulsando el uso sobre todo en las ciudades urbanizadas, en donde la densificación de la población aumenta cada día.

#### **1.6 Metodología**

La forma de desarrollar el tema propuesto en la memoria es a través de la lectura de distintos artículos biográficos, publicaciones y estudios realizados sobre las fachadas verdes y jardines verticales, tanto en el ámbito constructivo y arquitectónico, obteniendo de todo esto, las definiciones, tipos de fachadas verdes existentes y sus sistemas constructivos, los beneficios de éstas y las construcciones que la han utilizado dentro del país.

Luego, se ahonda específicamente en la primera fachada vegetal usada en Chile, la del edificio Consorcio Santiago. Para esto, se conversó con el Arquitecto que estuvo a cargo del edificio Consorcio, Enrique Browne, el cual detalla de manera específica el tema del uso de fachadas verdes y de la construcción sustentable.

Se realiza un comparativo tanto de costo, beneficios y desventajas entre el sistema de fachada verde y sistemas de fachada de uso convencional pero que funcionan como una doble piel, para así incentivar el uso de la vegetación como sistema de envolvente.

## **1.7 Estructura de la memoria**

La presente memoria está compuesta por los siguientes 7 capítulos:

- Capítulo 1: Este capítulo consta de la introducción del tema a tratar, además de los antecedentes, objetivos generales y específicos, los alcances que tiene el estudio, la metodología de trabajo.
- Capítulo 2: Se detalla el sistema constructivo de fachadas verdes y los diferentes tipos existentes en la actualidad, mostrando las consideraciones necesarias para el uso de éstas.
- Capítulo 3: Se establecen los criterios que se deben considerar realizar la correcta elección del tipo de fachada verde a usar.
- Capítulo 4: Se presenta en específico el edificio Consorcio Santiago, el diseño, sistema constructivo de la fachada verde usada y el comportamiento energético.
- Capítulo 5: Se detallan los beneficios del uso de la fachada verde doble piel, los cuales inciden tanto en las personas, el medio ambiente, la acústica y ahorro energético.
- Capítulo 6: En este capítulo se detallan otros sistemas de fachada que actúan como doble piel y que son de uso convencional. Además, se hace una comparativa de costos de implementación, beneficios y características de las fachadas convencionales con las envolventes verdes.
- Capítulo 7: En este último capítulo se muestran las conclusiones de todo el estudio analizado en la memoria de título presente.
- Referencias.
- Anexos.

## Capítulo 2: Sistema constructivo Fachadas Vegetales

Los sistemas vegetales verticales son una innovadora técnica constructiva para la integración arquitectónica de la vegetación en los edificios y su entorno urbano.

Además de su función estética, está su intervención más funcional. Esto es debido principalmente a sus excelentes cualidades aislantes, fruto de la combinación de plantas junto con su capa de tierra, ya que, en los climas fríos hace que se retenga el calor en el interior del habitáculo, en cambio en climas calurosos actúa de manera inversa dificultando la entrada de calor del exterior.

Las fachadas verdes representan un concepto similar al de las cubiertas verdes, solo que adaptadas a los muros verticales.

Actualmente, se puede encontrar en el mercado diferentes sistemas de fachadas verdes. En la Figura 4 se muestra la clasificación de las fachadas vegetales, la cual se ha establecido en función de cómo los sistemas proceden a la transformación ecológica de la fachada de un edificio o una construcción.

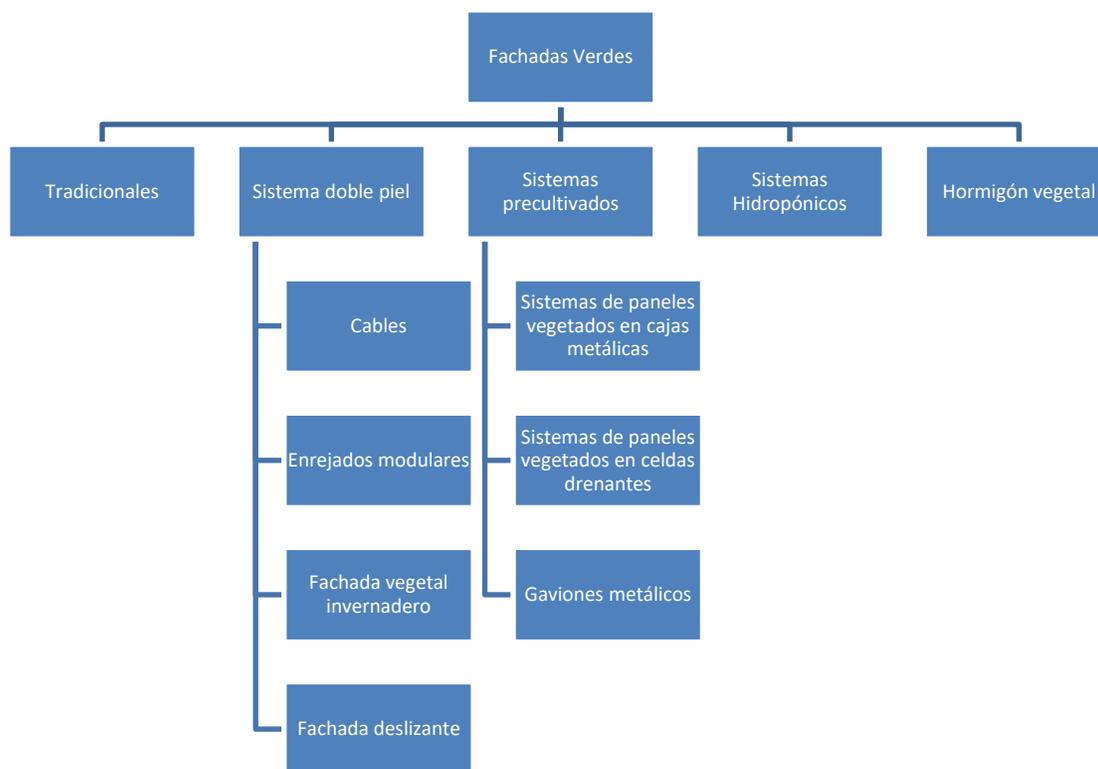


Figura 4: Tipología de las Fachadas verdes.  
Fuente: elaboración propia en base a (GONZÁLEZ, 2015)

Dentro de las fachadas verdes, hay un tipo de sistemas que se basan en la utilización de estructuras especialmente diseñadas, a base de mallas, gaviones tanto metálicos como sintéticos, cables y enrejados. Todas estas estructuras se colocan de manera independiente a la envolvente del edificio, y sirven para que las plantas se desarrollen y crezcan cubriendo los muros del edificio, pero sin llegar a asociarse a la superficie del edificio.

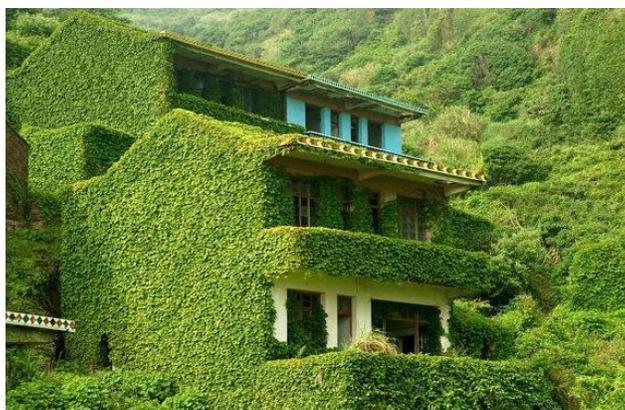
El resto de las fachadas están compuestas por paneles prevegetados, módulos verticales o fieltros geotextiles plantados y fijados a la envolvente mediante marcos estructurales, por lo cual, este sistema termina siendo parte de la envolvente del edificio, sustentando y conteniendo la vegetación.

## **2.1 Fachadas Verdes**

La fachada verde tiene varios sistemas, pero todos tratan de cumplir con la misma lógica de tapizar una superficie interior o exterior de la edificación, utilizando plantas que van escalando el muro y generan nuevos espacios de área verde.

### **2.1.1 Fachadas verdes tradicionales.**

Conocida también como fachada de plantas trepadoras. En la Figura 5 se puede apreciar este tipo de fachadas, en donde las plantas crecen desde el suelo teniendo ahí sus raíces. Las plantas usan una superficie vertical para apoyarse, pero no reciben ningún tipo de humedad y nutriente de ella. Los ejemplos más comunes incluyen a los edificios cubiertos de hiedra o enrejados.



*Figura 5.* Fachada vegetal tradicional.

Fuente: (“Plantas trepadoras sobre fachadas,” 2017)

Las trepadoras hacen un aporte al ambiente porque son parte del entorno natural, creciendo solas en casas abandonadas y también en viviendas urbanas rescatando el derecho a convivir con la vegetación natural, incluso en la ciudad densa.

Las diferentes especies de hiedras (*Hedera Helix*) se apoyan en los muros mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas y juntas. Algunos tipos de plantas trepadoras, como la hiedra de Boston o Virginia Creeper se adhieren a la superficie mediante zarcillos adhesivos que terminan en forma de copa, por lo cual, no son una amenaza para la mampostería del edificio, solamente dejan unas pequeñas marcas, siendo la mejor elección dentro de las hiedras para fachadas vegetales.

Las ventajas de este tipo de fachada son:

- Recubrimiento ecológico y sostenible. Por su naturaleza vegetal y viva, es la mejor forma de cubrir y proteger la vivienda sin tener que acudir a materiales químicos.
- La hiedra es una potente purificadora del aire. Son muy útiles para limpiar el ambiente cargado de polución o contaminantes mediante la fotosíntesis, absorbiendo partículas tóxicas que flotan en el ambiente.
- Requieren un mantenimiento bastante escaso, se basa simplemente en la poda regular de las hojas que crecen frente a las ventanas, por lo que el mantenimiento es poco costoso.
- El costo y la instalación es la principal ventaja de este tipo de fachadas, es el más económico y simple de implementar.

Las desventajas son:

- Causan daños en las fachadas de los edificios. Algunas especies de hiedras se apoyan con raíces aéreas, las cuales pueden penetrar en las fisuras, juntas o grietas existentes en la fachada, acelerando el proceso.
- El efecto aislante es pequeño debido a que se tiene poca inercia térmica.
- Para que la fachada quede completamente cubierta por las plantas, se necesitan de bastantes años además de una cantidad muy importante de plantas.
- La protección contra los elementos atmosféricos es muy baja.

## 2.1.2 Sistema doble piel.

Estas fachadas se comportan como una doble piel creando dos superficies, una del edificio y otra formada por enrejado de acero galvanizado, alambres o mallas como apoyo estructural para el crecimiento de las plantas, de la que tampoco reciben ningún tipo de nutriente de ella, permitiendo que las dos superficies trabajen por separado.

### 2.1.2.1 Sistema de cables trenzado.

Se basa en el uso de cables y varillas de acero inoxidable y piezas accesorias, las cuales sirven de apoyo para las plantas trepadoras. Existen diferentes tipos, las cuales se definen en función del peso que deberá soportar la estructura y dispone de diferentes tipos de anclajes según el tipo del material de la fachada. Además, existen de dos formas: ortogonal y rombos, mostrando este último en la Figura 6.



*Figura 6.* Sistema de cables trenzado en forma de rombo.

Fuente: (“En Detalle: Jardines Verticales,” n.d.)

Una de las fachadas más utilizadas es con el sistema Jakob, el cual se puede ver en la Figura 7. El sistema consiste en una estructura de cables verticales y barras horizontales de acero inoxidable, con piezas accesorias, tensores, separadores, abrazaderas, grapas, etc. El

sistema es ligero, fácil y rápido de montar, en conjunto con los elementos del paisajismo conforman una cortina vegetal.



*Figura 7. Sistema Jakob.*  
Fuente: (“En Detalle: Jardines Verticales,” n.d.)

Las ventajas de las fachadas verdes doble piel son:

- Es altamente resistente a la corrosión ya que está hecho de acero inoxidable.
- Requiere poco mantenimiento.
- Es 100% reciclable.
- Fácil instalación, ya que dicho sistema se adapta a las medidas necesarias para la instalación en un determinado sitio.

Las desventajas del sistema son:

- Estética limitada.
- Largo tiempo para cubrir toda la fachada.
- Alta frecuencia de mantención.
- No tiene control solar inmediato.

#### *2.1.2.2 Enrejados modulares.*

Es un sistema tridimensional, modular, el cual está compuesto perfiles y chapas de acero inoxidable, y es capaz de adaptarse a los diferentes tipos de fachadas, acoplándose tanto en altura como en anchura. En la Figura 8 se muestra el sistema de enrejado modular en

perspectiva, alzado y en planta y además se ve el enrejado ya implementado con sus propias plantas.

El sistema se forma con contenedores de plantas, los cuales anclan con seguridad las plantas a una fachada del edificio. Estos contenedores son un gran sistema para lograr una cobertura vegetal duradera sin dañar la fachada, además, puede proporcionar una cobertura vegetal en las fachadas diez veces más rápidos que en las fachadas verdes tradicionales.

Para fachadas muy altas se usa un sistema de pasarela en situaciones que permite la retirada de envases para la inspección, según sea necesario. Este sistema permite la ejecución de aproximadamente 500 metros cuadrados de instalación dependiendo de la altura y accesibilidad.

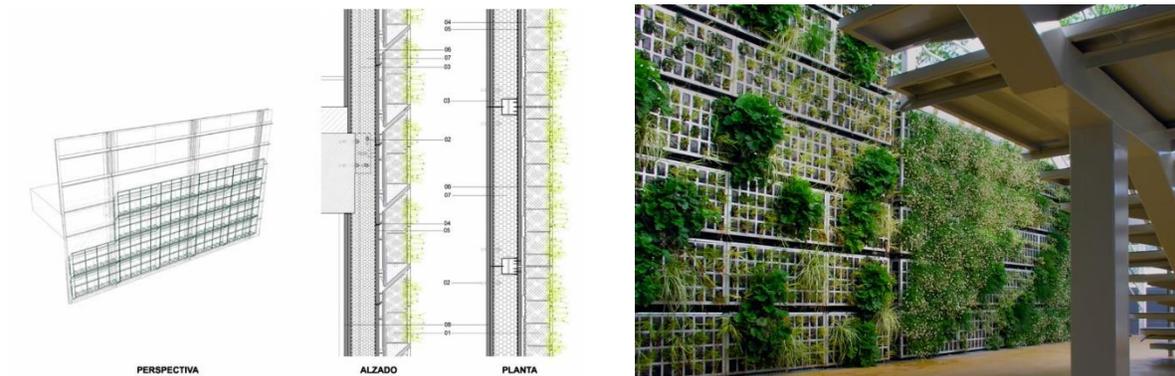


Figura 8. Sistema enrejado modular.  
Fuente: (“Fachadas vegetales: Sistemas Constructivos,” 2016)

Las ventajas de este tipo de fachada son:

- Incorpora el riego por goteo vertical, sensores y monitorización remota, lo cual permite el riego automáticamente cuando sea necesario.
- Los cables y accesorios son materiales resistentes a la intemperie, contando así con una larga vida útil.
- El sistema está diseñado para ser montado en estructuras de hormigón, madera o acero.

- Reduce la temperatura en el espacio gracias a la sombra que provoca y por la evapotranspiración, reduce los contaminantes atmosféricos y gestión de aguas pluviales.
- Permite la eliminación de contenedores para su inspección, según sea necesario.

Las desventajas de este tipo de sistema son:

- El efecto aislante y el incremento de inercia térmica es muy pequeño.
- Las plantas necesitan un elevado número de años para conseguir una cubrición completa de la fachada.
- En este tipo de fachada verde la protección contra los elementos atmosféricos no es tan pronunciados.

### 2.1.2.3 *Fachada vegetal invernadero.*

Este sistema consiste en una especie de muro cortina vegetal formado por tres capas, el cual funciona como ventilación higiénica, ventilación térmica y protección solar. Además de actuar como un material de construcción, la incorporación de elementos vegetales al cerramiento de fachada ofrece una respuesta térmica variable según las condiciones climáticas exteriores, constituyendo el conjunto un sistema clave en la optimización de las cualidades de confort del edificio. La vista del sistema instalado se puede ver en la Figura 9.

La técnica trata de un cerramiento de fachada comprendido como un invernadero extraplano que incluye un subsistema constructivo vegetal.

En la Figura 10 se puede ver el detalle de este tipo de fachada y en la Figura 11 se muestran los tres subsistemas que lo forman, los cuales son:

- Capa interior: ventana metálica corredera de dos hojas de dimensiones 1420 x 1410 mm, doble acristalamiento de 14 mm de espesor, con cámara de aire con espesor de 12 mm.
- Capa intermedia: contiene la vegetación. Formada por una jardinera metálica de dimensiones 1,50 x 0,50 x 0,40 m, la cual incluye un sistema de riego automático por inmersión y control por temporizador. Las especies vegetales

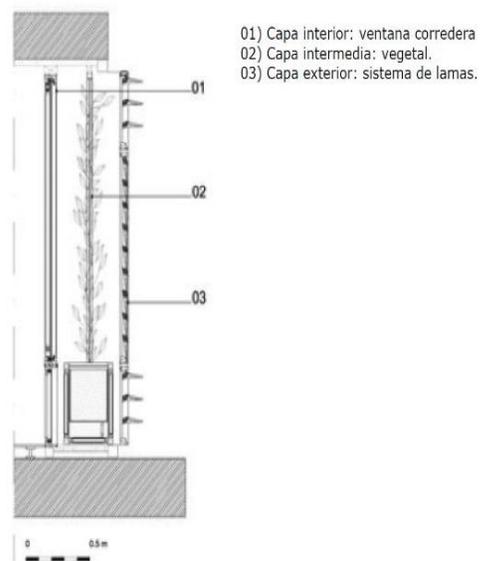
crecen desde la jardinera ayudadas por un sistema de cableado de acero que hace de soporte y bastidor metálico con ensamblajes mediante tornillería metálica.

- Capa exterior: formada por un entramado de lamas regulables de policarbonato en masa de 5 mm de vidrio, adosadas a un bastidor de aluminio.

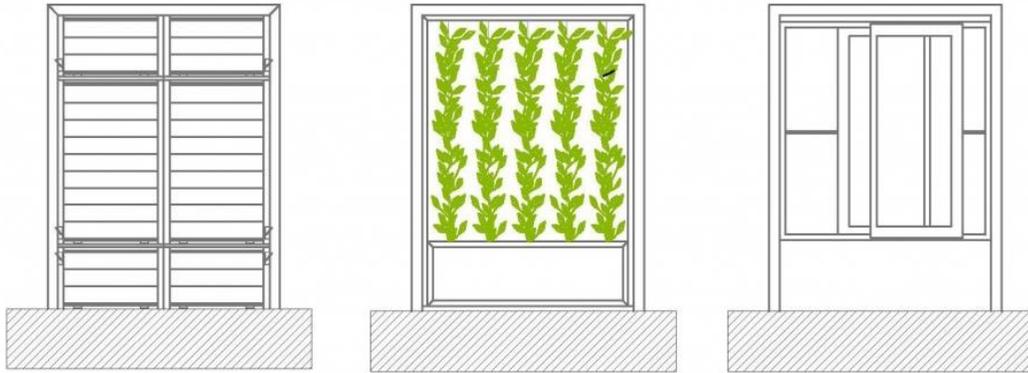
Este sistema tiene una instalación sencilla por lo que es adecuado para proyectos de rehabilitación. Su construcción y manipulación son rápidas y económicas, realizándose en obra seca.



*Figura 9.* Fachada vegetal tipo invernadero.  
Fuente: (“Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle | Inarquía,” 2017)ente: (“Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle | Inarquía,” 2017)



*Figura 10.* Detalle sección fachada vegetal tipo invernadero.  
Fuente: (“Fachadas vegetales: Sistemas Constructivos,” 2016)



*Figura 11.* Detalle de los tres subsistemas de la fachada tipo invernadero.  
Fuente: (“Fachadas vegetales: Sistemas Constructivos,” 2016)

Las ventajas son:

- Ayuda en el ahorro en refrigeración, ya que en verano la vegetación consigue una obstrucción de la radiación solar, de manera que el aire exterior atraviesa la lámina vegetal húmeda, enfriando unos grados el ambiente exterior.
- Permite una rápida instalación y estandarización facilitando la puesta en obra.

La desventaja de este sistema es:

- Se implementa solo en lugares donde se realiza los estudios del sistema.

#### 2.1.2.4 *Fachada deslizante vegetal.*

Este tipo de fachada constituye una protección solar móvil para huecos de fachada, la vista general de este tipo de fachada se aprecia en la Figura 12. El principal objetivo es lograr que las plantas incorporadas al panel actúen como protección contra las ganancias excesivas de calor provocadas por el sol. La vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación. Las ganancias de calor se reducen tanto por radiación como por conducción, ya que se evita el impacto de la radiación directa, por lo cual, desciende la temperatura del aire adyacente al muro.

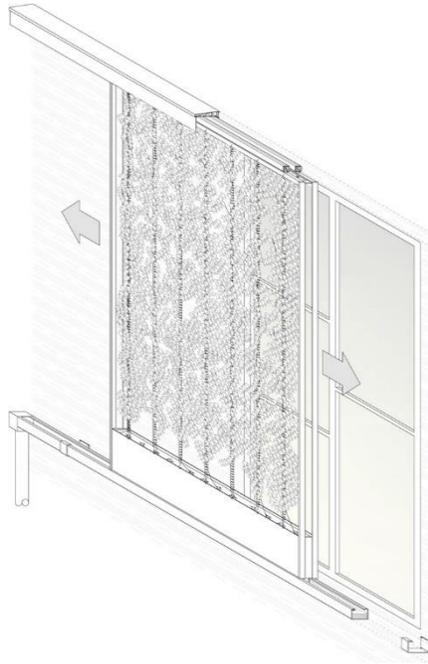
En la Figura 12 se muestra el detalle constructivo de este tipo de fachada, en donde el sistema está formado por el soporte de la vegetación, el cual consiste en una jardinera de chapa de aluminio que se instala en la parte inferior del panel para que pueda deslizarse con un solo movimiento. Además, cuenta con un sistema de cables helicoidales que atraviesa el

marco deslizante y facilita el crecimiento de la trepadora. Dispone también con un sistema de riego por capilaridad para mantener la humedad del sustrato.

Los componentes de esta fachada vegetal son:

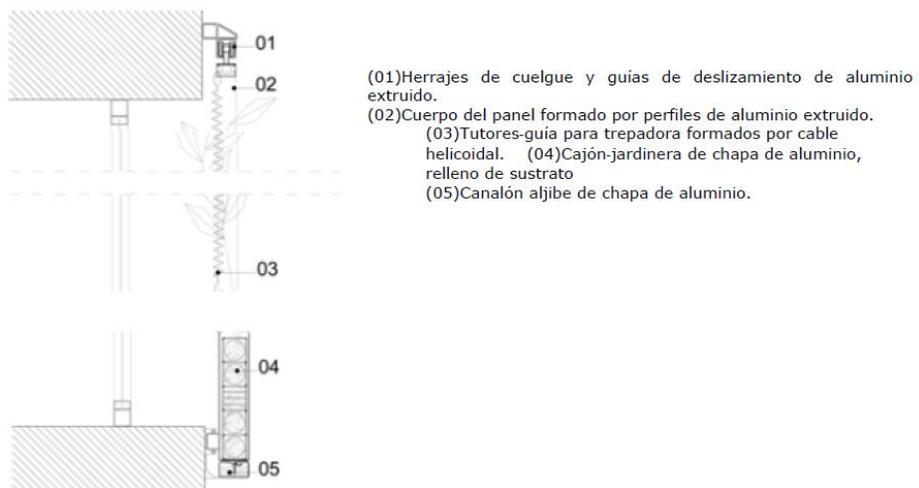
- Contraventana de cuerpo formado por perfiles extruidos de aluminio de 42 mm de lado.
- En la parte inferior, la jardinera se establece mediante el plegado de una chapa de aluminio anodizado, el cual forma un cajón de 1500 x 280 x 65 mm.
- Canalón-aljibe, conformado con chapa de aluminio anodizado. Al ser de sección abierta permite la entrada del fieltro que cuelga desde la jardinera y sirve como mecha en todo el recorrido de deslizamiento del panel. El canalón recibe el agua directamente de un grifo en la fachada, que no obstruye el recorrido deslizante y acaba en una bajante conectada de tal modo que el nivel de agua en el canalón nunca rebose y se mantenga al menos entre 40 y 20 mm de profundidad.

El soporte para el sustrato permite una colocación y sustitución rápida y de manera fácil de las especies traídas desde vivero. Para esto, se introduce un sistema de placas rígidas de polipropileno celular, rellenas con el sustrato y envueltas con un geotextil que lo retenga.



*Figura 12.* Vista general fachada vegetal deslizante.

Fuente: (Chanampa et al., 2009)



*Figura 13.* Detalle constructivo fachada vegetal deslizante.

Fuente : (Navarro Portilla, 2013)

Las ventajas de la fachada verde deslizante son:

- Permite altos niveles de estandarización en relación con los elementos constructivos, ya que se basa en un sistema modular, facilitando la puesta en obra y el montaje del sistema.
- La vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación. Las ganancias de calor se reducen tanto por radiación como por conducción, ya que se evita el impacto de la radiación directa y, al mismo tiempo desciende la temperatura del aire adyacente al muro.

Las desventajas de este sistema son:

- Requiere un alto grado de mantenimiento y control del crecimiento de la vegetación por ambas caras.
- El rendimiento general del sistema depende de un sistema centralizado de gestión de aguas residuales para riego de plantas y de un lugar accesible de colocación del panel deslizante que facilite su mantenimiento.
- La aplicación del panel deslizante vegetal solo es posible en aquellos edificios con aberturas al exterior en forma de huecos de fachada.

### **2.1.3 Sistemas plantas precultivadas.**

El sistema de plantas precultivadas consiste en un sistema conocido como “paredes vivas” (living walls) se trata de sistemas en los que la estructura del edificio incorpora un medio de crecimiento para las plantas.

Se compone de una estructura ligera, anclada a las fachadas del edificio o estructura, donde se quiere instalar el jardín vertical, sobre la que cuelgan unos paneles, donde en su interior se cultivan las plantas con sus sustratos, poseen un riego por goteo, el cual se ubica en la parte superior de cada panel, confundándose al final con el crecimiento de la planta.

Los paneles son carcasas que pueden ser: de forma rectangular, malla, caja de acero, celdas de polietileno o poliresinas, según el fabricante o modelo.

### *2.1.3.1 Sistemas de paneles vegetados en cajas metálicas.*

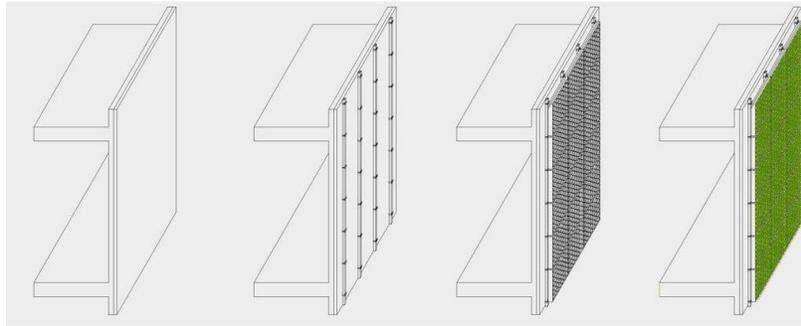
Este sistema constructivo está diseñado de forma modular que componen la fachada de modo que pueda ser desmontable fácilmente de una estructura metálica de anclaje. Los paneles vegetales se estructuran como módulos de 60 x 60 cm, en cajas metálicas con base de poliestireno extruido.

Las especies vegetales incorporadas requieren de un elemento de soporte que tenga en su interior los nutrientes y elementos necesarios que propicien su crecimiento y por esta razón se usa una caja metálica, cuyo interior alberga el sustrato envuelto en un geotextil que permite el paso del agua. Estos paneles se unen al edificio mediante una estructura portante de montantes y travesaños que permiten despegar los paneles vegetados del cerramiento interior, tal como se puede ver en la Figura 14, en donde se muestra el despiece de los componentes del sistema de precultivo en cajas metálicas.

Las cajas metálicas presentan un tratamiento anticorrosivo por su exposición a la humedad generada por la evaporación del agua por parte de las plantas y del propio ambiente.

A fin de optimizar energéticamente la fachada, una cámara de aire de 80 mm se incluye entre los paneles vegetales y la capa aislante fijada en la superficie más exterior del muro.

En la Figura 15 se muestra el sistema ya instalado por completo, en la Figura 16 se aprecia la sección vertical del sistema de los paneles utilizados en este tipo de fachada y en la Figura 17 se presenta el Sistema modular de paneles vegetados en cajas metálica de GSky Plant Systems Inc., una de las marcas comerciales más utilizadas en el mercado.



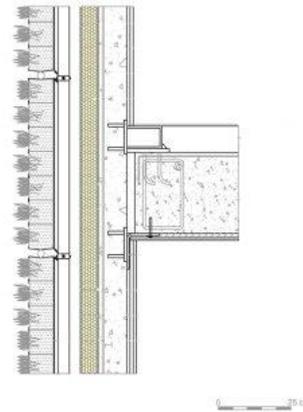
*Figura 14.* Despiece de los componentes del sistema precultivo en cajas metálicas.

Fuente: (Bonells, 2018; “Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle,” 2017)



*Figura 15.* Sistema de paneles vegetados en cajas metálicas.

Fuente: (“Fachada vegetal. Sistemas constructivos. - Urbanarbolismo,” n.d.)



*Figura 16.* Sección vertical del sistema de paneles.

Fuente: (“Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades,” n.d.)



*Figura 17.* Sistema modular de paneles vegetados en caja metálica de GSKy Plant Systems Inc.  
Fuente: (“Vegetales en la #Arquitectura: sistemas vegetales verticales para edificios | i·ambiente,” n.d.)

Las ventajas son:

- Evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones ultravioletas, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.
- Ayuda a la aislación térmica y acústica en el interior del ambiente y a la misma vez protege de los contaminantes a la edificación.
- Permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos ya que este tipo de fachada está basado en un sistema modular, facilitando la puesta en obra y montaje. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.
- Durante los meses fríos produce una menor dispersión del calor, mientras que, en verano, la corriente que se produce en la cámara evita que se genere un recalentamiento del cerramiento y, por lo tanto, un aumento de la temperatura en el interior. Además, se dispone un aislamiento por detrás de los paneles que optimiza el aprovechamiento de la masa portante, evita humedades y reduce las condensaciones intersticiales evitando la aparición de puentes térmicos.

Las desventajas de este tipo de fachada verde son:

- Ya que está compuesto por cajas metálicas, este sistema necesita un tratamiento para evitar la corrosión al estar expuesta a la humedad generada por el propio sistema de riego.

- Por causa de los diferentes aspectos ambientales, se pueden deteriorar los paneles, debiendo ser cambiados, por lo que se necesita un mayor cuidado lo cual incrementa el costo.
- Tiene una limitada capacidad de diseño, ya que no se pueden utilizar muchos tipos de plantas y eso crea patrones muy pocos estéticos.

### 2.1.3.2 *Sistemas de paneles vegetados en celdas drenantes.*

Este sistema está formado por paneles con celdas drenantes de polipropileno, tienen una porosidad del 90% y las aberturas son para rellenar con el sustrato que se ha elegido para el tipo de vegetación a plantar. El conjunto se envuelve con fieltro de lana de 2 mm de espesor y 0,55 g/cm<sup>3</sup> de densidad, obteniendo un paquete compacto colgado en paralelo a la fachada. En el fieltro se realizan cortes lo suficientemente grandes para que se puedan introducir las plantas seleccionadas.

En la Figura 18 se muestra cómo queda la fachada con el sistema de paneles vegetados en celdas drenantes y en la Figura 19 se aprecia una sección de estos paneles.



*Figura 18.* Sistema de paneles vegetados en celdas drenantes.  
Fuente: (“Sistemas urbanos drenaje sostenible,” n.d.)



*Figura 19.* Sección del panel con vegetación plantada.  
Fuente: (“Sistemas urbanos drenaje sostenible,” n.d.)

El sistema de aspersión es automático mediante conductos de goteo, ya que el fieltro es un buen conductor de nutrientes y agua. El sistema de riego se compone de tuberías de distribución de polipropileno, formado por tubos goteros de 16 mm de diámetro y las salidas de agua donde se colocan los goteros son de 4 mm, ubicados en la parte superior de cada panel vegetal. En estos microtubos se instalan goteros montados sobre estaca de 12 cm

que funcionan de manera óptima a una presión de 1,5 bar. El agua sobrante se recoge en la parte inferior gracias a un canalón de chapa dispuesto de forma que se pueda recircular el agua para riego.

Las ventajas de este sistema son:

- Funciona como un aislante térmico y acústico, también protege de agentes contaminantes como el polvo.
- Como es un sistema que está formado de celdas, esto facilita la instalación y si existiera algún daño es sencillo de remplazarlas.
- Los sistemas que utilizan celdas fabricadas con poliresinas, polipropileno o polietileno se pueden recuperar, reciclar y reutilizar.
- El reemplazo de plantas muertas no es un problema se pueden introducir plantas ya desarrolladas.

Las desventajas de este sistema son:

- Al implementar este sistema hay que considerar el peso, ya que puede llegar a pesar 5 veces más que los sistemas hidropónicos. El peso al que puede llegar este sistema es de 150 kg/m<sup>2</sup>, en cambio los sistemas hidropónicos llegan entre 30 – 35 kg/m<sup>2</sup>.
- Estos paneles no son tan resistentes a la intemperie, esto lleva al desgaste y deterioro, lo que implica costos por mantenimiento y reemplazo de ser necesario.
- Las aberturas que tienen estas celdas son pequeñas y las raíces de las plantas no pueden crecer mucho, limitando la variedad de vegetación.

### *2.1.3.3 Gaviones de metal*

Este sistema de fachada es una solución industrializada a partir de módulos de 55 x 55 cm, formados por una malla metálica de acero inoxidable electrosoldada, con piedras, celdas de drenaje de polipropileno con sustrato, vegetación, aislamiento y una estructura metálica galvanizada, tal como se muestra en la Figura 20.

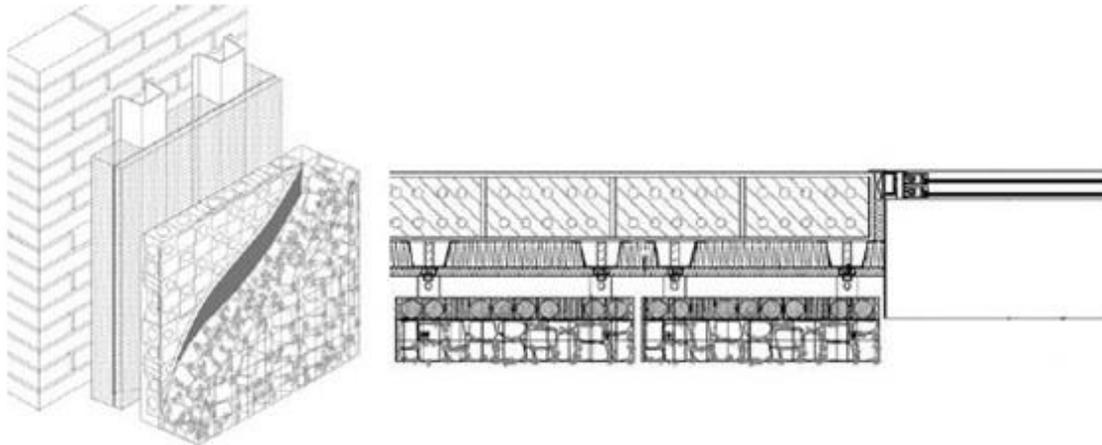


*Figura 20.* Fachada verde con sistema de gaviones metálicos.

Fuente: (“Maccaferri Iberia,” n.d.)

La estructura que contiene a las piedras es la malla metálica, la cual tiene una abertura de 50 x 50 mm. Las caras del gavión se unen a través de grapas de alambre de alta resistencia, de 3 mm de espesor con 250 g/m<sup>2</sup>. Se instalan tensores de alambre galvanizado de 4 mm de espesor cada 20 cm. Estos sirven para vincular las caras y evitar deformaciones. Las grapas permiten ensamblar los paneles del gavión entre sí para conformar una pieza monolítica. En la Figura 21 se muestra la perspectiva y sección horizontal del sistema de gaviones, en donde se aprecian la conformidad de este tipo de fachada.

La malla metálica tiene que tener un tratamiento anticorrosivo, de zinc y aluminio para protegerla de la intemperie. La abertura y el diámetro de la malla deben ser los adecuados, ya que esto condiciona la resistencia que tendrán el gavión como elemento completo. Si tiene una abertura mayor a la que se necesita, la resistencia por metro cuadrado será menor.



*Figura 21.* Perspectiva y sección horizontal del sistema de gaviones.  
Fuente: (Chanampa et al., 2009)

Dentro del gavión se coloca una celda de drenaje o caja metálica, la cual se envuelve con un geotextil permeable al paso del agua y que retiene las partículas de sustrato.

Los gaviones se colocan sobre la fachada existente a través de una estructura auxiliar. Sobre la estructura porticada de las edificaciones se anclan químicamente unos perfiles verticales omega, de acero galvanizado. Siendo el vínculo entre los gaviones y la estructura unos anclajes angulares.

Las ventajas del sistema de gaviones metálicos son:

- Ayuda al aislamiento tanto térmico como acústico en el interior de un espacio, protege la edificación de cualquier contaminante.
- Elimina puentes térmicos y problemas de condensaciones.
- Tiene una instalación simple y fácil.
- Permite utilizar plantas ya crecidas y se puede sustituir con facilidad plantas muertas.

Las desventajas de este tipo de fachada son:

- El sistema es muy pesado, por lo cual requiere mucha atención durante el diseño y al incorporar ésta a la edificación.
- Se necesita un tratamiento especial para evitar la corrosión a la que está expuesto por la humedad de su propio riego.

- Solo se puede usar un tipo de vegetación, que son las especies rupícolas, que son las que crecen entre las piedras.
- Como el sistema se compone de paneles, tiene un aspecto muy geométrico y artificial.

#### 2.1.4 Sistema hidropónico.

Este tipo de sistema fue concebido por el biólogo francés Patrick Blanc, el que logró que pudieran crecer las plantas sobre soportes verticales, sin la necesidad de sustrato. Este sistema se puede apreciar en la Figura 22, en donde se muestra una fachada en la que se utilizó el sistema de Patrick Blanc.



*Figura 22.* Fachada vegetal realizado por sistema hidropónico de Patrick Blanc.  
Fuente: (“Vegetales en la #Arquitectura: sistemas vegetales verticales para edificios | i·ambiente,” n.d.)

Consiste en la instalación de unas láminas donde se propicia el crecimiento vegetal y un sistema de riego totalmente automatizado y con capacidad de recirculación del agua.

Para la colocación de las láminas hay que instalar un entramado de rastreles de aluminio de dimensiones 40 x 20 x 2 mm sobre la fachada previamente impermeabilizada, que conforman una cámara de unos 5 cm donde se dispone el aislamiento. El sistema se completa con una capa de PVC impermeable de 1 cm de espesor y dos capas grapadas a esta de fieltro de poliamida con rasgaduras, que son las que aguantan el peso de las plantas.

La conformación y detalle de ensamblaje del sistema hidropónico se muestra en la Figura 23.

El riego se realiza a través de tubos de polipropileno perforados colocados en horizontal y en la parte inferior del sistema se recoge el agua sobrante. El sistema está programado por electroválvulas, acopladas a un distribuidor de solución nutritiva poco concentrada.



Figura 23. Detalle del ensamblaje por capas del sistema hidropónico.

Fuente: (“Vegetales en la #Arquitectura: sistemas vegetales verticales para edificios | i ambiente,” n.d.)

Las ventajas de este tipo de fachadas son:

- En invierno produce un gran aislamiento térmico y en verano reduce la temperatura ambiente a través de procesos de sombra y evapotranspiración.
- Es el sistema más ligero del mercado, siendo el peso aproximadamente de 30 kg/m<sup>2</sup>.
- Se pueden usar distintos tipos de plantas, por lo cual se crean diferentes diseños con las mismas.
- Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares.

Las desventajas de este tipo de fachada son:

- La inversión para este sistema es bastante alta, debido a los elementos e instalación de bombas, equipos de riego, depósitos y equipos de osmosis.
- Requiere una instalación cuidadosa por parte de personal calificado.

- Debido a que es un sistema motorizado, requiere mucho mantenimiento, ya que se debe controlar el Ph de las plantas.

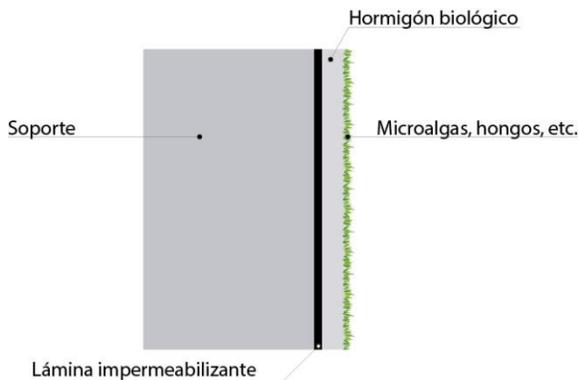
### 2.1.5 Hormigón vegetal.

Está basado en el uso de un hormigón permeable, que posee una serie de cavidades en donde crecen organismos pigmentados de manera natural y acelerada.

El hormigón biológico está formado a partir de dos materiales: el primero, que es parte de la hoja interior, es el hormigón convencional carbonatado, basado en cemento Portland, con el cual se obtiene un material con un PH alrededor de 8. El segundo material, que va en la parte exterior, está fabricado con un cemento de fosfato de magnesio, conglomerante hidráulico que no requiere tratamiento para reducir el PH, ya que éste es ligeramente ácido, y se comporta como un soporte capaz de retener la humedad. En la Figura 24 se muestra el detalle de los componentes del hormigón vegetal.

El uso del hormigón vegetal consta de tres capas, una de impermeabilización, otra biológica, y una tercera que funciona de revestimiento y que permite la entrada del agua lluvia y la dirige a la capa biológica.

En la Figura 25 se observa una fachada que está en estudio, la cual está recubierta con hormigón vegetal.



*Figura 24.* Detalle componentes hormigón vegetal.  
Fuente: (“Arquitectura sostenible, tecnología de los materiales.,” n.d.)



*Figura 25.* Fachada verde con hormigón vegetal.  
Fuente: (“Arquitectura sostenible, tecnología de los materiales.,” n.d.)

Las ventajas del hormigón vegetal son:

- Es un sistema ligero, ya que el propio hormigón funciona como sustrato de la vegetación.
- Funciona como material aislante y regulador térmico.
- Sirve para hacer construcciones con diferentes acabados y tonalidades.
- Reduce el Dióxido de Carbono de la atmósfera, gracias al recubrimiento biológico.

Las desventajas son:

- Como aún está en estudio, se desconocen la permeabilidad, degradación, fisuras y grietas provocadas por las mismas en el hormigón.

### **Capítulo 3: Criterios de selección del tipo de fachada verde**

Los criterios de selección que se analizan a continuación son funcionales, basados en los aspectos más relevantes, a fin de elegir el sistema más apropiado para la edificación. Por lo tanto, el objetivo es elegir un sistema de fachada con los requisitos necesarios que permitan encuadrarlo dentro del proceso general de optimización de la producción de edificios, entendido como un acto global que incluye desde la redacción del proyecto hasta la finalización de su ejecución, pasando por la fabricación de materiales y componentes, tanto constructivos como de instalaciones. Así, los criterios de selección que más se han tenido en consideración han sido el alto grado de industrialización del sistema, su ligereza y su facilidad de montaje y mantenimiento. Otro aspecto fundamental en la elección del sistema es la eficiencia energética del mismo, ya que las fachadas vegetales, más allá de su valor estético, se pueden considerar como estrategias bioclimáticas pasivas. Gracias a esto, es posible proyectar edificios que tengan en cuenta las condiciones climáticas locales y aprovechen los recursos disponibles, con el fin último de reducir el consumo energético sin ir en perjuicio del máximo nivel de confort para el bienestar del usuario. La sostenibilidad del sistema es otro aspecto contemplado, la cual se evalúa de acuerdo con tres aspectos fundamentales: el costo económico, la reutilización del sistema y el consumo del agua.

#### **3.1 Industrialización**

El concepto de industrialización se entiende como la producción industrial de elementos constructivos junto con un proceso racionalizado y eficiente en ejecución en obra, basado en la utilización de técnicas industriales que faciliten las operaciones y reduzcan la incidencia de mano de obra. Esto es posible gracias a la incorporación de elementos modulares que facilitan el montaje de los sistemas. El grado de industrialización de los diferentes sistemas de fachada se considera como el sistema en su totalidad, es decir, la parte vegetal y la parte estructural. De acuerdo con las características nombradas anteriormente, los sistemas de fachada se pueden dividir en tres grupos:

- Sistemas que se basan en el crecimiento in situ de las plantas, cuyo grado de industrialización es nulo o bajo, dependiendo del sistema de soporte y anclaje, en caso de existir.

- Sistemas caracterizados por un alto grado de industrialización, compuestos por diferentes elementos donde, en la mayoría de los casos, el soporte de la vegetación llega a obra listo para ser montado en el edificio a falta de ser completado con la vegetación. Según el caso, el sistema puede estar concebido para que la vegetación se desarrolle in situ o para que sea incorporada una vez desarrollada en vivero.
- Sistemas compuestos por paneles precultivados, cuyo grado de industrialización es total.

### **3.2 Montaje**

Por montaje de un sistema de fachada vegetal se entiende como el proceso de completa puesta en obra del sistema, que engloba tanto la estructura de soporte de vegetación (si que existiera) hasta la incorporación de las plantas.

El proceso del montaje varía en gran medida dependiendo del tipo de sistema de fachada, pudiendo ser desde muy sencillo hasta complejo, lo cual depende de cómo haya sido concebida la integración del sistema en el edificio. En algunos casos, la incorporación del sistema en el edificio tiene que estar pensada y resuelta desde el principio, por lo cual, el elemento de soporte de la vegetación es parte integrante del edificio y no necesita ningún tipo de montaje adicional. En otros casos la vegetación crece sin necesidad de soporte alguno. En ambos casos el montaje del sistema ha sido clasificado como sencillo. También se caracteriza por su sencillez de montaje el sistema modular en caja, pensado para que su instalación y reposición sean fáciles y rápidas. Los sistemas que tienen sistema de montaje complejo son:

- Sistema de fachadas que incorporan elementos en su interior cuya construcción se realiza totalmente en obra, como es el caso de las fachadas realizadas con gaviones.
- Sistemas que proporcionan un recubrimiento continuo de fachada, cuyos sistemas de soporte para el crecimiento de la vegetación requieren un montaje realizado por personal especializado.

El resto de los sistemas precisa un montaje cuyo grado de dificultad puede ser definido como intermedio, pudiendo llevarse a cabo sin necesidad de personal especializado.

### **3.3 Mantenimiento**

El mantenimiento de una fachada vegetal se refiere a todas las acciones necesarias para mantener tanto el sistema de soporte como la vegetación en buen estado, para que pueda llevar a cabo la función por la que el sistema ha sido propuesto, al mismo tiempo que se logre mantener un aspecto estéticamente agradable. Todas las fachadas vegetales, por el simple hecho de estar constituidas por vegetación, elementos vivos por tanto que crecen, se desarrollan y pueden enfermar o secar, requieren un mantenimiento adicional que las fachadas convencionales carecen.

El mantenimiento de las fachadas verdes se encuentra intrínsecamente relacionado con el tipo de vegetación utilizado y la correcta evacuación de las aguas sobrantes. Tanto el sistema de soporte como el tipo de vegetación condicionan el tipo de trabajo para la buena conservación de este y la frecuencia con que se realice.

La mayoría de los sistemas requiere un mantenimiento periódico que, en general, tendrá que realizarse entre dos y cuatro veces al año, dependiendo considerablemente de las especies utilizadas.

Durante el mantenimiento se controlan:

- La aparición de las plantas adventicias.
- Las necesidades de riego.
- El crecimiento de la vegetación en zonas no deseadas.
- El estado del sistema de riego y desagüe.

### **3.4 Eficiencia energética**

Una de las principales ventajas de las fachadas verdes es la reducción de las cargas de refrigeración en los edificios. Tanto la presencia de sustrato como la disponibilidad de agua son factores de gran importancia para la optimización de la efectividad energéticas de los sistemas.

Las fachadas verdes se pueden dividir en tres grupos:

- Sistemas en los que la presencia de vegetación tiene principalmente un fin decorativo, como es el caso de los sistemas con contenedores integrados en fachada, cuya efectividad es nula.
- Sistemas que se basan en una gran densidad de vegetación que funcionan como pantalla vegetal, y proporcionan sombra a las fachadas. La mayoría de estos sistemas pueden ser utilizados tanto en fachadas opacas como en fachadas traslúcidas. Su efectividad energética ha sido clasificada como media o baja, dependiendo del grado de densidad de la vegetación.
- Sistemas modulares, usados exclusivamente en fachadas opacas, en los que la estructura del sistema ya incorpora el sustrato para el crecimiento de las plantas. Debido a estas características, estos sistemas tienen una alta eficiencia energética. Los sistemas alcanzan su nivel máximo de eficiencia una vez que la vegetación se ha desarrollado por completo.

### **3.5 Peso**

El peso y el sistema de sujeción de la fachada vegetal han de tenerse en consideración siempre a la hora de realizar este tipo de soluciones vegetales. Lo primero que hay que considerar es que, si la estructura sujeta a la vegetación es independiente o no de la fachada del edificio, a fin de establecer su el peso del sistema vegetal carga o no la estructura del edificio. También hay que tener en cuenta que el peso de cada sistema de fachada verde depende de los siguientes factores:

- Densidad de vegetación.
- Presencia o ausencia de sustrato.
- Cantidad y capacidad que tiene el sustrato para la retención del agua de riego.
- El tipo de soporte estructural necesario para el crecimiento de la vegetación.

Por otro lado, no se puede calcular el peso real de los sistemas de fachadas antes de su instalación, esto debido a los factores antes mencionados. Además, aún conociendo el peso aproximado del sistema a través de la información proporcionada por los comercializadores, el peso puede seguir variando según las características del edificio en que se vaya a instalar la fachada verde.

El peso en los sistemas se puede dividir según:

- En los sistemas con plantas trepadoras, el peso de las enredaderas generalmente puede variar entre 1 y 50 kg/m<sup>2</sup>, según la especie y el crecimiento. A este peso luego se le añade el propio de la estructura de soporte, si no es independiente del edificio.
- En los sistemas que están formados con macetas, el peso además de depender del tipo y de la densidad de vegetación, depende de la tipología de maceta y de la cantidad de sustrato contenido en ella.
- En los sistemas modulares, el peso puede variar mucho, dependiendo sobre todo del tipo de soporte. Los sistemas modulares en caja resultan ser más ligeros de todos, debido a la ligereza de la caja como al tipo de sustrato aligerado que se suele utilizar, variando el peso del sistema entre 20 y 40 kg/m<sup>2</sup>.

### **3.6 Riego**

Es necesario un correcto riego en las fachadas verdes para poder asegurar la densidad adecuada de vegetación, en consecuencia, las funciones previstas dentro del proyecto bioclimático.

El riego preciso sobre todo durante la estación estival puede ser automático o manual. Los actuales sistemas de fachadas vegetales disponen de sistemas de riego automático, capaces de asegurar un abastecimiento adecuado de agua, de acuerdo con las necesidades diarias, semanales o mensuales. El sistema de riego automatizado es indispensable en el caso en el que las plantas se coloquen en altura, puesto que la accesibilidad a las mismas sería limitada. Los tiempos y frecuencias de riego deben ser determinadas en función del tipo de planta, del sustrato y de la estación. Incluso la exposición a la lluvia es un factor a tener en cuenta al establecer la frecuencia de riego. El consumo de agua se asocia principalmente a tres factores:

- El tipo de planta elegido y su necesidad de agua.
- La posibilidad de reutilización del agua a través de un sistema cerrado.
- La posibilidad de utilizar el agua lluvia recolectada.

La reutilización del agua o el uso de agua lluvia no depende mucho del sistema de fachada verde, sino, de las instalaciones previstas en el edificio en el que se implemente la fachada.

### **3.7 Costo económico**

La instalación de una fachada verde implica costos relacionados con la construcción del sistema y el mantenimiento de este con el transcurso del tiempo. El costo puede variar mucho entre un sistema y otro, dependiendo principalmente de:

- Costo de la vegetación y su plantación.
- Costo del sistema de riego.
- Costo de las estructuras de soporte y de su instalación.
- Costo de mantenimiento.

El costo de la mayoría de los sistemas de fachadas verdes es bastante elevado, en general, implementar este sistema implica un costo adicional relevante. Un mismo sistema de fachada puede ser realizado con materiales y tecnologías diferentes, reflejándose en el costo final del sistema.

Los sistemas más económicos son los que utilizan plantas trepadoras, los cuales no requieren ningún tipo de soporte específico de vegetación. También algunos sistemas puntuales formados con macetas pueden tener un costo limitado. Los sistemas más caros son los que están formado por un soporte adherido a la pared y los sistemas realizados con estructuras metálicas independientes del propio edificio, que pueden ser verticales o una combinación de verticales y horizontales. Los sistemas modulares tienen un costo medio, aunque su variabilidad depende mucho del sistema de construcción de la fachada.

### **3.8 Reutilizabilidad**

Este factor se entiende como la posibilidad que presenta el sistema para poder volver a utilizarlo en su mismo estado inicial, sin tener que volver a procesar los materiales.

Un sistema de fachada vegetal reutilizable en su totalidad o en parte, puede ser reutilizado en la misma obra donde se ha desmontado o en otra, cuyas características permitan el empleo del mismo sistema. Algunos sistemas no se pueden reutilizar debido a sus características y a su vinculación con el proyecto.

## Capítulo 4: Edificio Consorcio

### 4.1 Antecedentes

Tabla 1: *Información edificio Consorcio Santiago*

<b>Edificio Consorcio</b>	
Ubicación	: Av. El Bosque 130 - 180, Las Condes
Arquitectos	: Enrique Browne - Borja Huidobro
Arquitecto Asociado	: Rodrigo Iturriaga
Superficie terreno	: 3.781 m <sup>2</sup>
Superficie construida	: 26.720 m <sup>2</sup>
Mandante	: Consorcio Nacional de Seguros - Vida
Constructora	: Huarte Andina
Cálculo	: Vogel y Mujica, Ingenieros
Paisajismo	: Juan Grim, María Angélica Schade
Iluminación	: Ramón López
Instalaciones Sanitarias	: Patricio Moya
Instalaciones Eléctricas	: Jorge Freischmann
Año proyecto	: 1990
Año construcción	: 1991 - 1993
Sistema Constructivo	: Hormigón Armado
Cerramientos	: Muro Cortina, Aluminio y Doble Piel Vegetal
Cubierta	: Losa impermeabilizada con membrana asfáltica y baldosa
Terminaciones interiores	: Piso libre con cielo falso y alfombra en palmeta

Fuente: elaboración propia en base a (“Edificio Consorcio Santiago de Enrique Browne y Borja Huidobro – Diseño Arquitectura,” n.d.)

El Edificio Consorcio Santiago es un verdadero hito en la construcción, arquitectura y urbanismo sustentable en la Región Metropolitana, diseñado en 1990, por los arquitectos Enrique Browne y Borja Huidobro. Inaugurado en 1993 y destaca desde entonces, por su diseño y singular tratamiento de su fachada, que cuenta con tres niveles de vegetación caduca y dos accesos diferentes. En la Figura 26 se aprecia el Edificio Consorcio Santiago en verano con toda la vegetación crecida.

Ubicado en la comuna de Las Condes, el Edificio Consorcio Santiago tiene 26.751 m<sup>2</sup>, considerando sus subterráneos para estacionamientos y equipos.



*Figura 26.* Edificio Consorcio Santiago en verano.  
Fuente: (Browne, 2016)

El edificio fue diseñado con 3 pisos exclusivos para el Consorcio Nacional de Seguros, y los otros 14 pisos, en plantas libres, pensados en un futuro crecimiento de la compañía o para el arriendo de éstos. Ambas áreas tienen acceso y circulaciones verticales independientes.

“El proyecto contempla dos largos volúmenes que conforman una galería que contiene los accesos. Un cuerpo adosado al vecino tiene tres niveles, mientras el cuerpo principal tiene 17 niveles y 75 m de largo. Este cuerpo se curva en su fachada poniente para alinearse con los ejes de El Bosque y Tobalaba. El ángulo agudo que produce sirve de inicio simbólico de Av. El Bosque” (Browne, 2016, p.88).

En la Figura 27 se muestra la ubicación del edificio Consorcio y en la Figura 28 se ve la vista en planta del edificio, en la cual se aprecia un aspecto característico de este proyecto y que lo caracteriza en su planta con forma de “bote”, la cual se forma de la alineación de su fachada principal con los ejes mayores de las vías que bordean el edificio

Redondeando el abierto ángulo entre éstas ( $148^\circ$ ), se eliminó el costado sur del edificio, convirtiéndolo en un alto vértice. Esta “proa” vertical marcaría simbólicamente el inicio de la zona donde comienza legalmente el área de oficinas en la avenida. La esquina norponiente también se curvó levemente para acoger visualmente el mayor flujo de peatones que vendría desde la Avenida Apoquindo.

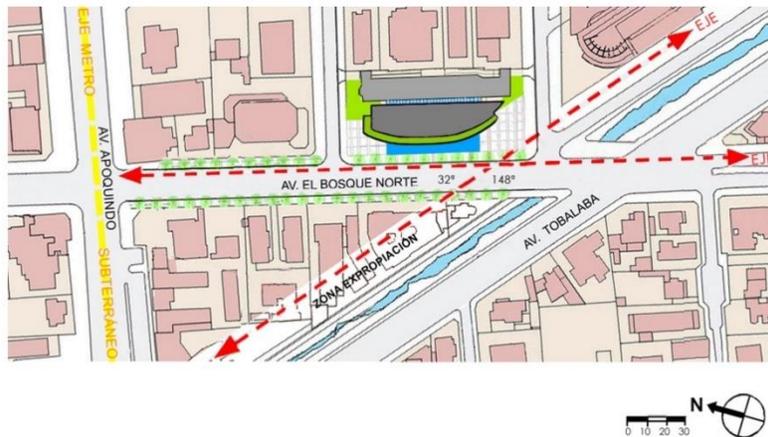


Figura 27. Emplazamiento Edificio Consorcio Santiago.  
 Fuente: (“Edificio Consorcio Santiago de Enrique Browne y Borja Huidobro – Diseño Arquitectura,” n.d.)



Figura 28. Vista en planta Edificio Consorcio.  
 Fuente: (“Plataforma Arquitectura,” n.d.)

## 4.2 Diseño y construcción

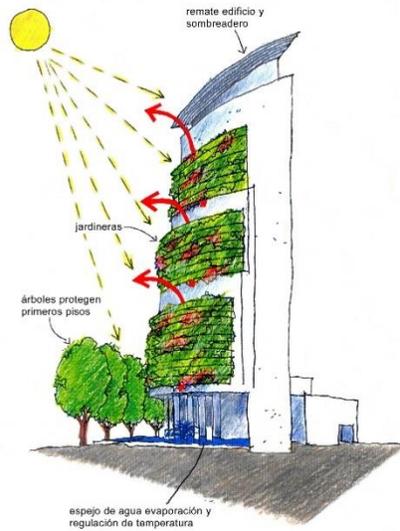
Cuando hay clima normal, el mayor problema térmico que enfrentan los edificios utilizados como oficinas es su calentamiento, por ejemplo, cuatro personas más su equipamiento (computadores, lámparas y otros) generan el calor equivalente a una estufa. Debido a estos factores, el sistema de aire acondicionado es protagonista en este tipo de inmueble, incidiendo decisivamente en el consumo y costos de energía.

Santiago se ubica en una cuenca, siendo ese uno de los factores más importantes de su clima. Este clima se conoce como Mediterráneo Continentalizado, con una temperatura

media anual de 14°C, una larga estación seca y lluvias invernales. En enero, el mes más cálido, se alcanza una temperatura promedio de 22°C, y en el mes más frío, Julio, alcanza una temperatura promedio de 7,7°C.

Por lo anterior, en Santiago el sobrecalentamiento aumenta de manera excesiva al lado poniente entre octubre y marzo, sumándole la irradiación del calor en el pavimento de las calles, veredas, y molestias por encandilamiento. Todo esto generaba problemas en la fachada más larga del edificio, al igual por el costado norte, pero de manera más atenuada.

Para solucionar la problemática se trataron las fachadas de manera especial, trabajando el edificio con medios técnicos y naturales, como vegetación y agua. En el antejardín se instaló un espejo de agua de 48 m de largo y 420 m<sup>2</sup>, el cual evita la irradiación y produce evaporación, bajando la temperatura. También se plantaron árboles para refrescar las veredas y sombrear hasta el tercer nivel. Los últimos dos pisos fueron cubiertos por una gran visera de 4,5 m, la cual actúa como remate del edificio, protegiéndolo además del asolamiento norponiente. Esta visera fue diseñada con celosías que eliminan la radiación solar directa la mayor parte del día sobre los termopaneles de 5,5 m de altura. La radiación del sol empieza a afectar después de las 17 horas sobre los cristales, permitiendo reducir la carga térmica de enfriamiento y reducir la capacidad instalada de climatización, con el ahorro energético consecuente durante la vida útil del edificio. El funcionamiento térmico del edificio Consorcio Santiago para solucionar la problemática antes mencionada se muestra en la Figura 29.

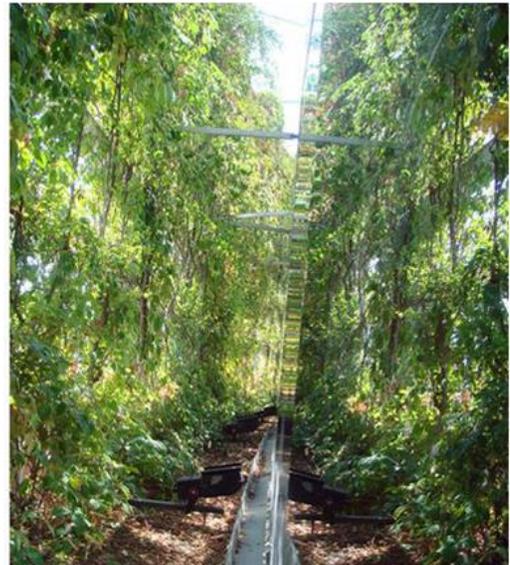
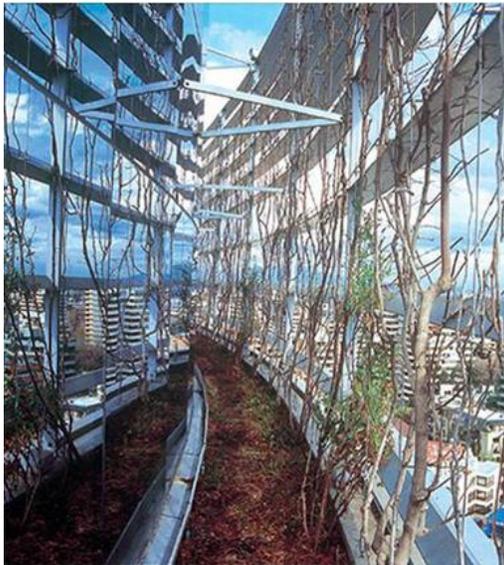


*Figura 29.* Funcionamiento térmico Edificio Consorcio Santiago.  
Fuente: (“Plataforma Arquitectura,” n.d.)

Para proteger desde el 4° piso al 15° se incorporó vegetación, aplicando una doble piel vegetal (parrones verticales), con trepadoras caducas y “árboles” caducos. En la Figura 30 se muestra el Edificio Consorcio Santiago recién terminado sin la vegetación instalada. Esta doble piel se distanció 1,40 m de la superficie exterior del edificio, como se puede observar en la figura 31. Esta separación asegura amplias chimeneas para corrientes de aire ascendentes y para dar cabida a jardineras inferiores. Además, esta separación permite un fácil paso de los carros limpia fachadas que llevan también un jardinero para la poda, desinfección y abono de la vegetación.



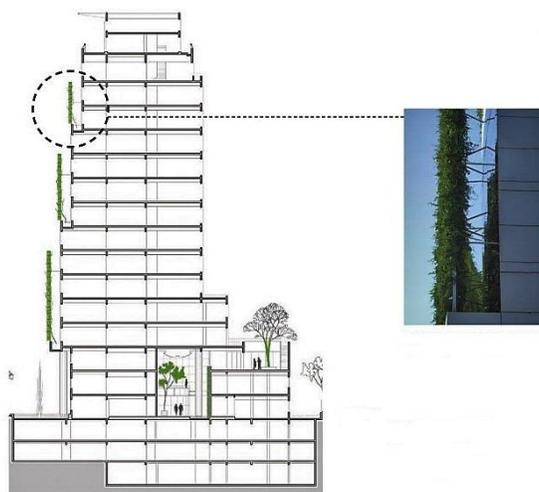
*Figura 30.* Edificio consorcio recién terminado sin vegetación instalada.  
Fuente: (Browne, 2016)



*Figura 31.* Vista detallada del sistema de soporte de la jardinera y la rejilla.  
La imagen de la izquierda muestra el sistema en invierno cuando las plantas están descubiertas, lo que permite la penetración de energía solar en el edificio. La imagen de la derecha muestra el sistema en verano, cuando las plantas están totalmente desarrolladas, lo que proporciona sombra a partir de la ganancia solar.  
Fuente: (Browne, 2016)

Ante la elección del sistema doble piel con respeto a los otros sistemas de fachada verde, el arquitecto Enrique Browne afirma: “ Los otros sistemas tienen varias desventajas en el punto de vista práctico, primero, como el verde va adosado al muro, en todas las partes que hay ventanas no podrían ir, porque las personas que están adentro verían tierra, entonces quedaría recortado en todas las partes que hay ventanas, entonces las personas de adentro del edificio no verían nunca el verde y solo lo verían las personas desde afuera. El segundo punto es que el sistema de doble piel permite que la gente de adentro vea la vegetación e intervenga en sus vistas y entorno, es decir, el usuario entra a tener participación. El tercer punto es que se produce una capa de aire que va desde abajo hacia arriba, produciendo un efecto chimenea, aumentando la disipación del calor, bajando de esa manera la temperatura”.

Como se puede ver en la Figura 32, la estructura de soporte está compuesta por barras horizontales de aluminio que soportan una rejilla de cables de acero inoxidable que sirven de medio de escalada para las plantas.



*Figura 32.* Corte transversal Edificio Consorcio Santiago y detalle de la doble piel vegetal.

Fuente: (Wood, Antony; Bahrami, Payam; Safarik, 2014)

El sistema de doble piel está compuesto por un primer plano de cerramiento con ventanas de doble vidriado hermético y un plano exterior con vegetación trepadora/enredadera sostenida por una estructura vertical que incluye quiebrasoles de

aluminio, que la complementan especialmente durante los primeros años de crecimiento de la vegetación.

La fachada se divide en tres franjas horizontales verdes, con 4, 3 y 2 pisos recesivos, remarcando la separación de las franjas con un piso sin verde. Con respecto a esto Enrique Browne comenta: “La instalación de manera recesiva de la fachada doble piel es simplemente por un tema de arquitectura, ya que entrega una falsa perspectiva, se ve más alto el edificio”.

Como se observa en la Figura 33, la jardinera y el parrón vertical son los únicos elementos adicionales que se agregan a la estructura. El primero, debe ser calculado para soportar el peso del parrón, el sustrato saturado y lo que pueda llegar a pesar las plantas escogidas.

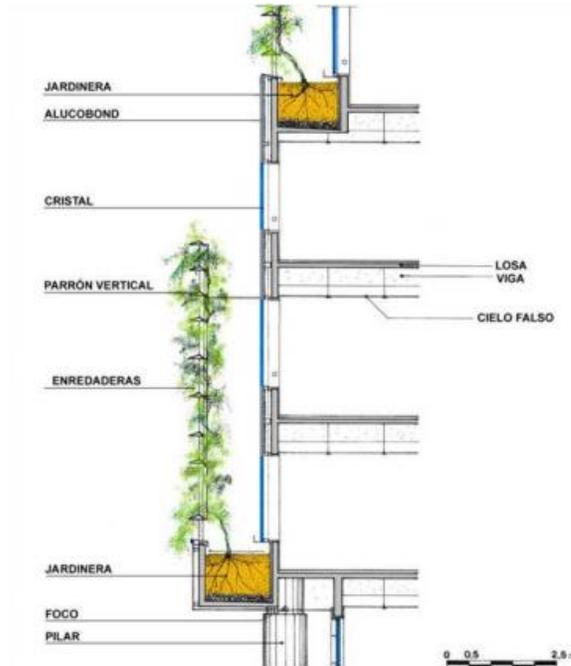
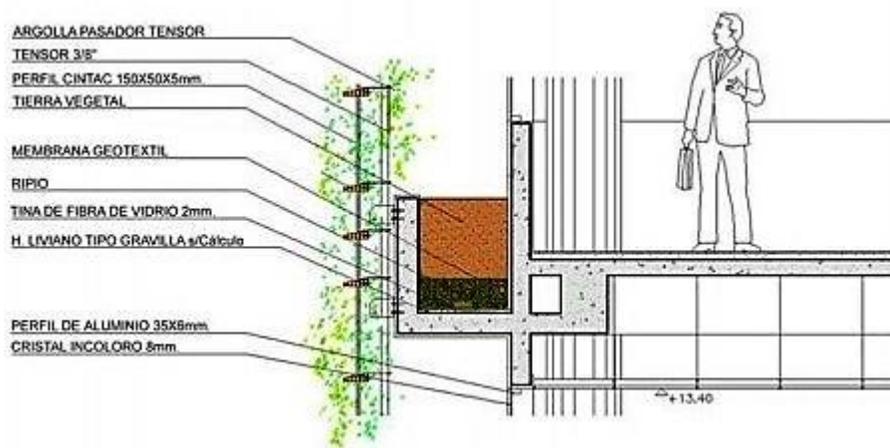


Figura 33. Detalle Parrones verticales.

Fuente: (Browne, 1995)

En las Figura 34 y Figura 35, se puede observar el sistema se compone de dos elementos principales: la sembradora y el enrejado. La dimensión de la sembradora larga y continua es de 1 m de profundidad y 1,4 m de ancho hasta la fachada. Está hecho de concreto liviano y lo suficientemente ancho para que el personal de mantenimiento pueda acceder fácilmente. El enrejado consiste en una estructura de aluminio compuesta de montantes horizontales y

listones que sombrea parcialmente el edificio cuando las plantas no están completamente desarrolladas, o cuando las plantas están descubiertas durante los meses más fríos. La impermeabilización consiste en grava y una malla de geotextil colocada sobre fibra de vidrio de 2 mm de espesor. El medio de plantación consiste en 70% de tierra, 10% de arena de río y 20% de compost.



*Figura 34.* Detalle de la sección de la pared.  
 Con conexiones estructurales entre el soporte de la planta, la maceta y el edificio.  
 Fuente: (Wood, Antony; Bahrami, Payam; Safarik, 2014)

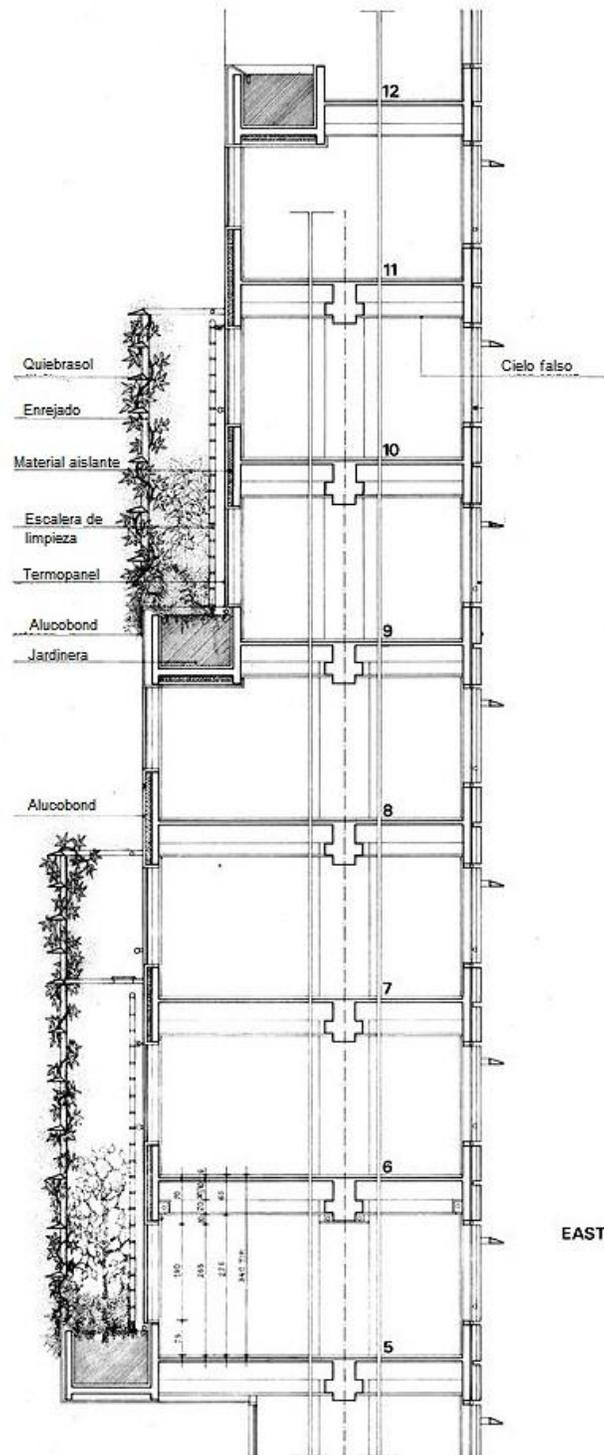


Figura 35. Sección del sistema fachada vegetal  
Edificio Consorcio  
Fuente: (Browne, 2016)

En la Figura 36 se muestra el detalle constructivo de los parrones verticales, los cuales están compuesto de aluminio, cable, anclaje y sello.

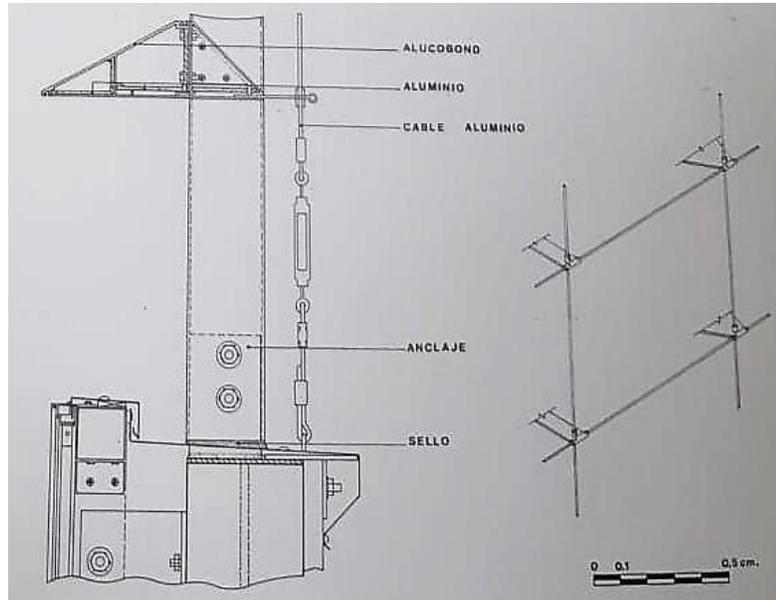


Figura 36. Detalle constructivo parrones verticales.  
Fuente: (Browne, 1995)

Con respecto al sistema constructivo, Enrique Browne afirma: “Es muy sencillo, el sistema constructivo de este tipo de sistema depende del tipo de material que uno quiere usar, si uno lo quiere más o menos tecnológico. El del edificio Consorcio Santiago, tiene unas láminas horizontales de aluminio, pero no se quería que las enredaderas ensuciaran esta franja horizontal que están delante de ellas, entonces detrás de esas láminas se puso un cuadrículado con tensores de acero, pero pueden ser de madera también, tal como se hizo en el Edificio Consorcio Concepción. Uno puede usar la tecnología que quiera, más sofisticada o más artesanal, depende del lugar, tipo de edificio, etc. En otras partes lo he hecho el cuadrículado con una malla acma de 10x10 cm o de 15x15 cm, y cada cierta distancia se ponen pilares circulares de acero, y a esto se suelda la malla y por ahí sube la vegetación. La estructura de la fachada verde se monta en obra, pero todas las partes son prefabricadas. En el edificio Consorcio Santiago el tiempo de colocación de la estructura de la fachada verde fue de dos meses”.

La vegetación utilizada fue clave para lograr el ahorro energético producido, se utilizaron trepadoras y arbustos de mediana altura de hoja caduca (Ver Anexo 1: Plantas usadas en Edificio Consorcio Santiago).

En la Figura 37 se aprecia el tipo de riego que se utiliza en la doble piel del edificio Consorcio Santiago, el cual consiste en un sistema de riego de tipo goteo, siendo un sistema de riego sencillo ya que al tratarse de plantas trepadoras el cuidado es bajo.



*Figura 37. Riego por goteo*  
Fuente: (Browne, 1995)

Para la mantención de la fachada verde, existe un espacio significativo entre las dos “pieles” de la fachada, lo que permite al personal de mantenimiento ocupar la brecha y pasar por delante de las ventanas, lo que permite un acceso fácil y eficiente durante el mantenimiento. Además, el personal tiene acceso a una sala de jardinería, que permite un mantenimiento más completo del sistema en sus puntos más altos. Hay dos jardineros encargados de mantener las plantas, así como para controlar el desarrollo del follaje y para desinfectar las plantas y el sistema de apoyo en primavera y verano, trabajando a tiempo completo.

Como se puede ver en la Tabla 2, el área total de fachada del Edificio Consorcio es de 10.498 m<sup>2</sup>. La fachada Norte tiene un área de 1044 m<sup>2</sup> (58 m de alto y 18 m de ancho). Al oeste se tienen 4814 m<sup>2</sup> de fachada (58 m de alto y 83 m de ancho). En la fachada Este hay 4118 m<sup>2</sup> (58 m de alto y 18 m de ancho) y en la fachada Sur hay 522 m<sup>2</sup>, siendo estas dos que no contienen doble piel vegetal.

La aplicación de la fachada verde consiste en tres bandas de enrejados de 6, 9.3 y 13 m de altura, por lo tanto, 28 m de altura en total, a lo largo de la fachada Oeste y parte de la fachada Norte.

La cobertura de la doble piel vegetal en la fachada Norte es 277 m<sup>2</sup> aproximadamente (28,3 m x 8 m), siendo aproximadamente el 27% de ésta. Y en la fachada Oeste es de 2.458 m<sup>2</sup> (28,3 m x 73 m), lo cual corresponde al 51% del total. Por lo tanto, la cobertura total de la doble piel vegetal es de 2.735 m<sup>2</sup>, equivalente al 26% de la superficie total vertical del edificio.

Tabla 2: *Cálculos de cobertura de la fachada verde*

Edificio Consorcio			
Elevación	Área total de la fachada (m <sup>2</sup> )	Cobertura de la fachada vegetal (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de la fachada verde
Norte	1044	277	27%
Este	4118	0	0%
Sur	522	0	0%
Oeste	4814	2458	51%
Total	10498	2735	26%

Fuente: Elaboración propia en base a (Browne, 1995)

Al consultar sobre la vida útil de la estructura de la fachada verde, Enrique Browne comenta: “Es muy a largo plazo, habría que hablar en todo caso más de 100 años de vida útil.”

### 4.3 Costo

Para obtener el costo de la implementación del sistema de fachada verde doble piel se cotizó con Constructora Lenti para 2735 m<sup>2</sup> de fachada vegetal, la misma cantidad que tiene el Edificio Consorcio Santiago (Ver Anexo 2: Cotización implementación fachada vegetal).

A continuación, se muestra en la Tabla 3 el resumen del presupuesto de la fachada verde:

Tabla 3: *Resumen Cotización fachada verde doble piel*

Fachada verde doble piel		
m <sup>2</sup>		2735
Costo neto	\$	54.851.459
IVA	\$	10.421.777
Costo total	\$	65.273.236
	UF	2380,83
Costo construcción/m <sup>2</sup>	\$	23.866
	UF	0,87

Fuente: Elaboración propia en base a Presupuesto constructora Lenti (Anexo 2)

#### 4.4 Sustentabilidad y confort

Con la solución de la doble piel vegetal, el edificio devolvió a la ciudad la vegetación que le quita horizontalmente, es decir, se levantó verticalmente las superficies verdes de las casas, aumentando éstas de 2.674 m<sup>2</sup> a 2.735 m<sup>2</sup>, tal como lo muestra la Figura 38, Tabla 4 y Tabla 5:

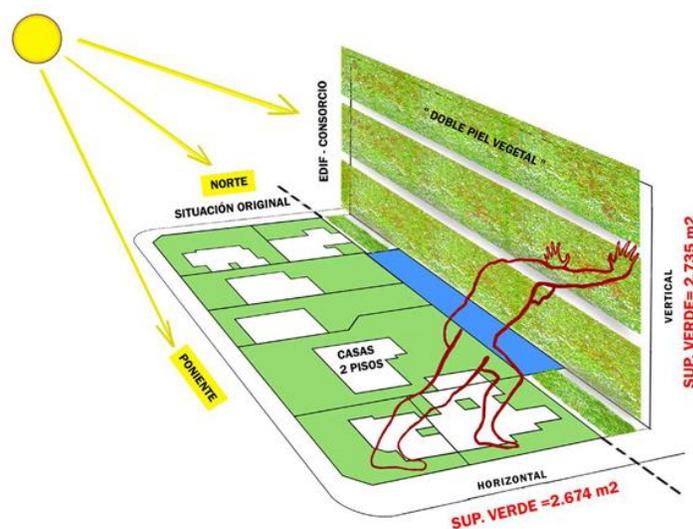


Figura 38. Levantamiento vertical de áreas verdes  
Fuente: (Browne, 2016)

Tabla 4: *Superficie horizontal*

<b>Superficies terreno original (Horizontal)</b>	
Superficie 7 terrenos	: 3781 m <sup>2</sup>
Superficies áreas verdes	: 2674 m <sup>2</sup>
Porcentaje áreas verdes	: <b>70,71%</b>

Fuente: (Browne, 2016)

Tabla 5: *Superficie vertical*

<b>Superficies Edificio Consorcio (Vertical)</b>	
Superficie 7 terrenos	: 3781 m <sup>2</sup>
Superficies áreas verdes	: 2735 m <sup>2</sup>
Porcentaje áreas verdes	: <b>72,34%</b>

Fuente: (Browne, 2016)

La doble piel genera un aspecto de mayor “alegría” a el barrio, oxigenándolo y mitigando la contaminación atmosférica, especialmente el Dióxido de Carbono. Además, ofrece un aspecto cambiante, pero de permanente validez.



Figura 39. Evolución de la vegetación del edificio en el tiempo.

Fuente: (Browne, 2016)

De hecho, la arquitectura y vegetación se comportan distinto en el tiempo, cuando mejor se ven los edificios normales es cuando están recién terminados. Con los años su aspecto decae, se ensucian y deterioran los materiales junto con otros problemas.

Comparado lo anterior con la naturaleza, en ésta sucede todo al revés. Un parque recién terminado no es muy llamativo ni tiene un aspecto maravilloso, pero pasado los años, los árboles han crecido, generando sombra, confort y espacios acogedores, predominando el verde, tal como se ve en la Figura 39, como evoluciona la vegetación en el tiempo.

Con esto se demuestra que al mezclar la arquitectura y la vegetación como un elemento constructivo o “material de revestimiento” se genera una imagen vigente durante el tiempo.

Con la vegetación como fachada, los interiores se vuelven más atractivos, considerando que los seres humanos pasan alrededor del 70% de su tiempo en espacios interiores. La Figura 40 muestra como se ve la fachada doble piel desde el interior en el piso 14. La vegetación puede ser regulada a discreción de los usuarios. Además, su superficie blanda reduce el ruido de la ciudad.



*Figura 40.* Interior Edificio Consorcio Santiago, piso 14.  
Fuente: (Browne, 2016)

La fachada vegetal reduce localmente la concentración de partículas en suspensión en el aire entre un 10% y un 20%, mejorando de esta manera la calidad del aire en la zona.

Con respecto a la acústica, el jardín vertical reduce los niveles de ruido de tráfico hasta en 10 dB. No reduce significativamente los niveles de ruido cerca de la fuente de emisión, pero logran mayores reducciones a medida que aumenta la distancia respecto al origen, hasta el punto en que comienza a predominar el ruido ambiente.

En la Tabla 6 se detallan los factores ambientales inciden directamente en el confort de los usuarios de puestos de trabajo administrativos, por lo cual, la fachada verde ayuda a mejorar esto con respecto a los edificios que no tienen este tipo de sistema.

Hay que tener en consideración los siguientes factores ambientales:

- Temperatura ambiental.
- Humedad y renovación del aire.
- Ruido.
- Iluminación.

Tabla 6: *Factores ambientales que inciden en el confort de los usuarios en el trabajo*

Factores ambientales en puestos de trabajo	
Temperatura:	Invierno: 20°C - 24°C Verano: 23°C - 26°C
Humedad relativa del aire:	20% y 60%
Renovación de aire:	Recibir aire fresco y limpio a razón 20 m <sup>3</sup> /h y por persona o 6 cambios por hora
Ruido:	Debe permitir mantener un diálogo a 5 m de distancia
Iluminación:	300 - 500 lux Combinar luz artificial y natural

Fuente: Elaboración propia en base a (De et al., 2009), (Urbanismo, 2016) y (Salud, 2016)

## 4.5 Comportamiento energético

### 4.5.1 Transmisión de calor a través de un elemento constructivo.

Los edificios interactúan con el entorno, intercambiando energía en forma de calor a través de su envolvente térmica, influyendo, en la demanda de energía de los espacios interiores.

Tal como se ve en la Figura 41, la transmisión de calor se produce por tres medios:

- Conducción.
- Convección.
- Radiación

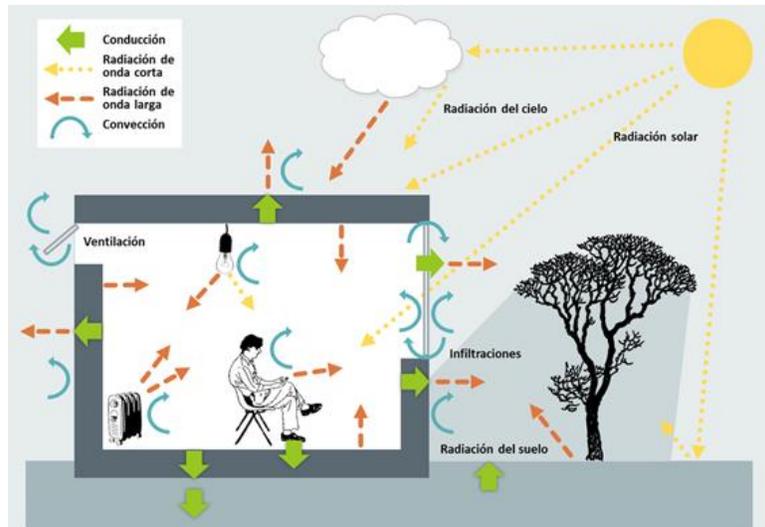


Figura 41. Transmisión de calor en edificios.  
Fuente: (“Arquitectura y Energía,” n.d.)

#### 4.5.1.1 Conducción.

El calor se transmite por conducción a través de un medio físico material como son los muros de fachada, las cubiertas, los suelos, los marcos de las carpinterías, los pilares, etc.

Tal como se muestra en la Figura 42, el flujo de calor se produce a través de un elemento constructivo cuando existe una diferencia de temperatura entre ambas caras del elemento, que es lo que sucede cuando la temperatura exterior, es diferente a la temperatura interior de los edificios.

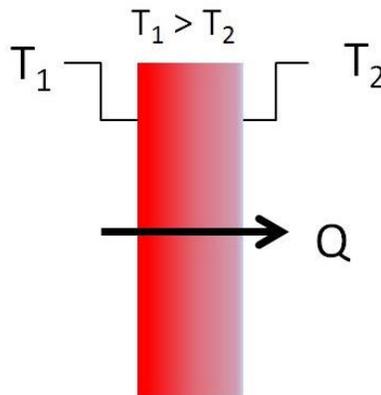


Figura 42. Intercambio de calor por conducción.  
Fuente: (“Transferencia de calor en edificación,” n.d.)

Los parámetros que inciden en la cantidad de calor que se transmite a través de los elementos de la envolvente térmica por conducción son:

- Conductividad del material.
- Diferencia de temperatura entre ambas caras del material.
- Espesor del elemento constructivo.

#### 4.5.1.2 Convección.

Consiste en el movimiento del aire próximo a la superficie de cerramientos y particiones debido al cambio de la densidad del aire, en un espacio interior, es decir, se genera una circulación de aire, intercambiándose el volumen de aire caliente que tiende a ascender y ocupar así, el espacio del aire más frío y denso, tal como se muestra en la figura 43.

Las convecciones más importantes en el balance térmico de los edificios son las pérdidas (o ganancias) por ventilación y por infiltraciones.

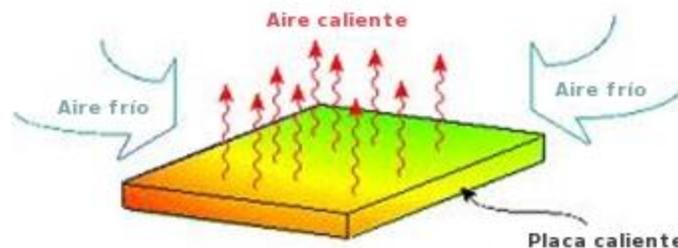


Figura 43. Convección natural.  
Fuente: ("Convección," n.d.)

En los edificios, se produce entre otro sitio, en la envolvente, que, al tener una temperatura diferente con el aire exterior, se produce un intercambio de calor entre la envolvente y el aire.

### 4.5.1.3 Radiación.

Consiste en la emisividad de la superficie en forma de ondas electromagnéticas, en las caras superficiales del elemento constructivo. Para la emisión de radiación no es necesario que los cuerpos estén en contacto, tal como lo muestra la Figura 44.

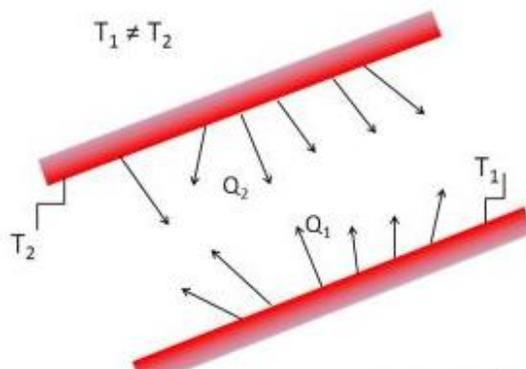


Figura 44. Radiación térmica.  
Fuente: (“Transferencia de calor en edificación.,”  
n.d.)

En los edificios, se produce en la envolvente, siendo la energía que recibe en forma de radiaciones solares.

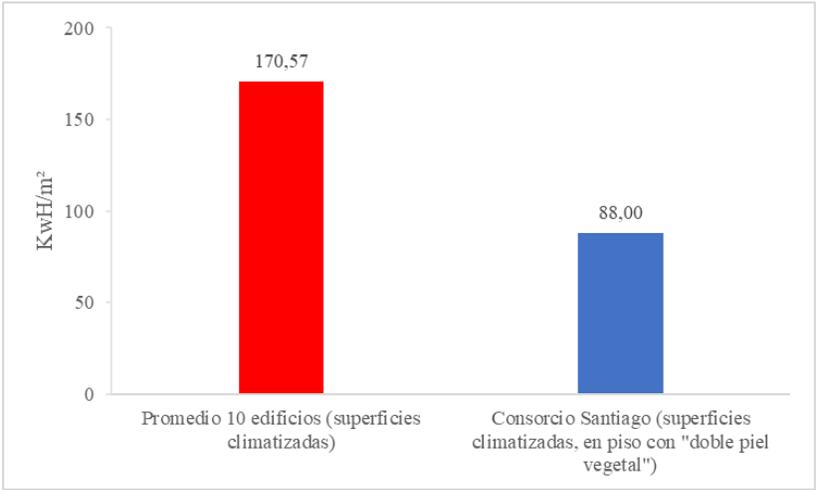
## 4.5.2 Eficiencia energética

Durante los últimos años en Chile se ha percibido un crecimiento económico, lo cual está relacionado directamente con el consumo energético en el país, tanto residencial como en edificación, siendo este último, responsable de un 20% del gasto energético nacional. Es por eso por lo que es de suma importancia lograr mayor racionalidad y eficiencia en el uso que se le da a la energía en los sectores antes mencionados, puesto que su excesivo consumo genera efectos negativos al medio ambiente.

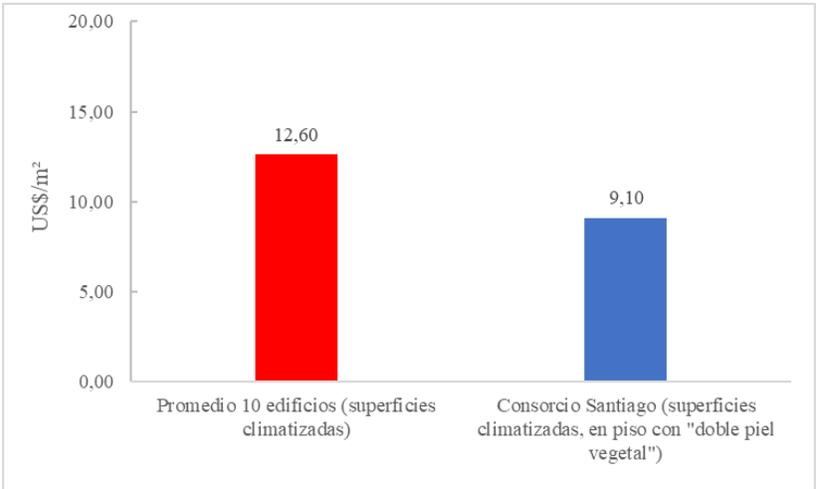
La tendencia mundial y nacional es que cada vez se necesita mayor cantidad de energía para subsistir, generando una dependencia absoluta

Durante el diseño se estimó que la fachada verde usada en el Edificio Consorcio reduciría un 60% la radiación solar, con un 10% de ahorro en gastos energéticos.

En el año 2007 se generó un estudio, en el cual se obtuvieron datos del comportamiento energético de 10 edificios corporativos, los cuales fueron comparados con los datos del Edificio Consorcio. Como resultado se tuvo que el Edificio Consorcio tiene un 48,80% menos de consumo energético promedio que un edificio convencional de similares características, tal como lo muestra el Gráfico 3. Este menor consumo significa un ahorro monetario del 27,77% respecto al promedio de los otros, lo cual está representado en el Gráfico 4.



*Gráfico 3.* Comparación consumo energético promedio en edificios convencionales y Edificio Consorcio.  
Fuente: (Colegio de Arquitectos)



*Gráfico 4.* Comparación costo energético promedio en edificios convencionales y Edificio Consorcio.  
Fuente: (Colegio de Arquitectos)

Para tener un valor de comparación más exacto, se comparó un piso del Edificio Consorcio Santiago que incluyera la doble piel vegetal, con un piso del mismo edificio, pero sin esa protección. Los resultados se confirmaron, pero de manera más atenuada. El piso protegido vegetalmente consume un 35% menos de energía, tal como se muestra en el Gráfico 5. Este menor consumo, significa un ahorro monetario del 25%, lo cual se representa en el Gráfico 6.

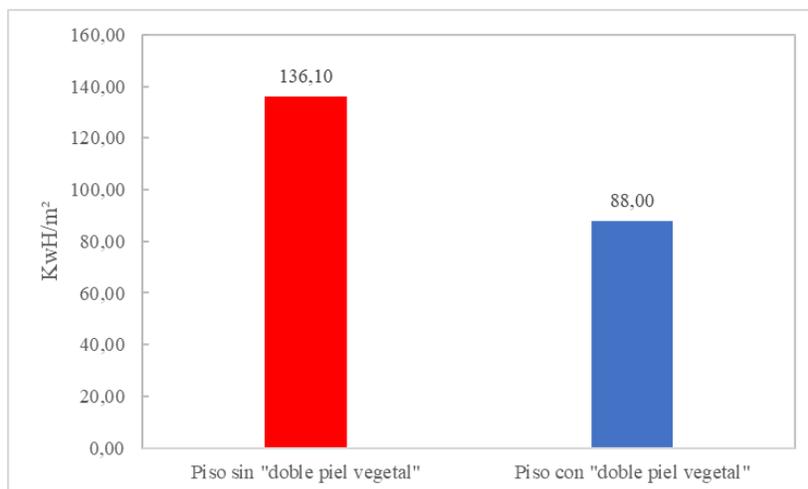


Gráfico 5. Comparación consumo energético en Edificio Consorcio, pisos con y sin doble piel vegetal.

Fuente: (Colegio de Arquitectos)

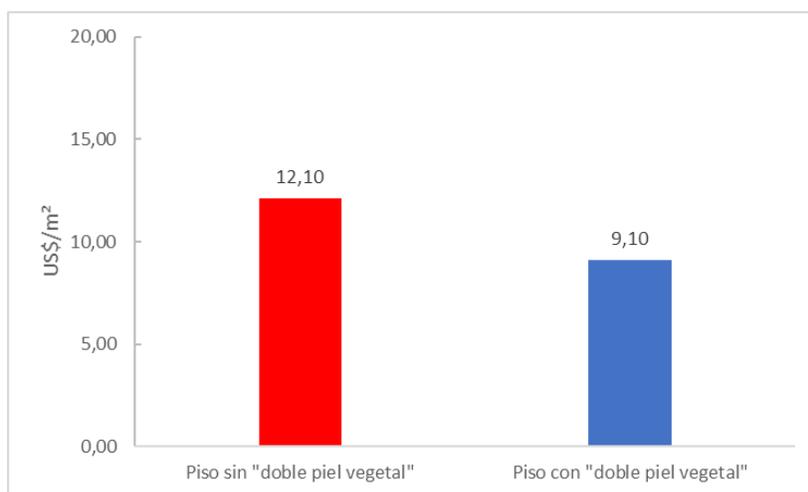


Gráfico 6. Comparación costo energético en Edificio Consorcio, pisos con y sin doble piel vegetal.

Fuente: (Colegio de Arquitectos)

#### **4.6 Análisis doble piel vegetal Edificio Consorcio**

La fachada vegetal ha reducido la ganancia de calor solar interno en aproximadamente un 60% y ha dado lugar a ahorros de energía significativos. La selección de plantas de hoja caduca apropiadas para la región permite un cambio de color que refuerza la estacionalidad, incluso en los pisos más altos del edificio.

La elección de una fachada verde “doble piel”, a la que se accede a través de sembradoras fuera del recinto conlleva ventajas e inconvenientes. Requerir que el mantenimiento se realice frente a las ventanas de la oficina, fomenta el compromiso directo entre los ocupantes de ésta y el personal de mantenimiento, de manera que la fachada doble piel se puede personalizar para cumplir con los requisitos de iluminación para los ocupantes de cada espacio interior. Esto brinda beneficios psicológicos tanto para trabajadores rodeados de vegetación que responden a sus necesidades como para el mantenimiento.

Al igual que con cualquier proyecto de este tipo, que incorpore jardineras en el exterior del edificio, se debe tener especial cuidado con las macetas impermeables para evitar daños en la fachada, especialmente cuando la fachada es blanca. Una jardinera con fugas puede manchar una pared que se mantiene inalterada, requiriendo una mantención adicional. Un sistema de doble piel de parrones verticales, con el sistema de sembrado, destinado a soportar hasta cuatro pisos de crecimiento vertical parecería requerir una alta concentración de medios de siembra y generar una mayor carga de mantenimiento, cuando se trata de reponer los medios de siembra y tener el alcance extenso del crecimiento desde la plataforma de acceso.

## **Capítulo 5: Beneficios de la fachada verde tipo doble piel vegetal**

“La gran concentración de edificios que requieren sistemas de climatización y el tránsito rodado producen una gran cantidad de sustancias nocivas y consumen el oxígeno de la ciudad. Esto sumado a las grandes extensiones de hormigón y asfalto que constituyen la piel de las zonas urbanas, lleva un sobrecalentamiento de la atmósfera, produciendo remolinos de suciedad y partículas que ascienden por el calor generado.” (Minke, 2014)

Además de los beneficios en bienestar, planeamiento y mejora estética, está demostrado que trae mejoras en la calidad del aire, la reducción de la isla de calor urbana, la reducción del ruido, la atenuación del agua de lluvia y el aumento de la biodiversidad urbana.

Estos beneficios necesitan una red de distribución de infraestructura verde, tanto a escala de ciudad como de barrios. Esto ayuda a reducir la carga sobre los sistemas de infraestructura tradicionales. Las intervenciones deben adaptarse a cada caso, por ejemplo, la opción de intervenir en envoltentes vegetales es enorme y traen consigo múltiples beneficios.

### **5.1 Mejora la calidad del aire**

Las partículas de polvo y de suciedad se adhieren a las hojas y son arrastradas más adelante por la lluvia hasta el suelo o sustrato, donde son metabolizados por la microflora de hongos y bacterias existente en el suelo. Además, las plantas tienen la capacidad de absorber ciertas sustancias nocivas fijándolas en sus tejidos, como aerosoles, formaldehídos presentes en el humo del tabaco y monóxido de carbono.

La vegetación tiene el potencial de filtrar partículas finas y ultrafinas, a través de la deposición en la superficie de las hojas. Estos depósitos pueden ser arrastrados al saneamiento por medio de lluvia o de humectación deliberada para evitar que vuelvan al aire. La infraestructura verde puede reducir las partículas volátiles finas y ultrafinas hasta en un 60%.

### **5.2 Reducción del remolino de polvo**

En edificios de altura considerable, la apertura de las ventanas hace que entren remolinos de polvo al interior. En un edificio cubierto por vegetación esto no ocurre, ya que las hojas frenan y retienen las partículas de polvo en suspensión.

### **5.3 Regulación de la temperatura y humedad**

A través de la evaporación del agua, la condensación y la fotosíntesis las plantas son capaces de extraer calor del ambiente y de reducir los gradientes térmicos día-noche.

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

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

Cuando el aire se encuentra en estado seco (poco saturado y a una temperatura elevada) evaporan una cantidad de agua apreciable, elevando la humedad relativa del ambiente. Por el contrario, si se produce una condensación sobre las hojas y tallos en forma de rocío la humedad del entorno disminuye.

El sombreado que genera la vegetación evita que los materiales como la piedra o el hormigón absorban la radiación y la cedan al medio en forma de energía calorífica. También se incrementa la humedad relativa como consecuencia de la evaporación. Las plantas pierden agua hacia el medio. En ese cambio de fase se usa el calor del aire del entorno, de modo que, además de aumentar la humedad ambiental, se disminuye la temperatura del aire.

### **5.4 Efecto del aislamiento térmico**

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

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

Con respecto a las aperturas de la fachada, la vegetación puede generar un alero natural, con ventajas respecto a uno fijo, ya que el uso de especies de hoja caduca en verano matiza la incidencia solar y en invierno dejan pasar la luz.

## **5.5 Reducción del efecto isla**

El efecto isla es producido por la acumulación de calor en las zonas urbanas densamente edificadas, cuyas superficies, sobre todo las más oscuras como el asfalto, absorben el calor diurno que pasa a ser irradiado durante la noche. Es decir, se produce por la sustitución de la superficie natural de la zona por materiales típicos de construcción.

La falta de vegetación en las ciudades, sumado al empleo de combustible fósiles acrecientan este efecto. La integración de fachadas verdes en zonas urbanas densamente construidas ayuda a mitigar los impactos negativos del efecto isla.

## **5.6 Aislación acústica**

El sistema de fachada vegetal aporta en este aspecto debido a la capacidad que tienen de absorber las ondas sonoras de alta y baja frecuencia, estas últimas en general, no suelen ser bien aisladas por el hormigón u otros materiales de similares características.

Las fachadas verdes no pueden mitigar de manera efectiva el sonido directo, si pueden absorber el sonido exterior y evitar que se refleje en las fachadas de los edificios, reduciendo así el nivel general de ruido.

Además, tienen un gran potencial para reducir el sonido ambiental, así como el ruido de fuentes emergentes que exceden el nivel ambiental.

Los beneficios acústicos van más allá de las reducciones medibles en el nivel del ruido. Pueden crear además una percepción psicológica de tranquilidad que complementa la reducción física de la energía acústica.

## **5.7 Producción de Oxígeno y consumo de dióxido de carbono**

Las plantas mediante la fotosíntesis toman dióxido de carbono (uno de los gases que genera contaminación en el aire y el principal contribuyente del calentamiento global por efecto invernadero) del entorno y liberan oxígeno.

## **5.8 Variación de la incidencia del viento**

La vegetación actúa como una barrera semipermeable que reduce la velocidad del viento, efecto especialmente beneficioso ya que una velocidad de viento elevada produce una disminución de la eficacia del aislamiento térmico. Además, el descenso de

temperatura ambiente provocada por el elemento verde crea masas de aire a diferente temperatura y densidad que tienden a equilibrarse formando circulaciones de aire, refrescando el entorno.

### **5.9 Protección de las fachadas**

Los rayos ultravioletas tienen la capacidad de descomponer las cadenas poliméricas de las pinturas de base sintética, dañando la estética de las fachadas. Además, la lluvia ácida ataca los revestimientos de cal y cemento.

### **5.10 Protecciones físicas**

La vegetación proporciona no solo las protecciones visuales, contra el viento y los rayos solares, sino que dependiendo del tipo de especies vegetales y del espesor de éstas es capaz de controlar el acceso no deseado de animales y personas.

### **5.11 Bienestar**

La vegetación produce un efecto tranquilizante sobre las personas estresadas y estimula a las cansadas, además, aumenta el rendimiento, mejora la recuperación de los enfermos y previene los estados depresivos, produciendo sensaciones y efectos positivos.

La naturaleza es una fuente de inspiración, regeneración mental y reducción del estrés.

### **5.12 Aumento de áreas verdes**

Debido a la urbanización, con el tiempo las ciudades han reemplazado áreas que albergaban vegetación por materiales de construcción.

Según la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMG) tiene que existir 9 m<sup>2</sup>/habitante, y 16 m<sup>2</sup>/habitante como ideal según las Naciones Unidas (ONU), existiendo un déficit en el país ante la recomendación. Por ejemplo, en Santiago se posee en promedio 4m<sup>2</sup>/habitante, muy por debajo de lo que dicta la OMG.

### **5.13 Efectos estéticos**

Las fachadas vegetales son usadas como un recurso estético que permite dotar de un carácter propio a los proyectos, especialmente recurrente en edificios públicos como hoteles, galerías de arte, museos, restaurantes o bancos.

Debido a su regeneración natural, los espacios verdes proporcionan una estética permanente y cambiante. Esto proporciona no sólo los colores de las estaciones, sino también algo que cambia año tras año.

## Capítulo 6: Fachadas doble piel convencionales en edificios de oficinas

En los edificios de oficina se usan distintos tipos de fachadas, de las cuales no todas ayudan con el desarrollo sustentable en la edificación, como por ejemplo para el control solar, eficiencia energética, con lo cual se puede lograr efectos de ahorro monetario en el uso del edificio.

Entre los usos de fachadas convencionales para este tipo de edificio se encuentran las fachadas ventiladas, persianas y celosías de exterior. Se analiza estos tres tipos ya que actúan como una doble piel, tal como lo hace la fachada vegetal.

### 6.1 Fachada ventilada

Es un sistema constructivo que puede ser usado tanto en obra nueva como en fachada ya existente. Otorga una terminación estética al edificio y genera una protección a los elementos constructivos y aislantes, contra los agentes atmosféricos. En la Figura 45 se aprecia un edificio de oficinas en el cual se implementó el sistema de fachada ventilada tipo Trespá.



Figura 45. Edificio de oficinas con fachada ventilada Trespá  
Fuente: (“Standarq,” n.d.)

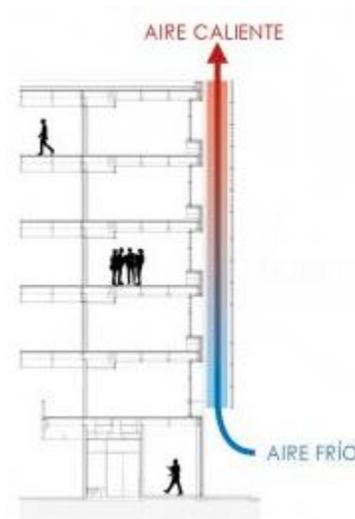
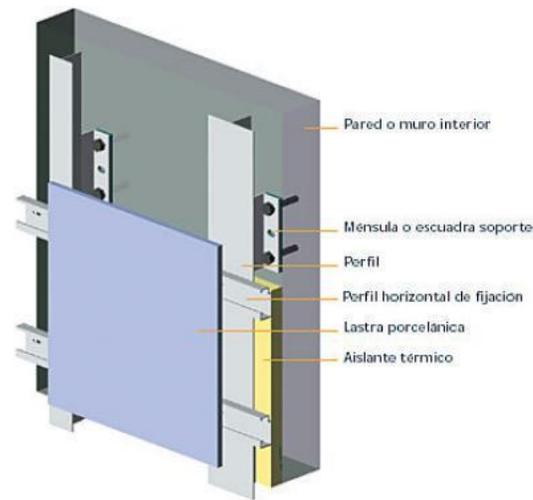


Figura 46. Efecto chimenea fachada ventilada  
Fuente: (“Materiales de construcción,” n.d.)

Esta doble piel del edificio deja una cámara de aire que actúa bajo el principio bioclimático llamado efecto chimenea, tal como se aprecia en la Figura 46, al crearse corrientes de aire por convección, y así aportar en la eficiencia y confort térmico de la edificación evitando problemas de sobrecalentamiento del aire interior de la edificación.

La Figura 47 muestra los detalles de la fachada ventilada, la cual está formada por tres elementos principales:

- Muro soportante.
- Capa aislante.
- Capa de revestimiento.



*Figura 47.* Detalle fachada ventilada  
Fuente: (“Materiales de construcción,” n.d.)

La utilización de paneles independientes para el revestimiento permite una gran versatilidad en el diseño gracias a la gran variedad de acabados que ofrece, tanto en amplia gama de colores, como en diversidad de materiales y texturas.

Tal como se muestra en la Tabla 7, el costo de la implementación de este tipo de fachadas es de \$136.480 por metro cuadrado. En el Anexo 3 se muestra el presupuesto completo de este sistema.

Tabla 7: *Resumen presupuesto Fachada ventilada Trespa*

Fachada ventilada		
m <sup>2</sup>		2735
Costo neto	\$	313.674.787
IVA	\$	59.598.210
Costo total	\$	373.272.996
	UF	13615,05
Costo construcción/m <sup>2</sup>	\$	136.480
	UF	4,98

Fuente: Elaboración propia en base a (“Fachada ventilada, CYPE Ingenieros, S.A.,” n.d.)

Las ventajas de las fachadas ventiladas son las siguientes:

- Instalación del sistema por medio de faena en seco.
- Eliminación de puentes térmicos, lo que produce ahorro de energía.
- Fácil colocación en obra.
- Fachada reutilizable.
- Posibilidad de efectuar mantenimiento e intervenir individualmente sobre cada una de las placas de revestimiento.

Las desventajas de este sistema son:

- Tiene un costo de implementación elevado.
- Su eficiencia depende del uso.
- Existe riesgo de desprendimiento de piezas.
- El agua de lluvia puede producir manchas en la fachada.

## 6.2 Persiana exterior

Este sistema tiene la funcionalidad al igual que una cortina, las cuales ayudan a la disminución de la transferencia de calor desde el exterior al interior. Además, se pueden subir o bajar según las condiciones climáticas, y se puede regular el ángulo para el control solar. Este sistema está compuesto por perfiles laterales, anclajes mecánicos y la persiana.

En la Figura 48 se muestra un edificio con la implementación de persiana exterior y en la Figura 49 muestra el tipo de persiana Veneciana de aluminio, el cual es de uso exterior.



Figura 48. Edificio con persiana exterior  
Fuente: (“Persianas exterior,” n.d.)



Figura 49. Persiana Veneciana de aluminio  
Fuente: (“Persianas exterior,” n.d.)

En la Tabla 8 se muestra el costo de la implementación de este tipo de fachadas, el cual es de \$101.079 por metro cuadrado En el Anexo 4 se muestra el presupuesto completo de este sistema.

Tabla 8: *Resumen presupuesto Persiana Veneciana de aluminio*

Persiana Veneciana aluminio		
m <sup>2</sup>		2735
Costo neto	\$	232.312.629
IVA	\$	44.139.399
Costo total	\$	276.452.028
	UF	10083,53
Costo construcción/m <sup>2</sup>	\$	101.079
	UF	3,69

Fuente: Elaboración propia en base a (“CYPE Ingenieros, S.A.,” n.d.)

Las ventajas de este sistema son:

- Solución flexible, permite control solar en verano e iluminación en invierno.
- Control solar inmediato y efectivo.
- Variedad de materialidad y colores.

- Colabora con el confort térmico.

Las desventajas de las persianas para fachada de exterior son:

- Bajo aislamiento acústico.
- Alta mantención.
- Corta vida útil.

### 6.3 Celosía de exterior

Las celosías son un sistema que tiene diferentes aplicaciones, como son el control solar y el diseño exclusivo. Sirven para cubrir los espacios abiertos de una fachada como pueden ser ventanas o huecos. Además, son elementos lineales que pueden instalarse tanto vertical como horizontalmente. En la Figura 50 se muestra un edificio con fachada doble piel del tipo celosía horizontal.



*Figura 50.* Edificio con celosía horizontal  
Fuente: (“Celosía de exterior horizontal,” n.d.)

El sistema reviste el edificio como una doble piel y, a la vez, es una solución eficaz en la protección solar pasiva, manteniendo el contacto entre el interior y el exterior del recinto debido a su transparencia.

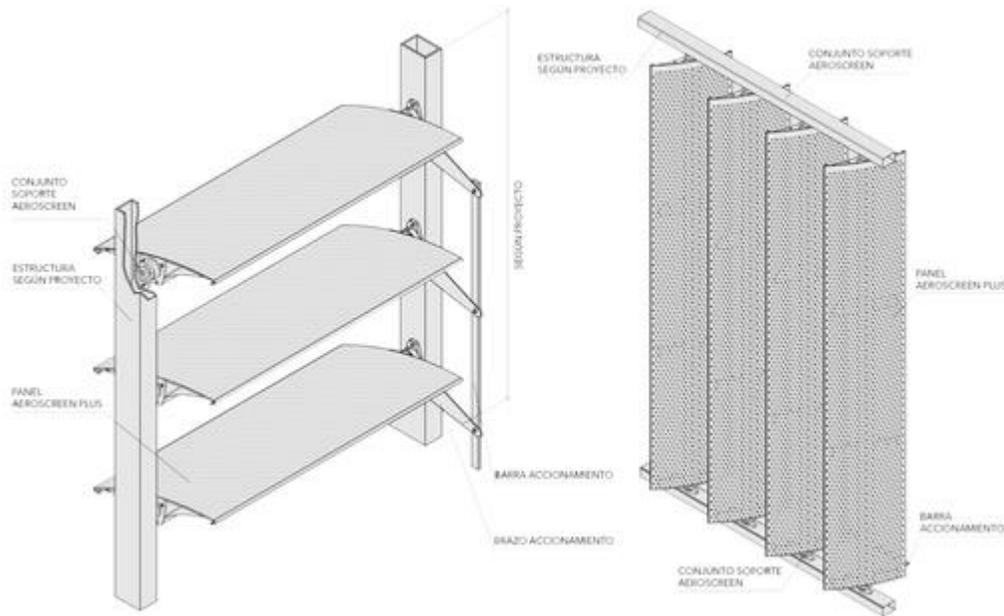


Figura 51. Celosía Aeroscreen plano 300  
 Fuente: (“Celosía de exterior horizontal,” n.d.)

En la Figura 51 se ve el tipo de celosía Aeroscreen plano 300, la cual fue cotizada para realizar el estudio. El costo de la implementación de este tipo de fachadas es de \$248.044 por metro cuadrado, tal como se muestra en la Tabla 9. En el Anexo 5 se muestra el presupuesto completo de este sistema.

Tabla 9: *Resumen presupuesto Celosía exterior*

Celosía exterior		
m <sup>2</sup>		2735
Costo neto	\$	570.085.271
IVA	\$	108.316.202
Costo total	\$	678.401.473
	UF	24745,73
Costo construcción/m <sup>2</sup>	\$	248.044
	UF	9,05

Fuente: Elaboración propia en base a presupuesto Prodarq (Anexo 5)

Las ventajas de la implementación de celosías son:

- Control solar efectivo e inmediato.
- Bajo costo de mantención.
- Corto tiempo de implementación.
- Fácil montaje en obra.

Las desventajas de este tipo de fachada doble piel son:

- Alto costo inicial.
- Dificulta maniobras de aseo.
- No permite la iluminación natural en invierno, ya que son de instalación permanente.

#### 6.4 Comparación de fachadas convencionales con fachada verde

Para los costos de cada una de las tres fachadas convencionales se consideró el área de las fachadas Norte y Oeste del Edificio Consorcio, las cuales están cubiertas con doble piel vegetal, para así poder realizar la comparativa a través de los costos.

Tabla 10: *Comparación costo de implementación de las diferentes fachadas*

Tipo	m <sup>2</sup>	Costo implementación		Costo construcción/m <sup>2</sup>	
		\$	UF	\$	UF
Fachada verde	2735	\$ 65.273.236	2380,83	\$ 23.866	0,87
Fachada ventilada	2735	\$ 373.272.996	13615,05	\$ 136.480	4,89
Persiana veneciana	2735	\$ 276.452.028	10083,53	\$ 101.079	3,69
Celosía exterior	2735	\$ 678.401.473	24745,73	\$ 248.044	9,05

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la Tabla 10, la implementación de Celosía exterior es la que tiene el costo de implementación más elevado, por lo tanto, económicamente no es rentable.

La fachada verde doble piel es la más económica, teniendo un costo de construcción de \$23.866/m<sup>2</sup> (0,87 UF/m<sup>2</sup>). La fachada verde es un 82,5% más económica que la fachada ventilada, con respecto al sistema de Persiana Veneciana tiene un costo menor del 76,4% y un 90,4% de diferencia en el costo en comparación con las celosías de exterior.

En la Tabla 11, se comparan las 4 fachadas analizadas a través de características que afectan tanto de manera positiva, medio o negativa en su implementación.

Tabla 11: *Comparación de características entre las diferentes fachadas*

Consideraciones	Fachada vegetal	Fachada ventilada	Celosías exterior	Persianas exterior
Mejora la calidad del aire	●	●	●	●
Regula la temperatura y humedad	●	●	●	●
Aislación acústica	●	●	●	●
Aislación térmica	●	●	●	●
Larga vida útil	●	●	●	●
Protección de fachadas	●	●	●	●
Producción de oxígeno	●	●	●	●
Bienestar	●	●	●	●
Efectos estéticos	●	●	●	●
Costo de mantención	●	●	●	●
Frecuencia de mantención	●	●	●	●
Costo de implementación	●	●	●	●
Tiempo de implementación	●	●	●	●
Control solar efectivo e inmediato	●	●	●	●
Instalación resistente	●	●	●	●
Interfiere en la iluminación de invierno y verano	●	●	●	●
Fácil instalación	●	●	●	●
Ahorro energético	●	●	●	●

Característica Positiva

Característica Media

Característica Negativa

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta todos los factores antes mencionados, tanto como costo de construcción y características de las fachadas se puede considerar lo siguiente:

- Las persianas de exterior si bien tiene un costo de construcción abordable, es la solución menos favorable, ya que no presentan muchas características que mejoren de manera importante el medio ambiente y el confort de los usuarios, siendo una solución que se usa principalmente para el control del sol de forma inmediata, pero no aportan en la sustentabilidad del edificio.
- Con respecto a las celosías de exterior, éstas presentan un costo de construcción bastante elevado con respecto a las otras fachadas analizadas, además, no genera un aporte importante para el medio ambiente, sustentabilidad y confort del usuario.
- La fachada ventilada a pesar de que tiene un costo de construcción elevado, ésta tiene mayores características que aportan de manera positiva, siendo una alternativa más sustentable y que ayuda a la sustentabilidad.
- En cuanto a la aplicación de la doble piel vegetal, es la alternativa que tiene el costo de construcción de menor valor, con una diferencia considerable entre las otras tres fachadas analizadas. El inconveniente mayor que tiene este sistema es que necesita una mantención constante, pero solo la parte de la vegetación, la parte estructural no necesita mayor mantención. La aplicación de la fachada vegetal genera un mayor aporte en relación con el medio ambiente, al entorno, sustentabilidad y confort del usuario.

Tras comparar los sistemas de fachada que actúan como una doble piel y que son de uso convencional con el sistema de fachada verde, se puede definir que la mejor opción es la implementación es la de ésta última, teniendo considerablemente características que inciden de manera positiva en todos los factores que ayudan a la sustentabilidad y en el costo de implementación.

## Capítulo 7: Conclusiones

Incorporar fachadas verdes doble piel permite a los edificios recibir los beneficios de la vegetación en la ciudad, puesto que con el crecimiento sostenido se tienen cada vez menos espacios y áreas libres para el desarrollo de pulmones verdes que ayuden a mitigar los nocivos efectos del aumento de la temperatura de las ciudades, conocido como la isla de calor urbano.

Una buena elección de un tipo de fachada verde determinará el éxito o el fracaso de ésta, siendo necesario la disposición de un programa de mantención que contemple periódicamente cada cierto tiempo riegos, abono, podas y tratamientos fitosanitarios para el control de plagas. Existen diferentes criterios para la elección correcta de la envolvente verde: industrialización, montaje, mantenimiento, efectividad energética, peso, riego, costo económico, reutilizabilidad. De todos estos criterios, la fachada doble piel los cumple de buena manera, siendo una de las mejores opciones que entrega el mercado.

La fachada doble piel es un sistema de fácil ejecución, ya que cuenta con elementos prefabricados, los cuales solo se montan en obra, de bajo costo de construcción, de larga vida útil y que tiene múltiples características que aportan de manera positiva al medio ambiente, al confort térmico, acústico, permitiendo además al usuario ser partícipe de la fachada vegetal, además de ser poco invasiva con la infraestructura existente.

El sistema de fachada verde doble piel está se compone principalmente de dos elementos, la sembradora y el enrejado. Este último está formado por una estructura horizontal de aluminio la cual soporta una rejilla formada por cables de acero inoxidable que sirve de medio de escalada de las plantas. La sembradora está hecha con concreto liviano y la impermeabilización está compuesta por grava y una malla de geotextil colocada sobre fibra de vidrio. El sustrato está formado por 70% tierra, 10% arena de río y 20% de compost.

Al comparar la fachada verde con las fachadas de uso convencional que funcionan como doble piel, el costo de inversión no es el único factor que incide en la preferencia de la implementación de la envolvente vegetal, hay otros factores como la mejora en la calidad del aire, ahorro energético, impacto en el entorno, etc.

La fachada doble piel en el edificio consorcio afectó de manera positiva en el consumo energético con respecto a otros edificios de oficina que no cuentan con fachada vegetal,

teniendo un 48% menos de consumo, lo cual se refleja en un ahorro monetario del 28%. Comparando también los pisos que tienen piel vegetal con pisos que no lo tienen del mismo edificio Consorcio Santiago, los primeros consumen un 35% menos de energía, con un costo 25% menor.

Si bien, la fachada doble piel necesita frecuencia de mantención, los beneficios que entrega son mayores, los cuales se reflejan en el usuario y en lo económico.

La aplicación de una fachada verde si puede ayudar a disminuir los problemas medioambientales, la contaminación acústica, mejorar la calidad del aire, disminuir inundaciones y albergar aves e insectos.

Al implementar una nueva imagen con la incorporación de fachadas verde se potencian las construcciones existentes, se revitaliza el centro de la ciudad aportando al entorno inmediato y al medio ambiente, generando una competencia real respecto a las nuevas ofertas del mercado.

El ambiente natural cumple un papel fundamental en la calidad de vida y es esencial para crear mejores ambientes internos y externos, así como espacios deseables para vivir, trabajar y visitar. Los componentes de las ciudades (edificios nuevos y existentes, autopistas, calles y espacios abiertos) deberían incorporar la naturaleza en forma de infraestructura multifuncional.

Más espacio para resistir con éxito el cambio climático y más espacios para que los residentes, trabajadores y visitantes de la ciudad se relajen, interactúen socialmente y reduzcan su nivel de estrés. Estas medidas proporcionan además beneficios económicos, reduciendo el coste de la salud y agregando atractivo a la ciudad, lo que atrae a los negocios y al turismo, impulsando la actividad económica.

En los ambientes urbanos más densos, cuya población urbana está en constante crecimiento, el espacio para superficies verdes debe competir con el desarrollo y con la infraestructura gris de la ciudad. Aunque los parques, plazas, espacios abiertos y calles de nuestras ciudades apoyan redes de infraestructura verde y azul.

Las personas valoran la presencia de este tipo de sistema, y el simple hecho de ver vegetación en medio de la ciudad cada vez con más edificios, puede generar respuestas fisiológicas inconscientes que mejoran la satisfacción.

En general, las ventajas de la fachada doble piel a escala del edificio son: regulación térmica, con el consiguiente ahorro energético, aislamiento térmico, sombra, interacción con la radiación solar, enfriamiento evaporativo, aislamiento acústico, protección de fachada, etc. A escala urbana: Retención de polvo y partículas en suspensión, retención de agua lluvia, reducción de isla de calor, retención del dióxido de carbono, etc.

La construcción debe ser sustentable y realizar un aporte valioso a la eficiencia energética y además debe ser capaz de resolver adecuadamente la relación con la comunidad y el medio ambiente.

## Referencias

- Arquitectura sostenible, tecnología de los materiales. (n.d.). Retrieved October 10, 2018, from <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/nuevo-concepto-de-fachada-verde-el-hormigon-biologico-como-el-futuro-de-las-fachadas>
- Arquitectura y Energía. (n.d.). Retrieved October 17, 2018, from <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/la-transmision-del-calor/>
- Bonells, J. (2018). Muros verdes y jardines verticales – Jardines sin fronteras. Retrieved August 23, 2018, from <https://jardinessinfronteras.com/2018/02/02/muros-verdes-y-jardines-verticales/>
- Browne, E. (1995). *Enrique Browne, arquitecto: Obras 1974 - 1994*. Ediciones ARQ de la Escuela de Arquitectos, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Browne, E. (2016). *Enrique Browne. Bringing Nature Back To Architecture* (Images Pub).
- Celosía de exterior horizontal. (n.d.). Retrieved October 28, 2018, from <https://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/3291/quiebravista-aeroscreen-plus-hunter-douglas>
- Chanampa, M., Alonso Ojembarrena, J., Vidal Rivas, P., Guerra Aragonés, R., Olivieri, F., Neila González, F. J., & Bedoya Frutos, C. (2009). Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades. *Cuaderno de Investigación Urbanística*, 67, 49–67. Retrieved from <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/1071>
- Colegio de Arquitectos, C. (, December). Revista CA. Ciudad y Arquitectura, 64.
- Convección. (n.d.). Retrieved October 17, 2018, from [https://weblab.deusto.es/olarex/cd/kaernten/BBR\\_ES\\_new\\_27.09.2013/conveccin.html](https://weblab.deusto.es/olarex/cd/kaernten/BBR_ES_new_27.09.2013/conveccin.html)
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (n.d.-a). Retrieved October 28, 2018, from <http://www.cdt.cl/>
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (n.d.-b). Revista BiT, 110.
- CYPE Ingenieros, S.A. (n.d.). Retrieved October 27, 2018, from [http://www.chile.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/L\\_Puertas\\_\\_ventanas\\_\\_closets\\_\\_vidrios/Protecciones\\_solares/Persianas\\_venecianas/Persiana\\_veneciana\\_exterior.html](http://www.chile.generadordeprecios.info/obra_nueva/L_Puertas__ventanas__closets__vidrios/Protecciones_solares/Persianas_venecianas/Persiana_veneciana_exterior.html)
- De, E., Weber, M., Muller, C. O., Stanke, D. A., Osborn, J. E., Hedrick, R. L., ... Magee, C. R. (2009). ESTÁNDAR ASHRAE Ventilacion para una Calidad Aceptable de Aire

Interior, 2007.

Edificio Consorcio Santiago de Enrique Browne y Borja Huidobro – Diseño Arquitectura. (n.d.). Retrieved October 12, 2018, from <http://www.disenoarquitectura.cl/edificio-consorcio-santiago-de-enrique-browne-y-borja-huidobro/>

En Detalle: Jardines Verticales. (n.d.). Retrieved August 24, 2018, from <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales>

Fachada vegetal. Sistemas constructivos. - Urbanarbolismo. (n.d.). Retrieved October 9, 2018, from <https://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-sistemas-constructivos/>

Fachada ventilada, CYPE Ingenieros, S.A. (n.d.). Retrieved October 28, 2018, from [http://www.chile.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion\\_energetica/ZV\\_Cerramientos\\_verticales\\_\\_facha/ZVA\\_Sistemas\\_de\\_fachadas\\_ventilada/ZVA010\\_Sistema\\_de\\_fachada\\_ventilada\\_Meteon.html](http://www.chile.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion_energetica/ZV_Cerramientos_verticales__facha/ZVA_Sistemas_de_fachadas_ventilada/ZVA010_Sistema_de_fachada_ventilada_Meteon.html)

Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle. (2017). Retrieved October 2, 2018, from <https://inarquia.es/fachadas-vegetales-sistemas-constructivos>

Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle | Inarquia. (2017). Retrieved October 1, 2018, from <https://inarquia.es/fachadas-vegetales-sistemas-constructivos>

Fachadas vegetales: Sistemas Constructivos. (2016). Retrieved October 1, 2018, from <http://signare.es/1-fachadas-vegetales-sistemas-constructivos-dobles-pieles/>

GONZÁLEZ, J. (2015). *Fachadas verdes, arquitectura alternativa y sostenible : aplicación y caso práctico en España*. Retrieved from <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/77879>

Lenti – Constructora. (n.d.). Retrieved October 27, 2018, from <http://www.lenti.cl/>

Los Jardines Colgantes de Babilonia. (2015). Retrieved August 23, 2018, from <https://sobrehistoria.com/los-jardines-colgantes-de-babilonia/>

Maccaferri Iberia. (n.d.). Retrieved October 10, 2018, from <https://www.maccaferri.com/es/maccaferri-iberia-instala-un-sistema-de-muros-de-gaviones-arquitectonicos-en-la-zona-del-puente-de-sarajevo-barcelona/>

Materiales de construcción. (n.d.). Retrieved October 28, 2018, from <https://www.materialesdeconstruccion.info/que-es-una-fachada-ventilada/>

- MC2 - Estudio de Ingeniería. (n.d.). Retrieved August 24, 2018, from [https://www.mc2.es/ficha\\_proyecto.php?i=es&id=168&idcategoria=11](https://www.mc2.es/ficha_proyecto.php?i=es&id=168&idcategoria=11)
- Minke, G. (2014). *Muros y fachadas verdes, jardines verticales* (Icaria Edi). Barcelona.
- MINVU, MOP, MINENERGIA, M. (2013). *Estrategia Nacional de Construcción Sustentable*.
- Navarro Portilla, J. de la C. (2013). *Los Jardines Verticales En La Edificación*. Retrieved from [https://riunet.upv.es/handle/10251/33814%0Ahttps://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33814/TFM JUAN NAVARRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/handle/10251/33814%0Ahttps://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33814/TFM%20JUAN%20NAVARRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Persianas exterior. (n.d.). Retrieved from [https://www.herrajes.cl/files/datos\\_tecnicos/26.pdf](https://www.herrajes.cl/files/datos_tecnicos/26.pdf)
- Plantas trepadoras sobre fachadas. (2017). Retrieved August 23, 2018, from <http://www.arquitecturadecasas.info/plantas-trepadoras-sobre-fachadas/>
- Plataforma Arquitectura. (n.d.). Retrieved October 12, 2018, from <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-14392/edificio-consorcio-sede-santiago-enrique-browne-borja-huidobro>
- Prodarq. (n.d.). Retrieved October 27, 2018, from <http://www.prodarq.cl/web/>
- Salud, M. de. (2016). Decreto Supremo 954.
- Sistemas urbanos drenaje sostenible. (n.d.). Retrieved October 9, 2018, from <http://drenajesostenible.com/soluciones/jardines-verticales/>
- Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades. (n.d.). Retrieved October 9, 2018, from <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n42/ab-mcha.html>
- Standarq. (n.d.). Retrieved October 28, 2018, from <http://standarq.cl/service/fachadasventiladas/>
- Transferencia de calor en edificación. (n.d.). Retrieved October 17, 2018, from <https://julioarmonablog.wordpress.com/2013/06/21/transferencia-de-calor-en-edificacion/>
- Trepadoras de hoja caduca - Enredadera con hojas caducas. (n.d.). Retrieved October 26, 2018, from <http://fichas.infojardin.com/listas-plantas/trepadoras-hojas-caducas.htm>
- Urbanismo, M. de vivienda y. (2016). Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.

Vegetales en la #Arquitectura: sistemas vegetales verticales para edificios | i·ambiente.  
(n.d.). Retrieved October 10, 2018, from <http://www.i-ambiente.es/?q=blogs/vegetales-en-la-arquitectura-sistemas-vegetales-verticales-para-edificios>

Wood, Antony; Bahrami, Payam; Safarik, D. (2014). *Green Walls in High-Rise Buildings: An output of the CTBUH Sustainability Working Group*. Chicago: CTBUH in conjunction with IIT, Tongji University, and Images Publishing Group.

## Anexos

### Anexo 1: Plantas usadas en Edificio Consorcio Santiago

Tabla 12: *Vegetación Edificio Consorcio Santiago*

Vegetación Fachada verde doble piel			
	Nombre común	Nombre científico	Característica
	Parra de Virginia	Parthenocissus Tricuspidata	Arbusto trepador de 8-10 m de longitud
	Parra Virgen	Parthenocissus quinquefolia	Arbusto trepador de 10-15 m
	Jazmín Chino	Jasminum polyanthum	Trepadora de corta duración
	Acer Japonico	Acer Japonico	Arbusto de 5-10 m

Fuente: Elaboración propia en base a ("Trepadoras de hoja caduca - Enredadera con hojas caducas," n.d.)

## Anexo 2: Cotización implementación fachada vegetal

Tabla 13: *Presupuesto Fachada verde doble piel*



RUT 78.896.470-6  
Carabineros de Chile 33 - Oficina 132, Santiago

PRESUPUESTO  
25-10-2018

Srta: VALENTINA SEGUEL	Fecha: 25-oct-2018
Proyecto: JARDINERAS EN EDIFICIO DE OFICINAS	e-mail: vseguelcanessa@gmail.com
At. Señor:	Ciudad: Santiago

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Instalación de Faenas	gl	1	\$ 5.478.725	\$ 5.478.725
Cierres Provisorios	ml	90	\$ 273.936	\$ 16.436.174
Aseo (Permanente en Obra e Inst. en General)	gl	1	\$ 5.478.725	\$ 5.478.725
Extracción de escombros y otros Materiales (incluido demolición)	gl	1	\$ 5.478.725	\$ 5.478.725
Replanteo Trazado y Niveles	gl	1	\$ 2.739.362	\$ 2.739.362
<b>JARDINERA</b>	ml	3215		
Estructura FE 100x100x4mm	ml	96	\$ 166.553	\$ 666.213
Estructura FE 40x40x3mm	ml	240	\$ 83.277	\$ 832.766
Pintura Intumecente	ml	48	\$ 95.878	\$ 191.755
Alucobond	ml	58	\$ 2.602.394	\$ 6.245.746
Revestimiento interior	ml	24	\$ 1.369.681	\$ 1.369.681
Sustrato	ml	29	\$ 123.271	\$ 147.926
Barreras de vapor	ml	96	\$ 41.090	\$ 164.362
Riego	ml	24	\$ 68.484	\$ 68.484
Parrón vertical	ml	240	\$ 41.090	\$ 410.904
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$ 45.709.549
<b>GASTOS GENERALES</b>		10%		\$ 4.570.955
<b>UTILIDADES</b>		10%		\$ 4.570.955
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 54.851.459
<b>IVA</b>		19%		\$ 10.421.777
<b>TOTAL</b>				\$ 65.273.236
<b>VALOR UF</b>			\$ 27.416	2380,83

Fuente: ("Lenti – Constructora," n.d.)

### Anexo 3: Valor Fachada ventilada

Tabla 14: Precio unitario Fachada ventilada Trespa

Descripción	Uni	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
<b>Fachada ventilada</b>	m <sup>2</sup>	2735	\$ 96.204	\$ 263.118.706
Panel de lana mineral, de 40 mm de espesor, revestido por una de sus caras con un velo negro, resistencia térmica 1,1 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK).	m <sup>2</sup>	1,05	\$ 6.732	\$ 7.069
Fijación mecánica para paneles aislantes de lana mineral, colocados directamente sobre la superficie soporte.	Ud	4,00	\$ 577	\$ 2.310
Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	m	0,44	\$ 266	\$ 117
Placa laminada compacta de alta presión (HPL), Meteon FR "TRESPA", de 500x2000x8 mm, Uni Colours acabado White	m <sup>2</sup>	1,05	\$ 69.746	\$ 73.233
<b>Subtotal materiales</b>				\$ 82.729
<b>Mano de obra</b>				
Maestro 1 <sup>º</sup> montador de aislamientos.	h	0,15	\$ 5.020	\$ 768
Ayudante montador de aislamientos.	h	0,15	\$ 3.580	\$ 548
Maestro 1 <sup>º</sup> montador de sistemas de fachadas prefabricadas.	h	1,02	\$ 5.020	\$ 5.105
Ayudante montador de sistemas de fachadas prefabricadas.	h	1,02	\$ 3.580	\$ 3.641
<b>Subtotal mano de obra</b>				\$ 10.062
<b>Herramientas</b>				
Herramientas	%	3,00	\$ 92.791	\$ 2.784
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$ 263.118.706
<b>GASTOS GENERALES</b>				10% \$ 26.311.871
<b>UTILIDADES</b>				10% \$ 26.311.871
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 315.742.447
<b>IVA</b>				19% \$ 59.991.065
<b>TOTAL</b>				\$ 375.733.512
<b>VALOR UF</b>			\$ 27.416	13704,80
Costo de mantenimiento primeros 10 años	m <sup>2</sup>	2735	\$ 10.157	\$ 27.779.395

Fuente: Elaboración propia en base a ("Fachada ventilada, CYPE Ingenieros, S.A.," n.d.)

## Anexo 4: Valor Persiana de exterior

Tabla 15: Precio unitario Persiana Veneciana de aluminio

Descripción	Uni	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
<b>Persiana veneciana de aluminio</b>	m <sup>2</sup>	2735	\$ 70.784	\$ 193.593.857
Persiana veneciana exterior de aluminio, de 600 mm de anchura y de 1000 mm de altura, con lamas orientables perfiladas de 50 mm de aluminio resistente a la corrosión de color blanco, cajón superior de aluminio de 57x52 cm de sección y guías de cables envainados, incluso parte proporcional de anclajes mecánicos para la fijación al soporte.	Ud	1,00	\$ 45.320	\$ 45.320
Manilla fija para maniobra desde el exterior, en el lado derecho.	Ud	1,00	\$ 6.345	\$ 6.345
<b>Subtotal materiales</b>				\$ 51.665
<b>Mano de obra</b>				
Maestro 1º montador	h	1,66	\$ 5.020	\$ 8.333
Ayudante montador	h	2,49	\$ 3.580	\$ 8.914
<b>Subtotal mano de obra</b>				\$ 17.247
<b>Herramientas</b>				
Herramientas	%	2,00	\$ 93.592	\$ 1.872
COSTO DIRECTO				\$ 193.593.857
GASTOS GENERALES			10%	\$ 19.359.386
UTILIDADES			10%	\$ 19.359.386
SUBTOTAL				\$ 232.312.629
IVA			19%	\$ 44.139.399
TOTAL				\$ 276.452.028
VALOR UF			\$ 27.416	10083,53
Costo de mantenimiento primeros 10 años	m <sup>2</sup>	2735	\$ 34.699	\$ 94.901.765

Fuente: Elaboración propia en base a (“CYPE Ingenieros, S.A.,” n.d.)

## Anexo 5: Presupuesto Celosía exterior

Tabla 16: *Presupuesto celosía exterior Aeroscreen plano 300*



19 de Octubre de 2018  
San Ignacio 1620, Santiago, Chile

Srta. Valentina Seguel Canessa  
[vseguelcanessa@gmail.com](mailto:vseguelcanessa@gmail.com)  
Presupuesto 329-078

Revestimiento	unidad	cantidad	\$ Unitario		Total
Aeroscreen plano 300	m <sup>2</sup>	2735	\$	170.963	\$ 467.582.644
Accesorios	m <sup>2</sup>	2735	\$	18.064	\$ 49.405.403
Instalación	m <sup>2</sup>	2735	\$	18.393	\$ 50.305.954
Gastos generales	gl	1	\$	2.791.271	\$ 2.791.271
				NETO \$	570.085.271
				IVA \$	108.316.202
				TOTAL \$	678.401.473

### Nota:

1. El presupuesto no considera estructura soportante
2. El precio de instalación considera realizar trabajo en una etapa, en forma continua y horario diurno

Fuente: ("Prodarq," n.d.)