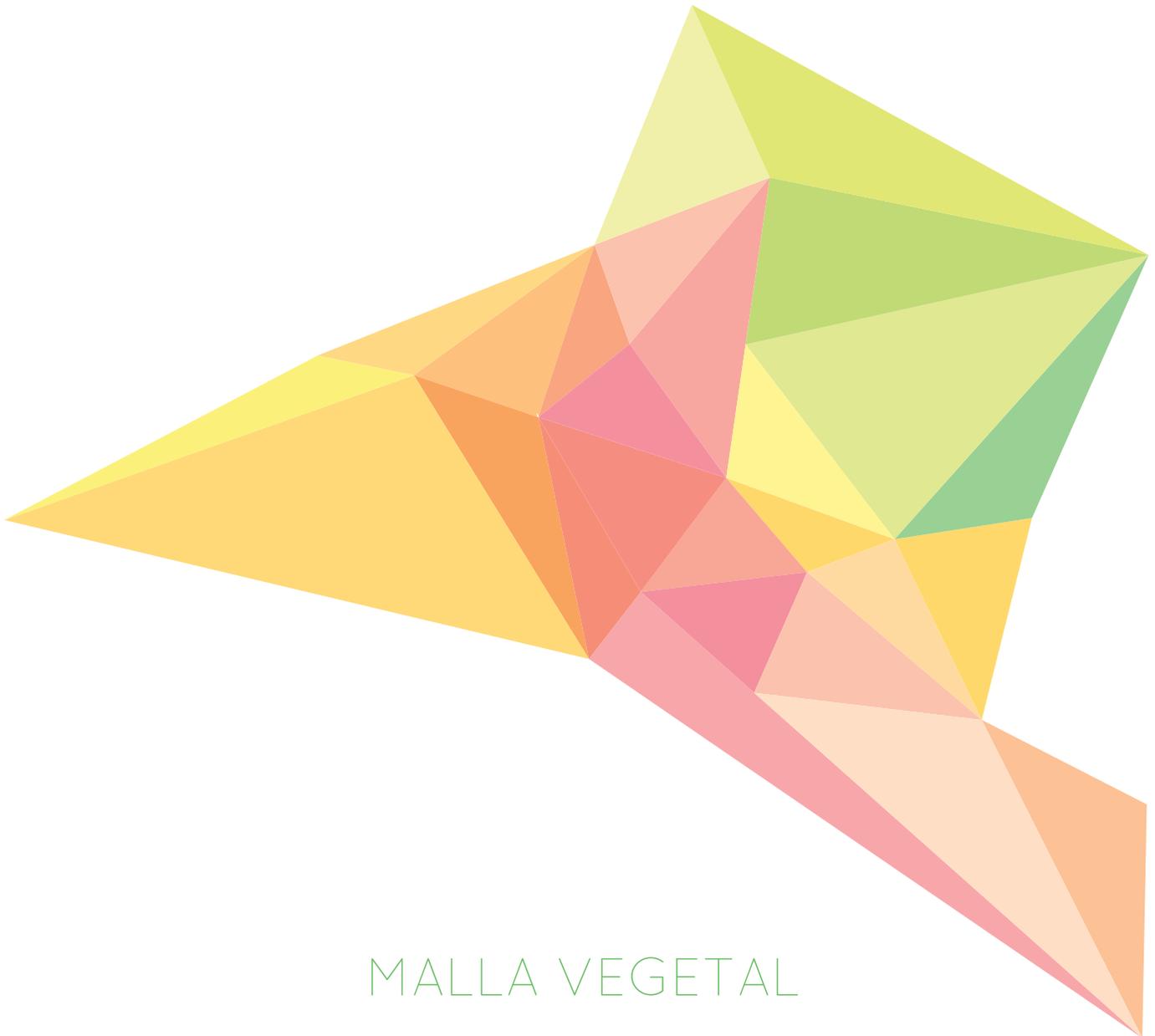


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA



MALLA VEGETAL

Herramienta bioclimática diseñada para aumentar o regenerar los servicios ambientales de zonas altamente urbanizadas. Estructura arquitectónica capaz de soportar y propagar sistemas biológicos.

Planteamiento teórico y justificación. Caso de estudio La ZMVM

Tesis que para obtener el título de Arquitecta presenta:

Paulina Sánchez Hoyos

Sínodo conformado por:

Mtro. Alejandro Cabeza Pérez

Dr. Jose Diego Morales Ramírez

Arq. Salvador Lizárraga Sánchez



JUNIO 2014

CIUDAD UNIVERSITARIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

índice

RESUMEN	4
OBJETIVOS	5
 1. ANÁLISIS	
1.1 SITUACIÓN BIOCLIMÁTICA	7
ESTADO ORIGINAL CVM	
1.2 SITUACIÓN URBANA ZMVM	8
TRANSFORMACIÓN AMBIENTAL	
DEFORESTACIÓN	
CUERPOS HÍDRICOS	
ISLA DE CALOR URBANO	
SALUD Y CONTAMINACIÓN	
ATMOSFÉRICA	
 2. ESTRATEGIA	
2.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO	25
2.2 NUEVOS ENFOQUES E INNOVACIÓN	
TECNOLÓGICA	26
ARQUITECTURA FLEXIBLE	
MEMBRANAS Y ESTRUCTURAS LIGERAS	
2.3 APLICACIONES VEGETALES Y SISTEMAS	
VIVOS	34
AVANCES TECNOLÓGICOS	
PROYECTOS DE REFERENCIA	
 3. DISEÑO, APLICACIONES Y PROPUESTA	
3.1 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL	53
3.2 PROPUESTA	59
ELEMENTOS, MATERIALES Y CUALIDADES	
DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DE	
APLICACIÓN	

CONDICIONES AMBIENTALES	
DIAGNÓSTICO	
POTENCIAL	
3.3 IMAGEN URBANA DE TRANSFORMACIÓN	75
APLICACIÓN A TIPOLOGÍAS URBANAS	
APLICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES	

■ 4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES	86
◆ 5. FUENTES	89

RESUMEN

La calidad del aire, la temperatura y la humedad al interior de las construcciones son recursos indispensables para la consolidación confortable de un espacio habitable. Sin embargo las condiciones de degradación ambiental de la Cuenca de México [CM] dificultan la disponibilidad de estos recursos debido a la eliminación de los sistemas naturales existentes.

La construcción de un nuevo entorno urbano y el crecimiento masivo de la flota vehicular han transformado las condiciones y flujos naturales generando una situación de contingencia ambiental permanente, y graves consecuencias en la salud pública de sus habitantes.

Cuando las superficies cambian de áreas verdes a áreas pavimentadas o construidas absorben más energía solar, lo cual aumenta la temperatura del entorno. El flujo de calor que emiten las construcciones es un agravante importante para el Cambio Climático global y el fenómeno local de la Isla de Calor Urbano, que a su vez son generadores de ciclos de mayor consumo de aire acondicionado y calefacción, derivando en mayor contaminación atmosférica.

Al encontrarse la Zona Metropolitana del Valle de México [ZMVM] en una región intertrópica, los edificios reciben grandes cantidades de radiación solar por largos periodos de tiempo durante todo el año. Por lo tanto es de vital importancia plantear estrategias de diseño que contribuyan a mitigar y regular el flujo de calor y contaminación que se generan entre las edificaciones y el ambiente, de manera que se obtengan condiciones de salud y confort para el usuario. Es de gran importancia enfocarse en el diseño de herramientas que aprovechen la energía solar y los diferentes recursos naturales mediante un sistema biológico, generando un balance higrotérmico al interior de las construcciones, y la bioremediación de condiciones graves de contaminación a través de la fitotecnología desde el exterior de las construcciones.

En este documento se abordarán cuestiones de degradación ecológica y nuevas tecnologías aplicadas al diseño ambiental para generar una propuesta biológica y mecánica a este problema ambiental desde el ámbito de la arquitectura, tomando como base el trabajo y los proyectos desarrollados por equipos multidisciplinarios internacionales.

Una de las aportaciones más importantes del presente estudio es el planteamiento de una respuesta arquitectónica que parte de las tipologías existentes de la ZMVM y las complementa para restaurar una serie de recursos y servicios ambientales anulados con la intervención arquitectónica. Asimismo es necesario generar tecnologías que atiendan a las deficiencias ecológicas de la arquitectura para superar esquemas de diseño y construcción reproducidos hasta ahora en la Cuenca de México. Cuestión indispensable para lograr condiciones de salud y confort dentro de los espacios habitados, lo cual significaría cumplir con el objetivo principal del que hacer arquitectónico.

Palabras clave: Degradación Ambiental, Sistema Vivo, Tipologías Urbanas de Construcción, Bio-Remediación, Fitotecnología.

// OBJETIVOS

. Plantear el panorama de transformación ambiental actual de la ZMVM a partir de una investigación documental enfocada en cambio climático, deforestación, contaminación y salud pública que justifique el planteamiento de una estrategia de generación de recursos y servicios ecosistémicos en zonas altamente urbanizadas.

5 . Investigar y documentar los avances tecnológicos en materia de diseño relacionados directamente con la Malla Vegetal y generar un respaldo científico y arquitectónico a partir del cual se estructura el proyecto de esta tesis.

. Concebir el paisaje y la cubierta vegetal como herramienta funcional e infraestructura urbana necesarias para lograr un entorno saludable y seguro desde el exterior hacia el interior de una edificación.

. Conocer y exponer las condiciones de un sistema biológico y los comportamientos complejos / pasivos de un sistema natural. Plantear la inmaterialidad fenomenológica de los recursos biológicos, es decir sus propiedades volátiles, atmosféricas y de fases cambiantes

. Proponer los elementos, los materiales y las cualidades de la Malla Vegetal de manera que se satisfagan parámetros internacionales de sustentabilidad. Y generar una propuesta teórica de la Malla Vegetal dentro de la zona de estudio, a partir del análisis urbano necesario para identificar una micro zona que reúna las condiciones óptimas para el desarrollo de la vegetación y mitigue las consecuencias ambientales y visuales del crecimiento urbano a gran escala.

▲ 1. ANÁLISIS



1.1 SITUACIÓN BIOCLIMÁTICA

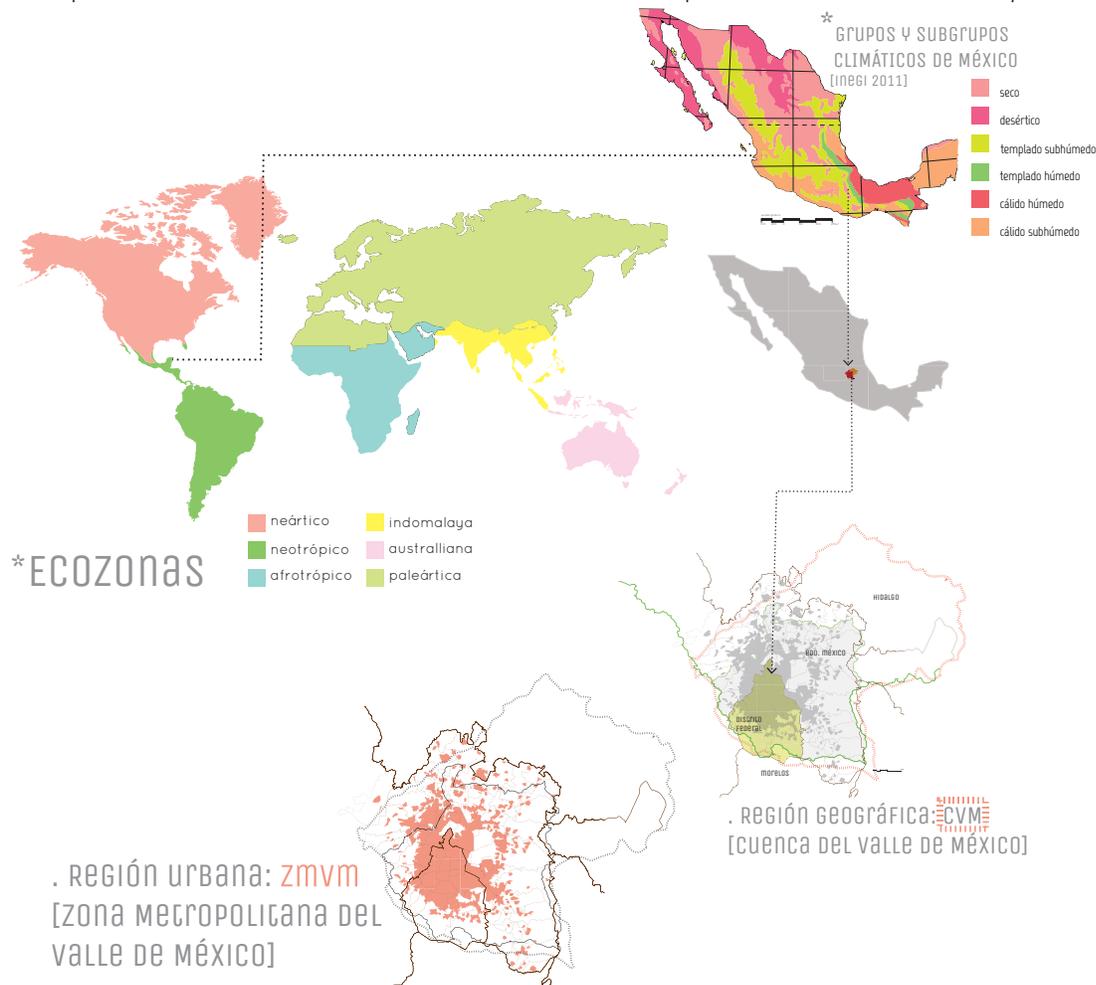
// ESTADO ORIGINAL

La Cuenca de México se encuentra en el sur de la Meseta Central. Es un sistema hídrico cerrado ó endorréico que se encuentra en México, un país que a nivel mundial cuenta con dos ecozonas dentro de su extensión. Esta clasificación corresponde a los reinos de fauna y flora que dominan una región. Con esto se definen las plantas y los animales nativos que son comunes en una extensión muy grande de tierra.

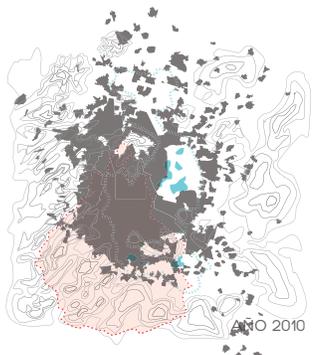
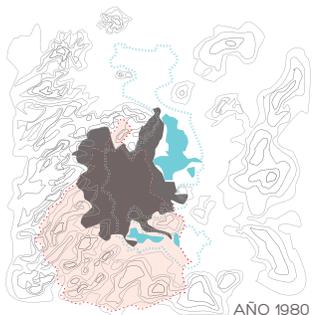
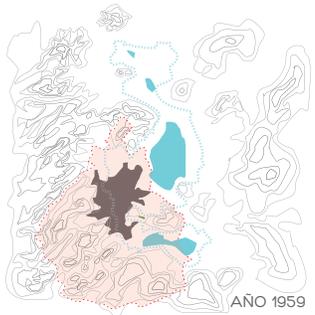
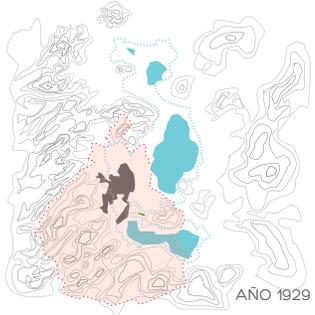
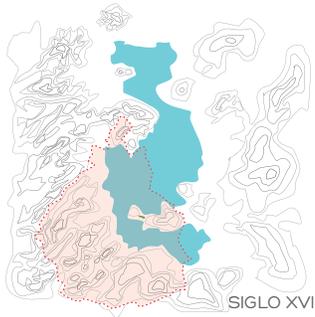
Al estar ubicada la frontera entre la zona neoártica y la neotropical existe una gran biodiversidad de climas y especies. La región climática dentro de la que se encuentra el caso de estudio de este documento está dentro del clima templado subhúmedo, sin embargo, según la clasificación de Köppen modificado para la República Mexicana por E. García en 1969, la ZMVM presenta dos climas: el templado subhúmedo, con verano fresco y largo y con lluvias en verano [CW] y semiseco templado, con verano cálido y lluvias en verano [BS] [Morales, et al. 2010].

La Cuenca de México fue producto de la intensa actividad volcánica del Periodo Terciario, lo que explica su fertilidad. El bloqueo de los drenajes naturales por depósitos de lava detonaron la formación de un ecosistema contenido y perfectamente balanceado por un sistema de cinco lagos.

La depresión aluvial se mantuvo alimentada durante milenios por los ríos, mantos freáticos y deslaves



1.2 SITUACIÓN URBANA ZMVM



provenientes de las laderas circundantes.

Es aquí donde uno de los complejos urbanos más grandes del mundo se ha desarrollado. La Zona Metropolitana del Valle de México es un ejemplo importante cuando se abordan temas de concentración urbana en países de tercer mundo; es un arquetipo del crecimiento de situaciones sociales y ambientales de países en desarrollo [Ezcurra, et al. 1999]. La magnitud de esta Megalópolis hace cuestionable la capacidad de sostenibilidad a largo plazo.

La ZMVM, como la mayoría de las megaciudades de los países en desarrollo del mundo, crece a gran velocidad, mucho más rápido que las ciudades más grandes de países altamente industrializados. Este crecimiento acelerado implica que hay un aumento alarmante en la demanda de servicios urbanos de manera constante, estos deben ser abastecidos a una velocidad que supera el crecimiento económico de un sistema [Ezcurra, et al. 1999].

La degradación ambiental de esta región es muy alta debido, sobre todo, a la construcción. La intervención arquitectónica modifica y adapta el medio natural para generar un hábitat de confort. Con esta acción se modifican el balance, el flujo de materia y de energía naturales, lo cual tiene un impacto negativo en el ecosistema.

En la actualidad la cualidad de balance sistémico o simbiótica de la Cuenca del Valle de México ha sido eliminada, y es poco a poco que las condiciones ambientales serán cada vez más hostiles, incluso para el hábitat humano.

En términos ambientales la propagación de la mancha urbana ha provocado grandes pérdidas en cuanto a calidad de agua y aire y los problemas de salud pública se multiplican exponencialmente como consecuencia de la producción, el consumo y el desecho necesarios para sustentar a la ciudad. Las problemáticas ligadas al gasto energético, de agua, alimentación y la tierra disponibles necesarios para abastecer una ciudad de 29 millones de personas no ha sido atendida adecuadamente [población de la ZMVM INEGI 2010].

Las características mega-urbanas, sociales, económicas y ecológicas de la ZMVM la vuelven un lugar paradigmático apto para la experimentación, un sitio en donde se observa el posible futuro de ciudades en crecimiento que sufren transformaciones similares, las diferentes posibilidades para encontrar las soluciones viables que nos ayuden a desarrollar esquemas que logren la sustentabilidad a largo plazo de una ciudad que hasta hoy es económicamente inviable y ecológicamente no sustentable.

Estos problemas son comunes en varias ciudades del mundo que comparten características similares como Sao Paulo, Calcutta, Buenos Aires, Río de Janeiro, Manila, Caracas, Shangai, Nueva Delhi, etc.. El desarrollo tecnológico proveerá los medios para vencer los

Transformación ambiental y urbana. Desecamiento del lago. Esquema generado para este documento. Img. 2

problemas de salud generados por el crecimiento urbano desmedido, manteniendo un enfoque claro que englobe situaciones ecológicas en toda su amplitud.

Según Ezcurra [1999] para abordar una crisis ambiental y plantear posibilidades de solución hay que tener claro el grado de degradación de los recursos naturales originales que impiden el desarrollo pleno del bienestar de grandes sectores de la población.

En una sociedad moderna una crisis ambiental implica problemas de seguridad, y abastecimiento y calidad de recursos, como el aire, el agua y el suelo.

Después de 7,000 años de urbanización progresiva la Cuenca de México ha cambiado mucho, ambiental y paisajísticamente, probablemente de manera irreversible en muchos aspectos. Algunos ecosistemas se han anulado completamente y muchas especies de flora y fauna se han extinguido consecuentemente. La ciudad es un estado de degradación ambiental, aunque de manera contrastante es también un estado de plenitud de la sociedad humana.

// TRANSFORMACIÓN AMBIENTAL

La ZMVM a lo largo de la historia mantiene una constante, la alta densidad de población. La Cuenca de México ha sufrido el impacto de esta alta densidad desde épocas prehispánicas, sin embargo se multiplicó exponencialmente a partir de 1920 y 1940 [Ezcurra, et al. 1999].

// DEFORESTACIÓN

La mancha urbana se conforma de los distintos pueblos de la cuenca, estos han ido creciendo perimetralmente hasta desaparecer los bosques y las zonas agrícolas que los separaban, integrando una ciudad continua que incluye pueblos como Tlalpan, Coyoacán, San Ángel, Tlatelolco, etcétera.

La CMVM ha sido deforestada en un 90% en el área lacustre y 3/4 partes de los bosques naturales se encuentran en estado avanzado de degradación. Debido a las características geográficas de la zona los ecosistemas que conforman estos bosques son de gran importancia biológica y resguardan especies endémicas, nativas y en peligro de extinción.

Por otro lado la introducción de especies vegetales foráneas se ha popularizado en la ZMVM. El valor de estas plantas es muy alto debido a su rareza, muchas han proliferado dominando sobre las nativas causando el desplazamiento de flora y fauna. En particular el eucalipto se introdujo extensivamente en la Cuenca, para aumentar la evaporación de la humedad natural del suelo y acelerar el secado de los lagos [Ezcurra et al. 1999].

El Bosque Mesófilo de Montaña es el ecosistema tropical que utiliza menos superficie a nivel mundial [Bubb y Das, 2005; Mulligan y Burke, 2005] cubre gran parte de la región sur de la Cuenca de México, en la frontera con Morelos.

El 1% está ocupado por vegetación primaria y representa 8,809 km² [INEGI 2005] y el 50% ha sido reemplazada por otra cobertura [Challegger 1998]. Es el ecosistema que alberga la mayor concentración de especies de flora y fauna en relación con su área; se calcula que alrededor de 2500 a 3000 especies habitan exclusiva y preferentemente en estos bosques [Rzedowski, 1996].

Se caracteriza por la presencia frecuente o persistente de nubes al nivel de vegetación, es un sistema prioritario para la conservación y restauración ya que desempeña un papel vital en el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y de nutrientes.

En México el bosque mesófilo de montaña es el ecosistema más amenazado del país [Challegger, 1998]. Más de 9000 hectáreas de árboles han desaparecido desde 1985; los árboles restantes debilitados por



Bosque mesófilo de montaña. Región IX. "Bosque Mesófilo de Montaña en México" CONABIO. Img. 3

la contaminación del aire son invadidos por pestes y enfermedades [Ezcurra et al. 1999].

La flora y fauna que lo caracterizan a grandes razgos se conforma de helechos arborescentes, plantas epífitas, bromelias, vegetación hidrófila, orquídeas y musgos. Es viable cultivar especies comestibles, sobre todo papaya, tomate, pepino, pimiento, papa, el pariente silvestre del maíz y diversos hongos comestibles [CONABIO 2010].

Dentro de la fauna más representativa se encuentran el quetzal [*Pharomachrus mocinno*], el pavón [*Oreophasis derbianus*], hoco faisán [*Crax rubra*] y varias especies de colibríes del género *Eupherusa*. Todas estas especies están catalogadas como especies en peligro de extinción.

Otro de los ecosistemas desplazados pero aún existentes en la Cuenca de México es el bosque de coníferas ó latifoliado, también llamado bosque mixto. Se caracteriza por albergar en coexistencia vegetación de tipo perennifolia y caducifolia, este balance peculiar permite que el suelo del bosque actúe como una reserva de agua, manteniendo a lo largo del año una humedad muy alta favoreciendo el crecimiento del bosque.

La vegetación más representativa está formada por la combinación de pinos [*Pinus*], encinos [*Quercus*], liquidámbar [*Liquidambar*], álamos [*Pópulos*], fresnos [*Fraxinus* sp], sauces [*Scirius Deppel*], ahuehuetes [*Taxodium*] Bromelias y Epífitas.

Las plantas epífitas son responsables en cierta medida de la variedad biológica o biodiversidad que convierte a los bosques tropicales los ecosistemas más complejos del mundo terrestre [Gentry y Dodson 1987]. Representan 1/3 o hasta el 50% de la vegetación vascular en bosques húmedos neotropicales. Este tipo de vegetación se caracteriza por no enraizar sobre el suelo, necesitan de un anfitrión vegetal para sostenerse (epifita), no lo parasita y las raíces que desarrolla son sólo de soporte. Utilizan la fotosíntesis para generar la energía para sobrevivir, obtienen el agua del aire y del escurrimiento sobre la superficie del anfitrión. El valor ambiental de este tipo de vegetación debe considerarse en propuestas de innovación tecnológica ya que su aplicación en herramientas medioambientales puede propiciar el aumento de biodiversidad colectando, esporas, polen y semillas promoviendo la generación espontánea de plantas y otras especies. Este tipo de vegetación se caracteriza también por no necesitar de muchos recursos y su ligereza propicia su aplicación en proyectos experimentales.

// CUERPOS HÍDRICOS

En el siglo XVI el cuerpo de agua de la Cuenca de México contaba con aproximadamente 7000 km² de extensión, estaba conformado por cinco lagos: Texcoco, Chalco, Zumpango, Xaltocan y Xochimilco. Esta red de lagos era llenada anualmente por nacimientos de agua, las lluvias estacionales de verano y por el derretimiento de la nieve de los volcanes con cubierta nevada: Popocatepetl e Iztacíhuatl. Las culturas y asentamientos del México antiguo fueron conocedores del sistema acuático y lo adaptaron para conformar un balance entre el espacio arquitectónico urbano, la generación de productos para la alimentación, transporte, vivienda y el medio natural.

El manejo del agua y los recursos en la época colonial es muy distinto. El sincretismo se da a todos los niveles y la superposición de la cultura europea a la preexistente no es la más afortunada en términos ambientales: se comienza paulatinamente a eliminar el uso de canales y ríos, se pierde el equilibrio con los cuerpos hídricos, se olvidan las tecnologías de diques y manejo de agua que llevaban siglos desarrollándose.

Esto detonó inundaciones catastróficas en la ciudad y el aceleramiento de la erosión del medio natural existente. Muchas especies acuáticas, subacuáticas y halófilas están extintas debido al dren de estos ecosistemas. Sólo en Xochimilco y Tláhuac subsisten las regiones chinamperas, aunque el consumo excesivo del agua de la zona urbana que las rodean pone en peligro su subsistencia (Ezcurra, et al. 1990).

En el siglo XVII después de secar y rellenar la mayor parte de los lagos y canales, se comienzan las obras de infraestructura hidráulica que consistieron en la construcción de el túnel de Huehuetoca y el tajo de Nochistongo. Esta obra magna abrió por primera vez el sistema hídrico de la Cuenca de México. La práctica descontextualizada que da prioridad a un medio terrestre es la que prevalece hasta hoy, olvidando el origen acuático natural del sitio en el que nos encontramos.

Con la explosión demográfica de la Ciudad de México a partir de 1920 la urbanización masiva y expansiva de la Cuenca de México termina por secar el sistema de lagos casi totalmente. Contrariando completa-



Imagen representativa del lago central de la CVM y la ciudad prehispánica Tenochtitlán. Foto editada para este doc. Imagen original de Tomas Filsinger. Img.4

mente su vocación originaria tiene menos del 18% de la superficie permeable, dejando la mayor parte del agua potable pluvial sin posibilidades de reintegrarse al sistema hídrico. La erosión de los ecosistemas se extremiza y los problemas de contaminación han ido aumentando exponencialmente, el concreto es la superficie en la que el agua se mezcla con desechos sólidos y líquidos. La contaminación del

REGIÓN HIDROLÓGICO-administrativa.



- I Península de Baja California; II Noroeste;
- III Pacífico Norte; IV Balsas; V Pacífico Sur;
- VI Río Bravo; VII Cuencas Centrales del Norte;
- VIII Lerma-Santiago-Pacífico; IX Golfo Norte;
- X Golfo Centro; XI Frontera Sur XII Península de Yucatán; XIII Aguas del Valle de México.

Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua. Estadísticas de agua en México 2008.

Esquema generado para este documento. Img. 5

agua pluvial no es controlada y el agua no es almacenada para su uso.

Actualmente el suministro de agua de la mega urbe depende de cuerpos hídricos aledaños y el manejo de aguas residuales se mezcla con el desalojo del agua pluvial, eliminando la posibilidad de aprovechamiento del agua potable que recibe naturalmente la cuenca [214.7 m³/s]. La obtención de agua potable provoca un consumo excesivo de energía eléctrica destinada a bombeo y distribución. Esta forma de solventar la necesidad vital de la Ciudad de México se ha convertido en un peligro para poblaciones y ecosistemas aledaños.

Los recursos en la ZMVM se han administrado de manera irregular y desme-

didada. La concepción de estos recursos dentro de la vida cotidiana de las mega-urbes se distorsiona de manera que se perciben ilimitados e inagotables, siempre a disposición del ciudadano. La manera en la que concebimos los recursos naturales es de suma importancia al generar actitudes y formas de vida. A su vez estas moldean el panorama de la disponibilidad de estos recursos a futuro.

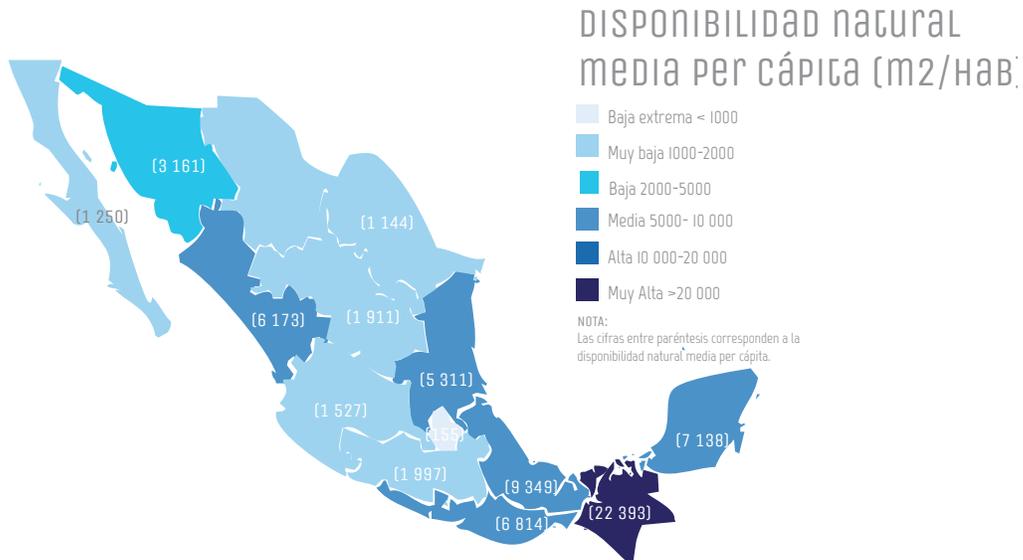
Generar una interfaz arquitectónica que plantee la recuperación pasiva de recursos vitales es una forma de re-integrar al ser urbano con estos procesos naturales. Poder percibirlos gracias a un filtro regulador y recibir sus beneficios es una forma de re-generar hábitos y conocimientos tradicionales o cotidianos y percibir la magnitud y disponibilidad natural de cada recurso.

El proceso histórico de desecación de lagos y sobre explotación de acuíferos locales y aledaños antes mencionados nos pone en una situación de incertidumbre en cuanto al abastecimiento de este recurso en un futuro a mediano plazo.

La extracción del agua a un ritmo constante que no permite la recarga de los acuíferos; la importación del líquido de otras cuencas y la expulsión de las aguas residuales contaminadas, son factores que deterioran las condiciones ambientales locales y de otras regiones aledañas de donde se extrae el agua y a donde se envían las aguas residuales. Estas acciones disminuyen las oportunidades de desarrollo de su población.

La ZMVM consume 65 m³/seg de agua potable; de estos, 36 m³/seg corresponden al D.F y 29 m³/seg son para los municipios conurbados del Estado de México. De ellos 71.1% proviene de su propio acuífero, 8.8% de la Cuenca del Lerma, 17.7% del Cutzamala (a 40 km y 127 km de distancia respectivamente) y el 2% restante de manantiales. Para garantizar este consumo se necesita elevar este caudal a 1,200 msnm, lo cual significa un alto consumo de energía [Castro, 2012].

Actualmente hay un déficit de la demanda de agua de 18 m³/seg y de continuar la tendencia actual de crecimiento de la ZMVM y del volumen suministrado, para el año 2015 habrá un déficit de 34 m³/seg [Castro, 2012].



Esquema generado para este documento. Img. 6

La consecuencia de este déficit representa mucha presión por este recurso en regiones cada vez más alejadas, a costos económicos, sociales y ambientales cada vez mayores.

El suministro del agua en la ZMVM se destina en un 67% al consumo doméstico, 17% al uso industrial y 16% al comercio y los servicios [CONAGUA, 2008].

El consumo per cápita de un ciudadano promedio de la ZMVM es de 364 lts/hab/día en el D.F. y de 270 lts/hab/día en el Estado de México. Existe una diferencia de disponibilidad o dotación de agua per cápita en colonias de altos ingresos en comparación con asentamientos irregulares y precarios principalmente periféricos de 600 lts/hab/día contra 20 lts/hab/día. Del 93 al 97% de los habitantes de esta zona metropolitana periférica reciben el servicio por medio de la red urbana de agua potable y el resto por pipas o distribuidores privados [CONAGUA, 2008].

Es también de notarse los altos niveles de precipitación anual que recibe la cuenca anualmente. De esta disponibilidad natural se aprovecha menos del 5% a cambio de ello, la ZMVM genera 48.75 m³/seg de aguas residuales: provenientes de las zonas habitacionales, industrias y servicios, fugas y el agua de lluvia que no se capta, de las cuales sólo el 15% es sometido a algún tipo de tratamiento [Castro, 2012]. Estos efluentes son desalojados de la ciudad por el Sistema de Drenaje y Control de las Avenidas hacia la Cuenca del Pánuco, en donde contamina cuerpos de agua, suelos y cultivos. Cabe mencionar que la infraestructura instalada no cubre toda la superficie de la metrópoli, ésta deteriorada, es rebasada fácilmente por las lluvias torrenciales y ocasiona inundaciones. Para el bombeo y la extracción de estas aguas, también se utiliza una gran cantidad de energía eléctrica.

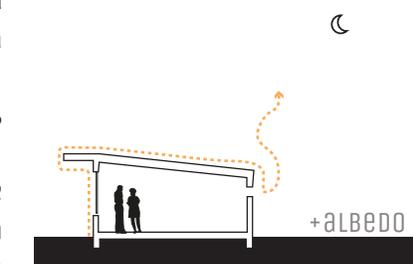
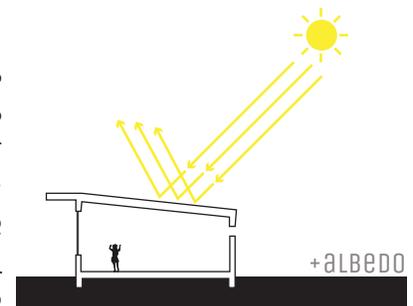
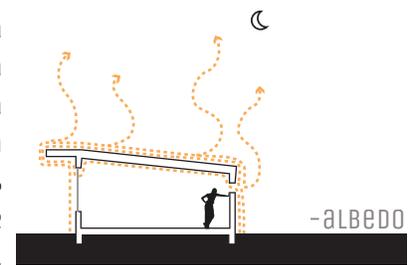
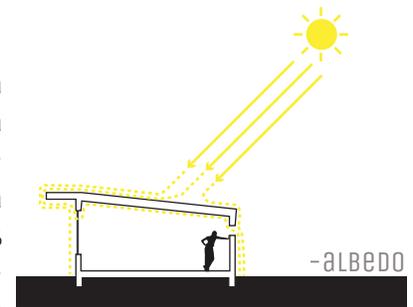
Algunos cuerpos de agua que permanecen vivos están contaminados por desalojar aguas residuales directamente dentro del almacenaje natural del agua. Esto ocasiona problemas de salud pública en poblaciones expuestas a estas aguas contaminadas, principalmente enfermedades gastrointestinales infecciosas, síndromes respiratorios, hepáticos, encefalitis y padecimientos congénitos.

// ISLA DE CALOR URBANO [ICU]

La Isla de Calor Urbano es un fenómeno local que se desarrolla sobre las ciudades de mayor extensión y que presentan una relación negativa entre área construida y áreas verdes. A diferencia del fenómeno global de Cambio Climático la ICU representa cambios drásticos en el clima estacional local, y estos cambios aumentan su intensidad anualmente, distorsionando las transiciones estacionales a cambios súbitos y extremos. Es a grandes rasgos una atmósfera de calor que modifica los ciclos y las condiciones naturales del ecosistema original, afectando no sólo a los ciudadanos con el desajuste de las condiciones climáticas a las que están acostumbrados y alrededor de las cuales se ha desarrollado la cultura local, si no que también representa un cambio importante para las especies de flora y fauna con las que compartimos el territorio, este desajuste climático puede llevar al desplazamiento, o a la eliminación de dichas especies, ya que puede traducirse como la evolución paulatina a un ambiente cada vez más hostil.

Es generada principalmente por las actividades urbanas y las características artificiales del entorno construido. Entre ellas están, la eliminación de terreno natural y su sustitución por materiales de construcción con mayor capacidad térmica, mayor conductividad y bajo albedo, el concreto común es capaz de almacenar 2000 veces más calor que la tierra orgánica, lo cual también significa que tiene muy baja capacidad de reflexión de la radiación solar. Estos materiales retienen el calor de la radiación durante el día y lo eliminan por la noche, elevando hasta 4°C la temperatura local nocturna. En la ZMVM se han recubierto 741 hectáreas de suelo natural por recubrimientos con las características descritas [Setravi 2006].

La falta de evapotranspiración, que es el proceso natural que otorga humedad a la atmósfera por medio de la transpiración de las plantas y zonas forestales es un factor que multiplica los efectos del calentamiento de la ciudad, sin la humedad y la reflexión solar de las plantas la ciudad no alcanza un alivio térmico durante la noche. La tala continua de todos los niveles de vegetación y su sustitución por espacios urbanos construidos o monocultivos es una característica social y cultural de la ZMVM, existe una desvalorización de las funciones propias a este reino biológico e incluso un rechazo a la proximidad de especímenes de gran escala ya que muchas veces se consideran como una amenaza para la seguridad de las construcciones o recubrimientos artificiales. El desperdicio de energía o carga térmica generada por los medios de transporte, la iluminación interior y exterior junto con otros servicios urbanos representan una ola de calor artificial producido por las actividades humanas, el uso de ventilación cruzada, por ejemplo, al mismo tiempo que beneficia el alivio térmico interior contamina con calor a la atmósfera local. No hemos considerado que el excedente energético derivado de las actividades cotidianas es un factor agravante en el proceso de cambio climático local, sin embargo es de vital im-



Menor y mayor albedo. Esquema generado para este documento. Img 7

portancia considerar los remanentes energéticos como un desperdicio contaminante para controlar y modificar su emisión en los procesos de diseño [G.Dolsa, 1998].

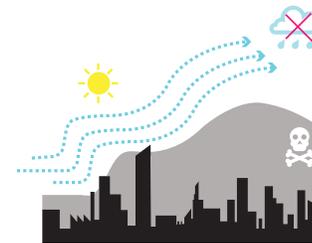
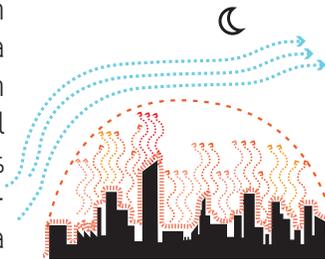
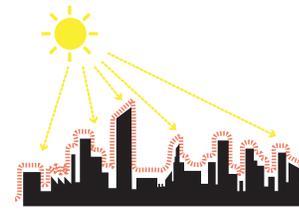
El cambio topográfico de las ciudades, también conocido como “efecto geométrico” aumenta el número de superficies que absorben y reflejan el calor del sol, de esta forma se aumenta la velocidad a la que se calienta una ciudad y se pierden cualidades de enfriamiento por convección de aire, ya que este tiene un flujo mucho menor dentro de la geometría volumétrica de una ciudad [Thundiyl, 2003]. Todos estos factores son consecuencia del quehacer arquitectónico, es importante innovar en el diseño de materiales y de técnicas constructivas para transformar los efectos ambientales de la construcción de un entorno civilizado y funcional, de manera que las consecuencias a largo plazo no contradigan la intención inicial del diseño y la construcción de la arquitectura es decir el confort y la seguridad del habitante.

Por otro lado existen actividades fuera del ámbito arquitectónico pero parte íntegra del modus vivendi del ser urbano que resultan nocivas al ambiente debido al control nulo de las substancias emitidas, como es el transporte motorizado que contribuye con altos niveles de contaminación gaseosa y particulada que cambian las condiciones de radiación de la atmósfera; los contaminantes principales del sector transporte son los precursores del ozono, este se forma más fácilmente en localidades con alta exposición solar y degrada las características protectoras de la atmósfera [Setravi, 2006].

El impacto que tiene la ICU sobre la ciudad es nocivo para la salud y el confort humano, sin embargo hasta la fecha no se han hecho avances tecnológicos en el ámbito de la construcción para mitigar estos problemas y evitar la extremización del clima, lo cual genera la necesidad continua de un mayor consumo de energía para climatizar el interior de las construcciones, continuando un círculo vicioso en donde la solución inmediata a las necesidades del usuario es la agravante de la situación a gran escala. Las consecuencias geográficas ambientales son muy evidentes y los ciudadanos están en continuo contacto con ellas, esto puede generar problemas de salud pública generalizados.

El aumento del periodo y la temperatura de las ondas de calor durante los meses cálidos es una agravante importante ya que tiene incidencia en el aumento de la tasa de mortalidad promedio en adultos mayores [Jauregui 1988]. La onda de calor estacional provoca también aumentos considerables en la catalización de ozono dentro de la atmósfera local, esto significa que durante la época de sequía y calor los niveles de ozono alcanzan hasta $184\mu\text{g}/\text{m}^3$ cuando el máximo respirable es de $208\mu\text{g}/\text{m}^3$ según los parámetros establecidos por la Unidad de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Esta formación de ozono se genera a niveles bajos o cercanos a la superficie terrestre debido a la generación de compuestos orgánicos suspendidos en el aire, como son los óxidos de nitrato y otros materiales particulados derivados de la quema de combustibles [Jauregui, 1998]. El ozono es un agente contaminante altamente irritante para las mucosas del cuerpo humano como son el sistema respiratorio, digestivo y ocular [OMS, 2005].

La modificación de los ciclos naturales de lluvias y viento estacionales son también consecuencia de este fenómeno, los patrones locales de vientos dominantes corresponden a los cambios de temperatura de la atmósfera urbana, generando corrientes o columnas de aire en donde circula el viento de menor temperatura aliviando la capacidad calórica de la tierra [Thundiyl, 2003]. El aumento de temperatura debido a la materialidad de la ciudad genera una cápsula térmica y los vientos dominantes de



Efectos de la isla de calor urbano
ICU. Esquema generado para este documento. Img 8

menor temperatura son desviados y rodean la ciudad, esto también provoca la permanencia de los contaminantes aéreos en la atmósfera. Los ciclos pluviales y niveles de humedad son también modificados, respondiendo a un ambiente más hostil que dificulta la conservación del agua en el ambiente debido a las temperaturas extremas; en época de lluvias la precipitación puede aumentar hasta un 28% diario y extremizar la temporada de sequía eliminando la humedad del aire [Jauregui, 1988]. La visibilidad de la ciudad es un factor indicador del desarrollo de este fenómeno, existe un desarrollo de neblina o bruma compuesta por material orgánico particulado, smog y vapor de agua atrapados dentro de la ICU evidenciando la mala calidad del aire y la concentración local de este problema ambiental.



Visibilidad en la ZMVM 03.08.13. Foto Paulo Hoyos. Img. 9

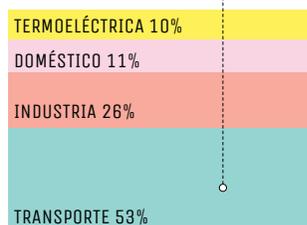
A nivel Cuenca se pueden identificar también problemas de contaminación térmica en los sistemas hídricos aledaños en los que se descarga el agua de desperdicio, estos sistemas hídricos naturales reciben la contaminación térmica, física y química disminuyendo las posibilidades de supervivencia y reproducción de fauna y flora acuática. Los ecosistemas dependen de las fuentes de agua disponible por lo cual se altera el balance natural en su totalidad. La disminución consecuente de la calidad del aire y del agua disponibles dentro de la ciudad es un proceso paulatino que degrada poco a poco las condiciones de vida dentro de la Cuenca del Valle de México. Los efectos de la Isla de Calor Urbano se propagan hasta 10km a la redonda de los límites de la ciudad impactando también áreas rurales y de reserva ecológica, la degradación de la calidad de aire y agua de las ciudades también arriesga ecosistemas aledaños ya

que se desecha el agua residual a ríos lagos y mares.

Estudios realizados en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM por Ernesto Jauregui en 1988 concluyen que “para el periodo examinado los vientos locales generados térmicamente en la Ciudad de México, tienden a restringir la ventilación del aire contaminado cerca de la superficie” lo cual implica que la superficie urbana mantiene un nivel de contaminación que no se ventila fácilmente debido a la alta temperatura de los vientos.

La calidad de los recursos vitales está en juego en la CVM y su degradación sigue patrones exponenciales, si bien es cierto que se necesita de políticas e iniciativas gubernamentales para asegurar la calidad de vida de futuras generaciones, el cambio dependerá de intervenciones individuales. Es por esto que el desarrollo de tecnologías simples y apropiables tiene un papel clave en la mitigación de los principales problemas de contaminación y degradación ambiental.

En la ZMVM, las fuentes móviles contribuyen principalmente con los siguientes contaminantes del aire: 84% de óxidos de nitrógeno (NOx), 99% de monóxido de carbono (CO), y 52% de óxidos de azufre (SO2) y partículas menores a 2.5 micrómetros (PM2.5)



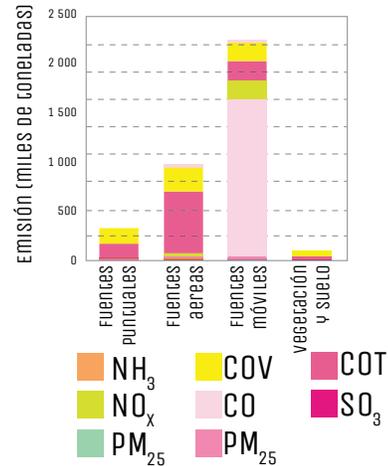
DISTRIBUCIÓN DEL PIB [ZMVM] INEGI 2010

// CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

Las condiciones de contaminación de una ciudad dependen principalmente de las siguientes variables geográficas: Altitud [CVM: 2240 msnm] Topografía [CVM: 6 cuerpos montañosos rodean y conforman la Cuenca] y Radiación Solar [CVM: Atmósfera altamente fotoreactiva; Lat 19° N]. Cuando cada variable proyecta un valor alto en relación a una locación las condiciones de contaminación se extremizan con facilidad. La CVM se encuentra a gran altitud, al centro de una topografía compleja que actúa como barrera natural para la circulación de vientos; una alta exposición solar, la cual genera una atmósfera altamente fotoreactiva y acelera las reacciones químicas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, dando como resultado un gas de nombre Ozono [Jonh Loomis, 1999]. Este gas además de tener consecuencias perjudiciales en la salud forma parte del smog fotoquímico, principal contaminante en ciudades en donde la quema de hidrocarburos es alta, existe una gran concentración poblacional, el aumento de la flota vehicular es acelerado, y la industria se encuentra en desarrollo [Castillejos et al, 2000]. El sector económico que más contribuye con esta problemática es el sector Transporte, que genera el 75% del total de la contaminación atmosférica de la ZMVM, a partir de la quema de hidrocarburos y la utilización de automóviles o camiones viejos que no optimizan su sistema mecánico. Este sector es también generador del 50% de los precursores del ozono y representa el 53% del PIB de la ZMVM [SMA-GDF 2004]. Es también el principal diseminador de partículas suspendidas en el aire a partir de la quema de combustibles. Como consecuencia física más evidente se encuentra la disminución de visibilidad en el contexto urbano ó nata gris.

Este tipo de contaminación en la ZMVM supera constantemente los niveles máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud [PM10 = 49 ug/m3]. Existen graves efectos sobre la salud pública debido a la contaminación en espacios urbanos al aire libre y las estadísticas señalan especialmente a los países en vías de desarrollo. En México hay un total de 9300 muertes prematuras anuales relacionadas con la deficiencia pulmonar causada por los niveles de contaminación en espacios públicos [Castillejos et al, 2000]. Califica como una de las ciudades que padece más intensamente el problema de deterioro de la calidad del aire. Este problema debe estudiarse, enfrentarse y mitigarse profundamente a partir del desarrollo de tecnologías o herramientas bioclimáticas que regeneren el contexto inmediato de manera local.

EMISIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS POR FUENTE EN LA ZMVM 2010

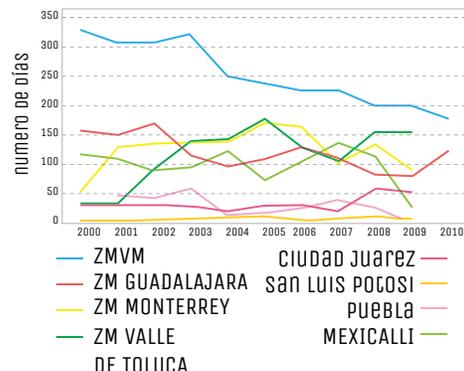


En esta tabla se consideran las 16 delegaciones del Distrito Federal y los 59 municipios del Estado de México

GDF. Inventario de emisiones contaminantes criterio de la ZMVM 2010. México. 2012

Contaminantes atmosféricos y su fuente de producción. Esquema generado para este documento. Img II

NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE AL MENOS UN CONTAMINANTE EXCEDE EL LÍMITE DE LAS NORMAS DE LA CALIDAD DE AIRE 2000 2010

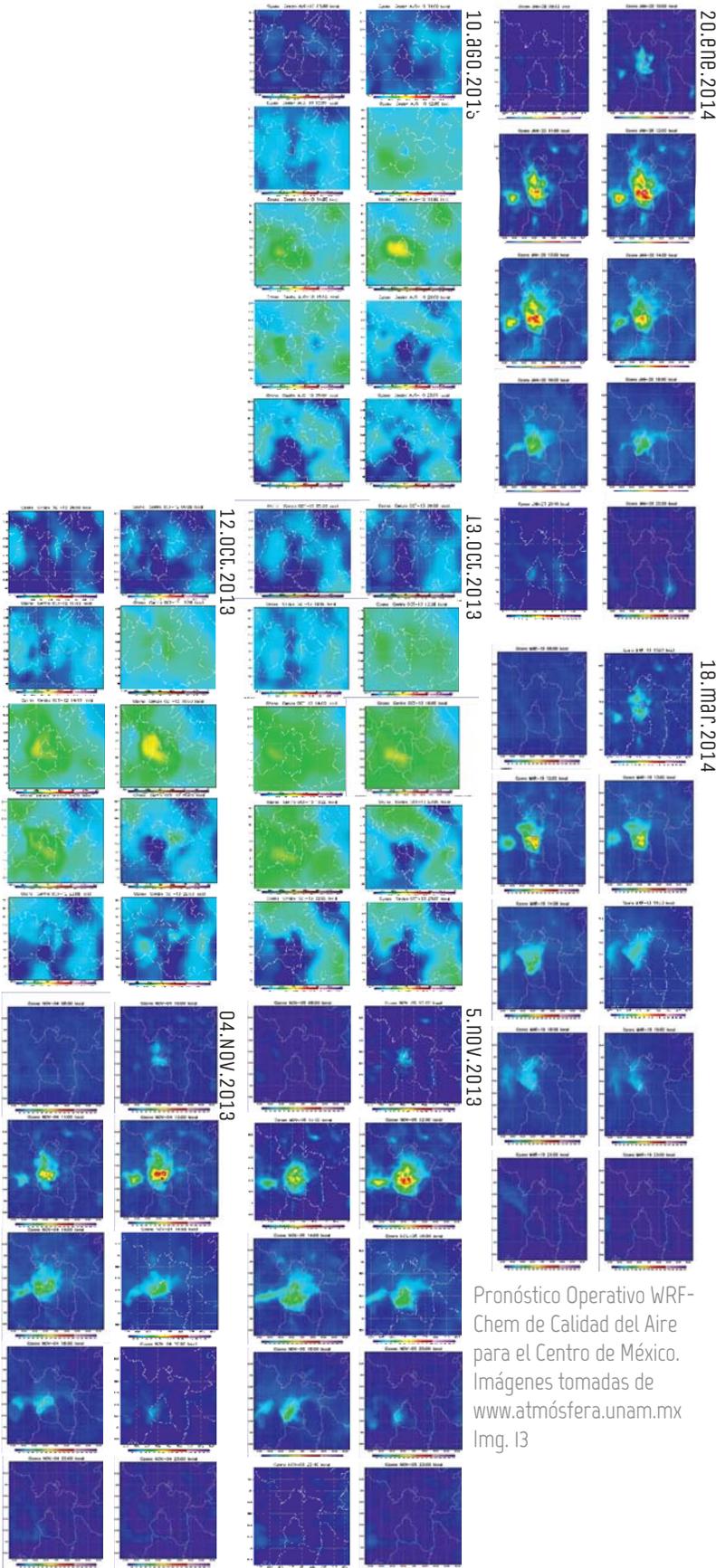
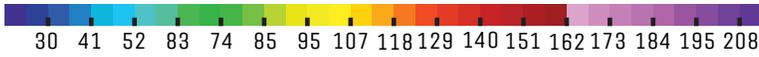


*Los años no graficados no existen en la medición, información o actualización de datos oficiales.

— PM₁₀, PO_{2.5}, O₃, CO, NO_x y SO₂
 — PM₁₀, O₃, CO, NO_x y SO₂
 — PM₁₀, O₃, CO, NO_x
 — O₃, CO, NO_x y SO₂
 — PM_{2.5}, O₃ y CO
 — PM₁₀

Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional, INE, Semarnat. México. 2012

Gráficas realizadas para este documento datos obtenidos de Semarnat .Img 12



Los contaminantes que ejercen mayor presión sobre la salud en esta región urbana son el Ozono, que supera la normatividad ambiental el 59% de los días del año, y las partículas suspendidas menores a diez micras [PM10], superando la normatividad ambiental el 9% de los días del año [SEMARNAT 2010].

Los efectos que tiene la contaminación del aire sobre la salud son registrados y analizados ampliamente, proyectan evidencia de gran impacto en estadísticas de mortandad y morbilidad [que es la proporción de personas que se enferman en un sitio y tiempo determinados].

Los factores analizados para generar estas estadísticas son primero clasificados en los siguientes rubros: exposición aguda o crónica; nivel de contaminación alto o bajo; el contaminante específico a considerar; y la edad de las personas afectadas. La relación entre estos factores genera variabilidad entre las diferentes estadísticas, representando al sitio y al nicho poblacional estudiado. El método más común para evaluar la asociación entre resultados es el metaanálisis, que consiste de una serie de herramientas estadísticas aplicadas para relacionar los datos obtenidos en diferentes estudios y sintetizar los resultados. A partir de esta relación se puede estimar el efecto sobre el contexto. Si el tamaño del objeto varía la variación puede ser analizada y descrita [Ferrer et al. 2009].

Los principales contaminantes de la atmósfera urbana están asociados con el sector transporte y la quema de combustibles fósiles, entre ellos están el material particulado, el ozono, bióxido de azufre, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

El esquema de movilidad desarrollado hasta hoy genera en gran medida el deterioro de la calidad del aire de nuestra ciudad y es también un esquema en crecimiento ya que se reproduce cuantitativamente sin renovarse. La cantidad y la antigüedad de los automóviles influye en la cantidad de emisiones al ambiente así como la calidad del combustible empleado para este fin [Goodman et al, 2004].

La situación geográfica de la CVM agrava esta situación, la combustión de los materiales es menos

eficiente debido a la altura y la cantidad de oxígeno disponible, así mismo la radiación solar, el clima y la topografía no favorecen la dispersión de los contaminantes provocando un nivel alto de contaminación crónica que afecta a la totalidad de la población de la ciudad.

Estadísticas internacionales señalan que el aumento de PM_{10} por $10\% \text{ g/m}^3$ está relacionado con el aumento en la mortandad desde 0.5% hasta 2% . La mortalidad cardiovascular y respiratoria aumentan considerablemente conforme a los índices de contaminación superan sus límites de manera alarmante, con mayor impacto en las muertes por causa respiratoria en los grupos más vulnerables como la población infantil y los adultos mayores [Goodman et al, 2004].

Estudios realizados en México arrojan un aumento del 2% en las visitas por causas respiratorias a las salas de urgencias, provocadas por un aumento de 10 ppb en concentraciones de ozono. Los efectos en la salud relacionados con exposición crónica tienen como consecuencia morbilidad por bronquitis crónica y cambios en la función pulmonar [Castillejos et al, 2000].

“Un aumento del $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} ocasiona crecimientos de 1.21% en la mortalidad de los adultos mayores” ($338\ 800$ adultos mayores a 65 años); en cuanto a la contaminación por ozono la población más afectada son los menores de 5 años, de acuerdo con el estimador encontrado la mortalidad de los infantes se ve incrementada en un 2.7% frente un aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de ozono.” [Castillejos et al, 2000]. Este dato porcentual se traduce en $756\ 000$ niños menores de 5 años tomando como referencia la estadística de población del INEGI 2010 de 28 millones de habitantes en la ZMVM.

La implementación de programas o políticas públicas que contribuyan a solucionar estos problemas de salud pública y masiva es una necesidad en un contexto de condiciones como las aquí mencionadas. Sin embargo la probabilidad de cambiar el hábito de la población y la industria de manera radical es muy baja; el desarrollo de alternativas que se inserten en el estilo de vida urbano cotidiano, introduciendo sistemas vivos a los usos y costumbres ya existentes, es un acercamiento o estrategia que podría funcionar para regenerar el ambiente local e individual de cada usuario. Es importante estudiar e identificar el modus vivendi del ciudadano de la ZMVM para determinar qué actividades pudiesen mutar a un hábito sustentable.



Población más afectada por la contaminación, adultos mayores a 60 y niños menores a 5 años. Digramas generados para este documento img. 14

CONTAMINANTE	EFFECTOS EN SALUD CUANTIFICADOS	EFFECTOS NO CUANTIFICADOS	OTROS EFFECTOS POSIBLES
*MATERIAL PARICULADO	Mortalidad Morbilidad . Bronquitis crónica y aguda . Admisiones hospitalarias . Síntomas en vías respiratorias inferiores . Enfermedades del pecho . Síntomas respiratorios . Días de actividad restringida . Días de trabajo perdidos . Efectos asmáticos	. Cambios en la función pulmonar	. Enfermedades respiratorias crónicas diferentes a la bronquitis . Inflamación en pulmones
*OZONO	Mortalidad Morbilidad . Síntomas respiratorios . Días de actividad restringida . Admisiones hospitalarias . Ataques de asma . Cambios en la función pulmonar . Sinusitis crónica	. Aumento en la respuesta a los estímulos de las vías respiratorias . Inflamación en los pulmones	. Cambios inmunológicos . Enfermedades respiratorias crónicas . Efectos extra pulmonares (cambios en la estructura y función de los órganos)

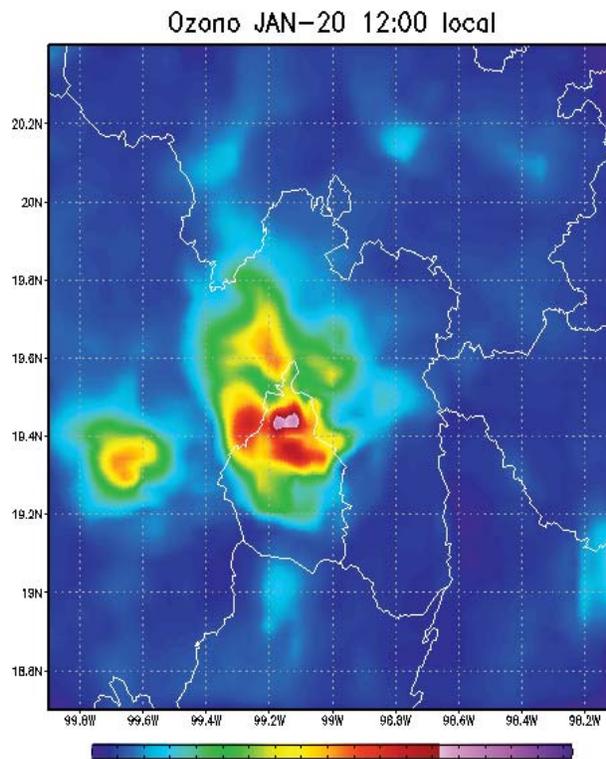
Tabla.I.The benefits and costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990, tomado y adaptado de Economic Evaluation of the Health Impacts of Air Pollution.

MAPEO DE LAS CANTIDADES DE OZONO DE LA ZMVM

Existe un flujo e interacción de compuestos químicos, derivados de la combustión de hidrocarburos entre otros. Esto genera en las horas de mayor tránsito y actividad depresiones en la cantidad y calidad de aire respirables, la proyección de mayor contaminación está directamente relacionada con la hora de mayor actividad lo cual también significa el mayor número de personas expuestas a esta concentración de contaminantes tóxicos.

21

Los contaminantes asociados con los problemas de salud son diversos, pero son provocados principalmente por las exposiciones de corta duración a partículas respirables (PM10 y PM2.5), ozono, monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno, y bióxido de azufre [OMS, 2005]. Su principal consecuencia es irritación en vías respiratorias [OMS, 2005]. En la tabla I se hace la relación de los principales contaminantes que son el Ozono y el material particulado menor a diez micras y las consecuencias a la salud más comunes. En el mapeo de la imagen 15 muestra la captura de la concentración máxima de ozono sobre la zona urbana de la ZMVM el 20 de enero de 2014 a las 12:00pm. Se puede observar en la imagen 13, que durante las horas más calientes y transitadas los niveles de calidad del aire se disparan a sobre 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en noviembre y llegando a 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en enero imagen 15, cuando la máxima en la escala de medición es 208 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se considera fuera de las normas y parámetros internacionales presentar niveles mayores a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por más de 25 días al año [OMS, 2005], en la ZMVM se observan más de 165 días que rebasan estos parámetros internacionales con más de 6 gases tóxicos antes mencionados. La responsabilidad y la consecuencia de estos niveles de contingencia ambiental debe de distribuirse en los habitantes de una ciudad para posibilitar su mitigación, ya que es la actividad urbana la generadora de este fenómeno.



Pronóstico Operativo WRF-Chem de Calidad del Aire para el Centro de México. Imágenes tomadas de www.atmosfera.unam.mx. Img. 15

// conclusiones al análisis

La situación ambiental es crítica en la ZMVM. En este capítulo se abordaron los temas de degradación y contingencia ambiental necesarios para entender y justificar el proyecto de Malla Vegetal como propuesta para mitigar estos problemas desde el ámbito de la arquitectura, a partir del desarrollo de materiales y de tecnología para diseñar e implementar una herramienta de bioremediación. A continuación se exponen las conclusiones del análisis realizado en este capítulo:



Fotografía aérea de la ZMVM. Foto. Pablo Lopez Luz/Barcroft Media. Img 15

CLIMA

Las condiciones climáticas actuales en la ZMVM alcanzan aún la zona de confort durante casi todo el año. El mínimo promedio de temperatura no es menor a 5 grados y el valor mayor promedio no supera 29 grados, sin embargo, los datos máximos y mínimos registrados se separan anualmente de la gráfica que indica el promedio. Es decir, que el día que hace más calor es cada vez más extremo, al igual que el frío y superan hasta 5° el valor del promedio. Los factores que provocan estas fuertes fluctuaciones han sido identificados pero la mitigación de estos problemas no ha sido atendida ó implementada en la zona urbana.

Una de las consecuencias más importantes de este problema es la reacción del ser urbano ante una fluctuación de temperatura que separa las condiciones normales de la zona de confort: el consumo de

calefacción y aire acondicionado. Hasta ahora estos servicios se generan a través del consumo eléctrico y de combustibles fósiles lo cual produce mayores emisiones de los gases provocadores de este problema, generando un círculo vicioso



Ciclo vicioso generado por la extremización de la temperatura y el consumo de energía para lograr el confort a través de aire acondicionado o calefacción, ambos grandes consumidores de energía y por lo tanto emisores de contaminación.

Diagrama realizado para este documento

AGUA

Existe una sobre explotación y consumo de agua potable en la ZMVM y un desperdicio de agua pluvial. Es importante la consideración de este recurso en relación a la necesidad de agua que implica la implementación de vegetación en el contexto de la arquitectura urbana. La recolección, canalización y riego eficientes son parte indispensable de una propuesta que involucra un proceso vivo.

El aumento de vegetación en un contexto genera procesos de evapotranspiración importantes para mantener la humedad y la calidad del aire, es también un colchón térmico que alivia el calor que el concreto y el asfalto guardan durante el día. Estos factores contribuyen al balance ecológico y a la mitigación de la isla de calor urbano.

CONTAMINACIÓN

Dentro de todos los sistemas generadores de emisiones de gases contaminantes la ciudad se ha vuelto el sistema que concentra mayor densidad de estas sustancias y representan el principal problema para la ecología. En la ZMVM se respira aire contaminado por arriba de los índices internacionales de calidad de aire hasta 180 días al año [SEMARNAT 2012]. Esto tiene consecuencias graves en la salud de los habitantes de la segunda ciudad más poblada del mundo y es indispensable dirigir acciones que solucionen los problemas de contingencia ambiental.

El sector transporte es la fuente que emite el 53% de la contaminación aérea de la ZMVM, esto implica que las vialidades concentran la mayor densidad de gases contaminantes y conforman la red principal de propagación de gases tóxicos. Al plantear un sistema vivo de purificación aérea con plantas que contengan y/o consuman este tipo de gases se debe contemplar a las vialidades más importantes como el punto de partida para una implementación a escala urbana. Sin embargo debido a la situación política y económica actual es prudente plantear soluciones a escalas más pequeñas que involucren interés y/o necesidad individuales para ser implementados. La micro escala permite al usuario aplicar soluciones de protección ambiental dentro o en torno a su propia casa y así conseguir mejoras en la calidad del aire en su núcleo principal.



2. ESTRATEGIA



2.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO

25

En este capítulo se plantea el acercamiento ó la perspectiva arquitectónica que funge como punto de partida conceptual y técnico para esta tesis. Existen ya muchos avances tecnológicos dentro del ámbito de la arquitectura la ingeniería y la biología que fundamentan y originan a la Malla Vegetal. Sus características mecánicas y orgánicas retoman el trabajo de investigación y experimentación ya existente. En esta tesis se explora la reconfiguración de estos avances tecnológicos para plantear una solución a los problemas urbanos y ambientales de la ZMVM abordados previamente.

La conciencia ecológica es una inquietud novedosa en el ámbito de la arquitectura; la intervención arquitectónica hoy no genera un flujo de materia y energía equivalentes a los que generaban la tierra y vegetación originales. Esta modificación al ambiente al multiplicarse de forma masiva perjudica el balance ecosistémico regional afectando a todas las especies originarias y haciendo un ambiente cada vez más hostil, incluso al hábitat humano.

Actualmente vivimos en una situación de contingencia permanente y es momento de implementar herramientas biológicas que contribuyan a remediar la situación ambiental desarrollada en el capítulo anterior. Es nuestra obligación como constructores no sólo del espacio construido si no también de la atmósfera urbana aceptar cierta responsabilidad en el deterioro de las condiciones, antes ideales para el desarrollo de la vida, y canalizar esfuerzos creativos, científicos y constructivos para solucionar los problemas generados por la reproducción de sistemas constructivos eficaces pero dañinos al ambiente. La Malla Vegetal se sustenta en la necesidad de mitigar el Cambio Climático y el impacto ambiental de la arquitectura a través de la implementación de la vegetación como consolidación del material de construcción.

Existen planteamientos, estudios y proyectos que abordan el problema de regeneración de servicios ambientales a partir de la implementación de sistemas vivos principalmente compuestos por vegetación, o de respuestas arquitectónicas que facilitan el uso de estos sistemas debido a la propuesta técnica o constructiva y que conforman las bases teóricas de esta tesis.



Arrenero Rcreativo "Kagome", PPAG arquitectos. MuzeumsQuartier, Austria Viena. Img. I6-22

2.2 Nuevos enfoques e innovación tecnológica.

En este capítulo se abordarán los principales ejes de información a partir de los cuales se hace el planteamiento de la Malla Vegetal. Es una introducción a nuevos planteamientos arquitectónicos, avances tecnológicos y aplicaciones vegetales que dieron origen y sustento a este trabajo de tesis.

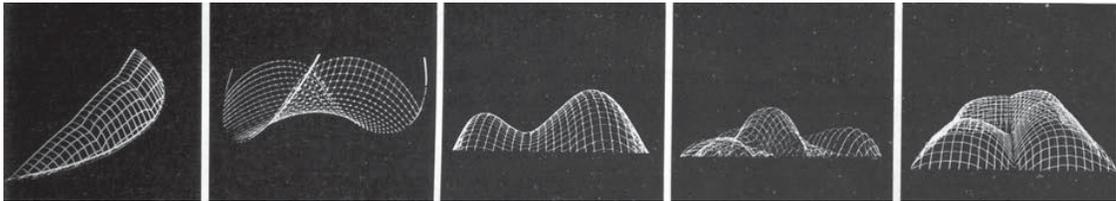
// ARQUITECTURA FLEXIBLE

// MEMBRANAS Y ESTRUCTURAS LIGERAS. FREI OTTO

Frei Otto es un arquitecto contemporáneo alemán reconocido como autoridad en el desarrollo de estructuras tensadas y aligeradas. Su trabajo incursiona en el ámbito de la matemática estructural, la ingeniería civil, el diseño arquitectónico y ambiental.

Describió su postura hacia la arquitectura en 1960 de la siguiente forma:

“En vez de hacer justicia a las necesidades actuales, nuestros edificios con colosal arrogancia, rei-



Catálogo de cascarones reticulado para el Multihalle de la consvensión internacional de jardinería en Mannheim, 1975. Frei Otto Img.23

vindican valores y los fijan por un tiempo indefinido. Necesitamos edificios que puedan satisfacer su cometido hoy y continúen haciéndolo mañana, es decir, que no envejezcan adheridos a su forma convirtiéndose así en una carga.

Para construir de manera adaptable debemos intentar construir tan ligero y flexible como nos sea posible y con la mayor perfección técnica disponible.

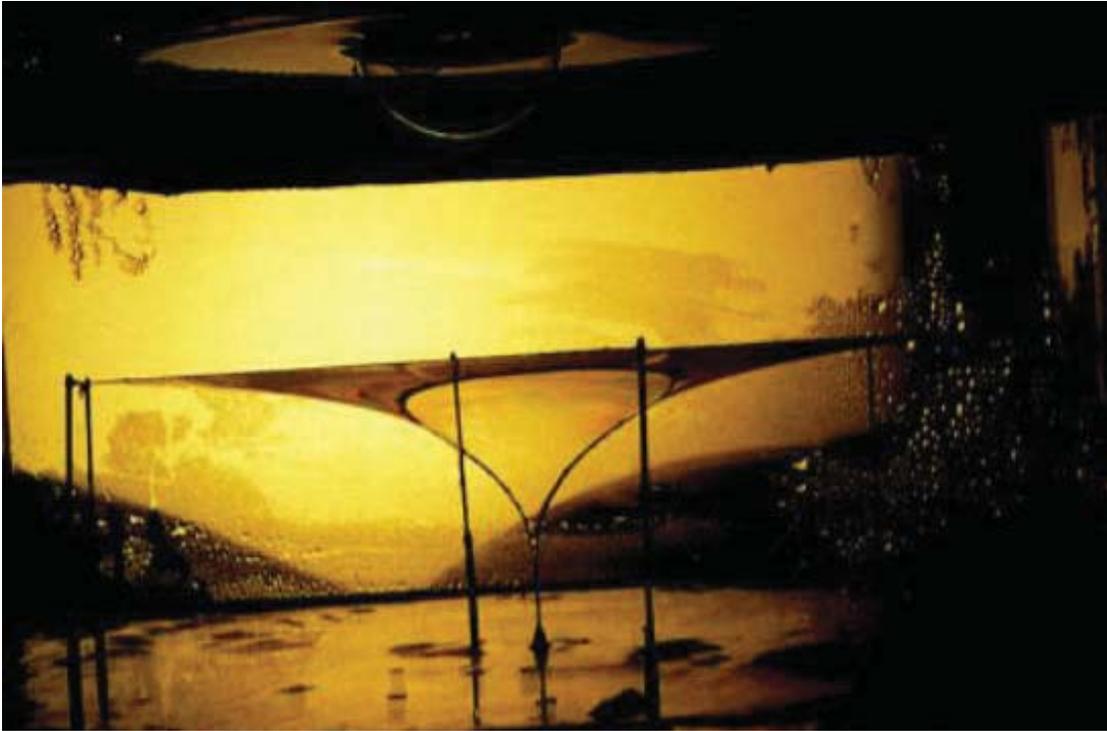
La verdadera construcción adaptable reside aún en el futuro”.

Este planteamiento proyecta un desapego a las formas rígidas y definitivas de la arquitectura construida en concreto y piedra. Es también importante el énfasis en las cualidades adaptables que la arquitectura debe tener a través del tiempo.

Las estructuras livianas que plantea Otto innovan al proponer el equilibrio estático a partir de la transmisión de cargas dentro de un sistema de curvas suspendidas o tensadas. Esta nueva tipología arquitectónica se caracteriza por librar grandes claros sin apoyos intermedios a través de una membrana colgante y flexible que responde al comportamiento estructural de materiales convencionales.

“Entendemos por membrana una lámina semejante a una piel, sin rigidez a la tensión empleada” [Otto,1962]. Para él el conocimiento de la evolución de las formas que ocurren espontáneamente en la naturaleza, la técnica y el arte guían el quehacer arquitectónico. Esta membrana surge de la observación y análisis de estructuras naturales que consiguen el equilibrio estático a través de curvas catenarias o a través de las superficies curvas encontradas en las burbujas de jabón.

Esta analogía con esquemas naturales permite la construcción de redes que se adaptan al contexto inmediato, disminuyendo el impacto ambiental o de transformación en relación con una gran funcionalidad en los espacios creados. “Estas estructuras vencen la gravedad y se adaptan a todas las formas,



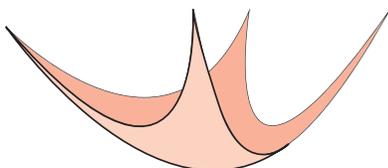
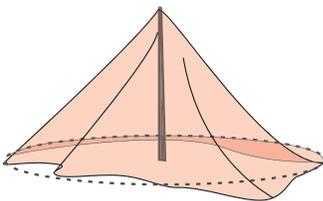
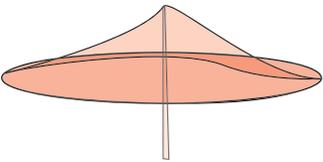
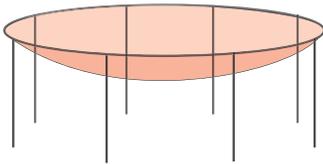
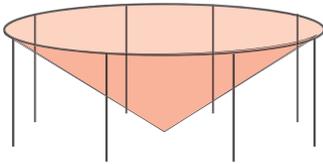
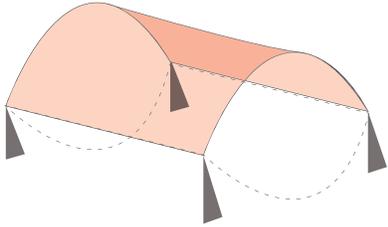
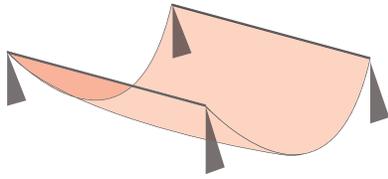
Maqueta experimental con membranas de jabón. Frei Otto. techsem.ocular-witness.com Img.24

consolidando así un elemento estructural fundamental al igual que la viga portante, el arco estribado o el muro estructural.” [Otto,1962].

La complejidad formal de las membranas aligeradas contrasta con la sencillez tecnológica de los materiales que la conforman. La economía y optimización de recursos son principios en el proceso de diseño y generan resultados en donde se reta el límite de la respuesta estructural de los materiales nuevos y tradicionales, esto implica un conocimiento profundo de las propiedades mecánicas de los mismos. El planteamiento de soluciones sustentables debe fundamentarse en sistemas estructurales de esta



Maqueta experimental con membranas red de tul tensada. Frei Otto. techsem.ocular-witness.com Img.25



índole, en donde la economía de materiales y energía es inherente al diseño e indispensable para lograr el objeto arquitectónico; “sólo evitando toda impureza de defecto en ellas lograremos progreso en su desarrollo que permita presentir una rara belleza que no puede expresarse pero que nos atrae irresistiblemente.”

Frei Otto describió el quehacer de un arquitecto como el puente entre diferentes disciplinas que juntas son capaces de plantear una solución global a un problema complejo como es el hábitat humano, el arquitecto no tiene un colaborador directo en el ámbito de las ciencias naturales, “así pues, sin serlo en el sentido convencional, el arquitecto debe actuar como científico. Esto es válido en las ramas de la biología, la etología y la ecología” [Otto 2008].

En el Instituto de Cubiertas Ligeras, de la Universidad de Stuttgart, creado e impulsado por Frei Otto se concibe la arquitectura como un proceso de investigación y acción, en donde se considera el desarrollo de los edificios que comenzó hace 10,000 años, como un proceso que ha alcanzado un nivel muy elevado de sofisticación pero que de ninguna forma es un proceso cerrado o terminado.

“Construir significa progresar, y en este proceso investigar y hacer.(...)hasta ahora la industria de la construcción sólo ha impulsado aquellos proyectos de investigación que pueden producir beneficios a corto plazo. Para elevar la calidad de la construcción debe de iniciarse, sin dilación, una investigación básica interdisciplinaria con objetivos a largo plazo, objetivos que alcancen varias generaciones” [Otto 1997].

Es a partir de esta experimentación en búsqueda de una arquitectura del futuro sin forma estética inicial, y basada en las ciencias naturales que Frei Otto define las siguientes categorías en la publicación de su tesis de doctorado “Das Hängende Däch” [Cubiertas Colgantes] en 1954.

. MEMBRANA SIN PRETENSAR

La forma básica de la membrana sin pretensar es la lámina curvada en una sola dirección siguiendo una catenaria, la cual cuelga libremente de dos líneas de apoyo paralelas o de reacción.

Este tipo de membranas son inestables y sensibles al cambio de fuerzas y distribución de cargas” [Otto,1962]. Es necesario contrarrestar esta inestabilidad aumentando el peso de la membrana de manera que el viento no provoque una inversión en la curvatura de la membrana. Las membranas ligeras básicas son las siguientes: cónica, esférica y la membrana con un soporte central que genera una forma de paraguas. Todas estas formas tienen en común el anillo exterior que las fija al suelo.

.MEMBRANA PRETENSADA PLANA

Este tipo de membranas parten de una superficie fija y tensada al interior de un polígono cerrado, al igual que un tambor. Esta superficie plana no se ve afectada por su propio peso debido a la tensión inicial. Esta tensión inicial es independiente a la gravedad y están presentes durante cualquier interacción con la membrana.

Este tipo de membranas presentan un movimiento continuo de dos tipos:

. Oscilación ligera pero rápida consecuencia de la fricción del viento a grandes velocidades sobre la cara exterior.

. Presión y succión de la curvatura original consecuencia de las ráfagas infiltradas por los bordes de la membrana, provocando un golpeteo violento y molesto.

Este movimiento se puede solucionar aportando rigidez a la membrana.

.MEMBRANA CURVA PRETENSADA

Una membrana curva puede ser pretensada en cualquier dirección sólo si la curvatura del soporte exterior está "contracurvada" es decir que tiene una curvatura positiva y una negativa en dirección contraria. La dirección que provee de soporte a esta estructura cuelga con curvatura hacia abajo y la dirección que tensa la estructura se curva hacia arriba.

La instalación más eficaz es colgando libremente en el sentido de soporte la superficie y después tensar en la dirección correspondiente. Una membrana curva pretensada es una superficie de gran rigidez y resistencia. Este tipo de superficies presentan poca deformación al recibir cargas externas. "Genera una sola forma fundamental y estática" [Otto 1953].

Este tipo de superficies no invierten su curvatura por acción del viento, no oscilan ni presentan vibraciones como los dos tipos de membranas anteriores.

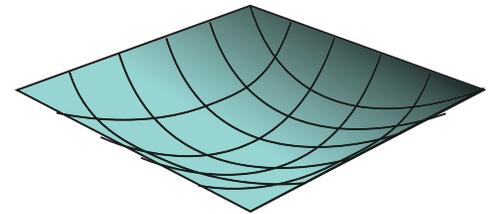
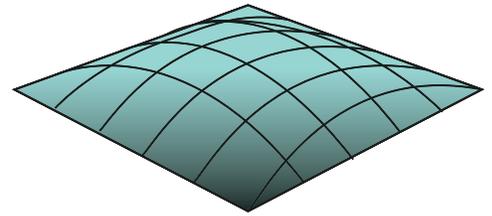
Todos estos principios son también válidos para los sistemas de redes de cuerdas pretensadas.

En su construcción deben evitarse las superficies de inclinación próxima al plano horizontal y las curvaturas mínimas ya que estas pueden deformarse sensiblemente.

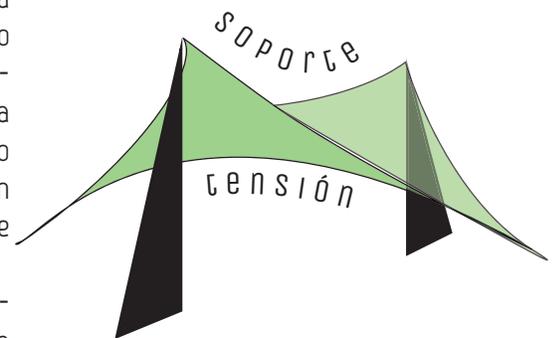
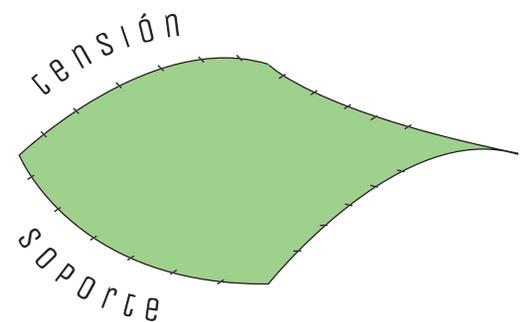
Frei Otto marca un punto de inflexión en la arquitectura Moderna debido no sólo a su planteamiento de membranas como consolidadoras del espacio arquitectónico, si no que también innova e introduce herramientas y términos al ámbito constructivo como son tensores, nudos, anclajes, fibras, etcétera.

El proyecto considerado el inicio de este desarrollo es el Pabellón Alemán para la Exposición Universal de Montreal 1967. La aproximación formal fue a través de la experimentación, pruebas de laboratorio y maquetas de trabajo a escala, la inspiración original y la estructura base es aquella de una telaraña. La expresión formal hacia el exterior es muy particular e incluso podría considerarse extrema, se puede percibir la pureza geométrica y sobre todo los pilares que sostienen y deforman la membrana. El espacio interior en contraste es sereno, luminoso y muy espacioso, con transiciones suaves de altura y gran libertad para la disposición interior.

Este avance tecnológico en la arquitectura y construcción de superficies orgánicas estructurales y de gran extensión es la base conceptual de la Malla Vegetal, ya que se plantea una malla pretensada adaptable como la base estructural, añadiéndole la cualidad de membrana biológica a partir de la implementación de vegetación sobre la estructura.



Ejemplo de membrana pretensada plana, en proceso de deformación o vibración debido a presión y succión de la curvatura original consecuencia de las ráfagas infiltradas por los bordes de la membrana. Img.27

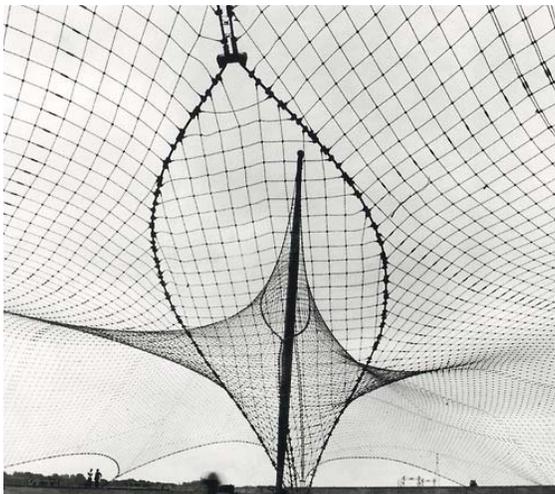


Arriba. Membrana curva pretensada. Ejemplo de la curvatura portante y la curvatura que lleva la tensión al sistema. Img.28

y Pabellón alemán para



Construcción de membranas por cables tensados Pabellón alemán para la Expo de Montreal (1967). Frei Otto. detail-online.com



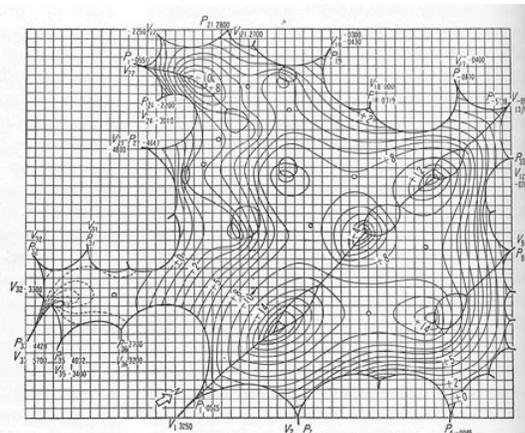
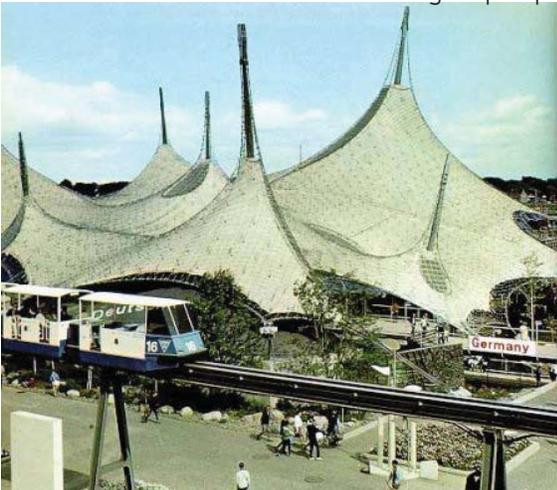
Construcción de membranas por cables tensados. Frei Otto. detail-online.com



Construcción de membranas por cables tensados. Frei Otto. detail-online.com



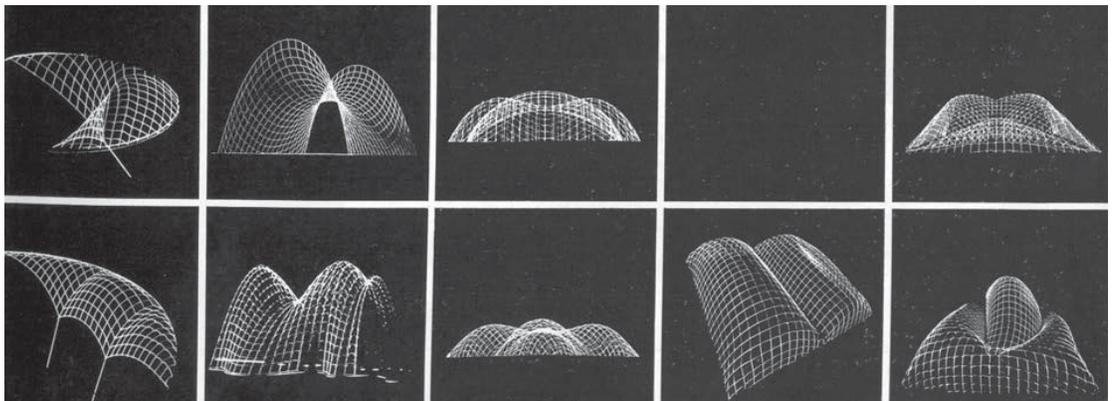
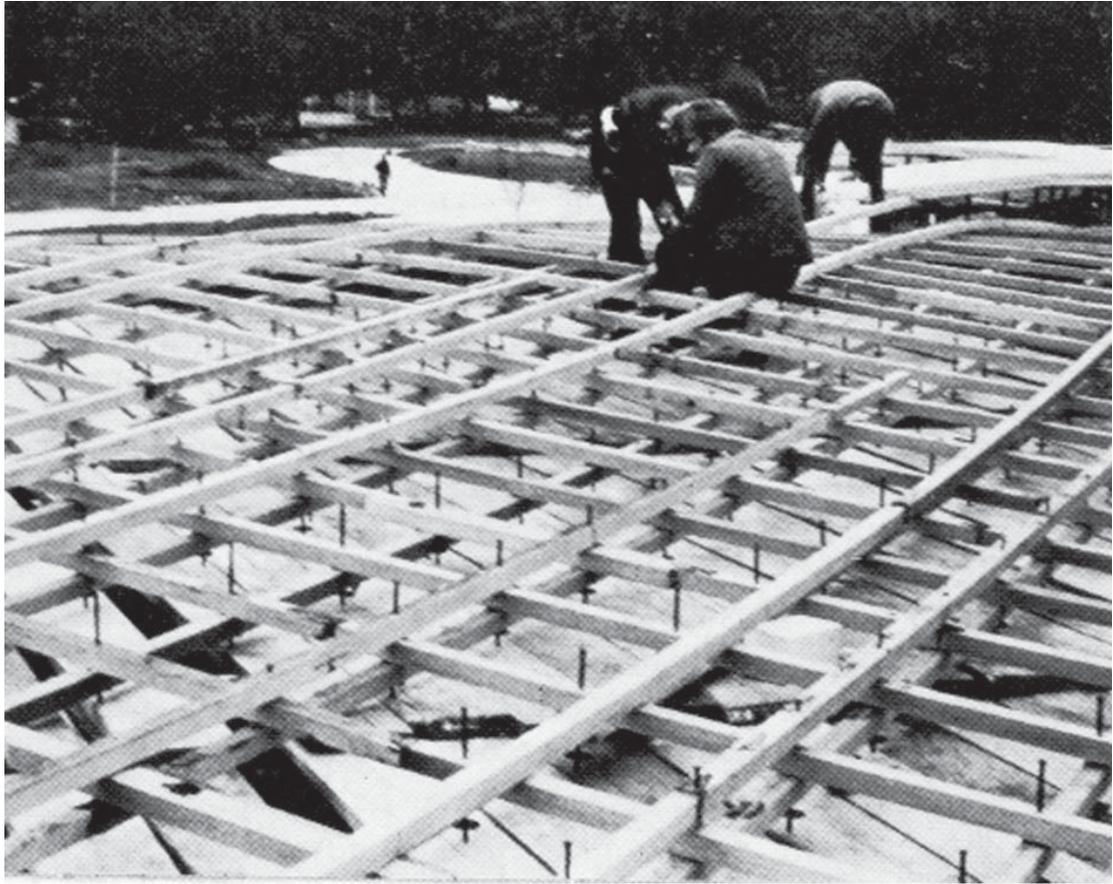
Construcción de membranas por cables tensados Pabellón alemán para la Expo de Montreal (1967). Frei Otto. unidaddocentedariogazapo.dpa-etsam.com



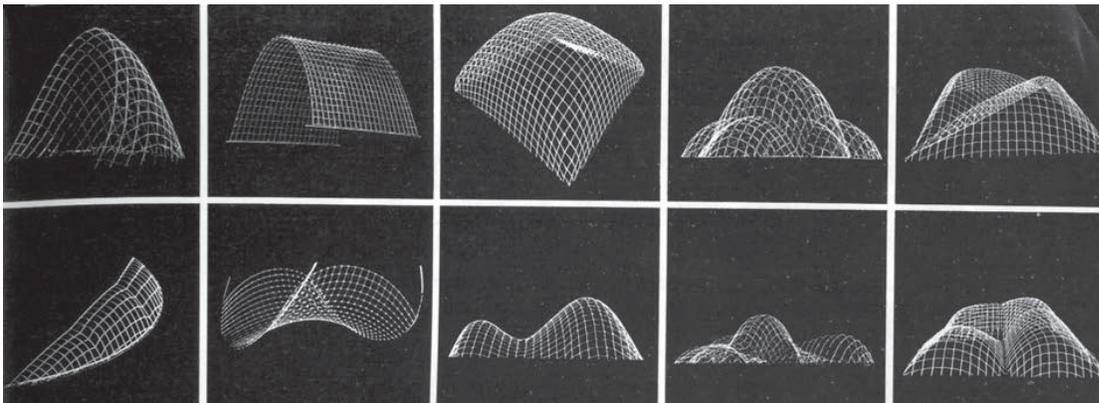
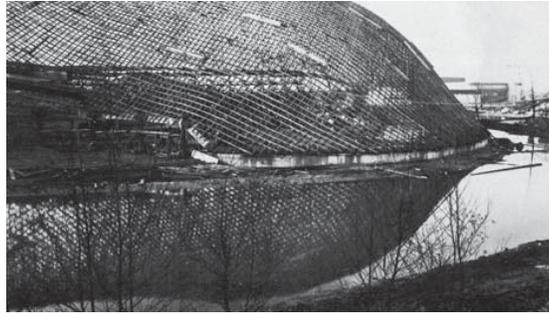
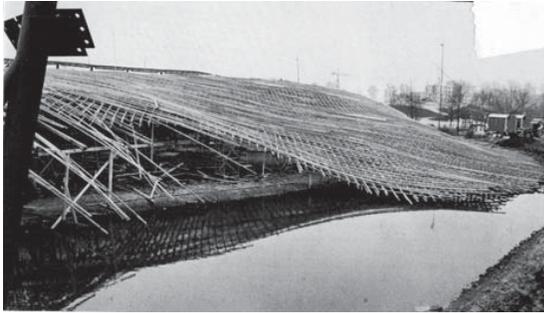
Roof plan (contour line); scale: 1/1,800.
屋根伏 (等高線) 縮尺1/1,800.

Arriba. Pabellón alemán para la Expo de Montreal (1967). Estado terminado. Frei Otto. www.westland.net.
Arr. Derecha. Plano de conjunto del Pabellón para la Expo Montreal [1967] www.westland.net
Derecha. Vista interior del pabellón, muestra la generación de grandes claros y espacialidad.





Catálogo y proceso de construcción de cascarón reticulado para el Multihalle de la conversión internacional de jardinería en Mannheim, 1975. Frei Otto. www.smdarq.net/case-study-mannheim-multihalle Img.31



Proceso de construcción de cascarón reticulado para el Multihalle de la consensión internacional de jardinería en Mannheim, 1975. Frei Otto. Img. 32. www.smdarq.net/case-study-mannheim-multihalle

2.3 APLICACIONES VEGETALES Y SISTEMAS VIVOS

// INOVACIÓN Y AVANCES TECNOLÓGICOS

Existen ya muchos avances tecnológicos dentro del ámbito de la arquitectura la ingeniería y la biología que fundamentan y originan a la Malla Vegetal.

El conocimiento del comportamiento de los materiales y su proceso es fundamental para innovar en el diseño y sus aplicaciones [Margolis, Robinson, 2007]. Es inevitable partir de diferentes disciplinas para conseguir dicho conocimiento, ya que mucha información relacionada con el comportamiento interno de los materiales, el proceso de fabricación, el flujo de energía y materia que provocan y su repercusión en el contexto inmediato reside lejos del territorio estudiado por la arquitectura y el paisajismo. “Esta inquietud ha generado un movimiento en el campo del diseño en donde se plantea un acercamiento a las soluciones a partir de un proceso impulsado por la investigación. En donde las oportunidades y limitantes de los materiales y los métodos constructivos se convierten en parte integral de su intensidad”. [Margolis, Robinson, 2007].

En el primer capítulo del libro “Living Systems” [sistemas vivos] titulado “Launch” [inicio] el tópico de jardines verticales se plantea como la primera aproximación a los sistemas vivos e investiga en el creciente interés por plantear jardines colgantes, estructuras de tensión de enredaderas y fachadas verdes [Margolis, Robinson, 2007]. “En él se aborda la síntesis entre el paisaje y la arquitectura, por ejemplo con fachadas que implementan vegetación para proveer de control climático interior. “Launch” capitaliza la inherente plasticidad de las plantas para adaptarse y replantear su propio crecimiento. Se puntualizan diferentes estructuras de soporte que refuerzan y guían el crecimiento de las plantas hasta que se consolidan definitivamente. Las estructuras compiladas en este capítulo pueden ser temporales/ biodegradables, permanentes o diseñadas para evolucionar simbióticamente, así como auto-adaptarse a diferentes niveles de crecimiento”. [Margolis, Robinson, 2007]

En los proyectos que se plantearán a continuación la estructura de soporte puede ser biodegradable, permanente o diseñada para cambiar a través del tiempo. Los materiales utilizados en estos proyectos son estructuras que se separan verticalmente del suelo como por ejemplo cables ó tensores, mallas y marcos de postes que trasladan el crecimiento vegetal al plano vertical. También es importante mencionar la diferencia de sustratos y materiales de subsuelo como por ejemplo el geotextil y los sustratos hidropónicos.

Las fachadas verdes pueden ser consideradas e implementadas como pieles o envolventes activas y responsivas a la arquitectura estática, esta provee de soporte al crecimiento vegetal. Esta estructura elevada y rígida es útil para integrar el sistema de irrigación, iluminación y la tecnología de soporte vegetal a cambio de mayores condiciones de calidad de aire, control climático, control de asoleamiento y cambio estacional de color y floración al interior del mismo edificio.

// MFO MULTI-CLERED VINE PARK [ZURICH, SWITZERLAND]
RADERSCHALL LANDSHAFTSARCHITEKTEN AG+ BURCKARDT & PART
NER AG

35



Parque MFO visto desde el segundo nivel lmg.34. www.greenroofs.com

El parque MFO es parte de una serie de cuatro parques construidos para continuar el re-desarrollo de una zona urbana que se demolió parcialmente para ser reconstruida de manera más eficiente. El parque en cuestión utiliza una pérgola de diferentes capas para generar un parque urbano. El lenguaje arquitectónico del parque hace referencia al pasado industrial del sitio y la vegetación se sostiene de tensores de acero de más de 100m de largo y 17m de altura en diferentes segmentos. La red de cables y jardineras de plantado conforman la infraestructura necesaria para emplear el hábito de crecimiento de las plantas enredaderas o trepadoras y generar volúmenes verticales vegetados. Dos paredes vegetales han de envolver el volumen ortogonal principal definiendo el espacio de este parque inusual e innovador.

Diferentes especies de trepadoras habitan esta estructura de equipamiento urbano y crecen sobre los cables tensores, estos están separados al menos 50cm de la estructura principal para asegurar que la vegetación no intervenga con la integridad de la estructura.

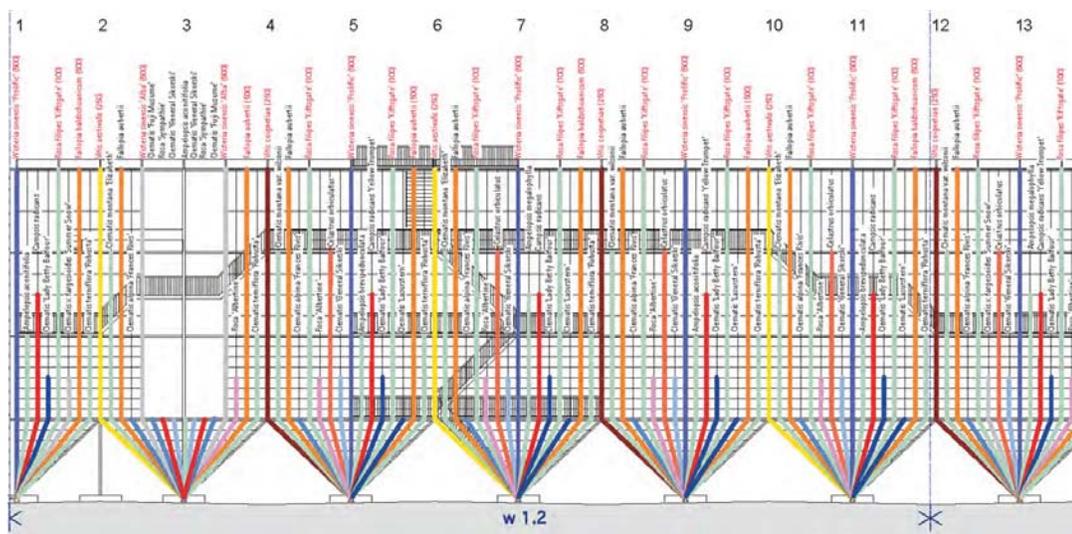
Para conseguir un follaje constante y una cobertura máxima que llegase hasta los 17m de altura se implementó en el segundo nivel de la estructura otro punto de sembrado que ayuda a la consolidación de trepadoras y tensores más finos y delgados. Las plantas fueron organizadas y acomodadas según sus radios de crecimiento máximo. Un total de 104 especies fueron seleccionadas y forman parte de la



Parque MFO en verano, con una cobertura vegetal expansiva. Img.35 www.greenroofs.com

paleta vegetal de este proyecto, incluyendo trepadoras maderosas y de crecimiento vigoroso. es importante destacar que cada enredadera tiene asignado un cable o tensor, de manera que las especies conviven armoniosamente sin competir por recursos externos. El agua de lluvia es direccionada a los puntos de siembra a nivel del suelo para drenaje y cuando exceden su capacidad el agua que drena de las jardineras es bombeada a las jardineras del segundo nivel; el excedente de este proceso de aprovechamiento de agua pluvial es llevado y almacenado en una cisterna de retención de agua para riego en época de sequía.

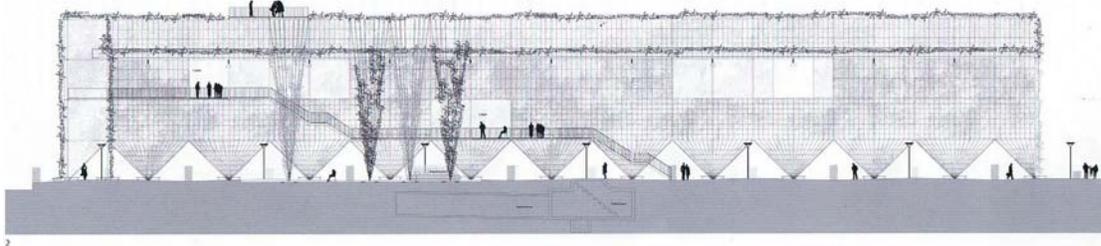
El peso de la vegetación aumentará conforme a su desarrollo, generando fuerzas sobre la estructura que son difíciles de calcular al ser muy variables, incluyen también factores de fuerzas naturales como el viento. Las plantas maderosas crean un carga impredecible sobre la estructura aunque también de cierta forma la consolidan como algo permanente. Debe ser monitoreada periódicamente para asegurar que el esqueleto principal no sea superado por los sistemas vivos que debe sostener. Cada año la vegetación consume más al esqueleto estructural de acero el cual retrocede para adquirir una inmaterialidad cambiante, ligera, colorida y creciente.



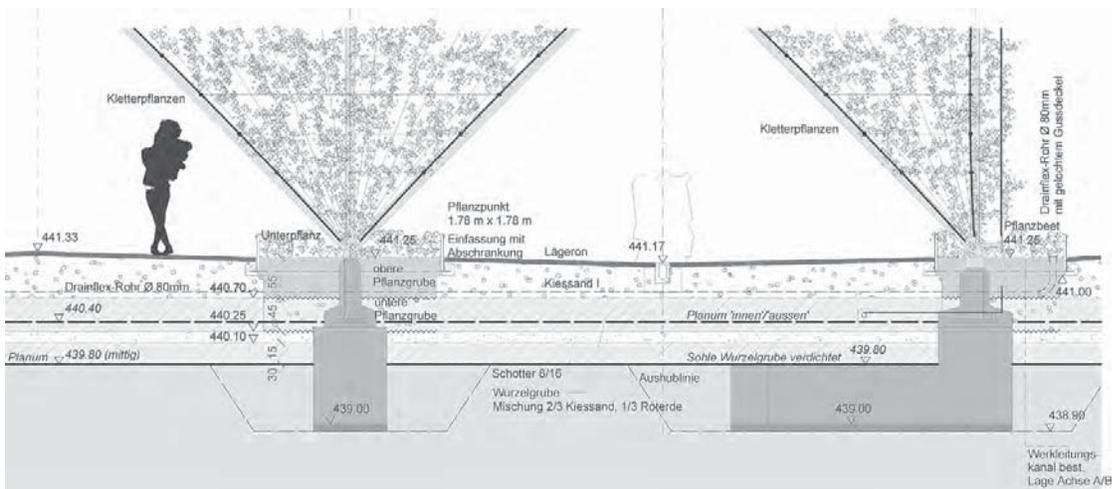
Corte longitudinal muestra la selección de 104 enredaderas, cada una asignada a un cable respectivamente. Img.36. "Living Systems" Liat Margolis y Alexander Robinson. ed. Birkhäuser



Segundo nivel del Parque MFO. Img.37. "living Systems" Llat Margolis y Alexander Robinson. ed. Birkhäuser



Alzado de instalación vegetal sobre la estructura metálica. Img.38. "living Systems" Llat Margolis y Alexander Robinson.



Detalles constructivos de instalación de vegetación, drenaje y cimentación de estructura. Img.39. "living Systems" Llat Margolis y Alexander Robinson. ed. Birkhäuser

PALIO DE BUGAMVILEAS [AV. ROOSEVELT, SAN JUAN, PUERTO RICO WEST 8

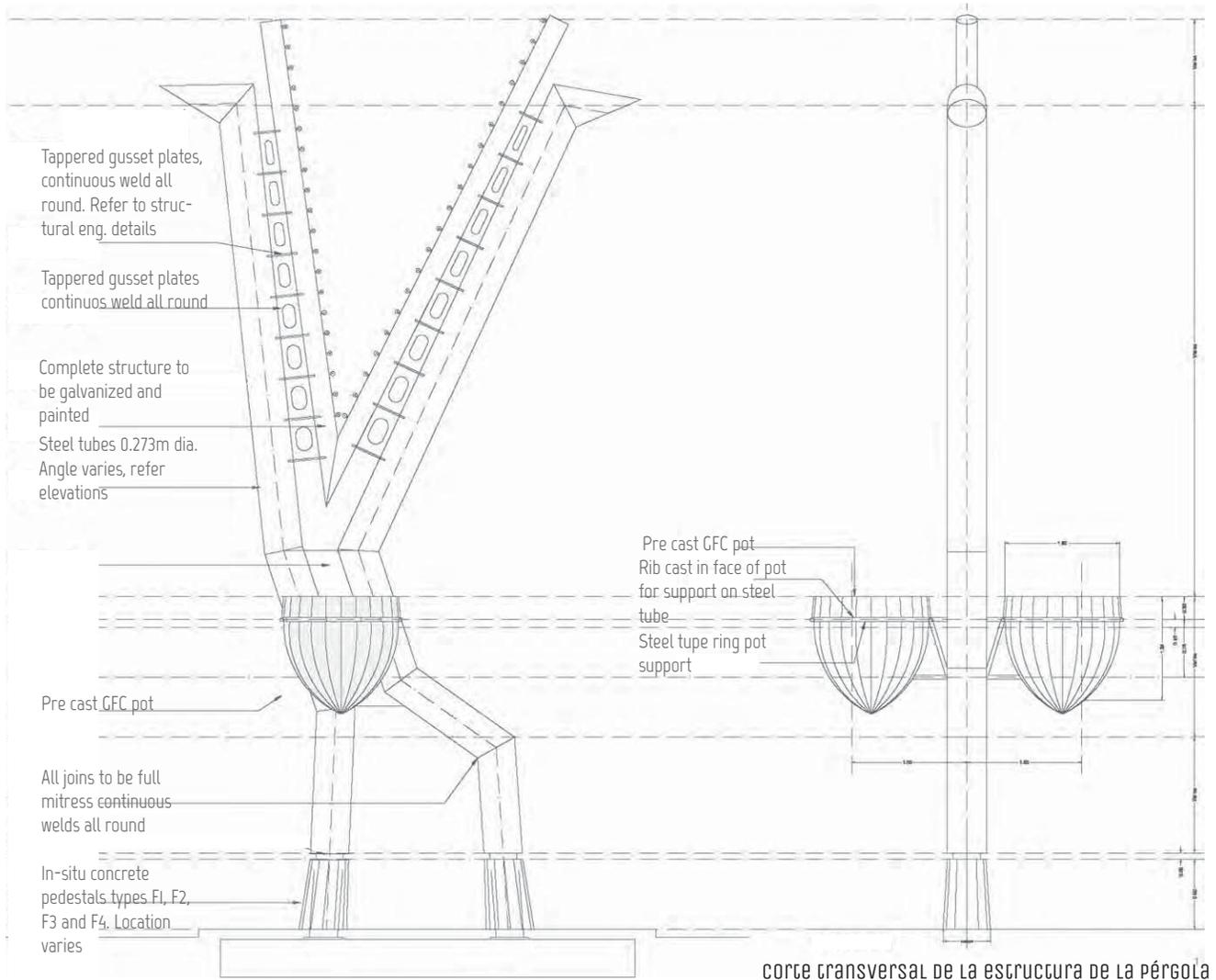
A lo largo de 107m lineales y siguiendo el costado de la av. Roosevelt esta estructura/pérgola de enredaderas, adaptada para el viento es una iniciativa de innovación por parte del gobierno de San Juan con la cual se pretende lograr un ícono ecológico ejemplar para el desarrollo futuro de la ciudad puertorriqueña.

Los cables tensados y cruzados sobre los cuales se desarrollará la vegetación trepadora forman una red que se va entretejiendo cada vez más a través de armaduras que funcionan como pérgolas. La configuración de los tensores genera una superficie paraboloide que provee la estabilidad necesaria para soportar la fuerza de los vientos incluso en el caso emergente de un huracán. La intención es proveer de sombra y espacio vegetado una zona urbana sensible al clima caluroso y las tormentas regionales frecuentes.



Visualización digital de la intervención de West8. Img.40. "Living Systems" Llat Margolis et. al.

Izquierda. Planta, alzado y sección de la configuración de los cables y la estructura guía de las enredaderas. Img.41. "Living Systems" Llat Margolis et. al.



28

Detalle constructivo de la estructura de la pérgola con los recipientes de siembra. Img.43 "Living Systems" Llat Margolis et. al.

// FIRE-ESCAPE ECPSYSTEM [LONDRES, REINO UNIDO]
GROSS.MAX + MARK DION



Este jardín vertical cuelga de la estructura de una escalera de emergencia contra incendios fuera de uso. La estructura se rescató de un edificio de 1890. Sostiene la plantación de vegetación nativa y exótica, plantea un gradiente ecológico que sube por la fachada del edificio y revela lo que GROSS.MAX define como “la artificialidad de la naturaleza contemporánea”.

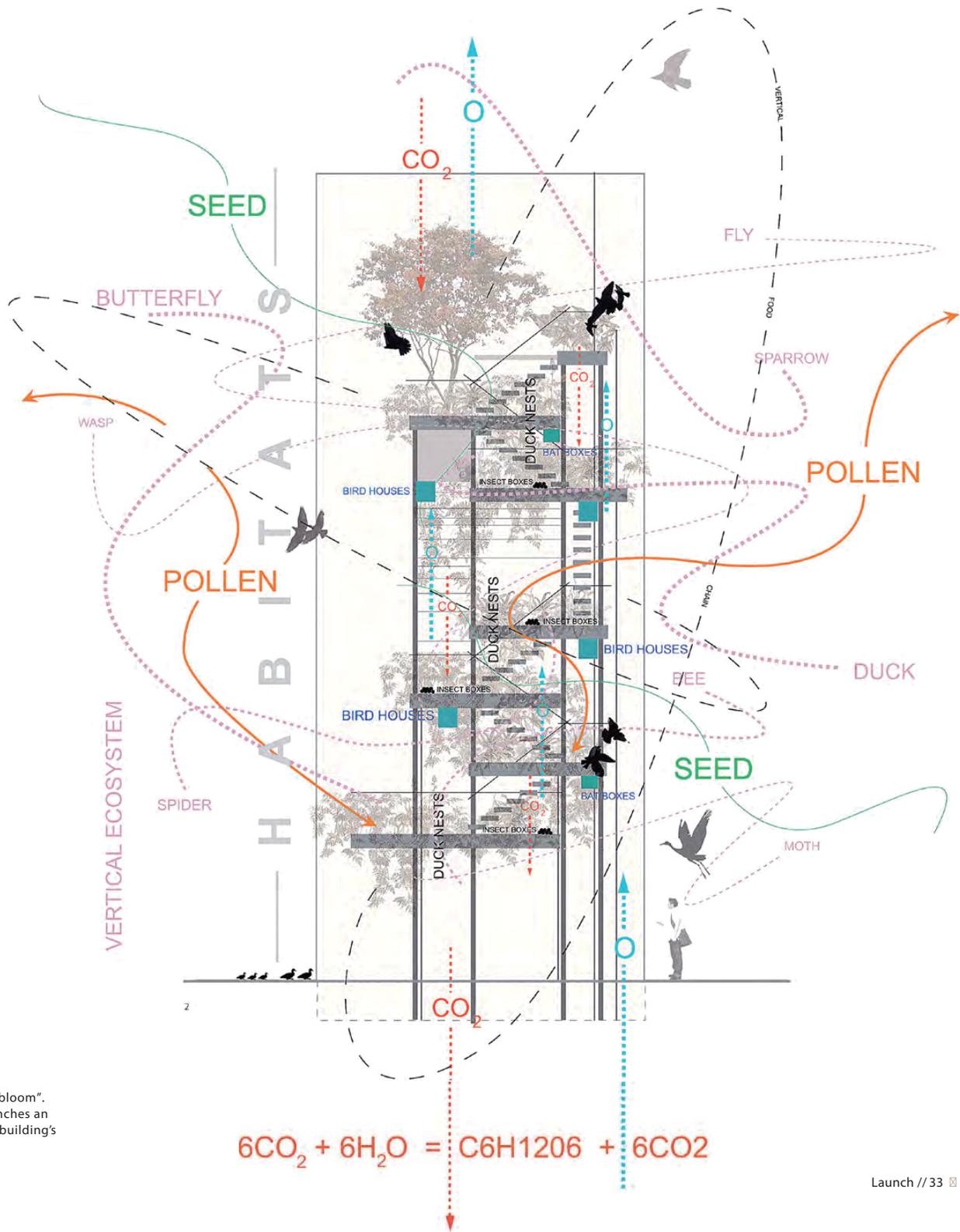
El marco de andamios funciona como la estructura que organiza los diferentes procesos de plantación modular, irrigación sistematizada y el paso constante para mantenimiento.

Cada estrato de plantación propone diferentes tipos de vegetación correspondiendo al asoleamiento que necesitan para crecer. Se seleccionaron plantas de acuerdo a ciertas características: crecimiento vigoroso, para lograr una cobertura máxima de la estructura original; valor cultural; y por la cantidad de fauna que pueden albergar o atraer.

El riego se realiza a través de un sistema de riego por goteo y aspersión y vaporización ocasional. Existen diferentes regímenes de riego debido a la diversidad vegetal que varían desde humedales acuáticos hasta camas secas sin irrigación artificial.

Al mismo tiempo que el andamiaje de la escalera provee de estructura y orden al gradiente ecológico, también es lo suficientemente porosa como para permitir la migración espontánea de esporas y semillas al ambiente así como también los movimientos de los animales que lleguen a habitar el espacio vegetado, como pájaros e insectos, creando una plataforma artificial de diversidad ecológica que aspira a lograr su propio balance dentro de una ciudad urbanizada.

Jardín/ecosistema vertical sobre la escalera de emergencia rescatada después de desechada y colocada en la colindancia de un edificio habitacional. *Img.44. “Living Systems” Llat Margolis et. al.*



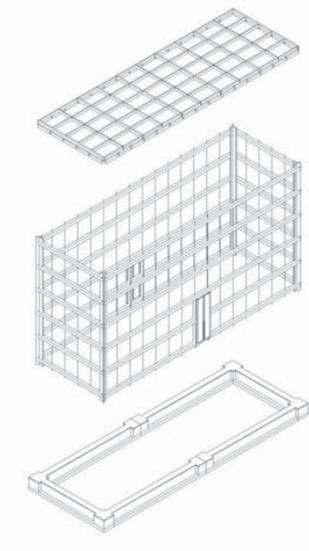
El jardín colgante propone un gradiente ecológico a lo largo de la colindancia del edificio, como fachada ornamental y funcional. Img.45 "Living Systems" Llat Margolis et. al.

// EDIFICIO HEDGE PABELLÓN HOLANDÉS IGA 2003 [ROTTERDAM,
ALEMANIA]
ATELIER KEMPEHILL ARCHITECTES & PLANNERS

43



Edificio Hedge. Img 47. arqa.com

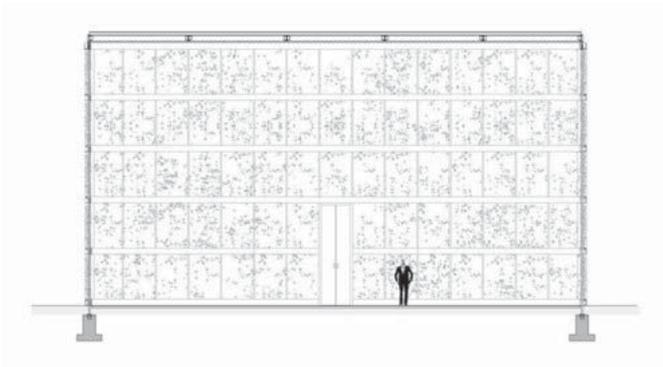


Estructura reticular interna. Img 48.
europaconcorsi.com

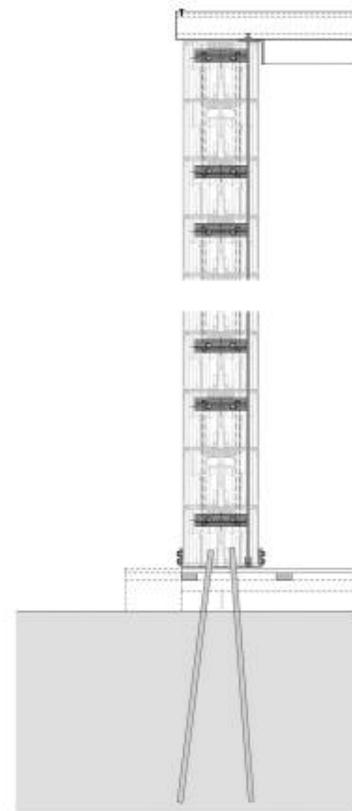
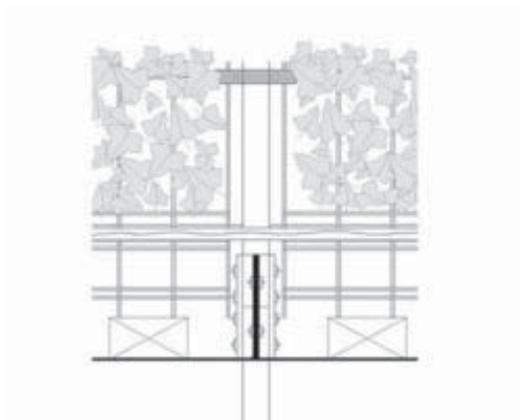
Este pabellón presentado para la International Garden Exhibition en 2003 representando a Holanda. Fue innovador en la presentación de una "Smart Screen" o Pantalla inteligente conformada por una piel vegetal como envolvente del volumen ortogonal de 20mx10m. La vegetación y su sistema de siembra están montados sobre una estructura de acero sencilla y perimetral al polígono. La vegetación fue crecida a priori del evento para presentar una cobertura total y uniforme de vegetación. A partir de esta forma rudimentaria y rígida la cubierta vegetal cierra el polígono dándole na atmósfera fresca y ligera. El techo es translúcido y permite el paso de la luz. Las proyecciones interiores de la luz a través de la vegetación generan un espacio cambiante y dinámico. Fue un trabajo muy reconocido por lograr el sincretismo de la arquitectura industrial con un elemento natural y vivo; los arquitectos mencionan la inspiración inicial para llegar a esta expresión formal fue la dicotomía entre el hombre y la naturaleza, refiriéndose a la absoluta racionalidad de la agricultura holandesa. En ella descubrieron la poesía inherente a este modelo lógico y riguroso de cultivar.



Edificio Hedge, vista interior muestra un espacio de gran ligereza y luminosidad. Img 49



Alzado frontal. Muestra fachada vegetada europaconcorsi.com



Detalles constructivos de sujeción de jardineras a la estructura principal del edificio . Img 49. europaconcorsi.com

// LOST IN PARIS 2009 [PARIS, FRANCIA]
R&SIE ARCHITECTS + CHRISTIAN HUBERT DE LISLE & CIE + PEDRO
VELOSO

45



Los in Paris, recipientes de vidrio soplado encargados del riego por goteo suspendidos en una red. Img.50.
paradisexpress.blogspot.com

Este proyecto es de gran relevancia debido al planteamiento de una membrana vegetal en resguardo de un edificio de 2 niveles, el objetivo de este proyecto es aislar completamente la construcción de su contexto a través de una pantalla vegetal. Esta instalación/prototipo bioclimático consta de 130m², 1200 helechos plantados en sustrato hidropónico, 300 contenedores de vidrio soplado para la solución bacteriana que alimenta la vegetación hidropónica, un sistema de riego por goteo monitorizado, aislamiento con espuma de alta densidad PU y una cubierta de geotextil.

La solución de nutrición hiropónica es abastecida y almacenada en los receptáculos de vidrio soplado



Fotos panorámicas de la casa camuflajeada en la vegetación. Img.51.
architectural-review.com

que a su vez alimentan la planta a través de un sistema por goteo. El usuario es responsable de hacer la solución de nutrición e incorporarla al sistema de riego. La exposición de la solución al sol en los receptáculos de vidrio forma parte del sistema vivo ya que ayuda a la proliferación y cultivo de bacterias



Vista desde el exterior de la fachada vegetal .lmg.52.architectural-review.com

“Rizobium” que son parte de la solución nutritiva necesarias para aumentar el porcentaje de nitrógeno de la substancia sin pasar por un proceso químico o industrial. La lluvia que cae sobre el terreno es aprovechada y forma parte de la solución que llega a los receptáculos. La refracción de luz a través de

los contenedores de vidrio es también aprovechada al interior del edificio, inmerso entre 4 colindancias.

47



Vista interior de la envolvente vegetal y fuera de la casa, existe un espacio que separa los dos elementos. Img.53.
architectural-review.com



Vista interior de la envolvente vegetal y fuera de la casa, existe un espacio que separa los dos elementos. Img.54



Vista exterior e interior del proyecto Lostinparis. Img.55 www.4us2be.com

En la publicación "Living Systems" [Sistemas vivos] escrita por Liat Margolis y Alexander Robinson en 2007 se exponen diferentes aproximaciones a la innovación en materiales que forman parte de un sistema biológico. "Los proyectos seleccionados para esta publicación promueven la expansión de este campo de conocimiento así como la terminología para entender el desempeño dinámico del medio complementado con sistemas de alto rendimiento en donde se establecen altos estándares para el mejoramiento ambiental, económico y social".

Soluciones diversas al problema de implementación de sistemas vivos sobre materiales constructivos a lo largo de los últimos diez años han abierto la brecha en este tópico desde diferentes partes del mundo como son Suiza, EUA, Alemania, Puerto Rico, Australia, España, Francia, Italia, Holanda, Dinamarca, Reino Unido, Canadá, y Grecia. Partir del conocimiento y experiencia generados desde estas plataformas

para proponer una nueva solución a la implementación de sistemas vivos es parte del proceso vital para las ideas que se planteen con el fin de aportar en este diálogo multidisciplinario. La investigación que se presenta en esta tesis compila algunas de las soluciones que fungieron como punto de partida para la Malla Vegetal.

Los proyectos expuestos en la compilación hecha por Liat Margolis y Alexander Robinson están organizados en dos categorías, la primera incluye sistemas de fuerza ambiental y la segunda propiedades materiales de la estructura. La primera categoría de "Fuerzas ambientales" se subdivide por una lista de elementos que provocan la fuerza en cuestión: agua, aire, vegetación y asoleamiento. La segunda subcategoría "Propiedades materiales de la estructura" enlista las técnicas para manipular los elementos activos en potenciales soluciones de diseño: infiltrar, retener, re-enforzar, inhibir, tratar y filtrar.

Living Systems / Sistemas Vivos, expande el concepto de la materialización del paisajismo para también discutir su inmaterialidad fenomenológica, es decir, atmosférica, volátil, y de fases cambiantes. Esta consideración es de gran importancia en el proceso de investigación y definición del concepto de Malla Vegetal, la cual trata de implementar este factor inmaterial como una la virtud ambiental y social determinante.

La materialidad se aborda desde cuatro principios; el primero concibe el paisaje como espacio exterior o como un medio que emplea materiales vivos, como plantas, por ejemplo, operando dentro del sistema natural/biológico y sujeto a sus comportamientos complejos. El segundo principio observa a los materiales tecnológicos del paisaje como procesos, en vez de objetos, que ocurren a escalas variables, intervalos de tiempo o ciclos naturales. De ahí que la materialidad se defina a partir de capacidades como: crecimiento, intercambio, conversión, adaptación, retención, evaporación, etcétera. El tercero argumenta que estos sistemas se encuentran en flujo, intercambio y transformación constantes y deben ser concebidos como sistemas interdependientes, en vez de ser vistos como componentes materiales individuales. Y el cuarto principio desacredita la noción convencional de la naturaleza como algo que ocurre estrictamente de forma natural, en cambio apunta hacia la alianza entre naturaleza y tecnología. La naturaleza y el paisaje son contextos impactados y adaptados por la tecnología dentro de ambientes construidos contemporáneamente; "el interés en la arquitectura de paisaje como infraestructura operacional se encuentra en sus años de formación: aún abierta para la reestructuración del concepto y su materialización" [BA,2006].

Estos principios plantean nuevas definiciones a conceptos y procesos aplicados comúnmente en el ámbito de la arquitectura. En este trabajo se retoman estas definiciones contemporáneas en donde el paisaje, por ejemplo, se considera como un sistema biológico complejo y sincretizado con la tecnología para conseguir su máxima potencialidad; el paisaje es convencionalmente considerado como el espacio exterior y público, complementario al entorno humano, si bien es cierto que se implementa a partir de una conciencia ambiental, social y cultural, no se visualiza como una entidad mutable, funcional,

inteligente y determinante de los recursos disponibles al interior y al exterior del entorno construido. De manera complementaria la biomimética es una línea de pensamiento científico y académico aplicada en el diseño de tecnologías que solucionen problemas y necesidades cotidianos al habitar un espacio definido desde el estudio, análisis y aplicación de sistemas creados espontáneamente en la naturaleza. Comparte y origina muchos de los principios planteados anteriormente. Es un precedente importante para el estudio y control del flujo de energía y materiales de un proyecto que plantea la implementación de un sistema vivo. La Malla Vegetal es un proceso que se basa en los principios de la biomimética para generar una solución que aporte en el ámbito del diseño de materiales constructivos en el contexto de la ZMVM.

La biomimética es una metodología que busca reproducir artificialmente los principios presentes en la naturaleza para generar las soluciones a las necesidades humanas, de manera que estas alcancen una máxima eficiencia y sean mucho más adaptables al entorno existente. La inspiración que dispara los procesos creativos proviene de sistemas biológicos y se potencializa con la profundización en el conocimiento de fenómenos naturales y sus funciones, abriendo así una ruta de innovación. El término fue acuñado por Janine M. Benyus en 1997 E.U. y se puede explicar como "acciones de innovación inspiradas por la naturaleza". Esta metodología se basa en los siguientes principios:

- . Los procesos se gestionan a partir de una fuente de energía primordial: la energía solar.
- . Se utiliza sólo la cantidad de energía requerida
- . La forma se adapta a la función.
- . Todo se recicla.
- . La diversidad es una constante.
- . El trabajo se concentra en el análisis del contexto local.
- . Auto-limita sus propios excesos.
- . Las limitantes de un proceso son también una fuente de creatividad junto con los procesos biológicos.



Fotografía de recolección de lluvia a través de una telaraña y la formación natural de curvas catenarias. Img. 56. fotosbonitas.org



Vista exterior de casa habitación con crecimiento vegetal en la totalidad de la envolvente. Chengdu, China. Foto Paulina Sánchez. Img.57

Para satisfacer estos principios integralmente es necesario impactar diferentes ramas del conocimiento y del mundo profesional [arquitectura, paisajismo, urbanismo, construcción, ecología de restauración, geología, hidrología, ingeniería, etcétera.] y provocar un intercambio intelectual reflejado en las diferentes formas de ejercicio profesional, como son las oficinas de arquitectura y diseño, institutos de investigación, empresas de consultoría, construcción y manufactura. La colaboración de todos estos nichos y profesiones es la clave para lograr proyectos con una visión global de los problemas abordados.



3. DISEÑO APLICACIONES Y PROPUESTA

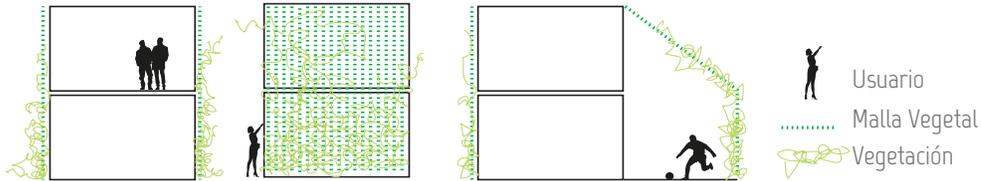


3.1 Malla Vegetal

PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL

53

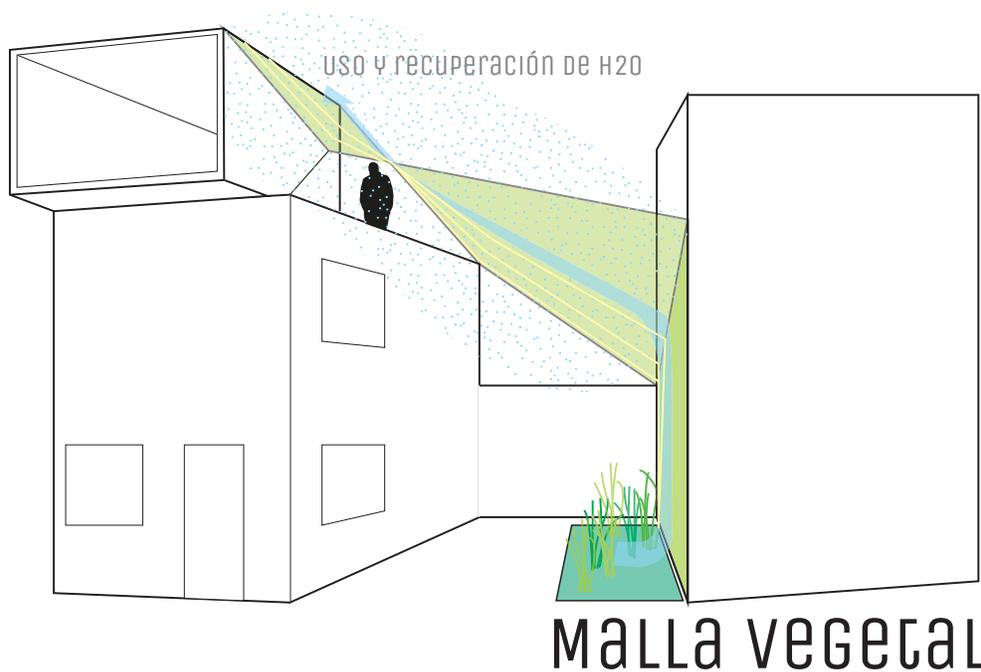
La idea original de la Malla Vegetal proviene de la inquietud de crear un material que propague el crecimiento vegetal sobre la arquitectura, ya sea como envolvente, acabado, muro ó techo que contenga un espacio semiexterior. Considerando la vegetación como una herramienta funcional y generadora de recursos.



Explicación diagramática de las diferentes aplicaciones de la Malla Vegetal: envolvente, acabado, muro ó techo generadores de espacio habitable. Img.58

El principal objetivo es aumentar la cubierta vegetal en zonas altamente urbanizadas que durante su crecimiento devastaron el entorno natural, modificando la transferencia y flujo de energía y materia naturales mediante el proceso de construcción de un hábitat para el ser humano. Es también una herramienta bioclimática diseñada para restaurar en cierta medida la calidad de los recursos vitales y mitigar los problemas generados por la contaminación aérea, hídrica y lumínica.

Esta aplicación vegetal aporta en el ámbito de la ecología urbana en cuanto al uso de una estructura colgante, aligerada y deformable, es decir con potencial para permitir el cambio de forma a través del tiempo y el espacio, aunada la aplicación de un sistema vivo. El sistema estructural y el sistema biológico



Esquema representativo de la malla vegetal proporcionando cubierta vegetal y sombra al patio de una casa urbana. Img.59

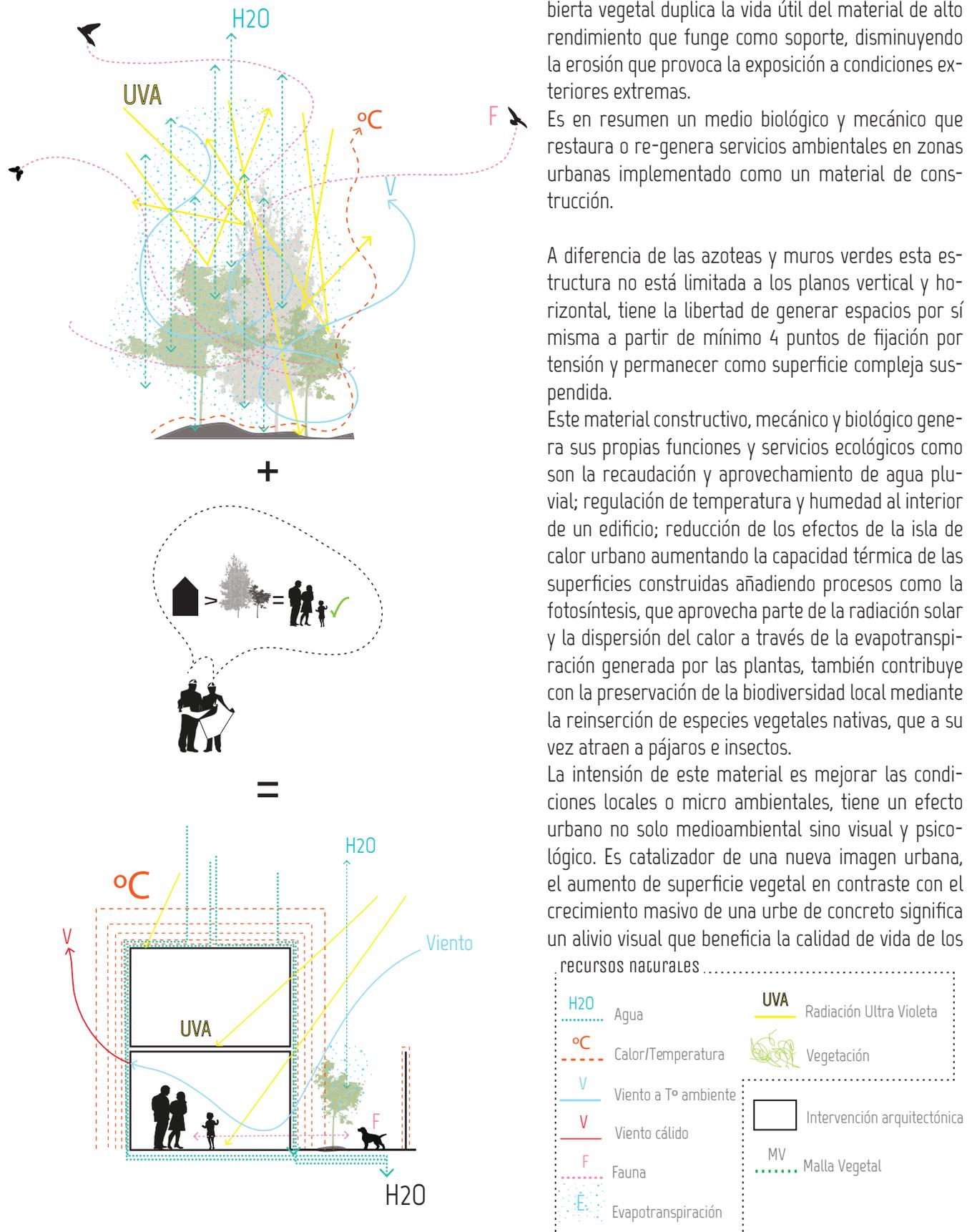
gico coexisten en armonía y se complementan, la cubierta vegetal duplica la vida útil del material de alto rendimiento que funge como soporte, disminuyendo la erosión que provoca la exposición a condiciones exteriores extremas.

Es en resumen un medio biológico y mecánico que restaura o re-genera servicios ambientales en zonas urbanas implementado como un material de construcción.

A diferencia de las azoteas y muros verdes esta estructura no está limitada a los planos vertical y horizontal, tiene la libertad de generar espacios por sí misma a partir de mínimo 4 puntos de fijación por tensión y permanecer como superficie compleja suspendida.

Este material constructivo, mecánico y biológico genera sus propias funciones y servicios ecológicos como son la recaudación y aprovechamiento de agua pluvial; regulación de temperatura y humedad al interior de un edificio; reducción de los efectos de la isla de calor urbano aumentando la capacidad térmica de las superficies construidas añadiendo procesos como la fotosíntesis, que aprovecha parte de la radiación solar y la dispersión del calor a través de la evapotranspiración generada por las plantas, también contribuye con la preservación de la biodiversidad local mediante la reinserción de especies vegetales nativas, que a su vez atraen a pájaros e insectos.

La intensión de este material es mejorar las condiciones locales o micro ambientales, tiene un efecto urbano no solo medioambiental sino visual y psicológico. Es catalizador de una nueva imagen urbana, el aumento de superficie vegetal en contraste con el crecimiento masivo de una urbe de concreto significa un alivio visual que beneficia la calidad de vida de los recursos naturales



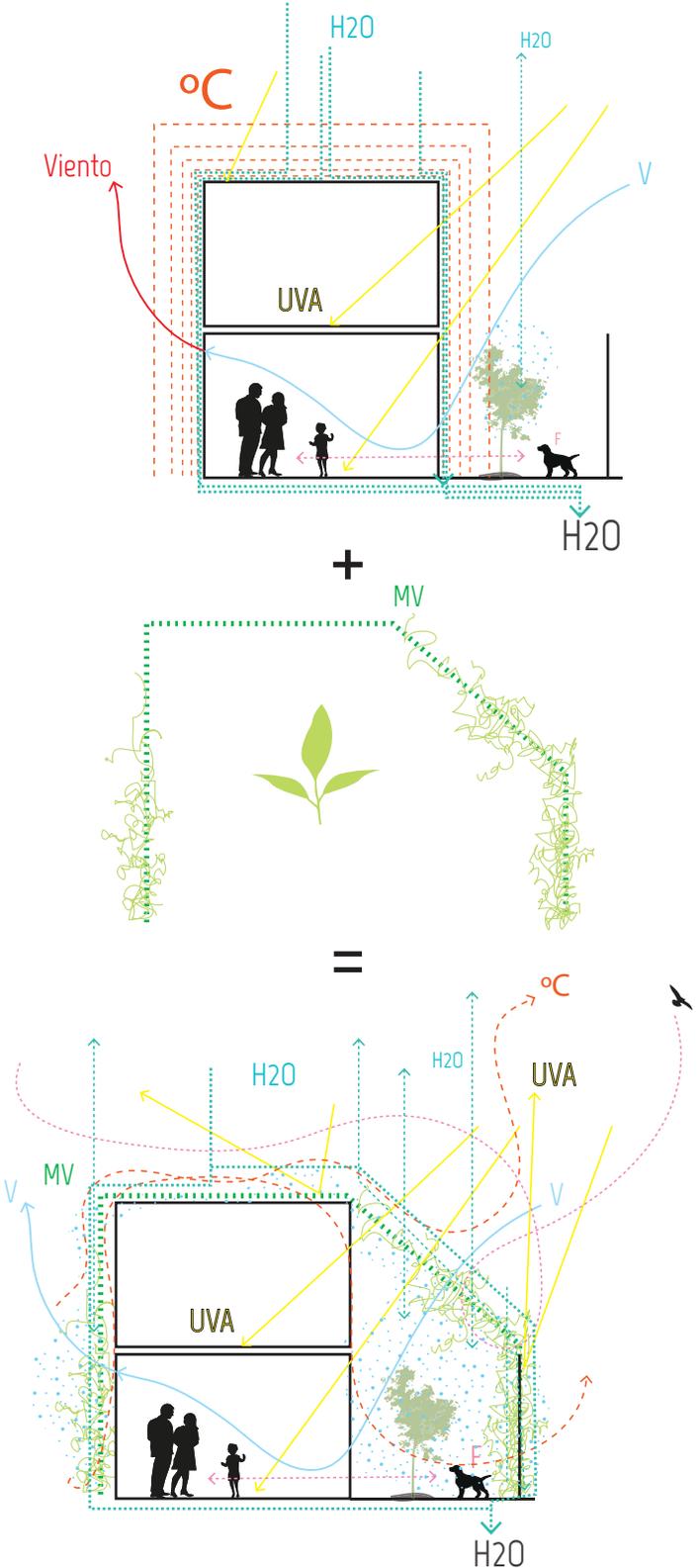
Explicación diagramática del flujo natural de materia y energía de un ecosistema antes y después de la intervención arquitectónica. Existe un cambio radical en el flujo de servicios ecosistémicos naturales, sobre todo en la descarga calórica. A la derecha la simbología complementaria . Img.60

ciudadanos. Es importante buscar alternativas a los materiales convencionales empleados en el proceso de construcción. Muchos de los materiales que usamos al exterior y al interior de las edificaciones que construimos son peligrosos y dañinos para la salud.

Hasta ahora el tópico ambientalista por excelencia en la educación y la práctica arquitectónica es la eficiencia energética. El interés en la energía solar como recurso renovable para generar electricidad emerge para asistir una deficiencia de recursos combustibles. Este avance tecnológico es de gran importancia y sin duda necesario para preservar ecosistemas enteros de donde es extraído el gas y el petróleo. Elimina también el impacto de la enorme huella de carbono que se genera al quemarlos para generar electricidad, entre otros productos. Sin embargo existen recursos mucho más vitales que la energía eléctrica, la variación climática local que va separando las condiciones diarias de las condiciones originales dentro de las cuales se ha desarrollado la cultura y el estilo de vida local son un ejemplo claro del gran impacto social que tiene la modificación desmesurada de las condiciones ambientales; la calidad del aire es también un recurso que no se evalúa como no renovable y es un tema poco estudiado sobre todo cuando se trata de calidad de aire al interior de las construcciones.

Los factores alarmantes que afectan a los ciudadanos de una de las ciudades más pobladas del mundo no son sólo los macro ambientales, abordados en los capítulos anteriores si no que también existen amenazas micro ambientales dentro del entorno de una vivienda como son los compuestos orgánicos volátiles y los materiales cancerígenos que forman parte de las pinturas, recubrimientos, alfombras, pegamentos, aislantes y pisos que pueden causar problemas de salud relacionados con deformidades o deficiencias en vías respiratorias o sensibilidad química en el usuario [McDonough, Braungart, 2002]. Los fabricantes de materiales se remiten a etiquetar los productos con la normativa nacional correspondiente que normalmente no contempla toda la extensión de compuestos que un material puede contener.

Retomando las palabras escritas por William McDonoug en el libro "Cradle to Cradle" publicado en 2002: "El diseño es una señal de intención. ¿Cuál es la mejor intención que pueden tener los diseñadores? ¿Y cómo puede un edificio manifestar esas intenciones? Debemos dejar de intentar ser menos nocivos con materiales tóxicos y comenzar a diseñar materiales que aporten al ambiente positivamente."



Esta cubierta vegetal puede re-generar condiciones de calidad de aire y agua en una escala individual, contribuyendo al desarrollo y subsistencia de flora y fauna desplazados por la urbanización, reintroduciéndolos en un punto específico que para efectos prácticos se ha nombrado “micro impacto”.

El “micro impacto” es un concepto importante para el planteamiento de la Malla Vegetal ya que los problemas ambientales urbanos han sido hasta ahora abordados desde una perspectiva global en donde se denominan como Cambio Climático o Calentamiento Global. Las posibles soluciones planteadas en tratados nacionales o internacionales abordan el problema a través de perspectivas e iniciativas a mediano y largo plazo que consideran a sectores enteros de producción económica y material como los provocadores o principales contribuyentes al problema y como únicos responsables de su mitigación; El 1º de Agosto de 2009 dentro del marco de la sede de diálogo internacional United Nations Millennium Development Goals Indicators se generaron acuerdos entre los Estados de diferentes naciones que se comprometen a reducir emisiones de un 30 hasta un 50% de lo emitido en 1990 antes del 2050; dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se generó el Protocolo de Kyoto, en donde se firmaron los objetivos internacionales de reducción de emisión de los 6 gases más nocivos para la atmósfera al menos en un 5% a nivel global antes de 2012 tomando como referencia las emisiones al año 1990, los gases en cuestión son los siguientes:

- . Dióxido de carbono (CO₂)
- . Gas metano (CH₄)
- . Óxido nitroso (N₂O)
- . Hidrofluorocarbonos (HFC)
- . Perfluorocarbonos (PFC)
- . Hexafloruro de azufre (SF₆)

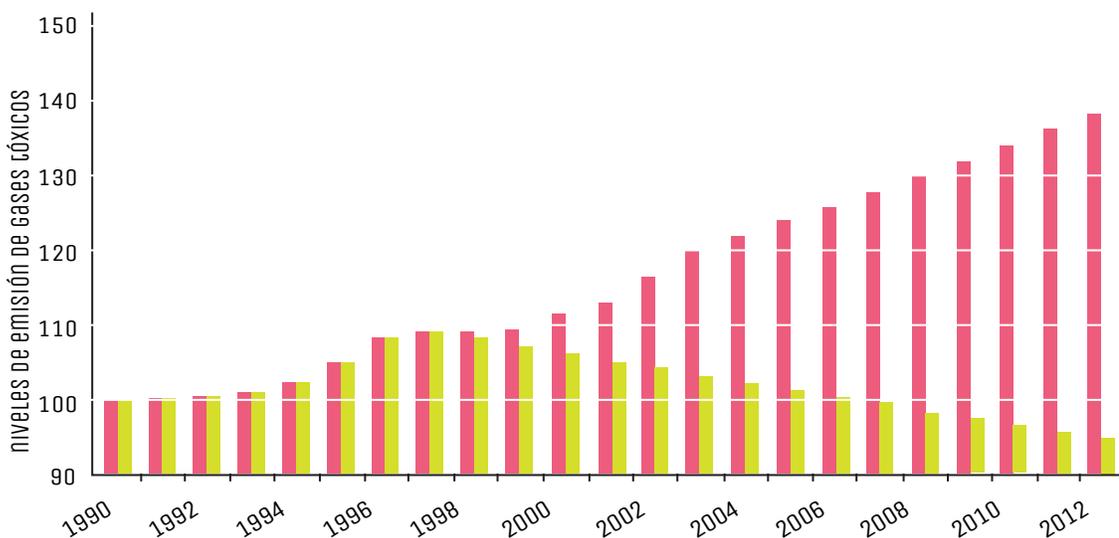
Un total de 187 Estados ratificaron el protocolo de Kyoto en noviembre de 2009 quedando 7 naciones al margen de los acuerdos generados en esta cumbre de cambio climático.

Ambas iniciativas requieren de un esfuerzo global y coordinado, lo cual se sale de las expectativas y aspiraciones de un individuo dentro de su vida cotidiana.

Esto puede generar cierto rechazo a la participación en iniciativas ecológicas y desmotivación en cuanto al impacto que una decisión o compromiso personal pudiese representar en un contexto determinado.

emisión de gases invernadero:

■ SITUACIÓN REAL VS OBJETIVOS DEL PROTOCOLO DE KYOTO ■



fuente: british petroleum 2006

Gráfica que muestra el contraste de las perspectivas acordadas en el tratado internacional de Kyoto y la cantidad de emisiones generadas realmente a nivel internacional. Los objetivos y perspectivas de este tratado son poco asequibles. Img 62

La realidad es que las ciudades contribuyen con emisiones de gases invernadero casi al mismo nivel que la industria y contaminan con residuos mucho más diversos de manera continua. En el caso particular de la ZMVM el sector transporte contribuye con el 80% del CO; 40% NO; 20% SO₂; 35%PM₁₀ [Thundiyil, 2003] de los contaminantes atmosféricos en comparación con la industria que sólo contribuye con el 26% de la contaminación. Según el censo de la SMA-GDF en 2004 la flota vehicular está compuesta sobre todo por vehículos particulares con 2 712 262 vehículos de 3 588 290 unidades que conforman el total de la flota vehicular. En el ámbito de la construcción se puede observar el mismo patrón, el 70% de los edificios de la ZMVM corresponden a la urbanización popular conformada por vivienda unifamiliar [Romero et. al. 2011], este proceso es conocido como “auto-construcción” y tiene como características principales la expansión progresiva en diferentes periodos de tiempo, la diversificación de usos de la planta baja [adaptación a tienda, restaurante, taller, etcétera] y el aumento gradual de habitantes en relación con el crecimiento de una familia. Esta cifra revela el impacto

y la magnitud del crecimiento urbano provocado por ciudadanos que construyen un espacio de vivienda individual, o familiar. La construcción es la principal causa de desplazamiento y eliminación de cubierta vegetal; a partir de este fenómeno se generan grandes problemas de contaminación, como por ejemplo la dispersión aérea de 26 toneladas de polvo anualmente sobre la ZMVM. Es pertinente considerar al ciudadano común como el principal contribuyente a la contaminación atmosférica de la ZMVM y de la misma manera concebir que la acción individual se puede considerar cómo un nicho de oportunidades amplio y con gran impacto a nivel urbano.

Este es el punto de inserción comercial y social de este material, capaz de proporcionar condiciones benéficas y saludables en el espacio personal de un individuo y su colectividad inmediata. Esta medida de cuidado personal representa un micro-impacto de mitigación de la contaminación hacia el interior de una casa.

La aspiración a una mejor calidad de vida es una tendencia inherente al ser humano y la búsqueda de un ambiente saludable en medio de un entorno en crisis ambiental puede multiplicar los micro-impactos a escala urbana generando así un cambio ambiental de mayor envergadura.

La apropiación y adaptación de la práctica popular es otro gran potencial que explota la Malla Vegetal, apoyándose en el uso de toldos y estructuras temporales para solucionar necesidades espaciales de manera emergente y proteger un espacio del sol, de la lluvia y delimitarlo para albergar un uso temporal o esporádico.

El crecimiento de enredaderas en paramentos limítrofes es también una práctica popular existente que ha dado origen a esta propuesta en gran medida. Las guías al crecimiento vegetal son ingeniosas improvisaciones diferentes para cada caso y son muestra de creatividad e iniciativa individuales, es importante mencionar también que la mayoría de los casos observados disponen de un área considerable de suelo y sustrato orgánico . Estos factores requieren de ciertos conocimientos, aptitudes y condiciones para ser ejecutados y esto puede ser una limitante para proponer una cubierta vegetal expansiva a nivel urbano, que pueda ser adoptada por la mayoría de los individuos en una vivienda particular y descarta casi totalmente su aplicación en otros tipos de tipologías, como la arquitectura vial o pública, edificios

COMPOSICIÓN DE LA FLOTA
VEHICULAR DE LA ZMVM 2002 número de
vehículos en
la ZMVM 2002

PARTICULAR	2 712 262
< 3 TONELADAS	273 396
PICK UP	175 021
TAXI	115 974
MOTOCICLETAS	94 437
TRACTO CAMIONES	75 571
MICROBUS	32 236
AUTOBUS	30 683
COMBI	19 485
TOTAL	3 588 290

Fuente: SMA-GDF, 2004

Composición de la flota vehicular . Img 62

corporativos, etcétera. La instalación de servicios en la mayoría de los casos, debe ser sistemática, industrializada, barata y modular al igual que el mantenimiento que a su vez debe requerir una atención mínima según los parámetros del usuario urbano. Es por esto que la Malla Vegetal plantea la adaptación de un fenómeno espontáneo a un proceso industrializado abordado desde la perspectiva de desarrollo de un material constructivo y tecnológico.

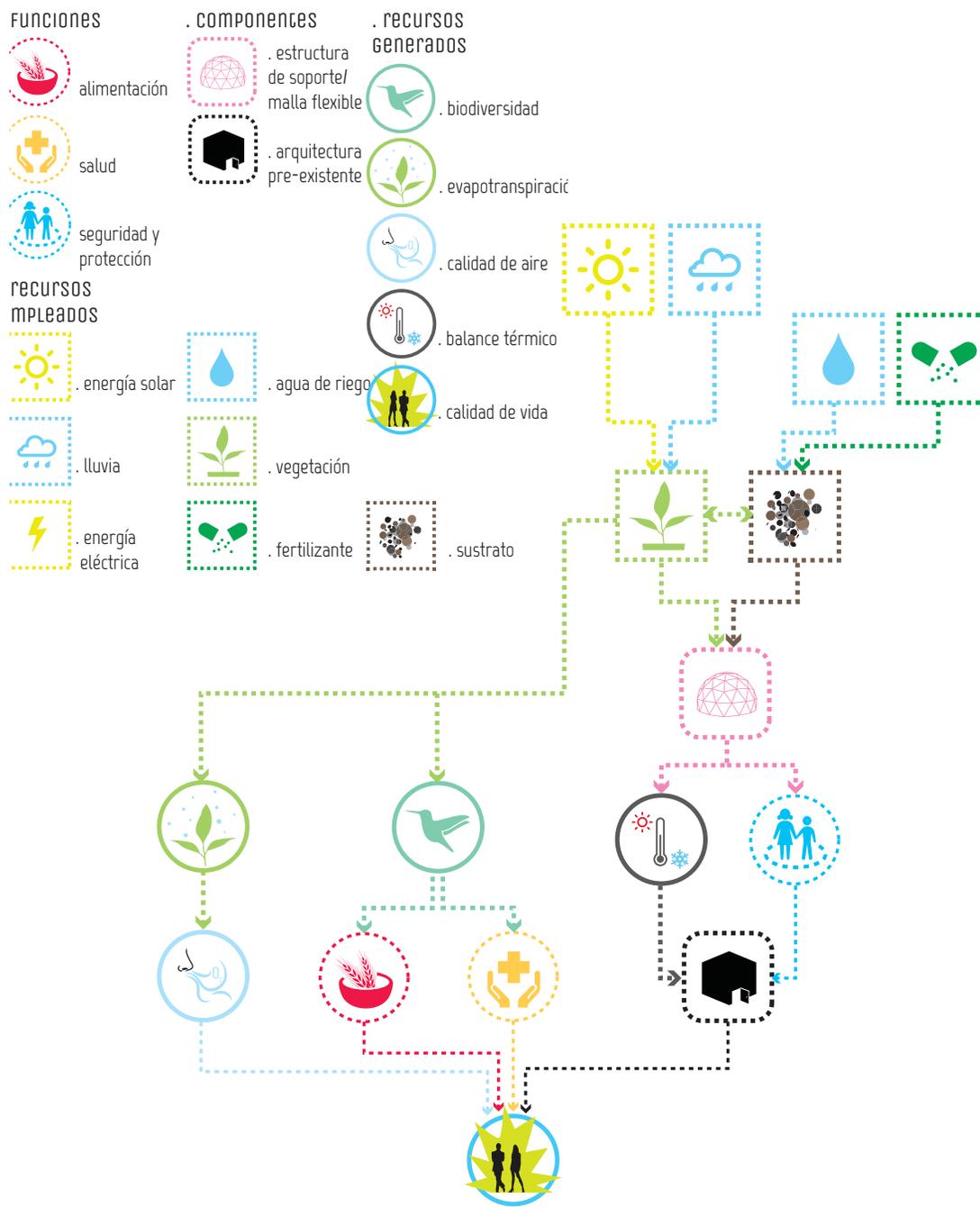


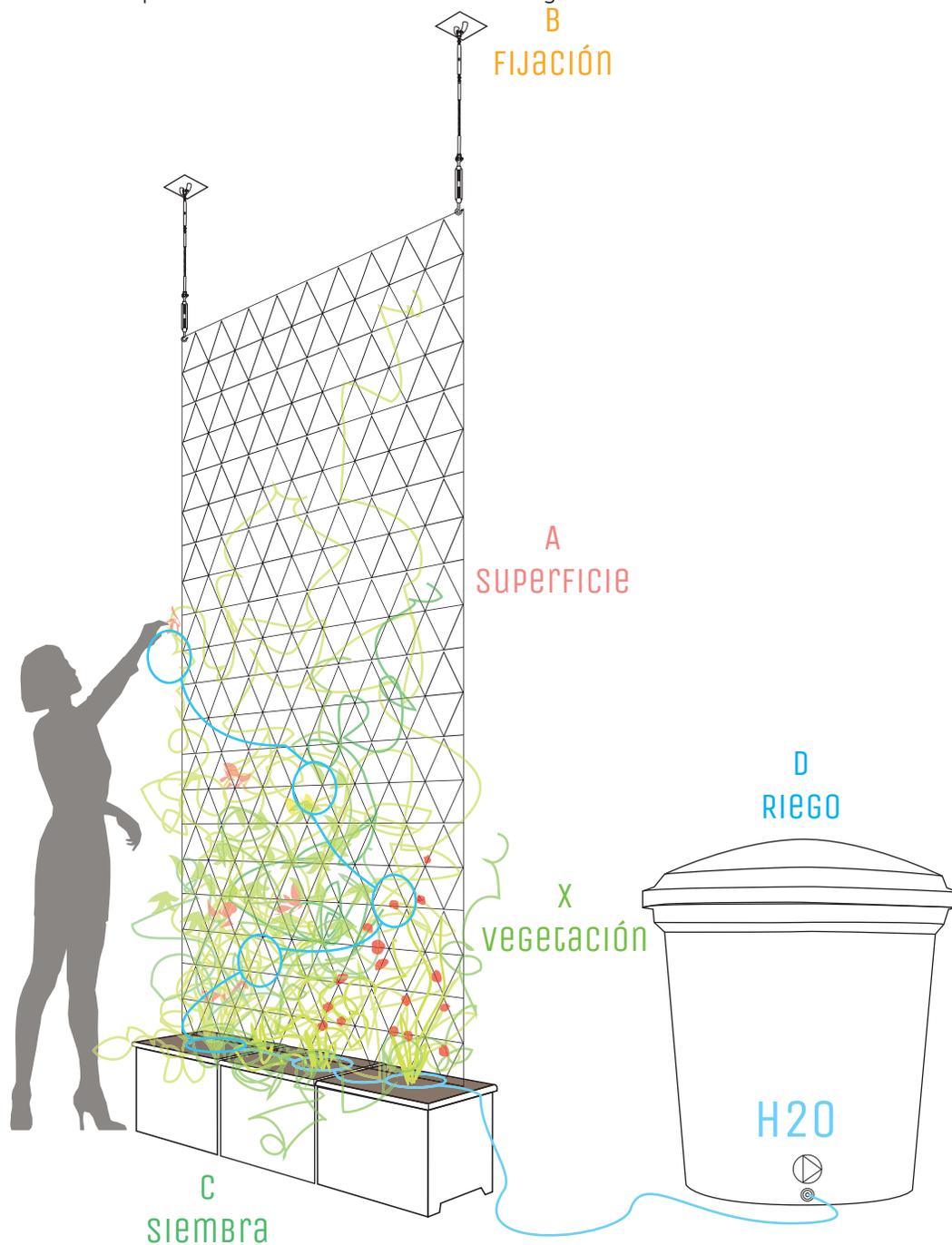
Imagen demostrativa de el flujo de energía y recursos necesarios para el funcionamiento de la malla vegetal; sus beneficios prácticos y ambientales y el objetivo final: mejoramiento de la calidad de vida del usuario.. Img.63

3.2 Propuesta

// ELEMENTOS, MATERIALES Y CUALIDADES

La construcción de sistemas y estructuras simples muchas veces prueba ser una tarea compleja, la economización de materiales y recursos plantea una serie de limitantes que retan el proceso de diseño descartando una solución una y otra vez. Es a partir del estudio de propuestas de sistemas estructurales de cuerdas y superficies tensadas que se han identificado los elementos que conforman el sistema de Malla Vegetal.

59



Sistema conformado por diferentes componentes, necesarios para sostener vida vegetal. Esquema generado para este documento lmg 64

Se definieron cinco categorías para clasificar los diferentes componentes en relación a las funciones que ejecutan, esto es con el fin de facilitar la interacción del usuario con el producto [A. Superficie, B. Fijación, C. Siembra, D. Riego y X. Vegetación], la primera función de la malla la define el área de crecimiento o propagación de la vegetación:

A. Superficie, ésta puede estar compuesta por un tejido o malla, el material que la compone es un polímero llamado Poliamida o nylon de alta resistencia, este plástico es utilizado normalmente como red de seguridad para proteger balcones o aperturas en niveles superiores para evitar caídas accidentales. Este material fue seleccionado debido a que tiene una gran resistencia contra las condiciones de peso y contra la intemperie, soportando hasta 60°C al exterior y 194 kg/m² cuando trabaja como red dentro de un tejido, el peso específico de la vegetación es difícil de calcular, sobretodo considerando que es un sistema vivo que se encuentra en cambio y crecimiento constantes, se calcula a partir de la medición de peso de diferentes especies de vegetación que por metro cuadrado la vegetación trepadora debe de alcanzar 22.22kg/m², lo cual no deformaría el tejido ni el sistema de la Malla Vegetal, sobretodo si la tensión se ha hecho correctamente.

Se descartaron las mallas metálicas galvanizadas debido a su eventual oxidación y posible envenenamiento de sustrato, agua y vegetación, lo cual terminaría por dañar el sistema vivo para el cual se diseñó la estructura. El tejido de las dos superficies propuestos se basa en la construcción de un algoritmo geométrico sencillo, como es el de Sierpinski, en donde se ubica el punto medio de cada uno de los lados de un triángulo equilátero y se unen estos puntos, resultando en tres triángulos equiláteros alrededor de uno central. Este procedimiento se puede ejecutar tantas veces como se desee, resultando en un fractal, para el tejido triangular sólo se ejecuta una vez el procedimiento y se repite dentro de la superficie definida por las medidas modulares de 1.22 x 2.44 m. En el caso del tejido cuadrangular se divide el módulo inicial de un cuadrado en nueve cuadrados semejantes, lo cual se consigue dividiendo cada lado del cuadrado en tres partes iguales y uniendo los vértices que se encuentran en lados paralelos, este procedimiento da como resultado el objeto frantal conocido como la "alfombra" de Sierpinski. Ambos procedimientos geométricos son aptos para su utilización en tejidos, la repetición modular de la forma inicial provee de estructura a todo el sistema, son comúnmente utilizados para la fabricación de textiles y mallas de construcción. La apertura del tejido es de 11.7cm en el tejido triangular y de 15.3cm en el tejido cuadrangular, esta apertura es adecuada para estructurar el crecimiento vegetal. Estos tejidos son ideales para instalar envolventes, techos y recubrimientos en edificaciones cuadrangulares, como por ejemplo edificios de vivienda.

Para lograr aplicaciones de mayor complejidad y magnitud, en estructuras complejas, lo ideal es el planteamiento de superficies a partir de tensores de acero inoxidable, el aumento de distancia es una limitante para el uso del módulo textil, el funcionamiento estructural de una sucesión de módulos unidos entre sí es complejo y la tensión de todo el sistema puede complicarse y la obtención de una forma específica puede complicarse demasiado. La aplicación de cables de acero a tensión facilita el desarrollo de superficies complejas y funje como guía para el crecimiento vegetal. Lo ideal es sembrar una planta por cada cable para lograr una cobertura frondosa y maximizar los beneficios de un sistema vivo.

Fijación, el sistema de fijación tanto de las superficies textiles como de los cables tensores se compone de

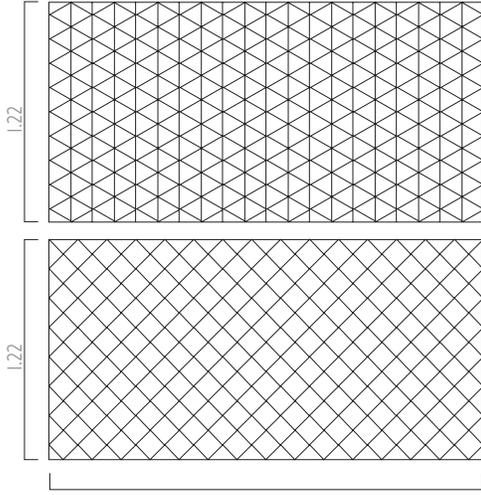
ELEMENTOS Y MATERIALES:

A. Superficie/ B. Fijación

A SUPERFICIE

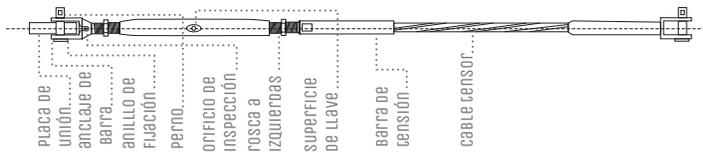
TEJIDO PLÁSTICO DE ALTA RESISTENCIA
-Red de seguridad-

Espesor del hilo	70 mm
Polímero	Poliamida (nylon)
Color	Natural
Estabilizador	Anti UV
Estabilizador	Antioxidante
Denier	2900 Denier
Diámetro del hilo	2,60 mm
Tenacidad	5,6 g/Denier
Elongación	40%
Máxima temperatura de uso	+60°
Estabilidad dimensional	+/- 2%
Resistencia a tracción longitudinal	17,6 kg/m
Resistencia a tracción transversal	17,6 kg/m2
Resistencia de la RED	194,14/m2



RED DE MÓDULOS TRIANGULARES

RED DE MÓDULOS ORTOGONALES



pernillo
acero inox.
peso: 7 kg

cáncamo
acero inox.
peso: 6 kg

cornillo de
redondeo
galvanizado
peso: 3 kg

cornillo
galvanizado
peso: 3 kg

guarnida
cabo
luz acero inox.
peso: 0,3 kg

entillero
acero inox.
peso: 66 kg
tensión máxima: 400 lb

tensor
cáncamo-
gancho

FIJADORES
a PISO
herraje
galvanizado

B FIJACIÓN



Detalle de fijación en piso



Detalle malla de seguridad de nylon



Detalle de fijación y tensión



Detalle de fijación en muro



Cable de acero y Guarnidacabos



Sistemas tensores

herrajes con diferentes funciones como la fijación a piso, muros y techo, la protección del cable y el sistema de tensión. La fijación a estructuras verticales se puede lograr atornillando un perrillo de acero, un cáncamo o tornillos de redondel del mismo material a un muro o a una placa de acero, después se instala el sistema de tensión engarzando el anillo de fijación de este sistema al perrillo o cáncamo y se tensa el cable que amarra el tejido textil, o en su caso sólo el cable individual, desde la barra de tensión, finalmente se fija el anillo de fijación del lado opuesto del sistema a un fijador de piso de metal galvanizado, este se ha atornillado mediante pernos al suelo o a una placa de unión. Es posible utilizar un tensor cáncamo-gancho para facilitar la instalación de los textiles.

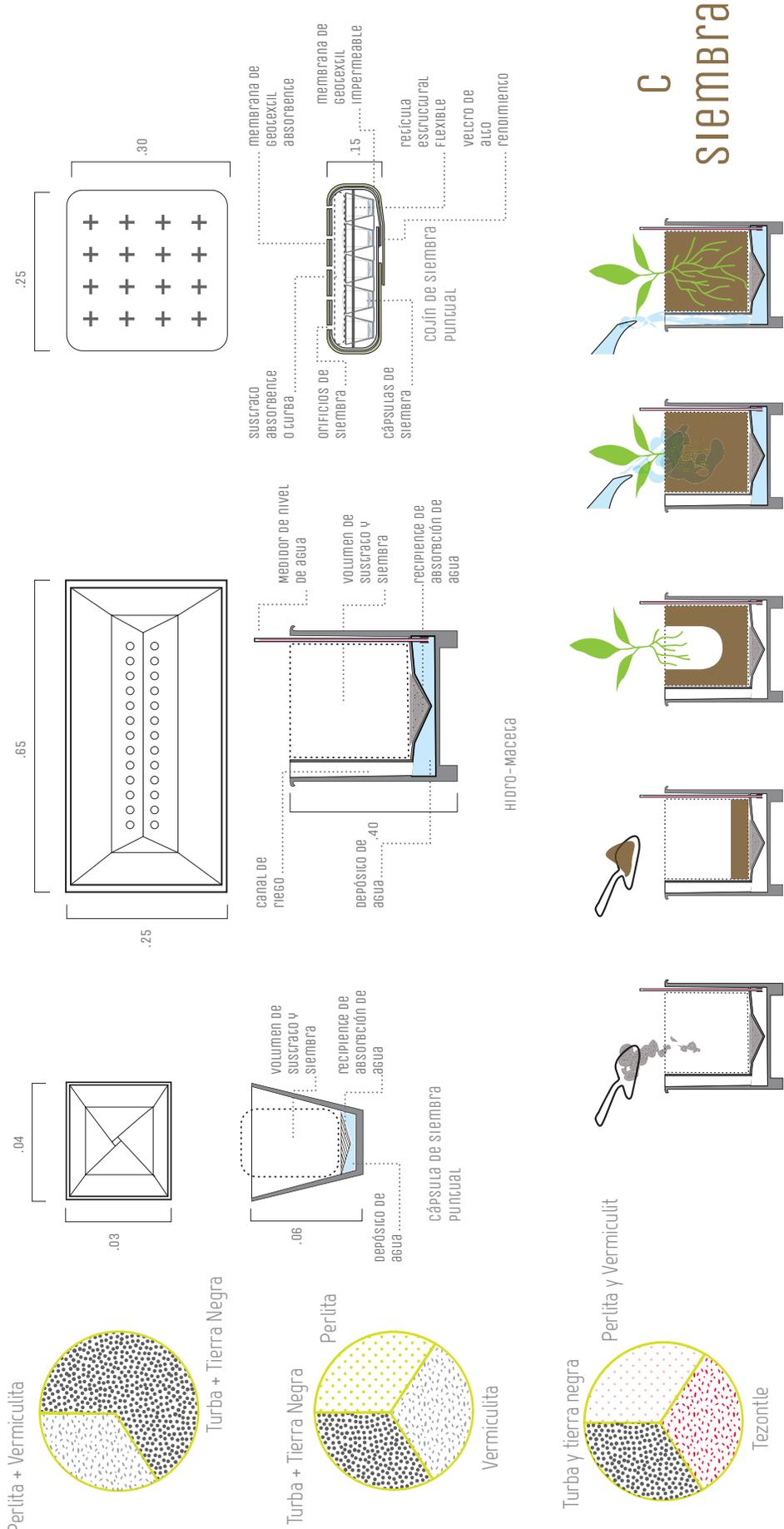
Siembra, este componente del sistema es de gran importancia para el funcionamiento de un sistema vivo, ya

que el crecimiento vegetal obtiene el agua y los nutrientes necesarios del sustrato por lo tanto la composición y el cuidado de este elemento es importante. El mejor sustrato es aquel que proporcione a las raíces las mejores condiciones de desarrollo en cuanto a la aireación, retención de agua, nutrientes y temperatura para lograr el establecimiento sano de la vegetación. Los materiales que componen un sustrato son de dos tipos, orgánicos e inorgánicos, los materiales orgánicos son elementales para proveer de alimentación y se conforman de tierra negra, hojarasca o musgo Turba, que funcionan como abono. Los componentes inorgánicos proveen de las condiciones estructurales necesarias para permitir la aireación, la temperatura, el paso del agua y la absorción del sustrato, evitando estancamientos que pudiesen derivar en hongos o descomposición de raíces, estos materiales minerales tienen la característica común de ser ligeros y estériles, debido a su procesamiento industrial, la Perlita es una roca silíceo triturada y expansionada por un procedimiento térmico, es ideal para estructurar, airear y drenar lentamente el sustrato, esto permite que sus otros componentes absorban la mayor cantidad de agua mientras se riega, la Vermiculita es una mica expandida térmicamente, tiene la propiedad de absorber mucha agua y rehidratar el sustrato conforme este se seca, es también el sustrato ideal para enraizar o propagar especies vegetales en el uso de semilleros, el tezontle es una roca volcánica muy ligera y tiene la característica de guardar el calor del sustrato y provee de dren, el gel hidratante es una poliacrilamida sintética absorbente diseñada para ayudar en el manejo del agua, mejorando las propiedades retenedoras de todo tipo de sustrato, funciona para retener y dosificar agua hasta treinta días sin necesidad de regar una planta.

Se proponen tres tipos de sustrato básicos, el primero conformado por dos terceras partes de la combinación de Turba y tierra negra más una tercera parte de la combinación de Perlita y Vermiculita, este sustrato se emplea para la vegetación que requiere de buen dren y mucha materia orgánica complementar la hidratación con el gel hidratado si el riego no es automatizado y el usuario no dispone de mucho tiempo para el cuidado de las plantas, la segunda mezcla de sustrato está compuesta por un tercio de turba y tierra negra y dos tercios de Perlita y Vermiculita, este sustrato tiene gran capacidad de retención de agua y por último una mezcla conformada por un tercio de tezontle, un tercio de Vermiculita y un tercio de tierra negra y turba, esta combinación tiene un gran control térmico y funciona para vegetación tropical que no resiste bajas temperaturas.

Riego, este elemento es clave para el funcionamiento exitoso del sistema, fallas en el sistema de riego pueden

ELEMENTOS Y MATERIALES: C. Siembra

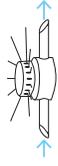


significar la pérdida total de la vegetación en época de establecimiento o sequía. Para esto se propone un sistema pasivo y un sistema activo, pensados para satisfacer diferentes necesidades de riego. El sistema pasivo se compone de un recipiente de agua, una manguera de alimentación que lleve el flujo principal de agua, al cual se conecta un sistema de riego por goteo llamado Tropol Blumat, este consiste en un cono de cerámica un sistema de succión de agua un ajustador de flujo y una salida de goteo, este sistema provee de goteo continuo a la planta mientras el tanque de agua esté lleno, es importante dejar unos días el tanque vacío ya que las plantas necesitan de periodos cortos de sustrato seco para realizar otras funciones. El sistema activo incluye el riego por goteo para instalarse horizontalmente, aspersores y vaporizadores que pueden instalarse verticalmente. Para el uso de riego vertical es necesario implementar un dispositivo temporalizador automático, que active una bomba de agua sumergible que impulse el agua verticalmente. El uso de aspersores y vaporizadores garantiza el abatimiento de temperaturas altas hasta 4°C por abajo de la temperatura ambiente, también disuelve y elimina las partículas suspendidas menores a diez micras, que componen gran parte de los contaminantes tóxicos presentes en la atmósfera urbana. Es importante señalar que para la implementación de un sistema de riego automatizado es necesario ahondar en conocimientos de hidrología y mecánica, ya que muchos de los planteamientos antes descritos deben de ser también calculados con el fin de controlar el flujo de agua con respecto a la presión que se le implementaría con la bomba sumergible y el flujo del agua a través de la manguera de alimentación. La implementación de un sistema de riego que no dependa del riego manual por parte del usuario es complementar el producto final de la Malla Vegetal con todos los elementos para tener la cualidad de necesitar un mantenimiento mínimo y facilitar su implementación de manera que la vegetación se adapte a un estilo de vida urbano y el usuario se adapte fácilmente a las necesidades de la vegetación cuidando el nivel de agua del suministro principal y atendiendo con fertilizantes o insecticidas orgánicos esporádicamente según las necesidades de la planta.

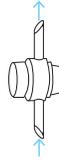
ELEMENTOS Y MATERIALES: D. Riego

D RIEGO

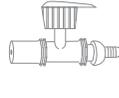
GOBERNO EN LÍNEA
ASPERSIÓN, MULTIFLUJO



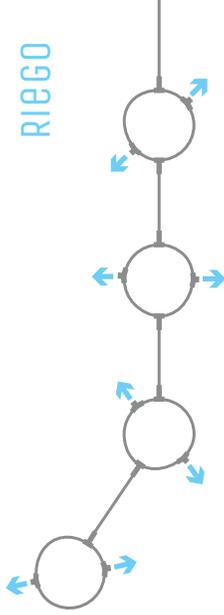
GOBERNO EN LÍNEA
GOBEJO



ROCIADOR DE
BRUMA



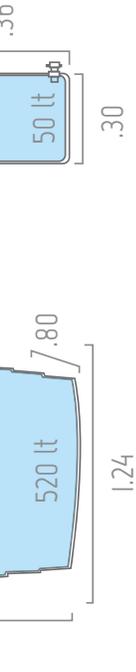
T DIVISORA DE
FLUJO



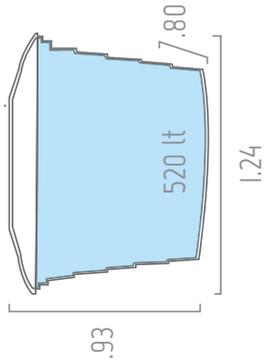
CUBO FLEXIBLE
DE SUCCIÓN
POR GOBEJO



almacen
de agua



canche de agua/
recuperación de
agua PLUVIAL



SISTEMA DE RIEGO GROPF BLUMAT



SISTEMA DE RIEGO POR GOBEJO



SISTEMA DE RIEGO GROPF BLUMAT CORTE



SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN



SISTEMA DE RIEGO CON ROCIADOR DE BRUMA



GROPF BLUMAT CON ENVASE DE PET



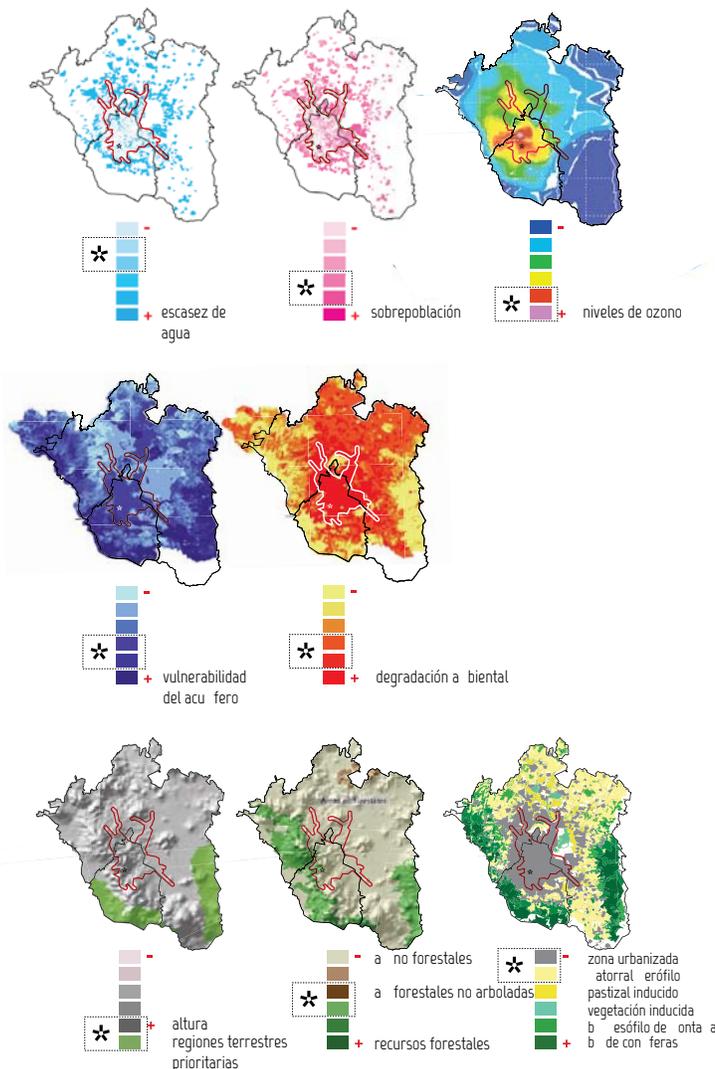
UNION "T" DIVISIÓN DE FLUJO

DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DE APLICACIÓN

La zona de análisis urbano en mayor escala se definió a partir del análisis de factores físicos naturales y urbanos existentes y observados a partir del mapeo consultado [INEGI, UNIATMOS, SEDEMA].

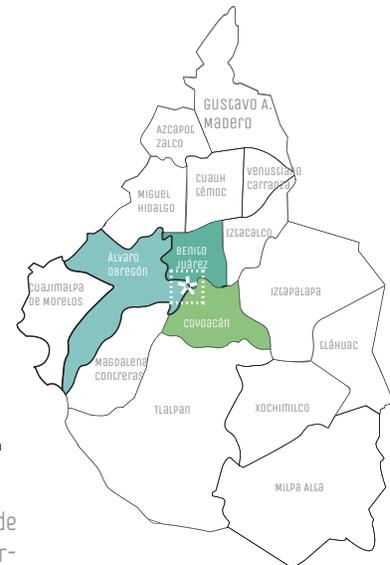
El límite de conectividad urbana es una primera limitante debido a la importancia que tiene la red vial en cuanto a emisión y concentración de gases tóxicos. Éste está definido con un perímetro rojo dentro del mapeo de la ciudad.

A partir del mapeo de los siguientes factores se localizó 1) una zona altamente urbanizada; 2) que aún cuenta con recursos hídricos sin llegar a la escasez total; 3) llega a concentrar diariamente una atmósfera local altamente contaminada; 3) es una zona limítrofe de áreas prioritarias para la conservación forestal; 4) aún cuenta con recursos forestales o áreas forestales no arboladas; y 5) colinda con remanentes del ecosistema más biodiverso de la cuenca: el bosque mesófilo de montaña. Este último factor es importante ya que recuperar cubierta vegetal en esta zona contribuye a detener el desplazamiento de especies y a amortiguar la degradación de los ecosistemas que han tenido resiliencia hasta ahora y que son responsables de nivelar en gran medida las condiciones climáticas y/o atmosféricas actuales.



La zona de análisis urbano se localiza en las delegaciones Coyoacán, Benito Juárez y Álvaro Obregón y los límites están definidos por las siguientes vías principales: al norte San Antonio; al oriente por Av. Insurgentes, Minerva, Av. Universidad y los límites de Ciudad Universitaria; al poniente por las calles de Alta Tensión, Luz y Fuerza y Rómulo O'farril; y al sur por la calle San Jerónimo y los límites de Ciudad Universitaria.

Esta delimitación se hizo con la intención de contener el Anillo Periférico como vena central de la



Mapeo demostrativo de las condiciones ambientales urbanas actuales, a partir de esta información se seleccionó una zona altamente urbanizada, con gran degradación que cuenta con recursos hídricos. Mapas generados para este documento a partir de información obtenida del INEGI y uniatmos.com.. lmg.65

zona de análisis, considerándola la vía con mayor concentración y producción de gases y partículas precursoras del ozono, concentrando 6 carriles centrales y 4 laterales a nivel de calle y de 4 a 6 carriles en el segundo piso, con un total máximo de 16 carriles de vialidad vehicular.

El mapeo dentro de esta zona consistió en identificar las diferentes tipologías urbanas que aquí coexisten y que representan también las diferentes posibilidades de aplicación de la Malla Vegetal como un elemento capaz de mejorar de las condiciones de vida del ser urbano. La clasificación general considera la tipología de vivienda, trabajo y red vial; las sub categorías son las definidas como vivienda-unifami-



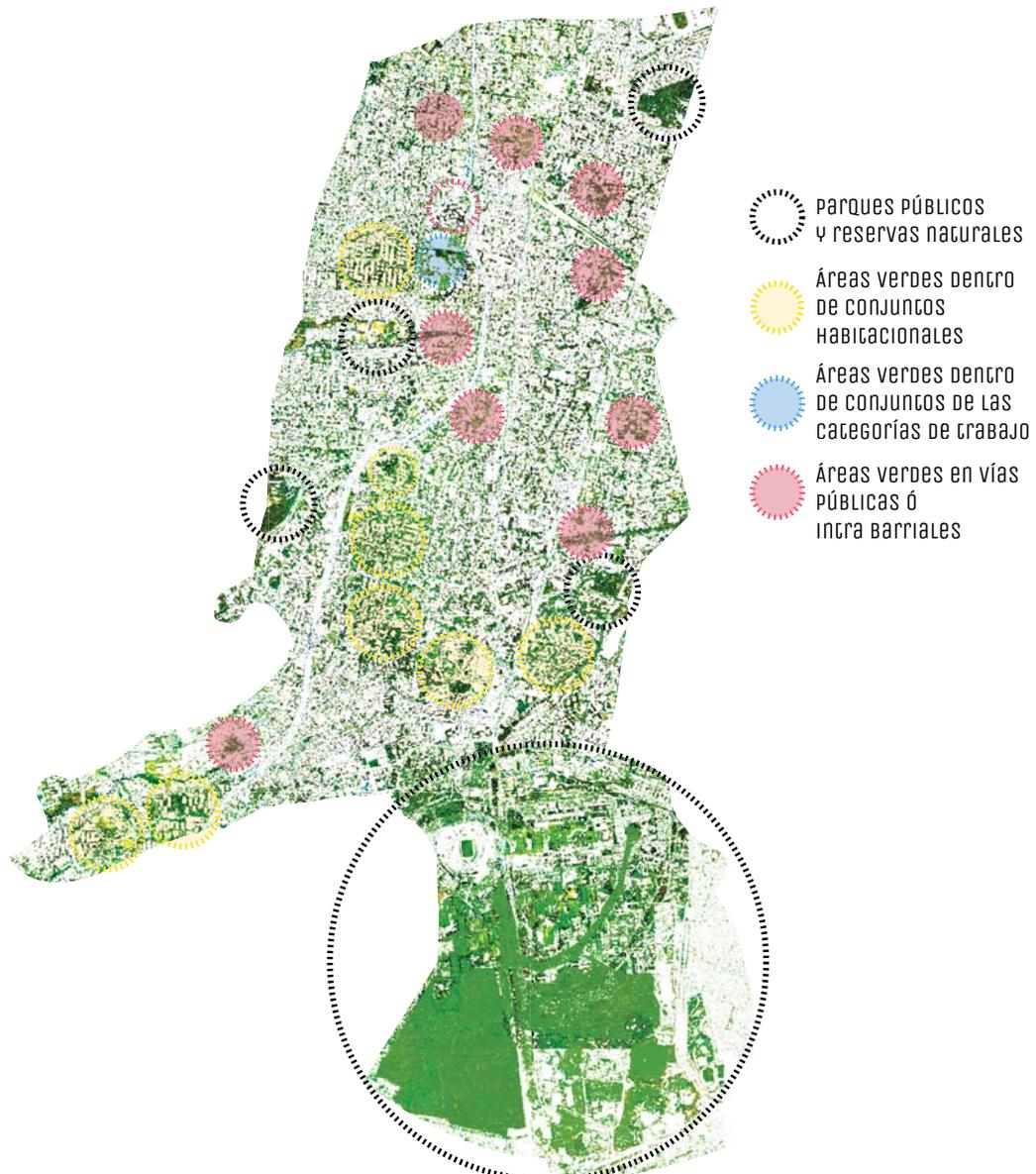
Mapeo de la zona urbana con condiciones ideales para la inserción del proyecto. Img.66. Imagen generada para este documento

liar, vivienda multifamiliar y trabajo-corporativo, trabajo-industrial y trabajo-servicios. Esto es sólo con el fin de generar una cartera de posibilidades para la Malla Vegetal dentro de la cual se escogerá una sólo tipología para su aplicación.

Dentro de esta macro-zona se identificó la cubierta vegetal existente dentro del tejido urbano y se localizaron micro zonas cuya cubierta vegetal fuese mayor al promedio ubicando y definiendo cuatro categorías: 1. parques públicos y reservas naturales 2. áreas verdes dentro de un conjunto habitacional 3. áreas verdes dentro de un conjunto de las categorías de trabajo 3. áreas verdes en vías públicas o intra barriales.

Este mapeo arrojó fragmentos urbanos en donde todas las categorías están presentes y después de varias visitas a estos sitios se identificó un área urbana en donde la vegetación expansiva ha proliferado sobre la tipología de vivienda y de arquitectura vial.

La zona de estudio final se encuentra entre la intersección de la Av. Rómulo O'farril y el Anillo Periférico, en la delegación Álvaro Obregón. Esta delegación forma parte del acceso poniente de la ciudad y la intersección con el Anillo Periférico es un enclave en cuanto a la incorporación de los vehículos con el resto de la ciudad.



Mapeo de las concentraciones de áreas verdes dentro de la zona urbana escogida y su clasificación . Img.67. Imagen generada para este documento

CONDICIONES AMBIENTALES DEL SITIO

En esta región urbana el clima es templado y existen muchas variaciones debido al cambio drástico de alturas. La MICROzona se encuentra en la parte baja [2410 msnm]. La temperatura promedio anual varía entre 15 grados C a 17°C en los meses de abril a junio y la temperatura mínima llega hasta los 10grados en los meses de diciembre a febrero. [SAGARPA 2009]

La precipitación anual máxima corresponde a los meses de junio a septiembre y la mínima en los meses de noviembre a febrero entre 1000 y 1200 mm anuales. [SAGARPA 2009]

El agua es el recurso más abundante en esta delegación, aunque también se ha deteriorado la calidad debido a la contaminación ambiental que sufre la ZMVM, misma que impacta de manera importante a esta zona a pesar de que se puede contrarrestar con el de las zonas de conservación colindantes.

Esta delegación tiene una red pluvial de gran importancia para la recarga de la cuenca. Las barrancas y cañadas de esta zona forman ocho subcuencas pluviales que culminan con la integración a los ríos Mixcoac, Tacubaya, Becerra, Tarango, Tequilazco, Tetelpan, Texcaltlaco y Magdalena, que a su vez están abastecidos por cinco manantiales infiltrados en la montaña. [SAGARPA 2009]

En cuanto a la cubierta vegetal de esta zona se observaron arbustos y árboles en las áreas verdes o parques urbanos; principalmente se identificaron las siguientes especies de árboles: ficus, limoncillo, jacaranda y ocotes; en cuanto a herbáceas y trepadoras se encontraron sobretodo hiedras, jazmines, dientes de león, estafiate, maravilla y ruda sobre la vía pública.

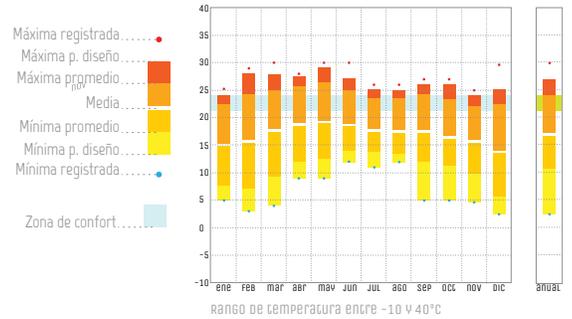
Muchos de los mamíferos han desaparecido o están en vías de extinción. En la región abundaban el venado cola blanca, el lince y el coyote, pero la urbanización y la cacería los ha desplazado definitivamente. En esta región se localizan las siguientes aves: coquita, colibrí, golondrina, primavera, duraznero, gorriones,, jilguero, entre otros.

La imagen urbana de esta zona ha cambiado en gran medida por la construcción y obra vial del segundo piso del Anillo periférico. Se identificó el sitio más afectado por esta interferencia visual y a partir de levantamientos fotográficos se muestra la predominancia visual que tiene desde casi cada perspectiva. Se ha reducido considerablemente el espacio de cielo visible dentro de todas construcciones de esta manzana.

Sin embargo la vegetación es un factor constante dentro de esta zona, propiciando un espacio menos agresivo. La cubierta vegetal se percibe sobre todo sobre la conlindancia con Rómulo O'farril y sobre la calle Médanos.

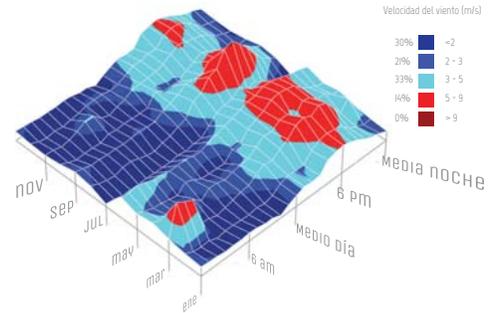
RANGO DE TEMPERATURA ANUAL EN LA ZMVM

Lat/Long: 19.43° Norte, 99.08° Oeste.
Zona Horaria -6 con respecto al meridiano de Greenwich
ELEVACIÓN: 2234 msnm



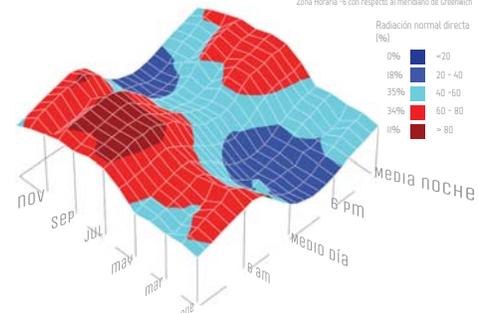
VELOCIDAD DE VIENTOS DOMINANTES EN LA ZMVM

Gráfico 3D
Lat/Long: 19.43° Norte, 99.08° Oeste.
Zona Horaria -6 con respecto al meridiano de Greenwich
ELEVACIÓN: 2234 msnm
Velocidad del viento (m/s)



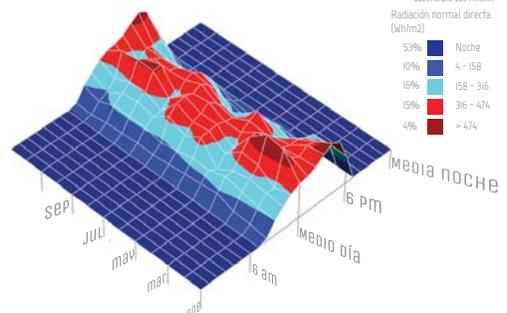
HUMEDAD RELATIVA EN LA ZMVM

Gráfico 3D
Lat/Long: 19.43° Norte, 99.08° Oeste.
Zona Horaria -6 con respecto al meridiano de Greenwich



RADIACIÓN SOLAR DIRECTA EN LA ZMVM

Gráfico 3D
Lat/Long: 19.43° Norte, 99.08° Oeste.
Zona Horaria -6 con respecto al meridiano de Greenwich
ELEVACIÓN: 2234 msnm

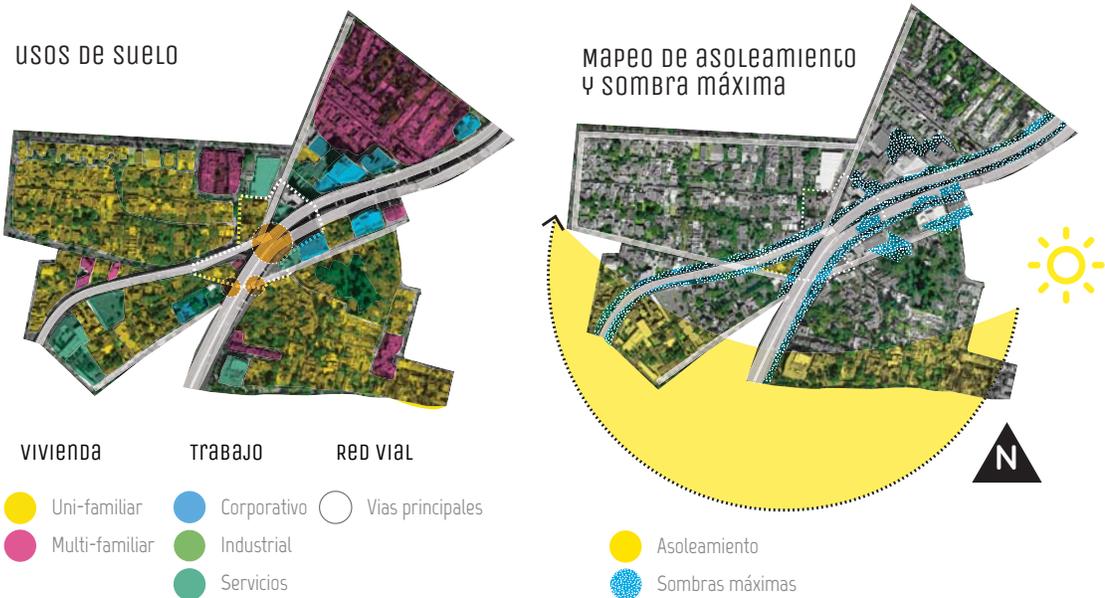




Mapa generado para este documento con imágenes satelitales. Img 69. Google Earth.



Cruce principal de la zona de estudio, sobre la lateral del Anillo Periférico. Foto generada para este documento Img 70



Mapa generado para este documento con imágenes satelitales. Muestra las diferentes características de la zona de estudio Img 71. Google Earth.

Toda la cobertura vegetal correspondiente a plantas trepadoras proviene del interior de las construcciones, derramándose en parte sobre la vía pública, tienen aspecto de ser podadas y regadas regularmente y la hiedra tiene la característica de ser muy resistente e incluso ser una planta invasiva. En bajo puente, sobre las columnas que sostienen el segundo piso se han colocado jardineras de tierra como contención de y se han sembrado dos tipos de plantas: buganvillas y hiedras. Este sitio en particular tiene la característica de albergar casos exitosos de proliferación de enredaderas sobre el segundo piso y en una situación de estrés constante, debido al tráfico, la sombra y la baja recepción de agua pluvial, aunque evidentemente se riegan artificialmente.

Se observa que las condiciones microclimáticas de este nodo urbano pueden ser las ideales para conseguir un resultado positivo en cuanto a la expansión de plantas. En cuanto a los árboles, muchos de ellos se encuentran sobre la vía pública en la calle Médanos. Las colindancias con el Anillo Periférico y Rómulo O'farril carecen de árboles.

La calidad del aire cambia considerablemente sobre estas dos avenidas por el constante paso de automóviles y el ruido ambiental puede rebasar los 65 decibeles por esta misma causa. Sobre todo en horas de en que el tráfico se intensifica, esto es entre 7.00 - 9.00 AM; 14.00 - 16.00 PM; 19.00 - 21.00 PM en días laborales. La intensidad del ruido puede aumentar considerablemente si los carriles del segundo piso se encuentran también saturados de automóviles y la producción continua de gases se percibe fácilmente.

En cuanto al suelo sobre la vía pública es aproximadamente el 80% carpeta asfáltica o concreto, lo cual eleva la temperatura durante el día. Antes de medio día la arquitectura vial bloquea el asoleamiento de esta zona y la temperatura baja debido a la sombra casi total de esta edificación.



Foto de la zona de estudio generada para este documento. Recursos vegetales abundantes a pesar del estrés urbano que genera la ciudad sobre las plantas. Observación de microclima ideal. Img 71

DIAGNÓSTICO

Dentro de las cualidades del sitio se pueden observar diferentes posibilidades de aplicación para la Malla Vegetal y también diferentes condiciones que delimitan el proyecto:

. Las condiciones microclimáticas se prestan para permitir que plantas expansivas tengan un crecimiento satisfactorio en cuanto a altura, cobertura vegetal y color.

. Existe la relación visual continua de la arquitectura vial desde la vía pública y dentro de la vivienda particular o comercio.

. Se observa el interés por la preservación de la vegetación de parte de los ciudadanos dentro de su contexto urbano.

. Se perciben grandes factores de estrés y de disminución de la calidad de vida debido a la intervención masiva de un elemento arquitectónico de gran escala y la circulación constante y cargada de vehículos contaminantes.

. Existe un espacio de tierra en bajo puente que abre las posibilidades de siembra en suelo y enraizamiento convencional.

. Los terrenos dentro de la manzana de estudio tienen espacio de jardín y no usan activamente su espacio de azotea.

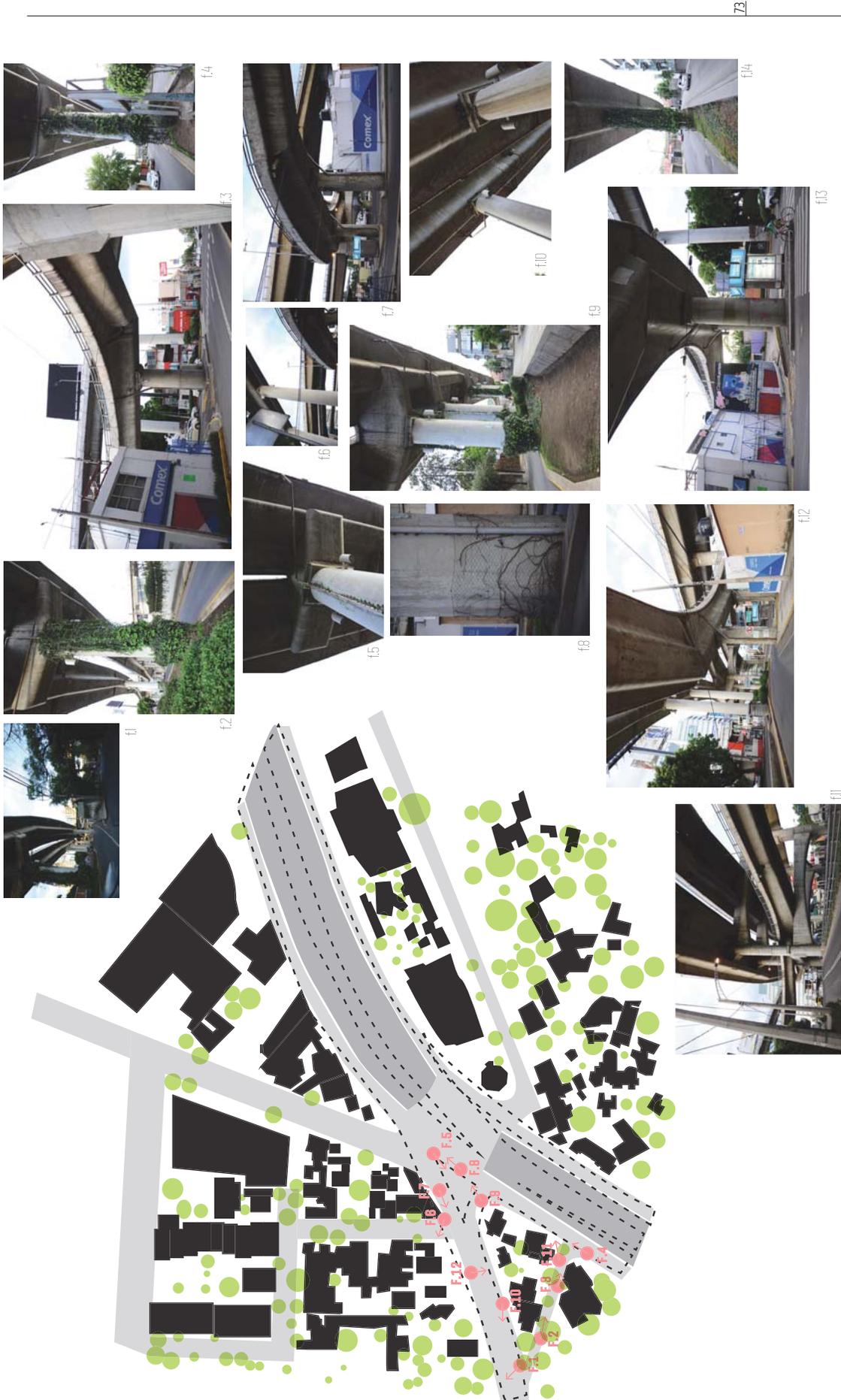
. Existen estructuras de equipamiento e infraestructura que podrían facilitar o complicar la instalación de una estructura que conectara la arquitectura convencional con la vial.

. El espacio urbano disponible es utilizado activamente por lo cual se podría sustentar de cierta forma el mantenimiento mínimo de la instalación de una Malla Vegetal.



Foto de la zona de estudio generada para este documento. Cruce visual de puentes y calles dominando la visual. Img 72

ZONA DE ESTUDIO:
Levantamiento fotográfico

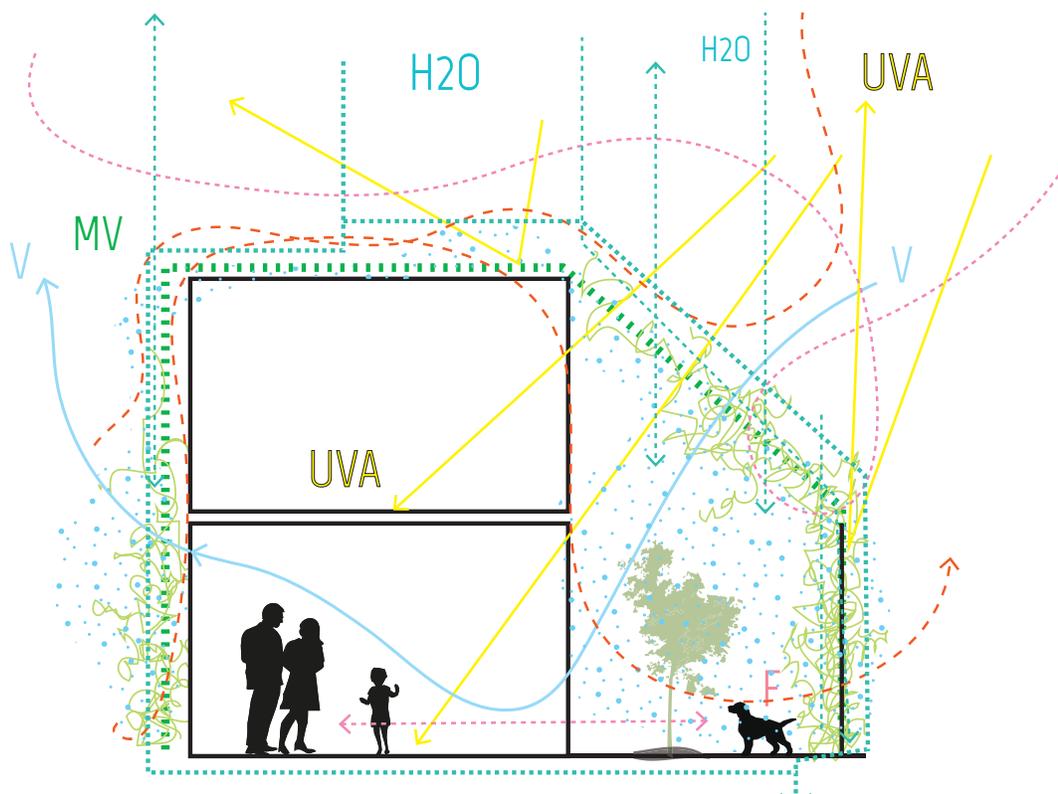


POTENCIAL

Objetivos de diseño

- . Desarrollar y planear la instalación de un material [constructivo, mecánico y biológico] que a partir de su implementación genere superficies auto estructuradas y vegetales .
- . Cumplir con estándares internacionales de sustentabilidad [ecológico, económico y social] .
- . Atacar los principales problemas de contaminación y salud públicos de la zona de estudio a través de un sistema con potencial propagación urbana .
- . Generar una herramienta dirigida a aumentar la biodiversidad urbana mediante la integración de especies nativas, o endémicas no comerciales a este producto industrializado de construcción .
- . Resolver problemas técnicos de sembrado, regado y mantenimiento de la aplicación vegetal sobre estructuras de esta índole .

74



Esquematzación de la regeneración de recursos ambientales a partir de la intervención vegetal Img 73

3.3 IMAGEN URBANA DE TRANSFORMACIÓN

75

Este trabajo parte de la observación de los problemas urbanos más comunes, abordados en el primer capítulo, y de la identificación de las tipologías arquitectónicas urbanas existentes en la ZMVM, es a partir del análisis de estas dos cuestiones que se plantea una respuesta arquitectónica. Los proyectos abordados en este documento proponen estructuras de soporte que pueden ser biodegradables, permanentes o diseñadas para cambiar a través del tiempo. Los

materiales utilizados en este proyecto son estructuras que se separan verticalmente del suelo como por ejemplo, cables o tensores, mallas y marcos de postes que trasladan el crecimiento vegetal al plano vertical. Las fachadas verdes pueden ser consideradas e implementadas como pieles o envolventes activas y responsivas a la arquitectura estática, esta provee de soporte al crecimiento vegetal. Esta estructura elevada es útil para integrar el sistema de irrigación, iluminación y la tecnología de soporte vegetal a cambio de mayores condiciones de calidad de aire, control climático, control de asoleamiento y cambio estacional de color y floración al interior del mismo edificio.

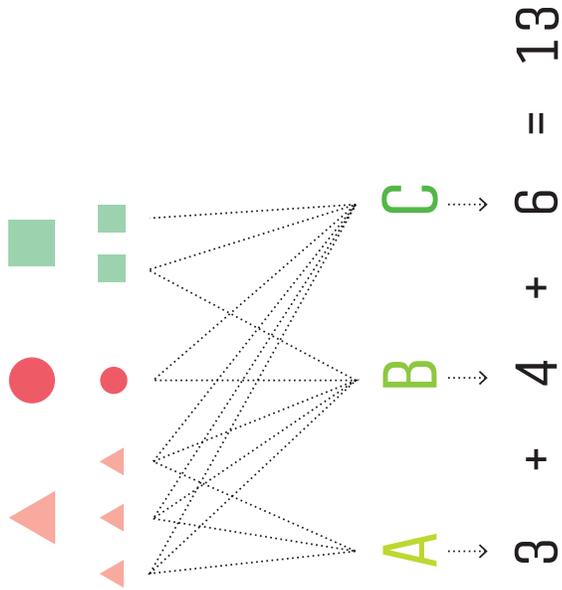
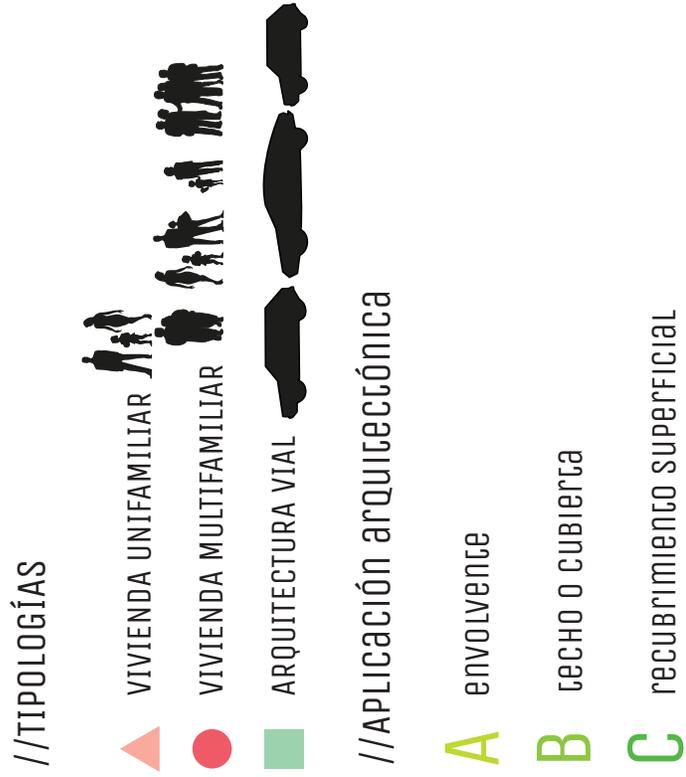
Es conveniente considerar que las plantas maderosas crean una carga impredecible sobre la estructura de soporte, aunque también en cierto punto las ramas la consolidan como algo permanente, manteniendo la forma estructural del material guía y aumentando su diámetro a partir del crecimiento vegetal. El crecimiento debe ser monitoreado periódicamente para asegurar que el sistema y el esqueleto principal no sea superado por el crecimiento de los sistemas vivos que debe sostener. Por otro lado el planteamiento de jardines colgantes y vegetación expansiva proponen un gradiente ecológico a lo largo de la colindancia de los edificios proporcionando fachadas no sólo ornamentales si no también funcionales.

En el planteamiento de las diferentes posibilidades de implementación de la Malla Vegetal sobre las tipologías urbanas más populares en la zona de estudio, se consideraron los puntos de apoyo disponibles dentro del perímetro de la construcción para generar envolventes, cubiertas o recubrimientos que complementaran o asistieran las actividades del usuario dentro de del entorno doméstico y vial. Se observó la cualidad que tienen las membranas para adaptarse a contextos predeterminados y la conveniencia de implementar materiales que poseen esta cualidad mutable.

Se observó que la proliferación de vegetación sobre la arquitectura vial en la zona de estudio sucede a partir de la alimentación y sujeción de la misma sobre los canales de desagüe del segundo piso del Anillo Periférico, el aprovechamiento del agua pluvial es el principio para lograr la mejora en la calidad de este recurso, desviar el flujo residual para regar las plantas no sólo aportaría al crecimiento vegetal si no que aumentaría la cantidad de agua que permea al subsuelo. Es a partir de esta observación que se considera viable el planteamiento de la estructura de la Malla Vegetal sobre las estructuras de gran escala de la arquitectura vial. Considerando también la infraestructura existente de riego manual con pipas de agua, que se lleva a cabo en época de sequía dos veces por semana según corroboran los vecinos de la zona.

Se generó una matriz para calcular el número de propuestas mínimas con el fin de generar un panorama de posibilidades de aplicación en las tipologías escogidas: variantes de la vivienda unifamiliar y multifamiliar y la arquitectura vial de gran escala.

APLICACIÓN A TIPOLOGÍAS URBANAS
MATRIZ



APLICACIÓN A TIPOLOGÍAS URBANAS

Vivienda unifamiliar

▲ VIVIENDA UNIFAMILIAR

// APLICACIÓN ARQUITECTÓNICA

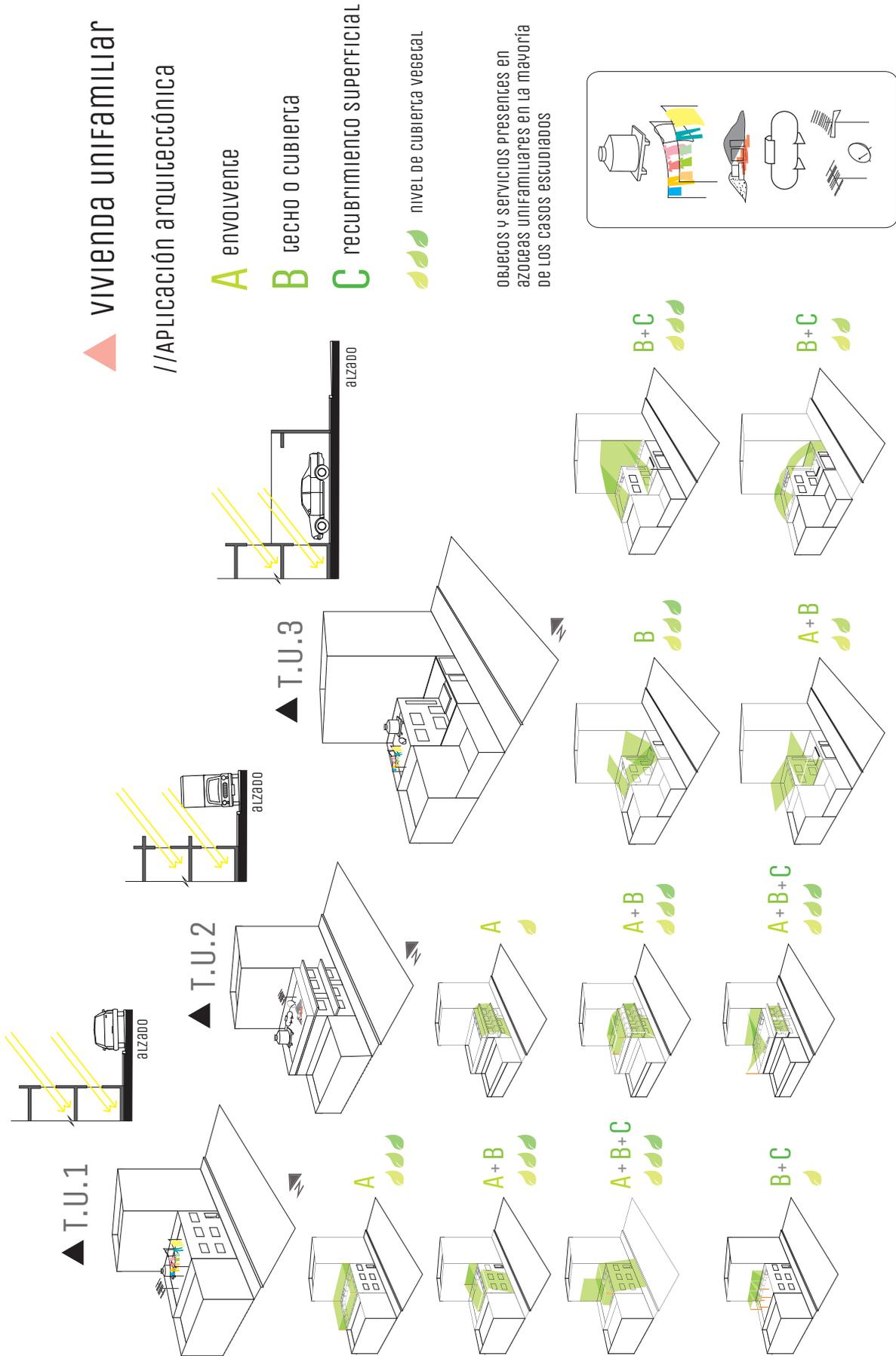
A envolverte

B techo o cubierta

C recubrimiento superficial

●●● NIVEL DE CUBIERTA VEGETAL

OBJETOS Y SERVICIOS PRESENTES EN AZOTEAS UNIFAMILIARES EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS ESTUDIADOS



APLICACIÓN A TIPOLOGÍAS URBANAS

Vivienda multifamiliar

● VIVIENDA MULTIFAMILIAR

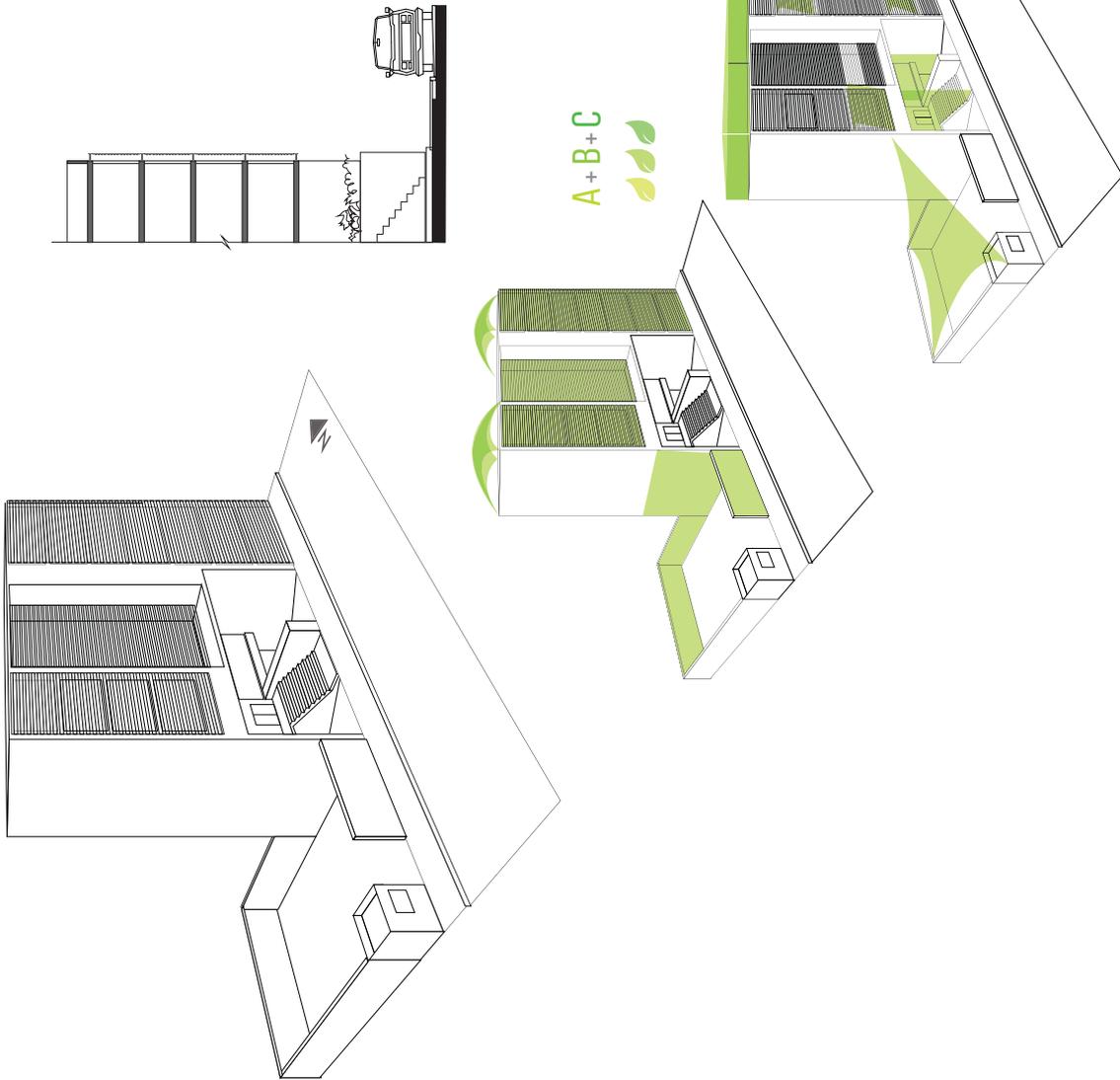
// APLICACIÓN ARQUITECTÓNICA

A envolverte

B techo o cubierta

C recubrimiento superficial

🌿 nivel de cubierta vegetal



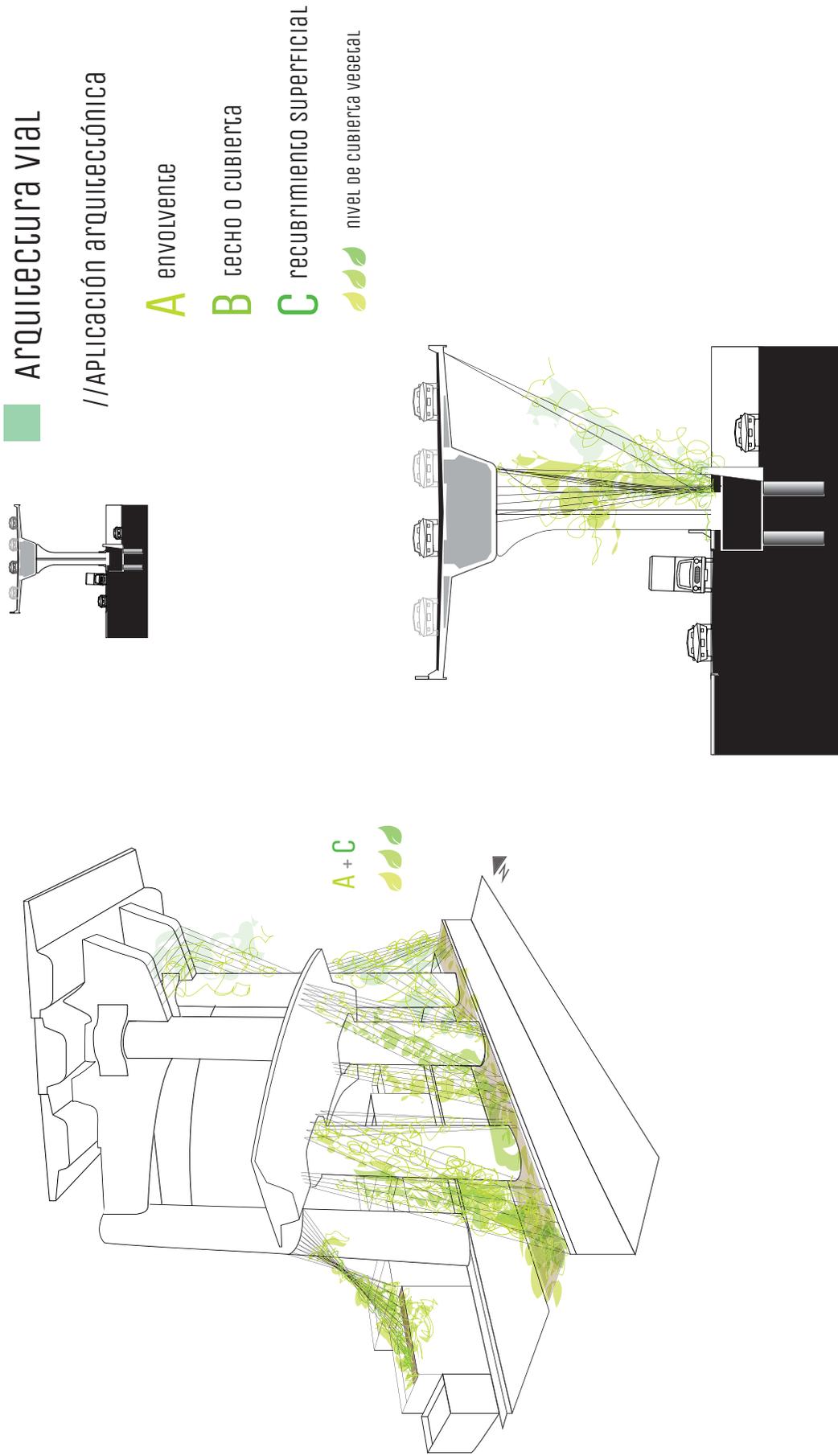


IMAGEN OBJETIVO

Aplicación de la malla vegetal sobre la arquitectura vial existente en la zona de estudio



IMAGEN OBJETIVO

Aplicación de la malla vegetal sobre la arquitectura vial existente en la zona de estudio



ESPECIES BOTÁNICAS NATIVAS POTENCIALES

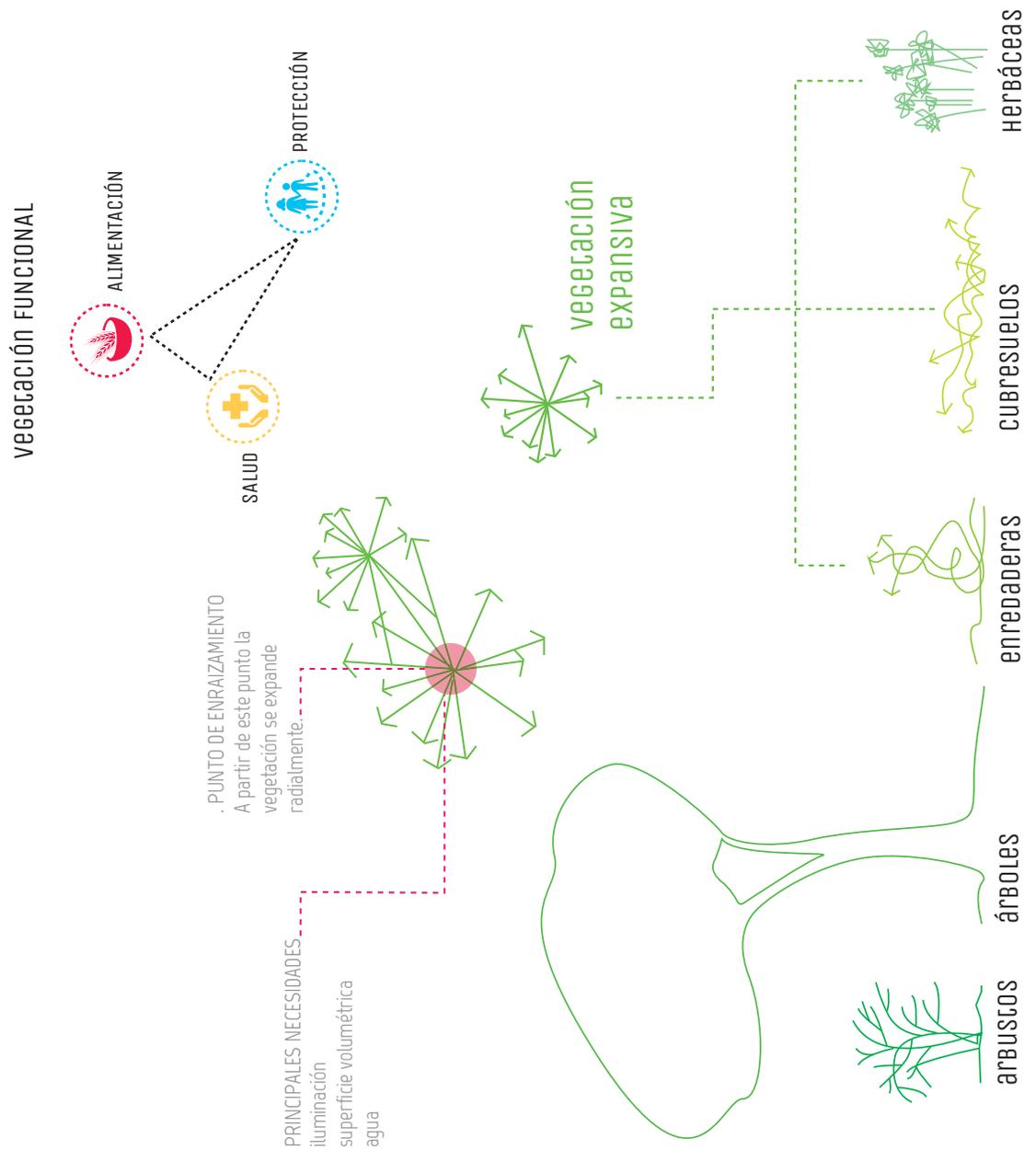
La aplicación de vegetación apropiada en un proyecto que plantea sistemas vivos como la principal aportación al comportamiento de un material es sin duda un factor clave para el éxito o fracaso del proyecto. La selección de una paleta vegetal que se adapte y supere las condiciones de estrés de la ciudad se hace a partir de la observación de los patrones de crecimiento de las plantas y la atención a las necesidades que plantea la Malla Vegetal. Los principales factores considerados para seleccionar la vegetación que conforma la primera Paleta Botánica del proyecto fueron en primer lugar los patrones de crecimiento. La vegetación crece siguiendo los siguientes patrones, crecimiento en arbusto, árbol, enredadera, cubresuelos y hierbas. De estos patrones el tipo de crecimiento que mejor se adapta a las necesidades del proyecto para cubrir con vegetación un área suspendida es el de enredadera y cubresuelos, también se han considerado algunas herbáceas de crecimiento acelerado o agresivo, aptas para lograr cobertura casi total.

El segundo factor a considerar es el origen de las plantas, al plantear este proyecto como una solución urbana para la mitigación de los principales problemas de contaminación y cambio climático locales, sería paradójico plantear especies introducidas o invasoras que son las que menos servicios ambientales aportan en un ecosistema ajeno. El planteamiento de este proyecto se enfoca en investigar y documentar la vegetación nativa que cumple con los patrones de crecimiento y que requiere de la menor cantidad de agua, energía y atención para su crecimiento al mismo tiempo que generan la mayor cantidad de recuos atmosféricos en su entorno natural. Al ser originaria de la cuenca la vegetación es resiliente a las condiciones ambientales locales, no se quema con el sol intenso de medio día, soporta la época de sequía sin perder follaje y es resistente a las bajas temperaturas de invierno o a las heladas esporádicas. Después de los hábitos de crecimiento y el origen de las plantas la estacionalidad es uno de los factores más importantes a considerar, con el fin de evitar temporadas en que la vegetación pierde su follaje se han seleccionado plantas perennifolias, vasculares carnosas ó maderosas.

Es importante que la paleta vegetal oriente al usuario a promover la diversidad biológica de su contexto, ya que este es uno de los principios de la restauración ambiental, el aumento de diversidad nativa promueve el aumento de la biodiversidad en general, atrayendo a pájaros e insectos que benefician el ciclo natural del sistema vivo. El tercer factor importante para la selección vegetal es la funcionalidad de las especies, ya que un sistema vivo aborda la vegetación como un proceso que opera dentro del sistema natural-biológico, en el cual el hombre es un eslabón importante e interdependiente del sistema en cuestión. La funcionalidad se resume en los beneficios que se obtienen del cuidado de las plantas estos se agrupan al rededor de tres ejes: alimentación salud y protección. Es ideal que el jardín urbano creado y cuidado por el usuario provea de plantas que generen frutos, flores o plantas comestibles, medicinales y un ambiente más sano y agradable atmosféricamente, atendiendo a la salud y la alimentación. La seguridad se genera al consolidar una barrera física entre el exterior y el interior del contexto arquitectónico. Esta barrera vegetal se puede planear para ser agresiva hacia el exterior

X. VEGETACIÓN

Patrones de crecimiento



implementando vegetación maderosa lo cual implica rigidez y estructura, espinosa volviéndola peligrosa al tacto y venenosa, muchas plantas tienen la capacidad de generar urticarias severas que pueden complicarse al grado de generar fiebre y en algunos casos paros respiratorios. La arquitectura plantea soluciones a la inseguridad empleando rejas, barrotes, alambres de púas, y maquinillas de afeitar, vidrio roto y aunque logran su objetivo de ahuyentar o evitar posibles trasgresiones son muy agresivas visualmente incluso para el usuario que las instaló por necesidad de protección, volviéndose en un recordatorio constante de las posibles agresiones. Las ventajas que la barrera vegetal propone sobre estas soluciones son muchas y posibilitan la generación de un ambiente saludable y amigable hacia el exterior y el interior de la casa, son una barrera visual que genera serenidad al ojo humano, y convierten a la arquitectura en una continuidad del paisaje urbano, borrando de cierta manera su presencia material. Por otro lado las plantas pueden generar una capa densa y peligrosa al tacto entre la estructura principal y cualquier persona en el exterior de la propiedad, imposibilitando cualquier intento de traspaso, al mismo tiempo la vegetación es una estructura que va disminuyendo su capacidad estructural verticalmente y sería imposible sostener el peso de una persona sobre una planta a partir de cierta altura, colapsando sus estructuras antes de llegar a la parte más alta de un edificio.

En este proyecto se propone que el plantado de la vegetación se haga a partir de plántulas adquiridas en los viveros urbanos usando la paleta vegetal como referencia para la búsqueda de las especies indicadas. Esto es con el propósito de asegurar hasta cierto punto el crecimiento vegetal y evitar una sucesión de intentos fallidos que desmotiven la iniciativa ecológica del usuario. El cultivo de las plantas desde la semilla o esqueje requiere de cuidados mucho más especializados y es muy difícil exigir tales cuidados del usuario que en este caso específico es un ciudadano que desempeña una función y un estilo de vida urbano. Es por esta razón que la siembra de plantas crecidas y en estado de consolidación es mucho más viable, al mismo tiempo que se impulsa la actividad económica de propagación vegetal, un oficio tradicional y ancestral que cada vez se hereda menos en la ZMVM. La arquitectura es una industria que mantiene estos oficios en pie pero debemos de promover la compra y siembra de vegetación nativa ya que es ésta la que beneficia el ambiente a diferencia de las especies introducidas, que muchas veces desarrollan patrones de crecimiento agresivos en contra de las especies locales, desplazándolas hasta eliminarlas y es común que requieran de más recursos como agua, fertilizantes y químicos contra plagas ya que son especies menos adaptadas al entorno local generando una ecuación ecológica negativa.

ESPECIES BOTÁNICAS NATIVAS
Potenciales para la Zona de Estudio

CUBRESUELOS



Sedum
confusum



Sedum
album



Echeveria
setosa



Echeveria
setosa
oteroi



Sedum
pachyphytum

crepadoras



Philodendron
scandens



Lonicera sem-
pervirens



Passiflora
coerulea



Bougainvillea
glabra



sedum
rubrotinctum



Sedum
dendroideum



Sedum
annuum



Sedum
dasphyllum



Sedum
glaucophyllum



Ipomoea
cairica



Rhipsalis
baccifera



Epiphyllum
crenatum



Momordica
charantia



Sedum
hispanicum



Sedum
lineare



Sedum
pachyphytum



Sedum
praealtum



Sedum
rupestre



Dioscorea
cyanisticta



Centrosema
virginianum



Campsis x
tagliabuana



Adelobotrys
adscendens



4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES



4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

En esta tesis se llevó a cabo un trabajo de investigación tomando como base los estudios y proyectos de equipos multidisciplinarios internacionales para abordar la problemática urbana de degradación ambiental y salud pública a la que se enfrenta la ZMVM, debido en gran medida a la construcción. La degradación ambiental y la salud pública no son un tema de observación común en el ámbito de la arquitectura, a pesar de ser una consecuencia del quehacer arquitectónico, se estudia muy poco la calidad de los recursos vitales como son el aire y el agua dentro de los límites de la ciudad. Es a partir de esta inquietud que se cuestiona el proceso de construcción actual, que si bien ha logrado una calidad técnica adecuada para generar espacios controlados al interior no ha invertido recursos enfocados en controlar la atmósfera, la temperatura y el confort hacia el exterior. Es la repetición masiva de estos esquemas que nos permite vislumbrar las consecuencias a gran escala de los procesos constructivos que individualmente simbolizan el bienestar y el confort humano, sin embargo es imposible pensar en una solución que elimine las construcciones urbanas, ya que paradójicamente, la urbanización y el establecimiento de construcciones sólidas, cimentadas y conectadas a la red urbana es muestra del estado de plenitud de una sociedad.

En la Cuenca de México muchos recursos se han agotado y el daño ambiental puede ser en algunos casos irreversible, conforme nos acercamos a un estado de crisis ambiental percibimos también el avance de una crisis social y económica. Aunque este panorama pudiese parecer un tanto negativo es generador de oportunidades para la experimentación arquitectónica, biológica y tecnológica. Nos coloca también a la vanguardia para investigar y plantear soluciones a los esquemas de urbanización que se repiten a nivel global y abre las posibilidades de transformación a partir de la búsqueda del desarrollo y la plenitud de grandes sectores poblacionales. La arquitectura en México está al alcance de sectores muy limitados, sobre todo por la magnitud de la inversión que representa, los diseñadores formamos parte del proceso del 20% de las construcciones en la ZMVM y para poder participar en el proceso de el 80% de la construcción urbana es necesario enfocar nuestra capacidad de diseñar en el desarrollo de materiales y tecnología, los cuales serán empleados y moldearán el resto de las construcciones.

Es a partir de esta premisa que se aborda el proyecto de la Malla Vegetal, como una respuesta arquitectónica que propone continuar la arquitectura existente, atacando las carencias de los materiales mediante la implementación de una estructura diseñada para sostener un sistema biológico. La arquitectura debe complementarse con procesos biológicos que cambien la naturaleza de los materiales inertes que la conforman, el aprovechamiento de la radiación solar mediante el proceso de fotosíntesis al interior de las plantas contribuye con la generación de recursos volátiles y atmosféricos que se mantienen constantes dentro de la membrana vegetal y que mejoran los procesos vitales del usuario. Una estructura sustentable debe fundamentarse en sistemas estructurales en donde la economía de materiales y

energía sean factores inherentes al diseño e incluyan procesos orgánicos que nos permitan una interacción positiva con el contexto inmediato, la aplicación de estos principios debe ser indispensable para lograr el confort humano y el principal objetivo de la arquitectura. Se han documentado avances tecnológicos y en materia de diseño relacionados directamente con la Malla Vegetal, lo cual respalda de manera científica y arquitectónica el planteamiento desarrollado anteriormente.

La Malla Vegetal se sustenta en la necesidad de mitigar la ICU y el impacto ambiental de la arquitectura a través de la implementación de la vegetación como consolidación del material de construcción. Se adapta a los métodos de construcción populares, ya que es un recubrimiento que crece a través del tiempo y requiere de mantenimiento mínimo si la selección botánica es adecuada para la zona y se conforma de más de una especie nativa, en conjunto las plantas generan un microclima que engloba y protege la construcción, aumentando la vida útil de materiales comunes como son el metal galvanizado o el aluminio. A partir de la investigación se encontraron avances tecnológicos en la construcción de superficies orgánicas, flexibles y de gran extensión, y se tomó esta postura como la base conceptual de la Malla Vegetal, ya que se plantea una malla pretensada y adaptable como la base estructural del proyecto, añadiéndole la cualidad de membrana biológica a partir de la implementación de vegetación sobre la estructura.

El ejercicio de aplicación en una zona de estudio requirió del análisis de las condiciones ambientales y geográficas de la ciudad, se identificaron las tipologías predominantes y se hizo un mapeo de la disponibilidad de recursos de la ZMVM. Esto generó un panorama de aplicación y demostró que no todas las zonas altamente urbanizadas tienen condiciones microclimáticas ideales para el crecimiento vegetal, sin embargo no es el caso de la zona urbana que concentra mayores cantidades de ozono y contaminación particulada. Es de gran importancia ubicar y considerar estos focos de contaminación como zonas de emergencia ambiental para insertar las primeras iniciativas de biorremediación en estas zonas. Se encontró que la zona en cuestión sufre de grandes problemas viales debido al flujo constante de automóviles y a la traza urbana de tipo habitacional que se ha ido adaptando para lograr nodos más eficientes y con mayor capacidad, sin embargo estas mejoras viales se logran a costa del espacio público. Muchas construcciones habitacionales han quedado enclaustradas entre vialidades conflictivas y sobretransitadas, lo cual ha disminuido la calidad de vida de las personas que ahí viven. Esta ha sido una de las principales motivaciones para generar una respuesta arquitectónica que interrelacione estas dos tipologías, y se enfoque en mitigar el conflicto que existe entre una y otra, generando en el inter servicios ambientales que se verán reflejados positivamente en la calidad de vida de los ciudadanos de estas zonas en contigencia.

Es importante resaltar que la arquitectura urbana de la ZMVM es objeto de estudio y puede considerarse como un proyecto en proceso con la expectativa de constante crecimiento, es nuestra responsabilidad como arquitectos trabajar en el desarrollo de esa continuación espacial y estructural y enfocarse en el diseño de herramientas tecnológicas que aprovechen la energía solar y los diferentes recursos naturales mediante un sistema biológico que genere

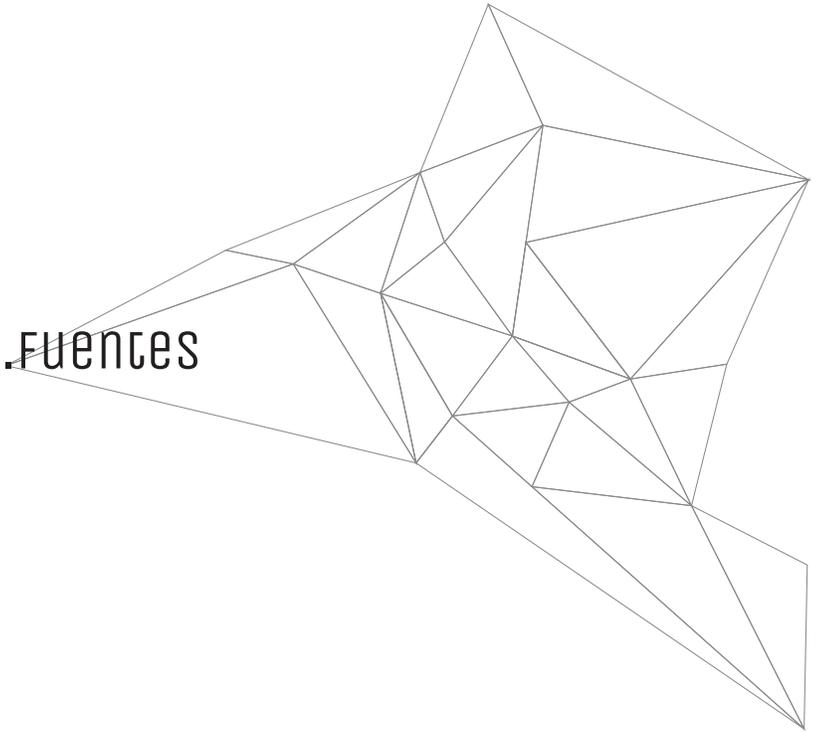
un balance higrotérmico al interior de las construcciones, y la bioremediación de condiciones graves de contaminación a través de la fitotecnología desde el exterior de las construcciones. Es claro que la arquitectura no engloba estas ramas de la ciencia, lo cual es una motivación personal para incursionar en otras disciplinas y buscar trabajar en grupos de colaboración que involucren diferentes nichos profesionales, esta forma de trabajo en red es la clave para lograr proyectos con una visión global de los problemas abordados.



Visualización del crecimiento vegetal sobre los cables de tensión instalados sobre la arquitectura vial del Anillo Periférico de la ZMVM en la zona de estudio. Img 73



5. Fuentes



5.FUENTES

- EZCURRA Exequiel,
MAZARI-HIRIART Marisa,
PISANTY Irene,
AGUILAR Adrian Guillermo,
The Basin of Mexico, critical environmental issues and sustainability
United Nations University Press
USA 1999
- BENZING h. David
Vascular epiphytes, general biology and related biota
Cambridge University Press 1990
Cambridge, USA
- ZUK William
CLARK H. Roger
Kinetic Architecture
Litton Educational Publishing
NY 1970
- JAUREGUI Ernesto
(1998)
Local wind and air pollution interaction in the Mexico Basin
Atmósfera vol.I pp 131-140
- OBENDORFER Erica, LUNDHOLM Jeremy, BASS Brad,
COFFMAN Reid, DOSHI Hiteshi, DUNNET Nigel, CAFFIN
Stuart, KÖLER Manfred, LIU K. Y. Karen, ROWE Bradley
(2007)
Green roofs as urban ecosystems: Ecological structure,
funcions and services
BioScience vol. 57 No. 10 pp 823-833
- THUNDIYIL A. Karen
Rising temperatures and polluton in expanding mega
cities. Improving air quality through Urban Heat Island
mitigation.
Ann Arbor, Michigan
2003 Massachusetts Institute of Technology
Presentada al departamento de Urban Studies and Plan-
nig para obtencion del grado de Master in City Planning
- BASS B., LIU K., BASARAN B.
Evaluating green rooftop and vertical garden as an ad-
aptation strategie for urban areas.
NCR-CNRC Publications
Impacts and adaptation progress repot 2001
- HARTIG Terry,
KORPELA Kalevi,
EVANS Gary,
CÄRLING Tommy,
(1997)
A measure on restorative quality in environments.
Sandinavian Housing and Planning Research vol.I4 pp
175-194.
- LÓPEZ de Juambelz Rocío,
CABEZA Pérez Alejandro
La vegetación en el diseño de los espacios exteriores.
México, D.F. : Facultad de Arquitectura, Universidad Na-
cional Autónoma de México, 2000
- Castaño-Meneses, R. G. Estructura de la comunidad de
artrópodos epífitos y su papel en el crecimiento de Til-
landsia violacea (Bromeliaceae) en un bosque temple-
do de Hidalgo, México. Tesis doctoral 2002. Facultad de
Ciencias, UNAM. Mexico City, Mexico.
- Urbanarbolismo (s.f.)
. Aire acondicionado vegetal .
Recuperado el 17/6/13 de www.urbanarbolismo.com
- OTTO Frei
"Arquitectura adaptable: seminario organizado por el
Instituto de Estructuras Ligeras"
Gustavo Gili, Barcelona 1979
- OTTO Frei, SONGEL Juan
"Frei Otto: conversación con Juan María Songel"
Gustavo Gili 2008
- OTTO Frei
"Naturliche Konstruktionen: Formen und Konstruktionen
in natur und technik. Prozessen ihrer entstehung"

Deutsche Verlags- Anstalt. Stuttgart 1982

OTTO Frei

“Form Kraft and Masse- grundlagen”

Institut für leichte Flächentragwerke. Stuttgart 1979-1998

DREW Philip

“Frei Otto: form and structure”

Westview. Boulder Colorado, 1976

ROLAND Conrad

“Frei Otto estructuras: estudios y trabajos sobre construcción ligera”

Gustavo Gili, Barcelona 1973

OTTO FREI

“Cubiertas colgantes”

Versión español por Francisco Folguera.

Ed. Labor, Barcelona 1958

HAUG Eberhard

“Redes Apriori”

UNAM, México

COSTA Sergi

“New Prefeb”

Ed. Reditar Libros. México 2009

Thundiyil A. Karen

“Rising Temperatures and Expanding Mega Cities: Improving air quality in Mexico City through Urban Heat Island mitigation.”

Bachelor of Science in Biology, University of Michigan

Ann Arbor, 2003

MORALES R. Jose Diego, ORTEGA Alma, LÓPEZ de J. Rocío, CANSECO M. Miguel A.

“Comparación del desempeño térmico de una techumbre tradicional vs. una techumbre con cubierta verde.”

SNES 2010

Guanajuato, México.

CASTRO Reguera Mancera Loreta

“Evaluación energética de los actuales sistemas de aguas urbanas y propuestas de manejo de los cursos hídricos en la ciudad de México.”

Centro Mario Molina

México D.F. 2012

CONAGUA

Estadísticas de agua en México 2008

SEMARNAT

México D.F. 2008

DOLSA C. Alfonso, ALBARRÁN Ma. Teresa

“La problemática de la contaminación lumínica en la conservación de la biodiversidad”

Sesión de trabajo sobre la Contaminación Lumínica Departament Medi Ambient Generalitat de Catalunya España Cataluña 1998.

Organización Mundial de la Salud

Guías de la calidad del aire de la OMS relativas al material particulado el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005

Ediciones OMS

Suiza, Ginebra 2005