

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADAS QUE INCORPORAN VEGETACIÓN. UNA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.

MONTERO GARCÍA, Eduardo ⁽¹⁾; GARABITO LÓPEZ, Daniel ⁽¹⁾; VALLEJO DIEZ, Roberto ⁽¹⁾

emontero@ubu.es

⁽¹⁾ Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería Electromecánica

RESUMEN

Esta comunicación realiza una revisión del el estado del arte de los sistemas constructivos de fachadas que utilizan vegetación.

La integración de vegetación viva en las fachadas de los edificios no es ninguna novedad; a lo largo de la historia han existido múltiples ejemplos de la integración de vegetación en las fachadas de las edificaciones.

En la actualidad, la situación de posible catástrofe medio-ambiental en la que estamos inmersos, ha popularizado el desarrollo de fachadas verdes. Existen numerosísimas investigaciones en marcha para valorar las virtudes ecológicas de estos sistemas. Se realizan estudios sobre el efecto de sombreado que producen sobre las fachadas, la climatización que generan a través del enfriamiento evaporativo..., pero es importante señalar que los estudios que implican el uso de vegetación son complicados, debido a la dependencia de los factores climáticos, las diferentes especies usadas...

Los sistemas de fachadas verdes pueden emplearse tanto en obra nueva como en rehabilitación de envolventes. En ambas situaciones es posible alcanzar una elevada integración de la fachada verde en la envolvente del edificio mediante la combinación adecuada de las funciones de cada sistema.

Palabras clave: Jardín vertical; Fachada verde; Green wall.

1. Introducción

1.1. Breve introducción histórica

Ya tan temprano como en torno al siglo IX a.C. se construyeron los "Jardines Colgantes de Babilonia", considerados una de las siete maravillas del mundo antiguo y uno de los primeros ejemplos de este tipo de arquitectura.

Desde la época romana hay constancia del uso de vides integradas en las fachadas de edificaciones como una forma temprana de jardines verticales. Proporcionaban sombreado, enfriamiento evaporativo y se podían recolectar sus frutos. Este popular sistema se fue extendiendo posteriormente con distintos tipos de plantas, del Mediterráneo al norte de Europa, más proclive al crecimiento de las plantas trepadoras. En estas zonas, la decoración vertical con flores, como rosales trepadores, llegó al punto de cubrir por completo las fachadas. Esto permitía a su vez amortiguar el choque térmico debido al agua que retenía en su interior las plantas.

La importancia de las plantas trepadoras en la arquitectura de los albores del siglo XX está bien documentada; existía una abundante bibliografía disponible sobre fachadas verdes, mucho más importante que la que existía sobre cubiertas verdes. Mucha de esta bibliografía específica versaba sobre nuevas especies de plantas trepadoras. Las especies de plantas trepadoras, como la hiedra, eran a menudo una opción preferible para los propietarios antes que las fachadas ornamentadas de ladrillo.

Hacia finales de la década de 1970, la aportación de artistas como "Hundertwasser" y diversos urbanistas originó la concepción de las fachadas verdes como un medio de hacer más amable el entorno urbano y mejorar la calidad de las ciudades. Esto derivó, por ejemplo, en la existencia de un programa de incentivos para instalar fachadas verdes en Berlín durante las décadas de 1980 y 1990 [1]. Las fachadas verdes dejaron de usarse por motivos básicamente estéticos, la fachada verde como ornamento, para pasar a ser consideradas elementos constructivos que aportan valores ecológicos y económicos, como ahorros energéticos, mejora de la biodiversidad urbana, mejora del clima urbano...[2].

En la actualidad, la situación de posible catástrofe medio-ambiental en la que estamos inmersos, ha popularizado el desarrollo de fachadas verdes. Existen numerosísimas investigaciones en marcha para valorar las virtudes ecológicas de estos sistemas. Se realizan estudios sobre el efecto de sombreado que producen sobre las fachadas, la climatización que generan a través del enfriamiento evaporativo... pero, es importante señalar que los estudios que implican el uso de vegetación son complicados, debido a la dependencia de los factores climáticos, las diferentes especies usadas...[3].

De todos modos, estos estudios están paliando uno de los principales problemas asociados al uso de fachadas vegetales: la bibliografía existente hasta hace unos años siempre hablaba de los beneficios estimados que las fachadas verdes aportaban, pero no los cuantificaba.

7.1. Problemática

Los sistemas de fachadas verdes pueden emplearse tanto en obra nueva como en rehabilitación de envolventes. En ambas situaciones es posible alcanzar una elevada integración de la fachada verde en la envolvente del edificio mediante la combinación adecuada de las funciones de cada sistema. En obra nueva, una fachada verde constituye el elemento de acabado que protege el resto de los componentes de la fachada de las inclemencias meteorológicas. En rehabilitación, es muy fácil implementar aislamiento térmico como componente del sistema de fachada verde.

Pese a que el sustrato tiende a ser el gran desconocido en estos sistemas, gran parte del éxito de un jardín vertical reside en el medio de plantación y su equilibrio químico y biológico. Toda la vida vegetal depende de las interacciones entre el agua y el sustrato. En la naturaleza, el sustrato contiene elementos que ayudan a mantener estable el pH; además, está estructurado con microorganismos y micorrizas que, dentro de una compleja red de sistemas auto-regulados, realizan funciones específicas

y crean unas condiciones estables para la vida. Cuando colocamos un sustrato en vertical, este equilibrio se trastoca y tenemos que solucionar los siguientes problemas:

- La resistencia física, evitar su desplazamiento y erosión.
- La desaparición de la interacción microbiana a lo largo de todo el sustrato, lo que sucede si este está compartimentado en celdas.
- El agotamiento de los nutrientes del sustrato.
- La aparición gradual de un exceso de sales minerales debido a la interacción iónica entre el sustrato y los nutrientes de la fertirrigación.

Con base en esto, existe una relación de propiedades que permiten evaluar la idoneidad de un jardín vertical:

- Resistencia física del sustrato. Es la capacidad del sustrato de conservar su estructura a lo largo del tiempo y está directamente relacionado con la durabilidad del jardín vertical. Determinados sustratos pierden la estructura más rápidamente, se “lavan”.
- Durabilidad química. Vida útil del sustrato sometido a las condiciones de fertirrigación necesarias para su funcionamiento. Determinados sustratos se colmatan de sales más rápidamente que otros.
- Retención de agua. Es la capacidad de un jardín vertical de sobrevivir sin necesidad de riego. En general los jardines hidropónicos (hay excepciones) requieren una circulación continua de riego que en caso de fallo conduce al fracaso del jardín vertical en un periodo muy corto de tiempo.
- Retención de nutrientes. Es la capacidad de un jardín vertical de sobrevivir sin aportación de nutrientes a través de fertirrigación. Los sistemas con sustrato tienen esta capacidad, los hidropónicos puros no.
- Facilidad de sustitución de plantación. La capacidad para sustituir fácilmente las plantas que han fallado es de vital importancia; en algunos sistemas de jardinería vertical esta sustitución se realiza planta a planta, otros sólo permiten sustituir paneles o macetas, en otros sistemas la sustitución puede suponer un problema por caída de sustrato, suciedad...
- Facilidad en la sustitución de riego. El riego en un sistema de jardinería vertical debe ser perfectamente accesible y reemplazable en caso de fallo sin afectar al jardín.
- Complejidad del sistema de riego y fertirrigación. Unos sistemas de jardinería vertical solo requieren sencillos sistemas de abonado y control de riego, otros necesitan complejos sistemas de filtrado, control de los parámetros de riego (conductividad, pH, humedad...) y tele-gestión.
- Variedad de plantación. Unos sistemas permiten una amplia gama de especies vegetales mientras que otros solo permiten determinadas variedades que deben adaptarse a situaciones específicas (climáticas, del sustrato, de humedad, tolerancia a la acidez o a la variación de ph...).
- Resistencia al frío. En climas fríos algunos sistemas presentan el problema de congelación de las raíces; por regla general cuanto más grueso y mejor aislado está el sustrato mejor comportamiento tiene el jardín vertical.
- Peso. El peso del sistema es una variable muy importante a considerar, sobre todo en la actuación sobre fachadas ya existentes [4].

2. Sistemas de fachada que incorporan vegetación

2.1. Fachadas verdes mediante uso de plantas trepadoras o arbustos colgantes. Green façades

Normalmente, la denominación *green façade* se refiere a la disposición de plantas trepadoras sujetas directamente por sí mismas a las fachadas o a través de una sub-estructura.

Como ya se ha señalado antes, el uso de plantas trepadoras en la fachada de los edificios es una práctica habitual en la historia de la arquitectura [1].

La práctica más antigua, consiste en el crecimiento de plantas trepadoras directamente sobre la fachada terminada de un edificio. Estas plantas enraízan directamente en la tierra, y crecen colonizando la fachada, utilizándola como soporte. Normalmente se usan plantas como la hiedra, en variedades de hoja perenne o caduca.

En un acercamiento más contemporáneo, se han empleado las cortinas vegetales, una variedad de fachadas de doble piel; en las cortinas vegetales se separan las plantas de la superficie de la fachada, con el objeto de evitar potenciales problemas derivados de conectar el edificio a organismos vivos. Se emplean estructuras secundarias, como mallas, estructuras de cables...que constituyen el soporte necesario para el crecimiento de las plantas, generando a su vez una cámara de aire entre la especie vegetal y la superficie de la fachada del edificio. También se usan hiedras, aunque debido a la variedad de soportes que se pueden emplear existen muchas otras especies de plantas trepadoras que igualmente son adecuadas.

Otro enfoque diferente es el empleo de maceteros perimetrales de los que cuelgan arbustos constituyendo otra variedad de cortina vegetal alrededor del edificio. Se puede emplear un amplio rango de especies de arbustos.

Por otro lado, es posible que las plantas no crezcan directamente desde el suelo, sino desde macetas con el sustrato adecuado. La interposición de estas macetas a diversas alturas de la fachada elimina uno de las limitaciones asociadas al empleo las plantas trepadoras, cuya fisiología solo les permite crecer hasta una determinada altura (desde 5 metros hasta 20-25 metros máximo según especies).

El empleo de plantas trepadoras o arbustos colgantes puede exigir un mantenimiento que varía desde muy bajo o bajo, en el caso de las plantas creciendo desde la tierra, o más elevado si hay macetas elevadas en altura que necesiten de un sistema de irrigación para aporte de agua y nutrientes.

Las principales ventajas de este tipo de sistemas son:

- Son sistemas de escasa complejidad y mantenimiento
- Son sistemas socialmente aceptados y percibidos como bellos [5].
- Es el sistema más barato [2].

Los principales inconvenientes son:

- La colonización biológica que se produce. Muchas tipologías de especies vegetales que se pueden emplear constituyen un hábitat adecuado para diversas especies animales, lo cual, pese a mejorar la bio-diversidad de las ciudades, es percibido por un porcentaje no desdeñable de los usuarios de los edificios como un inconveniente.
- Su lenta colonización del medio. El proceso de crecimiento y tapizado de la superficie de la fachada por la especie vegetal empleada es progresivo y se dilata a lo largo de varios años.
- Los beneficios ecológicos, como ahorro energético, aislamiento térmico y protección del edificio son menores que los obtenidos con otros sistemas.

2.2. Living wall systems. Jardines verticales

Por jardín vertical se entiende una instalación vertical, cubierta de plantas de diversas especies vegetales, que son cultivadas en una estructura con un sistema integrado de aporte de agua y nutrientes, dando la apariencia de ser un jardín dispuesto en vertical.

Esta tipología se ejecuta, la mayor parte de las veces, por motivos ornamentales en edificios o espacios urbanos representativos. Por tanto el criterio de elección de las especies de plantas usadas predominante es la estética, teniendo en cuenta siempre que hay especies que se adaptan mejor a esta implantación vertical que otras. Lo habitual es que los ejemplos construidos mezclen especies diversas para conseguir el deseado efecto estético, aunque los valores ecológicos inherentes a este sistema están haciendo que, en no pocos casos, se empiece a supeditar los valores estéticos a la consecución de envolventes edificatorias más eficientes.

Por otra parte, el término inglés *living wall* se refiere sobre todo a esta disposición de vegetación en la que predominan los valores ecológicos sobre los ornamentales. Por tanto, en un *living wall system* lo usual es que se emplee una sola especie vegetal, escogida por su capacidad de aportar algún valor añadido a la envolvente edificada. Ahora mismo no existe una denominación en castellano concreta que se corresponda con este concepto. La bibliografía consultada habla de jardines verticales, fachadas verdes o fachadas vegetales indistintamente [3].

Existen diversas técnicas para construir estos sistemas, que derivan del medio en el que crecen las plantas.

Sistemas hidropónicos:

Se entiende por hidropónico los sistemas en los que las raíces crecen en un medio inerte, y todos los nutrientes necesarios para la planta son aportados por una solución nutritiva vía riego. Estos sistemas hidropónicos usan medios inertes como:

- Filtros no tejidos, geotextiles (poliamida, polietileno, poliéster...). Una tipología popularizada por el botánico Patrick Blanc. Este sistema está muy asociado a una práctica de la jardinería intensiva, con un componente artístico muy acentuado, alejado de los objetivos de ahorro energético y mejora de la sostenibilidad. Normalmente, la denominación de jardín vertical se corresponde con un sistema de este tipo [3].
- Lana de roca
- Espumas técnicas (poliuretano, poliurea...)

Sistemas con sustrato:

Son sistemas en las que las raíces de las plantas empleadas crecen en un medio granular con un porcentaje de materia orgánica elevado. Esto disminuye la necesidad de nutrientes a aportar vía riego, pero normalmente no la elimina; las mezclas de sustrato utilizadas suelen ser ligeras, incluyendo materiales como arlita, perlita, musgo de turbera (*sphagnum*), espumas técnicas... lo que disminuye el peso del sistema, que normalmente se compone de paneles montados en una subestructura. Además, estos componentes añadidos al sustrato aportan la capacidad de retención de agua, aireación y drenaje.

Tanto los sistemas con sustrato, como sistemas hidropónicos, necesitan de una instalación de irrigación y drenaje, así como de un mantenimiento elevado que incluya la reposición de las plantas cada cierto tiempo, control de los nutrientes aportados en la solución nutritiva, podas, control anti-plagas... Las plantas empleadas necesitan de un período de aclimatación.

A excepción de los sistemas que emplean filtros, estos sistemas se construyen con paneles modulares; se están desarrollando muchos sistemas diferentes en los últimos años, y suelen emplear plantas perennes que no crecen en vertical naturalmente, de tipo arbustivo o herbáceo.

Las principales ventajas de este tipo de sistemas son:

- Se implantan con rapidez en su ubicación, produciéndose el efecto deseado en corto espacio de tiempo
- Correctamente planteados y ejecutados producen elevados beneficios ecológicos en la envolvente edificatoria sobre la que se ejecutan
- Son sistemas socialmente aceptados y percibidos como bellos [5].

Los principales inconvenientes son:

- Son sistemas de elevada complejidad y mantenimiento, con un elevado consumo de agua y nutrientes. Los análisis del ciclo de vida efectuado en casos concretos no son determinantes sobre si son sistemas realmente sostenibles o no. Es necesario estudios más exhaustivos para caracterizar la sostenibilidad de estos sistemas. De todos modos, hay que considerar que estos sistemas están en una fase embrionaria de desarrollo, por lo que es de esperar que con el tiempo sean capaces de consumir menos recursos.
- Son sistemas caros de mantener y de ejecutar debido a la complejidad de su diseño, que implica varias capas de materiales, subestructuras, instalaciones...
- Su vida útil es más limitada, de 10 a 50 años en función del sistema escogido [2].
- También, en función de las especies empleadas, son sistemas susceptibles de sufrir una elevada colonización biológica.

3. Nuevos sistemas basados en briófitos (musgos)

Las características de los briófitos han generado el desarrollo de una serie de sistemas constructivos para fachadas vegetales; alguna de estas características son:

- La absorción directa por las células del gametofito de los nutrientes desde el sustrato y del agua.
- La posibilidad de instalarse en los sustratos perturbados y desequilibrados químicamente y también en los duros y compactos, impenetrables a las raíces de los vegetales superiores.
- Aunque generalmente son sensibles a la desecación poseen la facultad de la reviviscencia.
- Gran capacidad para la multiplicación vegetativa. [6].

En general, todos estos sistemas buscan simplificar la complejidad del diseño inherente a los sistemas de jardines verticales o living wall systems.

3.1. Sistemas comerciales basados en briófitos

Moss Catch system

El sistema Moss Catch consiste en planchas y rollos de espesor variable con sustrato en el que se han dispuesto a la vez dos especies de musgos en fase temprana de desarrollo. El sistema emplea, en función de la aplicación a que se vayan a destinar, diversas especies de musgos resistentes a la luz, al sombreado... [7].

Geo-moss

Diseñado por la empresa Geobois, Géomoss es un sistema modular de revestimiento de fachadas compuesto de piezas de cerámica de pequeño formato, provistas de un revestimiento de espuma celular que hace las funciones de sustrato para el crecimiento de musgo. El sistema se instala sobre una sub-estructura de perfiles de aluminio fijado a la pared soporte. Cuenta con una instalación de riego de goteo integrada.

3.3. Nuevos sistemas en investigación basados en briófitos

Moos machine

El sistema Moos Machine ha sido diseñado, bajo patente, por el Dr. Günter Haese, en colaboración con la empresa alemana Gartenheim. Se trata de un elaborado sistema de riego para exterior o interior, compuesto por un equipo que se encarga de crear una solución nutriente adecuada y otro componente que riega la superficie del briófito con la solución nutriente con la frecuencia adecuada [8].

Pre-vegetated mats Xeroflor

La empresa Xeroflor está desarrollando un sistema con forma de esterilla, en la que una variedad de briófito se ha cultivado sobre un tejido geosintético; El sistema incluye diferentes especies autóctonas de musgo completamente desarrolladas y verdes, adaptadas, por tanto, al clima del Norte de Europa [9].

Briosistema

Desde 2013, la Universidad Politécnica de Madrid está desarrollando en colaboración con la empresa euroestudios, un proyecto de I+D+i denominado Briosistema, con el objetivo de desarrollar una envolvente constituida por briófitos en su parte externa apoyado en un soporte textil y una estructura metálica que soporta los elementos de mantenimiento y motorización de la envolvente vegetal (riego, sensores, etc.), con objeto de incrementar la eficiencia térmica de los edificios en cualquier época del año [10].

4. Otras líneas de investigación

Bioreceptividad para fachadas de edificios

Otro enfoque es el que un equipo de la Universidad Politécnica de Cataluña está desarrollando. Se trata de potenciar las propiedades de bioreceptividad de los materiales de construcción cementosos, para lo cual han desarrollado un sistema constructivo en base a un conglomerante hidráulico de bajo pH, cuya función principal es la de servir como soporte biológico para el crecimiento y desarrollo de determinados organismos biológicos, concretamente ciertas familias de cianófitos, clorófitos y briófitos, para implementarlo en las zonas que interese de un edificio o construcción como elemento ornamental. [11].

Enveloppe végétale

Enveloppe végétale es un sistema de fachada vegetal desarrollado por Séraphin Hirtz y Sébastien Polli, cuyo elemento novedoso es el sustrato utilizado: se trata de un sistema compuesto por un soporte a base de una espuma cerámica que se utiliza como remedo de las rocas en las que espontáneamente se desarrolla vegetación [12].

5. Conclusiones y consideraciones finales

Se intuye, en el ámbito de la construcción, que una vía para mostrar mayor sensibilidad con las necesidades medio-ambientales pasa por incorporar vegetación en la envolvente edificatoria. Esta estrategia es fácil de implementar en las superficies horizontales, pero se complica enormemente cuando se trata de superficies verticales.

Si bien incorporar vegetación viva a las fachadas ha sido una práctica habitual a lo largo de la historia de la arquitectura, los sistemas constructivos que usan vegetación han ido refinándose hasta alcanzar en la actualidad gran complejidad. Se ha pasado de considerar la vegetación como un ornamento a un componente más de la envolvente de las edificaciones que aporta numerosos valores ecológicos y económicos.

No obstante, los condicionantes de incorporar vegetación en superficies verticales, excepto en los sistemas más simples que emplean plantas trepadoras, hacen que los sistemas que se están empleando sean tan complejos que en muchos casos lindan con no ser sostenibles cuando se analiza su ciclo de vida completo.

Por tanto, dados los indudables beneficios que se pueden generar, existe un vasto campo de desarrollo de nuevas técnicas que atenúen los inconvenientes y potencien las ventajas de emplear la vegetación como un componente más de un sistema de fachada.

6. Referencias

- [1] KÖHLER, M. *Green facades—a view back and some visions*. Urban Ecosyst, 2008 vol. 11, pp423–436.
- [2] PÉREZ, G.; COMA, J.; MARTORELL, I.; CABEZA, L. *Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014 vol. 39, pp139-165.
- [3] PERINI, K.; OTTELÉ, M.; HASS, E.M.; RAITERI, R. *Greening the building envelope, façade greening and living wall systems*. Open journal of ecology, 2011 vol. 1, pp1-8.
- [4] URBANARBOLISMO. [http:// www.urbanarbolismo.es/blog/](http://www.urbanarbolismo.es/blog/)
- [5] WHITE, E.V.; GATERSLEBEN, B. *Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty?* Journal of Environmental Psychology, 2011 vol. 31, pp89-98
- [6] HERAS, P.; SORIA, A.; *Musgos y hepáticas urbanos de la ciudad de Vitoria-Gasteiz*. Eusko Ikaskuntza, 1990, pp75-116
- [7] ILSONG CO. [http:// www.ilsong.co.kr](http://www.ilsong.co.kr)
- [8] GARTENHEIM. <http://www.gartenheim.de>
- [9] XERO FLOR AMERICA (XFA). <http://www.xeroflora.com>
- [10] EUROESTUDIOS I+D+i. <http://www.euroestudios.es/>
- [11] MANSO, S.; DE MUYNCK, W.; SEGURA, I.; AGUADO, A.; STEPPE, K.; BOON, N.; DE BELIE, N.; *Bioreceptivity evaluation of cementitious materials designed to stimulate biological growth*. Science of the Total Environment , 2014, vol. 481,pp232–241
- [12] SKYFLOR BY CREABETON MATERIAUX AG. <http://www.skyflor.ch>