

**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA**

## **AZOTEAS VERDES**

### **CA 54**

TEMA:

**CUBIERTAS VEGETALES, UNA REVISIÓN  
HISTÓRICA Y TÉCNICA**

**EXPOSITOR: ING. JERÓNIMO PAFNUNCIO REYES SANTIAGO  
DEL 13 AL 17 DE ABRIL DE 2009  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

## CUBIERTAS VEGETALES, UNA REVISIÓN HISTÓRICA Y TÉCNICA

Alma R. Ortega Mendoza<sup>1</sup>, Jazmin Carbajal Avila<sup>2</sup>

Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado Fac. de Arq. UNAM, Circuito Interior de Ciudad Universitaria, s/n, México, D.F., C.P. 04510 México, Tel. 56230064

mahelio55@gmail.com, jazmin\_ca50@hotmail.com

Angélica Pérez Juárez<sup>3</sup>

Licenciatura de la Fac. de Arq. UNAM, Circuito Interior de Ciudad Universitaria, s/n, México D.F., C.P. 04510, México, 55-34-53-36, pjangelica@gmail.com

### RESUMEN

Este artículo introducirá al lector a una perspectiva histórica y técnica de la evolución de las cubiertas verdes, de acuerdo a su localización geográfica, los materiales que se utilizaron y los sistemas constructivos empleados.

### ABSTRACT

This article will introduce the reader into a historical and technical perspective of development to the green roof, according to their geographical location, the materials that were used and the systems constructed employees.

### INTRODUCCIÓN

El concepto de incorporar cubiertas vegetales en las edificaciones se remonta a lo que conocemos como arquitectura vernácula en diversas partes del planeta. Dos mil quinientos años atrás Babilonia era famosa por sus jardines colgantes, y en el siglo XX, Le Corbusier en el año de 1927 publicó en la revista L'Architecture Vivante la "Théori du toit-jardin" ("Teoría de la cubierta jardín"). Pero las cubiertas vegetales como las conocemos hoy en día, provienen de Islandia, donde debido a los limitados y escasos recursos que presentan estas regiones, la tierra ha sido usada para la construcción de paredes y techos, haciéndose populares en toda Escandinavia.

Actualmente en México, se han creado asociaciones para la naturación de azoteas, es el caso de AMENA "Asociación Mexicana para la Naturación de Azoteas", creada en 2005, Asociaciones Civiles como la Fundación Hombre Naturaleza y Gobiernos Estatales, como es el caso del Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría del Medio Ambiente.

Durante el desarrollo del artículo se señalarán las apariciones de este tipo de cubiertas, exponiendo su función, algunos de los sistemas constructivos empleados, el avance tecnológico y algunos ejemplos.

Objetivo. Exponer la evolución histórica y tecnológica del sistema de cubierta vegetal, a partir de la diversidad en los materiales, usos y aplicaciones.

Palabras clave: cubierta vegetal, techo turba, Babilonia, Le Corbusier, materiales locales.

### DESARROLLO

La cubierta o quinta fachada, se considera como un cerramiento que se encuentra en la parte superior y exterior de la edificación, albergando espacios habitados, pero ésta puede y debe generar condiciones de uso no solo para el hombre sino por otros seres vivos, pero una cubierta puede aportar mucho más, tanto desde el punto de vista estético como desde el punto de vista técnico,

puede generar beneficios tanto para el edificio como para el medio ambiente y hasta interesantes espacios habitables, las "cubiertas vegetales" son un claro ejemplo, convirtiéndose en un espacio arquitectónico más.

G.K. Chesterton (1933), advertía "El que no conoce el pasado desconoce el presente". No se puede abordar el tema de cubiertas vegetales sin antes tener una noción de la tecnología que las creó, el clima del lugar y la materia prima disponible para elaborarlas. Al adentrarse en el texto se advertirá que son diversos factores que influirán en su evolución.

En la antigüedad su desarrollo se debió principalmente a la materia prima adecuada, como un determinado tipo de tierra y vegetación. La tierra tenía que cumplir tres funciones: 1) que fuera un buen soporte 2) que contara con un excelente drenaje y 3) que retuviera el calor. Estas condiciones se cumplirían si las tierras estaban compuestas de gravas que servían para filtrar y drenar, acumular agua debido a su porosidad y servir como depósito de calor, y arenas. Por ejemplo, en una zona donde la tierra era salina imposibilitaba el crecimiento de plantas, por consiguiente si los suelos eran arcillosos estos actuaban como impermeabilizantes y antiraíces y por no tener una resistencia a la compresión eran propensos a la erosión, además no funcionan como drenaje y si el clima era frío, eran susceptibles a expandirse y contraerse debido al congelamiento, rompiendo así las raíces de las plantas y removiéndolas durante el deshielo; en otros casos los sistemas constructivos eran muy problemáticos, pues tenían que soportar grandes cargas, así, si la estructura era de madera no siempre resistían estos pesos, incluso el mantenimiento es un agente importante en su impulso. Entonces, ¿cuáles fueron los motivos para que éstas se desarrollaran?, ¿en dónde tuvieron sus orígenes? y ¿cómo han evolucionado hasta nuestros tiempos?

### Cubiertas vegetales Zigurats

En la región que hoy comprende Irán e Irak, en el siglo XXII – XXV a.c. datan los primeros registros más representativos de cubiertas vegetales, los zigurats de Etemaki y Namná en Ur, construcciones de plataformas arbustivas superpuestas que giran sobre sí mismas hasta que adoptan las cuatro orientaciones. Esta herencia fue acogida en el siglo 500 a.c. por el rey Nabudoconosor II, quien construyó los Jardines Colgantes de Semiramis en Babilonia (Fig.1), habían sido un regalo para su esposa. Soportados por arcos de piedra y ladrillo e impermeabilizados con carrizo y alquitrán, "encima de los carrizos se colocaban hiladas de barro recocido y finalmente se bañaba todo con plomo para prevenir que la humedad de la tierra de cultivo traspasara y llegara a la cubierta", cubiertos con tierra se plantaban sobre ellos vegetación y solo en los lugares destinados a los árboles se

<sup>1</sup> García López Esperanza (2001), Paisajismo en las alturas, Colección libros de divulgación, UAM. Azcapotzalco, México, D F

formaban montículos de tierra para favorecer su enraizamiento y por lo tanto un buen sostén, aparte de cumplir una función estética éstos servían como aislamiento ante el clima árido extremo de aquella zona.

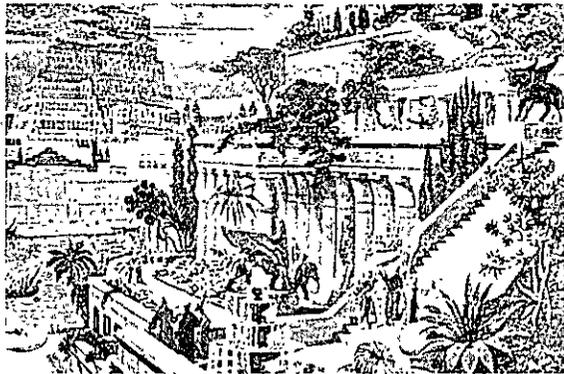


Figura 1: Una pintura del siglo XVI de los Jardines Colgantes de Babilonia (por Martin Heemskerck).<sup>2</sup>

El desarrollo de estas terrazas ajardinadas no prosperó tanto en la arquitectura vernácula como en otras zonas, en parte se debió a que el riego se hacía con sistemas complejos de bombeo, además a este tipo de construcciones sólo entraban los sacerdotes, en cambio la arquitectura popular adoptó sistemas más prácticos de aislamiento con muros gruesos y disposiciones cercanas de sus construcciones o enterrando sus viviendas.

#### Construcciones Yaodong

En Asia, y en particular, en el lejano oriente se halla un ejemplo singular de arquitectura vernácula que subsiste hasta nuestros tiempos: los llamados 'yaodong' o viviendas en túneles excavados en montañas, dispuestas así por su clima árido, sus vientos secos y escasez de agua, estas fungían como aislamiento, por arriba de ellas crecía vegetación silvestre, sin embargo siendo su suelo el 'loess' (tierra compuesta por silicio, piedra caliza, carbonato de calcio y arcillas), una tierra fértil para la agricultura, resultó complicada la propagación de cubiertas vegetales, debido a los constantes desbordamientos del río Huanghe (río amarillo) y la sobrepoblación que llegaron a erosionar la tierra. Más hacia el centro asiático se encuentran unos refugios temporales invernales de los kazakos: 'kyatsu', elaborados con paredes de roca y techo de troncos, lodo y capas de hierba, que los acogían de heladas a ellos y a su ganado. A partir de 1940 estas construcciones sólo se usan para almacenar carne y provisiones.

#### Cubiertas vegetales Burdei

En los distritos rurales de Ucrania dominaban las construcciones "burdei", que eran casas semienterradas cubiertas de capas de vegetación. Asentados siempre en bosques, se contaba con madera para erigir la estructura de éstas y con árboles cercanos con grandes raíces para controlar la humedad. Algunos de estos pobladores migraron hacia América por lo que se localizan unas muestras en Canadá.

#### Techos Vikingos

Ante las condiciones adversas de los climas septentrionales, como lo son territorios escandinavos (hoy Dinamarca, Noruega, Suecia), se localizan las cubiertas vegetales que han sobrevivido hasta nuestros días. Originarias de las aldeas vikingas, que eran

en su mayoría estables y pocas eran las que viajaban en el mar, se asentaban cerca de prados donde conseguían la materia prima para elaborarlas. Dinamarca posee extensas zonas de madera, en cambio Suecia y Noruega no, por lo tanto sus sistemas constructivos influyeron en la construcción de sus tejados.

Los vikingos cubrían sus techos con césped soportado por una estructura de madera densa interespaciadas con cortezas de abedul efectuando la función de un hidrófugo. En Islandia donde su materia prima es la roca, la madera y la hierba turba, evoluciona esta manera de construir hasta una tipología llamada 'burstaber' (Fig. 2), se trata de una estructura hecha con paredes de 2m de grosor cubierta de turba y piedra y existen dos tipos de techumbre: "el helluthak" elaborado con estructura de madera, encima piedras y tierra y arriba turba; y la tróðthak con vigas, madera cepillada, luego turba, encima piedra y por último turba, esto era con el fin de lograr un buen aislamiento. Otra muestra se ejemplifica en las islas que se encuentran entre Islandia y Escocia, en donde se edificaban refugios para el ganado, hierva o botes, hechos de piedras apiladas y recubiertos con varias capas de roca y turba. Ante la escasez de madera, el descubrimiento de energía geotérmica en Islandia y la sencillez de construcción del concreto desaparecen casi por completo en el siglo XX.

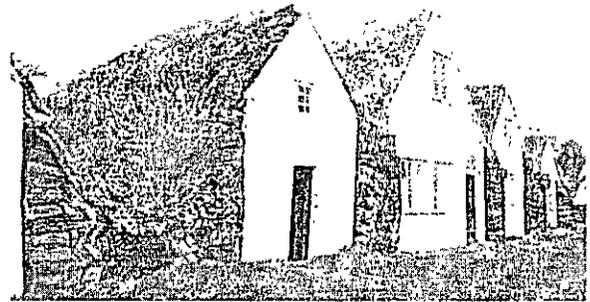


Figura 2: Casas turba de estilo *burstaber* en Glaumbær, Islandia.<sup>3</sup>

#### Cubiertas de pastos silvestres en Norteamérica

Esta tradición de los países escandinavos de construir con turba alcanzó territorios norteamericanos durante la colonización de la Columbia Británica y en particular de la guerra civil que ofertaba la posesión de tierras a cambio de trabajarlas por 5 años. En varias regiones la madera escaseaba por lo que construían sus viviendas temporales excavando bajo colinas y el techo del mismo prado (Fig. 3), en otras ocasiones todo el refugio era construido con hierba, con bloques de 0.6 x 0.3 x 0.15 m, una estructura de madera plana y encima lodo y pasto silvestre que crecía con la lluvia. Este tipo de albergue no prospero debido a que era precario, eran sucios y se infestaban de insectos. Actualmente esta técnica derivó en la construcción de pacas de paja y se sabe que un recubrimiento de estuco por los dos lados evita mucho estos problemas.

<sup>2</sup> Imagen de © <http://es.wikipedia.org/wiki/>  
"reproducción realizada con fines de investigación científica"

<sup>3</sup> Imagen de © <http://greenroofs.wordpress.com/>  
"reproducción realizada con fines de investigación científica"

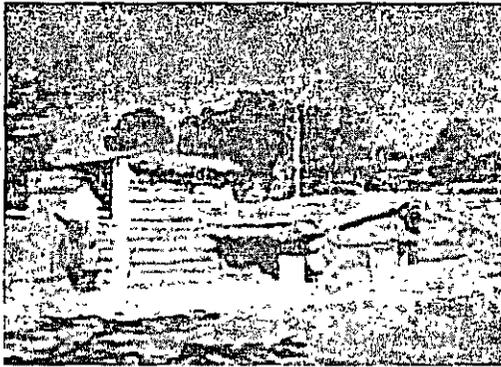


Figura 3: Refugio temporal en Nuevo México<sup>4</sup>

### Techos de hormigón armado vegetados.

Gracias a la revolución industrial, la investigación de nuevos materiales como el concreto y derivados del petróleo como el chapopote, que se empezó a utilizar como impermeabilizante sobre los techos de hormigón armado. Esto fue una transformación sobre la forma de construir con un sistema de terrados formado por vigería de madera, loseta de barro, una capa de tierra de 40 – 80cm, una capa de ladrillo rojo recocido hecho a mano en forma de petatillo y una solución de alumbre.

El inventor alemán Samuel Haüslér quien experimenta la cubierta plana en 1839, también conocida como la cubierta de cartón impermeabilizante, descansada en un entablado de madera, sobre el que se desplegaban rollos de cartón impregnados de alquitrán que garantizaban la impermeabilización, sobre esta lámina, se remataba con una capa de arena o grava, posteriormente Carl Rabitz, patento una cubierta de cartón impermeable teniendo como soporte cemento volcánico en 1867, para demostrar las ventajas constructivas, en su residencia de Berlín ajardino con árboles y plantas. Así se pasaba de las pesadas planchas de plomo utilizadas en la antigüedad a impermeabilizar con láminas finas y flexibles, fabricadas con derivados de la hulla en un principio y posteriormente del asfalto.<sup>5</sup>

El uso de techos planos con hormigón dejó atrás el humedecimiento por su nueva impermeabilización y la posibilidad de usar el techo como un espacio habitable.

Mientras tanto en Alemania, Francia y el Reino Unido, a mediados del siglo XIX se realizaban investigaciones acerca de un nuevo material lo que conocemos como el hormigón armado, fue Francois Hennebique quien lo patento, estableciendo las bases de la estructura espacial universal de pilares y vigas, así el hormigón armado contribuyó a la utilización de las cubiertas planas completas. Para demostrar la plasticidad del material, Hennebique en 1904 construyo en Paris su residencia conocida como Bourg-la-Reine, donde lo utilizo en muros de carga, en las ménsulas de los voladizos y en volúmenes cilindricos, el plano cubria toda la casa y sobre él, se realizo un jardín suspendido, con senderos, un huerto y un invernadero. “A pesar de su estado, y de que una frondosa vegetación a sustituido a la fina traza del jardín original, la azotea de Bourg-la-Reine, permanece como un excelente testimonio de aquello en que Le Corbusier tanto insistió años más tarde: la prueba, con un siglo de antigüedad, de que la conjunción entre el soporte de hormigón armado, la impermeabilización flexible y el remate mediante una capa vegetal es una de las soluciones constructivas más acertadas y

duraderas que se pueden realizar”<sup>6</sup>.

Ningún personaje se alzó defensor a ultranza del uso de la cubierta plana como lo hizo, ya desde muy temprano y hasta el final de su vida, Le Corbusier.

En 1927 Le Corbusier publicó en la revista L'Architecture Vivante “La teoría de la cubierta Jardín” un documento que trata de la planeación y el uso de la terraza [...] “Se puede admitir que igualmente es aplicable a los casos medios (climas templados, suaves, o incluso cálidos). El hormigón armado es el nuevo medio que permite la realización de una cubierta homogénea [...]. En Conclusión: razones de orden técnico, económico, de confort e incluso sentimentales nos lleva a adoptar como solución la cubierta terraza”.<sup>7</sup> (Fig. 4).

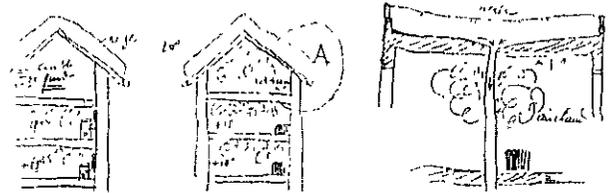


Figura 4. Le Corbusier, “Teoría de la cubierta jardín”, 1927<sup>8</sup>

La actual tecnología de los techos vegetales comienza en Alemania, donde en 1971 Gerda Gollwitzer and Werner Wirsing publicaron un libro titulado: *Áreas habitadas de los techos, transitables y cubiertas por vegetación*; es allí donde nace el concepto moderno de las “cubiertas vegetales”. Actualmente, Alemania es el país líder en este campo, aunque otros países Europeos como España y Francia, han desarrollado estudios y técnicas así como en Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Australia (Fig. 5).

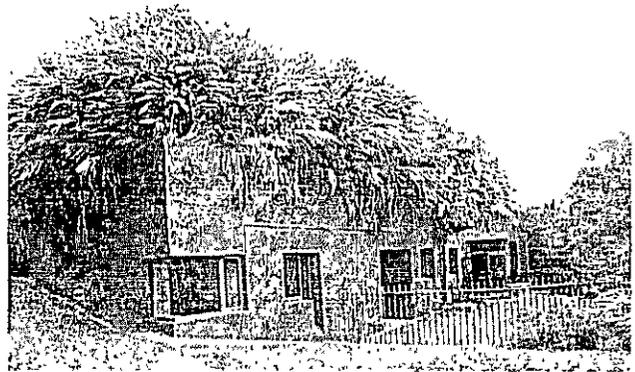


Figura 5: Conservatorio de Música en Sydney, foto tomada por Water Sensitive Urban Design.<sup>9</sup>

Varios estudios mundiales y ordenanzas de cubiertas vegetales se han ido ejecutando, prueba de ello es Tokio, que estableció una legislación para bajar 1°C la temperatura de la ciudad en diez años, obligando a las construcciones de más de 1000 m<sup>2</sup>

<sup>6</sup> MARTÍNEZ Andrés, (2005), “Habitar la cubierta”, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, pág 65

<sup>7</sup> LE CORBUSIER, (1927) “Théorie du toit-jardin”, en L'Architecture vivante, otoño-invierno, págs 13-18  
reproducción realizada con fines de investigación científica”

<sup>8</sup>Imagen de © <http://greenroofs.wordpress.com/>  
“reproducción realizada con fines de investigación científica”

<sup>4</sup> Imagen de © <http://es.wikipedia.org/wiki/>

“reproducción realizada con fines de investigación científica”

<sup>5</sup> MORITZ, Karl, (1969), Manual de cubiertas planas en construcciones, Editorial Blume, Madrid/ Barcelona págs 298-311

desarrollar un techo verde abarcando el 20% del total construido. (Fig. 6).

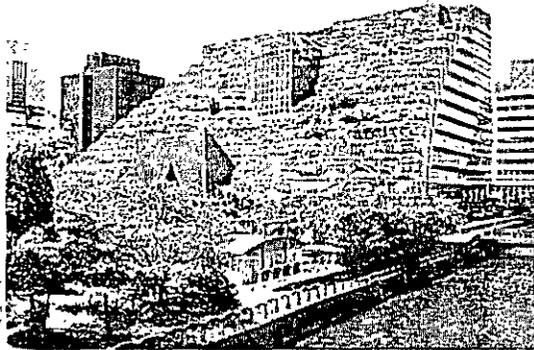


Figura 6: Edificio en Fukoka, Japón.<sup>10</sup>

**Los nuevos materiales en las cubiertas vegetales**

Las investigaciones que realizó la NASA a partir de los años sesenta ha dado pauta a muchos materiales de construcción como la fibra de vidrio, eliminando la opción del chapopote y cartón asfáltico para impermeabilizar, al parecer su desuso se debió a su rápido deterioro que causa de la lluvia acida. Hoy en día se utilizan sistemas de calor para vulcanizar placas petro-polímeras, el caucho, entre otros, que responden mejor a los cambios de temperaturas y permiten obtener un mejor sellado.

En la actualidad casi todos los techos de concreto logran aceptar una cubierta vegetal de 100kg por m<sup>2</sup>,<sup>11</sup> además se pueden resolver los problemas de condensación, cambios de aire en el interior, entre otras alternativas térmicas, prueba de ello es Alemania que posee una humedad relativa alta y fue uno de los precursores contemporáneos, que los llevo a realizar estudios sobre este tipo de cubiertas. El país ofrece subsidios de hasta un 50% del valor de la cubierta ecológica para su desarrollo en 80 ciudades desde el año 1987.<sup>12</sup>

En Singapur, (contando con un clima cálido húmedo) se realizó un estudio de cubierta vegetal, en donde se hizo una comparativa del sistema antes y después de su colocación. Los resultados arrojaron una reducción del flujo de calor a través de la estructura de la azotea del 60%.<sup>13</sup> (Fig. 7).

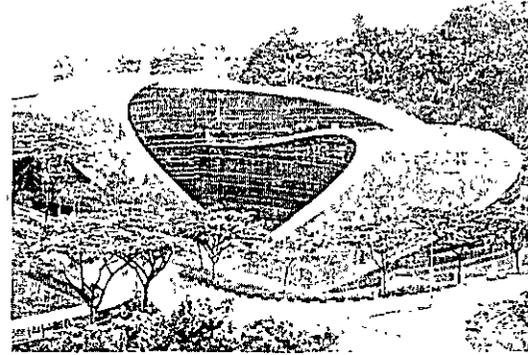


Figura 7: Escuela de Arte, Diseño y Media en la Universidad de Nanyang en Singapur.<sup>14</sup>

En el presente los sistemas de las cubiertas vegetales generalmente tienen la siguiente composición:

- a) soporte estructural
- b) barrera corta vapor
- c) aislamiento térmico (opcional, es recomendable sólo en climas con temperaturas muy bajas)<sup>15</sup>
- d) membrana impermeable
- e) barrera contra raíces
- f) sistema de drenaje
- g) filtro
- h) medio de crecimiento, (sustrato, vegetal o inorgánico)
- i) capa vegetal

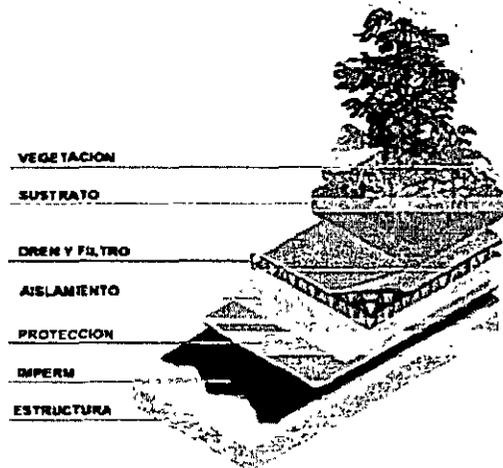


Figura 7: Composición de una cubierta vegetal.<sup>16</sup>

En las próximas décadas el avance de alta tecnología dependerá de cómo se desarrollen estos componentes y el alcance de la población a estos recursos.

**Beneficios**

Las cubiertas vegetales han ido ganando cada vez mayor difusión a través del tiempo, esta aceptación ha llevado no sólo a

<sup>10</sup> Imagen de © <http://greenroofs.wordpress.com/>  
 "reproducción realizada con fines de investigación científica"  
<sup>11</sup> NEILA, F. y Bedoya, C. (1999), La cubierta ecológica en el contexto de la Arquitectura bioclimática, Documento Académico, UPM, Madrid.  
<sup>12</sup> <http://www.aibs.org/bioscience/>  
<sup>13</sup> Wong Nyuk Hien, et al (2007). Study of the thermal performance of extensive rooftop greenery system in the tropical climate p 42, 25-54. Building and Environment.

<sup>14</sup> Imagen de © <http://www.inhabitat.com/>  
 "reproducción realizada con fines de investigación científica"  
<sup>15</sup> Theodore, Theodosiou, (2003), Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique, Energy and Buildings. Vol. 35. Pág 909-917.  
<sup>16</sup> Imagen de © <http://www.imagenesgoogle.com>  
 "reproducción realizada con fines de investigación científica"

desarrollarlas por control climático, y estético, siguen teniendo ventajas incomparables, como las siguientes:

- \* Funcionan como aislamiento térmico, y llega a disminuir en verano el consumo de aire acondicionado hasta en un 25% y en invierno evita pérdidas de calor de hasta un 50%.
- \* Puede generar el oxígeno anual necesario del hombre con sólo 1.5 m<sup>2</sup> de pasto, reduciendo también el efecto invernadero.
- \* En periodos de lluvia pueden almacenar del 70% al 90% del agua dependiendo del sustrato y la vegetación.
- \* Posibilita que vuelva la vida animal a las ciudades y se creen microclimas
- \* Usando energía de sus alrededores 1m<sup>2</sup> de follaje disminuye el efecto de isla de calor en las ciudades evaporando 0.5 litros por día.
- \* Se genera producción local de alimentos y plantas.
- \* Una cubierta con un sustrato de 12cm puede reducir hasta 40 decibeles (las plantas bloquean frecuencias altas y la tierra bajas).
- \* Beneficios psicológicos y estéticos.<sup>17</sup>

### CONCLUSIONES

La cubierta vegetal ha venido evolucionando desde épocas ancestrales, fue implementada en diversas regiones con sistemas constructivos diferentes, sin embargo, la técnica es la misma.

Muchos de los sistemas de cubiertas vegetales antiguos no tuvieron un gran acogimiento en algunas localidades, debido a que no contaban con los recursos disponibles y el mantenimiento era costoso.

El siglo XIX revolucionó por completo esto, gracias a los avances tecnológicos. En la actualidad se estudian sistemas de alta tecnología, sin embargo, gran parte de estos lo único que hacen es elevar el costo del techo, dando pie a que sectores con bajos ingresos no puedan acceder a ellas. Por ejemplo en México si se contrata a una empresa para elaborar una cubierta vegetal se gastará aproximadamente 2 mil pesos por m<sup>2</sup>, relegando así a gran parte de la población.

La cubierta vegetal es una alternativa eficiente debido a los beneficios que se aprecian a lo largo de este artículo y a la urgente necesidad de aplicar sistemas de construcción que permitan mejorar las condiciones ambientales sobre todo en las zonas urbanas.

El avance tecnológico sigue brindando posibilidades de desarrollo para este tipo de cubiertas, sin embargo, el reto venidero consistirá en dotar de nuevas alternativas locales, utilizando materiales del sitio y especies endémicas de vegetación, cuidar nuestros suelos, pues si se erosionan será difícil contar con tierra fértil. Se ha demostrado que un techo verde puede implementarse en cualquier tipo de clima, incluso en un cálido-húmedo, conociendo sus innumerables ventajas, ¿por qué no contribuir al medio ambiente y mejorar nuestras condiciones de confort, con el uso de una cubierta vegetal?

### BIBLIOGRAFÍA

Wong Nyuk Hien, et.al. (2007). Study of the thermal performance of extensive rooftop greenery system in the tropical climate. p. 42, 25-54. Building and Environment.

Martínez A. (2005). Habitar la cubierta. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Theodore, Theodosiou, (2003), Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique, Energy and Buildings, Vol. 35 Pág. 909-917.

García López Esperanza (2001), Paisajismo en las alturas, Colección libros de divulgación, UAM, Azcapotzalco, México, D.F

NEILA, F: y Bedoya, C. (1999), La cubierta ecológica en el contexto de la Arquitectura bioclimática, Documento Académico, UPM, Madrid.

Oliver P., et.al. (1997). Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World. Vol. 1 p. 355-360. Editorial Cambridge University Press, Reino Unido de Gran Bretaña .

Oliver P., et.al. (1997). Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World. Vol. 2 p. 863, 874-875, 1381-1390. Editorial Cambridge University Press, Reino Unido de Gran Bretaña .

Oliver P., et.al. (1997). Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World. Vol. 3 p. 1811-1813, 1934-1935. Editorial Cambridge University Press, Reino Unido de Gran Bretaña .

Mortiz K. (1969). Manual de cubiertas planas en construcciones. p. 298-311. Editorial Blume, Madrid/ Barcelona .

Le Corbusier. (1927). Théorie du toit-jardin, en L'Architecture vivante, otoño-invierno, p. 13-18.

<http://www.intabitat.com/>

<http://www.greenroofs.org/>

<http://books.google.com.mx/>

<http://www.aibs.org/bioscience/>

<http://torre.de.babel.es/licestudy.org/>

[http://www.e-asphalt.com/orig\\_asf/historia\\_del\\_asfalto.htm](http://www.e-asphalt.com/orig_asf/historia_del_asfalto.htm)

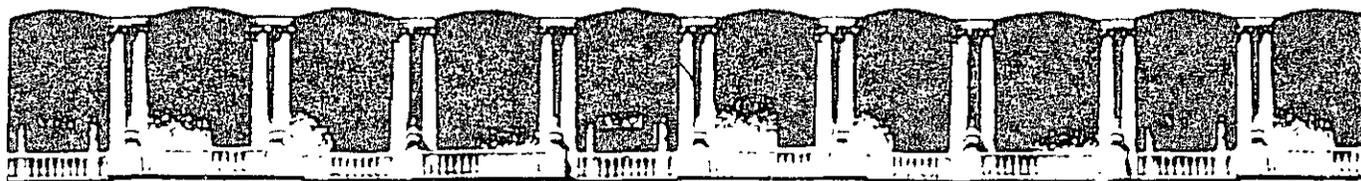
[http://www.ifenergy.com/50226711/the\\_history\\_of\\_green\\_roof\\_technology.php](http://www.ifenergy.com/50226711/the_history_of_green_roof_technology.php)

<http://www.hku.hk/bse/greensitcoffice/greenroof.htm>

<http://greenroofs.wordpress.com/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/>

<sup>17</sup> Todos los párrafos señalados con \* fueron tomados de la dirección electrónica <http://www.aibs.org/bioscience/>



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

## AZOTEAS VERDES

### CA 54

TEMA:

ANEXO

**EXPOSITOR: ING. JERÓNIMO PAFNUNCIO REYES SANTIAGO  
DEL 13 AL 17 DE ABRIL DE 2009  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

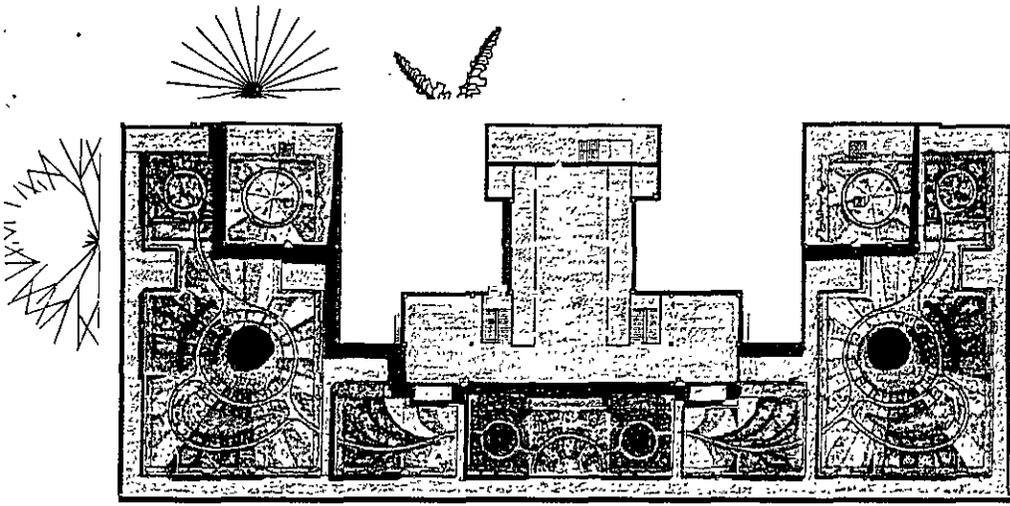
*Hierbas, flores... y rascacielos*

# JARDINES ELEVADOS EN CHICAGO

Isabel S. Abrams

*Alemania fue el país pionero en instalar "techos verdes", que son cada vez más comunes en Europa. En América aún son pocas las ciudades que los tienen; uno de los primeros fue el del ayuntamiento de Chicago, que se hizo como un experimento científico.*

Foto: Isabel S. Abrams



resistente a los ácidos que sueltan las raíces de algunas plantas. La barrera sirve también para impedir que las raíces penetren la capa impermeabilizante. Después se coloca una capa de grava, arcilla o plástico para retener el exceso de agua y airear el medio en el que crecerán las plantas. En seguida se instala un tapiz filtrante hecho de material textil grueso que deja pasar el agua pero retiene las partículas de tierra. Encima de esta capa se añade tierra como medio de cultivo. Mientras las plantas echan raíces, la tierra se cubre con una malla biodegradable para que no se la lleve el viento y la lluvia.

El medio de cultivo contiene los nutrientes fundamentales: nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y oxígeno. En el caso del ayuntamiento de Chicago, esto se obtuvo combinando minerales con compostas, acolchados (capa de materia orgánica que se extiende alrededor de las plantas para protegerlas, por ejemplo, virutas u hojas de pino) y *humus*. Este medio es lo bastante poroso para no acumular agua, que podría acidificar la tierra y dañar la vegetación.

El jardín del ayuntamiento de Chicago, de unos 1 800 metros cuadrados, tiene 150 variedades de plantas distribuidas en tres tipos de suelo. El del llamado *sistema extensivo* tiene 10 centímetros de tierra con hierbas bajas y enredaderas. El *sistema semi intensivo* (de 15 centímetros de profundidad) y el *sistema intensivo* (de 45 centímetros de profundidad) tienen hierbas nativas de la región y flores silvestres, arbustos leñosos y plantas perennes de ornato. En el jardín también hay dos clases de árbol: un tipo de espino llamado espolón de gallo, que alcanza una altura de entre 4.5 y 5.5 metros

**LAS AVES QUE EMIGRAN** de Canadá a México encuentran refugio en la azotea del edificio del ayuntamiento de Chicago, en el centro histórico de esa ciudad de casi tres millones de habitantes, a 12 pisos de altura sobre el bullicio y el tráfico de las calles. ¿Por qué se dirigen las aves precisamente a esa azotea rodeada de rascacielos? La razón es el jardín elevado que la cubre, donde crecen árboles, hierbas y flores silvestres, de modo que las aves migratorias pueden alimentarse y descansar antes de seguir su viaje a México.

### La ciudad en el jardín

El lema de Chicago es “ciudad en un jardín” y los jardines son parte fundamental del proyecto de hacer más “verde” esta ciudad, en otras palabras, reducir sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Además, un paisaje urbano bello atrae turistas y negocios e incrementa el valor de las propiedades. Crear áreas verdes contribuye a la prosperidad de la ciudad porque permite ahorrar energía en materia de calefacción y refrigeración de los edificios. Esto a su vez ayuda a reducir la contaminación y el efecto de isla de calor: el vidrio y el acero de los edificios, el cemento de las aceras y el asfalto de las calles y tejados reflejan calor y calientan la ciudad más que el campo circundante, mientras que las plantas absorben calor y así refrescan el entorno urbano. Además, las plantas mitigan el calentamiento global porque para hacer la fotosíntesis consumen dióxido de carbono de la atmósfera y porque absorben los gases que emiten los automóviles y otros contaminantes. Con todo esto, la ciudad se vuelve más sustentable, además de ofrecer un ambiente más saludable y placentero.

### Experimento en la azotea

El primer jardín de azotea —o “techo verde”— de Chicago fue un experimento

científico, en el cual participaron ingenieros ambientales y de estructuras, arquitectos y especialistas en paisaje. El ayuntamiento y el gobierno municipal del condado de Cook ocupan el mismo edificio; la mitad asfaltada del techo, correspondiente al gobierno del condado, no se convirtió en jardín a fin de utilizarla como control en el experimento y poder medir los beneficios del jardín que se colocó en la otra mitad, la del ayuntamiento.

La instalación del jardín se inició en abril de 2000. Se impermeabilizó el techo del edificio de 100 años. Se taparon los tragaluces con planchas reforzadas para soportar un peso de 300 kilogramos por metro cuadrado y se elevó el suelo, dándole forma de colinas suaves, con una capa de poliestireno ligero de entre 30 y 60 centímetros de altura.

### Cultivar en las alturas

Un jardín de azotea tiene varias capas. La inferior es una capa impermeabilizante que aísla el techo del edificio del agua que escurre del jardín. Luego viene una barrera



El techo verde del edificio del ayuntamiento de Chicago.

con copas de unos siete metros de ancho, y manzanos silvestres, de unos cuatro metros de altura por seis de ancho.

El alcalde Daley plantó la primera planta el 20 de septiembre de 2000. Hoy en día el jardín alberga 20 000 plantas distribuidas en un patrón en forma de estrella. Hay filas de hierbas alternadas con hileras de flores, plantadas en suelos de distintas profundidades, inclinaciones y características de desagüe para probar los tres sistemas. Estas flores, arbustos y árboles forman un arcoiris de colores que cambian con las estaciones para deleite de los miles de oficinistas que trabajan en los rascacielos vecinos.

### Las ventajas

Se ha medido la temperatura, la energía que permite ahorrar el jardín, el desarrollo de las plantas tanto nativas como foráneas y el grado en que la presencia del jardín reduce el flujo de aguas pluviales. Como ya se mencionó, los científicos usaron como control la parte del techo del edificio que corresponde al gobierno del condado de Cook, un techo impermeabilizado con alquitrán.

Los datos recogidos en el verano de 2002 mostraron que en el jardín la temperatura del aire era 8.3° C menor que en la parte del techo correspondiente a la municipalidad de Cook. Un estudio realizado en 2003 mostró que en las horas más cálidas de julio las temperaturas en el jardín fueron entre 19 y 31% menores que en un techo convencional.

Muchas de las plantas que se usan en los jardines de azotea son nativas de la región,

Cuenta la leyenda que para que su esposa no extrañara las montañas de su tierra natal en el norte de Persia, el rey del Caldea, Nabucodonosor II (605 a.C.—562 a.C.) mandó construir suntuosos jardines. Así surgió una de las siete maravillas del mundo antiguo, los jardines colgantes de Babilonia, que no "colgaban" y quizá ni siquiera estaban en Babilonia.



En realidad, los jardines se encontraban en techos, terrazas y balcones: las largas ramas y enredaderas cubrían las paredes de edificios, sobresalían y daban la impresión de colgar. Por otra parte, los arqueólogos no han podido situarlos con exactitud: estaban en Babilonia, cerca de la actual Al Hillah en Irak, o bien se trata de una confusión con los jardines de Nínive, en Asiria, en la ribera del Tigris. Las excavaciones del palacio de Nabucodonosor no coinciden con la ubicación de los jardines según los documentos griegos, que lo sitúan en la ribera del Eufrates. No obstante en ambos sitios se ha encontrado evidencia que podría apoyar la existencia de los jardines. De cualquier manera, los arqueólogos creen que para regar dichos jardines se habría empleado un sistema de bombeo parecido al tornillo de Arquímedes (véase *¿Cómo ves?* No. 113).

o bien de especies que resisten los entornos secos y soleados. Con todo, para los periodos de secas hay tanques que almacenan agua de lluvia, la cual se aprovecha en un sistema de riego por goteo.

Chicago tiene una precipitación promedio de 94 centímetros anuales. En el techo del gobierno de Cook la lluvia simplemente escurre y se pierde. En cambio, el techo del ayuntamiento puede almacenar 2.5 centímetros de lluvia y descargarlos lentamente en el sistema de alcantarillas. Esto ayuda a que no se inunden las calles y reduce la cantidad de contaminantes que llegan al lago Michigan, fuente del agua potable que se bebe en Chicago.

Por todos sus beneficios ambientales (ahorro de energía, reducción de descarga de dióxido de carbono, reducción del efecto de isla de calor), el gobierno de Chicago

ahora exige que todas las construcciones que se hagan con fondos públicos tengan jardines de azotea, y ofrece subvenciones para instalarlos.

Hay dos tipos de jardines de azotea. El primero es el que se construye con fines de placer, por lo que contiene diversas flores, arbustos y árboles. Esto añade una carga de 500 kilogramos por metro cuadrado al techo. El del ayuntamiento de Chicago, en cambio, se diseñó con miras a obtener beneficios ambientales, como reducir la temperatura y absorber aguas pluviales, por lo que generalmente contiene hierbas bajas y plantas crasuláceas (plantas de hojas carnosas que crecen en las rocas) que añaden una carga de entre 85 y 150 kilogramos por metro cuadrado, según esté el medio seco o mojado.

El metro cuadrado de techo normal cuesta entre 44 y 66 dólares, mientras que el metro cuadrado de techo verde cuesta entre 80 y 110 dólares. Los costos de instalar techos verdes, o jardines de azotea, se reducen si la producción es masiva y la inversión reditúa en forma de reducciones en el consumo de energía de calefacción y refrigeración.

Larry Merritt, secretario de prensa para el medio ambiente del ayuntamiento, dice que el jardín de azotea contribuye a un ahorro de energía de 20% en materia de refrigeración (ayudado por un nuevo sistema de aire acondicionado que se instaló al mismo tiempo) y calefacción.

### Más allá de los techos

Chicago aspira a ser la ciudad más verde de Estados Unidos. Por ello, además de



Foto: Isabel S. Abrams

los jardines de azotea el ayuntamiento ha puesto en marcha otras acciones. Una es la Iniciativa Limpio y Verde, en la que se invita a los jóvenes, así como a grupos voluntarios, a participar en programas de limpieza de basura y a plantar flores y árboles en los parques y otros sitios públicos. La Dirección de Parques de Chicago ha restaurado algunas lagunas y otras áreas naturales en 2959 hectáreas de parques, con lo que en 2003 ganó un importante premio internacional de embellecimiento urbano. El ayuntamiento planta flores en las explanadas de los edificios. También adorna postes de luz y puentes con canastas de plantas colgantes. Las autopistas están bordeadas de árboles que resisten la sal y las emisiones de los automóviles, además de absorber contaminantes. "El ayuntamiento cuida 547000 árboles", dice Merritt, "y planta más de 12500 cada año".

Más de 80 kilómetros de camellones y aceras de avenidas importantes están adornados con arbustos, árboles y flores. A las compañías cuyas oficinas están en el río Chicago se les insta a plantar árboles en un paseo ribereño.

### Maestros verdes

El Proyecto Openlands es un programa que invita a los docentes a inscribirse en la Red de Maestros Verdes (GTN, por sus siglas en inglés). La GTN es una colaboración entre la Alianza del Invernadero del Parque Garfield y el Jardín Botánico de Chicago, que ayuda a los maestros a montar huertos escolares.

Por considerar estos proyectos como anclas del desarrollo urbano, el ayuntamiento ofrece exenciones de impuestos a quien plante viveros y apoyo a los grupos vecinales que deseen rehabilitar arrabales. Una organización comunitaria

### Techos verdes en México



- Banco HSBC, México, D.F.
- Grupo San Carlos, Zapopan, Jalisco
- Museo del Acero, Parque Fundidora, Monterrey, Nuevo León

### Paredes verdes

Si bien el uso de las paredes verdes a gran escala es todavía un concepto nuevo, se trata de una elegante solución para darle vida a un espacio vertical: un hábitat para invertebrados y lugar de anidamiento para pájaros, y una ruta de transición entre el hábitat del suelo y aquéllos de los techos verdes. Son paredes "vivas" revestidas de plantas trepadoras, que según pueden alcanzar hasta 25 metros, o más, si se siembran en la altura en grandes contenedores con negro.

Las especies más usadas para las paredes verdes incluyen la hiedra (*Hedera sp.*), y las trepadoras *Fallopia sp.* y *Parthenocissus sp.*, pues crecen adhiriéndose a la pared, sobre todo si la superficie es porosa (ladrillo o piedra), y rápidamente forman un denso follaje perenne. Otras trepadoras, como el jazmín (*Jasminum sp.*) y la buganvilla (*Bougainvillea sp.*) son muy decorativas, aunque crecen menos rápido y tienen menos follaje. Las flores pueden ser fuente de néctar para insectos.

Además de amortiguar el ruido urbano, las paredes verdes ayudan a reducir las fluctuaciones de temperatura hasta en 50%; aíslan el edificio del frío y del calor, lo cual puede significar un ahorro en energía de 25%. El follaje también protege los muros de la lluvia y el granizo y, al igual que los techos verdes, ayuda a retener temporalmente el agua durante aguaceros, reduciendo los problemas de encharcamientos. Por otra parte, las plantas trepadoras atrapan el polvo, y al absorber CO<sub>2</sub> ayudan a reducir el calentamiento global. También absorben y descomponen una serie de contaminantes.

que emprendió el rescate del Invernadero del Parque Garfield logró con esto transformar un arrabal derruido y peligroso en un barrio muy agradable. El invernadero y el parque se renovaron y los vecinos empezaron a reparar sus casas. Hoy en día se organizan exposiciones de jardinería, mercados agrícolas, ferias de manualidades y celebraciones comunitarias.

No lejos de ahí se encuentra el Centro de Tecnología Verde (primer edificio municipal de Estados Unidos en obtener la clase platino en el sistema LEED de clasificación de construcciones sustentables). El CTV otorga ayuda financiera para proyectos ambientalistas, también ofrece talleres de energía solar, arquitectura del paisaje, jardines de azotea y diseño sustentable de edificios.

### El campo y la ciudad

En los bosques y llanuras de las Reservas Forestales del Condado de Cook, que rodean el corazón de la ciudad, viven aves, ciervos, lobos, coyotes y otros animales. Estas áreas naturales están comunicadas

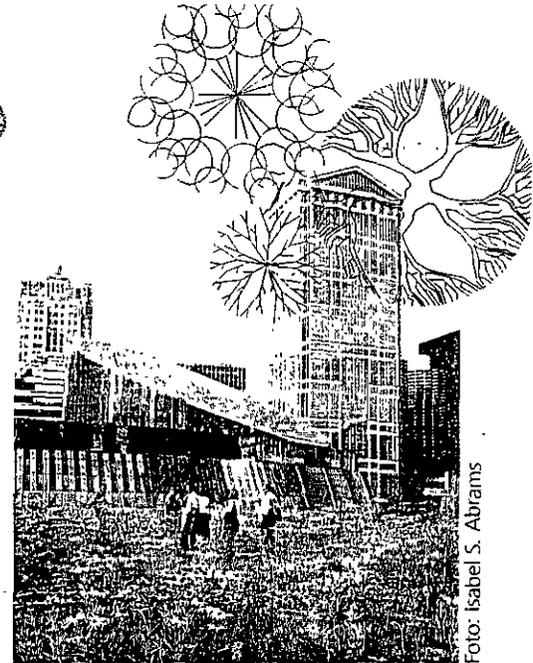


Foto: Isabel S. Abrams

con el centro urbano por medio de senderos verdes construidos sobre vías de ferrocarril abandonadas y a lo largo de pistas para el ciclismo.

En Chicago más de 200 organizaciones públicas y privadas colaboran para proteger, restaurar, estudiar y administrar los ecosistemas naturales de la región. Estos grupos cuidan una enorme reserva natural de 90000 hectáreas de bosques, llanuras, humedales, costas y hábitats de aves y animales que se extiende de Illinois a Wisconsin e Indiana.

"Las aves son tesoros naturales que realzan nuestra comunidad, embellecen la ciudad y dan placer", dijo Daley cuando anunció el Plan Aviario de Chicago para reducir el número de aves que se impactan contra los edificios y aumentar el de jardines de azotea y otros sitios donde ellas pueden descansar y alimentarse en su viaje entre Canadá y México.

Las aves y los animales proliferan en las reservas naturales de Chicago y a veces llegan a la urbe. Por eso los habitantes de la ciudad pueden llevarse la sorpresa de ver un coyote deambular por las márgenes del lago o entrar en algún restaurante del centro. Muchos están atentos a las señales que anuncian la llegada de la primavera: gritos de aves insólitas que pasan volando hacia el norte provenientes de México.

Isabel S. Abrams vive en Chicago y tiene una maestría en zoología. Es editora y escritora de ciencia y cofundadora de Caretakers of the Environment International, una red de estudiantes y maestros en más de 100 países. Ha obtenido varios premios por sus artículos, entre ellos uno de la ONU, y una beca del National Council for the Advancement of Science Writing, de Estados Unidos.

*Curso "SISTEMA DE AZOTEAS NATURADAS: UNA ALTERNATIVA DE ALTURAS..."*

La presente evaluación tiene la finalidad de conocer tu opinión respecto a los temas desarrollados en el curso, a través de preguntas y respuestas.

- 1.-Escribe las diferencias entre Naturación de Azoteas, Sistema de Naturación y Naturación Indirecta.
- 2.- Define la Naturación de Azoteas Extensiva e Intensiva.
- 3.- ¿Cuál es el primer requisito que se necesita para iniciar la Planeación de una Naturación?
- 4.- Describe por lo menos 3 condiciones que debe tener un inmueble para Pre-evaluar la factibilidad de una instalación de Naturación.
- 6.- Describe por lo menos dos tipos de impermeabilizantes y dos drenes para una naturación directa.
- 7.- ¿Cuál es la importancia de conocer el tipo de microclima del lugar donde se va a naturar una azotea?
- 8.- ¿Cuáles son los aspectos fundamentales que se deben considerar en el diseño de una azotea con potencial para ser naturada?
- 9.- Menciona por lo menos 5 ejemplares de plantas que consideres puedan desarrollarse en un sistema de Naturación directa.
- 10.- Desde tu perspectiva, como consideras el desarrollo de las azoteas naturadas para México.

---

Gracias por tu participación