



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

TESIS

SISTEMA DE NATURACIÓN BASE PARA AZOTEAS VERDES DE TIPO  
SEMI-EXTENSIVO  
ARQ/2018-2/CT/20

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ARQUITECTURA  
PRESENTA:

JOSÉ AGUSTÍN GARCÍA BALCÁZAR Mat. 200424896

DIRECTORA DE TESIS

DRA. GLORIA CAROLA SANTIAGO AZPIAZU Id. 100128911

ASESORES:

DRA. JULIA JUDITH MUNDO HERNÁNDEZ Id. 100467500

DR. JAIME JESUS RIOS CALLEJA Id. 100523904

Junio 2018

# 1. ÍNDICE

1. <a href="#">Índice</a> .....	1
2. <a href="#">Introducción</a> .....	2
3. <a href="#">Planteamiento del Problema</a> .....	4
4. <a href="#">Justificación</a> .....	6
5. <a href="#">Hipótesis</a> .....	7
6. <a href="#">Objetivos</a> .....	8
7. <a href="#">Azoteas Verdes: Conceptos y Definiciones</a> .....	9
8. <a href="#">Los Inicios de las Azoteas Verdes y su Desarrollo</a> .....	26
9. <a href="#">Marco Analítico: Casos de Estudio- Buenas Prácticas (Analogías)</a> .....	32
10. <a href="#">Evaluación y Análisis de los Sistemas de Naturación presentados</a> .....	38
11. <a href="#">Descripción del Sistema de Naturación Base Propuesto para Azoteas Verdes de tipo Semi-Extensivo</a> .....	40
12. <a href="#">Conclusiones</a> .....	45
13. <a href="#">Glosario</a> .....	47
14. <a href="#">Bibliografía</a> .....	49

## 2. Introducción

Arquitectura se puede definir como el arte de diseñar espacios para el desarrollo del ser humano; siendo esta una de las múltiples definiciones que existen del término. En esta definición hay un concepto que parece frágil en el momento histórico que se vive actualmente, éste es el concepto de desarrollo.

Si bien la arquitectura y la industria de la construcción han sido pilares del desarrollo humano desde los tiempos más antiguos y, parte fundamental del confort y la calidad de vida que ha alcanzado el hombre; también ha abonado fuertemente al deterioro de los recursos naturales y el equilibrio biológico del mundo, de una forma muy acelerada desde la revolución industrial a principios del siglo XIX, trayendo consigo la destrucción de gran número de especies de flora y fauna, así como gran explotación de recursos naturales, destrucción de hábitats y ecosistemas completos, además de grandes emisiones de gases con efecto invernadero debido a las maquinas motorizadas que consumen combustibles fósiles y que han dañado a la atmósfera de manera considerable.

Lo anterior, aunado a las demás industrias productivas, aparte de las grandes maquinarias utilizadas en estos procesos en el día a día y la velocidad tan acelerada de la vida actual, ha dado pie al surgimiento de conceptos que hace 40 o 50 años no se utilizaban, es así que llegamos al concepto que supone una contraposición al progreso y desarrollo humano, este concepto es: el *cambio climático*.

El *cambio climático* es un concepto relativamente nuevo, acuñado a finales del siglo XX, cuando las mediciones de los cambios de temperatura provocados por los gases de efecto invernadero se hicieron más contundentes también debido al desarrollo de las tecnologías de medición. El concepto es sencillo, expresa que la tierra se calienta más debido a que los rayos solares entran a la biosfera, por una especie de huecos u hoyos creados en la atmósfera por la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales destruyen ésta, provocando así que la biosfera sea más vulnerable a los rayos solares; este calor que entra se acumula, puesto que estos mismos gases no lo dejan salir, dando lugar al efecto invernadero, creando temperaturas más altas y extremando los procesos y fenómenos que ocurren naturalmente en la tierra para regular su temperatura, por lo cual los fenómenos naturales tales como lluvias, épocas invernales o

primaverales son más intensas. Prueba irrefutable de esto es el deshielo de los polos, gran indicador del fenómeno y hasta cierto punto, un medidor de la velocidad con que este lamentable fenómeno global está evolucionando (Gallardo, 1999).

La construcción de centros urbanos; grandes ciudades donde se albergan las actividades principales de orden económico-comercial, cultural y de gobierno u organización social, incluso de turismo en la mayoría de las ciudades capitales del país y donde transitan miles de personas, automóviles, transporte público, etc., presenta un problema particular dentro de este contexto de calentamiento global, llamado: *efecto isla de calor*. La mitigación del *efecto isla de calor* en las ciudades es el punto alrededor del cual gira este trabajo académico.

### 3. Planteamiento del Problema

El *efecto Isla de Calor*, es un fenómeno que se produce en grandes asentamientos humanos, por la cantidad de gases de efecto invernadero y la reflexión del calor solar que se producen ahí, ya sea por el número de automóviles que circulan, las fábricas que existen en la ciudad, y las grandes extensiones de pavimentos que se han tendido lo cual absorbe y refleja el calor, así como la escasez o las pocas y pequeñas zonas vegetadas que existen dentro de esa extensión urbana (Blender, 2015).

Los parques y bosques son grandes transformadores y balanceadores de este problema dentro de las ciudades, puesto que captan CO<sub>2</sub>, es decir dióxido de carbono (principal gas contaminante de la atmósfera) y lo convierten en oxígeno. Por principio de cuentas, provocan grandes sombras por los árboles que en ellos habitan, lo cual claramente provoca un menor asoleamiento de la superficie; y captan agua de lluvia lo cual provoca ajardinamientos que absorben los rayos solares para su desarrollo en lugar de refractarlos y permiten al mismo tiempo la no saturación de los sistemas de drenaje urbano.

Estos sitios, poco desarrollados y divulgados en las ciudades mexicanas, son ideales para mitigar el *efecto isla de calor*, y a su vez para la implementación de tecnologías o sistemas ecológicos que permitan abonar tanto en un mejor uso de los recursos naturales, como en el camino apenas emprendido del entendimiento de la vida contemporánea que incorpora al ambiente y la naturaleza como parte fundamental del ser y del desarrollo y progreso del hombre.

Por su parte, las edificaciones así como las ciudades, siendo ambos contenedores de actividades vitales a diferentes escalas, presentan claramente la falta de integración entre los materiales industriales como el acero y el concreto, y la naturaleza; es decir, el agua, la vegetación, etc., desde un punto de vista filosófico, como desde una conciencia de la integración necesaria entre estos dos polos para el equilibrio del sistema, y también para efectos prácticos como la reducción de la temperatura en los edificios, la eliminación de los sistemas de aire acondicionado en un gran porcentaje, el abasto de agua, hasta la producción de hierbas o alimentos consumibles y una estética que impacte y exprese el equilibrio sobre el cual se debe basar el desarrollo de la arquitectura y urbanismo contemporáneos.

Es así, como desde un punto de vista arquitectónico y humano se plantea el proyecto de hacer más accesible al mundo tanto de la arquitectura y construcción como del público en general interesado en contribuir, abonar e impulsar el equilibrio tan necesario entre el hombre y la naturaleza, cuidando del planeta y sus recursos y descubriendo nuevas formas que nos permiten seguirnos desarrollando como especie, sin afectar nuestra casa, el planeta.

La medida que se plantea como solución de accesibilidad y viabilidad tanto de la información necesaria, como de los elementos es, a partir de un análisis y descomposición de las soluciones que existen para la naturacion de azoteas, lograr un sistema básico, que explique muy bien los elementos necesarios invariables que logran el correcto funcionamiento del sistema, así como su colocación, proyectando así un panorama claro, maleable y viable tanto en el diseño, como en la construcción de azoteas ajardinadas.

## 4. Justificación

El estudio de las *azoteas verdes* y las eco tecnologías en México, si bien ha sido considerado por diferentes instituciones, así como introducido al mercado en alguna medida, aún está lejos de ser espacios que se estén desarrollando en las ciudades, que se implementen o impulsen por los gobiernos y/o que estén considerados por la sociedad en general como espacios utilizables y que aportan beneficios al habitar un inmueble.

Actualmente las *azoteas verdes* tienen usos diversos, no solamente como mitigador del *efecto isla de calor*, sino como espacios que se pueden usar desde el efecto térmico que tienen sobre los ambientes arquitectónicos interiores donde se implementan, por disminuir el uso de dispositivos de acondicionamiento de la temperatura, ya sea para calentar o enfriar los espacios contenidos. Así, también es posible utilizarlo para orientar y almacenar las aguas pluviales en épocas de lluvias, recurso que también está en un entredicho con los problemas ambientales de la actualidad; es un excelente espacio para cultivar hierbas y alimentos para consumo humano, aunado a las técnicas de cultivo desarrolladas en los últimos años como la hidroponía, etc., también los espacios vegetados, ayudan a la captación y amortiguamiento del ruido o contaminación auditiva; y funcionan de manera terapéutica o como espacios de esparcimiento, ocio y disfrute para los usuarios del inmueble, necesidades que ante el ritmo y las presiones de la vida actual se vuelven imprescindibles.

La idea de lograr un sistema base de implementación de azotea verde en un edificio nuevo o existente, pretende trazar una especie de guía, o de referencia que sugiera la dirección hacia donde se cree, debiera caminar el desarrollo urbano-arquitectónico, es por eso que se visualiza este proyecto de investigación con grandes alcances, pero siempre desde la unidad de las ciudades; el edificio.

El sistema se habrá de lograr a partir de la investigación de los sistemas ya implementados y comercializados en México, básicamente en la zona centro, tomando como referencia la CDMX y la ciudad de Puebla, y habrá de analizar los componentes, sus costos y beneficios, para determinar un sistema viable de acuerdo a un costo más bajo y un proceso de construcción claro y preciso que permita a cualquier profesional de la arquitectura, ingeniería o construcción, llevarlo a cabo y tener una serie de opciones a las cuales referirse.

## 5. Hipótesis

¿Cuál es el Sistema Básico para la implementación de Naturación de Azoteas de tipo Semi-Extensivas tomando en cuenta los ámbitos Técnico, Económico y Ambiental que hagan factible y accesible la implementación de estos sistemas de Naturación (*Azoteas Verdes*)?

## 6. Objetivos

### **Objetivo General:**

- Desarrollar el proceso implementación de una cubierta ajardinada de tipo semi-extensiva a partir de la determinación de un sistema base para contribuir a mitigar el efecto de la isla de calor, la reducción de CO<sub>2</sub> y regular la temperatura de los ambientes interiores.

### **Objetivos Particulares:**

- Comprender los distintos sistemas que existen y se han implementado en el mercado mexicano, desde los ámbitos económicos, técnicos y ambientales.
- Analizar los sistemas de naturación existentes a partir de su descomposición, para determinar los componentes básicos del sistema y su factibilidad técnica.
- Determinar el proceso correcto de implementación de los distintos componentes de un sistema de naturación en azoteas nuevas y existentes.

## 7. Azoteas Verdes: Conceptos y Definiciones

Dentro de la problemática del *efecto de isla de calor* en las ciudades, hay diversos estudios y artículos que tratan el tema, en la mayoría de ellos podemos constatar las diferencias térmicas que hay en los centros urbanos y sus alrededores, así como el efecto positivo que las superficies ajardinadas y vegetadas tiene sobre la temperatura de los edificios, y la radiación solar, la captación de CO<sub>2</sub> del ambiente, la absorción de agua en épocas de lluvia, el espacio verde como conservador de especies vegetales, y la reconstrucción de alguna manera del ecosistema en el contexto urbano.

Para la instalación o construcción de una azotea verde en un edificio nuevo, es decir, en alguna construcción que desde su concepción esté pensado así, o en una edificación vieja, que ya esté construido y asentado en la ciudad, hay varios factores a considerar para llevarla a cabo de la mejor manera. Por tanto, se plantea el proyecto de la azotea verde desde tres líneas de trabajo que son:

1. **Consideraciones técnicas específicas de la azotea verde a desarrollar:** cómo pueden ser tanto los del sistema de naturación, como los de la cubierta que recibirá este sistema para poder ajardinarse.
2. **Consideraciones económicas del proyecto:** el costo de los materiales y mano de obra del proyecto, y muy importante también los costos del mantenimiento de estos espacios.
3. **Diseño e impacto ambiental:** bondades que estos espacios ofrecen tanto a nivel físico-químico, como a nivel psicológico en los usuarios.

Lo anterior marca las líneas de trabajo que se deben cubrir para lograr sintetizar y puntualizar los componentes básicos de un sistema de naturación de azoteas.

En el tema de estudio, *azoteas verdes*, aunque no hay mucha bibliografía al momento, por ser un concepto relativamente nuevo, hay algunos investigadores, que han ahondado desde

los efectos de los gases de efecto invernadero en la atmósfera provocando el ya conocido problema ambiental del *cambio climático*, y determinado las diferentes acciones y medidas que se deben de llevar a cabo para mitigar este fenómeno.

Las opciones que existen en el mercado por lo general son muy costosas, debido a ello, se busca **identificar** los componentes y proveer de una lista de fabricantes de éstos para hacer más viable la construcción de dichos espacios.

## Conceptos

- ❖ **Efecto Isla de Calor** (fig. 1): Zona dentro de un área urbana caracterizada por una temperatura ambiente más alta que las zonas colindantes debido a una absorción de la energía solar por materiales como el asfalto, como se aprecia en la figura 1.

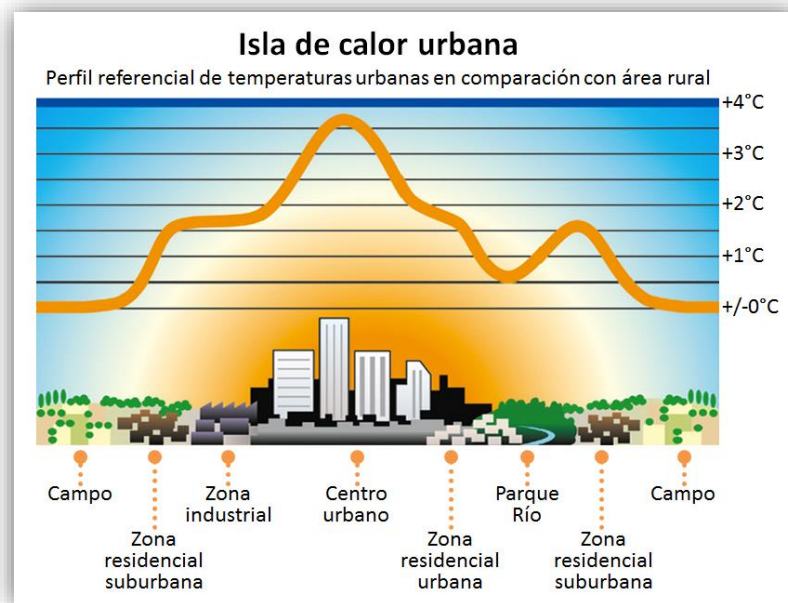


Figura 1. Gráfica Efecto Isla de Calor Urbana

Fuente: Artículo Internet

URL: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/wp-content/uploads/2015/04/Isla-de-calor-urbana1.jpg>

❖ **Azotea Verde:** Como se aprecia en la figura 2, una azotea verde, techo verde o cubierta ajardinada, se trata de un sistema de capas que incorpora el uso de vegetación sobre cubiertas de techos, proporcionando beneficios sociales, económicos y medio ambientales, especialmente en áreas urbanas, puede albergar diferentes técnicas de agricultura urbana o producción de alimentos, sistema de reciclaje de aguas o instalación de paneles solares. Éstas se dividen en 3 tipos que son:

- Intensivas
- Extensivas
- Semi-extensivas



Figura 2 Vista de una Azotea Verde o Naturada Extensiva

Fuente: Revista digital Feel LifeStyle

URL: <http://revistafeel.com.mx/feel-lifestyle/azoteas-verdes-un-oasis-de-vida-en-ciudades-de-concreto/>

❖ **Sistema de Naturación:** un sistema de naturación se refiere a la aplicación de diferentes materiales bajo diferentes técnicas, para lograr el objetivo de naturar o enverdecer espacios de manera artificial y que funcionen de manera óptima.

❖ **Naturación Urbana:** La naturación urbana es la acción de incorporar o fomentar la naturaleza mediante la recuperación de la flora y fauna autóctonas de una manera aceptable y sostenible (Briz, 1999; Briz & de Felipe, 2005). Rudolf (1992) definió la

naturación de construcciones como el tratamiento técnico de superficies horizontales, verticales o inclinadas, a diferentes precios, con vegetación especialmente adaptada (Neila, Bedoya, & Britto, 1999; Urbano & Briz, 2004), para formar una capa multifuncional sobre dichas superficies.

## Azoteas Verdes

Una *azotea verde*, coloquialmente llamada, podemos definirla como un techo o cubierta ajardinada parcial o totalmente, que de esta forma reutiliza el espacio, brinda recreación, esparcimiento, y constituye una mejora ambiental en el edificio, sus usuarios y el entorno.

A partir de esto pueden clasificarse en:

**Azoteas verdes Intensivas:** Estas azoteas son sistemas naturados diseñados para albergar plantas, arbustos, flores y árboles de tamaño mediano. Los costos y requerimientos de mantenimiento son altos, sin embargo, el impacto ambiental es mayor y los beneficios estéticos y energéticos son mayores.

**Azoteas Verdes Extensivas:** Estos sistemas naturados están diseñados para contener arbustos, plantas, cactus y flores pequeñas, con raíces de bajo crecimiento y con una necesidad de mantenimiento mínimo.

**Azoteas Verdes Semi-Extensivas:** Este sistema lo conforma una capa vegetal media, que combina algunas árboles y arbustos medianos, así como plantas suculentas, cactus y crasuláceas; por lo general, incorporan en el diseño del espacio andadores y algunas zonas de estar y recreativas.

Tabla 1. Parámetros para cada tipo de naturación.

Tipo de Naturación	Extensivo	Semi-Extensivo	Intensivo
Altura de Vegetación	5-50 cms.	5-100 cms.	5-400 cms.
Diametro de Copas	n/a	n/a	max. 300 cms.
Substrato	10-15 cms.	15-30 cms.	> 35 cms.
Carga Adicional	110-140 kg/m <sup>2</sup>	140-250 kg/m <sup>2</sup>	>250 kg/m <sup>2</sup>
Cobertura Vegetal	Crasuláceas y pastos	Crasuláceas, pastos y arbusto	Crasuláceas, pastos, arbustos, árboles

Fuente: Norma Ambiental para el D.F.

## Sistema de Naturación

Los sistemas de naturación de cubiertas involucran varios componentes para funcionar adecuadamente, para lograr esto podemos mencionar 4 procesos fundamentales. (figura 3).

- I. Impermeabilización:
- II. Colocación de Capa Drenante
- III. Colocación de Capa Filtrante
- IV. Colocación de Capa Vegetal

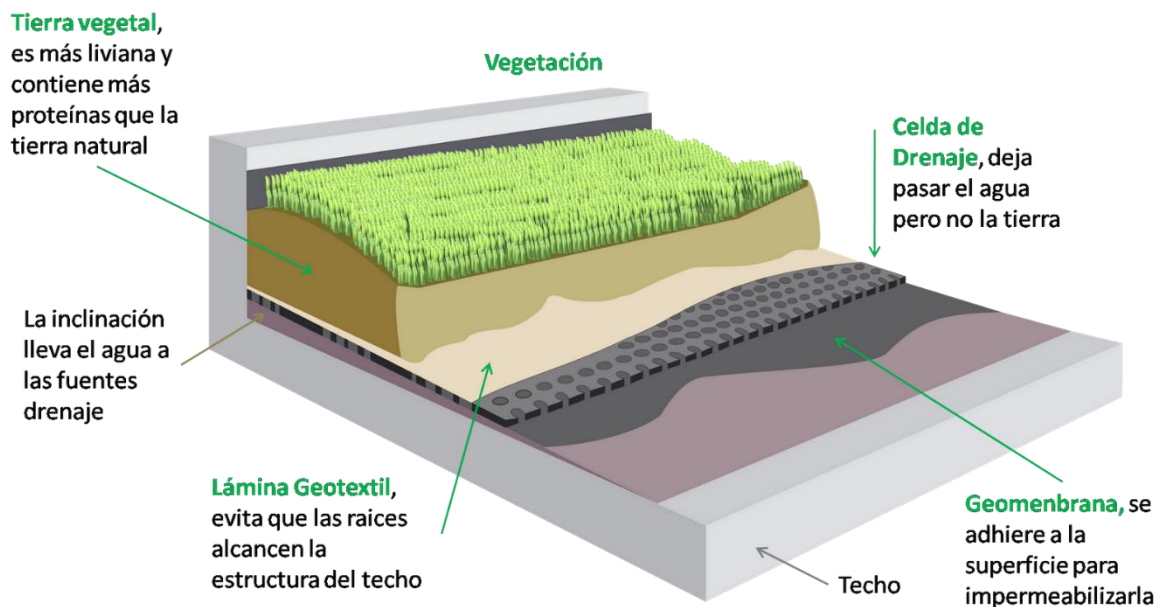


Figura 3. Estructura de un Sistema de Naturación de Azoteas

Fuente:

URL:<http://sotecpm.com/blog/domotica-azoteas-verdes/>

Aunque al principio de la implementación de estos sistemas (en los setentas, y para México a finales del siglo XX), las capas que se empleaban eran más, se ha probado que con una reducción de capas, una mejor calidad de cada una de estas y un correcto proceso de

construcción, se puede lograr el objetivo de contener en excelente estado la zona ajardinada, por esto, se han eliminado algunas capas de los primeros registros que presentan los sistemas de naturación y se ha puesto mayor énfasis en las partes técnicas del proceso constructivo. A continuación se describe brevemente la constitución y el funcionamiento de cada una de las capas que se han identificado como básicas.

## Capa Impermeabilizante

La Impermeabilización (fig.4) es un proceso muy importante para una azotea ajardinada o no, puesto que protege a la estructura y su interior de las humedades que provoca la intemperie, para llevar a buen término este proceso es fundamental cuidar los siguientes aspectos: 1) las bajadas o bajantes de agua pluviales que se reparten estratégicamente en la losa y que para el correcto desagüe que esta requiere, deben colocarse a razón de 1 B.A.P. por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie; 2) la pendiente de la losa hacia las bajadas pluviales deben tener el porcentaje adecuado debe oscilar entre el 3-5% de pendiente de la superficie en dirección a la bajada; 3) el terminado de la losa, lo cual se refiere al acabado que se le da al concreto que se le da a la losa la cual recibirá el tratamiento o producto de impermeabilización determinado por el proyectista, se recomienda un terminado fino, así como también no olvidar rematar con chaflán toda la perimetral de la losa, para provocar precisamente el correcto flujo de las aguas desde muro o pretil (ver figura 4). Los sistemas de impermeabilización pueden ser de distintos tipos, debido a la gran variedad y marcas que ofrecen soluciones para estas necesidades, ya que existen impermeabilizantes cementosos, líquidos, plásticos, acrílicos, asfálticos y orgánicos.



Figura 4. Impermeabilización tradicional

Fuente: Artículo Digital

URL:<https://www.metroscubicos.com/articulo/decoracion-y-hogar/2012/06/14/impermeabiliza-tu-casa-sin-gastar-demasiado>

## Capa Drenante Anti raíz

Capa geo sintética generalmente de polietileno, cuya función principal es permitir el flujo efectivo de los excesos de agua pluvial hacia las bajantes; buscando así evitar la saturación del sistema. Al ser plástica tiene la función de proteger las raíces generadas en el sustrato orgánico de la capa vegetal. (figura 5). En algunos sistemas se ocupan hasta 4 capas para lograr esta función, lo cual parece excesivo y tiene como razón de ser la posibilidad comercial materiales extras que al final incrementan el costo del sistema y acotan la viabilidad de su implementación. Un ejemplo de esto se presenta en el sistema construido en el Jardín Botánico de la UNAM, dónde para drenar se ocupó una capa de gravas que, con la pendiente correcta, desalojan el agua pluvial de manera efectiva.



Figura 5. Vista al centro de una Capa Drenante

Fuente: Internet

URL:[http://www.interempresas.net/Cerramientos\\_y\\_ventanas/Articulos/25254-Sanchez-Pando-crea-una-variante-de-su-sistema-de-cubierta-ecologica-Kubertol.html](http://www.interempresas.net/Cerramientos_y_ventanas/Articulos/25254-Sanchez-Pando-crea-una-variante-de-su-sistema-de-cubierta-ecologica-Kubertol.html)

## Filtro Geo textil

Es una membrana geo textil sobre la que se coloca la capa vegetal, cuya función principal es permitir únicamente el paso de los residuos líquidos. Ésta función es de vital importancia, ya que la correcta contención y separación de los residuos sólidos de los líquidos, permitirá que por separado los líquidos fluyan correctamente hacia los desagües, logrando la no saturación del sistema. De otra forma el sistema podría colapsar obstruyendo las bajantes, inundando la zona ajardinada y acumulando una carga sobre la estructura que podría ser peligrosa. Existen diferentes opciones en el mercado y se puede conseguir el elemento por separado.

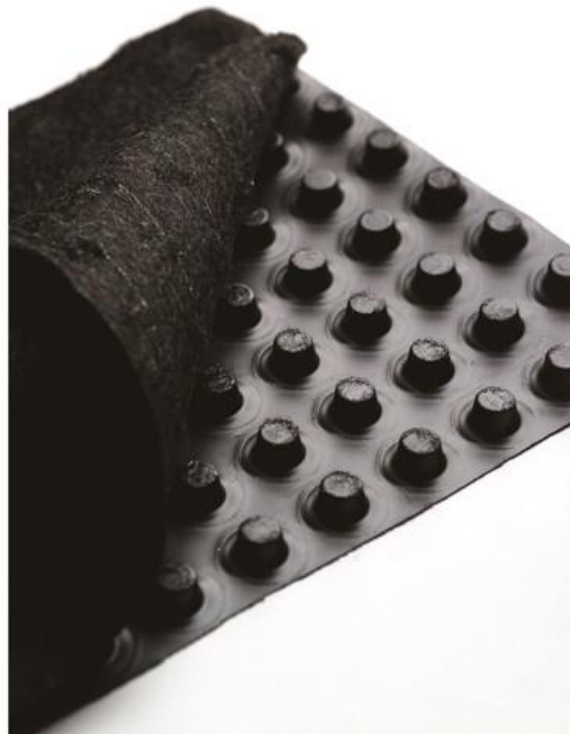


Figura 6. Capa geotextil y geo drenante

Fuente: Artículo Internet

URL: <https://listado.mercadolibre.com.mx/geodren-geotextil>

## Capa vegetal

La última capa que recibe el sistema para completarse, es la capa vegetal, que puede bien definirse como la mezcla de diversos materiales térreos, que reciben a la vegetación que vivirá ahí, acorde al diseño. Para las azoteas ajardinadas de tipo semi-extensivo, la paleta vegetal se basa en plantas crasuláceas y cactáceas, así como arbustos de raíz pequeñas, y resistentes al sol, así como pastos. Es posible incorporar arboles medianos contenidos en macetones. El sustrato orgánico que recibe a la vegetación debe ser una mezcla de gravas, tierra y composta. Es en este elemento del sistema donde será posible observar el diseño y la intención del proyectista obre el espacio.



Figura 7. Corte donde se observa la Capa vegetal sobre parte del sistema

Fuente: Catálogo Digital

URL:<http://www.archiexpo.es/prod/john-newton-co-ltd/product-99446-1503129.html>

## Normativa

En este apartado se citan y analizan las normativas y consideraciones oficiales que aplican para el uso de las azoteas en Puebla y en La Ciudad de México.

- Normatividad en la CDMX

La Norma Ambiental para la CDMX modificada por última vez en 2009 y catalogada como NADF-013-RNAT-2007, establece las especificaciones técnicas para la instalación de Sistemas de Naturación en el Distrito Federal. (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2008).

- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal

Se configuró un programa de trabajo que pone énfasis en trabajar para que la Ciudad de México sea una urbe “verde, moderna, innovadora, competitiva, exitosa y con la mejor calidad de vida para sus habitantes” (Secretaría del Medio Ambiente CDMX, 2018), los ejes dentro de los que se ubican la función de las *azoteas verdes* son: mejora continua de la calidad del aire, creación de nuevos espacios verdes urbanos y acciones locales para reducir los riesgos del *cambio climático*.

También se consideran incentivos para este tipo de espacios: “Incentivo fiscal, de reducción de impuesto predial por instalación de un sistema de naturación de azoteas o azotea verde” incluido en el artículo 296 BS fracción II, del Código Fiscal del Distrito Federal, el cual fue adicionado mediante reforma publicada en la Gaceta Oficial para el Distrito Federal el 30 de diciembre de 2011.

- Programa de Acción Climática de la Ciudad de México

Dentro de este Programa se determina: “Mejorar el medio ambiente de la Ciudad de México mediante el fomento, rehabilitación y mantenimiento de las áreas verdes urbanas” (Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A. C., 2014).

- Código de Edificación de Vivienda

Dentro del Código se menciona:

“2711.2 Áreas verdes en los desarrollos habitacionales. El proyecto debe contemplar criterios de sustentabilidad y educación ambiental tales como ahorro y uso eficiente de agua, ahorro de energía y la utilización de ecotecnias, entre otros. Se deben utilizar preferentemente especies nativas” (Comisión Nacional de Vivienda, 2006).

En cuanto a normativa o reglamentación, no se encontró nada para el Estado y Municipio de Puebla, aunque dentro de los Programas de Desarrollo Urbano Sustentable del estado, se menciona promoción y protección de las áreas verdes, no se definen acciones ni incentivos para lograr esto, por lo que es importante legislar y determinar por parte de las autoridades tanto normas, reglamentos e impulsos para la creación de estos espacios.

## Sistemas de Naturación de Azoteas en el Mercado Mexicano

A continuación, se presenta los sistemas en el mercado mexicano que más información proporcionaron, la cual será vaciada en un cuadro que separa sus características técnicas, ambientales y económicas para posteriormente compararlas entre sí.

### Empresa 1: NATURACIÓN INTEGRAL S. de R.L. de C.V. Generación verde.

(Proyectos diversos en CDMX)

Contacto:

- Sitio Web: <https://generacionverde.com/>
- Teléfonos: (55) 6277 5776; (55) 5086 8820
- Dirección: Eleuterio Méndez 27, San Simón Ticumac, 03660, Benito Juárez, CDMX.

Factores	Consideraciones
Económicos	\$ 2,088.00 m.n.; Incluye Material y Mano de Obra; NO especifica tiempo de vida, ni Garantía.
Técnicos	Sistema de 5 Capas; Incluye el sistema hasta la Capa Vegetal; Incluye sistema de Riego; Permite sistemas Extensivos, Semi e Intensivos.
Ambientales	Hasta 30 cms de sustrato orgánico; Vegetación de hasta 1 mt. Por lo tanto 1.30 mts de Capa Vegetal.



Figura 8. Techo Verde construido por Generación Verde

Fuente: Página Web Oficial

URL: <https://generacionverde.com/azoteas-verdes/>

**Empresa 2: Biosfera Tlalli A.C.** (responsables del proyecto INFONAVIT)

Contacto:

- Sitio Web: <http://btlalli.org.mx/>
- Teléfonos: N/A
- Dirección: N/A

Factores	Consideraciones
Económicos	\$ 1,777.00 /m <sup>2</sup> precio neto; Incluye Material y Mano de Obra; Hasta 20 años de Garantía.
Técnicos	Sistema de 7 Capas; Incluye el sistema hasta la Capa Vegetal; Incluye Sistema de Riego. Permite Sistemas Extensivos, Semi e Intensivos.
Ambientales	Hasta 30 cms de sustrato orgánico; Vegetación de hasta 1 mt. Por lo tanto 1.30 mts de Capa Vegetal.

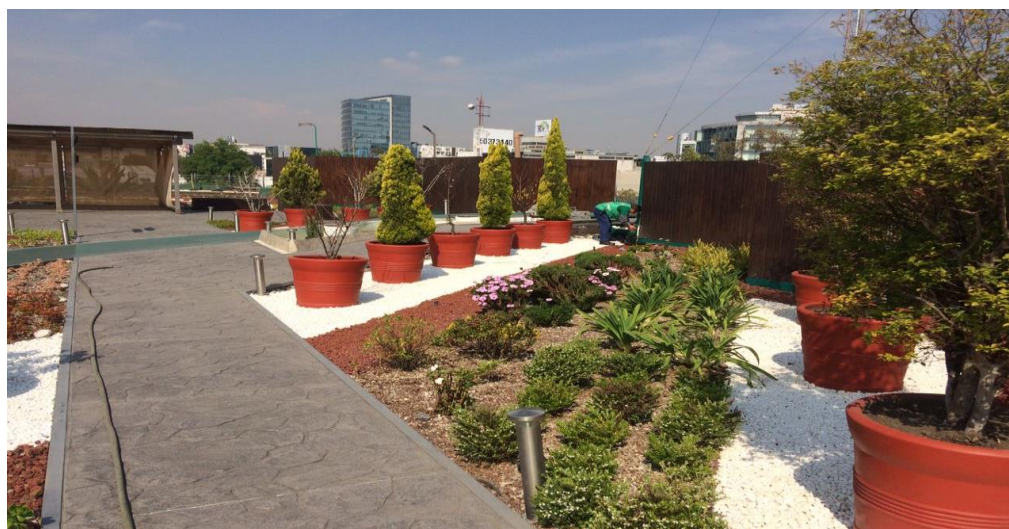


Figura 9. Azotea Verde INFONAVIT CDMX  
Fuente: Elaboración propia

### Empresa 3: Imperquimia, S.A. de C.V.

Contacto:

- Sitio Web: <http://imperquimia.mx/web/> (asesoría on-line)
- Teléfonos: 01800 737 8358 / (222) 240 7337
- Dirección: 23 Poniente N° 1915, Col. Volcanes, C.P. 72410 Puebla, Puebla.

Factores	Consideraciones
Económicos	\$ 1048.56/m <sup>2</sup> precio neto; Incluye material; No incluye Mano de Obra; Se dan hasta 20 años de Garantía del sistema.
Técnicos	Sistema de 5 capas; No incluye sustrato orgánico; No incluye Capa Vegetal, No incluye Sistema de Riego. Sistema para Azoteas Extensivas, Semi e Intensivas.
Ambientales	Hasta 30 cms de sustrato orgánico; Vegetación de hasta 1 mt. Por lo tanto 1.30 mts de Capa Vegetal.



Figura 10. Azotea Verde Sistema Imperquimia  
Fuente: Portal Imperquimia  
URL: <http://imperquimia.mx/web/sistema/uniplas-jardin>

#### Empresa 4: APSER Aplicaciones y Servicios JVA, S.A. de C.V.

Contacto:

- Sitio Web: <http://apser.com.mx/index.php>
- Teléfonos: 2641426; 2445429; (222) 2452020
- Dirección: Av. Margaritas #112, Col. Bugambilias, Puebla, Pue.

Factores	Consideraciones
Económicos	\$ 440.00 /m <sup>2</sup> precio neto; Incluye Material y Mano de Obra; No se especifica tiempo de vida o Garantía del producto y servicio.
Técnicos	Sistema de 3 Capas: No incluye Sustrato Orgánico; No incluye Capa Vegetal; No incluye Sistema de Riego. Permite Sistemas Extensivos, Semi e Intensivos.
Ambientales	Hasta 30 cms de sustrato orgánico; Vegetación de hasta 1 mt. Por lo tanto 1.30 mts de Capa Vegetal.



Figura 11. Azotea Verde en Torres Palmas Angelópolis

Fuente: Artículo Web

URL:<https://www.vivanuncios.com.mx/s-renta-inmuebles/puebla/departamento/v1c109811020a1pop1>

## 8. Inicios de las Azoteas Verdes y su Desarrollo

El concepto de *azotea verde* como lo entendemos hoy, no es muy antiguo, incluso podríamos decir que es un concepto moderno, sin embargo, las primeras imágenes o los primeros atisbos de este tipo de espacios naturados en la imaginación humana datan de varios siglos atrás.

El primer antecedente al que podemos referirnos es el de los “Jardines colgantes de Babilonia” (fig. 12), los cuales incluso fueron considerados una de las siete maravillas del mundo antiguo y que data de alrededor del siglo VI a. de C., aunque esto aún se discute pues no se han encontrado pruebas arqueológicas contundentes que lo confirmen, es así como estos jardines, según varios relatos de la antigua Grecia, habían sido cultivados en jardineras o macetas hechas en obra que remataba grandes terrazas y cuya vegetación caía por éstas, dando la impresión de estar colgando, así construidas, se cree ocupaban un sistema de bomba de cadena o noria, para mantener los jardines hidratados y siempre verdes.



Figura 12. Pintura de los Jardines Colgantes de Babilonia según el artista holandés Martin Van Heemskerck en el siglo XVI

Fuente: Artículo Digital

URL: <http://www.abc.es/cultura/20131126/abci-identifican-verdaderos-jardines-babilonia-201311261003.html>

Estos jardines, atribuidos al Rey Nabucodonosor II en el siglo V a. de C. como regalo a su esposa, no ha podido comprobarse su existencia, aunque hay estudios, investigadores y académicos que han indagado hasta tierras donde según escritos estuvieron estos jardines, hasta el momento, no hay pruebas arqueológicas que puedan confirmarlo, por esta falta de pruebas, también se cree que los Jardines Colgantes no son más que una leyenda (Diario ABC, 2013). Otro ejemplo de este tipo de espacios son los Yaodong (fig. 13), que en chino significa “cueva de la casa”, y que son viviendas tipo cuevas que se han utilizado en el norte de China, datan de varios siglos atrás y continúan utilizándose hasta nuestros días. Estas “cuevas” se han construido en su mayoría en laderas o mesetas, donde las tierras son finas, arcillosas, altamente fértiles y fáciles de cultivar, lo cual hace su tipo de construcción una opción viable. La construcción se desarrolla hacia abajo en excavación, donde se forma un patio central, desde donde se construyen las habitaciones horizontalmente, dejando como cubierta la tierra superficial desde donde se excavó, logrando así dejar una cubierta orgánico-vegetal. Estas cuevas son muy agradables para vivir por su adaptación térmica. Su popularidad alcanzó su apogeo durante las dinastías Ming y Qing (1360-1912), incluso hoy en día se cree que cerca de 40 millones de personas viven en este tipo de viviendas.

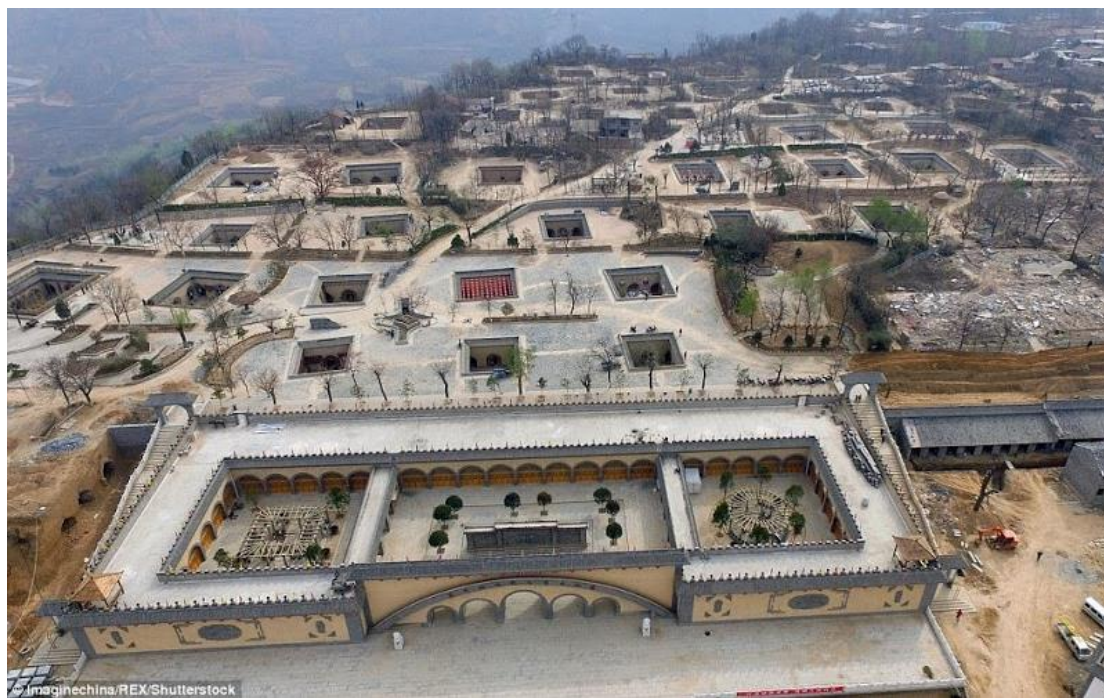


Figura 13. Vista Aérea de un conjunto de Yaodongs en una meseta en el norte de China

Fuente: Artículo Digital

URL:<https://destinoinfinito.com/yaodong/>

En la época moderna podemos ver aplicaciones diferentes del concepto de jardín. A principios del siglo XX el arquitecto francés Charles Edouard Jeanneret mejor conocido como Le Corbusier, diseñó y construyó un proyecto arquitectónico que se ha vuelto ícono de la modernidad en el diseño arquitectónico: la Villa Savoye (fig. 14), donde desde un punto de vista puramente arquitectónico pone de manifiesto el uso del jardín y la integración al ambiente, en una forma de diseño ideal que relata en sus 5 puntos de la arquitectura, donde describe en el quinto: la cubierta jardín.

En la Villa Savoye, Le Corbusier nos deja ver este principio de arquitectura sin saber que 100 años después estaría más vigente que nunca doblemente sustentado, tanto por motivos arquitectónicos, como ambientales.



Figura 14. Fachada posterior Villa Savoye

Fuente: Artículo Digital

URL: <http://www.cosasdearquitectos.com/2014/01/villa-savoye-1929-le-corbusier-una-vivienda-que-revoluciono-la-arquitectura/>

En este proyecto, observamos claramente una tendencia muy fuerte a la integración del edificio a la naturaleza, desde limitar la superficie cubierta de concreto al área de la casa y sus accesos vehiculares, procurando no invadir de concreto el contexto donde se ubica, también podemos observar detalles muy interesantes como el color verde de los muros externos de la planta baja, el cual da una impresión visual de no existir, donde la planta alta yace suspendida en el paisaje, así como los macetones integrados al diseño interior y construidos en obra, para alojar arbustos y plantas de follaje, dentro y como parte del inmueble, así como la gran terraza de planta libre que se aloja en la mitad del segundo nivel de la construcción, la cual está rematada por largos ventanales rectangulares, que solo se interrumpen por las columnas circulares que dan sustento estructural, ofreciendo una vista al interior plagada de verde y ofreciendo una integración del hábitat construido al hábitat natural que resguarda el proyecto, como podemos observar en la figura 15.



Figura 15. Vista Interior de la Villa Savoye

Fuente: Artículo Digital

URL: <http://www.cosasdearquitectos.com/2014/01/villa-savoye-1929-le-corbusier-una-vivienda-que-revoluciono-la-arquitectura/>

Ya en la década de los 50, en Alemania se comienzan a estudiar estos sistemas, impulsados por un movimiento que reconoce el valor ecológico y los beneficios de la flora y la fauna. A inicio de los años 70 y motivado por artículos y libros científicos que promueven las azoteas vegetadas, así como las convenciones y Protocolos por el medio ambiente y la tierra, se da un auge y un desarrollo de este tipo de superficies. Aunque en Europa ya se llevaban años de

impulsar e investigar estos espacios, en Latinoamérica no se tomaban en cuenta, hasta la globalización y popularización del concepto de *cambio climático* y de un concepto nuevo en la arquitectura en ese momento, la arquitectura sustentable.

En México la primera prueba en construir este tipo de espacios en cubiertas fue en el edificio del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM (fig. 16).

Como una reproducción de lo acontecido y desarrollado Alemania, en 1999, el Biólogo Jerónimo Reyes Santiago construyó la primera cubierta naturada de la que se tenga registro, en el Jardín Botánico. Este proyecto se derivó del interés del Biólogo por llevar a cabo acciones que pudieran mitigar la mala calidad del aire, por lo cual, realizó una estancia académica en la Universidad Humboldt en Berlín, para estudiar la forma desarrollada de construirlos, generar prototipos materiales y técnicos, con el fin de regresar al país a implementarlos y comenzar por construir 2,000 m<sup>2</sup> de azoteas naturadas que al final no se realizaron.

Actualmente el Biólogo afirma que la Ciudad de México necesita mínimamente 1,200 hectáreas de azoteas verdes, nutridas de vegetación viva, para reducir en un grado Celsius la temperatura ambiental, cada vez más alta debido a la contaminación y al crecimiento de espacios con cemento.



Figura 16. Vista de la cubierta ajardinada del Jardín Botánico de la UNAM

Fuente: Boletín Digital

URL: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2016\\_471.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2016_471.html)

La aplicación del Biólogo supone una acción directa al medio ambiente, con la expansión y popularización del concepto, impulsado por informes y opiniones científicas, tratados internacionales, políticas públicas, comisiones, organizaciones ambientalistas y un gran público del ámbito general; se han podido observar y estudiar, muchos otros beneficios y cualidades que proveen los espacios verdes para el bienestar y desarrollo del ser humano, los cuales son aplicables desde varios puntos de vista del conocimiento.

## 9. Marco Analítico: Casos de Estudio – Buenas Prácticas (Analogías)

En la actualidad, el concepto de *azoteas verdes* es ya muy conocido en general, y podemos ver diferentes casos exitosos alrededor del mundo (Alemania y E.U. líderes en el ámbito), en México es poco común ver estos espacios en la ciudad, ya sea en oficinas, casas o edificios. En esta selección podemos ver el caso de una escuela de arte en Singapur, que incorpora la cubierta ajardinada de manera muy orgánica y equilibrada en el edificio y el entorno, siendo por su forma y sus grandes claros ajardinados un ejemplo importante; así como en México podemos citar al Infonavit que, en el edificio de sus oficinas en la Ciudad de México, construyó y disfruta de la cubierta ajardinada más grande de Latinoamérica desde el año 2011.

### **Analogía Internacional: Escuela de arte y Diseño Nanyang Singapur**



Figura 17. Vista de la Escuela de Arte y Diseño en Singapur

Fuente: Artículo Digital

URL: <https://www.archdaily.mx/mx/02-5672/arquitectura-como-paisaje-nanyang-technological-university-singapur>

Un tratamiento de cubiertas completamente verde fue la estrategia implementada para el edificio del School of Art and Media de la Universidad Tecnológica de Nanyang en Singapur (fig. 17). El proyecto desarrollado por CPG Corporation cuenta con 5 pisos combinando una forma orgánica y vegetal relacionando estructura, paisajismo, tecnología de punta y simbolismo asiático.

Una de las particularidades de este proyecto es su especial tratamiento de cubiertas, lo cual lo diferencia del resto de los edificios del campus, difuminando los límites entre paisajismo y edificio. El proyecto está compuesto por dos volúmenes cóncavos hacia un patio interior, cubiertos por una techumbre verde que aísla el edificio ayudando a temperar el ambiente, controlando y conservando las aguas lluvias para la mantención del paisajismo exterior. Según podemos observar se trata de una Azotea Verde Extensiva, puesto que su capa vegetal se compone únicamente de césped, también puede decirse que su diseño es ideal para recibir este tipo de cubierta, de acuerdo a sus losas marcadamente inclinadas, lo que provoca un excelente funcionamiento de drenaje del sistema naturado.

## Analogía Nacional: Oficinas Infonavit Ciudad de México



Figura 18. Vista Aérea de la azotea naturada del Edificio del Infonavit  
Fuente: Elaboración Propia

Las enormes ciudades como el Distrito Federal demandan soluciones arquitectónicas con una visión de sustentabilidad que les permitan mejorar el ambiente, la economía y el bienestar de sus habitantes.

Un caso de éxito es la **azotea verde más grande de Latinoamérica** que se instaló en la sede del INFONAVIT, ubicado en Barranca del Muerto #280, Col. Guadalupe Inn, Delegación Álvaro Obregón. El edificio fue diseñado y construido por los arquitectos Abraham Zabudovsky y Teodoro González de León en 1974.

Con un área total de más 5,000 m<sup>2</sup>, de los cuales 4,000 m<sup>2</sup> aprox. fueron aprovechados para instalar una zona de entrenamiento y yoga, área de baño con vestidores, pista de atletismo, áreas de descanso, sistema de andadores (fig. 19), bebederos aviares (fig. 21), invernadero para producción de hortalizas (fig. 22), y área de mantenimiento y servicios, esta azotea es un espacio

recreativo y de convivencia que ofrece un remanso visual y emocional a los usuarios, con la posibilidad de mejorar su salud y calidad de vida.



Figura 19. Vista desde la azotea ajardinada, vemos andadores y pista de atletismo.  
Fuente: Elaboración Propia

La cubierta se construyó en el 2011 bajo el mando de la empresa Biosfera Tlalli, y con la colaboración para el suministro del sistema de Sika Group. La pista de atletismo es de tartán y tiene un recorrido de 378 mts. lineales. El tipo de sistema ha permitido una naturación semi-extensiva, a base de plantas suculentas, así como de arbustos directamente en el sustrato, y la integración últimamente de árboles medianos en macetones distribuidos por la cubierta.

La cubierta contiene una profundidad de 15 a 20 cms. compuesta de tierra, composta, tezontle y tepojal, materiales que lo hacen ideal para recibir la vegetación, permitir un correcto flujo de aguas pluviales y mantenerse ligero en peso. La paleta vegetal consta de 159 especies de plantas, arbustos y árboles medianos, de las cuales 7 están en categoría de especies en riesgo de extinción, por lo que este espacio funciona también como zona de resguardo y cultivo de

especies en riesgo. La cubierta debe resistir un peso de 250 kg/m<sup>2</sup> lo cual ya cumplía desde antes de la instalación del jardín, puesto que el edificio fue diseñado estructuralmente para recibir un piso más. El edificio presenta una disminución de la temperatura de entre 2 a 4 °C en el piso inmediato inferior a la cubierta, pero este efecto desaparece conforme bajan los niveles, según reportes del equipo encargado del aire acondicionado del edificio.

El sistema utilizado contempla el uso de 6 capas con diferentes funciones, éstas se pueden observar en la figura 20, a continuación, se enumeran las capas que integran este sistema de naturación:

1. Capa Impermeabilizante
2. Geotextil
3. Capa anti raíces
4. Geotextil
5. Capa Drenante
6. Geotextil
7. Sustrato orgánico y vegetación



Figura 20. Estructura del sistema de Naturación utilizado en el edificio del Infonavit.  
Fuente: Elaboración Propia

El proyecto para ajardinar ésta cubierta costó \$8,000,000 (ocho millones de pesos m.n.), y su mantenimiento anual cuesta \$ 1,000,000 (un millón de pesos), que incluyen poda, riego y deshierbe diario, de manera orgánica, así como atención a las visitas solicitadas y atención al huerto; éste servicio lo provee la empresa CICEANA S.A. de C.V. al INFONAVIT.



Figura 21. ecosistema  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 22. Huerto Urbano  
Fuente: Elaboración Propia

## 10. Evaluación y Análisis de los Sistemas de Naturación presentados

A continuación, presentamos un cuadro que descompone los distintos sistemas desde 3 ámbitos clave: el económico, el técnico y el ambiental aplicando un criterio que coteja los rasgos que presentan o no los diferentes sistemas.

**Tabla 2. Comparativo de los Aspectos Técnicos, Económicos y Ambientales.**

Ámbitos	Sistemas			
	Generación Verde	Biosfera Tlalli A.C.	Imperquimia	Apser
Cumplen las 4 capas básicas	✓	✓	x	x
Más de 4 Capas	x	✓	✓	x
Impermeabilizante asfáltico	✓	✓	x	✓
Impermeabilizante Líquido	x	x	✓	x
Pendiente min. 2%	x	✓	✓	✓
Pendiente min. 3%	✓	x	x	x
Capa Imper-Anti raíz	x	x	x	✓
Capa Antí Raíz	✓	✓	✓	x
Capa Drenante	✓	✓	✓	✓
Capa Drenante Antí Raíz	x	x	x	x
Capa Filtrante Geotextil	✓	✓	✓	✓
Capa Vegetal	✓	✓	x	x
Gravas Aligerantes y Drenantes	✓	✓	x	x
Sistema de Riego	✓	x	x	x
Azoteas Extensivas	✓	✓	✓	✓
Azoteas Semi-Extensivas	✓	✓	✓	✓
Azoteas Intensivas	✓	✓	✓	✓
<b>Económico</b>				
Precio por M <sup>2</sup>	\$ 2,088.00	\$ 1,777.00	\$ 1,048.00	\$ 440.00
Vida Útil	n/a	20 años	15-20 años	15 años
<b>Ambiental</b>				
Inercia Térmica	✓	✓	✓	✓
Escorrentía	✓	✓	✓	✓

Fuente. Elaboración propia

Se evalúa con sí o no, si cumplen las diferentes características y especificaciones que emplea un sistema naturado de la siguiente manera:

si	✓
no	x

El siguiente cuadro, muestra los 4 sistemas de naturación a evaluar y las empresas que proveen este producto-servicio.

S1	Sistema 1. Empresa: Generación Verde S.A. (fabricante desconocido)
S2	Sistema 2. Empresa: Biosfera Tlalli A.C. (Sika Mexicana)
S3	Sistema 3. Empresa: Imperquimia S.A. de C.V.
S4	Sistema 4. Empresa: Apser S.A. de C.V. (Sika, FondaLine, PASA)

## 11. Descripción del Sistema de Naturación Base Propuesto para Azoteas Verdes de tipo Semi-Extensivo

El sistema de naturación base, se refiere a la síntesis que genera este documento, como una alternativa viable y accesible para la implementación de azoteas naturadas en cubiertas existentes o nuevas, por parte de ingenieros, arquitectos y constructores que estén buscando una solución para la construcción de estos espacios.

A partir del análisis que se hizo, el sistema base de naturación que se propone contempla 4 componentes que son los siguientes:

- 1. Capa de Impermeabilización:** este primer componente es fundamental, una correcta impermeabilización puede ahorrarnos muchos problemas, como parte del sistema de naturación base, nos enfocamos en un sistema tradicional, ya sea por medio de una emulsión química de las diferentes marcas en el mercado, o alguna orgánica y ecológica como la preparada *in situ* a base de alumbre, jabón neutro y baba de nopal, utilizada y autorizada por el INAH para cubiertas en inmuebles protegidos. Sin embargo, e independientemente del producto o la emulsión impermeabilizante que se aplique, se hace especial énfasis en las condiciones de la losa a impermeabilizar, las cuales son muy importantes para que la solución impermeabilizante funcione correctamente y se logró la primera etapa del proceso de naturación.
- 2. Capa drenante y anti raíz:** ésta capa es muy importante para permitir el correcto flujo del exceso de aguas hacia las bajantes, y al ser fabricado como un geo sintético, se ocupa igualmente como una barrera solida tanto para líquidos (aguas pluviales), como para solidos (raíces vegetales). En este proceso se hace énfasis en la dirección y la longitud de los traslapes, y al final de su colocación la prueba del correcto funcionamiento de desagüe por parte de la membrana.
- 3. Capa Filtrante Geo textil:** la capa filtrante es precisamente la membrana que protege el espacio que genera el drenante de restos sólidos de tierra o gravas filtrando

solo el agua excedente de la capa vegetal, sobre esta capa se coloca directamente la capa vegetal.

**4. Capa vegetal:** por último, la capa vegetal, compuesta de material drenante, composta, tierra y la vegetación que va a alojar este sustrato. Aquí es importante colocar justo encima del geotextil una capa de gravas como dren, de igual forma se deberá colocar en la perimetral y sobre las coladeras de las bajantes esta misma capa de gravas, luego entonces se colocará el sustrato orgánico y se compactará hasta alcanzar la altura para recibir la vegetación, ya sea puro césped, y/o especies de plantas, arbustos y flores. Los árboles medianos se recomienda instalarlos en macetones.



Figura 23. Diagrama del Sistema de Naturación Base Propuesto.  
Fuente: Elaboración Propia

## Proceso de Construcción del Sistema de Naturación Base

La aplicación del sistema base de naturación en las superficies a tratar para lograr el correcto funcionamiento debe cumplir con las siguientes especificaciones:

**Tabla 3. Cuadro Explicativo del Proceso Propuesto de Construcción**

1	<b>Impermeabilización</b>
1.1	Limpiar perfectamente la losa de impurezas o hierba
1.2	Rellenar y cerrar todas la fisuras de la losa
1.3	Recubrir, proteger y señalar instalaciones
1.4	Chaflandes en todas las uniones de losa con muro o pretil a 45°
1.5	Pendiente > del 3% hacia las bajantes
1.6	Terminado todo en un acabado fino pulido
1.7	Aplicar el Impermeabilizante sin diluir en toda la losa y hasta 30 cms. sobre el nivel de tierra
1.8	Comprobar el correcto desagüe hacia las bajantes de la losa
2	<b>Capa Drenante Anti Raíz</b>
2.1	Colocar la membrana drenante anti raíz
2.2	Traslapes mínimos de 40 cms. entre tramos de membrana
2.3	Colocar los traslapes siguiendo la lógica de las tejas, hacia las bajantes
2.4	Comprobar el correcto desagüe hacia las bajantes de la losa
3	<b>Capa Filtrante Geo Textil</b>
3.1	Colocar la capa Geo textil
3.2	Traslapes mínimos de 30 cms. entre los tramos
3.3	Colocar los traslapes en el mismo sentido que la drenante
4	<b>Capa Vegetal</b>
4.1	Colocar la capa vegetal como una mezcla de sustrato receptor y vegetación
4.2	Colocar primero una mezcla de gravas y materiales aligerantes y drenantes como tepojal y tezontle
4.3	Sobre las gravas colocar una mezcla de tierra negra y composta
4.4	Compactar y corroborar el nivel de tierra
4.5	Colocar la vegetación seleccionada

Fuente: Elaboración Propia.

## **Mantenimiento**

Se deberá supervisar la no aparición de plantas adventicias no deseadas especialmente durante los primeros meses posteriores a la construcción del sistema de naturación. En caso de encontrar este tipo de vegetación deberá ser eliminada manualmente.

Es preciso considerar que algunos tipos de vegetación que surgen en los sistemas de naturación de forma adventicia pueden ser deseables ya que incrementan la diversidad florística del sistema; en estos casos se conservará dicha vegetación. En caso de pérdida de vegetación deberán llevarse a cabo trabajos de replantación preferentemente al inicio de la temporada de lluvia.

Cuando la vegetación seleccionada para la naturación exceda el crecimiento deseado o el crecimiento permitido se llevarán a cabo trabajos de poda para controlar el crecimiento de la vegetación. Los restos de la poda pueden aportar a la repoblación de la naturación mejorando la germinación de las semillas y plantas. Para la realización de los trabajos de riego se debe cuidar que el agua llegue suavemente a la superficie naturada en forma de lluvia fina o con un sistema de riego por goteo y/o micro aspersión que no exceda la capacidad de absorción del sustrato para evitar la escorrentía superficial del agua.

En inmuebles y/o complejos arquitectónicos que cuenten con sistemas de captación de agua pluvial, agua tratada o plantas de tratamiento de aguas; los riegos deberán realizarse con agua proveniente de éstas.

En las naturaciones extensivas, una vez alcanzada la cobertura deseada se limitarán los riegos a dos veces por año durante la época de sequía salvo en ocasiones excepcionales en que la vegetación requiera un riego más intenso para su supervivencia. En las naturaciones intensivas y semi-intensivas la frecuencia de los riegos, una vez que se alcance una cobertura vegetal del 85% tras la fase de plantación, se determinará en relación al tipo de sustrato y vegetación elegida.

## **Plagas**

Para los casos en que se requieran realizar trabajos de control de plagas y enfermedades en el sistema de naturación, deberá recurrirse a un técnico con licencia sanitaria de la Secretaria de Salud, para la aplicación de plaguicidas, conforme a lo estipulado en la Ley de Salud.

Cuando se lleven a cabo estos trabajos, deberán colocarse letreros con la leyenda: “ÁREA VERDE EN TRATAMIENTO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES” en las zonas en que se estén aplicando los agroquímicos, y se acordonarán las mismas con cinta plástica de color amarillo y letras negras con la leyenda “PRECAUCIÓN”.

## 12. Conclusiones

Es entonces que, a partir de la investigación aquí presentada podemos concluir que:

Por una parte, no es posible partir de una generalidad para describir el aprovechamiento de los recursos proveídos por las azoteas ecológicas, sino que, para generar una reducción de temperatura importante en todo un edificio a partir de 3 niveles, será fundamental nuevos sistemas de saturación verticales para cubrir la totalidad de la demanda calórica del edificio.

Por otra parte, a partir de los datos de la investigación y considerando la realidad inmediata del autor; y, de acuerdo al grado de desarrollo de nuestras urbes, la propuesta más sensata gira en torno a las *azoteas verdes* de tipo semi-extensiva. Tal propuesta parte del hecho de que la azotea semi-extensiva conlleva un mantenimiento moderado, es ligera y ayuda en buen grado a la reducción de temperatura en el edificio instalada.

Es entonces que las observaciones más importantes son en un sentido técnico, de modo que lo más importante es tomar en cuenta la particularidad del proceso mediante el cual se natura un espacio, la forma de tratar los materiales y los elementos que conforman dicho sistema de naturación.

Por tanto, las recomendaciones a partir de los casos tocados en el presente trabajo de investigación son: crear el diseño de manera inteligente, partiendo de un centro de césped y en el perímetro jugar con el sustrato y colocar arbustos, plantas y flores de mayor enraizamiento y de mayor necesidad hídrica, para conseguir el mejor resultado posible.

Finalmente, podemos concluir que, si bien los procesos seguidos en México (realidad inmediata) para construir una azotea ecológica hoy en día son, al parecer muy extensos, en el presente trabajo se busca puntualizar que no hay más elementos necesarios que los descritos; puesto que cualquier sistema es funcional desde el punto de vista arquitectónico siempre y cuando cuente con la impermeabilización de la superficie, la capacidad de drenar el sistema de aguas pluviales, y una capa que permita contener el sustrato vegetal para dar paso únicamente al flujo hídrico, para soportar a la vegetación propuesta.

Cabe mencionar, de manera adicional, que actualmente no existen programas de apoyo gubernamental para el desarrollo de este tipo de proyectos, asunto que sería importante traer a la mesa puesto que no solo tienen un impacto ecológico importante, sino que a su vez estarían

contribuyendo a cumplir con la reducción de emisiones de carbono, compromiso adquirido por nuestro país desde hace tiempo.

## 13. Glosario

- ❖ **Calentamiento Global:** aumento de la temperatura de la atmósfera terrestre que se ha observado desde finales del siglo XIX; se ha observado un aumento de 0.8 °C desde que se han realizado mediciones confiables, el 66% de este aumento desde 1980. Hay una certeza del 95% de que la causa de este calentamiento proviene del aumento de los gases de efecto invernadero que resultan de las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural, petróleo), así como la deforestación.
- ❖ **Cambio Climático:** cambio significativo y duradero en los patrones locales y/o globales del clima, las causas pueden ser naturales, es decir, por situaciones de variabilidad de las condiciones naturales del planeta, y/o antrópicas, es decir, por situaciones creadas por el hombre.
- ❖ **Efecto Invernadero:** fenómeno natural en el cual la radiación de calor de la superficie de un planeta, en este caso la tierra, es absorbida por los gases de la atmósfera, es absorbida y reemitida en todas direcciones, lo que resulta en un aumento de la temperatura superficial. Los gases más eficientes en absorber el calor se llaman gases de efecto invernadero, entre ellos está el CO<sub>2</sub>, el cual la humanidad en su consumo de recursos ha aumentado a niveles nunca vistos anteriormente y está provocando el calentamiento global.
- ❖ **Gases de Efecto Invernadero:** la vida en la tierra depende de la energía que recibe del sol, cerca de la mitad de la luz que llega a la atmósfera terrestre pasa a través del aire y las nubes para llegar a la superficie donde es absorbida y luego irradiada nuevamente en forma de calor (ondas infrarrojas), de éste calor el 90% es absorbido por los gases de efecto invernadero y devuelta hacia la superficie que la ayuda a calentar hasta una temperatura de 15 °C perfecta para la vida, esto es conocido como efecto invernadero, los gases de efecto invernadero son:
  - ◆ Vapor de Agua: éste es el más abundante y funciona como un gas que actúa en retroalimentación con el clima, a mayor temperatura de la atmósfera, más vapor, más nubes y más precipitaciones.

◆ Dióxido de Carbono: es un componente menor, pero muy importante de la atmósfera; se libera en procesos naturales como la respiración y las erupciones volcánicas y a través de actividades humanas como la deforestación, cambio en el uso de los suelos y la quema de combustibles fósiles. Desde el inicio de la Revolución Industrial en 1760 aproximadamente, la concentración de CO<sub>2</sub> ha aumentado en un 43% hasta el año 2013.

◆ Metano: éste es un gas hidrocarburo de origen natural y resultado de actividades humanas, que incluyen la descomposición de rellenos sanitarios, la agricultura (en especial el cultivo de arroz), la digestión de rumiantes y el manejo de desechos de ganado y animales de producción; es un gas más activo que el dióxido de carbono, pero menos abundante.

◆ Óxido Nitroso: gas de efecto invernadero muy poderoso que se produce principalmente a través del uso de fertilizantes comerciales y orgánicos, la quema de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico y la quema de biomasa.

◆ Los Cluorofluorocarbones (CFCs): son compuestos sintéticos de origen industrial que fueron utilizados en varias aplicaciones, ahora ampliamente regulados en su producción y liberación a la atmósfera para evitar la destrucción de la capa de ozono.

## 14. Bibliografía

- Blender, M. (Abril de 2015). *Arquitectura y Energía*. Obtenido de <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/isla-de-calor-urbana/>
- Briz Escribano, J. (2004). *Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental*. España: Mundi-Prensa.
- Cacho Carranza, Y. (Abril de 2015). *CONACYT Agencia Informativa*. Obtenido de <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/mundo-vivo/1300-la-bondad-de-los-jardines-verticales>
- Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A. C. (2014). *Programa de Acción Climática 2014-2020*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164914/PACCM-2014-2020completo.pdf>
- Comisión Nacional de Vivienda. (27 de Junio de 2006). *Código de Edificación de Vivienda*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85460/Codigo\\_de\\_Edificacion\\_de\\_Vivien da.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85460/Codigo_de_Edificacion_de_Vivien da.pdf)
- Diario ABC. (2013). *ABC Cultura*. Obtenido de <http://www.abc.es/cultura/20131126/abci-identifican-verdaderos-jardines-babilonia-201311261003.html>
- Dirección General de Comunicación Social UNAM. (Julio de 2015). Obtenido de Boletín UNAM-DGCS-395: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015\\_395.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_395.html)
- Fernández, T. (Enero de 2014). *Cosas de Arquitectos*. Obtenido de <http://www.cosasdearquitectos.com/2014/01/villa-savoye-1929-le-corbusier-una-vivienda-que-revoluciona-la-arquitectura/>
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. (24 de Diciembre de 2008). Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Normas/DFNORM23.pdf>
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. (30 de Diciembre de 2011). Obtenido de <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/index.php/tramites/programa-de-auditoria-y-autoregulacion-ambiental/empresa-verde/85-temas-ambientales/171-azoteas-verdes>
- Gallardo, M. (1999). *Cambio Climático Global*.
- Instituto de Biología UNAM. (2011-2012). *Jardín botánico del IBUNAM*. Obtenido de <http://www.ib.unam.mx/jardin/adopcion/>
- Laboratorio de Conciencia Digital. (Mayo de 2014). *Ecoosfera*. Obtenido de <http://ecoosfera.com/2014/05/en-la-ciudad-de-mexico-crece-la-azotea-verde-mas-grande-de-latinoamerica/>
- Minke, G. (2005). *Techos verdes: sencillo y eficaz ; planificación, ejecución, consejos prácticos*. EcoHabitar.
- Vergara Petrescu, J. (Enero de 2008). *Arch Daily*. Obtenido de <https://www.archdaily.mx/mx/02-5672/arquitectura-como-paisaje-nanyang-technological-university-singapur>

Villavicencio Fernández, M. (Abril de 2013). *Obras Web*. Obtenido de <http://www.obrasweb.mx/soluciones/2013/04/12/un-fantasma-espanta-a-los-proyectos-de-azoteas-verdes>