



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

SOSTENIBILIDAD Y DISEÑO
CRITERIOS BIO-LÓGICOS HACIA LA CICLICIDAD EN LA ARQUITECTURA

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTORA EN ARQUITECTURA

PRESENTA

LETICIA GAYTÁN HERNÁNDEZ MAGRO

TUTOR: DR. FERNANDO MARTÍN JUEZ, FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM
COTUTOR: DR. JOSÉ DIEGO MORALES, FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM
COTUTOR: DR. HERMILO SALAS ESPÍNDOLA, FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM
COTUTOR: DR. CARLOS DANIEL SOTO CURIEL, FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM
COTUTOR: DR. FRANCISCO JAVIER CHÁVEZ DEL VALLE, TECNOLÓGICO DE MONTERREY,
CAMPUS ESTADO DE MÉXICO.

MÉXICO D. F. NOVIEMBRE 2015



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.



FACULTAD DE ARQUITECTURA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HISTÓRICAS



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS

Sostenibilidad y diseño

CRITERIOS BIO-LÓGICOS:
HACIA LA CICLICIDAD EN
LA ARQUITECTURA

MDI Leticia Gaytán Hernández Magro



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE ESTUDIOS DE POSGRADO
CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2015

Contenido

i.	INTRODUCCIÓN.	1
ii.	ANTECEDENTES.	6
iii.	BIOLOGÍA Y ARQUITECTURA: ALGUNOS INTENTOS DE ACERCAR LAS DOS DISCIPLINAS.	11
	• APLICACIONES A LA ARQUITECTURA.	16
	• CONSTRUIR COMO LA NATURALEZA.	19
iv.	LO QUE SE DICE QUE ES LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.	49
	• CONSTRUIR MÁS QUE BIOCLIMÁTICO.	52
	• LOS MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL.	57
	• EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO.	64
v.	CICLICIDAD Y ARQUITECTURA ¿ANTAGÓNICOS?	68
	○ LA TRASCENDENCIA.	71
	○ LA PERMANENCIA.	75
	○ EL ESPACIO.	77
	• ARQUITECTURA IMPERSONAL PARA UNA SOCIEDAD ALIENADA.	78
	• SIGNIFICACIÓN DE LOS MATERIALES.	84
	• LA HUELLA HUMANA EN LA CONSTRUCCIÓN.	88
	○ HOMOINDICADORES.	89
	○ ECOINDICADORES.	96
	○ ¿DESPERDICIOS?	99
	• RESILIENCIA: UNA CAPACIDAD EXCEDIDA.	104
vi.	¿DISEÑO BIO-LÓGICO O SOSTENIBLE?	106
	• LO CÍCLICO: UN CÍRCULO DE VIDA.	109
	• SOCIEDAD BIOLÓGICA, LO INDIVISIBLE ENTRE EL HUMANO Y LA NATURALEZA.	112
vii.	MATERIALES CÍCLICOS: ¿RECONFIGURACIÓN O RECICLAJE?	124
	• MATERIALES ORGÁNICOS: ¿PERMANENCIA O CICLICIDAD?	124
	• RESGUARDANDO LA PERSISTENCIA DE LOS METALES.	135
	• RECONFIGURANDO LA TIERRA.	144
	• LA CERÁMICA: ROMPIENDO LOS CICLOS.	151
	• EL CICLO INTERMINABLE: VÍTREOS.	159



•	Y CON EL PLÁSTICO ¿A LAS ENTRAÑAS DE LA TIERRA?	161
•	AISLAMIENTOS TÉRMICOS Y ACÚSTICOS.	164
•	ESCOMBRO: UNA PERSPECTIVA DE REGENERACIÓN.	168
•	EL AIRE Y EL AGUA, LOS ELEMENTOS TRANSPARENTES MÁS AFECTADOS.	169
•	ALGUNAS REFLEXIONES.	172
viii.	¿QUÉ ALTERNATIVAS BIO-LÓGICAS EXISTEN?	174
○	TAMBIÉN HAY ALTERNATIVAS PARA LOS AISLAMIENTOS.	179
•	TECHOS Y PAREDES VERDES, AISLAMIENTO NATURAL.	183
•	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.	183
ix.	LOS MATERIALES BIO-LÓGICOS.	184
•	LA ESTANDARIZACIÓN Y EL ENSAMBLE, DESENSAMBLE Y REENSAMBLE, DE LA MANO CON LA CICLICIDAD.	184
•	LA ECONOMÍA ¿QUÉ INTERESES PERSIGUE?	189
○	COSTO SOCIAL Y COSTO AMBIENTAL.	192
○	ECONOMÍA AZUL.	195
○	DESARROLLO SOSTENIBLE.	196
•	HORIZONTE ECONÓMICO, CICLICIDAD Y ARQUITECTURA.	197
•	LA EDUCACIÓN Y EL RESPETO A LA VIDA.	200
○	RESPONSABILIDAD ECOLÓGICA ¿DE QUIÉN?	202
	ANEXO 1 TERMINOLOGÍA.	205
	ANEXO 2 CICLOS EN LA NATURALEZA.	213
	ANEXO 3 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS MATERIALES.	219
	ANEXO 4 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON CONCIENCIA "ECOLÓGICA".	228
	ANEXO 5 LAS CERTIFICACIONES.	236
	BIBLIOGRAFÍA.	239
	ÍNDICE FOTOGRÁFICO	249

i. INTRODUCCIÓN.

Desde hace algunas décadas, ha nacido en algunas personas la preocupación por el deterioro del que está siendo objeto el planeta en el que vivimos. Diversos signos que se presentan en los ecosistemas alrededor del mundo muestran que la devastación es muy grave; zonas donde antes había lagos o corrían ríos, ahora se encuentran secas y donde había bosques ahora hay asentamientos humanos. Muchas especies de animales y plantas están desapareciendo, lo que nos hace reflexionar tanto en la dimensión del problema, como en que el daño causado es irreversible y crece y sigue creciendo sin medida. Algunos puñados de personas ya toman acciones para contribuir a frenar los daños, pero todavía hace falta mucho camino por andar o quizás, por retroceder.

Los actos que destruyen paulatinamente el planeta como la contaminación del agua, la del aire o la deforestación, parecen a simple vista ilógicos, ya que con la destrucción de los ecosistemas llegará inevitablemente la destrucción de la vida – en todas sus manifestaciones – en la faz de la tierra; sin embargo, para algunas personas e incluso muchos gobernantes, representa una forma de explotación que traerá beneficios económicos, los cuales, por desgracia, llegarán a muy pocas manos, por lo que tampoco se justifican. Es por eso que he subtitulado esta investigación como “criterios biológicos hacia la selección de materiales para el diseño”, entendiendo que la lógica del pensamiento humano debería ir dirigido hacia la preservación de la vida.

Existen actos que destruyen también el planeta y pareciera que no tienen nada que ver con arrojar desechos contaminantes o talar bosques, pero indirectamente están vinculados. Pocas personas verían en las actividades creadoras como las artes, la arquitectura o el diseño actividades depredadoras o dañinas, todo lo contrario, son actividades que traen muchos beneficios a las personas, pero ¿será esa la realidad?

Normalmente volteamos la vista a la industria –de la construcción masiva o manufacturera– y vemos todas las actividades que contaminan el ambiente y no nos damos cuenta –o no lo queremos hacer– de que sólo están ejecutando los proyectos que fueron concebidos en un despacho en el que nunca se preocuparon por evitar muchos de esos problemas. Se dice que el 80% del impacto ambiental que causa un edificio está causado por su diseño (Benyus, 2008) y que el 50% de los gases emitidos a la atmósfera son producidos por la industria de la construcción (Liberatore, 2005).

Según Brian Edwards, el diseño responsable es por sí solo, desde el punto de vista energético de escaso valor. La energía que consumen los hogares no representa el verdadero problema, sino los materiales que constituyen los edificios. Simplemente, la construcción absorbe el 50% de todos los recursos mundiales en sus materiales, el 70% de las maderas se usan para construir edificios y qué decir del suelo que ocupan, el 60% de la mejor tierra cultivable se deja de cultivar para construir edificios. Cada casa



requeriría 40 hectáreas de bosque caducifolio para compensar el CO₂ que ha generado en su construcción y uso (Edwards, 2004).

La industria de la construcción es responsable de una buena parte de la producción de contaminantes, desde la extracción de materias primas, que arrasan con montañas enteras con la consecuente extinción de los hábitats que ahí se encontraban, hasta la fabricación de materiales de construcción, con el alto consumo de energía y emisiones; el diseño de la edificación, donde tienen tanto que ver el sistema constructivo, que produce desperdicios y consume agua y energía, así como el funcionamiento, que también representará un considerable consumo de energía y agua, si no se hizo un adecuado diseño. También esta industria aunada a la mediatización, le ha dado una significación a los materiales de acuerdo con sus intereses, por ejemplo, el concreto se ha posicionado como símbolo del progreso, de robustez, de seguridad, pero nada se dice de los daños que causan su obtención y fabricación.

Se dice que por cada tonelada de material empleado en la industria, se producen 30 toneladas de residuos y que de esa tonelada inicial, el 98 % será desechado de alguna manera en un periodo de 6 meses (Datschefski, 2001).

Pienso que el verdadero problema reside en la visión del diseñador, en cómo entiende el arquitecto los materiales. Es cierto que no son los usuarios finales en muchos de los casos los que eligen los materiales de construcción, sino el arquitecto mismo. Si los responsables de la creación de objetos de cualquier tipo: utensilios, casas, esculturas, etc., tuvieran una visión holística, no verían sólo "la obra" en sí misma y su uso, la cual soluciona las necesidades y satisface los deseos de las personas para las que se diseñó – en el mejor de los casos- sino todo lo que sucedió antes y lo que podría suceder después de lo que se ha denominado su "Ciclo de Vida".

El análisis del ciclo de vida es, desde el punto de vista económico, el que mide los costos energéticos de los procesos de fabricación de las cosas, en el caso de un edificio de su construcción, su uso (energía) y su disposición final, pero deja muchos huecos en cuanto a la extracción de sus materias primas, por ejemplo. No ve el verdadero CICLO de VIDA, el cual no debería traer la devastación para ningún ser vivo de este planeta.

Es por tanto el arquitecto quien debe conocer el **ciclo de vida** de cada material, para poder tomar mejores decisiones al momento de seleccionar los materiales que empleará para las edificaciones y para saber el impacto que tendrá esa obra en todas sus etapas de desarrollo hasta el final de su vida útil y hasta la reincorporación de sus materiales en un nuevo ciclo.

Dice el Dr. Fernando Martín Juez al respecto: "El análisis del ciclo de vida, sin embargo, revela algunos aspectos críticos que es oportuno considerar. En las palabras mismas: análisis, que implica separar, aislar (disyunción) y ciclo (conjunto de fenómenos u operaciones que se repiten ordenadamente) se expresan conceptos comprometidos

con posturas teóricas y un modelo de la realidad que no son ni los únicos ni tampoco los mejores paradigmas a efecto de evaluar problemas de gran complejidad como los vínculos entre diseño, medioambiente y sociedad” (Martín Juez, 2012).

Las certificaciones que consideran el análisis de ciclo de vida arrojan datos fríos en donde el más bajo se considera el mejor, dicho de otra manera, si un producto contaminara mucho en su proceso de producción pero gastara menos en su transporte porque se consiguió estibar mejor, la empresa podría ostentar una certificación verde o algo similar por que disminuyó su impacto ambiental, pero esto no tiene nada que ver con el proceso completo que da origen al producto, al que nada se le modificó.

Ahora se le coloca la etiqueta de “verde” a cualquier construcción que tenga, por ejemplo, un calentador solar, sin ponderar que en la realidad pueden ser los materiales de edificación (concreto, tabique) y del calentador mismo (acero recubierto con óxido de níquel o cromo negro, vidrio, aislamiento, etc.), mucho más contaminantes que “ecológicos”.

Por otro lado, el concepto de “ciclo”, como lo señala Martín Juez, también ha sido tergiversado, usando esta herramienta para continuar dotando de productos a un mercado que ya está saturado y que muchas veces no requiere de ellos. No se trata de sustituir un objeto con otro o un material con otro, sino de que el desecho de uno sea el inicio de otro o de otra cosa. Existen muchos ejemplos de uso irracional de materiales en arquitectura, que se propicia desde el diseño, en ocasiones para incrementar el costo de la obra o para fines estéticos o de una “representación arquitectónica”.

Por estas razones, presento esta investigación que pretendo sirva de ayuda en la toma de decisiones al “arquitecto creador” respecto a la selección de materiales de una obra, considerando los usos y la representación de los mismos, de manera que respete los principios naturales que nos rigen –queramos o no– al ser parte integral de un ecosistema donde no existen términos como “desperdicio” o “basura”, donde la naturaleza, al cabo de miles de millones de años ha depurado sus sistemas –y los sigue depurando– y debemos ajustarnos a ellos, ya que han probado su efectividad y sostenibilidad durante este tiempo.

Sé que el diseño no es lo único que hay que mejorar. El capital humano, especialmente en el rubro de la educación, es sólo una parte del complejo problema de deterioro de los ecosistemas. El capital económico, el tecnológico, medioambiental y ecológico deben también tomarse en cuenta por las disciplinas competentes.

Lo que quiero lograr con esto es que el diseñador de cualquier especialidad que materialice sus ideas o dicho en otras palabras convierta en proyecto su diseño, como lo son los arquitectos, llegue a la comprensión del concepto “criterio bio-lógico” en el campo de los materiales que se usan en la edificación. No es lo mismo pensar en el impacto ambiental comparativo que en el verdadero daño que se ocasiona al ambiente



al modificar una sola de sus variables, porque desencadena otros problemas que pueden ser más serios.

Además, se supone que la materia prima del arquitecto es el espacio, independientemente de los materiales que den lugar a éste, por lo que veo necesario pensar en una arquitectura con racionalidad de materiales que considere el imaginario, la cultura y su significación.

Y digo esto porque en la arquitectura, es común que la selección de materiales se lleve a cabo en función de lo que el arquitecto pretenda "comunicar" con "su" obra, no necesariamente con las necesidades de su cliente. Entonces, los deseos del arquitecto son los que serán satisfechos con determinados diseños a través de los materiales, sin importarle si satisfacen las necesidades de su cliente o de quien va a habitar el espacio y mucho menos si contaminan o no.

Cambiar los hábitos del consumidor (arquitecto) es una tarea exhaustiva, puesto que él pagará el precio que le parezca justo por el material que está adquiriendo y adquirirá lo que cree que necesita, para expresar lo que quiera con él, mientras su presupuesto o, mejor dicho, el de su cliente se lo permita.

En éstos días se ha hablado más del diseño de experiencias, lo que tiende a "desmaterializar" el diseño, sin embargo, no es suficiente desmaterializarlo, es muy importante también comprender que el mundo en el que vivimos siempre se ha regido por ciclos y que éstos son duraderos, el final de uno puede ser el intermedio de otro o su inicio.

Sabemos que la materia se transforma y debería ser el foco de nuestras acciones preservar esa transformación, para no alterar su ciclo natural, aunque queden muy pocos sitios en el planeta donde se puede hablar del ciclo natural.

Si acaso, podría decirse que el diseño arquitectónico es el que origina a las edificaciones (bien, espacio construido o servicio), sus materiales pasan por tres etapas que podrían dividirse como sigue:

- ↗ Etapa de construcción
- ↗ Etapa de uso
- ↗ Etapa de destrucción

La mayoría de los autores en Europa consideran que la etapa de uso de las edificaciones es la más importante y es en la que se basan para certificar una construcción como ecológica o no. Sin embargo, yo quiero insistir en que hay que crear ciclos, donde los materiales que se ocupen puedan pasar a formar parte de otro ciclo de uso, desde que nazcan hasta que desaparezcan, sin generar basura.

En las escuelas de arquitectura en general, se inculcan muchos criterios de construcción, estructuras, distribución de los espacios, dimensionamientos, reglamentos, etc., Pero son pocas las Instituciones educativas en donde se hace énfasis en el cuidado del medio ambiente, siendo que debería ser primordial para la formación de los futuros arquitectos. Si bien ha habido grandes arquitectos que han abarcado por lo menos en alguna de las etapas del objeto arquitectónico criterios sostenibles, no se puede hablar todavía de que hoy sea la tendencia.

El buen diseño arquitectónico se basa en una combinación estético-funcional acorde con los hábitos y costumbres de los habitantes o usuarios de los espacios, pero es curioso cómo muchas investigaciones y estudios se centran en la parte "espacial", en lo perceptible, en el entendido de que las ecotecnias representan la parte medioambiental, el ahorro de energía en el uso de los inmuebles. Sin embargo, con esta investigación, pretendo hacer una reflexión acerca del uso racional de los materiales en la construcción, entendiendo esto como una arquitectura cíclica por lo menos en el uso de los materiales.

Hay que entender que lo ecológico no es sinónimo de ecotecnias, sino de lo que observamos en la naturaleza: los ciclos, la reutilización, la reconfiguración, la economía de materiales y otros recursos, el ahorro de energía, etc. Y en esto, el diseño tiene total responsabilidad, ya que es la directriz de cualquier obra y responsable de la selección correcta de los materiales.

ii. ANTECEDENTES.

La preocupación que, aunque existe hace tiempo en reducidos grupos sociales, no ha sido suficiente para lograr frenar el constante deterioro del medio ambiente, me lleva urgentemente a buscar formas de convivencia armónicas entre lo que existe en la naturaleza y lo que como seres humanos, que también somos naturaleza, le incorporamos.

No podemos seguir esperando a que las políticas ambientales nos indiquen el proceder; en la mayoría de los casos, después de ocasionado el daño, se imponen multas que según la gravedad varían sus montos y que no ayudan mucho al ecosistema; si bien, reducen el desperdicio de recursos, no lo hacen con el daño en sí mismo, lo que no ayuda a frenar el deterioro tanto, como si tomamos otras acciones al respecto.

Por otra parte, no hemos sido lo suficientemente responsables como para asegurar un modelo sostenible, es decir, que nuestras obras puedan ser, por ejemplo, reutilizadas para prolongar la vida útil de sus materiales y componentes; tampoco hemos diseñado la manera en que serán finalmente destruidas y regresen a formar parte de la materia que les dio origen, ni nos hemos preocupado de que sus materiales sean reutilizables para que prolongue la vida útil del espacio construido.

Todos los responsables de cambiar las características físicas de lo proveído por la naturaleza en una región, deberíamos estar conscientes de que inevitablemente habrá cambios en su flora, fauna y hasta en el clima, dados los cambios en humedad, forestación, etc. y que estos cambios la mayoría de las veces repercuten en forma negativa en la preservación de la vida en sus diferentes formas. De esta manera, se crearía el escenario propicio para que se busque volver a la naturaleza y a las diferentes formas con las que podemos lograr la convivencia sin afectarla.

Esto es, en principio, más que lograr hacer cambios en el medio, cambiar el modelo de pensamiento hacia uno ecológico y responsable. Y esto se reflejará en el diseño, en el empleo de los materiales existentes, rompiendo paradigmas de la especificidad de los materiales para verlos de forma holística. Hoy en día no tenemos ni siquiera claros los conceptos de "sustentabilidad", "sostenibilidad" o "ecológico", entre otros (ver anexo 1), lo que hace de la búsqueda de métodos socialmente responsables de incorporar cambios en la forma de transformar el medio ambiente, un asunto todavía complejo.

Partiendo del hecho de que en las grandes urbes no se tiene a la fecha resuelto el ciclo natural de la transformación de la materia en el cual el "nacer, crecer, reproducirse y morir" ya no es válido, hay la imperante necesidad de buscar un modelo que asegure que la materia sufra los cambios pertinentes en su estructura, permanezca un tiempo planeado en uso y finalmente "regrese" a formar parte de otra cadena donde se perpetúen sus modificaciones sin cobrar ningún tipo de factura a la naturaleza. Es en esa búsqueda del modelo donde voy a hacer mis investigaciones.

Es imperante que los arquitectos sean educados con ésta conciencia, dado que serán los responsables de muchas de las condiciones en que entreguemos el planeta a las nuevas generaciones. Si se enseña a respetar al entorno al tiempo que se enseña a proyectar, será más fácil que los diseños venideros aseguren una mejor forma de vida integral, considerando todos los factores posibles.

A fin de plantear mi objeto de estudio, parto de lo general para llegar a una hipótesis concreta y viable, comenzando por:

- Tema general: DISEÑO Y CICLICIDAD
- Tema concreto real: La aplicación de criterios bio-lógicos para la selección de materiales en el diseño de objetos arquitectónicos.
- Unidad de análisis: Análisis y toma de decisiones respecto a los materiales que han de especificarse en la creación de objetos arquitectónicos.
- Objetivo: Reflexión de criterios bio-lógicos enfocados en la selección de materiales en el quehacer del arquitecto.

Aunado a esto, tenemos además una serie de organismos privados en su mayoría que ostentan el título de “certificadoras”, lo cual es un engaño en cuanto a cuestiones medioambientales se refiere. El ser humano, en su afán de comparar para saber qué es mejor, ha desarrollado diversos sistemas de evaluación respecto a la “sostenibilidad de las cosas”. Específicamente para la arquitectura, hay varios métodos, de los cuales el más empleado es LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que se detalla, junto con otros en el anexo 5.

Los procesos de certificación ambiental en México siguen siendo voluntarios, de manera que lo que se ofrece son apoyos a las personas o empresas que deseen obtener los certificados. El Sistema Integrado de Regulación Directa y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG) desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología es el único existente en nuestro país desde 1988.

El Programa Voluntario de Gestión Ambiental se basa en la corresponsabilidad autoridad-empresa y busca desarrollar la capacidad de administración y gestión ambiental dentro de cada establecimiento industrial, como un medio para lograr una protección integral, continua, creciente y voluntaria del medio ambiente, privilegiando la prevención de la contaminación, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el fortalecimiento de la seguridad en la operación de actividades riesgosas, en todas las etapas de la cadena productiva. Plantea un enfoque multi-medios que propicie la incorporación de tecnologías que abarque la totalidad del proceso de las cadenas productivas y comerciales de un establecimiento, además del uso de medios de control. Asimismo, el PVG fomenta la constitución de encadenamientos productivos y comerciales, ligados a la proactividad empresarial (Orihuela, 2007).



Este programa no abarca los aspectos de la proveniencia de los materiales, la contaminación que se genera en su obtención, los daños que se producen en el sitio donde se extraen, su transportación, la contaminación y el desperdicio que se generan durante las obras, el empleo de los materiales, sus acabados y su reciclaje, su separación o reuso, así como tampoco los cambios ocasionados al ecosistema ni la cantidad de bióxido de carbono emitida en cada una de las fases del proyecto; sí han cambiado la forma en que se construye, pero su impacto sigue siendo mínimo comparado con lo que ya está y con lo que se está haciendo mientras no se le dé el carácter de obligatorio.

El tema importante acerca de las certificaciones es el saber qué están certificando. Algunas de ellas miden emisiones y residuos, pero no necesariamente certificarán un edificio que se construyó de una manera limpia. Algunas, como la certificación ESR (empresa socialmente responsable) de México, certifica los procesos de las empresas y por ejemplo, si la empresa demuestra que ha habido una mejora en sus procesos, recibirá la certificación. Esto está muy lejos de considerar a la empresa "Socialmente Responsable", sólo quiere decir que a la empresa le preocupa mejorar, pero puede ser muy mala y requerir de muchas mejoras y con unas cuantas mejoras, certificarse.

Hay que estar conscientes de que las certificaciones son un gran negocio hoy en día y que las empresas que certifican invierten muy poco en "revisar" a las industrias que quieren certificar, por lo que se han convertido en certificadoras que nadie certifica, es decir, de muchas de ellas no se puede afirmar que son confiables y siguen una ética profesional, lo que sí se sabe es que cobran grandes sumas a las empresas por revisarlas y certificarlas, en caso de que lo ameriten.

– PROBLEMA.

Esta investigación es de tipo cualitativa, analítica y explicativa. Podríamos determinar que la pregunta principal de investigación es: ¿cuáles son las consideraciones desde el punto de vista biológico más relevantes para seleccionar los materiales para construir?

Se trata de un problema social, cuyo principal déficit es que los estudios de sostenibilidad se han hecho mayoritariamente en el uso de los objetos arquitectónicos. Se habla mucho de casas o productos verdes y de sistemas pasivos o activos de ahorro de energía, de energías alternativas, etc., pero no se está teniendo una visión holística, que va desde el momento de fabricación de los materiales que forman parte del objeto arquitectónico, pasando por su uso durante su vida útil y su disposición final.

Creo que una de las deficiencias en la formación profesional del arquitecto es el desconocimiento respecto a los ciclos de las materias primas más usadas en la producción de material para la construcción, tanto orgánicos como inorgánicos, así como su consumo energético, sobre todo los procesos más novedosos de fabricación. Es por ello, que muchos arquitectos se sienten fascinados y atraídos por nuevos

materiales, ya que sus propiedades físicas y estéticas pueden superar a muchos materiales existentes, pero nunca reparan en que son altamente contaminantes por su obtención, manufactura, sistema constructivo y su disposición final.

Es importante mencionar que el uso de determinados materiales es dependiente hasta del estilo arquitectónico en desarrollo, así como del contexto del diseño arquitectónico, por eso considero que el estilo es también un factor fundamental en la disposición de los materiales y su reutilización, un ejemplo de ello son los arquitectos Teodoro González de León "Tedocreto" y Abraham Zabludovsky, quienes en sus obras, mayormente ubicadas en la Ciudad de México, plasmaron un estilo que ahora los identifica. El auditorio Nacional, el edificio de INFONAVIT, el del Colegio de México, el museo Rufino Tamayo, etc., exhiben en sus fachadas el concreto cincelado que los hace tan característicos de un estilo que se ha definido como "moderno", estas obras se llevaron a cabo entre los años 60's y la primera década del siglo XXI.

La naturaleza se rige con base en ciclos, los cuales han mantenido este planeta y sus miles de climas y sus millones de especies vivas, tal como lo conocemos, durante millones de años. Sin embargo los ciclos de algunas obras como edificios y grandes monumentos parecen no tener fin, aunque sí tuvieron un principio. En realidad, muchos de ellos sólo fueron una nueva configuración de la misma naturaleza. La mayoría de las obras arquitectónicas de la antigüedad no eran más que modificaciones formales de la misma naturaleza, es decir, se tomaban los materiales del sitio y se les daba una configuración diferente. Lo mismo sucedía con los objetos. Sin embargo, con el paso de los siglos esto ha cambiado. Si bien reconocemos que pocas son las edificaciones que han perdurado a la erosión de las diferentes fuerzas naturales, las que lo han hecho han prevalecido por siglos, llevándonos a pensar que no tendrán fin. Tal vez sea porque la naturaleza les ha permitido permanecer ahí porque no le causan el menor daño. Las edificaciones están hechas pues, para perdurar, lo que rompe con el dinamismo cíclico de la naturaleza, convirtiéndose en grandes moles sin integración, sin respeto por la vida de los que antes ahí habitaban.

Lo que buscaré en esta investigación, serán criterios que sirvan para tomar decisiones respecto de los materiales especificados en el diseño arquitectónico, que serían importantísimos de enseñar desde la gestación del arquitecto, para que los aplique y replique durante toda su vida profesional.

La mayoría de las publicaciones existentes se basan en la solución de problemas específicos de arquitectura en los cuales se aprovecha algún tipo de energía alternativa, se utilizan materiales biodegradables, se aprovechan recursos (se coloca pasto en la azotea), etc. Todas estas propuestas son el resultado de la preocupación y la responsabilidad de un creador. Pero el problema es que no todos tienen esa misma preocupación, más aún, las soluciones que se proponen están basadas en tecnologías que contaminan, convirtiéndose así en un círculo vicioso.

Los criterios a los que quisiera llegar deberían ser tan amplios que permitan su aplicación a las diferentes áreas del diseño, porque dentro del diseño arquitectónico, existen proyectos de lo más diverso, pero deben también ser tan sencillos, que sean fácilmente asimilables, es decir, no se va a dar un manual de diseño de casas, de oficinas, de restaurantes o iglesias, sino crear unos lineamientos o sugerencias de sustituir algunos materiales por otros, de ocupar menos cantidad, de facilitar procesos, etc. Pero para ello, deberé enfocarme en los principales materiales de construcción, como son el tabique, el cemento, el vidrio, el plástico, la madera, etc. Quizá entendiendo estos materiales podamos establecer criterios más generales.

Partiendo de la realidad de que el diseño y la naturaleza deben ir de la mano, planteo que debería ser reconsiderada la valuación de las edificaciones “verdes”, puesto que debemos considerar el impacto de sus materiales en el medio ambiente, no sólo su eficiencia energética.

Esta investigación está basada en la Teoría General de Sistemas aplicada, ya que facilita la integración de muchos campos de conocimiento, en este caso, el de la arquitectura, la biología y el diseño industrial.

En esta teoría existe un gran tema: el semántico, que se trata de que entre especialidades, se hable “el mismo idioma”, ya que la hiperespecialización también ha tomado parte en el desarrollo del lenguaje científico de manera que sólo se entienda entre los miembros de esa especialidad, por lo tanto, en el momento de interactuar diferentes disciplinas, en ocasiones la comunicación representa un problema en el que hay que consensar para lograr los objetivos esperados. Aunque el diseño industrial y la arquitectura no presentan grandes diferencias, la biología sí es mucho más específica, tanto para catalogar sus especies, como para reportar fenómenos. Se puede consultar el libro de Ludwig Von Bertalanffy “Teoría General de los Sistemas”¹, quien fue su creador. Otro aspecto interesante de esta teoría es que precisamente, trata de no caer en la hiperespecialización, viendo a los componentes del sistema como un todo.

– HIPÓTESIS.

Si se aplicaran criterios bio-lógicos al seleccionar materiales para las edificaciones, específicamente la ciclicidad, (como lo hace la naturaleza), no provocaríamos tanto daño al medio ambiente, pues reduciríamos emisiones, generación de desperdicios y con ello contribuiríamos al bienestar de los seres vivos.

¹ Von Bertalanffy, Ludwig; *Teoría General de los Sistemas, fundamentos, desarrollo, aplicaciones*; trad. Juan Almela; Fondo de Cultura Económica; México, 2006.

iii. BIOLOGÍA Y ARQUITECTURA: ALGUNOS INTENTOS DE ACERCAR LAS DOS DISCIPLINAS.

La arquitectura ha volteado ya los ojos a los campos de la biología. Aunque las primeras aproximaciones no han ido más allá de imitar las formas, hoy en día se hacen muchos intentos de “biologizar” la arquitectura. Es así, que en un afán de encontrar analogías entre la arquitectura y la biología investigué los temas que a continuación presento.

Algunas maneras de lograrlo comienzan por una profunda observación de lo que nos rodea, encontrando algunas operaciones interesantes que se pueden incluir en el desempeño de la creación arquitectónica.

La “emergencia” y la “morfogénesis”, dos operaciones encontradas en la naturaleza han servido de inspiración en muchos campos de la ciencia y las artes. La manera en que se dan las iteraciones en la naturaleza, propician la formación de sistemas complejos en la que los edificios se ven “no como un cuerpo singular fijo, sino como un sistema de energía y materiales muy complejo con un lapso de vida, que existe como parte del entorno de otros edificios, como una iteración de una serie que procede de un desarrollo evolucionario hacia un ecosistema inteligente” (The Emergence and Design Group, 2004).

En los sistemas naturales, el comportamiento general es producto de acciones locales, las cuales emergen desde sus individualidades. La emergencia está definida entonces: como “la propiedad de un sistema que no puede ser deducido de sus componentes, es algo más que la suma de sus partes” (The Emergence and Design Group, 2004).

La emergencia surge en la naturaleza a partir de la repetición y la interacción de reglas simples, el aumento de la variedad produce diferenciación, recombinaciones son preferibles a mutaciones, porque producen diversidad en cada generación. La autoorganización en los sistemas naturales juega un papel importante, están haciendo cambiar nuestra forma de ver la arquitectura, de un edificio individual, a un sistema organizado de edificios dependientes unos de otros.

En realidad, hay muchas más operaciones presentes en la naturaleza algunas de ellas muy simples, alguna de ellas sumamente complicadas, pero en general, las podemos agrupar en cuatro pares:

– EXPANSIÓN-CONTRACCIÓN.

Esta operación aparece en diferentes niveles, en el micro, por ejemplo, en los cambios de temperatura que contraen y expanden los materiales, aunque no lo notemos a simple vista, pero la forma de crecimiento de plantas y animales son una forma de expansión y a su muerte, podemos observar una contracción, por lo menos es más notoria en las plantas secas.



1 Tronco craquelado



2 Corteza



3 Adoquines

En los materiales observamos la contracción que se da por la pérdida de humedad, como en el caso de las arcillas, lo que origina una forma interesante y jerárquica, que es el craquelamiento. El craquelamiento es un patrón que se origina por el vencimiento de la tensión superficial de un compuesto, en su mayoría provocado por la resequeidad y se manifiesta en una cisión primaria, varias secundarias y otras muchas terciarias.

En un tronco reseco podemos observar este patrón, el cual tiene la peculiaridad de que tiende a formar rectángulos (trapezios en el caso de proceder del corte de un tronco), pero se provoca una jerarquización en las cisiones. Estas jerarquizaciones son imitadas por ejemplo en superficies antiderrapantes, acabados, etc. Eso es sólo a un nivel de imitación de la naturaleza meramente formal y aprovechar las funciones que la forma provee. También a un nivel macro, encontramos la distribución de servicios como agua, drenaje, luz, gas, etc. que imitan los craquelamientos en sus ramales: uno principal, varios secundarios, terciarios, etc.

En la arquitectura encontramos diversos ejemplos, ya que los materiales presentan en su mayoría y sobre todo si se encuentran a la intemperie, juntas para absorber estas diferencias, algunas de ellas son usadas incluso como patrones interesantes que le dan carácter a los acabados superficiales en fachadas, pisos, etc., como los pisos de concreto, que tienen juntas de neopreno para absorber las dilataciones y contracciones de este material.

– DIVISIÓN, AGRUPACIÓN.

Esta operación también es una forma de jerarquizar, pero principalmente genera módulos, como los celulares, generando patrones como la agregación celular o los apilamientos compactos. La agregación celular consiste en el patrón que se forma

como consecuencia de los esfuerzos internos y externos que interactúan en cada organismo, provocando biparticiones o bien, agrupando módulos como el caso de las burbujas, que se cohesionan tratando de economizar sus paredes sin mermar su contenido.

En la agregación celular de las burbujas se aprecia la relación contenedor-contenido, donde la forma predilecta de la naturaleza es la esfera, ya que es la que contiene el máximo de volumen en el mínimo contenedor, específicamente en la mínima superficie posible.



4 Burbujas

Los apilamientos compactos son semejantes a la agregación celular en cuanto a la agrupación de módulos, pero el objetivo principal en el apilamiento compacto es que se ocupe el menor espacio posible. Un montón de piedras encimadas son un ejemplo muy simple de este patrón, pero sus intersticios son todavía considerables. El mejor ejemplo es el panal de abejas, que busca economizar material de construcción de cada celda haciéndolo coincidir con el de la celda contigua. Esto provoca que el círculo inicial, favorito en la naturaleza comience a poligonalizarse hasta adoptar la forma más económica cuando de muchos contenedores se trata: el hexágono.

El hexágono tiene muchas características muy peculiares, su área está formada por seis triángulos equiláteros unidos en una de sus aristas, por lo que la medida del lado del triángulo es idéntica al radio del círculo en el cual el hexágono está inscrito.

El hexágono es una figura geométrica con cualidades excepcionales: al estar dividida en triángulos se convierte en una figura indeformable, sumamente resistente. Es por ello que lo encontramos frecuentemente formando cúpulas geodésicas, además de ser el polígono con mayor aplicación en la arquitectura.

Encontramos hexágonos a nivel microscópico en los acomodos celulares de las alas y los ojos de muchos insectos, además de que se les considera la base para las triangulaciones que se emplean hoy en día en los programas de escaneo en tercera



5 acomodos compactos

dimensión, al igual que los modelados virtuales, donde se triangulan todas las superficies para lograr las curvaturas que se desean.

En escala natural, también encontramos hexágonos, aunque algunos no son tan regulares, en ocasiones los acomodos compactos se combinan también con las formas externas y se presentan en diversas formaciones caprichosas, pero de alguna manera ordenada. Esto no quiere decir que otros polígonos no se encuentren en la naturaleza: podemos observar formas poligonales en estrellas de mar, en flores, formas romboidales, cuadradas, etc.

Los fractales son otro modo de acomodo hexagonal, es un acomodo atómico de simetría interna influenciado por fuerzas externas como la temperatura, presión y humedad, pero es un acomodo escalado.



6 Semillero de pino



7 Copo de nieve

Un ejemplo de esto son los muros divisorios, ya que, como en el caso de las burbujas, a efecto de economizar material, una pared sirve para dos espacios diferentes, compartiendo los recursos y las características del mismo. Las celosías, que además de dividir los espacios de manera semejante a las paredes, además comparten sus bordes, creando una serie de figuras poligonales u orgánicas sin necesidad de poner dobles bordes. Esta es una manera de reducir el empleo de materiales, que ya se usa en la arquitectura.



8 Cellscreen

Encontramos también numerosos ejemplos en el acomodo de los materiales, pensemos sólo en la disposición de los tabiques o piedras en muros, adoquines, celosías, etc., donde encontramos elementos cuyos materiales aprovechan esta operación a fin de ahorrar espacio, materiales y otros recursos, como energía, en el caso

de arreglos estructurales como el de las cúpulas geodésicas ya mencionadas, en las que se aprovecha también la tensegridad de los materiales, generalmente metálicos.

– **ARTICULACIÓN, DESMEMBRAMIENTO.**

Esta operación se caracteriza por destacar algunas partes del organismo, para darle movilidad y minimizar la importancia visual de las uniones, la encontramos en la mayoría de los seres vivos, ya sea externa o internamente.



9 Cangrejo de mar

Encontramos articulaciones cuando existe un cambio de extremidad en algunos animales, como las tenazas de los cangrejos o, de manera interna, en nuestros huesos. También en las plantas, encontramos articulaciones en los cambios de tejidos, por ejemplo, en el sitio donde se acaba el tallo y comienzan los sépalos o los frutos.

La técnica emplea este principio para permitir la movilidad en algunas aplicaciones, como máquinas de excavación o de construcción, donde las articulaciones deben estar protegidas para evitar que se deterioren rápidamente. También la industria de la construcción aprovecha estos principios, en accesos o cambios de espacio, juntas constructivas, cambios de nivel, etc. Las bisagras son una clara forma de articular. Es mucho más evidente esta operación cuando nos referimos al plástico, dados sus altos coeficientes de elasticidad, pero también otros materiales pueden combinarse con metales para que éste funcione como una articulación.

En la arquitectura suelen ocuparse las articulaciones para crear accesos, ya sea de personas o de elementos como aire, agua, etc., juntas de materiales, que pueden ser móviles o no, pero crean la sensación de movimiento.

– **AUMENTO Y DISMINUCIÓN.**

La naturaleza tiene como principio la economía, pero con todo y eso, algunas veces encontramos una gran expresividad cargada de ornamentos o por lo menos, eso aparenta. Es una manera de cargar de valores a algo que no lo tenía, en muchas



10 Puertas de proyección



11 Jardín Mundani



12 Mosquito

ocasiones sirve para que seres vivos encuentren su fuente de alimentación o incluso a su pareja. La operación contraria, la de disminuir, es mayormente encontrada en la naturaleza, y puede darse en dos maneras, principalmente: la miniaturización, con la cual se economizan materiales y por otro lado, la simplificación de las formas, que implica la eliminación de los elementos innecesarios. Disminuir significa hacer menos.

El aumento es una de las operaciones que encontramos en muchas manifestaciones artísticas que han influenciado la arquitectura en diferentes lugares y épocas. Ejemplos como el barroco, abundan no sólo en el mundo occidental, hay expresiones en Asia cargadas de ornamento, al igual que en África y Oceanía.

También encontramos el fenómeno contrario alrededor del mundo, quizás Japón como el máximo exponente, la corriente minimalista, que busca emplear la menor cantidad de elementos, de materiales e incluso de colores.

El aumento en los materiales de construcción lo podemos apreciar sobre todo en ornamentaciones como mosaicos, acabados rugosos, martelinados, etc., que pueden tener una función determinada, como para piso antiderrapante, pero en muchas ocasiones se usa sólo para decorar. La operación contraria se da en el mismo elemento y puede ser que con el mismo material, como en el caso del aplanado de las paredes, generalmente una pared plana y lisa resulta sobria y, para algunas personas, sin atractivo.



13 Pastas texturizadas

- **APLICACIONES A LA ARQUITECTURA.**

En la arquitectura encontramos muchos de estos principios aplicados tanto a las formas, como a las funciones, aunque esto último es, por desgracia, menos frecuente. De hecho, hay muchas obras inspiradas en los principios que acabo de mencionar. El reciente centro acuático de Pekín en China, que fue la sede de los juegos olímpicos del 2008, y el "nido de pájaro" son apenas unas muestras del trabajo inspirado en la

naturaleza, el primero en pompas de jabón y el segundo en el nido de los pájaros tejedores (*Ploceus pelzelni*).

Hay muchas edificaciones que toman como principio estético algún organismo o elemento de la naturaleza, pero solamente, repito, en la estética. Pier Luigi Nervi, ingeniero italiano, diseñó la pérgola a la entrada del edificio de la UNESCO en París, inspirado en las trabéculas óseas, otro ejemplo es el palacio de cristal de Joseph Paxton, jardinero de quien se dice, tomó la inspiración en las estructuras de las nervaduras inferiores de las grandes hojas de la flor de loto.

Creo que lo que la naturaleza nos ofrece es mucho más que eso, los principios organizacionales son en extremo eficientes y, por desgracia, muchos de nosotros no llegamos a ellos. A lo más que hemos llegado es a fachadas verdes, azoteas verdes, etc.

El arquitecto Mike Pearce se interesó e investigó los principios de climatización que usan los termiteros y los aplicó en un complejo comercial llamado Eastgate Centre en Zimbabwe. El complejo tiene 5,600 m² y no ocupa electricidad para regular su temperatura. Esto es loable, pero desde mi perspectiva sigue siendo incompleto.

Lo que he visto en el ámbito académico, es que los estudiantes revisan algunos casos aislados, siendo que ya hay desarrollos mucho más completos, como el edificio Media-TIC, en el distrito 22@ de Barcelona, que es un edificio que no sólo aplica muchos de los principios biológicos, sino económicos y sociales a la arquitectura. Cuando se ven las cuestiones ambientales, algunos arquitectos se sienten agobiados porque son muchísimos los factores que intervienen y los problemas que hay que resolver. Sin embargo, hay algunos que han sobrepasado la línea de lo que están acostumbrados a hacer, su zona de confort y se han dedicado a realizar lo irrealizable: un edificio que en todos (o casi todos) sus aspectos sea sostenible.

El Media-TIC es un edificio cuya estructura es completamente de acero, recubierto por un plástico (ETFE, Etileno Tetrafluoruro de Etileno) de triple pared que forma burbujas de aire, sirviendo a la vez de aislante térmico y de parasol, ya que dos de sus paredes tienen una impresión del negativo de la otra, lo cual, dependiendo de la temperatura, se cierran para no dejar pasar luz o se abren para permitirlo, todo esto controlado por unos sensores "luxómetros", energéticamente autónomos. La estructura de acero está recubierta con pigmentos naturales bio-luminiscentes, los que absorben la luz solar durante el día y los emiten por la noche, logrando así, además de una fachada llamativa por las noches, un considerable ahorro de energía eléctrica.



14 Media-TIC

Además, Media-TIC emplea materiales completamente separables para su reciclaje, lo que lo convierte en uno de los pocos que aplica los principios de reciclar, reducir y reutilizar.

El pabellón Sed, en la expo Zaragoza, es otro ejemplo de la biología aplicada a los sistemas de climatización, similar al Media-TIC, tiene una piel de doble capa que forma burbujas que contienen agua, al aumentar la temperatura ambiental, el agua se comienza a evaporar, al igual que el agua de nuestra piel y refrescan al interior del pabellón.



15 Pabellón Sed

Parece algo muy complejo, pero en la medida en que vayamos atacando más áreas, iremos haciendo las cosas más parecidas a como las hace la naturaleza y en consecuencia, mejor para todos, respetando y promoviendo la vida. Los proyectos deben ser holísticos, no ver sólo un aspecto sostenible, sino todos los involucrados en él.

Las diversas ecotecnias como principios de iluminación y ventilación pasiva, generadores eólicos de energía y solares de calor, son sólo piezas en el conjunto arquitectónico; así, se ven por un lado las estructuras, por otro las instalaciones, por otro los acabados, etc., siendo que se deberían tomar en cuenta todos en conjunto, incorporando las consideraciones al momento de seleccionar los materiales.

Y no sólo eso, tener las consideraciones sociales y económicas pertinentes, ya que un proyecto puede ser económicamente viable, pero no responder a las necesidades de la sociedad.

- **CONSTRUIR COMO LA NATURALEZA.**

En la naturaleza, las sociedades también modifican su entorno para dar cabida a sus actividades, como la protección, la alimentación y la preservación de su especie. Como ya hemos referido, hay una organización que permite determinar qué hará quién, con qué medios y recursos y cómo lo hará. Cada especie emplea sólo los recursos que necesita, sin desperdiciar nada, usando los materiales de la región y las herramientas con que están provistas, sus diseños son perfectamente funcionales, económicos y, en una palabra: bio-lógicos.

Comencemos por echar un vistazo a algunas de estas edificaciones y tratemos de sacar patrones o coincidencias aplicables en la arquitectura.

- **HORMIGUERO.**

Las hormigas son insectos de la familia de *Formicidae*. Existen más de diez mil especies distintas y todas son sociales, (Soria, 2002) se les encuentra en grupos de apenas unas pocas docenas, hasta millones de individuos. Habitan en climas tropicales y templados, conviven con los seres humanos, aunque éstos no las tienen en buena estima, ya que les agradan los alimentos con alto contenido en glucosa y al encontrarlo, dejan huellas olorosas para que las demás acudan a transportar lo hallado. Es común encontrar caminitos de hormigas que van y vienen, en un auténtico trabajo en equipo. Las hormigas tienen una organización social especializada, lo que les indica la actividad que tiene que realizar cada una de ellas en apoyo a su comunidad.



16 Hormigas formando una cadena

El hormiguero es un espacio creado al escarbar el material que se encontraba en un sitio (bajo tierra o en el tronco seco de un árbol), realizado por las hormigas obreras. Estas hormigas llevan el material desprendido al exterior y lo depositan ahí, creando montículos que nosotros reconocemos fácilmente en la superficie de la tierra. También hay especies de hormigas nómadas que forman las cámaras con sus cuerpos (de las obreras) para depositar los huevos y una vez que han crecido las larvas, lo deshacen y continúan su camino.

El hormiguero consiste en una serie de cámaras unidas por túneles, generalmente descendientes. Cada cámara tiene un propósito específico: hay cámaras de alimentación, de cría y habitaciones especiales para el apareamiento de la reina.

Los hormigueros tienen diferentes configuraciones, de entre ellas, según estudios de la Universidad Estatal de Florida, la hormiga cosechadora roja (*Pogonomyrmex badius*), construye cámaras subterráneas horizontales que forman hélices con diámetros de 4 a 6 cm, y descienden en un ángulo de 15-20° cerca de la superficie, aumentando a cerca de 70° por debajo de unos 50 cm de profundidad. En nidos grandes, los pozos tienen una morfología de meandro y se conectan.

Como se muestra en las imágenes, las cámaras empiezan en la parte exterior de la hélice como hendiduras circulares y horizontales. La altura de la cámara es de aproximadamente 1 cm, y no cambia con el área.

El área de la cámara es mayor en los tramos superiores del nido y disminuye con la profundidad. La separación vertical entre las cámaras es menor en la parte alta y aumenta a un máximo de 70 a 80% de la profundidad máxima del nido. La distribución del área de la cámara es mayor en la parte superior; aproximadamente la mitad del área total del nido se encuentra en el cuarto superior. Cada que se va aumentando un 10% de profundidad, contiene entre 25 y 40% menos área que la parte que se encuentra encima, no importa cuál sea el tamaño del hormiguero. Las hormigas más jóvenes tienden a cavar en el fondo del nido mientras que las hormigas más viejas cavan en el tercio superior, y con el tiempo salen del nido para volverse recolectoras. La mayor concentración de las hormigas, por lo tanto, está en la parte superior de los nidos, lo que resulta en más cámaras (Tschinkel, 2004).

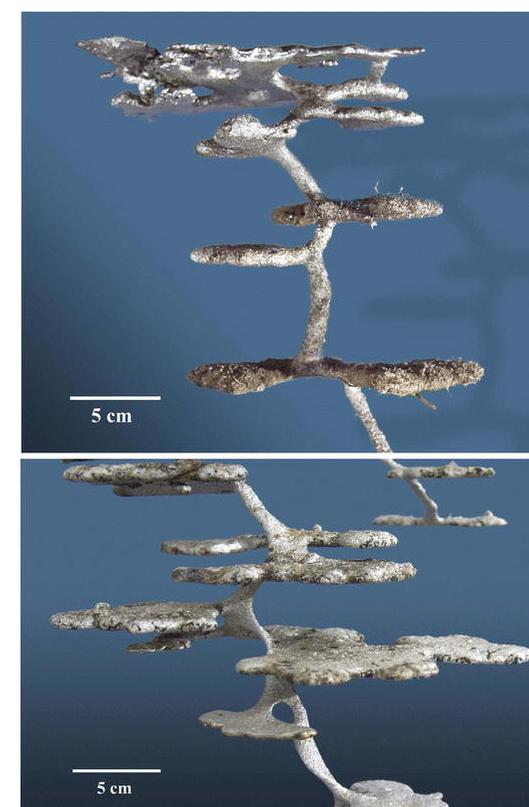
Hay hormigueros con cámaras y galerías excavadas bajo piedras, troncos o en el suelo. Sus túneles son redondos y limpios, menos anchos que un lápiz, y cuidadosamente contruidos, con el fin de que puedan durar mucho tiempo. Las salidas están siempre abiertas, hay galerías que conducen a las cámaras abovedadas en donde ponen sus huevos, guardan su alimento y hacen huertas subterráneas. Las salas sirven de comunicación entre las cámaras y son estrechas, permiten que muchas hormigas trabajen y se pongan a salvo de algún peligro rápidamente. En invierno se ponen en las partes más bajas del hormiguero y cuando comienza a hacer calor suben y abren chimeneas para tener ventilación.

Las hormigas construyen sus hormigueros con el fin de que perduren. Muchas veces son invadidos por otras colonias de hormigas u otros insectos, pero pueden destruirse por inundaciones u otros factores naturales.

En Madrid, España, el despacho holandés MVRDV y la arquitecta española Blanca Lleó, proyectaron una obra cuyo concepto parece estar basado en un hormiguero, es un edificio de departamentos que alberga hoy día a más de 3,000 personas.



18 Edificio Celosía



17 Hormiguero

Inspirado en un hormiguero, por la descripción que se hace en el sitio web "diario design", pienso que son una serie de cámaras interconectadas en las que, por cierto, se rompen cánones arquitectónicos como el de que "para pasar de un espacio a otro, no se debe cruzar por un tercero, a menos que éste tercero sea proyectado como de tránsito".

Con este ejemplo podemos ver lo que en arquitectura significa inspirarse en la naturaleza, casi siempre de forma parcial.

Como quiera, es un ejemplo arquitectónico que toma la función del hormiguero y la aplica en una edificación rígida y geométrica, en un acabado de concreto aparente que no tiene mucho que ver con la forma de edificación de las hormigas, que "sustraen" el material, más que "agregarlo".



19 Edificio Celosía

Su parecido con el hormiguero se encuentra en la columna central de la que aparentemente se desplazan cámaras, quizás el efecto se pierde porque las cuatro fachadas se entrelazan en las esquinas (Diario design, 2009).

– CAPULLO.

Las palomillas son, al igual que las mariposas, insectos lepidópteros pero, a diferencia de éstas, no son tan vistosos ni tan preciados, a pesar de ser también importantes miembros del ecosistema. Sus etapas de crecimiento son similares a las de la mariposa, sólo que a la pupa se la da el nombre de capullo y está hecho primordialmente de seda.

Por alguna razón, a la larva de la palomilla se le da el nombre de gusano, el más conocido es el gusano de seda. No es propiamente un gusano, sino una larva, que posee un apetito voraz y crece rápidamente, duplica su volumen y peso cada dos días, por lo que tiene que abandonar su piel por lo menos tres veces antes de tejer su capullo.

Lo inimitable de sus cualidades fisiológicas comienza cuando come y convierte su alimento en seda. Justo abajo del labio inferior, se sitúa la trompa de seda o hilera, que es el orificio por donde sale la hebra de seda. Al deglutir, el alimento pasa por el esófago y recibe el líquido secretado por las glándulas salivales. Después, este mismo líquido viscoso transforma en dextrina el almidón de las hojas de la morera y el líquido alcalino secretado por el estómago continúa la digestión y la asimilación. Las glándulas sedosas, donde se acumula la seda, tienen la forma de dos tubos alargados y brillantes, situados debajo del tubo digestivo, y se unen de modo que la hilera sólo sale un diminuto hilito de seda (Concepci, 1996).

Cuando llega el tiempo, los gusanos comienzan a fabricar su capullo, se pueden ayudar de ramas secas. Comienzan tejiendo una red que después cubren con hilados en forma de "8", le toma unos 3 días y duerme profundamente.

La seda del capullo tiene aproximadamente 1,500 m de largo y una vez que se transforma en palomilla (aproximadamente 20 días) perfora el capullo y sale de él, directamente a buscar aparearse. Por desgracia, son pocas las palomillas que consiguen salir con vida del capullo, pues la sericultura ha desarrollado métodos para la obtención de la seda en la cual la palomilla muere.

La disposición final de la mayoría de los capullos es pues, la industria textil.

El capullo ha sido también empleado en la arquitectura, un ejemplo de ello lo encontramos en un gran proyecto –en vías de desarrollo- en Puerto Príncipe, Haití. Después de los daños causados por el terremoto que sacudió la isla en el 2010, ha obligado a los locales a buscar nuevas fuentes de materiales de construcción y han vuelto sus ojos al bambú. El arquitecto San Val ha declarado que basó su concepto en "el tradicional arte de la cestería, tejidos de fibras naturales de plantas del hábitat local moldeada en forma de capullo" (News Mexico Lindo, 2011).

La edificación está estructurada a base de bambúes, planta que crece con facilidad en la isla, accesible a las personas de escasos recursos. En caso de edificarse, tendrían un parecido formal con los capullos, empleando materiales de la zona que harían las veces de la resistente seda.

Encontramos presente este principio de hilos entrecruzados protectores, con los que se generarían estos espacios.



20 Capullo



21 Casas de bamboo

– **TERMITERO.**

Las termitas son insectos del orden de los isópteros (con alas iguales), que se caracterizan por ser sociales. De manera similar a las hormigas, dividen muy específicamente sus actividades, siendo que existen tres castas: obreras, soldados y reproductivos. Las primeras serán las encargadas de la edificación del termitero.

Las termitas habitan en climas tropicales y lugares húmedos, como en Sudáfrica o América, hay muy pocas en Europa. Buscan su residencia en el interior de los troncos secos, al igual que en muebles o casas de madera. Existen termitas que construyen sus refugios de manera subterránea, en zonas no muy frías y húmedas y las van edificando hasta llegar a alturas de hasta tres metros. Las termitas recogen lodo, tierra y materia fecal propia para incorporarlos a las paredes de su refugio. Todos los materiales provienen de su entorno, algunos de ellos los mastican y los mezclan con su saliva para aglutinarlos en la edificación.

Aproximadamente viven desde un centenar hasta más de un millón de individuos en el termitero. Los termiteros cuentan con sistemas de ventilación, que constan de dobles paredes en cuya separación corren túneles que conducen el aire caliente hacia arriba, fuera del termitero, haciéndolo escapar por una "chimenea", con lo que se mantienen estables la humedad y la temperatura interior.

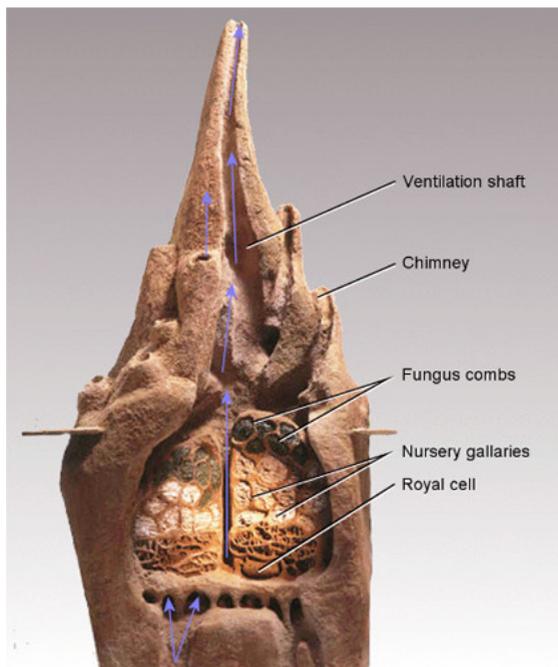


22 Termitero cónico



23 Termitero plano

La orientación también es tomada en cuenta: los termiteros planos están orientados al norte, para lograr mantener la frescura del interior y la calidad del aire, ya que sólo reúnen una concentración de CO₂ de un 2 a 3 % y una fluidez de oxígeno de 9.5 litros por hora. También cuentan con drenaje (Farfán, 2010).



24 Interior del termitero

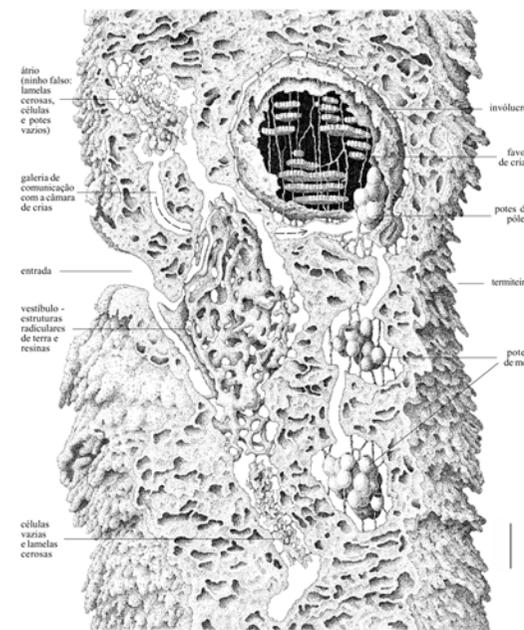


Fig. 17. *Paranoma vicina*, ninho em termitero abelícola ativo, *Anitermes eximius*, Maçari, rio Tapajós, PA, Brasil (ninho 153). Escala = 5 cm.

25 Interior del termitero

En el interior del termitero existe una habitación central en donde están la reina y el rey. Hay también una cámara especial en donde almacenan material orgánico que usan como fuente de calor para incubar los huevos. También tienen cámaras donde cultivan hongos, para su alimentación. Los hongos son mantenidos con una temperatura constante de 30.5°C , aunque el clima al exterior oscile entre los 3 y los 42°C (Biomimicry Institute, s.f.).

Existen además especies de termitas que edifican su hogar en los árboles secos, éstos termiteros son más pequeños y limitados en tamaño, de manera que cuando se sobrepoblan, varias parejas de termitas emigran llevándose a su séquito para formar sus propios termiteros.

Muchas especies de termitas que habitan en madera no soportan la luz, por lo que raramente se les detecta, lo que puede ser un problema en algunas casas. En los interiores oscuros mantienen humedad en más del 50% del termitero.

Un ejemplo conocido en la aplicación de los principios biológicos que rigen en el termitero es la edificación del centro "Eastgate Center" en Zimbabwe", del arquitecto Michael Pearce, que había mencionado con anterioridad, en el cual se observan las chimeneas encargadas de calentar y enfriar el edificio. Se dice que el edificio no gasta energía en calentarse o enfriarse.



23 Eastgate Center

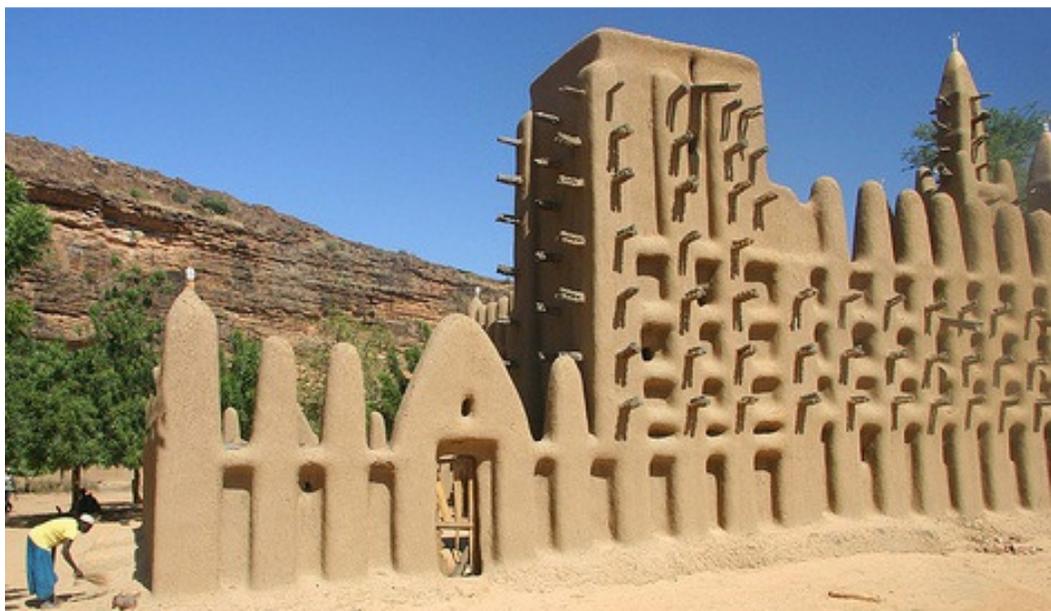
Hay muchos ejemplos más de estas aplicaciones, el arquitecto egipcio Kamal el Kafrawi, quien proyectó la Universidad de Catar, en Doha, la capital, se basó también en el uso de las chimeneas para lograr que sus más de 8,000 estudiantes no sufrieran por las inclemencias de esta desértica ciudad. Las paredes dobles y el estudio de la circulación de aire mantienen el clima y la economía de la Universidad en rangos estables, ya que en verano, las temperaturas pueden llegar a los 50° . La retícula es octagonal, lo que forma unos patios cuadrados que unen a los edificios, donde se han

colocado fuentes y otros elementos para propiciar el esparcimiento. Hay facultades divididas por género, los hombres asisten a clases en un edificio y las mujeres a otro.



24 Vista aérea de la Universidad de Catar

Tampoco debemos pensar que el uso de estas tecnologías es de nuestra época, la humanidad ha observado a la naturaleza y a su entorno desde remotos tiempos y ha aplicado algunos de sus sistemas, un ejemplo de ello son las edificaciones de las tribus Dogon en África, que continúan con sus ancestrales sistemas de edificación, aprovechando los materiales del sitio y la ventilación, como lo hacen las termitas, esta es una aproximación más cercana al diseño bio-lógico.



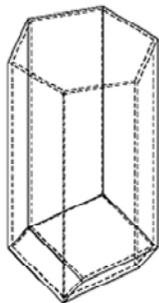
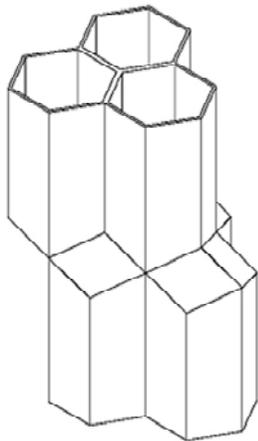
25 Casa dogon.

Ellos son un ejemplo viviente de las edificaciones basadas en la naturaleza, los vestigios arqueológicos nos enseñan que hubo muchas edificaciones de este tipo alrededor del planeta, pero específicamente basadas en termiteros, en zonas áridas.

– PANAL .



26 Panal



Las abejas son insectos antófilos (que ama las flores), la más conocida *Apis mellifera*, es una de las más de 20,000 que existen en el planeta. Proveniente de Europa, África y parte de Asia fue introducida en América y Oceanía. Es un insecto social, que también divide en castas la organización del trabajo, existiendo tres: reina, obreras y zánganos.

Su trabajo como polinizadoras es importantísimo en los ecosistemas y la cadena alimenticia, pero lo que aquí nos ocupa es su refugio. Lo construyen a base de cera ($C_{15}H_{31}COOC_{30}H_6$) que obtienen gracias a la recolección del polen y el néctar de las flores. Regurgitan el néctar para convertirlo en miel, que después ingieren para producir la cera. Producen la cera en sus abdómenes y la mastican hasta que se ablanda y con ella construyen la colmena, con sus peculiares cámaras hexagonales, donde almacenan miel, larvas, polen y crías. Su vida promedio es de seis meses, quizá debido al desgaste y al arduo trabajo que desempeñan.

Como las hormigas, las abejas viven en sociedad y pueden ser cientos o hasta miles en la comunidad. Los panales en su estado natural presentan formas ovaladas, donde las abejas construyen las celdas de manera transversal al orificio de entrada y entonces impiden la entrada de aire frío. Como las larvas requieren de una temperatura cálida, las abejas pueden hacer vibrar su abdomen y con ello elevar la temperatura de hasta 6 celdas de entre 31 y 33 °C hasta 41°C. Pueden habitar de 5,000 hasta 70,000 individuos (buzzaboutbees, s.f.).

La estructura hexagonal usa el menor material para crear una celosía dentro de un volumen, acomodando el círculo, que es el que contiene la mayor superficie en el menor perímetro, en un acomodo compacto, lo cual, como ya había mencionado, nos lleva geoméricamente al hexágono.

La colmena es muy resistente a la intemperie, pero como la glucosa contenida en la miel es un alimento muy preciado para muchísimas especies, debido a su alto contenido energético, son muchos los enemigos de las abejas. Los animales más grandes (incluyendo al hombre o al oso) destruyen las colmenas para extraer la miel. Otros animales más pequeños a veces dan su vida por obtener el preciado alimento.

Algunos ejemplos aplicados a la arquitectura dejan ver, que fuera de la forma hexagonal, no se han aprovechado las características de las colmenas, como sitios de almacenaje o de conservación de la temperatura. En la ciudad de Medellín, Colombia existe un Jardín botánico que contiene un Orquideorama, que de acuerdo con su página web, declaran que "La construcción de un Orquideorama debe surgir de la relación entre arquitectura y organismos vivos. No debe hacer diferencia entre lo natural y lo artificial, sino asumirlos como unidad que permite definir una organización material, ambiental y espacial particular" (Plan B Arquitectos, 2008).



27 Orquideorama.

El sitio observa algunas leyes biológicas, como por ejemplo el crecimiento de las flores en un ramillete y es por eso el acomodo de los módulos hexagonales, no precisamente siguiendo la forma del panal, pero así como ésta hay edificaciones que sólo toman el hexágono por sus propiedades. Al centro de los hexágonos hay un hueco que permite ventilar y mantener la humedad, ya que también son recolectores de agua. Es importante hacer notar la intención de que estos módulos "árbol-flor" mantienen las características lumínicas y ambientales que proporcionaba el follaje que estaba ocupando el sitio, así que de alguna manera se respeta el ecosistema existente, sin ahuyentar ni extinguir especies.

– NIDO DE AVISPA.

Las avispas son insectos de la familia de los véspidos (que pliegan sus alas), viven en América, Europa y Asia. Hay alrededor de 5,000 especies diferentes y seis subfamilias que se diferencian, entre otras cosas, en la manera en que hacen sus nidos. Las avispas construyen sólo para anidar. Suelen hacerlo solitarias, aunque algunas se reúnen en pequeños grupos. La subfamilia Eumeninae (avispa alfarera) construye sus nidos con barro, el cual amasan en el piso y forman una pequeña esfera, la cual adhieren ya sea a un árbol, a una pared o un techo, en un lugar alejado de los depredadores.

Existen otras seis subfamilias, tres de ellas hacen su nido a partir de madera, que mastican y junto con su saliva hacen una especie de papel, con el cual van adhiriendo en principio a una ramita colgante y luego le van añadiendo unas paredes formando hexágonos delgaditos, donde colocan sus huevos. Otra subfamilia hace sus nidos en el suelo (avispa roja) y otra en los huecos de las ramas o troncos de los árboles (Animales salvajes, 2012).

Los nidos de barro son fabricados por la avispa, en su interior depositan un insecto (paralizado por su picadura venenosa) y un huevo. Al nacer la larva, comerá el insecto paralizado y aproximadamente a las tres semanas hará una perforación en el nido para salir de él (Vantreese, 2006). Tienen forma de pipa de órgano o globulares. La avispa



28 Avispero de papel

construye conjuntos de 4 a 7 pipas y coloca de 3 a 6 huevos por pipa (Sears, Smiley, Hilker, Muller, & Rank, 2001).

El nido de papel está hecho de un material como papel o cartón fuerte y además resistente al agua, gracias a que en su saliva poseen proteínas altas en prolina (sustancia relacionada con la formación de colágeno que fortalece la piel, huesos, tendones). Pueden alcanzar los 20 cm de diámetro, alojando cerca de cien huevecillos. El nido servirá sólo una temporada, ya que las avispas mueren en el invierno, a excepción de la reina, cuyos primeros descendientes se convertirán en obreras y le ayudarán a construir en primavera el nido de la siguiente camada que traerá machos y hembras capaces también de reproducirse (Ask Nature, 2011).

Al llegar el fin de su vida útil caen de los árboles y se reincorporan al suelo, de donde vinieron sus materiales.

Ejemplos en la arquitectura, al igual que con el panal de abejas, encontramos el uso estético de hexágonos y quizás podríamos encontrar semejanzas en los domos geodésicos, en el caso de los avisperos de papel y sólo de una manera estética.



29 Avispero de barro



30 American Society of Materials.

Casi todos los domos triangulan el hexágono para darle mayor resistencia a la cubierta, aunque estéticamente los recubran para que se vean los hexágonos, el caso es que se trata más de una estructura resistente que aprovecha las propiedades del hexágono, que las del avispero de papel.

No puedo dejar de mencionar a Shigeru Ban, el mejor exponente de arquitectura en cartón, quien ha desarrollado increíbles formas a partir de tubos de cartón aplicadas a casas y edificios públicos. Aunque el acomodo no siempre es igual, el material empleado es el mismo, pero con el cambio de escala, más grueso y pierde su perfil hexagonal. Ban ha perfeccionado interesantes sistemas de unión entre los tubos de cartón, con lo cual ha logrado cubrir amplios claros con este material. Aunque no se

trate de la misma función, es una propuesta sin duda interesante y sobre todo biológica.



31 Pabellón de arte en la feria de Abu Dhabi.

Con las aplicaciones del avispero de barro es todavía un poco más difícil, pues no pude encontrar edificaciones que lo emulen, fuera de algunos casos que considero más coincidencias que verdaderas inspiraciones de esta construcción natural y en todo caso, emulan las formas, pero no su función de "incubadora y alacena". El "Tubohotel" en Tepoztlán pudiera ser un buen ejemplo de ello.



32 Tubohotel

– CRISÁLIDA.

Las mariposas son insectos del orden de las lepidópteras (con escamas en las alas), viven en climas cálidos, como selvas y bosques.

Nacen de huevos y permanecen en estado larvario un tiempo, para después sufrir una metamorfosis y transformarse en imago (adulto) (Kirton, 2012).

Para ello, al llegar la última muda de piel, queda expuesta una especie de armazón llamado pupa o crisálida (en el caso de las mariposas), en cuyo interior se forma una cámara donde la oruga pierde órganos juveniles y adopta alas, patas y una lengua enrollada en espiral, entre otras cosas. Esta transformación se lleva a cabo en unas dos semanas, durante las cuales el individuo no se alimenta hasta eclosionar.

La pupa está hecha de la misma "piel" de la oruga, la cual se forma previamente bajo la piel anterior y con el paso del tiempo, los líquidos que se secretan en esta etapa, harán que la pupa adelgace su pared para que finalmente sea rota y nazca la mariposa.



33 Foto: Cathy Keifer

Al igual que en algunos ejemplos anteriores, la poca arquitectura que se ha hecho basada en las crisálidas recurre sólo a la forma, como en este pabellón construido de concreto y cubiertas de cobre preoxidado (Bellostes, 2008).

Es curioso cómo la crisálida, que es una estructura resistente semejante a la de esta edificación, dura sólo un tiempo en ese estado, porque luego de dos semanas y gracias a las sustancias que segrega la larva ya convertida en mariposa, se ablanda para dejarla salir. No se podría ni pensar que a esta estructura le sucediera lo mismo, mucho menos el arquitecto que la diseñó, pensando en su permanencia y trascendencia.



34 Parque de la relajación en Torrevieja, España.

– TELARAÑA.

Las arañas son artrópodos que se deben diferenciar de los insectos tanto por el número de patas, como por tener un cuerpo dividido en dos partes, además de que no tienen antenas ni mandíbulas (Hoffmann).

Viven en zonas cálidas y húmedas. Las arañas tienen unas glándulas en el abdomen bajo, que es donde producen la seda. Tienen de 5 a 7 glándulas que producen diferentes tipos de seda, por ejemplo, una pegajosa para atrapar a sus víctimas y una peluda, por la que puede desplazarse sin quedar ella misma pegada.

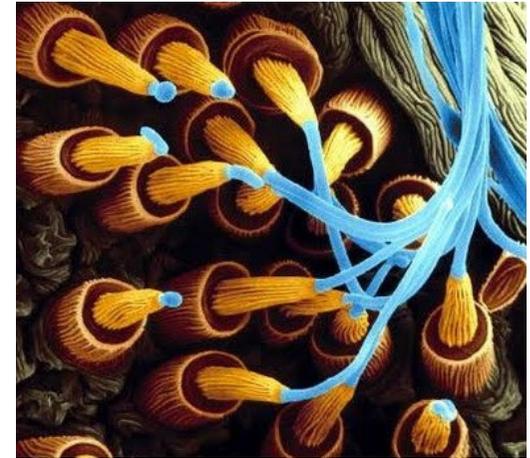
La seda está hecha de proteínas y la araña emplea mucha energía en producirla, por lo que ya no lo hace cazando, sino espera a que sus víctimas caigan en su pegajosa trampa. La mayoría de sus presas son insectos voladores que se topan con su destino mortal. La adherencia de la telaraña se va perdiendo con el tiempo, por lo que deben hacer nuevas trampas constantemente.

Conocemos las propiedades de esta seda, muy resistente y elástica, muy investigada con fines de producción industrial. Hay varios tipos de telarañas, los más conocidos son los de espiral, pero también los hay tubulares, de hoja y de cúpula y sirven para diferentes estrategias de cacería de las arañas, las hay quienes fabrican una maraña y la lanzan a su presa, quien se pega a la mole y así la araña la atrapa.

Las arañas usan su cuerpo para dimensionar la telaraña (de sus patas traseras hasta sus dientitos). La telaraña es 20 veces el tamaño de la araña, por lo general. Existen arañas que cavan escondites y los cubren con hojas para acechar a sus presas.



36 Telaraña



35 Producción de telaraña



37 Telarañas de tarántula



38 Telarañas en Wagga Wagga

La tarántula merece una mención especial, ya que ella segrega la seda a través de las glándulas que se ubican en sus patas y suelen construir sus telarañas en lo alto para alejarse de sus depredadores, aquí unas imágenes de Wagga-Wagga, una ciudad australiana que se inundó y las arañas salieron a flote: A pesar de que el material no resiste esfuerzos a compresión, funciona muy bien en tensión y es capaz de dar cabida a cientos de inquilinos.

El empleo de las telarañas como fuente de inspiración en la arquitectura, ha sido ampliamente llevado a cabo, encontramos numerosos ejemplos desde hace ya varias décadas. Uno de ellos, es el parque olímpico de la ciudad de Múnich en Alemania, en el que participó el arquitecto Frei Otto, el proyecto incluye un estadio cuyo cobertizo protege a casi 70,000 espectadores y está hecho de un material textil, tensado con cables de acero sostenidos de postes anclados al exterior del estadio, también se encuentra un edificio para deportes acuáticos cubierto de manera similar, además de un "pasillo" que une a ambas edificaciones.



39 Estadio olímpico de Munich

Algo interesante en este proyecto es que la cubierta fue concursada y ganada por el arquitecto Günter Behnisch y fue el arquitecto e ingeniero estructural quien debió adecuarse a ella.

Se trata de una red de malla rectangular de cables pretensados, de longitud variada entre 44,0 y 65m, espaciados en ambos sentidos 75cm y con ángulo de intersección variable, permite acomodarse a las curvaturas de la cubierta. La cubierta tiene una superficie de 74,800 m². El cerramiento de la estructura consiste en una lámina de poliéster revestida de PVC, de 2,9 x 29 m y 4 mm de espesor. Para evitar deformaciones a causa de la temperatura, descansa sobre válvulas de neopreno. La tela está suspendida sobre 12 mástiles de acero de más de 80 m de longitud (Rojas, 2012).

Otros ejemplos que quizás no provengan de observar telarañas pero siguen sus principios, son las velarias, ya que resulta una excelente forma de estructurar un material delgado y ligero, por medio de cables entretejidos creciendo de manera paralela al centro.



41 Velaria



40 Puente colgante

Dada la resistencia de la telaraña, ha sido imitada también su estructura en puentes colgantes alrededor del mundo, aunque muchos de ellos sólo lo hacen en un sentido, dado que la carga sólo es gravitacional, aunque los vientos también pueden llegar a representar una fuerza importante, pero no tanto como los vehículos que pasan por ellos ni del peso propio de la estructura.

Muchos de estos puentes tienen gruesos cables que parten de un elemento central, por lo general un poste, desde donde descienden en forma radial y se dispersan a varios puntos para distribuir la carga en cada uno de ellos. De esta manera logran salvar claros enormes, que principios como los de columna y trabe no podrían cubrir, además de dejar un claro en el que permiten en ocasiones el paso de embarcaciones por debajo de ellos.

Lo más importante es que aquí el elemento trabaja a tensión y a compresión, por lo que podrían considerarse elementos muy estables y equilibrados.

Una de las características que da a la telaraña su dureza es la seda, que se ha comprobado que es más resistente que el acero en un mismo espesor, pero no hemos logrado fabricar una fibra proteínica tan gruesa como para que se aplique en obras como las descritas.

– NIDO DE AVE.

Los pájaros son vertebrados ovíparos que tienen plumaje y extremidades que les permiten volar, aunque existen unas pocas especies que ya sea por su tamaño o por sus hábitos alimenticios, no lo hacen.



42 Nido de golondrina

Pero lo que nos ocupa ahora son las diversas construcciones que realizan para anidar. Los gorriones, por ejemplo, construyen un cuenco adherido a una pared, donde exista una techumbre para protegerse de la lluvia. Lo construyen con barro, plumas, yerba seca y hasta excremento de vaca. Se construye en pareja y una vez que está listo, en aproximadamente 8 días, la hembra pone sus huevos, los empolla hasta que eclosionan (15 días aproximadamente) y el macho les lleva el alimento a sus polluelos, que dejarán el nido a los 20 días en promedio.

Las golondrinas migran durante el invierno a zonas cálidas de Centroamérica o África. En verano, vuelven a las zonas templadas a reproducirse de nuevo. Los nidos que abandonan pueden ser usados de nuevo por la misma hembra o por otra.



43 Nido de hornero

Los horneros, por su parte, fabrican sus nidos con forma de hornos de barro mezclado con paja, son nidos en los que alisan las paredes interiores y para confort les colocan plumas y hojas verdes. Los nidos son tan bellos, que los hombres los recolectan para adornar sus casas; en cualquier forma, el hornero construye su nido cada año, cuando va a empollar y lo hace en pareja (Rosa, 2011).

Ejemplos en la arquitectura serían todos los llamados "construcción con tierra", es decir, con adobe. El principio es el mismo, arcilla combinada con una fibra y un aglutinante, al cual ocasionalmente se le agregan agentes impermeabilizantes.



44 Casa de adobe en Bolivia

Hay arquitectura maravillosa alrededor del mundo que emplea la tierra como material de construcción y lo hace de una manera natural, modificando su entorno, ocupando el material del sitio y respetando la naturaleza. Por desgracia, los seres humanos en ocasiones nos queremos apegar a los cánones de la "modernidad" y desdeñamos esta arquitectura, tachándola de "vernácula", como si eso fuera sinónimo de "folclor" y ese adjetivo no puede ir con nuestro modo de vida moderno o al que quisiéramos aspirar. Pero está comprobado que la resistencia de estas construcciones puede ser de varias décadas y en caso de que se requiriera hacer modificaciones, se puede destruir y como el ave fénix, renacer en una nueva configuración.

El adobe es un material noble y económico, hoy en día cuesta trabajo conseguir personas que lo hagan o lo sepan trabajar, incluso en la provincia; sin embargo, el adobe, al igual que el bambú es uno de los materiales de construcción con que más se experimentan nuevas tecnologías para potencializar su uso, aprovechando sus propiedades y su inocuidad, así se han desarrollado el súperadobe y el bajareque, entre otros.

Otro tipo de nidos son los que construye el pájaro tejedor. Estos nidos y la forma en como los construyen es sorprendente. El pájaro tejedor toma fibras vegetales para construir su nido, las cuales hilvana con su pico. Elige fibras verdes, porque son más fáciles de tejer, comenzando por la entrada del nido, que es un anillo de este entramado. Si no lo tensa adecuadamente, el nido se puede colapsar. Continúa por las paredes del nido que une por la parte baja, dando forma esférica al recinto.



48 Pájaro tejedor.



459 Colonia de pájaros tejedores

Las hembras se acercan a ver los nidos y seleccionan el mejor nido para quedarse a empollar. Algunos pájaros equipan sus nidos con una especie de paraguas, que fabrican moliendo las yerbas con su saliva, protegiendo así mejor a sus crías.



46 Paredes de paja

Algunas especies de aves que habitan en el África subsahariana construyen verdaderos condominios, donde se alojan hasta 600 aves. Aquí el equipamiento funciona como sombrilla, para protegerlos del sol.

Los nidos tienen gran resistencia, aunque ocasionalmente pueden caer al suelo y sus materiales se reintegran a éste.

Los arquitectos han hecho poco uso de este material, principalmente por el miedo por parte de los usuarios a que se quemen sus casas o por la crianza de alimañas, pero la realidad es que la paja tiene una gran resistencia al fuego y como se le da un acabado generalmente con adobe y cal, si no se dejan poros es poco probable que incuben insectos u otros bichos. Existen muchas construcciones de paja en los Estados Unidos, algunas de ellas ya de muchos años de antigüedad.

– EMBALSE .

Los castores (*Castor canadensis*) son roedores que poseen un pelaje abundante que les sirve de protección contra el frío de las regiones donde viven (bosques templados de Canadá y Norte de Europa) y al mismo tiempo les sirve de impermeable, ya que habitan cerca de los ríos, en unas estructuras a la orilla de los mismos donde encuentran abundante vegetación y que les brinda seguridad contra sus depredadores.

El castor construye una presa con troncos y ramas obtenidos del bosque y en ocasiones piedras y barro que recolecta de la orilla del río y los acomoda de manera que detengan el cauce del río, lo ubican generalmente en alguna de las orillas donde el río serpentea y la corriente sea más tranquila. Con sus enormes y característicos dientes delanteros roen la madera, luego cortan el tronco en trozos más pequeños para poder transportarlos flotando sobre el agua, hasta el lugar donde ubicarán su refugio.



47 Interior de madriguera

Los troncos los colocan paralelos a la dirección de la corriente y los unen con piedras y barro y servirán para mantener el nivel del agua constante, tienen 1.5 m de altura aproximadamente. Cada familia construye su embalse y pueden habitarlo hasta 10 ó 12 castores, ya que los castores viven con sus dos últimas camadas. En el embalse, sin embargo, también se alojan ranas, peces, pequeños mamíferos y aves acuáticas (Ciencia y Tecno, s.f.).

El refugio del castor puede comenzar desde una pequeña cavidad a orillas de un río que corre por debajo de la superficie del agua y tiene una galería inclinada. Si la orilla es muy baja entonces construye una choza de madera unida con barro con un diámetro de 6 a 7 metros, comparado con el castor, que mide 1 m de longitud y 30 cm de altura. La madriguera tiene forma cónica, una cámara central sobre el suelo al nivel del agua que puede medir 2.5 m. de largo y hasta 1 m. de alto y 2 entradas. El suelo lo cubren con hierba y cortezas. Las madrigueras más grandes tienen varias habitaciones con su galería independiente; en el interior hay una cama de fragmentos de madera seca. En el techo de la madriguera hay una parte más delgada para que se filtre mejor el aire. Cada año aumenta su tamaño por reparaciones y reconstrucciones que hacen los castores. La madera les sirve también como alimento en el invierno. Trabajan durante las noches normalmente, durante la primavera y el verano reparan partes de su madriguera (Mundo Animal, 2009).

Los embalses terminan su vida útil al ser destruidos por el agua pero suelen durar bastante tiempo. Los castores las abandonan cuando el agua acumulada ya no es pura, dejando el lugar como un terreno fértil donde crecerán nuevos árboles y continuará la vida.

La madera ha sido utilizada ampliamente en la construcción, dado que es uno de los materiales más resistentes que hallamos en la naturaleza, además de abundar en algunas zonas del planeta. Los arquitectos se han dado a la tarea de proponer nuevas formas y hasta tecnologías "verdes", como lo muestra este "techo verde" en la fotografía. Sin embargo, no se ha puesto atención en el uso de la madera, empleándola siempre con barnices y selladores para prolongar su vida a la intemperie.



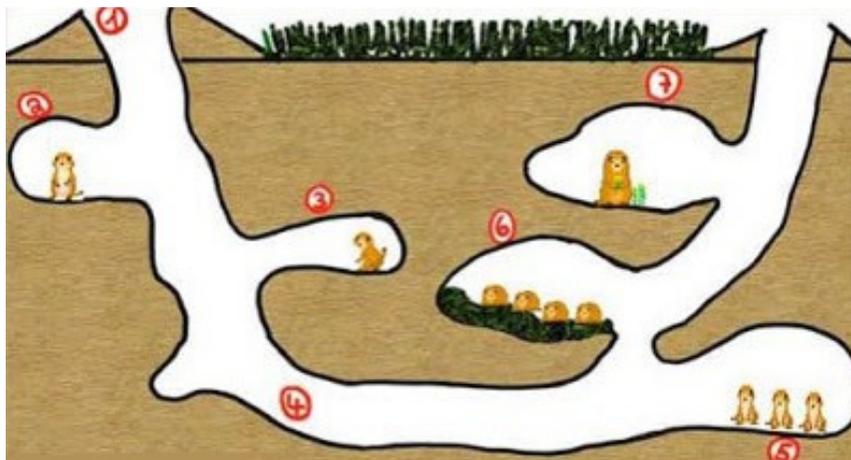
48 Casa de madera

– MADRIGUERA.

En general, los roedores construyen madrigueras para vivir. Especies como las ardillas, conejos, ratas, tejones, nutrias, zorrillos, marmotas, topos y perros de la pradera son algunos ejemplos, aunque caninos como el coyote y el zorro también buscan refugio bajo tierra. No todos construyen madrigueras, algunos ocupan las que otros animales construyeron. Las madrigueras pueden clasificarse de acuerdo al material del que están hechas, básicamente son cuatro los materiales típicos: arena, tierra, rocas o paja.

Una especie particular, el perro de la pradera, es el que construye una madriguera muy interesante, con diversas cámaras para diferentes actividades. Para empezar, con la tierra que sacan al cavar sus túneles forman un montículo que les ayuda a evitar inundaciones en el interior de la madriguera, después el túnel (1) comienza generalmente hacia abajo. La primer cámara tiene una estación de vigilancia (2), por si un intruso los ataca, el vigía da aviso a la manada. Un poco más abajo del puesto vigía se encuentra el baño, aislado de las demás cámaras (3). Luego encontramos una serie de túneles (4) de los cuales sólo uno conduce al cuarto de las crías (5), con lo que pueden estar seguras, incluso de los intrusos. Cerca de este cuarto se encuentran los dormitorios (6), que permiten a las madres estar al pendiente de cualquier ruido de sus crías. Más arriba se encuentra un almacén de comida (7) y luego otra salida al exterior, la cual se utiliza en caso de emergencia para escapar y también sirve para que circule el aire.

La madriguera tiene aproximadamente 3 m de profundidad y 6 m de largo, la profundidad ayuda a que sea fresca (Perrito de la pradera y ardilla Richardson).



49 Madriguera de perrito de la pradera

En este caso, el material empleado en construir su refugio, es el desplazado por él mismo, pero no de manera proporcional, porque al cavar, los roedores van compactando las paredes de los túneles para que no se les vengán abajo, ayudados por las raíces de las plantas.

Normalmente las madrigueras las ocupan varios núcleos familiares, llegan a tener de 20 a 40 habitantes, dependiendo de la especie; tienen de 2 a 3 metros de profundidad y unos 8 m² de extensión. Si se abandona la madriguera, con el tiempo y las lluvias, los huecos se rellenarán de nuevo sin causar daño al medio ambiente, ocasionalmente puede haber hundimientos.

Quizás el máximo representante de esta arquitectura es Javier Senosiain, quien realiza estas obras denominadas por él como "bioarquitectura", el material en que las construye es ferrocemento, el cual no es un material amigable con el medio además de que no es precisamente la técnica empleada en las madrigueras, en donde se "cava", pero el resultado final formal es muy similar y casi toda la casa se encuentra enterrada, generando un microclima que favorece la conservación de la temperatura interior en temporadas extremas de calor o frío. La iluminación se logra a través de ventanas dirigidas al interior de las cavidades, por lo que no son lugares oscuros.



50 Casa orgánica

– ARRECIFE.

El arrecife es una comunidad de individuos en donde se aloja una cuarta parte de todos los seres vivos del mar. Se conocen unas 700 especies de coral, quienes son los principales constructores de este ecosistema.

Los corales son muy sensibles, requieren que la temperatura del agua se mantenga entre los 20 y 28°C y estén cerca de la superficie marítima, ya que necesitan de los rayos del sol para subsistir (menos de 50 m de profundidad), el agua debe ser cristalina para permitir el paso de los rayos solares.



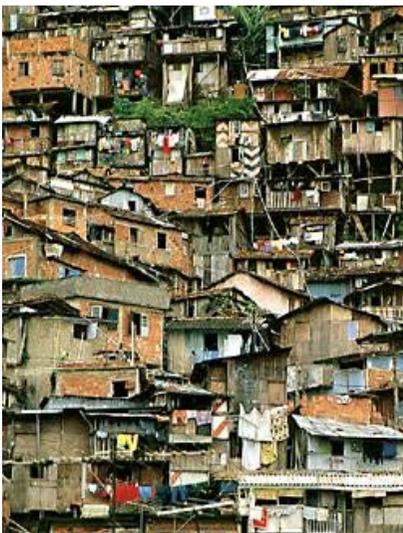
51 Arrecife

El arrecife está compuesto en su mayoría por carbonato de calcio, sedimento que dejan los animales marinos tras su muerte, en conchas y esqueletos. En realidad, son los pólipos los que construyen el arrecife cubriéndose con el carbonato de calcio, construyendo un fuerte exoesqueleto de piedra caliza. El pólipo es un invertebrado muy frágil, que se alimenta de pequeñas algas y una vez que se fija en una superficie firme y forma su coraza, se comienza a reproducir por división, por lo que forma racimos que serán genéticamente idénticos. Existen corales con diferentes formaciones: dedo, tubo, cuerno de ciervo, rosa, cerebro, hongo, bushy y abanico (Ramírez).

Bajo condiciones favorables de temperatura y luz solar y con ayuda de algas calcáreas (las algas proveen de cal que hace de mortero para la construcción de un arrecife), se formarán grandes extensiones que albergarán miles de formas diferentes de vida, corales, peces, moluscos, plantas... todas ligadas, todas dependientes de las demás para vivir.

En teoría, el arrecife puede subsistir por muchos años, pero al cambiar las condiciones climáticas corren un grave peligro; los huracanes también devastan los arrecifes y sobre todo, la actividad humana (The Nature Conservancy).

Los ejemplos de arquitectura similares al arrecife pueden verse desde diversos puntos de vista, ya que no existe algo verdaderamente similar, mas que algunos proyectos conceptuales, desde mi punto de vista poco realizables. Sin embargo, pensando en que el arrecife está formado por individuos que se establecen y comienzan a atraer su material de construcción, pensé en las favelas brasileñas, como una forma de emplear material como lo hace la naturaleza, porque no ocupan sino los materiales convencionales o los desechos de otras construcciones, así como el CO₂ es un material de desecho de otros organismos vivos.



52 Favela

– TRICÓPTEROS .

Los tricópteros son larvas de insectos que durante su etapa larvaria viven en el agua y protegen su frágil cuerpo adhiriéndose pedazos pequeños de material que encuentran en el fondo de los ríos o lagos al cuerpo, creando una especie de funda.

Las larvas secretan una especie de seda por la boca, con la que van adhiriéndose esos sedimentos al cuerpo, con ayuda de sus extremidades, por lo que traen su refugio "portátil". Con esto tratan de evitar ser comidos por los peces de río, pero a veces los ingieren con todo y estuche (pesca en red).

Cuando se transforman en pupas, cierran sus estuches y los adhieren a piedras en el fondo del río o lago y luego de la transformación rompen sus estuches y nadan a la superficie, desde donde volarán hasta las plantas que serán su nuevo hábitat.

Los tricópteros llevan sus refugios consigo una buena etapa de su vida, ya que como adultos viven de una a dos semanas, en huevo permanecen dos o tres semanas y pasan en periodo larvario un año completo.

Algunos ejemplos de este tipo de vivienda lo encontramos en la arquitectura nómada, en la cual existen muchos tipos, dependiendo de la cultura a la que se refiera, tipis, yurtas, iglús y hasta tiendas de campaña actuales.



53 Tricóptero



54 Yurta mongol

Si bien pueden encontrarse similitudes con el estuche del tricóptero, la forma sí difiere mucho, ya que su interior es más amplio y hay que tomar en cuenta que las personas no cargan con su hogar todos los días, aunque eventualmente se pueden desplazar con ellas. En su esencia más pura, el estuche del tricóptero podría equipararse a la ropa que sí traemos puesta todo el día y nos protege, pero de alguna manera, la diferencia es que el tricóptero se adhiere material y forma su refugio.

– ALGUNAS REFLEXIONES.

Si bien, ya se ha mencionado en este documento que la naturaleza es digna de imitarse por varios motivos, entre ellos su millonaria experiencia, sus principios que conducen a la vida, su economía de recursos, etc., la imitación no debe ser una mala copia. Por ejemplo, hoy en día se buscan maneras de captar el CO₂ y emplearlo como bloque de construcción, como lo hacen los corales. El profesor Geoffrey Coates de la Universidad de Cornelius, está haciendo un polímero que fabrica con "limonene", una mezcla carbónica contenida en más de 300 plantas, la mayoría cítricas, con bióxido de carbono (CO₂) y un agente catalizador (Coates, 2004).

El "limonene" se encuentra en la cáscara del cítrico, se usa en la industria mayormente para aromatizar productos. Una vez oxidado, con el catalizador forman un polímero que recibe el nombre de "carbonato de polilimonene", un plástico semejante al poliestireno, el cual combinan con capas de CO₂, formando bloques que son muy resistentes y tienen muchas propiedades mecánicas y plásticas.

Así como esto, el análisis de las diversas formas en que la naturaleza construye nos puede dar pautas interesantes de sistemas alternativos de diseñar y de construir.

Mi interés principal en analizar todas estas formas que encontramos en la naturaleza, especialmente en el reino animal, era buscar pautas que determinaran lo "óptimo" según criterios de las sociedades de animales y buscar coincidencias o mejoras para las nuestras.

Me parece interesante que, según algunos biólogos, la sociedad animal más parecida a la humana es la de las termitas, por su organización social y laboral, por que cultivan sus alimentos, por que emplean la técnica a su servicio. Y creo que en parte debe ser cierto, ya que de los ejemplos que he mostrado, las semejanzas con el termitero fueron uno de los que más ejemplos encontré y eso tomando en cuenta que casi se referían a él por la cuestión de climatización pasiva en países con climas extremos.

Si bien, en la arquitectura el tema de los sistemas pasivos de ahorro de energía, ventilación y la recolección, uso y tratamiento del agua son cada vez más recurrentes, no nos hemos puesto a pensar si la vivienda que necesitamos tiene el tamaño adecuado, si dependiendo el tamaño de la familia el inmueble debería tener posibilidades de modificar su tamaño o si los materiales que usamos son los mejores o si tiene que ser permanente e inmutable.

A continuación presento una tabla en la que refiero algunas cuestiones que creo que pudieran ser interesantes para tomarse en cuenta en lo que nosotros edificamos, como el número de habitantes, el clima, la duración, el tamaño con respecto al individuo de algunas construcciones naturales, para posteriormente compararla con lo que hacemos.

construcción	hormiguero	termitero	colmena	avispero de barro	avispero de papel
habitantes	miles / millones	cientos / millones	cientos / miles	Una reina que pone de 12 a 42 huevecillos y un insecto paralizado.	una reina que pone cerca de cien huevecillos
clima	tropical, templado	tropical, húmedo	variado	variado	variado
configuración	cámaras con túneles helicoidales	torres planas o cónicas	ovaladas	hexagonal esférico	tubular como órgano
estructura	meandro	cavernas	hexagonal compacto	hexagonal compacto	tubos con cámaras
ventilación	por chimeneas	por chimeneas	transversal, para conservar el calor	dan al exterior	dan al exterior
calefacción	en invierno descienden para buscar calor	doble pared	calientan la colmena con la vibración de sus abdómenes	con el sol	con el sol
enfriamiento		orientadas al norte para que sean frescas	no	no	no
material	sin material (escarban) - ellas mismas	lodo, tierra, excremento y saliva	cera que ellas producen	barro	papel
proceso	excavación	mortero	producen la cera en su abdomen, la segregan y la acomodan en hexágonos	amasan lodo y adhieren las esferitas a una pared o rama	mastican madera y con su saliva hacen una especie de papel, con el que construyen paredes delgadas
temporalidad	alta	alta	alta	media, un año, una generación	media, un año, una generación
tamaño / individuo		10,000 veces su tamaño, pero para varios miles (1500)		del tamaño de las larvas, más un insecto que les dejan para alimentarse	del tamaño de las larvas
otros		drenaje, cultivo de hongos para comer			Impermeable

construcción	crisálida	capullo	telaraña	nido de ave	nido de tejedor
habitantes	1	1	1	5 en promedio	desde una pareja hasta 600
clima	cálido, selvas, bosques	cálido, selvas, bosques	variado	variado	caluroso
configuración	caparazón	madeja	espiral, tubular, de hoja, de cúpula y maraña	cuencos	como bolsas
estructura	caparazón anillado	se estructura con tantas vueltas que da la larva	en red	entretrejido de fibras con mortero	tejido de hierba
ventilación	un orificio para que respire la pupa	si	exterior	exterior	si
calefacción	no	externos	no	no, el calor lo provee quien empolla	no
enfriamiento	no	no	no	no	algunos construyen sombrillas
material	quitina	seda	seda	ramas, plumas, barro y hasta excremento de vaca	hierba fresca
proceso	la última muda de la piel oruga descubre este armazón	la larva se enrolla formando un ovillo	secretan la seda y con sus patas la acomodan en la disposición que necesitan	colocan las ramitas y van poniendo el mortero poco a poco, algunas especies lo alisan por dentro u lo cubren con plumas para confort	forman aros y los entretrejen para formar cámaras semiesféricas
temporalidad	baja, dos semanas	baja, 20 días	alta	20 días al empollar, pero se puede usar el año siguiente	alta, varias generaciones
tamaño / individuo	un individuo	un individuo	20 veces el tamaño de la araña	5 veces el tamaño del individuo	5 veces el tamaño del individuo
otros		es un solo hilo	súper resistente		

construcción	embalse	madriguera	arrecife	estuches
habitantes	de 10 a 12	de 20 a 40	miles	1
clima	bosque templado	variado, según la especie	agua entre 20 y 28°C soleada	agua dulce
configuración	cúpulas	cámaras especializadas por actividad	racimos	tubular
estructura	entramado de ramas	túneles y cámaras compactados con ayuda de raíces		aglutina sedimentos
ventilación	por el techo del refugio	dos accesos para circulación de aire	no	no
calefacción	con madera seca	no	no	no
enfriamiento	no	en lo más bajo de la madriguera hay más frescura	no	no
material	madera	sin material (escarban en arena, tierra, rocas o paja)	carbonato de calcio (piedra caliza)	piedras, ramas o lo que encuentren en el fondo de los ríos o peceras
proceso	Con sus dientes cortan troncos y los arrastran por el agua, los enciman y construyen cámaras cuya entrada sólo pueda darse sumergiéndose en el agua.	Los roedores cavan en la tierra, desplazando material, crean montículos que protegen los accesos contra el agua y compactan las paredes con las raíces.	el pólipo se cubre con el carbonato de calcio que dejan conchas y esqueletos y forma una coraza	el tricóptero produce una especie de seda pegajosa que expulsa por la boca y con la ayuda de sus patas va adhiriéndose pequeñas piezas al cuerpo, formando un estuche para protegerse
temporalidad	alta	alta	alta, aunque huracanes, cambios de temperatura o el hombre los destruyen	un año
tamaño / individuo	20 veces su tamaño	12 veces en el caso de la suricata.	grandes extensiones	un individuo
otros	Tienen dos entradas. En temporada de invierno comen la madera.			a veces les ponen piedras preciosas o pedacería de oro y plata y construyen residencias lujosas

En esta tabla podemos ver, con la ayuda de algunos ejemplos, que la naturaleza sólo construye para satisfacer necesidades muy puntuales, para resguardo, para procreación, para alimentación. Los seres humanos construimos desmesuradamente, nuestras construcciones llegan a tener cientos de metros cuadrados cuando que nosotros no ocupamos más de medio, solemos ocupar las edificaciones en grupo, pero también construimos (y es una nueva tendencia en el Distrito Federal) para una sola persona en zonas céntricas donde el terreno es caro.

Hay estudios acerca del hacinamiento, pero aun así seguimos teniendo casas de interés social de 30 m² para familias de 4 integrantes. Además, pocas veces se toman en consideración las variables climáticas, no se orientan las edificaciones para lograr eficientar procesos como ventilación e iluminación, si acaso en edificios corporativos donde estos gastos son representativos, pero no podemos decir lo mismo en el diseño de las construcciones para interés social. Nuestras estructuras son muy rígidas, las de la naturaleza flexibles y aunque ya han cambiado mucho los materiales compuestos como el concreto armado, que es mucho más resistente, no se han respetado otros principios naturales, como respetar los ciclos de los materiales.

La configuración de las edificaciones generalmente es rectangular, y hemos adaptado a ellas mobiliario y equipamiento, sin analizar si es esa configuración la que más nos conviene. Nuestros materiales difícilmente se reincorporan en nuevos ciclos, por lo general terminan en tiraderos donde contaminan erosionando el suelo e impidiendo la vida. Ni hablar de los procesos constructivos donde se sigue usando agua potable para mezclar el concreto y ni hablar de la obtención de la materia prima y su proceso, emitiendo bióxido de carbono para producir la mayoría de los materiales que actualmente usamos en la construcción, desaprovechando la energía solar, la eólica, etc.

Otro gran problema es que todo lo planeamos para que dure por siempre, en un intento de trascender con los objetos y no como personas. Creo que deberíamos aprender más de la naturaleza, replantearnos la forma de hacer arquitectura, evaluar si lo que hacemos respeta ante todo la vida, si optimiza materiales y funciones, si es capaz de repararse, reusarse, reconfigurarse o reciclarse o si usa o reusa materiales reciclados. Habrá que evaluar si es que nuestro diseño emplea manufactura benigna en la producción o extracción de materiales, en su construcción e instalaciones, empleando bajas temperaturas y bajas presiones, utilizando energía libre local, de manera que no se frenen los ciclos de vida. Los materiales deberán pertenecer por lo menos al ecosistema local y no atentar contra la vida de muchas especies de plantas y animales.

Nuestros diseños deben responder a las necesidades de la gente y como tal, de su naturaleza, atendiendo las limitaciones y oportunidades que se presenten, dejándose retroalimentar por los usuarios finales, abriendo canales de comunicación.

Tenemos que seguir aprendiendo de la naturaleza.

iv. LO QUE SE DICE QUE ES LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

Como esta investigación inició en el ramo de la sostenibilidad y la arquitectura, busqué qué era lo que había en la rama de la construcción sostenible y encontré que son ya varios los países que muestran su interés en la construcción sostenible, ya que, como hemos dicho, la industria de la construcción es una de las industrias más contaminantes y depredadoras. En los Estados Unidos representa el consumidor energético más grande de la actividad industrial con el 49%, el 77% de la energía eléctrica y el 46.9% de emisiones de bióxido de carbono del total de ese país, que dicho sea de paso es el mayor consumo del mundo. Esto llama la atención de los medioambientalistas, quienes han definido la construcción sostenible como aquella que:

- se adapta y es respetuosa con su entorno,
- ahorra recursos,
- ahorra energía,
- cuenta con los usuarios (Nieva & Vigil-Escalera del Pozo, 2005).

El primero de estos principios pareciera ser el más importante de todos. Por lo menos en el sector de la construcción es una de las pautas ecológicas que no tienen diferentes interpretaciones, respetar la tierra, el agua, la flora, la fauna, el paisaje, el contexto, parecen obvias razones para cualquier persona que parezca tener un razonable respeto por el planeta en el que vivimos para actuar correctamente, excepto cuando se trata de inversionistas que ven en la tierra sólo un medio para obtener recursos económicos a costa de lo que sea. En segundo lugar considero la necesidad del respeto por la sociedad y la cultura, ya que sin un entorno sano, es probable que la sociedad tenga que emigrar en busca de mejores condiciones de vida. Por último dejo al ahorro de energía, porque en la naturaleza abunda la energía, en muy diversas formas, pero no hay crisis energéticas en ningún ecosistema.

Sin embargo, éste es el punto que más interesa a los involucrados en la industria de la construcción, por no decir que el único, ya que han sido capaces de cometer toda clase de actos reprobables que van desde corrupción de funcionarios, robo de insumos, etc., ya que en ésta industria se manejan grandes cantidades de dinero.

Hay casos documentados en los que empresas constructoras han hecho hallazgos de vestigios arqueológicos en un terreno y han preferido deshacerse de las "evidencias" antes que renunciar a una parte de su terreno y no recibir las ganancias que habían planeado. Y qué otros muchos casos habrá con zonas de reserva ecológica, manglares, costas, montañas, lagos, etc. que no se han documentado, pero que muestran que todavía hay muchísima gente sin escrúpulos que prefiere proteger su dinero que su cultura misma y el respeto a sus antepasados.

Las construcciones ecológicas deben adaptarse pues, a su contexto, a su flora y fauna, a su clima, para hacer del inmueble el de mayor confort para el usuario y para los demás

seres vivos del entorno. La temperatura del lugar y sus variaciones durante todo el año, la cantidad de agua que se precipita en la zona o los ríos o lagos cercanos, el suelo y su fertilidad, el viento, etc. modifican de tal manera los hábitos de las personas, que hay zonas donde los asentamientos humanos son preferidos.

Con el paso del tiempo los asentamientos agrupados en pequeños poblados se han convertido en lugares donde la gente ya no nada más podía conseguir los medios para su supervivencia, sino además, en zonas de comercio, que iniciaron con el paso de caravanas o viajeros por zonas de paso estratégicas que se han convertido ahora en grandes urbes donde convergen miles de actividades económicas, políticas, sociales y culturales, entre otras.

En estas grandes urbes han pasado a segundo plano algunos criterios que en otro tiempo eran primordiales, ahora no importa si hay un río cercano, porque se han construido sistemas de extracción, purificación y abasto de agua para los habitantes de las ciudades, que, aunque no son suficientes, por lo menos proveen a los ciudadanos de lo indispensable para vivir. Esto se comprueba al ver que muchas personas siguen emigrando a las grandes ciudades y dejando el campo abandonado por falta de buenas condiciones de vida.

Las construcciones han sido y seguirán siendo necesarias a lo largo y ancho de cualquier país. Es así, que hay que emplear materiales que causen el menor daño ambiental posible, en las zonas donde el impacto sea también el menor, no sólo que se ahorre energía en su uso o su construcción. Tenemos que pensar en el empleo de materiales que tampoco impacten a la sociedad durante su vida útil ni después de ella.

Estas zonas en que está dividido nuestro país responden a ciertos criterios entre los que destacan la composición de su suelo, la flora y fauna que en él habita y sus condiciones climáticas. Las principales regiones biogeográficas del país son:

- mares
- desiertos
- bosques
- humedales
- selvas húmedas
- selvas secas
- pastizales

En general, son los bosques y las selvas las que nos proveen de los árboles de donde obtenemos la madera para la construcción, de los desiertos y playas obtenemos el vidrio, de las zonas arcillosas la cerámica, la roca está distribuida a lo largo del país.

El término "arquitectura bioclimática" se ha acuñado refiriéndose a aquellas construcciones que ahorran sustancialmente energía en el consumo "normal" de la

vivienda. Esto me lleva a pensar en los criterios de ecoeficiencia, que se quedan cortos, aunque tengan buenas intenciones. Y es que tan sólo las edificaciones en los Estados Unidos emplean el 49% de la energía que se consume en todos los sectores industriales del país (U.S. Energy Information Administration, 2009).

Sin embargo, el ahorro de energía no es suficiente ni representativo en comparación con lo que emplean los materiales que intervienen en una edificación. Se busca cumplir con criterios de ecoeficiencia porque todos ellos repercuten en un ahorro económico, pero no en beneficio del planeta ni de la sociedad. Según el Ecolaboratorio del diario español "El País", el investigador Ignacio Zabalza del Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE), determinó que por cada metro cuadrado de construcción se requieren 2.3 toneladas de materiales. Muchos de ellos no formarán parte de la edificación, por lo que pasan a ser desecho (Álvarez, Ecolaboratorio, 2010).

El diseño bio-lógico va más allá de estos criterios que ya son conocidos. El punto es construir de tal manera que ocupemos los recursos naturales de la misma manera lógica en que la naturaleza lo hace. Los principios naturales no sólo implican el ahorro de energía, sino el principio máximo: preservar la continuidad de la vida. Los principios de construcción sostenible deben tomar en cuenta los materiales que se usan en la construcción, que sean materiales que se adapten y respeten su entorno, pero es lo que las compañías constructoras desdeñan y se dejan llevar por otros criterios, casi siempre económicos. No está mal diseñar pensando en la orientación de los edificios, emplear energías pasivas para calentar, enfriar, iluminar, ventilar, etc., usar ahorradores de energía en equipos, pero no hay que olvidar la preservación de la vida y esto se da en forma cíclica y esto no lo incluye ningún criterio de construcción bioclimática.

Por otro lado, es de hacerse notar lo poco que se piensa en los usuarios al momento de diseñar. Si bien se diseñan los espacios para que quepan muebles de determinadas características, que tengan servicios higiénicos, zonas para preparar los alimentos, de descanso, etc., el proyectista tiene en mente la preocupación de meter todo eso en el menor espacio posible según los reglamentos vigentes, ya que a su jefe le interesa sobremanera vender más casas que vender mejores casas. Tampoco se piensa en el proyecto del día a día en materiales de construcción que no sean los habituales: cemento, arena, grava, tabique, sin evaluar si serán los mejores para las condiciones determinadas del lugar y de la gente que va a habitar las edificaciones y si su ciclo de vida será el adecuado.

Debemos estar conscientes de que los habitantes de las casas que diseña un arquitecto pueden ser muy diferentes a éste y no tener las mismas costumbres y necesidades. También debemos estar conscientes de que el nivel de educación cívica de muchas personas va a ser la causa de su escasa participación en las labores sociales y de preservación de su bien, es decir, la mayoría de las personas que viven en unidades habitacionales, no piensa que si su conjunto habitacional se mantiene con una cierta imagen, limpio, en buen estado de jardines, pintura, etc., su propiedad irá adquiriendo

más valor con el paso del tiempo y que si por el contrario, tira basura, erosiona áreas verdes, cambia la imagen de su casa y altera la imagen del contexto, aunque esté muy a gusto con su casa, irá en detrimento del valor de su propiedad y la de sus vecinos. Y más aún, nadie nunca en su vida, arquitecto o no, piensa en lo que va a ocurrir al término de la vida útil de su vivienda, con una nueva visión donde entienda que quizás no dure para siempre y quizás haya que hacer algo con lo que quede de ella cuando ya no sirva más para los fines para los que se creó ni se le pueda hacer mejoras para darle otro uso y haya que demolerla o simplemente abandonarla.

Se ha dicho que el habitante de un inmueble debería participar en los procesos de diseño para hacer del proyecto algo más adecuado a sus necesidades, pero yo pienso que si no es un usuario comprometido con los intereses de su comunidad, el proyecto seguirá fracasando. Quizás sea necesario diseñar vivienda para y a pesar de sus habitantes cuando de respeto al medio ambiente se trata. Pero eso habrá que legislarlo para que se lleve a cabo de una manera correcta, no opcional.

En la naturaleza existe una organización caótica, que en ocasiones no nos es posible imaginar ni mucho menos imitar. Pero es en ese sistema en el que muchas cosas funcionan correctamente, donde todos los individuos respetan y comparten muchos de los recursos que se les dan, por lo general, todos los seres vivos se alimentan y se nutren sin excesos, por ejemplo, un cactus sólo absorbe el agua que necesitará para sobrevivir en tiempos de sequía, no tiene depósitos para almacenar una reserva que en caso de no requerirse se tire y ya, actuando en perjuicio de otros, puesto que el agua que llegue a tener en la temporada, será compartida por todos los seres vivos de su ecosistema y todos necesitan de los demás para subsistir.

Considero que la construcción bio-lógica será aquella que emplee los materiales de la manera en que lo hace la naturaleza, de lo que ya hemos visto ejemplos en el capítulo anterior, que los ciclos de los materiales sean planeados y considerados un factor de trascendencia, aún y cuando la obra no se preserve por diferentes motivos, que sus materiales sean ocupados con criterios como los que plantearé más adelante, además de los ya existentes y que manejan muchos manuales de arquitectura y construcción sostenible. No se trata de reciclar por reciclar, sino de reciclar racionalmente los materiales para evitar la extracción de material virgen y continuar depredando la naturaleza y por otro lado, disminuir la producción de cascajo, creando un verdadero ciclo.

- **CONSTRUIR MÁS QUE BIOCLIMÁTICO.**

Hablar de arquitectura bioclimática quiere decir implícitamente que la arquitectura “normal” no considera el clima, la orientación, etc. El bioclimatismo debería ser en los proyectos un integrante del mismo, no un ingrediente extra con carácter de opcional.

Aun así, con todas las ventajas del bioclimatismo, no se consideran los materiales de construcción por su ciclo de vida, sino por su eficiencia energética: un muro energéticamente eficiente es uno grueso, independientemente del material de que se trate, da igual si el material es homogéneo o compuesto, lo cual para el ciclo de vida de los materiales sería relevante.

Considerar materiales por su ciclo de vida y aplicar los criterios que dicta la naturaleza no tiene necesariamente que repercutir en un aumento de precios que impacte en el precio final de las viviendas. Pienso que sería todo lo contrario, el empleo de materiales locales y más aún, que se encuentren en el terreno mismo representa ya de entrada un ahorro considerable en materiales de construcción. Lo que sucede es que las empresas nos han metido en la cabeza que si una casa no es de tabiques y cemento se va a caer, pero está demostrado que no es así.

Aunque las ecotecias sí representen un costo inicial que se amortiza con el tiempo, vale la pena invertir en esos equipos siempre y cuando ellos mismos no estén hechos de materiales contaminantes dañinos para el ambiente. Los paneles solares, por ejemplo, pueden traer beneficios al consumo de energía, se pueden dejar de producir muchos KW en plantas generadoras de electricidad, se deja de transportar y representa un ahorro, pero siempre se pasa por alto que el silicio cristalino y el arseniuro de galio del que están hechos, consumen cantidades de energía importantes en su producción y si bien el silicio es inerte y se recupera una buena parte de él, el arseniuro de galio no se recicla al 100%, se dice que se recupera el 40%. Se dice también que un panel solar tiene una vida útil de 25 años y de ellos los tres primeros ahorran la energía que consumió en su fabricación. Pero también se sabe que tan sólo en el 2010, se produjeron en Europa 8,000 toneladas de residuos fotovoltaicos.

Lo que puede llegar a encarecer la obra es, por ejemplo, trabajar con sistemas constructivos diferentes, quizá más lentos o la separación de los residuos de obra por materiales. Los costos pueden ser representativos, pero nunca llegarán a equipararse con el ahorro en materiales y con el ahorro ambiental.

Sin embargo, existen los sistemas pasivos de ahorro de energía, éstos son mucho más económicos que las "ecotecias" y forman parte también de la arquitectura bioclimática. A diferencia de los equipos, los sistemas pasivos recurren a estrategias como la orientación de los espacios, análisis de la incidencia de los rayos solares, la dirección de los vientos dominantes, la precipitación pluvial y otros factores climáticos que se aprovechan sin necesidad de invertir en equipos especiales.

– EL SOL.

El sol es una gran fuente de energía calorífica y luminosa, que para la arquitectura puede representar un aliado para el diseño de una vivienda. Una de sus grandes ventajas es que es gratuita y está disponible prácticamente en todo el mundo, aunque

sólo por unas horas y en algunos lugares sólo por temporadas. Es por eso, que en cada lugar deberán analizarse los recorridos del sol en las distintas épocas del año, pues hay diferencias sustanciales dependiendo de la latitud en que se vaya a ubicar la vivienda.

Pero la energía del sol bien aprovechada en una casa reduciría el consumo de electricidad al tener los focos apagados por más tiempo, por requerir de menor calefacción para su confort. Para ello sólo son necesarias dos cosas: la correcta orientación y un material que almacene el calor o la electricidad, en su caso.

También, para la época más calurosa del año, se requerirá buscar la sombra para evitar el sobrecalentamiento, pero en este caso, también los muros gruesos tienden a mantener la temperatura al interior de las viviendas más fresca. En general, una sola estrategia sirve para mantener la casa a temperatura agradable y es el grosor de sus muros o techos exteriores. Esto parecería contraponerse con criterios de economía, pero como ya se explicó antes, la naturaleza no economiza de la manera en que lo hacemos nosotros.

Algunos materiales tienen gran capacidad de retener calor, que si además ayudamos incrementando los grosores conseguiríamos un confort térmico durante las noches, pero ¿qué sucedería si lográramos también almacenar la electricidad en los muros? Aparentemente una solución la presenta el grafeno, un material basado en el carbono que parece ser capaz, además de estructurar como el acero, de acumular cantidades importantes de energía eléctrica (Universidad de Texas en Austin, 2011). Faltaría ver cómo se comercializaría y explotaría esta propiedad, quizás en un futuro.

El confort térmico también es resultado de las alturas interiores, sabemos que alturas mayores de entresijos favorecen el enfriamiento de las habitaciones, pero en invierno también, así que esto sólo lo definirá la zona geográfica en donde se encuentre la vivienda, siendo una zona de temperaturas medias anuales alta la que requiera los entresijos más altos.

Pero los materiales tienen conductividad térmica diferente, los metales, por ejemplo, tienden a tomar calor muy rápidamente y a perderlo de la misma manera. La madera es más lenta para tomar y perder calor, al igual que la piedra, pero ésta lo retiene durante más tiempo.

Es así que teniendo datos del soleamiento del sitio donde se va a ubicar la edificación, deberíamos seleccionar el mejor material para retener el calor o refrescarse en su interior. De día, al incidir los rayos solares, los materiales de la edificación aumentarán sus temperaturas, acumulando calor. De noche lo liberarán manteniendo una temperatura confortable, dependiendo de la zona, pero también del color y hasta de la textura y el acabado.

Según Brian Edwards, existe una relación entre el color y la absorción (capacidad de absorción de calor) de los materiales y se refleja como sigue:

Color	Absortancia
Muy claro	0.10-0.20
Claro	0.50
Medio	0.80
Oscuro	0.90
Muy oscuro	0.92-0.95

Fuente: Brian Edwards (Edwards, 2004)

En lo que a la textura se refiere, las texturas lisas son las que más reflejan los rayos solares, permitiendo acumular menos calor, al contrario de las superficies rugosas, que lo absorben más. Sin embargo, si miramos los cactus del desierto, como el caso de los órganos (*Pachycereus marginatus*), veremos que su piel es lisa pero la disposición de las costillas proveen de una mayor zona sombreada, que de otra manera sería cercana o mayor al 50% durante el día, lo que indica que las salientes también proveen de protección contra el sol.

De aquí se desprenden otros factores importantes que son los recorridos del sol durante diferentes estaciones del año y por supuesto durante las diferentes horas del día en diferentes puntos del planeta.

Los lugares que experimentan cambios de temperatura bruscos del día a la noche y viceversa, pueden optar por los muros gruesos de materiales de baja transmisión térmica, ya que aunque tarden un poco en absorber el calor, lo conservarán durante muchas horas para que los habitantes no padezcan de las inclemencias del tiempo por las noches y recurran a calefacciones o aires acondicionados, ya que para el caso de enfriar, aunque la temperatura exterior sea alta, los muros y techos no permitirán que se caliente el interior de la vivienda sino hasta tarde, cuando los rayos del sol ya no incidan con tanta fuerza.

También debemos considerar materiales como el vidrio cuando hablamos de confort térmico, ya que permite la incidencia de los rayos solares al interior de las edificaciones, además de que el calor generado queda atrapado en su interior. Del tamaño y disposición de las ventanas dependerá el calor generado en el área, además de la hora y la época del año. La apertura de las ventanas permitirá la salida del calor en caso de requerirse, además de que unas persianas o cortinas harán también su labor en tiempos de calor. Es por eso que las estrategias pasivas de ahorro de energía pueden ir muy de la mano con la correcta aplicación de los materiales.

Para el caso contrario de calentar, el aire juega un papel importante, ya que en su recorrido genera corrientes que favorecen el enfriamiento de las áreas, si es que el aire está fresco, cuando no, la gente prefiere cerrar sus ventanas y recurrir a dispositivos de



55 Pachycereus marginata

enfriamiento artificiales, que causan mucho daño al medio ambiente. Para enfriar se busca en primer lugar evitar la entrada de rayos solares, además de generar circulaciones de aire por la parte superior de las habitaciones, ya que el aire caliente se acumula en ésta, sobre todo por las noches, que es cuando el aire baja su temperatura.

Las cuevas y madrigueras son ejemplos perfectos de enfriamiento, en ellas no inciden los rayos solares y mantienen temperaturas agradables en climas extremos. La altura de las habitaciones juega de nuevo un papel importantísimo en climas extremos, ya que a mayor contenido de aire, cuesta más trabajo cambiar su temperatura. Una buena ventilación traerá además de una mejor temperatura interior, un aire más limpio y sano para sus ocupantes. Dependiendo de la dirección de los vientos dominantes, de la presión y de la hora del día se genera una "ventilación cruzada", que, si la temperatura exterior no es demasiado alta (arriba de 35°C) y relativamente húmeda (arriba del 75%) ayudará a refrescar los espacios interiores.

A esto ayudan también las paredes y los muros verdes, pues proveen de humedad y sombra en las épocas del año en que el calor es más fuerte y en invierno, cuando el forraje disminuye, los pocos rayos del sol pueden pasar con más facilidad. El tipo de vegetación juega un importante papel, ya que de manera natural algunas especies pierden el follaje en invierno. Es por eso que las terrazas, azoteas verdes, muros verdes y demás estrategias se han vuelto tan populares y exitosas, ya que generan microclimas que comparten sus beneficios a los espacios aledaños a ellos.

Según Edwards, también se puede recurrir a la circulación del agua en las edificaciones para regular su temperatura, lo que llaman "enfriamiento latente", que consiste en:

"Si hacemos pasar una corriente de aire seco por una zona húmeda, bien sea por la presencia de vegetación o por la ubicación de fuentes o estanques, el aire se humedecará –con lo que ganará en calidad– y se enfriará, con lo que contribuirá a bajar unos grados la temperatura ambiente" (Edwards, 2004)

Con estos ejemplos sólo pretendo reflexionar lo que las estrategias pasivas logran y que es muy positivo, pero acompañadas de una correcta selección de materiales podrían hacer mucho más, un verdadero ciclo biológico inofensivo.

Continuando con las estrategias pasivas, los arquitectos buscan orientar las edificaciones de manera que el sol en verano no penetre en los espacios, pero de no poder hacerlo con la pura orientación, recurren a salientes, parasoles, vidrios con estampados especiales o polarizados que disminuyan el paso de los rayos solares a los espacios habitados.

Además, se busca que los espacios que producen calor como la cocina, se encuentren en la cara norte, que es la que recibirá menor sol y habitaciones como estancias y

recámaras se orienten al sur. Esto por supuesto que no es siempre factible, pero es bueno que el arquitecto lo sepa para aplicarlo cuando le sea posible.

Respecto a las ventilaciones, en algunas localidades el viento sopla muy poco y las estrategias de ventilación no son efectivas, por lo que se han desarrollado las "chimeneas solares", que aprovechan el movimiento natural del aire para refrescar los espacios. Consisten básicamente en un "tiro" de chimenea, orientado la mayor parte del día en verano (los más calurosos) al sol que además se pinta de negro para provocar que el aire en su interior se caliente y salga al exterior, "jalando" el aire del interior de las construcciones hacia arriba y además deben tener una alimentación de aire fresco, que por lo general se consigue cavando un "pozo" de aire profundo que, al entrar el aire de afuera que probablemente supere los 35°C, tenga capacidad de enfriarlo y lo suministre más fresco a la zona que lo requiera.

- **LOS MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL.**

Los materiales de que dispone el arquitecto el día de hoy pueden provenir de casi cualquier lugar del mundo. Para muchas personas, el ocupar posiciones en la sociedad, el representar a través del lugar donde se vive el estatus de la familia y muchos otros motivos, influyen a tal grado, que las han llevado a desear materiales difíciles de conseguir para provocar un sentimiento de "ser el único" que impone ese determinado material. El ser "único", hace que se levanten envidias de los demás y por consiguiente, la persona que posee eso "único" se siente de alguna manera "superior" a aquellos que no lo poseen. Es complicado en nuestra sociedad actual. En la antigüedad se construía con lo que se tuviera a la mano y es precisamente por ello que esas obras son más ecológicas que las actuales, siguiendo el criterio de construir con materiales regionales y ¡muchas de ellas ya no existen!

De algunos de estos sistemas encontramos vestigios, sobre todo de la construcción con grandes bloques, como las pirámides, pero la mayoría de las de construcción con madera, tierra y paja están completamente destruidas, aunque los arqueólogos han encontrado importantes pruebas de que se construía así. De alguna manera, estos métodos continúan ejecutándose y depende de los habitantes la duración de sus edificaciones.

En la antigüedad, los materiales de construcción empleados eran los que se encontraban en la zona, la pirámide escalonada de Zoser, Egipto, considerada la edificación en piedra más antigua del mundo, está hecha en su totalidad de piedra cortada, pues no se disponía de muchos materiales diversos en la zona, es sabido también que el adobe se ocupaba en muros, pisos y techos, ahora el tabique se ocupa sólo en muros, una de las razones es porque con la llegada del mundo moderno y sus especializaciones, las empresas han diversificado sus productos y han creado un material para cada aplicación, para incrementar sus ventas.

Los materiales regionales son por lógica amables con los ecosistemas. Prácticamente se trata de un "reacomodo" de la topografía del lugar, sin atender contra las plantas o animales que viven a su alrededor, aunque las actividades humanas los ahuyentan de por sí. Así lo hacían los constructores en la antigüedad, pero con las facilidades del transporte hoy en día esto ya no es tan frecuente, además de la valorización que se ha dado a ciertos materiales exóticos: maderas, mármoles, etc., que representan poder y riqueza y son altamente apreciados por algunas personas de clases sociales altas y como tales les gusta exhibirlos en sus casas. Y ha hecho que el abasto de este tipo de materiales que ahora se venden alrededor del mundo, consume montañas enteras o bosques enteros para poder surtir a los exóticos compradores que las pagan bien.

Materiales utilizados en diferentes tipologías constructivas

MATERIAL	CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL		EDIFICIO OBRA FÁBRICA CONVENCIONAL		EDIFICIO ESTRUCTURA HORMIGÓN ARMADO		EDIFICIO DE ACERO Y VIDRIO	
	KG/M ²	%	KG/M ²	%	KG/M ²	%	KG/M ²	%
Obra de tapia	920,0	94,7						
Obra fábrica	25,2	2,6	349,0	38,4	389,0	34,7		
Mortero cal	13,1	1,3						
Madera	12,0	1,2	5,2	0,6	1,6	0,1	27,5	8,2
Vidrio	0,7	0,2	2,0	0,2	1,6	0,1	28,3	8,4
Hormigón			539,0	59,3	711,0	63,6	153,0	45,5
Metales			12,2	1,3	16,0	1,4	25,5	7,6
Plásticos			1,6	0,2	0,8	0,1	0,6	0,2
Pétreos							85,0	25,3
Lana de roca							4,8	1,4
Cartón-yeso							11,3	3,4
TOTAL	971,0	100	909,0	100	1.120,0	100	336,0	100

Fuente: Guía para la construcción Sostenible (Nieva & Vigil-Escalera del Pozo, 2005).

Se ha hecho de la arquitectura que emplea los materiales de la región un distintivo que la denomina "vernácula" lo que ha creado cierto folklor alrededor de estos proyectos, pareciera lo mismo que sucede con los productos industriales y las artesanías: aquellos se ven como reflejo de la modernidad y éstas como algo tradicional, una curiosidad y hasta un detalle *kitsch*. La arquitectura vernácula se ha encarecido, se ha convertido en una "curiosidad", en algo que muchos pobladores hacen para atraer turistas y fotógrafos, pero no saben lo que en realidad representa para el medio ambiente, para la sociedad y su economía una construcción de ese tipo.

Si se analizaran los materiales que se utilizaron en la construcción ¿se añadirían otras 57 toneladas de CO₂! Estas 57 toneladas supondrían el 4,1% del total de emisiones generadas por la casa a lo largo de 50 años y a pesar de ser tan representativas, no se toman en cuenta para la normatividad (Álvarez, 2010).

Hoy en día las edificaciones se han homologado. Para bien o para mal, hay un reglamento de construcción en el cual se definen normas y parámetros para la construcción de espacios para las actividades humanas. Existen también guías de edificación, como la que propone el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) con apoyo del Ministerio del Medio Ambiente de España, que por desgracia no son de carácter obligatorio, pero sirven de apoyo a los proyectistas. En ella se afirma que solamente la construcción y mantenimiento de edificios consume el 40% de los materiales empleados en la Unión Europea (Nieva & Vigil-Escalera del Pozo, 2005).

Sin embargo, esto no impide a cualquier persona el consumo de materiales de importación, no sólo para sus hogares, sino su vestimenta o comida, a menos de que esté informada y educada, con lo cual decidirá responsablemente su compra. Si bien no se trata de satanizar el empleo de los materiales de construcción que usamos en la actualidad, se trata de hacer conciencia del impacto que tienen sobre el medio ambiente y la salud humana.

En primer lugar, debido al uso del cemento, la madera, la cerámica y otros materiales, hay montañas, bosques, manglares, lagos, ríos, etc., que están siendo sobrexplotados, ya que lo que se extrae de ellos la naturaleza por sí sola no puede reponerlo. Por ello, conviene desde el momento de diseñar, pensar que los materiales a emplear sean renovables, como la madera, pero con una reforestación permanente.

Impacto ambiental de los principales materiales de construcción

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

Según el Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: Guía para la construcción Sostenible (Nieva & Vigil-Escalera del Pozo, 2005).

También el uso de la energía tiene un significado primordial. La construcción podría emplear menos energía en el traslado de los materiales si fueran de la región, con lo que se disminuiría considerablemente la producción de bióxido de carbono. En el país existen muchas plantas productoras de cemento, que obtienen la materia prima de regiones como Ensenada (Baja California), Tepeaca (Puebla), Hermosillo, Campana y Yaqui (Sonora), Torreón y Ramos Arizpe (Coahuila), Monterrey (Nuevo León), Cerritos, Tamuín y Ciudad Valles (San Luis Potosí), Guadalajara y Zapotiltic (Jalisco), Atotonilco y Huichapan (Hidalgo), Barrientos y Apaxco (Estado de México), Mérida (Yucatán), Apazapan y Orizaba (Veracruz), Tepetzingo (Morelos), Acapulco (Guerrero), Macuspana (Tabasco), Tecomán (Colima). Ahora bien, en México los materiales de construcción que abundan en muchas más regiones a lo largo y ancho del país son la arcilla, la piedra (volcánica, laja, mármol, granito, pizarra), la arena, la grava, la cal, la madera, así que quizás podrían sustituir una buena parte del concreto funcionando como carga, pero el problema es que los sistemas constructivos con cimbras metálicas que permite la fabricación masiva de casitas de interés social quizás no estén interesados en ello, pero el planeta y sus supervivientes habitantes lo agradecerían.

Materiales peligrosos para la salud		
MATERIAL	USOS	IMPACTOS SOBRE LA SALUD
Asbesto	Tableros y placas de fibrocemento. Tratamientos superficiales. Aislamientos. Tuberías	Contacto directo al desprenderse fibras o en caso de incendio Asbestosis. Cáncer de pulmón. Cáncer de peritoneo o de pleura
Plomo	Cubierta. Instalaciones eléctricas. Tuberías. Soldaduras. Pinturas	Ingestión, inhalación, absorción a través de la piel Veneno que se acumula en el organismo
Protección de la madera	Tratamiento de protección, insecticidas y fungicidas	Humos irritantes y tóxicos Cancerígeno
Plásticos	Los más peligrosos serían los volátiles: PVC, el formaldehído y los ftalatos de esteres	Ingestión o inhalación
Fibras minerales	Aislamiento de cubiertas, fachadas y tubos	Enfermedades en los ojos, irritaciones en la piel, problemas respiratorios e incluso cáncer de pulmón

Fuente: Guía para la construcción Sostenible (Nieva & Vigil-Escalera del Pozo, 2005).

El planeta se ha convertido en una gran mina, como lo menciona Fernando Pla, de ella se extraen al año a nivel mundial las cantidades siguientes:

	mineral	producción en miles de toneladas
metales	hierro	960,000
	aluminio	18,000
	cobre	8,920
	magnesio	8,600
	zinc	7,300
	chromo	3,784
	plomo	3,350
	níquel	949
	estaño	216
	molibdeno	114
	titanio	102
	plata	15
	mercurio	6
	metales del grupo del platino	0.3
oro	0.2	
no metales	pedra	11,000,000
	arena y grava	9,000,000
	arcilla	500,000
	sal	191,000
	roca fosfata	166,350
	cal	135,300
	yeso	99,000
	carbonato sódico	32,000
	potasa	28,125
	carbones	turba
lignito		1,500,000
hullas y antracitas		3,500,000
hidrocarburos	petróleo	3,000,000
	gas natural m ³	1,900,000
	TOTAL APROXIMADO	30,000,000

Fuente: Fernando Pla, op. Cit. Y John E. Young. "la tierra convertida en una gran mina", en *La Tierra en 1991*, Washington, Worldwatch Institute, 1992.

Además, hay materiales que a la misma naturaleza le toma muchos años producir, por ello son escasos y eso los vuelve muy preciados y muy caros, tal es el caso de muchas maderas tropicales, de minerales como la bauxita (que se obtiene también de selvas

tropicales y se requiere para la producción de aluminio), de la seda, del marfil, del coral, etc.

Si durante la construcción y la vida útil de la edificación se gasta poca energía, el sector entero tendrá indicadores ambientales menos negativos. Si por el contrario, se emplean materiales como los plásticos o los metales (especialmente el aluminio) el indicador seguirá siendo alto, ya que necesitan un gran consumo de energía para su producción, además de la alta emisión de clorofluorocarbonos (CFC).

El día de hoy, debido al adelgazamiento de la capa de ozono provocada por los CFC's, la industria del plástico ha tomado algunas medidas que reducen la emisión de estos en pinturas, aerosoles y algunos productos plásticos como los espumados, que anteriormente requerían de los CFC's para su aplicación. También es conocido ya el efecto que producen las tuberías de PVC al estar en contacto con el agua, ya que libera dioxinas y furanos que pueden ser dañinos a la salud. En la arquitectura se tomó la medida de prohibir su uso en tuberías de agua potable, sin embargo, se emplea en tuberías de desagüe, con lo que de cualquier manera se contamina el agua.

Otra consideración que ha de tomarse es lo que sucederá al terminar su vida útil, el material deberá tener la posibilidad de reintegrarse a un nuevo ciclo o si permanece tal cual es, no deberá atentar contra el ecosistema que lo rodea, no erosionar el suelo, no emitir ningún tipo de gas, no alejar de él la vida silvestre.

Una solución probable, es la reutilización de sus materiales para otro uso, o bien, el reciclaje, preferentemente en procesos que no consuman mucha energía o agua ni requieran un alto porcentaje de material virgen para su producción.

Hay materiales que terminan en tiraderos causando además de un pésimo impacto visual, una erosión al terreno que ahuyenta a muchas especies de animales (insectos, mamíferos) que ya no encuentran el alimento que les proveía el suelo que ha quedado cubierto de escombros. Una clave para evitar esta situación es la correcta separación de residuos. La madera, la chatarra de metal y hasta la cerámica pueden ser reutilizadas y bajar considerablemente el volumen de cascajo vertido en campos y bosques.

La reutilización de los materiales de construcción producto de la obra y de la demolición de una edificación puede ayudar a disminuir el impacto ambiental. Por difícil que parezca, hay que tomar cartas en el asunto y convencer a los trabajadores de la construcción para que colaboren con una buena y correcta separación de residuos. Sin embargo, el proyectista tiene parte de culpa al especificar una serie de sistemas constructivos complejos y acabados que complican la separación de los residuos, por lo que desde el momento de proyectar, se deberían tomar estas consideraciones y no sólo desde el momento de proyectar, sino desde el momento de formar a los arquitectos, puesto que nadie da lo que no tiene.

Por ejemplo, el ingeniero Zabalza, citado por el ecolaboratorio de "El País", comenta que desde la manera en que son colocados los ladrillos, estamos favoreciendo o entorpeciendo su reúso. Por otro lado, también la ubicación de las edificaciones puede tener impactos positivos en el gasto de energía: si una edificación requiere que los habitantes se desplacen de su casa a su trabajo grandes distancias, impactará negativamente a la emisión de contaminantes, ya que según el investigador, la movilidad "supone el 50% de impacto del ciclo de vida de esa construcción" (Álvarez, 2010).

Parece un poco exagerado, pero hay que recordar que el impacto de un edificio debe abarcar todo, hasta el aire que desplaza y las corrientes que se generan por estar ubicado en cierto punto. Es así, que se trata de pensar en qué es lo verdaderamente "ecológico", porque sólo se están viendo pocos aspectos, generalmente los que conviene a los constructores para lograr las certificaciones.

Por otro lado, remodelar casas habitación puede ser considerado valioso desde el punto de vista de ahorro de energía (por ejemplo, cuando se les instalan aislamientos térmicos orgánicos), desde el punto de vista social, por requerir mano de obra y generar empleo, y económico porque aumenta su valor. Pero esto sólo sería válido siempre y cuando existan criterios de selección de materiales, reúso y correcta separación de los materiales de desecho. El mismo Zabalza dice que "remodelar un edificio supone un ahorro energético del 60% respecto a su derribo para volver a construirlo" (Álvarez, 2010).

En resumen, al seleccionar un material para construcción debemos tomar en cuenta:

- cómo afecta a los ecosistemas la extracción de la materia prima.
- la cantidad de energía que requiere la producción del material, así como los residuos y gases que se generan.
- La cantidad de energía y las emisiones de CO₂ que se requieren para su transportación desde su lugar de origen.
- La optimización del material y la cantidad de desperdicios que se generan en la obra misma, así como que en su aplicación no se ponga en riesgo la salud humana ni la de otros seres vivos (animales y plantas).
- El destino de los sobrantes de la obra, con su correcta separación.
- El destino final de los materiales producto de la demolición al final de la vida útil de la edificación, así como la energía requerida para la demolición, con sus consecuentes emisiones.
- La transformación del medio ambiente al final del ciclo, ya que es probable que haya causado el deterioro del lugar, destruyendo su flora, ahuyentando a su fauna, acabando con especies endémicas.

Existen muchos programas computacionales que auxilian al arquitecto o constructor a tomar las decisiones respecto a los materiales que conviene usar, como GABY, Simapro 6, etc. Analizan el efecto invernadero, ozono, acidificación del suelo, eutrofización del agua, contaminación atmosférica (partículas suspendidas), contaminación del suelo y del agua por metales pesados y pesticidas, consumo de energía y producción de residuos sólidos. Estos programas pueden ser de gran utilidad empleando los criterios correctos.

- **EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS EN MÉXICO.**

Acotaré mis investigaciones en lo que sucede en el país, ya que es una realidad que tiene un problemática particular que podríamos comenzar a revertir.

La Dra. Cristina Cortinas, bióloga experta en temas ambientales específicamente en los que conciernen a los residuos, explica en una entrevista del INEGI que: "todo residuo está dotado de propiedades físicas, químicas o biológicas que les hacen comportarse en la naturaleza de maneras diferentes, y cuando se depositan o vierten en sitios vulnerables o sensibles –en condiciones inadecuadas y/o en grandes cantidades– pueden llegar a ocasionar problemas ambientales. Por lo anterior, se considera que no hay residuos inocuos desde la perspectiva ambiental, aun cuando pueda haber residuos inertes que no reaccionan con otros materiales, como los de la construcción o de la demolición, los cuales por su gran volumen, peso y masa, ocupan espacios considerables e interfieren con procesos naturales al depositarse en suelos o en cuerpos de agua" (INEGI, 2001).

Según la Dra. Cortinas, los residuos de la construcción se consideran peligrosos (RP) por afectar el ecosistema aunque sea de forma pasiva. El depósito de escombros en cualquier terreno, trae consigo la erosión de la tierra al no permitir que los rayos del sol puedan llegar a los organismos vivos que dependen de ella para crecer, específicamente las plantas, que no pueden obtener nutrientes de entre los escombros y quedan sepultadas debajo de ellos. Entonces, el suelo a largo plazo se convierte en un tiradero de cascajo sin vida. En el caso de ríos o lugares con agua, los escombros pueden llegar a desplazar una cantidad importante de agua, cambiar el cauce o hasta provocar que los seres vivos que tenían su alimento en el fondo del acuífero, no tengan acceso a él y perezcan o huyan en busca de alimento. Pueden incluso cambiar la temperatura y el caudal del agua provocando la aparición de lirios u otras plagas que afectan a lagos y ríos.

El plan nacional de desarrollo 2007 del gobierno pasado presidido por el Lic. Felipe Calderón, menciona que: "Cada año se generan en México alrededor de 40 millones de toneladas de residuos, de las cuales, 35.3 millones corresponden a residuos sólidos urbanos (RSU) y se estima que entre 5 y 6 millones de toneladas a residuos peligrosos (RP). La problemática asociada con los RP presenta dos grandes líneas: por un lado, la que se refiere a la presencia de sitios ya contaminados que requieren una solución; y por

otro, la que se orienta a prevenir la contaminación proveniente de las fuentes en operación que los generan. La disposición inadecuada de los residuos peligrosos provoca diferentes afectaciones a los ecosistemas. En el año 2004 se identificaron en el país 297 sitios contaminados con RP, de los cuales 119 fueron caracterizados y 12 se encuentran en proceso de rehabilitación” (Presidencia de la República, 2007).

Esto significa que la generación de residuos peligrosos crece sin control y muchos se depositan de manera incontrolada.

Por su parte, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), estima que tan sólo en el D. F. se vierten entre 3.5 y 5 toneladas de escombros en lotes baldíos, zonas federales como barrancas, ríos, parques, etc. El Instituto Nacional de Ecología (INE), dependiente de la SEMARNAT, emitió en el 2003 una ley general para la prevención y gestión integral de residuos (LGPGIR), en donde clasifica como residuos de manejo especial, entre otros a:

- ↗ Servicios de salud
- ↗ Servicios de transporte
- ↗ Plantas de tratamiento de aguas residuales
- ↗ Tiendas departamentales o centros comerciales, generados en alto volumen, e
- ↗ Industria de la construcción

Al 2005, la generación de residuos de manejo especial correspondiente a los residuos de la construcción tuvo una producción media de 13,130 toneladas al día (Aveday, 2006). Esos residuos provienen principalmente de las obras para vivienda, comercios, industria e infraestructura. El mismo autor citado, Aveday, nos indica que es en donde más material para reciclar se encuentra, ya que encontramos adocretos, arcillas, tabiques, ladrillos, mampostería, concreto armado, fresado de carpeta asfáltica, etc.

Con esa generación de residuos, se hace necesario e indispensable pensar en la reutilización de esos materiales, pero por desgracia existe en nuestro país sólo una empresa que se dedica al reciclado del escombros: Concretos Reciclados, S.A. de C. V., fundada hace más de 35 años. Esta empresa tiene la capacidad de recibir 4,000 toneladas de escombros al día, las cuales transforma en grava apta para carpeta asfáltica en frío. Sin embargo, aunque es un gran avance, esta empresa no tiene la capacidad de procesar las más de 13,000 toneladas que se producen al día.

Otro de los problemas que se presenta relacionado a los residuos que muy pocas personas advierten es el de la mancha urbana, que ha crecido a razón de 15% en tres años, según un estudio del doctor Luis Zambrano González, del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

El crecimiento de la mancha urbana afecta directamente al medio ambiente, pues destruye ecosistemas y reduce áreas de cultivo, además de impedir el paso del agua a los mantos freáticos. El Dr. Zambrano aseguró que en la delegación Tláhuac hay zonas que registran hundimientos anuales de 70 cm.

La naturaleza no trabaja así. Para empezar, no se puede hablar de un crecimiento de la naturaleza, porque eso significaría la reducción de alguna otra cosa, en la naturaleza todo está balanceado y si hay algo que necesita RECUPERARSE son las áreas naturales.

Al ser las áreas naturales las que traen beneficios al planeta y a sus habitantes, me he enfocado a tomar sus ejemplos para que los procesos de diseño arquitectónico imiten y respeten los procesos de la naturaleza. Y esto, me he dado cuenta de que no es tan difícil si se tiene una formación profesional consciente, interés y respeto por los ecosistemas, por la gente y por la economía, porque si bien, se ha dicho que lo ecológico cuesta más y quizás sea cierto en un corto plazo, al mirar en el horizonte temporal, no hay nada más redituable que vivir en un planeta sano.

Cuando razonamos el verbo "vivir" del latín *vivĕre*, definido por la Real Academia Española como "tener vida, habitar o morar en un lugar o país", es que encontramos el sentido de lo que hacemos en este planeta, pero creo que deberíamos pensar más en "convivir", que es vivir en compañía de otro u otros (humanos y especies), cohabitar (Real Academia Española, 2001).

Como seres humanos, pertenecemos a un planeta en el cual ningún ser, por diminuto que sea, está sólo por casualidad. Todos tenemos una función, todos convivimos y necesitamos de los demás, así como otros seres nos necesitan a nosotros.

Estamos en constante cambio, en movimiento. Muchos seres vivos en la naturaleza no tiene esa capacidad de la que nosotros gozamos. Muchos más no tienen la oportunidad de modificar su entorno o de hacer siquiera un pequeño cambio en sus hábitos, muchos se rigen totalmente por leyes naturales. Los seres humanos hemos creado nuestras propias leyes y hemos ponderado muchos criterios (como los económicos) por encima de todos los demás, cuando lo que deberíamos ponderar es la vida y su preservación por sobre todas las cosas.

Con esta investigación invito a hacer una reflexión que ubique al arquitecto en un plano donde evalúe la pertinencia de emplear criterios más responsables con el medio ambiente en cuanto a la selección de materiales para sus diseños y así, esté plenamente consciente del beneficio que generará a largo plazo, para las generaciones venideras.

Y no sólo es quedarnos ahí, sino que el diseño arquitectónico desde su concepción, tenga claro el destino de los materiales y su posible reutilización, es decir:

- que en el proceso de diseño arquitectónico, sea el instrumento bio-lógico el que determine la selección de materiales, tomando en cuenta la sociedad, la cultura, la biología y la economía.
- Que el diseño arquitectónico sea el regulador racional de la utilización de los materiales, así como el que determine su reutilización, con la creación de nuevos sistemas "deconstructivos" y a su vez "constructivos con material cíclico".
- Que el diseño arquitectónico sea el autor intelectual de la incorporación de materiales nuevos y de reuso.
- Que el diseño arquitectónico incorpore y de las pautas de nuevos sistemas de "deconstrucción".

No se trata de que los materiales duren para siempre en su mismo estado, pero sí que extraiga el mayor potencial de ellos por medio del diseño arquitectónico, es decir, tratar de terminar con paradigmas de la especificidad de los materiales para tener un uso versátil de los mismos, de acuerdo con la cultura, experiencias, significados, etc. de los usuarios o habitantes de los espacios.

La reutilización de los materiales dependerá del significado que les imprimimos a los mismos, y esto dependerá de las circunstancias sociales (culturales), económicas y ecológicas. Entre más significados les demos a los materiales, su reutilización o su ciclo será más variable, no desechándolos, porque se podrían ocupar en otra cosa.

v. CICLICIDAD Y ARQUITECTURA ¿ANTAGÓNICOS?

El diseño arquitectónico, que supuestamente busca proveer al ser humano de los bienes que mejoren su existir, debería tener los mismos principios que la biología, entendida como una ciencia que estudia y debería promover la preservación de la vida. Ciclicidad y arquitectura parecieran ser dos palabras que designan beneficios para la humanidad, pero por desgracia, parecieran estar caminando por rumbos diferentes.

La arquitectura, por su parte, se fundamenta en lograr el bienestar del ser humano, tratando de ofrecer bienes (tangibles e intangibles) que solucionen las necesidades de las personas. Pero por desgracia, se ha perdido ese objetivo, dado que entran en juego las constructoras que sólo ven el beneficio económico para ellas mismas.

No es la arquitectura la que está necesariamente equivocada, sino que es parte de un proceso en el que no todos los actores tienen los mismos objetivos, pongo un ejemplo: una empresa decide construir un conjunto de viviendas de interés social; la vivienda es un bien necesario y supervalorado en nuestro país, así que el proyecto pretende dotar de miles de viviendas a gente necesitada. El arquitecto hace lo que le toca: acomoda en unos 30 m² lo que se supone debe ser una vivienda para 4 personas: proyecta algunos sistemas de ahorro de energía (calentadores solares, por ejemplo) y la empresa buscará que alguna institución le ponga el sello de "vivienda verde", con lo cual hasta el gobierno a través de sus instituciones crediticias, dará más apoyos a sus compradores. El arquitecto acepta el reto, logrando una propuesta aceptable. El empresario está satisfecho porque podrá llevar a cabo sus planes, construye en un espacio mínimo el máximo de viviendas, con la mínima cantidad y calidad de materiales y vende cada una de ellas en un precio elevadísimo (comparado con lo que le costó construirlas, promocionarlas y venderlas) y obtiene grandes ganancias.

Si lo vemos desde un determinado punto de vista, esa acción podría ser sostenible argumentando que hubo un beneficio social al dotar de vivienda a una gran cantidad de familias, hubo trabajo para muchas personas y qué decir de una importante inversión que fue recuperada con creces, además de que las casas tienen sistemas de ahorro de energía... pero la realidad es muy diferente. Por desgracia, el beneficio social no se percibe por el hacinamiento en el que viven las familias, vemos con tristeza en repetidas ocasiones, que las personas pasan la mayoría del tiempo fuera de sus casas, entregados al ocio y terminan ejerciendo acciones vandálicas, que deprecian rápidamente el valor de sus viviendas, quedando muchas en el abandono total.

Por otro lado, el beneficio económico fue para una sola persona: la empresa, que ni siquiera a sus empleados mal pagados les comparte del beneficio de sus utilidades, la mayoría de estos beneficios quedan en manos de los socios, accionistas o los directores de las mismas o incluso algunos políticos y funcionarios. Muchas empresas ni siquiera son del país, con lo que las ganancias muchas veces no se quedan ni siquiera en el interior de la nación, ni benefician, en este caso a los mexicanos.

Y la parte ecológica ni se diga: creen que por emplear alguna tecnología para ahorrar energía, están actuando de acuerdo con la ecología; pero ni el predio que se está empleando, que pudo haber acabado con varias especies vegetales y animales, ni los materiales de construcción, ni los sistemas constructivos, ni el llevar los servicios de agua, drenaje, electricidad, etc. cumplen con los mínimos requisitos de no afectación al medio ambiente. Creen que por dejar un poco de área jardinada están cumpliendo con el imperativo ecológico, porque así lo indica el reglamento de construcción.

Pero nada más falso y tergiversado: lo sostenible no se encuentra ahí y no quiere decir que no pueda aplicarse al diseño arquitectónico o que esté dissociado de él, simplemente, de manera tramposa algunos y otros simplemente por ignorancia, han interpretado la sostenibilidad como les ha convenido o como han podido.

Aun así, yo sostengo que el diseño puede y debe ser regido por los principios que marca la lógica de la vida (bio-lógica) y son: que el mismo ser humano es parte de la naturaleza y respetarla es respetarse a sí mismo, cuidar los ecosistemas redundará en preservar las condiciones que le permiten vivir, podemos prescindir de la economía y hasta de la sociedad, pero si dañamos a la ecología dañamos al hombre mismo y a su subsistencia.

La arquitectura, como ya se ha mencionado, es una actividad creadora, cuya enseñanza se basa en la adquisición de conocimientos y en el desarrollo de habilidades a partir de algunas aptitudes que la mayoría de los aspirantes poseen o buscan poseer. La enseñanza de los diversos campos del diseño, busca primordialmente detonar la capacidad creativa del estudiante a través de técnicas de desarrollo de la creatividad, inventiva o innovación. Va dotándole con el paso del tiempo, de las herramientas con las que podrá ejercer a la perfección -presumiblemente- sus habilidades y poder representar, por ejemplo, el espacio que pretende diseñar de modo físico o virtual, simulando, en ocasiones el recorrido del sol por su obra para ver las proyecciones de sombras en cualquier época del año y otras destrezas más. También como parte de su formación aprenderán a administrar una obra, a calcular estructuras o las cantidades de cemento, grava y arena para un colado de una losa. Aprenderán contextos, historia y teorías de arquitectura, y quizás por ahí alguien les hable de ecología, "casas verdes", "ecotecnias", etc. Con ello, desarrollan una serie de destrezas que van a dar como resultado la valoración del trabajo del arquitecto en mayor o menor grado según sea el grado de perfección en la ejecución de su creación. Para algunas personas será la rapidez con que realiza una obra, para otros el placer estético que experimentan con ella o la funcionalidad de los espacios diseñados, pero nadie se maravilla tanto con las obras respetuosas del medio ambiente como con las majestuosas, osadas exploraciones de formas y materiales, frutos todos ellos de la creatividad.

Mucho se ha hablado respecto de la creatividad. Algunas personas piensan que se nace con esa cualidad, aunque muchas otras más afirman que se aprende y tan es así, que han desarrollado técnicas para detonar la creatividad. También hay decenas de definiciones, que sean cuales fueren, dan a la creatividad un lugar privilegiado en las



56 Chanel Mobile Art Pavilion
Zaha Hadid

actividades creadoras. Es el atributo que más se valora, ya que presenta las más diversas y osadas soluciones a un problema específico. Arquitectos como Zaha Hadid, por ejemplo, proyectan soluciones a los espacios explotando su creatividad estética y formal y es de las más valoradas y reconocidas en el mundo, aunque es una valoración puramente estética, ni funcional ni estructural. Sin embargo, existen muchos arquitectos cuyos diseños son más que formas bonitas. Por ejemplo, el ingeniero Calatrava da soluciones atrevidas de los espacios y las estructuras, donde sus formas invitan al usuario o espectador de sus obras a disfrutar sus audaces soluciones casi orgánicas y valorarlo como uno de los mejores arquitectos del mundo. Calatrava, a diferencia de Hadid, tiene más obras construidas por proyectar, a partir de una estructura, su solución espacial y funcional, su arquitectura es, por así decirlo, más real y realizable que la de Hadid. Además, Santiago Calatrava se inspira en formas de la naturaleza para la proyección de muchas de sus obras y esto le ha dado un carácter muy especial a su trabajo.



57 Torso
Santiago Calatrava

Sin embargo, pocos conocen a algún arquitecto que se haya hecho de renombre por sus obras ecológicas. Los más llegan a incorporar ecotecnias o sistemas pasivos de ahorro de energía en ellas, sin ser necesariamente lo más adecuado para el medio ambiente, aunque sí para la economía del edificio, un ejemplo de ello es la casa SustenHOME del despacho Biomah de Raúl Huitrón, que hace alarde de ser "sustentable" y dice que analizan los materiales, pero tienen celdas fotovoltaicas, en sus paredes tiene un material aislante llamado durafoil, un polímero compuesto de aluminio, fibras y papel unidos por adhesivos que creo que serán casi imposibles de reciclar, reutilizar o de incorporar a otro ciclo.

El despacho de Picciotto arquitectos, hace alarde de ser un creador de arquitectura sustentable, de llevar 20 años haciendo arquitectura verde, sin embargo, sólo analizan el consumo energético del edificio en uso, el consumo de materiales; en su página mencionan cinco criterios:

1. Optimizar los recursos materiales
2. Optimizar el consumo energético y hacer uso de energías renovables
3. Minimizar los residuos y las emisiones del edificio
4. Minimizar el mantenimiento del edificio
5. Maximizar el confort de los usuarios

Aunque manejan varios niveles de sostenibilidad, en ninguno mencionan el uso de los materiales de manera responsable, aunque mencionan su extracción y su reciclaje, pero sólo para hacer un balance energético global.

Ken Yeang, por su parte, quien ha inspirado a Picciotto y a Huitrón, habla de tres niveles de integración de la arquitectura con su entorno: físico, sistémico y temporal. Él por lo menos reconoce que la arquitectura no ha logrado esta integración, pero dice intentarlo

en sus proyectos. La realidad es que incorpora diversas ecotecnias y fachadas verdes a rascacielos de concreto, por lo que su teoría y su práctica son inconsistentes.

Norman Foster, por su lado, tiene varios proyectos que cataloga como verdes, sin que se muestre su preocupación por emplear los materiales más adecuados, se nota en el uso generoso de concreto y vidrio sin importar el sitio donde la obra se localice, se nota cierta preocupación por el uso eficiente de la energía, pero no por los materiales.

Xome arquitectos recientemente lanzó una propuesta de casa-habitación llamada SNCE (Sustainable Nucleus in Constant Evolution 'Núcleo Sustentable en Constante Evolución') la cual presentan como un proyecto amigable con el medio ambiente, pues piensan crear biocombustible con el bióxido de carbono que captan sus muros verdes, construirán con acero y vidrio, lo que puede ser buena alternativa bio-lógica (si piensan que duren los suficiente), pero lo que no logran resolver es la incorporación de paneles solares, que son en sí mismos altamente contaminantes. Así encontramos muchas buenas ideas que no contienen en sí un verdadero pensamiento bio-lógico, resuelven una o varias cuestiones con criterios económicos o ecoeficientes mas no bio-lógicos.

El punto es que el respeto por el medio ambiente o el uso de materiales cíclicos apenas empieza a tomar importancia alrededor del orbe. Quizás la escasez de recursos nos vaya a orillar a que cada vez adquiera más relevancia sobre todo en algunos años venideros. Yo creo que hay que entender la arquitectura con los mismos principios de la naturaleza y así diseñarla, si la naturaleza se rige por ciclos ¿por qué la arquitectura no?

○ LA TRASCENDENCIA.

Observo que dentro de todos los rubros concernientes a la arquitectura, hay una cosa que los estudiantes desean y los profesionales practican, los primeros tal vez por integrarse al gremio de los arquitectos, o por la misma naturaleza humana por lo que la desean los segundos: "TRASCENDER".

La trascendencia es para muchos arquitectos el fin último de sus obras, de su labor profesional, de su vida. Es la manera en que desean que se recuerde su paso por este planeta. Si bien, le es natural al ser humano el trascender, para romper las barreras de lo meramente humano, hay diferentes maneras de hacerlo, cada quien conforme a las destrezas que posee. Hay quien dice que hay que plantar un árbol, escribir un libro o tener un hijo, para el arquitecto es construir una edificación del tamaño que sea.

Esto lo vemos a lo largo de la historia. Quizás comenzaría en el Medievo, cuando los gremios de arquitectos tomaron una gran fuerza y se integraron pasando su conocimiento a nuevas generaciones de constructores, al grado de constituir logias como la Masónica. Hay infinidad de teorías respecto a los arquitectos y constructores de aquella época, pero lo que es claro, es que el arquitecto tenía un lugar muy especial en el desarrollo del proyecto, al grado de dárseles lugar para sepultura en los principales



58 Símbolo masónico

sitios de las mismas catedrales que proyectaron. Aparentemente formados en geometría, numerología, alquimia y matemáticas, daban un toque místico y hasta simbólico a las obras. Estos grupos de personas constituirían la logia masónica cuyos símbolos son hasta nuestros días el compás y la escuadra, en algunos diseños se aprecian cucharas de albañil, marros y hasta el nivel y la plomada.

Los masones, motivados por lo eterno, sentían un gran orgullo por el simple hecho de participar en una obra de esas dimensiones y esa connotación religiosa, pero les ganaba la tentación de trascender y dejar huella y probablemente lo hacían dejando pequeñas marcas personales. Lo que es de llamar la atención es que existen muchas piedras que tienen inscripciones que a la fecha se han considerado las firmas de sus autores o ejecutores, es decir, personas que estaban dejando algo más que la huella de su paso en una edificación que pretendían sería para siempre. Algunas veces no veían la conclusión de la obra, pero se sentían tan cerca del creador por la magnífica obra que le dedicaban, que les daba plena satisfacción el sólo hecho de participar en ella.

Según Eduardo R. Callaey. "... A lo largo de la historia de la humanidad construir siempre ha tenido una connotación sagrada porque lo que se erigían eran templos. Lo demás no ha perdurado. Lo que ha llegado hasta nosotros es la piedra de los zigurats, las pirámides, los grandes templos de Oriente. Por lo tanto, siempre hubo una connotación sagrada en el oficio de construir" dicho en entrevista para Luis Matos (Callaey, 2009).

Trascender pues, es romper las barreras de un "yo" limitado, de la finitud, rebasar la muerte corporal y ser así partícipe de lo divino. Hay algunas representaciones de la época en la que sitúan a Dios portando los instrumentos propios de la arquitectura o de la construcción, como por ejemplo el compás, con lo que se deduce, que muchas personas comparaban el quehacer del arquitecto con el de Dios mismo, ambos creadores, ambos dirigiendo, designando; considerando al gótico como el "arte de Dios" y cómo no considerarlo si hasta la fecha nos siguen pareciendo edificaciones majestuosas en las que los sentidos se involucran a lo máximo. Definitivamente el arte gótico encontró su expresión en la arquitectura religiosa, sobre las demás manifestaciones artísticas.

El arquitecto pues, dado que los proyectos eran financiados con grandes cantidades de dinero, se veían favorecidos con altos pagos por sus honorarios y se fueron alejando del oficio que los vio nacer, comenzaron a tomar actitudes clasistas en las que delimitaban su trato: sólo hablaban con el maestro de obras, no metían las manos más que para señalar a lo lejos cómo querían que se hicieran las cosas.

Después de las catedrales vinieron castillos y palacios, que también ubicaron al arquitecto en los pedestales más altos de la jerarquía profesional y todavía más adelante vinieron fábricas, edificios, universidades, residencias, sin dejar de ser el

arquitecto el máximo protagonista. Ser arquitecto representa un estatus, un estilo de vida, es por ello que el arquitecto se separó de su verdadero objetivo: dotar de espacios a la sociedad para vivirlos. En muchas épocas han estado lo más alejados de la sociedad, aunque algunas corrientes ideológicas han logrado que se involucren de nuevo (pagados por los gobiernos) en obras de carácter social. Sin embargo esta lejanía que tenían con los grupos sociales más pobres, dio como resultado que sus proyectos no respondieran a las necesidades reales de las personas, ni mucho menos del planeta. Las soluciones arquitectónicas han sido y siguen siendo en su mayoría irresponsables con el medio ambiente, pero eso sí, muy bellas y en algunos casos, hasta funcionales.

Creo que mucha de la culpa de este fenómeno se debe a la enseñanza propia de la profesión: en las escuelas no se hace tanto énfasis en la sociedad para la que se va a proyectar como en el proyecto mismo. Además, las generaciones actuales de arquitectos que están inmersos en la sociedad globalizada y que se dejan llevar por la moda del extranjero y el consumismo, sólo ven la cara bonita de la profesión, cuando que hay muchas caras amargas en nuestra realidad social que deberíamos atender.

Ser arquitecto en nuestros días es aspirar a realizar grandes obras con las que se gane mucho dinero y si se puede hasta un premio Pritzker, que equivale a aparecer en las listas de Forbes y que nuestro nombre se immortalice por una obra que tan solo cumplió con su objetivo de ser funcional y linda, dejando de lado su responsabilidad social sostenible. Es glamur, es pose. Es que una gran empresa te contrate para que hagas de una edificación un gran anuncio del poder de esa empresa.

Definitivamente la arquitectura trasciende, pero ¿qué en la naturaleza lo hace? Quizás lo perfecto. Pero encontrar la perfección en arquitectura abarca muchos ámbitos, pues no sólo se trata de la perfección estética, funcional, constructiva o hasta energética, sino que va más allá, la perfección social, donde el habitante sienta que ese espacio fue diseñado para él, quizás hasta hacerlo de manera participativa, ahora que tenemos tantos medios para hacerlo así.

En la naturaleza lo que trasciende evoluciona.

¿Qué sería de la profesión de Arquitectura si los famosos hubieran (como Vitruvio) dejado legados escritos y sus obras ya hubieran desaparecido o se hubieran transformado en otra cosa? ¿serían menos célebres por ese motivo? ¿por qué aferrarse a una obra arquitectónica que deba durar toda la vida? ¿duran toda la vida? ¿es posible que una obra arquitectónica trascienda al "arquitecto"?

Si el arquitecto entendiera que el verdadero valor de su obra lo va a encontrar dentro de un grupo social para el que se proyectó, quienes maldecirán o bendecirán a la persona que creó esos espacios para su convivencia, que padecen o disfrutan día con día, ahí está su trascendencia, si no daña a la tierra en que vivimos, los seres humanos estaremos más que agradecidos.

La arquitectura antigua buscaba el bienestar del habitante por encima de todo, ya que la mayoría de las veces eran a la vez diseñadores y usuarios del inmueble. En lugares fríos se buscaba orientar los hogares al sur, ya que de manera natural se calentaban mejor y en zonas cálidas las ventanas se hacían pequeñas, para que se mantuvieran frescos. Sin embargo, ahora el tema de las orientaciones no le interesa al constructor, sino el sacar el mayor beneficio económico con la menor inversión, esto se nota claramente en las viviendas de interés social, pero se da en casi todas las construcciones actuales. Ahora el arquitecto busca su proyección social y mercadológica creando formas atrevidas.

También en aquellos tiempos se buscaba cuidar el entorno, ya que se dependía fuertemente de él, del agua de la zona, de lo que el suelo proveyera, la fauna, pero desgraciadamente la vida actual ha centralizado la vida "tecnológica" en las grandes urbes relegando las fuentes de alimentos a las afueras de las ciudades. El ciudadano, al no tener presente ni a la vista sus fuentes naturales de alimento ha pensado que el supermercado es el máximo proveedor, sin ver que el campo y las granjas están desapareciendo para dar lugar a industrias alimentarias que engordan pollos y vacas a base de hormonas y carne, que los cultivos ya no dependen de las estaciones al tener riego y fertilización controlados, se ha dejado sin alimento a especies de insectos que antes controlaban las plagas, las cuales emigran a atacar los plantíos menos fumigados y en fin, ya no sabemos ni qué nos llevamos a la boca.

El punto es que no nos interesa cuidar nuestro entorno porque creemos que ya no dependemos de él. Si acaso nos preocupa un poco nuestra basura, porque si no nos deshacemos de ella tendríamos un problema: no nos interesa lo que pase después de que la hemos sacado de nuestro hogar, ni dónde irá a parar, puesto que no vemos lo que sucede con ella. Nuestra visión se ha reducido, creemos que debemos hacer bien nuestro trabajo, el resto que lo haga el gobierno o la empresa encargada. Pero la realidad es que ya no tenemos esa visión holística, nos hemos vuelto especialistas. Nuestra profesión cae en esta misma especialización, donde a pocos se les ocurre qué pasa con las cosas que diseñamos y proyectamos en todas las etapas de su vida (su ciclo de vida).

Este fenómeno lo vemos alrededor del orbe. Eventos internacionales nos muestran que muchos arquitectos se encuentran todavía persiguiendo su fama individual, dejándose seducir por la fama y el dinero, careciendo de visiones críticas, de compromiso con la investigación y la reflexión. Los arquitectos jóvenes muestran un total desapego del compromiso con la sociedad. Los medios tecnológicos los dominan y ellos creen que por el uso de tecnología sus proyectos son vanguardistas, cuando que sus obras están vacías.

No quiero crear confusión respecto al tema, hay muchas construcciones que se han vuelto íconos de las ciudades, se han hecho indispensables, a nadie le gustaría que las

“reciclaran” por así decirlo, pero me refiero más a la construcción masiva, en donde vive la gente.

Si en un principio era la obra, ahora el que quiere trascender es el arquitecto a través de la obra. Pero lo que se debería buscar es la trascendencia cíclica de los materiales empleados independientemente de la obra arquitectónica, aunque ya no esté presente: una obra que sirvió para lo que tenía que servir, se transformó según las necesidades de los diferentes usuarios que la habitaron y al dejar de funcionar se reintegró al ecosistema del que fue extraído, sin dejar huella, sin dañar a nada ni nadie, con la capacidad de formar nuevas obras, la trascendencia a través de la conciencia del empleo de materiales responsables y cíclicos. Eso trascendería más que una gran edificación contaminante y destructora de ecosistemas que ahorre dinero en su operación diaria.

En el caso de los materiales, se modificarían según las necesidades del habitador, quien es un ser natural y por lo tanto seguiría las líneas de la biología propuestas por el diseño bio-lógico.

○ LA PERMANENCIA.

Permanecer significa quedarse, significa que con el paso del tiempo las cosas siguen ahí, sin inmutarse. La permanencia de las cosas se relaciona con diversos factores, como los materiales de los que está hecho, pero también por el apego que tenemos a ellas. Una leyenda, por ejemplo, permanece de generación en generación dada la importancia de los hechos de una persona que se narran por tradición oral. Algo de los hechos queda grabado, la persona se lo lleva consigo durante momentos, tal vez años o toda la vida.

Lo mismo pasa con los objetos.

Jean Piaget (1896-1980), quien fuera psicólogo experimental y basara su principal teoría constructivista del aprendizaje en la observación y experimentación con sus propios hijos, demostró la manera en que vamos apropiándonos, a veces mentalmente, de los objetos que nos rodean.

La teoría de éste psicólogo que hizo varias contribuciones a nuestro país, sostiene que desde los 12 y los 18 meses de vida, aparecen las “reacciones circulares terciarias” una etapa relevante en lo que a los objetos se refiere. Es cuando el bebé toma conciencia de que el objeto “existe”. Antes de esto los objetos que existen son los que están ahí junto a él, los que toca, los que ve; el resto no los tiene presentes ni consciente ni inconscientemente.

Según esto, prácticamente desde el primer año de vida en adelante, percibimos los espacios positivos y negativos y éstos permanecen en nosotros, dependiendo del

contexto cultural. Pareciera, pues, que desde la infancia estamos acostumbrados a que las cosas permanezcan en nuestras mentes y en nuestras vidas forjando nuestras experiencias.

La arquitectura está inmersa en una cultura, donde es concebida como una actividad que transforma el espacio, manifestando así la cultura de una sociedad. José Fernández Arenas, historiador español, describe la arquitectura como: "Una actividad que consiste en transformar materiales mediante una actitud creativa y poblar el entorno con signos cuya misión final es comunicar, mediante un repertorio simbólico consensual, la descripción que de la realidad hace cada comunidad" (Arenas, 1998).

La necesidad de que estas manifestaciones perduren es el gran valor que hemos dado a ellas y por eso se busca la permanencia; los crímenes más horrendos en contra de la arquitectura sería destruir por ejemplo, las pirámides de Egipto, las catedrales góticas, los monolitos alineados de Stonehenge, ¿por qué? Tal vez porque son irrepetibles, tal vez, porque con toda la tecnología que hemos desarrollado a través del tiempo somos incapaces de recrear uno de esos monumentos arquitectónicos antiguos con el "espíritu" con el que lo hicieron los constructores en la antigüedad...

La arquitectura seguirá siendo pues, una actividad que busca permanecer, ese es el mensaje que quiere transmitir, la arquitectura cambia la faz de la tierra, la arquitectura plasma en una obra el "espíritu del lugar".

Quizás el permanecer tenga tan fuertes vínculos con el ser humano y su morada por el hecho de "plantarse" en un lugar y declararlo propio. En el siglo XIX, el filósofo Bachelard planteó el valor del lugar, que los seres humanos dan al sitio o sitios donde realizan sus actividades, es decir, el lugar donde viven, que es declarado el más importante, por tener él sus más preciados valores, su familia, sus bienes; seguido por el lugar de culto -aunque depende de la religiosidad de cada persona-, el lugar de trabajo, los sitios donde se socializa o de diversión toman también un lugar importante en las actividades humanas, al grado de sentirse parte de un "lugar" y frecuentarlo voluntariamente para disfrutar de él o de las personas que se encuentren en él.

Desde éste punto de vista, el hombre ha buscado que éstos lugares permanezcan el mayor tiempo posible, ya que quizá fueron materiales muy costosos, edificaciones que tomaron años o décadas y a nadie le gustaría demoler y volver a levantar.

La arquitectura pues, emplea (empleaba) los materiales de más larga duración, para que generaciones venideras aprendan de nosotros lo que nosotros hemos aprendido de las generaciones pasadas a través de las obras arquitectónicas, como si fuera la única fuente de información. Dice Arenas: "independientemente de su perdurabilidad, no existe un espacio transformado separado de una vivencia de tiempo, ni ninguna creación que no participe aunque sea en forma fugaz, en una representación de la cultura con un principio y un fin" (Arenas, 1998).

○ EL ESPACIO.

Se dice que el espacio es la materia prima del arquitecto. El arquitecto es el profesional que manipula el espacio y lo contiene entre materiales físicos. Esto quiere decir que el elemento principal no es el contenedor físico, sino el contenido no físico, por lo que debería ser un elemento secundario en el proyecto arquitectónico el material del contenedor, lo que no sucede en la actualidad. La arquitectura de hoy está más preocupada por lo que supuestamente nos hace sentir un espacio, que por los materiales de que está hecho y su repercusión ambiental.

El existencialismo planteó el espacio arquitectónico como dimensión de la existencia humana, es decir, los espacios crean esquemas a los que el ser humano responde y obedece, por ejemplo, el arquitecto genera una circulación y el usuario de manera natural la sigue, si el espacio es creado para descansar, el usuario descansará ahí y no en otro lugar que no se haya habilitado para tal fin. Por supuesto que esto no es regla general, dependerá de cada persona y su reacción ante los estímulos que el espacio le transmita y de la interpretación que la propia persona le dé a ese estímulo, de acuerdo con su cultura. "El lugar siempre es limitado, ha sido creado por el hombre y montado para su especial finalidad" (Schultz, 1975).

Es aquí donde el espacio se relaciona con la permanencia, retomando a Piaget, quien explica que la permanencia en los objetos está definida por el significado del objeto: "El objeto hace parte de un sistema de imágenes perceptivas, dotado de una forma espacial constante de principio a fin y puede ser un elemento aislado en el despliegue casual de las series en el tiempo (...). Las cosas son permanentes aunque puedan reaparecer o aparecer, lo importante es cómo el objeto se vuelve permanente bajo las imágenes móviles de inmediata percepción" (Schultz, 1975).

El ser humano es renuente al cambio. Tiende a generar patrones fácilmente reconocibles que le permiten establecer ambientes, explorar sus espacios y los cambios constantes no favorecen esta situación. El ser humano crea este ambiente delimitando con precisión su territorio, el cual cree poseer y como tal defiende.

En consecuencia, cualquier edificación que haga en su territorio, seguirá el patrón que ha aprendido, ya sea en su misma comunidad o en otras regiones del mundo que le parezcan más apropiadas. Consecuencia de ello serán las edificaciones fuera de contexto que en unos lugares funcionan por sus características de clima, costumbres y en otras no.

Como quiera, el espacio, que es el que supuestamente juega el papel principal, ha pasado a un término secundario, ya que el material de construcción se ha convertido en el elemento principal de la obra, que junto con los acabados, llevan a cabo funciones y producen sensaciones al interior y exterior de las edificaciones. Algunas veces los acabados juegan papeles importantes, por ejemplo para la conservación del calor en los

interiores de las habitaciones o para la mejor ventilación, acústica o hasta como repelentes a la humedad.

El arquitecto debe seleccionar bien los materiales a emplear para lograr el confort al interior de la obra proyectada y cuidar los costos que éstos puedan acarrear al proyecto, ya que se trata de la mayor inversión en una construcción. Es así, que desfilan en interiores y exteriores una serie de acabados que van desde los minerales, rocas, lajas, tabiques recocidos, las maderas de todas especies, los textiles, los plásticos y resinas con carga, metales con cualquier acabado, vidrios y un sinnúmero de elementos que en conjunto dan una obra terminada, confortable y funcional.

Es importante reconocer que en determinadas construcciones lo que nos llega a importar del material, es su repercusión en los costos. Pero existen obras arquitectónicas en donde lo que se quiere lograr es una representatividad, la estimulación de la percepción a través de los materiales. En ninguno de los dos casos anteriores existe preocupación o conciencia respecto del ciclo de los materiales, desde el proceso de diseño. El ciclo de los materiales está fuera de cualquier concepción en el proceso de diseño arquitectónico.

- **ARQUITECTURA IMPERSONAL PARA UNA SOCIEDAD ALIENADA.**

Como ya he mencionado, hay que partir del reconocimiento del hombre como un ser biológico con una serie de necesidades y comportamientos que obedecen a su naturaleza, que comparte mucho con la naturaleza de otros seres vivos. Los seres humanos hemos desarrollado muchas particularidades que nos distinguen de otros seres vivos, pero no quiere decir que seamos mejores o peores. Esta valoración lo hará la naturaleza misma, con el paso de los años y se verá si el ser humano continúa su existencia o se extingue. Pero tal vez es precisamente el lapso tan largo de tiempo, que creemos que eso no nos va a tocar y muchos de nosotros no luchamos por un bien común que heredemos a las generaciones venideras. Es por ello que desde el ámbito de la arquitectura hay que trabajar por la satisfacción de las necesidades biológicas (físicas, químicas) de la sociedad. Hasta ahora ese campo ha quedado restringido a la antropometría, pero va mucho más allá de las dimensiones humanas en los espacios.

Se ha dicho que la sociedad es el conjunto de seres vivos que comparten condiciones desde geográficas hasta culturales, pasando por múltiples manifestaciones. La sociedad como grupo tiene diversas necesidades que desde siempre se han tratado de satisfacer de la mejor manera. Las diferentes formas en que se han organizado las sociedades, han dado origen a lo que hoy conocemos como países, con una determinada situación geográfica, un idioma, escudo y bandera nacional, etc. El punto es que hay gente a la cabeza de los gobiernos que debería estar preocupada de dotar a sus connacionales los medios para procurarles seguridad, salud, bienestar... Un factor importante es precisamente el de la vivienda. La vivienda ha tomado un lugar relevante

sobre todo en algunas culturas, donde el valor de la tierra es elevado por la carga cultural de lo que significa el "poseer" un pedazo de ella.

Sociedades como la mexicana tienen muy arraigado el valor de la tierra, la cual se ha defendido siempre, tomada como baluarte por Zapata y Villa, peleada en recientes riñas de comuneros de Tláhuac y Xochimilco, por ejemplo. La tierra significa más que lo que pueda producir, está cargada de metáforas que cada cultura le imprime, como el sentimiento de que ahí vivieron nuestros padres o la tierra que vio nacer a nuestros hijos.

En nuestros días, la tierra es apreciada también por su ubicación, siendo las situadas en los centros de las grandes metrópolis o centros financieros, las más apreciadas, luego las residenciales, que en la mayoría de las ciudades no se encuentran muy alejados de las primeras y por último, los suburbios, que se encuentran en zonas más alejadas de las actividades económicas de la propia ciudad, aunque no es la generalidad.

Las industrias ocupaban zonas centrales, pero por causa de la contaminación atmosférica fueron erradicadas a las periferias de las ciudades, donde también se movieron los asentamientos humanos sobre todo de la clase obrera que iba a esos centros de trabajo. Algunas ciudades, como la Ciudad de México, crecieron de manera desmesurada y desordenada, quedando muchas zonas industriales inmersas en las manchas urbanas, contribuyendo en buena parte con las emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera.

Pero enfocándonos específicamente en la arquitectura, ésta ha cambiado completamente los ecosistemas de las ciudades. Lo que antes se concebía como ciudad, normalmente era autosuficiente, ya que se establecían cerca de sus recursos (agua, alimento) y normalmente era suficiente para todos sus habitantes. Ahora los recursos tienen que traerse cada vez desde más lejos, requiriendo grandes inversiones en infraestructura y transporte de los mismos y las ciudades son cada vez más grandes también.

La arquitectura de hoy es masiva e impersonal. Son pocos los despachos, aún de los arquitectos más reconocidos, que se preocupan por hacer estudios que les ayuden a determinar para qué sociedad es para la que proyectarán. Más aún, diseñan un "prototipo" de vivienda para ubicarlo lo mismo en una zona árida que para una zona fría. Esto lo provoca el afán de hacer dinero de esta industria.

El arquitecto de hoy en día no conoce al habitante para el que está proyectando y mucho menos conoce de sus necesidades. Y si proyecta viviendas que puede ubicar en cualquier lado, desconoce también las condiciones climáticas y los materiales de la zona en donde se van a ubicar, causando severos daños a los ecosistemas, que van replegando hacia zonas cada vez más escasas, donde los animales principalmente,

batallan en la obtención de sus alimentos y las plantas son destruidas por completo, a veces terminando con especies locales.

Creo que la sociedad de hoy valora los ecosistemas y a la naturaleza, pero valora más el hacerse de un lugar para vivir, donde no lo molesten las alimañas ni los animales que ocupaban antes esas tierras. No nos hemos preocupado por esa convivencia entre seres vivos, sino que desplazamos a los más débiles e indefensos o los eliminamos.

No hemos aprendido cómo la naturaleza construye sitios para vivir. Encontramos diversos ejemplos en numerosas especies, donde lo que hemos aprendido a imitar es, a lo más, el aprovechamiento de la energía y la forma. Hemos observado los termiteros y desarrollado sistemas similares de ventilación y calefacción, hemos aprendido la importancia de la orientación de las edificaciones. Pero siempre el factor económico está por encima de cualquier criterio.

Necesitamos llegar a un nivel mucho más profundo en esta imitación de la naturaleza, comenzando por inculcar en la sociedad una valoración especial por la vida en todas sus manifestaciones, entendiendo que somos parte de ella. No quiero decir con ello que los árboles crezcan en la sala de una casa y que esté plagada de insectos, pero debemos diseñar para que todos los niveles de vida tengan un lugar. Algo ya se hace al reglamentar los porcentajes de área verde que se deben respetar en las edificaciones en las ciudades, pero necesitamos ir más allá de eso.

La idea es que no se introduzcan sistemas ajenos a los ecosistemas existentes, comenzando por utilizar materiales del sitio. Y esto va más allá de la arquitectura vernácula, se trata de una imitación de los principios de la naturaleza, donde todo conlleve a la preservación de la vida.

Es así, que si las personas comprendieran que en el sitio en el que viven habitan muchas especies de animales, deberían respetarlas y darles su espacio, así como esas especies les han compartido del suyo. Lo malo es que creemos que somos los dueños absolutos de los espacios y los objetos, siendo que todo lo hemos recolectado de la naturaleza misma.

Necesitamos también que los arquitectos comprendan que los estudios de impacto ambiental no sirven sólo para cumplir con un requisito, sino que se deben dar cuenta del daño que se va a ocasionar en el sitio de la construcción, que aunque esté lejos de nuestra morada, en definitiva va a impactarnos, porque todos estamos conectados y si algo falla en un sitio, tarde que temprano todos pagaremos la factura.

Los objetos que como sociedad diseñamos, se dice que servirán para la satisfacción de nuestras necesidades, pero si pensamos en un día normal, podemos descubrir que muchos de ellos (la mayoría) no satisfacen nuestras necesidades, sino nuestros deseos.

La sutil diferencia está en qué llamamos necesidad y qué deseo. El Dr. Fernando Martín Juez entrevista a un fabricante de velas, dejándonos ver que la gente compra velas porque "cree que las necesita" (Martín Juez, 2002). Así actuamos muchos de nosotros, creemos que necesitamos las cosas por muchas razones, porque alguien nos lo hizo ver (la mercadotecnia es especialmente incisiva en este tema, lanza argumentos para que adultos y niños adquiramos lo que las empresas nos quieren vender), porque alguien tiene algo que nosotros no, porque ante una verdadera necesidad hay cientos de artículos "periféricos" que no necesitamos, pero "se ven bien", etc.

La sociedad ha sido culpada por el consumismo, cuando que son las empresas, en su afán de ganar dinero, las que fomentan estas conductas. A modo de respuesta, han inculcado en las sociedades la idea de que lo "ecológico" es bueno, debe ser consumido, en lugar de fomentar el no consumo y el ahorro.

En la arquitectura sucede algo similar. Nos han hecho creer que una casa es un bien indispensable para el desarrollo de nuestras actividades cotidianas, que sin una vivienda no somos nadie, ni tenemos "patrimonio". La razón es vender y vender viviendas, que si bien necesitamos, no corresponden físicamente con nuestras necesidades.

Víctor Margolin propone regresar al origen de las cosas, a su verdadero y original concepto: "el que resuelva el problema en pos del bienestar humano" (Margolin, 1998).

Y regresar al origen no tiene que ver con la satisfacción de los deseos de un cliente que no sabe ni siquiera lo que necesita y menos aun lo que desea, haciendo generalmente una lista de peticiones a un arquitecto que piensa que mientras más construya, ganará mejor. Nunca son cuestionados los verdaderos propósitos de la vivienda y el porqué de la necesidad de tantas áreas; mucho menos se cuestiona por qué se han de reducir las áreas verdes o emplear materiales respetuosos con el entorno, siendo que debería analizarse si ese proyecto conducirá a la preservación de la vida.

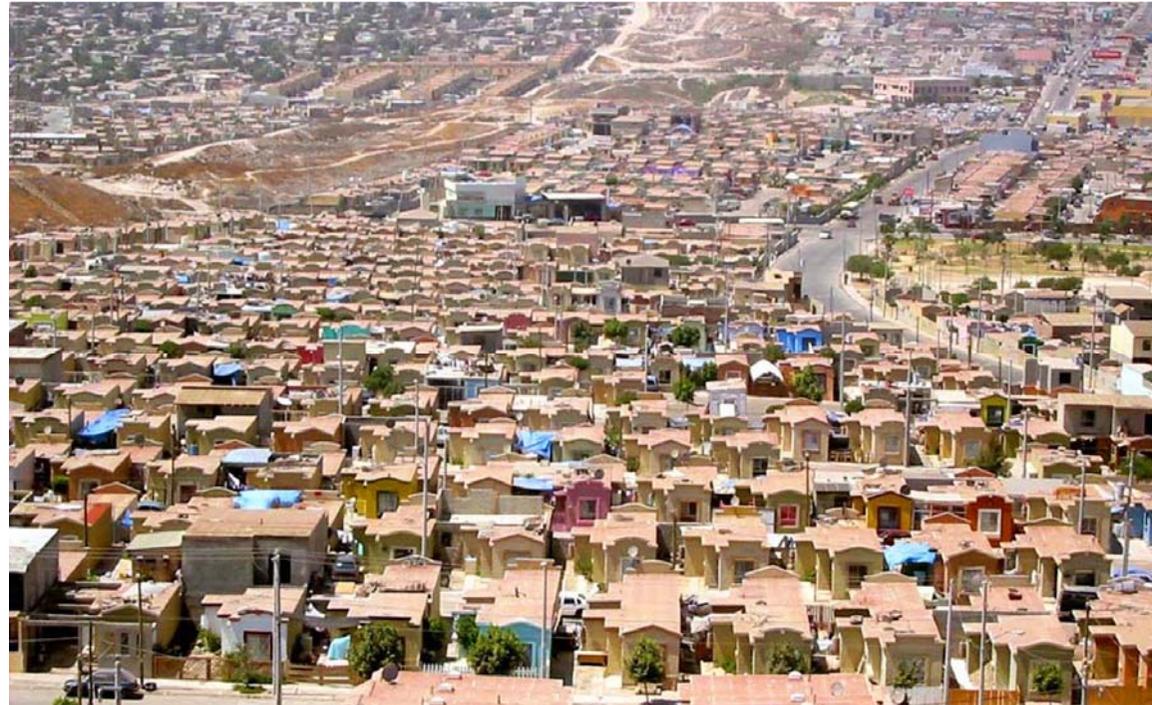
Como no conocemos las necesidades de los usuarios, nos conformamos con atenernos a los reglamentos de construcción, pero esto es causa de los desórdenes que vemos, por ejemplo, en conjuntos habitacionales de viviendas de interés social. Es por ello que el arquitecto debe conocer las verdaderas necesidades del usuario y, sin dejar de complacer sus deseos, llegar a una conciliación donde haga consciente a su cliente o jefe de la importancia de edificar una vivienda sostenible. Algo bueno deberíamos sacar de las campañas mercadológicas y pudiera ser apoyar su premisa de que "que lo ecológico está de moda", pero ir más allá de eso.

La sociedad, además no es estática. Los seres humanos tenemos esa magnífica capacidad de movernos, de crecer, de cambiar, de ir y venir. Las sociedades están formadas por núcleos familiares, los cuales cambian con el paso del tiempo. Una pareja que se establece en algún lugar, puede tener descendencia y requerir otro tipo de espacios, en el que conserven su privacidad; pero con el paso del tiempo, los hijos que

hayan tenido se van a ir, haciendo ellos a su vez su propio núcleo familiar. Pero en la sociedad mexicana no siempre es así. Aunque en mucho depende de la condición económica, no se excluye a nadie de que se junten más de un núcleo familiar en el mismo sitio, siendo así que un núcleo, formado por una pareja, puede compartir techo con núcleos de sus descendientes en varias generaciones o su ascendencia, o familiares de éstos que quizás por la edad o por sus necesidades, acaban viviendo con los parientes más cercanos o con los que les quedan.

Sin embargo, la arquitectura no corresponde con estos esquemas. Por lo general, las familias realizan modificaciones en sus casas, cuando no son sujetas de reglamentos o leyes que se los impidan, construyendo más habitaciones para los miembros que se incorporan a su núcleo familiar. En ocasiones se dividen los espacios cuando estos lo permiten para crear habitaciones con más privacidad. Lo que nunca se hace es demoler cuando los ocupantes "agregados" se van, quedando a veces edificaciones con sobradas habitaciones para sólo un par de ocupantes.

Es así, que tenemos una arquitectura invariable para sujetos variables, quienes además, encuentran la necesidad de ser "diferentes" y modifican su entorno para recobrar su identidad.



59 Viviendas de interés social

Este es otro aspecto que no se analiza en la arquitectura, se hacen miles de casas idénticas para personas completamente diferentes unas de otras y se les quiere obligar a mantener así el conjunto habitacional, siendo que las personas quieren, casi por

necesidad, diferenciarse unas de otras. No bien acaba de recibir la gente su casa, ya la está modificando, la amplía o por lo menos la pinta de otro color, como lo podemos ver en la foto precedente, en un conjunto de viviendas de interés social en Tijuana, Baja California.

La arquitectura se dice que debe llevar la pauta y la gente se debe adaptar a ella, siendo que la realidad demuestra lo contrario, la arquitectura debe adaptarse a la sociedad, a las necesidades físicas pero también intelectuales, afectivas, espirituales y morales de las comunidades.

En este mismo sentido, la arquitectura debería facilitar que las personas modifiquen sus casas, el pretexto arquitectónico de que se pierde la belleza asociada con la unificación no me parece válido, por lo menos no en un conjunto de interés social, quizás sí en un conjunto de viviendas para militares ¿acaso no son bellas las edificaciones en los pueblos como muchos en el estado de Michoacán, donde la unidad la da precisamente el color o los materiales (de la zona) con los que se construye? ¿los conjuntos con un colorido característico en donde vemos el reflejo de una identidad (sí, muy mexicana, reconocida por todo el mundo) no son hermosos?

Pero la arquitectura es celosa: pareciera que los únicos que pueden proyectar buenas obras son los arquitectos, cuando muchas veces los usuarios se quejan por los errores que se cometieron y que seguramente les costaron a ellos (en tiempo y dinero). A veces se prefiere recurrir a un “maestro albañil” para que verdaderamente ponga solución a un problema que el arquitecto no pudo o no quiso resolver, porque el usuario “no sabe”, porque “su obra” va a deslucir si hace el cambio que le solicitan.

Como nos ilustra el Dr. Martín Juez: “en Tepoztlán (y casi en cualquier sitio) cuando se quiere contratar a un profesional para ‘levantar un murito’ (...) el profesional suele rechazar el trabajo y sugerir que para ello se contrate mejor un maestro de obras, un albañil o un dibujante. (...) Es obvio que existe un diseño de clase: un diseño segregado para circuitos marginales y otro para mercados comerciales, unos para grupos populares y otro para elites, uno para medios urbanos y otro para los rurales, etc.” (Martín Juez, 2002).

Debido en parte a la hiperespecialización de muchas profesiones, en el caso de la arquitectura, se ha generado que el arquitecto no “viva” todo el proceso de diseño. En ocasiones participa sólo de una parte, que lo aísla del contexto del proceso proyectual o de la construcción de la obra. Es así, que el profesionista encargado de las edificaciones se queda a veces con sólo una probadita de lo que será la obra completa, sobre todo cuando se trata de obras muy grandes, lo que los hace perderse de los pequeños detalles que hacen de una obra un espacio de experiencias multisensoriales.

- **SIGNIFICACIÓN DE LOS MATERIALES.**

Uno de los temas importantes respecto a los materiales de construcción y quizás uno de los menos abordados, es precisamente el de la relación que se da entre los materiales de construcción y la gente.

Estas relaciones se entienden cuando las personas interpretan un determinado material como bueno o malo por el servicio que les presta, pero la función del material no es lo único que cuenta en esta valoración; hay materiales que representan un estatus social, un estilo, es decir, sus propiedades estéticas son tan importantes o más que las funcionales. El precio es otro factor, pero hemos visto que en muchas ocasiones la gente construye con materiales caros porque piensa que son los más resistentes que otros más económicos, cuando que está comprobado que tienen una resistencia similar.

Estos significados que le asignamos a los materiales son interpretaciones de los "signos" que por muchas razones les asignamos a los materiales mismos.

Ferdinand de Saussure estudió el significado de los signos en la vida social, la cual denominó "semiología" (Guiraud, 1979). Esta ciencia estudia los signos no lingüísticos, como los que nos aportan todas las cosas que nos rodean, por su color, textura, apariencia, etc.

Los arquitectos conocen y manejan estos signos, tal vez empíricamente, pero explotan lo que pueden llegar a significar para la sociedad, es decir, su comunicación objetiva y subjetiva. La comunicación objetiva es aquella que se comprende claramente, la subjetiva es aquella que ni siquiera podemos explicar, porque no sabemos lo que es, por ejemplo, si una obra de arte nos conmueve, generalmente no sabemos el porqué.

El arte, según Roman Jakobson es una relación del mensaje que se envía y el objeto mismo. En otras comunicaciones, por ejemplo, el mensaje es uno y el objeto a que se hace referencia es otro, pero en el caso del arte se funden en uno mismo (Guiraud, 1979).

Es así, que la arquitectura, que es un arte, lleva en sí misma el objeto, (la edificación) y el mensaje. Los mensajes se encuentran pues, en la edificación misma y los materiales son inevitablemente la materia de la edificación, convirtiéndose así en los que "cargan" con el mensaje. El mensaje pues, forma parte de la comunicación entre las personas y está cargada con signos y significaciones.

Un signo es un estímulo –es decir, una sustancia sensible- cuya imagen mental está asociada en nuestro espíritu a la imagen de otro estímulo que ese signo tiene por función evocar con el objeto de establecer una comunicación (Guiraud, 1979).

Los seres humanos encontramos signos en las manifestaciones naturales y las interpretamos de alguna forma que, ya sea por experiencias propias o ajenas, podamos entender. Sin embargo, los signos que creamos los seres humanos, difieren un poco de los naturales en los que se da el fenómeno y se interpreta, en que se pacta una codificación, que puede incluso ser intuitiva, a partir de la experiencia de los involucrados. Recordemos que no hablamos de signos lingüísticos, por lo que las convenciones no son escritas o habladas, sino de expresión (corporal, gestual, etc.).

Los seres vivos estamos inmersos en un ambiente al cual nos adaptamos, este ambiente está lleno de signos que interpretamos y que cambian con cierta renuencia, como bien lo apunta Maturana, pero a base de convencimiento, a la renovación de sus miembros o de sus ideas. Maturana nos dice también que la base de la interacción en los sistemas sociales es el lenguaje, que surge con lo humano. Lo resume así: "existimos como seres humanos sólo en un mundo social que, definido por nuestro ser en el lenguaje, es el medio en que nos realizamos como seres vivos y en el cual conservamos nuestra organización y adaptación" (Maturana, Biología del Fenómeno Social, 1985).

El lenguaje de los signos es una forma de representación de la realidad, pero puede volverse muy compleja si va perdiendo esta relación de significación con la realidad; muchas veces estos cambios se van dando gradualmente y son ampliamente aceptados. El signo es arbitrario por lo general y conforme se va complejizando puede llegar a representar varias cosas a la vez o diferentes cosas para cada persona.

Este es el caso de los signos en la arquitectura, tienen una significación débil y por ello son interpretados de muchas formas diferentes, contrario a lo que sucede en las ciencias, donde un signo representa una sola cosa y se trata justamente de evitar interpretaciones, llegando a consensos incluso universales.

Estas convenciones, a querer o no, dependen del número de individuos que la acepten o que la conozcan, recordando que, como lo apunta Maturana, somos seres sociales (Maturana, Biología del Fenómeno Social, 1985); la cultura de occidente se empeña, siguiendo fines comerciales principalmente, en individualizarnos, generando un tipo de aislamiento en el que se presenta una menor comunicación, una menor convivencia y como consecuencia una mayor violencia, aunque pudiera tener algunas ventajas, como la identificación clara de algunas señales que son universalmente aceptadas, como las de tránsito.

En la arquitectura existen muchos elementos de significación, los cuales son interdependientes, de entre ellos los materiales, sus texturas y colores que forman una parte importante. Esta interdependencia se refiere a que si se le cambia el color, un elemento arquitectónico sigue siendo el mismo, un muro sigue siendo muro, sea verde, rojo o blanco. Si se cambia el acabado de un elemento arquitectónico, se cambia la significación del mismo, por ejemplo, si se dejara un material aparente, la gente lo

interpretaría de una manera y si se le da un acabado determinado se interpretaría de otra manera.

En ocasiones estas interpretaciones están condicionadas a lo que como sociedad la mercadotecnia nos ha inculcado, o nuestra propia experiencia, por ejemplo, que un muro sin acabado denote pobreza es quizá una interpretación de lo que el paisaje urbano en zonas populares nos muestra, pero hay muchas obras que no requieren de acabado, pero como las compañías cementeras, yeseras u otras anuncian sus productos como un acabado fino o de lujo, inmediatamente forja o refuerza lo que teníamos "preconcebido" respecto de ese material.

Los signos pueden tener diferentes sentidos, de indicación, de conminación y de representación. La indicación se da cuando por ejemplo, tenemos un elemento de madera, es así, un elemento de madera que realiza una función cualquiera. La conminación se da cuando se me indica, por ejemplo, con una puerta, que no debo entrar (o sí) en un área determinada. Es una comunicación que me conduce a hacer algo. La representación, por su lado, se da por ejemplo cuando pintamos de color azul un baño, dado que el azul denota agua, relacionándolo con el azul del mar o de un lago.

Esta comunicación se da cuando el arquitecto significa algo, le transfiere un juicio y lo comparte con un destinatario.

Los códigos estéticos crean representaciones imaginarias que adquieren valor de signos en la medida en que se dan como un doble mundo creado: el mensaje estético es lo análogo de lo surreal, de lo Invisible, de lo Inefable o de una realidad que los signos técnicos no son o no han sido hasta ahora capaces de expresar, es decir de observar, verificar y afectar con un signo convencional y unánimemente aceptado (Guiraud, 1979).

Es así, que a pesar de que el arquitecto tuviera una intención de comunicar algo, el receptor pudiera interpretarlo de una manera diferente, incluso opuesta. Hay signos que representan realidades complejas, cuya codificación se conoce sólo en el ámbito de determinada disciplina, las hay más universales; pero su finalidad seguirá siendo la misma: transmitir información. La información alimenta *el saber*, que contiene en sí un sistema epistemológico (significado) y un sistema semiológico (significante), siendo tarea de la semiología el establecer la naturaleza de la relación entre esos dos sistemas (Guiraud, 1979).

Lo estético (de *aisthetos* "sensible, perceptible por los sentidos") se refiere a la capacidad de percibir, a la forma en que lo hacemos, pero la diferencia radica en lo que interpretamos de una misma sensación (Guiraud, 1979). En el caso de los signos estéticos, estas sensaciones nos conmueven, nos emocionan en lo profundo de nuestro ser. Los signos estéticos son mucho más complejos, en cuanto a su codificación que los lógicos, pues dependen del sentido que cada grupo social les dé. Además, estos signos tienen la particularidad de crear escenarios reales e imaginarios y pueden hasta

combinarse, logrando en el espectador una experiencia significativa. En tanto más sentidos se involucren en esta experiencia, más completa será la vivencia del espectador.

Naturalmente, muchos de los signos parten de una realidad física un naturfacto, del que más que una forma, se extraen otras características, como su color, su olor, su textura...

Pero encontramos simbolismos que son arbitrarios, aunque tengan algo de lógica: solemos relacionar en la cultura occidental el blanco con la pureza, el verde con los celos, pero no son sino convencionalismos que por falta de congruencia son fácilmente cambiables, como el verde asociarlo con la vegetación natural, o los irlandeses. Algunas asociaciones son casi inevitables, como el terror con el negro o la oscuridad, pero se le pueden dar otras connotaciones casi a voluntad.

Es así, que hay materiales a los que se les han dado connotaciones determinadas, a veces por la misma mercadotecnia de las empresas que los producen, a veces por experiencia. Por ejemplo, las cementeras han logrado posicionar su producto como el símbolo de la modernidad y el progreso, no hay una fotografía de una ciudad moderna en donde no se aprecie este material, puentes, presas, obras de infraestructura súper-resistentes son evocadas en la publicidad que se le hace al cemento y a su derivado, el concreto. Es así, que en los despachos de arquitectura, donde se generan los proyectos, siempre se piensa en estructuras de concreto, en losas de concreto armado, a veces el mobiliario urbano es también de concreto, ahora existen también muchos acabados que le dan un poco de calidez a ese material tan frío.

El adobe es un material que por desgracia no es empleado en la construcción tanto como el concreto. En investigaciones de campo, pude percatarme de que la gente no confía en el adobe como material estructural y ni siquiera para un simple cerramiento, porque cree que se desmorona. En el pueblo de San Francisco, Estado de México, hay muchas construcciones de adobe centenarias que por desgracia, han sido abandonadas y por saquearlas, las han dejado en una completa ruina. Pero las propiedades físicas del material no son el único problema aquí: cuando se le demostró a una persona que deseaba construir su casa que el adobe le iba a funcionar y se le explicó cómo iba a ser construido y se le garantizó que no se iba a caer ni a desmoronarse, surgió la verdadera razón: el adobe era un material de construcción para gente pobre y él no quería que la gente del pueblo pensara que eran pobres. Estaba dispuesto a aplicar un acabado para que no se viera que su casa era de adobe y así no caer en el estatus en el que él mismo se estaba clasificando.

De esta misma manera, el empleo de determinados materiales a veces no tiene que ver con criterios funcionales ni formales, sino sociales y su peso es significativo. Los materiales que vienen de lugares lejanos y son difíciles de adquirir por supuesto que dan un estatus social diferente a quien los muestra (porque una casa se muestra a todos), y hace del poseedor de esa edificación alguien "especial", porque está diferenciado de

todos los demás que emplearon materiales de la región, aunque sea lo mejor para el medio ambiente. Los trabajadores que emigran a Estados Unidos hacen lo propio, regresan a sus pueblos de origen y edifican casas similares a las que aprendieron a edificar allá y eso les da un lugar especial en su grupo social, aunque la casa no sea funcional y salga de su contexto.

Sinceramente creo que es de los tópicos más difíciles de cambiar en nuestra sociedad mexicana tan atacada por los medios, con tantas influencias negativas por parte de las modas, tan poco educada y con tantos prejuicios.

Pero así como sucedió con el habitante del pueblo de San Francisco, que no quería su casa de adobe para no parecer pobre, creo que es labor del arquitecto conocer a su cliente, sugerirle lo que:

- Esté al alcance de sus posibilidades económicas.
- Satisfaga sus necesidades familiares (de convivencia, de esparcimiento, de descanso).
- Le brinde seguridad y confort.
- Le signifique de manera positiva.
- No dañe al medio ambiente.
- Emplee mano de obra del lugar.

Por ello también, se torna importantísima la educación de los futuros arquitectos, quienes llevan una gran responsabilidad en lo que a la selección de los materiales concierne.

- **LA HUELLA HUMANA EN LA CONSTRUCCIÓN.**

Como respuesta de los diseñadores a los problemas sociales que la generación de productos conlleva, nacen los homoindicadores, buscando de alguna forma, poder medir el respeto por los derechos humanos y la protección de la naturaleza que lleva en sí cada objeto que diseñamos. El término, acuñado por el Dr. Fernando Martín Juez,² indica tres cosas, principalmente:

- ↗ El porcentaje que corresponde a cada una de las etapas de vida en el costo final de un proyecto.
- ↗ El tiempo humano invertido en un objeto o servicio y
- ↗ La explotación de la fuerza de trabajo y la calidad de vida de quienes intervinieron en su producción

² La definición del término se enriqueció en el taller de Servicio Social: *Desafíos del Diseño en las Próximas Décadas*, del CIDI de la UNAM

De igual manera, habría que aplicar los homoindicadores a la arquitectura, para evaluar los parámetros antes mencionados en las edificaciones, ya que cada material tiene un tratamiento diferente: habrá que ver su extracción o producción agrícola, ganadera o forestal, su procesamiento para convertirlo en material de construcción, su transporte, y su proceso constructivo. En este momento no menciono las siguientes etapas de vida de los materiales porque por el momento, las edificaciones se proyectan así: para venderse una vez construidas y desentenderse de ellas en adelante. Me referiré a estos puntos más adelante.

Los homoindicadores deberían ser analizados por los jóvenes que se preparan para ser arquitectos, ya que muchas veces se olvidan de para quién diseñan y el costo humano que tienen sus osados diseños, no están conscientes de cómo diseñan y de que todos los materiales tienen un ciclo de vida y es el diseñador quien decide su especificidad. A las nuevas generaciones de arquitectos hay que hacerlas reflexionar en que efectivamente, la arquitectura y la ciclicidad coexisten cuando el arquitecto así lo planea.

○ **HOMOINDICADORES .**

Desde mi punto de vista, la economía no ha encontrado el camino para, desde su trinchera, contribuir a frenar el daño ecológico, ya que sirve a los intereses de los estados que a su vez sirven a los de las grandes corporaciones, así que parece ser que requieren que se les acaben los recursos para encontrar nuevas formas de hacer economía. Sin embargo, hay algunos indicadores que pueden ayudar a guiarnos respecto al camino que debemos tomar para considerar el uso de los materiales en la construcción como una acción sostenible económicamente y tiene que ver con los costos excesivos que se están generando gracias a la intervención de muchos intermediarios y a la ambición desmedida de quienes controlan la extracción y la producción de materias primas para la construcción y de los mismas constructoras.

No es un secreto que las empresas mineras estén obteniendo ganancias altísimas y que además se las lleven a sus países a pesar de explotar el nuestro (la mayoría de las empresas que explotan nuestras minas son canadienses), con lo que dejan a un país más empobrecido y sin recursos. Las cementeras y ladrilleras actúan de manera similar, las metalúrgicas, etc., están logrando que la riqueza esté cada vez más concentrada en menos manos, pagando sueldos miserables a los que las trabajan y acumulando grandes ganancias para ellos.

Es así, que he decidido analizar los "homoindicadores", desarrollados por el Dr. Fernando Martín Juez, y que ya he mencionado anteriormente, aplicándolos a los materiales de construcción que también mencioné, para darnos una idea de su sostenibilidad económica y social, que van de la mano.

Los homoindicadores nos sirven para identificar, diferentes etapas de “vida” de los materiales, donde cada vez se les agrega un “valor”, mismo que acaba pagando algún cliente o varios en algún momento o en varios. Por ejemplo, la madera la corta el leñador, la vende al aserradero, quien a su vez la vende a las madererías y éstas a los carpinteros. Estos últimos la venderán a un usuario y tal vez éstos a algún recolector de materiales de desecho. Ese sería el ciclo de vida del material en relación con las actividades económicas de los seres humanos involucrados en ello.

Los homoindicadores principales, según Martín son tres:

- Los que nos indican el porcentaje que corresponde a cada una de las etapas de vida en el costo final de un objeto,
- el que refleja el tiempo humano invertido en un objeto o un servicio y
- aquellos que nos muestran la explotación de la fuerza de trabajo y la calidad de vida de quienes intervinieron en su producción. (Martín Juez, 2012)

Se analizaron en principio los homoindicadores de construcción de una casa de interés social en Quintana Roo, tomando para ello un prototipo de vivienda desarrollado por un despacho conocido de arquitectos. Este despacho tiene un gran negocio alrededor de las viviendas: proyecta, construye y vende a través de una inmobiliaria propia, con lo cual sus ganancias son enormes, convirtiéndolos en una de las empresas más importantes del país.

Los prototipos de vivienda reciben ese nombre porque se construyen miles de ellos en diferentes zonas de la república, sin importar sus condiciones climáticas o el perfil del usuario. Las casas se edifican con tecnologías que permiten la masificación, por ejemplo, las cimbras metálicas permiten edificar hasta 30 casas a la semana, con lo que se tienen ahorros considerables. Lo mismo con otros materiales como puertas y ventanas, apagadores, llaves, chapas, cocinas, etc., el volumen de compras les permite abatir costos con sus proveedores.

Las edificaciones masivas de vivienda involucran a muchos sectores industriales y gubernamentales, los cuales se encargan de otorgar los permisos y en ocasiones hasta los terrenos. El terreno que estamos analizando, fue una donación del gobierno del estado para la edificación, con lo cual la empresa ahorró varios millones de pesos, sin participar de ello a los compradores de esas viviendas.

La destrucción ecológica fue terrible: 445,112.28 m² de áreas naturales fueron arrasadas y aunque se rescataron 45,000 plantas de entre ellas tzalam, chechen, catzin, chipile y ciricote, que quedaron en áreas comunes del conjunto y otras se donaron al gobierno y a cada residente, no representan más que un 3.2% de lo que se arrasó, cabe mencionar que especies nativas de las selvas como el tejón, la guacamaya, el tlacuache, la zorra gris, por mencionar algunas, fueron ahuyentadas de la zona.



64 Terreno investigado

Las viviendas se promueven como “ecotecnológicas”, ya que cuentan con lámparas fluorescentes, llaves ahorradoras de agua y regaderas con obturador, pero la realidad es que no son ni mínimamente lo que se dicen ser.

Además del terreno, ahora, con 2,670 viviendas multiplicadas por 4 miembros promedio cada una, se van a requerir 854,400 litros de agua al día y se van a generar 10.68 toneladas de basura, sus vehículos generarán 6.5 toneladas de CO₂ al día, cosa que no sucedía cuando el terreno era ocupado por palmeras, árboles y animales.



60 Conjunto investigado

Cuenta con una superficie de 37.58 m². Se construye en módulos de 4 viviendas de un nivel, en un lote tipo de 15 m de fondo por 20 m de ancho, con una superficie total de 300 m².

Están integradas en planta baja por sala, comedor, cocina, patio de servicio, una recámara con área de closet, alcoba, baño completo compartido, jardín y cochera para un auto. El precio promedio de venta es de \$296,674.00

Adentrándonos en el análisis del prototipo de vivienda, la labor del arquitecto consistió en lograr adaptar el espacio a las “necesidades” de las personas (que no conoce) en cuanto a espacios, es decir, proveer de una cocina, un cuarto de baño, una recámara, alcoba y sala de estar (sala y comedor) a una familia de 4 integrantes.

El prototipo que nos ocupa tiene la posibilidad de ampliarse a un segundo nivel, para lo cual se entrega al comprador un juego de planos en donde se le indica la manera de crecimiento, misma que no se respeta, por lo general.



61 Planta de prototipo

Si bien, la vivienda de interés social ha venido a cubrir una necesidad importante en el país, para las empresas constructoras y sus proveedores se ha convertido en un negocio muy redituable.

Los proveedores suelen vender cantidades altísimas de material a un precio muy castigado, pero aun así, con altos márgenes de utilidad, la constructora también se lleva su tajada y todo ello lo acaban pagando los compradores de ese tipo de viviendas.

Esto sin contar los costos de escrituración, impuestos y aperturas de créditos además de los intereses propios del crédito, que incrementan el costo de la vivienda.

Es por esto que cobra importancia el homoindicador, pues tiene la intención de que nos demos cuenta de cómo, en este caso, en la construcción y la arquitectura, se explota a los seres humanos, se hace un uso indiscriminado de recursos naturales, se contamina y se obtienen grandes ganancias que sólo son accesibles a unos cuantos.

Analizando las diferentes etapas de vida de la edificación, encontramos algunos puntos importantes, aunque algunos rubros se quedaron sin información, sin dejarse de enlistar, dada su importancia.

– ETAPA VIRTUAL DEL PROTOTIPO.

En la etapa VIRTUAL de la historia de vida del objeto arquitectónico que nos ocupa, encontramos las diversas áreas que participan, aunque sea de manera indirecta en los proyectos, aunque los más importantes sean sólo el líder de proyecto y los proyectistas, que, no son precisamente los que reciben la mejor paga, pues perciben entre los dos sólo el 17.78% del total de precio de venta de las viviendas.

El proyecto inicia generalmente con la investigación y búsqueda de un terreno que reúna las condiciones apropiadas para un desarrollo de miles de viviendas. Se comienza con pláticas con alcaldes y otros funcionarios para ir negociando en dónde sería conveniente fincar, cuántas viviendas podrían hacerse ahí de acuerdo a los planes nacionales y estatales de vivienda, a los créditos disponibles del Infonavit, etc., a esto se dedican primordialmente los dueños de la empresa.

Una vez teniendo el terreno, lo adquieren a un precio bajísimo o se los donan y comienzan los trabajos de gabinete, al tiempo que se limpia el predio (se desforesta) y de acuerdo con el tipo de desarrollo que se trate (en este caso interés social) se tomarán modelos de casas existentes y en ocasiones la labor de los proyectistas sólo consistirá en “acomodarlos” de acuerdo a “trenes” y avenidas que se tracen, dependiendo de las áreas de donación o del equipamiento urbano que se haya reglamentado, como escuelas, áreas comerciales, áreas verdes, permeables, etc., sin considerar orientaciones ni climas.

Mientras en el despacho se lleva a cabo el proyecto, en el terreno y sobre todo en las oficinas estatales, se llevan a cabo diversas actividades como la obtención de los permisos, los cuales se negocian generalmente mediante sobornos a funcionarios públicos.

La mayoría de las obras no cumplen con las normas de seguridad y en ocasiones son clausuradas por inspectores, con los cuales se llega a “arreglos” para poder continuar con los trabajos, ya que generan cantidades fuertes de pérdidas al día. Lo mismo sucede con protección civil, bomberos, CROC y demás que exigen sus cuotas.

La obra en sí, lleva también sus pérdidas debido al robo de material, generado por los supervisores de obra o la gente de compras que acostumbran estas prácticas corruptas.

Cuando se solventan todos estos pormenores, aún quedan cuotas por pagar: las del promotor de ventas, las del vendedor, los gastos notariales y uno que otro imprevisto.

Los permisos tienen unos costos ya establecidos, pero por la magnitud de la obra suponemos que hay descuentos considerables. También podemos conocer las cuotas que establecen el IMSS y el INFONAVIT, pero desconocemos el número total de trabajadores de la obra, porque en ocasiones son contratistas que no son propiamente empleados de la constructora y no se responsabilizan de su seguridad social ni sus aportaciones para vivienda.

– ETAPA DE PRODUCCIÓN

La etapa de producción o de edificación de la casa de interés social que nos ocupa, conlleva la selección de materiales y de sistemas constructivos, a partir de los planos del prototipo de vivienda generado por los proyectistas.

Las viviendas de interés social se construyen con materiales económicos que resistan sólo lo suficiente para lo que son requeridos. Los sistemas constructivos deben ser lo suficientemente ágiles como para permitir tener los mayores márgenes de utilidad, así es, que se prefiere colar muros de cemento por la rapidez que significa, en lugar de colocar tabiques que representan mucha mano de obra, sin importar la sensación térmica que tendrá la vivienda al interior y ni hablar del respeto al medio ambiente.

En cuanto a los materiales, el siguiente cuadro nos muestra los costos del año 2010, puesto que el precio de venta de la vivienda también corresponde a ese año, fueron obtenidos de los reportes, BIMSA (BIMSA, 2010), estos costos deben haber sufrido ya incrementos, pero sirven de referencia para el análisis que nos ocupa. También aparecen las cantidades aproximadas.

MATERIAL	PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN	COSTO ⁵	CANTIDAD	TOTAL
Cemento	Colado en cimbra metálica	\$ 1,577.58	7.93125	\$12,512.18
Cimbra (renta)	Habilitado para closet y cocina	\$ 1.68	201.2748	\$338.14
Malla electrosoldada	Losa	\$ 24.00	119.46435	\$2,867.14
Acero	Armado de muros, losas y cimentación	\$ 8,300.00	0.2	\$1,660.00
Pasta texturizante	Acabados interiores y exteriores	\$ 85.00	143.775	\$12,220.88
Pinturas	Aplicación interna y externa	\$ 23.91	143.775	\$3,438.15
Loseta cerámica	Colocación en pisos y muros de regadera	\$ 91.20	35.07	\$3,198.38
Pegazulejo	Colocación de piso	\$ 16.66	35.07	\$584.27
Agua	Concreto, pintura, pasta, pegamento para loseta	\$ 21.82	1.2	\$26.18
			Total:	\$36,845.33

Obtenido de planos de construcción del despacho investigado³

La obra se realiza con materiales seleccionados por su eficiencia, su facilidad y rapidez de construcción y su costo. Los materiales se adquieren con los proveedores, pero éstos los obtienen normalmente de fuentes primarias como minas, bosques, derivados del petróleo, etc.

Otro dato interesante que no podemos pasar por alto, es que el personal encargado de la construcción es remunerado sólo por el trabajo que desempeña en la obra, al concluir ésta, se termina el contrato celebrado con la constructora. A muchos de los obreros se les paga por destajo, es decir, por cada elemento que concluyen, por ejemplo, el electricista cobra por cada salida, el pintor, el yesero y el colocador de piso por metro cuadrado, no por jornada de trabajo. El fabricante y colocador de la cocina cobra por casa, así, el constructor se asegura que no tendrá mermas en caso de que la gente no cumpla con el trabajo y los tiempos de obra.

³ Costos de construcción: edificación. México : BIMSA Reports , 2010

PERSONAL	ELEMENTOS	SUELDO SEMANAL	SEMANAS DE EJECUCIÓN	TOTAL
Supervisor de obra	1	\$ 2,000.00	1	\$2,000.00
Maestro albañil	1	\$ 2,400.00	1	\$2,400.00
Oficial de albañilería	2	\$ 1,800.00	1	\$3,600.00
Ayudante de albañilería	6	\$ 1,000.00	1	\$6,000.00
Oficial colocador de cimbra metálica	2	\$ 1,800.00	1	\$3,600.00
Ayudante colocador de cimbra metálica	4	\$ 1,000.00	1	\$4,000.00
Pintor	2	\$12.50 m2	1 (165m ²)	\$4,125.00
Carpintero (cocina y closet)	3	\$ 1,000.00	1	\$3,000.00
Aluminero (4 vent. 3 ptas int., 2 ptas ext.)	3	\$ 1,600.00	1	\$4,800.00
Yesero	2	\$20.00 m2	1 (165m ²)	\$6,600.00
Colocador de piso	2	\$30.00 m2	1 (40m ²)	\$2,400.00
Plomero (hidráulica y sanitaria)	2	\$ 2,000.00	1	\$4,000.00
Eléctrico	2	\$ 3,675.00	1	\$7,350.00
Jardinero	1	\$ 1,000.00	0.14285714	\$142.86
Afanador de obra	1	\$ 1,000.00	0.14285714	\$142.86
			Total:	\$54,160.71

Fuente: Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Gobierno Federal.⁴

– ETAPA DE CIRCULACIÓN.

El material seleccionado por el constructor para la edificación puede provenir de cualquier lugar del mundo, sin embargo, por los costos que se manejan, se buscan los más cercanos, es así que encontramos que la mayoría son nacionales, aunque hay algunos (como los eléctricos) que vienen de China.

El concreto podría venir de las cementeras de Mérida, el aluminio y el vidrio del Estado de México, los pisos generalmente provienen de Chihuahua y muchos accesorios vienen de China.

– RESUMEN.

Todas las etapas de vida de la vivienda fueron analizadas, pero presento sólo las que me parecen más relacionadas con los materiales de construcción. Aquí podemos observar que la etapa virtual del objeto analizado representa una cantidad muy baja porque se divide entre muchas viviendas que se hacen en serie, los costos de producción y la obra son los más representativos, por lo cual al final, el costo de la edificación representa un

⁴ Estos sueldos son para el D. F. en el 2013, donde el salario mínimo es de 62.33 pesos diarios contra 59.08 que se paga en Quintana Roo (Zona C).

50% del precio de venta, al que hay que sumarle los gastos en la etapa de uso, es decir un 23% adicional.

ETAPA	PORCENTAJE	COSTO
VIRTUAL	1%	\$ 3,017.23
PRODUCCIÓN		
Elementos de la casa	21%	\$ 61,637.20
Instalación hidráulica	5%	\$ 13,864.55
Instalación de gas	1%	\$ 3,251.40
Instalación sanitaria	2%	\$ 6,531.70
Instalación eléctrica	1%	\$ 4,421.30
Obra	18%	\$ 54,160.71
CONSUMO	0%	
	Total:	\$ 146,884.09
PRECIO DE VENTA DEL INMUEBLE	100%	\$ 296,674.00
COSTO	50%	\$ 146,884.09
USO	23%	\$ 68,044.58

Aunque faltan datos, podemos apreciar claramente que hay un margen muy grande de utilidad, aproximadamente del 50% del costo de la vivienda, que multiplicada por el número de viviendas dejan muchos millones de pesos a los dueños del despacho, la constructora y la inmobiliaria. Faltan datos de descuentos, pero también de sobornos, faltan datos de consumo, pero también de renta de maquinaria para la limpieza del terreno, por lo que creemos que está balanceado el cálculo.⁵

o ECOINDICADORES.

En el ejemplo previo, obtuvimos un indicador que reflejó la explotación que se hace de los recursos naturales y humanos por el concepto de vivienda de interés social. De igual manera podemos hacer el estudio para ver qué pasa en el empleo de cada uno de los materiales que integran la vivienda, o por lo menos, los más representativos, para poder comparar la supuesta "arquitectura sostenible" con lo que verdaderamente la puede hacer sostenible, que es el buen empleo de los materiales y su ciclicidad.

Es así, que encontramos que en el prototipo de vivienda de interés social de 37.58 m² de construcción en un terreno de 300 m², se utilizaron los siguientes materiales, enlistados por ser los más representativos:

- ↗ 7.93 m³ de cemento
- ↗ 119.464 de malla electrosoldada
- ↗ 0.2 de acero
- ↗ 144 m² de pasta texturizante
- ↗ 144 m² de pintura

⁵ Este análisis fue desarrollado en el seminario "Desafíos del diseño" del Dr. Fernando Martín Juez en el CIDI de la Facultad de Arquitectura de la UNAM en el 2012

- ↗ 35.07 m² de loseta cerámica
- ↗ 35 m² de pegazulejo

Comenzando por el cemento, ya he mencionado los ecoindicadores, cada tonelada produce 1m³ de CO₂, pero en el momento de fraguar absorbe 0.6 m³, dando un balance de 0.4 m³ de CO₂ por tonelada de cemento terminada en obra (Ignacio, 2009).

Por cada tonelada de bloque de acero fabricado se generan: 14,5kg de escoria, 230kg de escoria granulada, aproximadamente 150 000 litros de agua residual y alrededor de 2 toneladas de emisiones gaseosas (incluyendo CO₂, óxidos sulfurados y óxidos de nitrógeno) [Lawson, B.; 1996] en (Treballs academics UPC). Su reciclaje evitaría el 85% de las emisiones al aire (Deacero).

<u>Energía</u>	19	MJ / kg producto
<u>Materias primas</u>		
Ganga de hierro	1500	kg / t producto
Piedra caliza	225	kg / t producto
Carbón (en forma de coque)	750	kg / t producto
<u>Emisiones</u>		
Escoria	145	kg / t producto
Escoria granulada	230	kg / t producto
Agua residual	150000	l / t producto
Emisiones gaseosas (incluyendo dióxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno)	2	t / t producto
[DESGLOSE]:		
Dióxido de carbono (CO ₂)	1,950	t / t producto
Óxido de nitrógeno (NO _x)	0,003	t / t producto
Óxido de sulfúrico (SO ₂)	0,004	t / t producto
Metano (CH ₄)	0,626	kg / t producto
Componentes orgánicos volátiles (COV _{tot})	0,234	kg / t producto
Polvo	15,000	kg / t producto
Metales pesados (Pb,Cd,Hg,As,Cr,Cu,Ni,Se,Zn,V)	0,037	kg / t producto

Perfil medioambiental del acero [Lawson, B.; 1996] en (Treballs academics UPC).

La pasta texturizada está hecha de acrílico con agregados minerales, arena de sílice, mármol y pigmentos. Como ya se ha explicado, la contaminación que se produce al mezclar los materiales los deja sin posibilidades de reciclarlos y en automático se convierten en escombros al final de su vida útil. El rendimiento es de 3m² por litro (comex). Esto es, cada casita se lleva 48 litros de pasta texturizada, la cual para su fabricación requirió principalmente de agua.

En la producción de acrílicos en emulsión, el monómero se mezcla en una cuba con el catalizador, agua y un agente tensoactivo. La polimerización y la emulsión tienen lugar simultáneamente. Se quita parte del agua y se añade más agente tensoactivo. Los grumos se quintan por filtración o por centrifugación. Se almacena la emulsión. El producto final contiene alrededor del 50% de resinas acrílicas (INEC, 1988).

El principal problema que encontramos aquí es que el agua se contamina con los agentes tensoactivos y el catalizador empleados en la reacción y de echarse al drenaje contaminarán todavía más agua. Ahora se les está pidiendo a los fabricantes que purifiquen el agua que ocupan o la reciclen.

Para el caso de la pintura, se requiere de cubrir 144 m² de muros y plafones, si consideramos 8m² de rendimiento por litro en promedio, requerimos 18 litros por casa, prácticamente una cubeta. La pintura es vinil-acrílica, para el acrílico aplica lo mismo que para la pasta texturizada, para el vinil existen además fuertes emanaciones de vapores de los solventes usados en el proceso, tales como aguarrás y compuestos en base a fenoles o bencenos. Además de esto tenemos las partículas conocidas como VOC's (componentes volátiles orgánicos por sus siglas en inglés) algunas tienen muy mal olor, muchos de ellos son derivados del benceno, un agente cancerígeno contenido en pinturas que se desprende gradualmente de ellas. En España está prohibido que la pintura vinílica emita más de 30 g/l (Ministerio de la presidencia, 2006), para darnos una idea, en Chile han medido las emisiones de VOC's en la pintura vinílica y representaron 15 Kg por tonelada (Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana, 2008), es decir, la mitad de lo permitido en España. Para el caso que nos ocupa, con las mediciones chilenas podríamos decir que 18 litros de pintura generarán 270 g/l de VOC's.

La loseta cerámica es un producto que requiere de arcilla para su producción, se necesitan para esta casa 35 m² que representan 21 m³ de barro. Considerando la pérdida de agua, se requerirían 23.1 m³ de arcilla, es decir, un poco más de una cuarta parte de la capacidad de un horno ladrillero, que representa 155 Kg de CO₂/T cocido (Mezquita, Mofort, & Zaera., 2009), es decir, para este ejemplo, emite 1,550 Kg de CO₂ (el cocido dura de 8 a 12 horas), es decir, 358 Kg de CO₂ por la carga de la loseta. Además, producir 35 m² de loseta cerámica trae consigo la utilización de 1,389.15 litros de agua y el empleo de 2,616 mega joules de energía o 726 Kw/h (Álvarez, Redes de conocimiento).

Como complemento de la loseta cerámica, se requiere pegazulejo para fijarlo al piso de cemento, el pegazulejo es un polvo de cemento, que contiene resinas y aditivos que se mezcla con agua en una proporción de 5 litros de agua por 20 kilos de polvos en promedio. Los polvos son altamente dañinos para la salud. Su inhalación produce congestión en las fosas nasales y su contacto produce irritación en la piel. Su producción emite los mismos contaminantes que el cemento, con el agravante de la resina y los aditivos que imposibilitarán su separación al finalizar su vida útil. Un saco de

pegazulejo rinde 4m², para los 35 m² que se requieren, significará 9 sacos que a su vez habrán emitido 180 Kg de CO₂ a la atmósfera. Por desgracia, los fabricantes no especifican el tipo de resina y aditivos que lleva, por lo que no me es posible obtener datos de la contaminación que producen esos componentes.

Respecto al agua, prácticamente todos los procesos de construcción la emplean, por lo que se ha calculado un consumo de una tonelada y media de ese líquido, el cual no recibe tratamiento alguno para limpiarla de las impurezas, en pocas palabras, por cada casa se contaminan 1.5 toneladas de agua.⁶

○ ¿DESPERDICIOS?

Desperdicio es un concepto que no existe en la naturaleza. Es por ello que he hablado tanto de los ciclos. La materia orgánica e inorgánica tienen una razón de ser y estar y cuando han cumplido su misión, es desechada pero sólo para que un nuevo ciclo comience en su existencia.

Desgraciadamente esta concepción no le es propia al ser humano. Los habitantes de este planeta, los que nos decimos “racionales” hemos convertido zonas enormes con su propio ecosistema en grandes tiraderos de basura y grandes áreas lacustres en “Urbes”.

Los datos respecto a la contaminación son duros y tristes, y no se trata de dar un panorama aterrador del futuro de nuestro planeta, sino ver lo que a nuestra formación profesional compete. Comencemos pues, analizando lo que está en nuestras manos cambiar.

Está visto que la conducta de los individuos es difícil de cambiar. La mayoría de la gente en México, por ejemplo, no separa su basura doméstica. A todas las personas a las que les he preguntado la razón me dicen: “de todas maneras en el camión la revuelven” lo que no es una justificación. No la separan porque no tienen la costumbre de hacerlo, porque no le ven el beneficio en ningún sentido de hacerlo, porque no tienen facilidades para hacerlo. Hay programas gubernamentales de concientización de la comunidad, pero no son suficientes, además es sabido en muchos municipios y delegaciones, que lucran con ellos.

En éste campo del diseño sostenible, como en muchos, lo primero que hay que hacer es identificar a nuestra “persona”. Es aquí donde localizamos a tres involucrados en y con los “diseños”: el arquitecto, el usuario (quien va a ocupar el espacio diseñado) y el que lo va a materializar (constructor).

⁶ Cálculo realizado con base en el estudio realizado por Marco Abanto Rodríguez, de la Universidad Particular Antenor Orrego de Perú. (Rodríguez, 2014)

El que yo pretendo enfocar es el primero, es decir el arquitecto, quien va a ocasionar que la edificación cause un mayor impacto en la producción de residuos. Por ejemplo, si el arquitecto proyecta una correcta instalación de agua en una casa-habitación, separando las grises y las negras, el usuario de ésta casa habitación no tendrá que almacenar en cubetas (como alguna vez se sugirió en una campaña televisiva) el agua corriente de la regadera para su reutilización, sino que va a separarlas, quizá sin saberlo.

Es importante informar desde la formación en el pregrado y aún por medio de la educación continua a los profesionistas encargados del Diseño, acerca de las nuevas tecnologías y materiales existentes para que ellos mismos se convenzan de utilizarlos e incluso, de promoverlos. Es increíble que en esta época se sigan mezclando aguas grises, negras y de lluvia en los drenajes.

El diseño arquitectónico es hoy en día promotor de la utilización irracional de los materiales, se ha enfocado en la utilización de materiales efímeros que, con el paso del tiempo, se desechan y se renuevan por otros incluso más efímeros o menos duraderos. Sólo hay que ver los lugares de "moda" para constatar esto. Hay algunos lugares de diversión que por regla se remodelan cada año, porque a la gente que los frecuenta le aburren después de un determinado tiempo, luego de la remodelación, inauguran y tienen más clientes intrigados por la nueva imagen del lugar, con el paso de los meses, los clientes lo dejan de frecuentar. En estas construcciones emplean materiales efímeros porque no quieren invertir mucho dinero en algo que sólo es una escenografía temporal.

Debemos volver al concepto original del diseño según Victor Margolin: "aquél que resuelve problemas y promueve el bienestar de la humanidad" (Knight, 2009)

La cultura progresista ha causado que exista un pensamiento de diseños efímeros con la consecuente creación de materiales efímeros, es decir, sólo por un tiempo se emplean materiales cargados de significados por campañas fuertes de mediatización de su uso.

El diseño no depende de los materiales, pero sí es el creador de un sinnúmero de usos que se le pueden dar a los materiales.

En el campo del diseño industrial ya se atienden estos problemas, pero en el del diseño arquitectónico se continúa trabajando de la misma manera que desde hace varias décadas, no se han innovado los sistemas constructivos para ocupar mejores materiales, se han concretado a desarrollar la bioclimática. Los clientes quieren diseños amigables con el medio ambiente, pero el arquitecto no ha sido capaz de ofrecérselo todavía en una verdadera relación simbiótica entre la casa y el medio.

El beneficio comunitario (McKenzie-More, 2006), es una de las razones de peso que hacen cambiar actitudes en el sentido sostenible. Y si además el responsable del diseño

provoca éstos cambios desde su origen, podemos cerrar el círculo. Si bien, la información tiene un papel importante, no es sino la implementación de ciertas acciones lo que traerá cambios en el cuidado del medio ambiente.

Si desde temprana formación se les hace saber a los futuros arquitectos las consecuencias de actos que, como el diseño, parecerían inocuos pero no lo son, comprenderían qué tan corresponsables serían en la erosión de la tierra, el exceso de emisiones a la atmósfera y el deterioro de los ecosistemas.

Sabemos que existen diversos criterios para definir una acción como “ecológica”, pero ¿qué es en realidad aquello que se puede sustentar por sí mismo durante millones de años? Veamos desde el punto de vista bio-lógico algunos aspectos de la naturaleza, que debe tener su experiencia.

He enumerado los principales materiales que se emplean en el diseño arquitectónico para ver su manejo y su correcta utilización, para proponer un empleo bio-lógico del mismo material. Hay diferentes corrientes de acciones para lograr un menor deterioro al medio ambiente. Uno de ellos es la llamada “ecoeficiencia” que trata principalmente de hacer más con menos recursos. Sin embargo, en el artículo de “Diseño Ecoeficiente de Envases y Embalajes No Reutilizables” (J. G. Filippone, 2005), se hace una evaluación de un producto muy simple: una botella. Se inspiran en la desmaterialización y aplican criterios de ecoeficiencia, dando como resultado, que una simple botella fabricada en PET resulta más ecoeficiente que la de vidrio, pues utiliza sustancialmente menos material que ésta última, pero ¿será ese el camino? Recuerdo mi niñez, cuando no había botellas de PET, había que llevar las botellas de vidrio de regreso a la tienda para que las enviaran a la planta refresquera y ahí se lavaran y se “reutilizaran”. Esto formaba un ciclo. Ahora las botellas son desechadas, en ocasiones irresponsablemente, y están causando mucho daño, ahora no cumplen un ciclo.

La cantidad extraordinaria de materia transformada en objetos durante las últimas décadas y la terca persistencia de algunos de sus componentes por no incorporarse a la naturaleza, se suman a la indiferencia generalizada por responsabilizarse del problema; todo ello satura de basura el espacio y contamina el hábitat sin solución inmediata (Martín Juez, 2002).

En este sentido, un diseño ecoeficiente podría consistir en una mejor disposición de los espacios, ocupando el menor número de materiales, pero también el diseño ecoeficiente debería ser consciente de las características del material que se propone y su potencial, además de otros posibles usos al final de un uso específico.

Por otro lado, existe el “diseño verde” el cual pretende hacer que todos los proyectos empleen sistemas (aunque sean costosos) de ahorro de energía o recursos. El “diseño verde” pierde de vista el verdadero objetivo, que es preservar los recursos, también los económicos y no sólo respetar lo ecológico.

Esto me llevó a reflexionar acerca de lo que en realidad queremos para nuestro planeta. Sin duda, podríamos considerar al mismo planeta como nuestro instructor, si lo aprendemos a escuchar, él mismo nos dice lo que espera de nosotros. El planeta lleva varios millones de años llevando encima todo tipo de seres y regulando sus relaciones sin sufrir por ello, así que podríamos deducir que sabe qué hacer y cómo hacerlo. Es así que me he decidido por la biomimesis como guía para establecer algunos criterios de ciclicidad aplicables al diseño arquitectónico.

Si bien es cierto, como lo menciona Víctor Manuel Toledo en su libro "Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México" (Toledo, 2006), que los experimentos ecológicos pueden tardar muchos años en llevarse a cabo y quizás no tenemos tanto tiempo como para ponernos a experimentar, dado que las catástrofes naturales ya se están presentando y cada vez con más frecuencia, son las acciones las que ya se deben estar llevando a cabo de una manera responsable y continua, buscando como finalidad la conservación de los ciclos que nuestro planeta había estado llevando a cabo durante siglos y que en éstos días hemos logrado romper, para desgracia de muchos de sus habitantes.

Preocupados por la disociación entre la comunidad científica y los aconteceres sociales, éste autor nos abre la puerta hacia el interés en la correcta aplicación del conocimiento científico en un área holística, puesto que el saber científico que se desarrolla en el laboratorio, como un suceso aislado, normalmente está muy lejos de lo que sucede en la realidad.

El primer paso es reconocer el daño ecológico, para tratar de frenarlo, pero dado que el daño obedece a múltiples factores, cada disciplina debe poner lo que esté de su parte para contrarrestar los efectos dañinos de la misma.

Es así, que en el área de diseño arquitectónico se observan en la actualidad tres grandes avenidas: la de la energía y los recursos que se emplean en los sistemas productivos o constructivos de los materiales y espacios construidos, la del consumo energético y de recursos de la propia edificación en uso y la tercera, la disposición final de los desechos o materiales una vez que el objeto arquitectónico no tenga más la función para la que se le creó y deba ser destruido o mejor que eso, modificado para otro uso. Y además de ellos, se deberían tomar en cuenta los siguientes puntos:

- El diseño arquitectónico con amplio conocimiento de materiales.
- El potencial de los materiales.
- Manejo de desechos de construcción.

Es así que podemos comenzar a analizar lo que son los ciclos biológicos y energéticos que se encuentran en el anexo 2 para poder hacer un análisis objetivo con estos criterios.

Es de todos conocido, por ejemplo, el caso de la destrucción que está sufriendo la capa de ozono del planeta. Si bien, el mismo planeta es capaz de reconstruirla, el daño que le causa el ser humano con sus actividades que contaminan la atmósfera con CFC's (clorofluorocarbonos), contenidos en solventes, aerosoles, refrigerantes, etc. es mucho mayor que la capacidad que tiene el planeta de regenerarla. El CFC permanece durante unos dos años en las capas altas de la atmósfera donde se encuentra el ozono. Al incidir la luz sobre la molécula de CFC, se libera un átomo de cloro con un electrón libre, denominado radical cloro, muy reactivo y con gran afinidad por el ozono, rompiendo la molécula de éste último. Para tener una idea de su efecto, basta un solo átomo de CFC para destruir 100,000 moléculas de ozono y su permanencia en la atmósfera fluctúa entre 75 y 120 años (SIMAT).

De entre los materiales que dañan la capa de ozono tenemos:

- Derivados del petróleo, de entre ellos los plásticos como el poliestireno expandido (unicel y styrofoam), por la emisión de CFC.
- Bióxido de carbono producido por la quema de hornos (vidrio, acero, aluminio).
- Bióxido de carbono producido por cementeras.

En el caso del suelo sucede algo similar. No es de extrañarse que la superficie aprovechable para cultivos sea cada vez menor ni que la superficie de áreas verdes disminuya drásticamente año con año. Si hiciéramos las cosas como la naturaleza las ha venido haciendo durante millones de años, esto no estaría sucediendo, ejemplos de esto encontramos en las manchas urbanas que se convierten en zonas grises, inhóspitas cubiertas de asfalto, el caso contrario lo encontramos en ciudades como Vancouver, que conservan el bosque dentro de su ciudad.

Si bien la tierra también tiene ciclos y hay quienes piensan que el calentamiento global es una consecuencia de uno de ellos, hay que reconocer que somos los seres humanos quienes estamos ocasionando mucho daño a las diversas especies que habitan en nuestro planeta, incluyéndonos a nosotros mismos.

En el campo de la arquitectura, si seguimos construyendo sin límites, sin respetar áreas de permeabilidad y recuperación de mantos freáticos, sin respetar a las especies de animales y plantas que viven en el ecosistema y en pocas palabras, sin respeto ni promoción de la vida, no estamos actuando como la naturaleza; hagamos una arquitectura que se integre con el ecosistema, pues somos parte de él, dejemos de pelearnos con el entorno y volvámonos a integrar a él, pues somos parte de él, aunque nos creamos algo superior y separado, no podemos ir en contra de nuestra naturaleza porque iríamos en contra de nosotros mismos.

Y aunque es un solo punto el que propongo, creo que es importante siempre conocer los materiales de que disponemos para construir y hacer una selección consciente, natural, económica y socialmente congruente para nuestra sociedad y nuestro ecosistema.

– Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno que se produce al existir en la atmósfera una serie de partículas que, por así decirlo, retienen los rayos solares que de otra manera saldrían reflejados por la tierra hacia el espacio exterior. Este efecto hace que la temperatura del planeta se incremente y es un fenómeno natural, que afecta a todos los cuerpos celestes con atmósfera y en el caso de nuestro planeta, es el responsable de mantener temperaturas agradables, propias para el desarrollo de la vida. El caso es que según algunos científicos, el planeta tierra ha rebasado los parámetros que se considerarían normales. Esto se debe a que hay demasiadas partículas suspendidas en nuestra atmósfera. Las partículas suspendidas se miden en partes por millón (ppm) y representan el número de contaminantes por cada millón de partes de aire puro. Se dice que estabilizar a 450 ppm los gases de efecto invernadero evitaría elevar 2°C la temperatura del planeta. Así de importante es este factor, por ello muchos científicos aseguran que los gases tienen un importante papel en el calentamiento global.

Es por ello que debemos atender la ciclicidad de los gases, para que no permanezcan suspendidos en la atmósfera del planeta.

• RESILIENCIA: UNA CAPACIDAD EXCEDIDA.

El planeta tiene una capacidad de resiliencia, esto es, la capacidad de sanar sus "heridas". Sabemos que desde hace millones de años, el planeta ha estado cambiando y estos cambios no han parado, aunque tenemos 10,000 años de una relativa estabilidad.

En teoría, de acuerdo con Johan Rockström, esta estabilidad debería continuar por miles de años más, pero la actividad humana está acelerando el fin de este periodo (Rockström, 2010).

Dado que el planeta se rige por procesos no lineales, caóticos e interdependientes, modificar uno de sus aspectos puede tener repercusiones en otro. Según Rockström, rebasar ciertos límites puede hacer que este proceso equilibrado se rompa de manera irreversible. Es por ello, que define unos límites, que son difíciles de definir porque sabemos que en la naturaleza muchos procesos se traslapan, pero hay algunos datos relativamente medibles, como las emisiones, la biodiversidad, etc. Es así, que define nueve límites planetarios como sigue:

- ↗ cambio climático
- ↗ Rango de pérdida de la biodiversidad (terrestre y marina)
- ↗ Interferencia con los ciclos de carbono y nitrógeno.
- ↗ Destrucción de la capa de ozono
- ↗ Acidificación de los océanos
- ↗ Uso del agua potable en el planeta
- ↗ Cambios en el uso de la tierra
- ↗ Contaminación química
- ↗ Depósito de aerosoles en la atmósfera

El autor propone que cuidando de no rebasar ciertos parámetros dentro de estos límites nos permitiría tener un planeta sano. Estos límites incluyen necesariamente las actividades humanas, pero dentro de ciertos límites.

Siguiendo algunos lineamientos bio-lógicos, podemos conseguir que esto se convierta en una filosofía de diseño, que ponga por encima de todo la preservación y continuidad de la vida y todo lo demás se vea beneficiado de ello. Por ejemplo: si logramos reducir los desechos y emisiones industriales de la construcción, tendremos más espacios naturales para que se sigan dando los ciclos de la naturaleza; si logramos tener ciudades más parecidas al entorno natural se preservarán especies animales y vegetales, que formarán parte de alguna cadena alimenticia de otros seres con los que cohabitamos. Estos beneficios impactarán directamente a la economía: si no hay escasez, los precios de los alimentos no tienen por qué subir y una sociedad que satisfaga sus necesidades de alimentación puede dedicarse a resolver otras cuestiones como la educación o la democracia.

Puede sonar muy simple, pero la realidad es que el diseño bio-lógico es rentable, al producir uno mismo muchos de los satisfactores de su vida, depende mucho menos de la explotación de los recursos, cerramos ciclos importantes sin producir desechos peligrosos, sin alterar el medio ambiente y el entorno. Así era hace algunos cientos de años, ¿por qué cambiamos?

En definitiva, una sociedad bien alimentada, educada y responsable, que no deje huella de su paso y se sienta integrada con el mundo natural será también una sociedad que deje un lugar digno a las generaciones que han de venir de humanos y de otras especies.

No estoy planteando que todos los problemas se solucionen con el diseño bio-lógico, pero una buena parte de ellos pueden disminuir o hasta desaparecer si tomamos la responsabilidad en nuestras manos y enseñamos a las generaciones de futuros profesionistas criterios de diseño arquitectónico con base en la biología, por lo menos en lo que al uso de materiales concierne.

vi. ¿DISEÑO BIO-LÓGICO O SOSTENIBLE?

Una de las tareas importantes de cualquier investigación es aclarar la terminología que se va a emplear en el documento, para evitar confusiones o malos entendidos. En el anexo 1 se encontrarán las definiciones relativas al tema, sin embargo, considero importante aclarar aquí algunos puntos. Comenzaré por definir someramente lo que es el diseño: la palabra proviene del término italiano *designare*, que significa designar, dibujar. Deriva de la palabra latina *designare*, que significa marcar. Designar es a su vez, el acto de dar anticipadamente a los espacios un sentido, un uso, una forma determinada para realizar una función, ya sea por medio de un dibujo, una maqueta, etc., de acuerdo a necesidades o requerimientos de los usuarios. Victor Papanek lo define como "el esfuerzo consciente e intuitivo de imponer un orden significativo" (Papanek, 1984).

Sin embargo en nuestros tiempos el diseño se entiende como una manera de crear cosas bellas, con buen gusto, con apego a una estética determinada. Sobre todo en el ámbito de la arquitectura, se le ha visto como una fórmula muy exitosa de vender edificaciones. Independientemente de si la obra es útil, necesaria o no, se ofertan espacios con la esperanza de que todos lo deseen poseer y así, al precio que sea, lo adquieran. John Tackara, aclara que el diseño no es sólo proveer de una cara bonita a las cosas, "diseño es además la forma en que las cosas se utilizan, cómo son dedicadas al mundo y la manera en que son producidas" (Knight, 2009).

Uno de los términos que más suenan y al mismo tiempo, que nadie sabe bien a bien qué significa, es precisamente el de "SOSTENIBLE". Pauline Madge, ha investigado ya desde hace décadas, cómo el término "Diseño", asociado con cualquier clase de adjetivo, ha cambiado con el paso de los años y nos muestra las sutiles diferencias que existen entre ellos, como se menciona en el anexo 1 (Madge, 1993).

Los términos empleados en el campo del diseño ecológico, responsable, económica y socialmente viables son muy confusos en nuestros días, al parecer, el término fue creado con el fin de que en su ambigüedad, todo cupiera y a la vez nada se explicara, como explica José Naredo en el análisis que hace de la terminología de "desarrollo sostenible"; el Club de Roma, en la década de los 80, advirtió que de seguir por el camino del "desarrollo" podrían desatarse varios problemas ambientales serios. Su aseveración causó revuelo de tal manera, que en su siguiente publicación se retractaron y disfrazaron la realidad en un sentido más conformista. En palabras de Naredo: "permitió contentar a todo el mundo siendo un precioso regalo para los políticos, que pasaron a enarbolarlo con profusión, sin preocuparse de aclarar su contenido" (Naredo, 2001). Así, los políticos y economistas alegaban que los aspectos económicos ahora se tomaban en cuenta, siendo un mero discurso populista.

Sin embargo, como pretendo apoyar mis investigaciones en la biología en el entendido de que una de las máximas de la biología es "que la vida conduce a la vida", he querido

agregar el prefijo BIO-, a la palabra "LÓGICO" ya que pretendo seguir los lineamientos de la naturaleza que conducen a la vida que siempre actúa de una manera lógica, sin contradicciones aplicadas en el diseño, sin dejar de lado el componente social y ecológico que le confiere el término sostenible, pero sin abarcar el término económico en su totalidad, por razones que serán expuestas después. Por lo tanto, emplearé el término de DISEÑO BIO-LÓGICO, ya que en el término "sostenible" tampoco está tomada en cuenta la conservación de la vida en todas sus manifestaciones.

Pretender que todo el diseño arquitectónico sea sostenible es algo que parece fuera del alcance de los arquitectos, sobre todo cuando el componente económico entra en juego: en ocasiones pensamos que el diseño ecológico es caro, lo que lo deja fuera de cualquier competencia. Sin embargo, nada más falso, ya que, sin afán de ser fatalista, los recursos que explotamos y la gran cantidad de desperdicios que generamos, tarde o temprano ocasionarán una escasez de alimentos y otros recursos que a la larga harán de este planeta, un lugar muy difícil para vivir. Y me refiero a la vida de todos los seres, no sólo de los humanos.

Kenneth E. Boulding, lo expresó de la siguiente manera en 1978:

"Para que la especie humana sobreviva tiene que desarrollar una economía cíclica en la que todos los materiales se obtengan de los grandes depósitos (aire, suelo y mar) y se devuelvan a ellos, y todo el proceso se mueva por energía solar".

Y no sólo se trata de la economía, sino de todas las actividades humanas. Es así, que el diseño arquitectónico no puede ni debe estar peleado con la sostenibilidad, el diseño es un proceso creativo que ha llevado al ser humano a procurar resolver muchas necesidades de todo tipo, desde las cotidianas, hasta las más complejas. Se trata no sólo de poner las cosas en su debido lugar, sino más bien de darles su debido valor.

El diseño arquitectónico es una forma de pensar y actuar, para lo cual debemos incorporar dos criterios que no están contrapuestos con los procesos creativos para que llevemos a cabo un mejor diseño:

- el biológico, estando al tanto de los materiales que se ocupan en la construcción de un espacio arquitectónico, al tanto de su gasto energético, que incluye los desperdicios que se generan en sus procesos de construcción,
- y el social, ya que debemos responder a las necesidades y realidades de una sociedad cambiante, que si bien, sigue teniendo carencias que solventar, son cada vez diferentes y nuevas las necesidades a las que se enfrenta, algunas de ellas, como la significación, creadas por la mercadotecnia y las políticas públicas corruptas, frías y ambiciosas que son capaces de permitir la explotación de la gente de países lejanos y los tratos injustos a quienes decidan tener empleos de calidad.

Muchas acciones no están en manos de los arquitectos, pero como proyectistas, tenemos la capacidad de prever la forma de dotar a la gente con obras de calidad, que estén acorde con sus necesidades, que no alteren los ecosistemas, que sus desperdicios no sean mayores que la obra misma, que tengan un precio accesible y justo, con una visión ética y responsable, en otras palabras, diseños arquitectónicos socialmente responsables ecológicos, económicos, teniendo una visión holística en cuanto al uso de los materiales.

El profesor Jorge Riechmann lo refiere por su lado como “una reinserción de los sistemas humanos dentro de los sistemas naturales”. Nos dice que los ecosistemas naturales funcionan a partir de ciclos cerrados de materia, movidos por la energía del sol (Riechmann, 2003).

Riechmann menciona cinco principios básicos de sostenibilidad que son:

1. Vivir del sol como fuente energética.
2. Cerrar los ciclos de materiales.
3. No transportar demasiado lejos los materiales.
4. Evitar los xenobióticos como los COP, OMG (organismos transgénicos)
5. Respetar la diversidad.

Riechmann mismo piensa que la definición de sustentabilidad o sostenibilidad está carente de un componente más universal, ya que sólo se refieren a los seres humanos y no al resto de los seres vivos con quienes compartimos este planeta. Para ello son básicos dos requisitos:

1. Respetar los límites, es decir, que nuestras actividades no rebasen los límites de regeneración del planeta.
2. Pensar en el mañana, referente a que dejemos a las generaciones venideras un planeta habitable.

No es la biología la única ciencia que avanza por los caminos de la sostenibilidad, de hecho, otras ciencias van mucho más avanzadas, pero según el físico Fritjof Capra, es precisamente la física la ciencia que mayormente contribuye a la visión de la vida sostenible, ya que: “La ecología es intrínsecamente multidisciplinar porque los ecosistemas conectan el mundo vivo con el inorgánico. La ecología, por tanto, no es propia sólo de la biología, sino también de otras muchas ciencias, incluyendo la termodinámica y otras ramas de la física. El flujo energético, en particular, es un importante principio de la ecología, y el desafío de pasar de utilizar combustibles fósiles a fuentes de energías renovables es un campo en el que los físicos pueden hacer contribuciones muy significativas” (Capra, 2007).

- **LO CÍCLICO: UN CÍRCULO DE VIDA.**

Dado que será el punto central de esta investigación, quiero recalcar su significado y su importancia para los campos del diseño arquitectónico.

La palabra ciclo proviene del latín *cyclus*, y este del griego *κύκλος*, que significa círculo. La Real Academia de la Lengua Española lo define como "Serie de fases por las que pasa un fenómeno periódico". Esto es, que transcurrido un cierto tiempo el estado en el que se encontraban las cosas o los sistemas vuelve a su estado inicial.

Quiero apuntar las diversas definiciones que hay de los ciclos, donde el más importante es el de la vida, pero no es el único, ya que la vida está sujeta y depende de los ciclos que presentan muchos otros elementos en la naturaleza, como el agua, el oxígeno o el carbono. En el anexo 2 se encuentran las descripciones de estos ciclos.

– **CICLO DE VIDA.**

El Ciclo de Vida se asocia según el área de estudio, a diferentes significados, por ejemplo: en biología se refiere a la sucesión generacional de las especies, es decir, a las fases de reproducción celular, principalmente. Las ciencias naturales consideran grosso modo cuatro fases en el ciclo de vida, conocidas como: nacer, crecer, reproducirse y morir. La mayoría de los seres vivos conocidos están regidos por ese ciclo, insertos en diferentes ecosistemas, de los cuales forman parte importante y todo se organiza para la subsistencia común. Los seres vivos se transforman en cada etapa que van pasando, de manera que se preparan para pasar a la siguiente fase. Sólo por hablar de tamaño, la cría tiene el tamaño que le permite permanecer en el vientre hasta nacer y los adultos adquieren el tamaño para al fin poderse reproducir y a su vez, engendrar una nueva generación.

Para la mercadotecnia el concepto es radicalmente diferente, el ciclo de vida se refiere al tiempo en que un objeto permanece en el mercado, desde su introducción hasta su salida. Se representa por la campana de Gauss, donde el punto más alto es en el cual el producto genera las mayores ganancias y es más rentable, por los niveles de producción en serie que abaratan costos y los máximos niveles de ventas.

Desde el punto de vista medioambiental, el concepto de ciclo de vida es mucho más amplio. Tiene mucho que ver con el impacto ambiental de la fabricación (producción o construcción y materias primas), el uso del objeto de diseño y su disposición final.

En el diseño industrial y la ingeniería existe el análisis del ciclo de vida del objeto, que cada vez se ha vuelto más complejo, ya que tiene más y más variables que analizar. El objetivo es evaluar la manera en que desde la extracción de la materia prima, el proceso de fabricación o construcción, la función del objeto creado, su mantenimiento y su fin, afectan al ambiente en cuanto a emisiones de CO₂, contaminación de agua, residuos,

etc. Se toman en cuenta factores como el transporte de materia prima y de productos, su envase, el consumo y los desechos que genera la obra en sí y en lo que se convierten al final de su vida útil.

Los estudios de LCA (life cycle analysis), por sus siglas en inglés, nos dan como respuesta qué objeto afecta más al ambiente y cuál lo hace menos. No se evalúa el daño que hacen las emisiones, porque estas pueden presentarse en ambientes muy diferentes, se concentra en los objetos y sus procesos.

En el campo del diseño arquitectónico, ciclo de vida se refiere al tiempo que transcurre desde que un proyecto es concebido mental y gráficamente, proyectualmente, pasando por su realización (obra), su uso, modificaciones, reúso, el abandono y demolición. Este ciclo de vida depende de muchos factores, de entre ellos: el estilo arquitectónico, el cambio de uso de suelo, el cambio en el uso del espacio, el no mantenimiento o deterioro, el cambio de propietario, cambios climáticos, etc.

El punto más alto en el ciclo de vida de las edificaciones, es cuando se llevan a cabo las actividades para las que se diseñó, es decir, cuando se lleva a cabo la unión entre la actividad humana y el espacio construido; a diferencia de lo que para las otras disciplinas significa, en la arquitectura, el ciclo de vida no tiene nada que ver con la producción en serie, ni las ventas, ni sus materiales, ya que si los materiales se deterioran, se llevan a cabo restauraciones para que la actividad no se interrumpa en los espacios. Las edificaciones se mantienen mientras sirvan para que se lleven a cabo actividades, de lo contrario, se abandonan y rápidamente se arruinan.

Sin embargo, ampliando más los criterios en la arquitectura, hay que tomar en cuenta factores como la extracción de la materia prima, la fabricación del material de construcción, su transporte, el proceso de construcción, los recursos materiales, humanos y energéticos que consume antes de que la obra se comience a habitar, lo que se ocupa en uso, en las modificaciones que pudiera sufrir y hasta en la energía que se requiere para su demolición, el transporte de escombros y su disposición final.

Analizando los resultados que el Análisis de Ciclo de Vida arroja, podemos ver que no toma en cuenta los costos humanos. Por ejemplo, Alison Knight en su artículo "Hidden Histories" menciona un ejemplo con el algodón: Estados Unidos es un gran productor, pero como su manufactura es muy costosa, envía la materia prima a China para que sea convertida en tela y posteriormente en ropa. Estados Unidos puede ser competitivo en la venta de algodón gracias a un subsidio gubernamental, lo que causa que para los demás países la producción de algodón no sea competitiva y prefieran importarlo desde los Estados Unidos que cultivarlo y cosecharlo en sus países como modo de vida. (Knight, 2009)

Adicional a esto, el Análisis de Ciclo de Vida no toma en cuenta al material mismo, puesto que si comparamos un kilo de fibra de poliéster con uno de algodón, resulta que

la cantidad de energía para producir poliéster es de 171.5 mega Joules contra 140.1 del algodón. Petróleo y gas empleados para el poliéster: 1.5 Kg contra cero del algodón. Sin embargo, el algodón requiere 457 g de fertilizante y 16 g de pesticidas comparado con cero para el poliéster. Las emisiones producidas por la fabricación de poliéster son de 3.8 Kg de CO₂, 0.2 g de dióxido de azufre comparado con 5.3 y 4 para el algodón. Por último, el poliéster consume 1,900 litros de agua contra 26,700 del algodón (Knight, 2009).

Ahora bien, debemos tener criterio para interpretar estos datos, por ejemplo, las plantas consumen una gran cantidad de agua, pero no significa que la contaminen, a diferencia del agua que se utiliza en la producción de poliéster, que se contamina con partículas que no la deja en calidad de potable. Es cierto también que los fertilizantes contaminan el agua, que los arrastra consigo a su paso hacia capas más profundas de la tierra, pero hablando técnicamente, las plantas no los requieren para crecer, el humano sí.

Pero hay otro criterio que nos centra más en la relación que tienen los objetos diseñados con el ambiente y es el de su "Historia de vida". La historia de vida de un objeto diseñado, representa, según el Dr. Fernando Martín Juez, cada una de las etapas por las que pasa ese diseño en relación con cómo se le vive. Esto quiere decir, que si no hay una persona que le dé sentido a ese diseño, éste pierde su esencia y significado. Es decir, aquí entra en juego el ser humano que "vive" el diseño. Es por eso que perdemos la visión total y cíclica del proceso, porque sólo vemos la parte que nos toca vivirlo, no la que lo originó ni la que le siguió, sólo la que se relaciona con el ser humano, no con el planeta y la naturaleza.

En la arquitectura, los primeros actores en el ciclo de vida pensamos que son precisamente los arquitectos, desde el momento en que se tiene un terreno y se proyecta lo que habrá de edificarse ahí. Se pasa también por varias etapas no siempre llevadas a cabo por el mismo arquitecto, sino por otros, es decir, hay arquitectos que se dedican al dibujo, otros al diseño, a los costos y presupuestos, a la compra de materiales, a la supervisión de obra, al control de obra y hasta a la mercadotecnia, por lo que el arquitecto actual se ha hiperespecializado dentro de su propio campo de trabajo. Por lo tanto, en el campo del diseño arquitectónico el problema no es cómo se vive el diseño arquitectónico, sino cómo se entiende, es decir, no hay una comprensión ecológica, holística de todos los factores que intervienen en el diseño, en especial de los materiales. Los arquitectos ven los materiales como piezas de un rompecabezas para construir un objeto arquitectónico, los materiales en su conjunto los ayudan a construir lo que quieren expresar, ignorando o desdeñando el daño ecológico que ocasiona la elaboración de determinados materiales así como el ciclo de vida de los mismos y lo peor, si no vemos el estado deplorable de las condiciones de trabajo de la gente de obra, menos vamos a visualizar las condiciones de trabajo que se encuentran los obreros que se dedican en minas, cementeras o aserraderos, a la elaboración de los materiales de construcción.

Aunque el ser humano debe ser el centro de nuestra actividad, debemos dejar espacio a los demás seres con los que compartimos nuestro espacio, porque a ellos también los están afectando nuestras acciones. Esta es una parte medular del proceso de diseño: comprender y no perder de vista para quién estamos diseñando, ya que, como hemos visto, el ser humano es un ser cambiante y dinámico y queremos que viva en un espacio limitado, estático y permanente y no debemos perder de vista su entorno y el de los demás seres vivos.

- **SOCIEDAD BIOLÓGICA, LO INDIVISIBLE ENTRE EL HUMANO Y LA NATURALEZA.**

Siempre se ha pensado que la sociedad desarrollada es aquella que está más industrializada, aquella con más avances tecnológicos, aquella que tiene más dinero; sin embargo, el resultado de estos “avances” tecnológicos ha traído como consecuencia una gran pérdida en los ecosistemas, en la biodiversidad y en la sociedad. Ni siquiera las sociedades con mejores ingresos per cápita demuestran ser las más felices. Y cómo serlo, cuando que actividades como la cacería y la deforestación son todavía prácticas comunes para muchas personas por todo el mundo. Sólo algunas muestras de ello, donde voraces jefes de estado se han dedicado a explotar sus colonias en África, Asia y América trayendo como consecuencia la desaparición de muchas especies de plantas y animales que tenían un papel definido dentro de un ecosistema pueden hacer que los afectados sufran las consecuencias, desplazándolos de sus hogares, privándolos de muchos recursos.

Debemos entender la naturaleza de la sociedad y observarla también como seres naturales que somos: como cualquier especie de seres vivos, buscamos la cercanía con nuestros semejantes y con otras especies diferentes con las que nos hemos acostumbrado a convivir. Ahora bien, existe una diferencia grande que nos hace diferentes de otros seres vivos: la cultura. Existen también diferentes culturas, puesto que las manifestaciones de la cultura obedecen a muy diversos factores: desde la ubicación geográfica, interacción, clima, etc., por lo que cada grupo social desarrolló diferentes formas de actuar, mismas que se transmitieron por generaciones dando origen a las tradiciones; la lengua, las creencias, el arte y hasta la ciencia son manifestaciones de la diversidad cultural.

La Declaración Universal sobre la Diversidad Cultural de la UNESCO, afirma que: “Fuente de intercambios, de innovación y de creatividad, la diversidad cultural es tan necesaria para el género humano como la diversidad biológica para los organismos vivos. En este sentido, constituye el patrimonio común de la humanidad y debe ser reconocida y consolidada en beneficio de las generaciones presentes y futuras”. Más adelante, menciona que “(La diversidad cultural)... es una de las fuentes del desarrollo, entendido no solamente en términos de crecimiento económico, sino también como medio de acceso a una existencia intelectual, afectiva, moral y espiritual satisfactoria” (UNESCO, 2001).

Las sociedades actuales se catalogan según algunos criterios, en urbanas y rurales. Normalmente las sociedades urbanas son las que viven en una ciudad, tienen idealmente infraestructura para satisfacer necesidades primarias (luz, drenaje, alcantarillado, transporte, comercios, servicios de salud, servicios de seguridad, etc.) y hasta algunas necesidades secundarias o superficiales, como internet, televisión por cable, centros recreativos, etc.

Como sociedad urbana hemos perdido la noción de todo lo que se sacrifica en aras del confort y la comodidad. Ahora nos molesta que un insecto se meta en nuestra casa, porque nos puede picar y podemos contraer enfermedades y fumigamos o rociamos insecticidas para ahuyentarlo o eliminarlo. Quizás sólo esté tratando de recuperar su hábitat invadido por los seres humanos.

Los seres humanos hemos dejado de mirar hacia la naturaleza, cambiando la tierra por asfalto, sin darnos cuenta de que en la naturaleza todos los seres vivos conviven, ocupan espacios reducidos, se necesitan los unos a los otros para vivir. Cada organismo (planta, animal) tiene una relación benéfica con los demás, ya sea porque le provee de un lugar para vivir, la sombra o la humedad necesaria para subsistir, de los medios para alimentarse o para asegurar su descendencia. El hombre se ha querido aislar de la naturaleza por protegerse y sólo aprovechar de ella lo que le conviene, la comida, las materias primas, etc.

Antes la naturaleza hacía una selección: el más rápido era el que tenía más posibilidades de sobrevivir, el más fuerte, el más intrépido, pero ahora nuestros estándares han cambiado, en estos días, el más rico, el más poderoso es el que sobrevive, menospreciando su naturaleza y su condición física.

Hemos creído que el conocimiento era la base de la sociedad, la tecnología nuestra arma más competitiva, hemos "diseñado" alimentos y especies incrementando algunas de sus propiedades a expensas de que pudieran a largo plazo ser dañinos para la salud. Creemos que como seres humanos inteligentes no tenemos limitantes para hacer cualquier cosa, incluso, crear seres vivos.

Las sociedades rurales, por su parte, no tienen acceso a tantos servicios como los tenemos quienes vivimos en la ciudad. Y sin embargo, estas sociedades, sin acceso a tanta tecnología, tampoco viven mejor, ni peor. La mayoría de las personas que viven en pobreza extrema pertenecen a estos grupos que contradictoriamente producen todo aquello que nos alimenta y no se enriquecen con ello. Nuestra sociedad se ha vuelto tan compleja, que podemos señalar en dónde están algunas fallas, pero son muy difíciles de soslayar.

Lo peor es que todos somos parte de eso, aunque algunos busquen y luchen por políticas más justas. Me parece que en lo que al diseño concierne, algo justo es comenzar por la educación. Pero una educación fundamentada en valores y reflexiones

éticas, donde el arquitecto no sólo se plantee el qué hacer con su diseño, sino cómo respetar al planeta con ello y al mismo tiempo cómo servir a la sociedad con ello.

En la arquitectura existen diversas vertientes. También es de llamar la atención el bajísimo nivel de vida de la mayoría de los trabajadores de la construcción y el altísimo nivel de vida de los dueños de las constructoras y de los arquitectos "consagrados". A veces pareciera que una preparación profesional enseña más que eso, abre las brechas que separan a quienes realizan las grandes obras diseñadas por uno (que es además quien se lleva todos los créditos, siendo que muchas veces hay todo un equipo detrás de esa persona) y los que la ejecutan. En muchos despachos hay verdaderas separaciones incluso entre los profesionales "famosos" y los empleados de éstos que reciben sueldos bajísimos.

Si esto es lo que les enseñamos a nuestros alumnos, futuros profesionistas, estas serán las consecuencias de esas enseñanzas y desigualdades.

Es aquí donde los homindicadores, desarrollados por el Dr. Martín Juez, toman importancia para ser analizados y sobre todo reflexionados. Sus aplicaciones en la arquitectura nos hacen ver claramente las situaciones de explotación de trabajadores (albañiles, oficiales, hasta los arquitectos mismos) cuyas condiciones de vida no son precisamente las mejores, las ganancias enormes que se reparten entre los dueños de las empresas, las mordidas y sobornos que se reparten para sacar el mayor provecho al proyecto, la calidad de vida de los habitantes de una vivienda de cualquier tipo y la huella ecológica que deja esa edificación en nuestro planeta.

Los nuevos enfoques de la enseñanza de la arquitectura deberían tener en cuenta estos aspectos para lograr que se respeten la naturaleza humana, la dignidad y la diversidad, además de poner especial atención en la educación ambiental.

La sociedad es compleja, acabamos de vivir una crisis financiera mundial basada en fraudes y manipulación, que provocaron despidos masivos y pánico en los círculos financieros y la gente que muere por falta de comida o medicinas en sociedades rurales no causa una nota relevante en ningún diario del planeta. Pero para resolver estos problemas no basta con mirarlos desde nuestros campos de trabajo, sino en conjunto, de una manera transdisciplinaria.

En palabras de Edgar Morin: "Las ciencias humanas tratan del hombre, pero éste no es solamente un ser psíquico y cultural, sino también un ser biológico, y la ciencias humanas están de cierta manera enraizadas en las ciencias biológicas, las cuales están a su vez enraizadas en las ciencias físicas, ninguna de ellas, evidentemente, reductibles la una a la otra. Sin embargo, las ciencias físicas no son el pedestal último y primitivo sobre el que se edifican todas las otras; estas ciencias físicas, por fundamentales que sean, son también ciencias humanas en el sentido que aparecen dentro de una historia humana y de una sociedad humana" (Morin, 1995).

La educación superior debe pues, procurar un beneficio para todos, no sólo para el profesionalista que se está formando, debemos ver más por el bienestar social y eventualmente universal que por el individual. En este sentido, la declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo formulada por la Conferencia Mundial en el año de 1992 y una década después en Johannesburgo, anunciaba el compromiso de muchos jefes de estado en pro de la educación sostenible, en el respeto a la vida y la salud en armonía con la naturaleza.

En diciembre de 2002, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la resolución 57/254 relativa al Decenio de las Naciones Unidas para la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (2005-2014) y designó a la UNESCO como órgano responsable de su promoción (Lazzarini & Motrel, s.f.).

Se han promovido estas políticas en diversos sectores, pero es en los educativos en donde se vuelven imprescindibles. Es la sociedad en conjunto la que debe determinar el alcance del desarrollo sostenible y será una sociedad educada en estos aspectos la que pueda dar la mejor respuesta.

Una sociedad educada ambientalmente, debería ser congruente con su naturaleza y con su condición, respetar su entorno, aprovechándolo y transformándolo sin causar daños que con el tiempo comprometan el bienestar de las futuras generaciones.

Si bien, la UNESCO hace muchos esfuerzos para sentar bases que garanticen el desarrollo de las sociedades, aún falta mucho por hacer. No es necesario desplazarse mucho para encontrarse de frente con la pobreza, porque en todo el mundo existe. Las grandes ciudades con sus centros bursátiles, donde se mueven grandes cantidades de dinero, podrían hacer que países y continentes colapsen como lo que sucedió en Europa dada la crisis de Grecia que desequilibró la economía de la región, estas decisiones se toman a algunas cuerdas de donde la gente está buscando en los basureros algo con lo que pueda subsistir.

Las sociedades son extremadamente complejas, no podemos definir las en su totalidad, pero las hemos estudiado mucho de manera que tratamos de comprenderlas y lo hacemos cada vez mejor.

Sin embargo, aun siendo seres naturales, los humanos no nos sentimos parte de la naturaleza y tampoco nos gusta sentirnos parte de un ciclo. Los temas relativos a la muerte nos son incómodos y ni siquiera pensamos el qué será de nuestros restos al pasar el tiempo, sean incinerados o sepultados. Los ciclos forman parte de nuestra existencia, todos los días nos percatamos de que vivimos un nuevo día, de las estaciones del año, las migraciones, las mareas... pero nosotros pretendemos aislarnos de eso, queremos permanecer para siempre, aunque sea en la mente de nuestros seres queridos.



62 UNESCO

Los ciclos nos agradan porque nos hacen sentirnos seguros, aunque no queramos "reciclarnos" a nosotros mismos. Sin embargo, deberíamos entender que resistirnos a estos ciclos nos está llevando a un enfrentamiento con la naturaleza misma y es la causa de varios problemas, sólo por seguir con el tema de nuestra existencia, los panteones y sepulcros se han convertido en grandes extensiones de tierra o edificaciones "inútiles", costosísimas de adquirir y mantener.

Y desde el punto de vista arquitectónico, las edificaciones son tan caras, en ocasiones a una familia le toma generaciones edificar su casa, como para que siquiera pase por su cabeza la idea de reciclarla.

También los medios de comunicación juegan un papel importante, pues hacen pensar a la gente que su casa es símbolo de prosperidad, de seguridad y hasta lo llamamos "patrimonio", es decir, que será bueno para ellos y para sus hijos. Si bien, esto último no es del todo falso, habría que valorar si es mejor dejar un "patrimonio" inmueble cargado de contaminación y daño al planeta que no dejar nada.

Con el paso del tiempo, las agrupaciones humanas han cambiado de acuerdo con su forma de vivir. Si bien al principio reunirse les permitía llevar a cabo acciones conjuntas como la cacería o la construcción de sitios seguros para vivir, con el paso del tiempo cambiaron de modo tal que aseguraran su supervivencia. Se pasó de agrupaciones pequeñas a unas de cada vez más tamaño, donde se vivía con la explotación de los recursos del sitio, lo cual hizo posible su aprovechamiento para construcción de bienes y la alimentación y hasta el intercambio de productos que otros grupos sociales no tenían o que quizás manufacturaban los primeros mejor que los segundos y por ello los tenían en alta estima.

El intercambio comercial que en algún tiempo comenzara de una manera tan simple se ha convertido en nuestros días en una red compleja donde se toman los recursos de un sitio en donde se obtengan a un buen precio, se manufacturen en un país en donde se pague una mano de obra barata, se transporten en un medio masivo y económico como el marítimo, se importen, se paguen aranceles en el mejor de los casos y se distribuyan en el mercado de mayoristas y comerciantes a detalle.

Las grandes ciudades son consecuencia de la aglomeración que comenzó con la revolución industrial, cuando las fábricas se hicieron más atractivas que el campo y la gente se desplazó con sus familias a donde pudiera tener un trabajo seguro. Con la legislación en materia laboral adquirieron mayor fuerza y el trabajo se convirtió en garantía para la manutención de las familias, por lo que cada vez se hizo más atractivo dejar el riesgo de un campo donde podía o no llover o helarse la cosecha y perderla por lo menos hasta la siguiente temporada y pasar meses de carestía familiar.

Pero lo atractivo de las ciudades no se ha perdido hasta la fecha, y se demuestra en el hecho de que continúan creciendo. Este crecimiento desmesurado ha provocado que el

equilibrio entre la ciudad y el campo (la naturaleza) se haya perdido, provocando, aunque no sea directamente, fenómenos como la inversión térmica o la contaminación ambiental.

A pesar de que son fenómenos graves e irreversibles algunos, muy poca gente ha cambiado sus hábitos de consumo, de transporte o de vivienda. Es por eso que creo que los diseñadores tenemos una gran responsabilidad, pues somos los que hemos puesto en las manos de los consumidores los bienes muebles e inmuebles cuyo uso y desecho está dañando al planeta.

La sociedad y específicamente el ser humano, no deben verse como la punta de la pirámide de las clasificaciones taxonómicas ni jerárquicas desde el punto de vista biológico. Si bien, somos la única especie que está dotada de una capacidad especial de razonamiento que nos ha hecho –para bien o para mal- poder modificar nuestro entorno, manipular genéticamente a otros seres vivos (humanos incluidos), desarrollar ciencia y tecnología, no somos de ninguna manera superiores a otros seres vivos, estamos hechos de los mismos materiales, con la misma estructura.

La organización de la vida según la biología es exactamente la misma para todos los seres vivos, la célula es la organización básica en estructura y función, ella por sí sola realiza actividades de intercambio de información, de alimentación, osmorregulación, metabolismo, autorreproducción y muerte, sea una célula epitelial, una ósea, o de la naturaleza que sea. Cada célula tiene una estructura específica y diferenciada, producto de un origen evolutivo. Todas ellas obedecen leyes físicas y energéticas, que tienden a garantizar la continuidad de la vida, pasando toda su información en los genes.

Los materiales de construcción no son materiales vivos y por eso su composición es diferente, pero como apunta Fritjof Capra, “el mundo orgánico y el inorgánico se encuentran unidos en los ecosistemas” (Capra, 2007).

Que sean inorgánicos no quiere decir que no estén organizados, pero su organización es diferente, sus átomos y moléculas obedecen a leyes físicas y químicas como todas las células, la principal diferencia es que estas últimas tienen vida.

Maturana define la vida con base en esta acción celular:

“La autopoiesis es la capacidad de los seres vivos de que sus moléculas interactúen con todas las de su cuerpo y realicen una función específica, que éstas puedan interactuar con otras moléculas sin cambiar y puedan producir nuevas moléculas idénticas a sí mismas” (Maturana, 2007).

Con esto, Maturana refiere que cuando existe un sistema, cada uno de sus elementos no es en sí mismo, sino en el conjunto del que participa, en la medida en que participa y sólo mientras lo hace. Por lo tanto, una molécula particular es un componente de un

sistema autopoietico sólo en la medida en que participa en la dinámica molecular autopoietica que la constituye y deja de ser un componente de éste apenas deja de participar en esta dinámica. La autopoiesis es la posibilidad de los seres vivos de crear o destruir elementos de su propio sistema, como respuesta a las perturbaciones del medio, permaneciendo invariable y con la capacidad de seguir transmitiendo su información para preservar la vida.

La continuidad de la vida está basada en información heredable en forma de ADN. Todas las células lo contienen, trayendo consigo un "paquete" llamado "gen" que se combina y hasta se autorregula, en caso de tener algún defecto. En los seres vivos encontramos que por lo general, las estructuras biológicas tienen más de una función simultánea, de manera que el ADN, además de llevar información, reparar y estructurar:

- Ahorra energía
- Ahorra espacio
- Aprovecha al máximo los materiales

En nuestro organismo, al igual que en los de todos los seres vivos, se llevan a cabo interacciones a todos los niveles, en cada órgano, en cada célula. Lo mismo en una unidad celular que en un conjunto que realice funciones complejas. La propiedad de asociarse se conoce como auto-ensamblaje.

Los elementos con los que se componen casi todos los seres vivos que conocemos (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Fósforo) se encuentran formando acomodos diferentes que son los que ocasionan los diversos comportamientos en los sistemas (Ingber, 1998).

Parece increíble cómo en la naturaleza, los materiales de "construcción" son los mismos para formas y funciones tan variadas. Con tan sólo 4 polímeros se da una diversidad de formas, colores y materiales. Los seres humanos tenemos más de 500 polímeros y no tenemos diseños tan hermosos y funcionales como los que encontramos en la naturaleza.

Los materiales de construcción están también formados por átomos, arreglados en moléculas muy variadas, que dan origen a los elementos. Se dice que hay 92 clases naturales de átomos, más 11 artificiales. La materia está formada por diferentes clases de átomos y recibe el nombre de compuesto, o lo que nosotros conocemos en nuestra disciplina como material (Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", 2012).

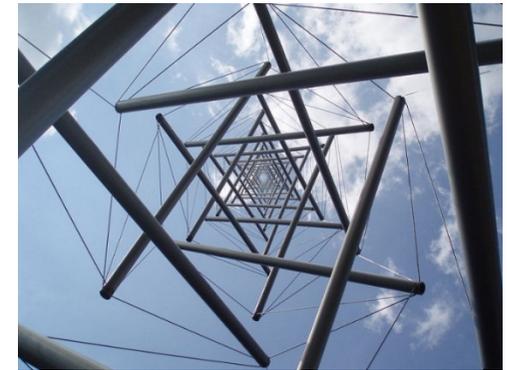
Dependiendo de esos arreglos, adquieren propiedades específicas, que están directamente relacionadas con su arreglo. Es así, que tenemos materiales resistentes, elásticos, conductores térmicos y de electricidad, higroscópicos, duros, blandos, etc., que por sus propiedades son capaces de realizar más de una función por ejemplo, sostener y aislar.

En la arquitectura generalmente un elemento sirve para pocas funciones a la vez, mientras que en la naturaleza un elemento sirve para muchas: no sólo para estructurar, sino para conducir recursos, para termorregular, para colorear y hasta aromatizar, es por eso que deberíamos buscar que el empleo de materiales se parezca más a los arreglos de la naturaleza.

Respecto a la estructura de los materiales, conviene conocer el término "tensegridad", porque cada uno tiene una diferente forma de trabajar a tensión.

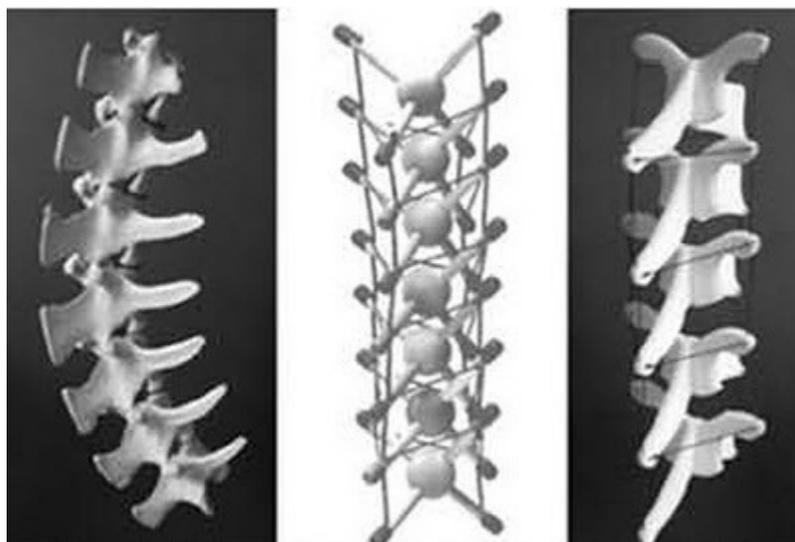
La paternidad del neologismo "tensegridad" del inglés "tensegrity", contracción de "tensional integrity", pertenece al arquitecto y visionario estadounidense Richard Buckminster Fuller, creador de los domos geodésicos y primer teórico de la tensegridad. En 1929 Fuller explora un nuevo principio estructural separando los elementos en compresión de los elementos en tensión, oponiéndose en eso a los sistemas convencionales tributarios de una compresión continua por acción de la gravedad para asegurar su estabilidad.

Las primeras estructuras de tensegridad con barras y cables nacen a los fines de los años 40 de la mente y de las manos de un alumno de Fuller, el escultor Kenneth Snelson. En Francia, simultáneamente y en forma independiente, el arquitecto David Georges Emmerich elabora estructuras similares que llama "autotensoras" (Mégret, 2004).



63 Needle Tower de Kenneth Snelson

La tensegridad explica cómo se mantiene a los elementos en un equilibrio de fuerzas, es decir, hay fuerzas de tensión y compresión a distintos niveles trabajando en todos los elementos físicos del universo, desde celulares, pasando por nuestros huesos, hasta estructuras geodésicas y fuerzas en el universo, pero para equilibrar sus fuerzas y no estén continuamente estresados o flojos, mantienen una estabilidad mecánica.



64 Tensegridad en la columna vertebral.

Un ejemplo de ello se puede apreciar en la columna humana, en la cual se distribuyen fuerzas tensionales y de compresión a lo largo de su estructura vertical, la cual requiere de un sistema estable capaz de reaccionar ante las necesidades locomotoras del cuerpo humano.

En otro nivel, podemos ver que todos los organismos interactúan con su ambiente, ninguno se puede aislar, ya que pertenecemos a un todo, que necesitamos y nos necesita. Incluso los cambios en el exterior, como la humedad y la temperatura, provocan en todos los seres vivos una respuesta de estabilización (homeostasis), para mantener un equilibrio sano en todos los sistemas internos, que a veces son muy diferentes a los externos. Algunos arquitectos han entendido y aplicado este principio en muchas construcciones y con ello han logrado reducir la cantidad de material necesaria para sostener estas estructuras.

Diversidad y unidad son características de la vida en la tierra, producto de la evolución. Gracias a ella hay comunidades adaptadas a muchas condiciones diferentes, ya que las descendencias de cada especie tienen modificaciones, que se van adaptando a las nuevas condiciones de vida.

De esto no estamos exentos tampoco los seres humanos. Venimos cargando mucha "basura evolutiva", que con el tiempo iremos desechando, sólo que quizás no tengamos tiempo de verlos con nuestros propios ojos, ya que los cambios toman miles de años.

Estos cambios traen consigo la especialización, es decir, los organismos que se adaptaron a vivir en la tierra, cambiaron sus branquias que obtienen el oxígeno del agua por un aparato respiratorio que lo obtiene del aire. Pero el objetivo es el mismo: oxigenar la sangre y los órganos del cuerpo.

Las comunidades de seres vivos (exceptuando al ser humano) son objeto de estudio de la etología. Esta ciencia investiga principalmente las características conductuales de los grupos de animales en libertad y cómo éstas evolucionan para preservar la especie. Principalmente estudian los instintos y tratan de descubrir qué es lo que los seres vivos transmiten como un aprendizaje o como una información o comportamiento innato.

Hay muchos ejemplos en este rubro, las migraciones, los apareamientos, la designación de los líderes de las manadas, etc. El propio ser humano también tiene comportamientos cuyo origen es todavía incierto, pero son objeto de estudio de la sociología y la antropología.

A pesar de ello, la antropología y otras ciencias insisten (aunque ya van cambiando poco a poco) en oponer las nociones de hombre y animal, de cultura y naturaleza. Aunque se reconozca que tenemos una naturaleza animal, a muchos de nosotros nos cuesta reconocernos "animales", alejándonos de esa verdad para hacernos creer que somos la "especie escogida" y colocada en un pedestal edificado en la cultura, donde la

naturaleza animal "ha sido superada". Como dice Edgar Morin "el hombre es sujeto en un mundo de objetos y soberano en un mundo de sujetos" (Morin, 2000).

En la actual teoría de la cultura, las pautas de conducta de los animales se consideran naturales o culturales, según que la información que las codifica haya sido transmitida genéticamente o por aprendizaje social (Mosterín, 2004, pág. 5)

Para pesar de mucha gente, el hombre es una totalidad bio-psico-sociológica. Los biólogos de cierta época admitían que la biología tiene que ver con aspectos físico-químicos, completamente alejada de la vida humana, demostrando que no había "materia viva" sino "sistemas vivos", es decir, organizaciones físico químicas de la materia. Con el nacimiento de la cibernética, nociones como información, código, mensaje, programa, comunicación, inhibición, represión, expresión y control, entre otras, sacaron a la luz lo que a los biólogos les estaba haciendo falta y no podían explicar con la ayuda de la física y la química: las unidades fundamentales de la vida.

La célula, vista como tal unidad fundamental, contiene en sí toda esta complejidad de moléculas organizadas regidas por algo que parece ser una inteligencia superior, lo que le confiere diversas y magníficas propiedades, como las de comunicarse, intercambiar sustancias con otras, repararse y reproducirse, por citar algunos ejemplos.

Los hombres hemos tratado de imitar los sistemas que encontramos en la naturaleza, pero hay muchos intentos torpes que no han logrado imitar la esencia de ésta por falta de una profundización sin perder de vista el universo, es decir, nos hemos hiperespecializado y nuestro ángulo de visión se ha cerrado tanto, que ya no vemos la entidad completa. Los criterios humanos, por ejemplo, tienden a estructurar los elementos a través de un engrosamiento de las secciones, pero la naturaleza prefiere estructurar a través de curvar o crear cambios de plano en los elementos para generar líneas o puntos donde se conjunten y se repartan las fuerzas. Las máquinas que ha creado la inteligencia humana, están formados en su mayoría, por elementos fuertes que soportan golpes, abrasión, temperaturas altas o bajas, etc., cuando que los sistemas naturales emplean moléculas que fácilmente se dañan, se hieren, se lastiman, pero que tienen una enorme capacidad de sanar sus heridas (resiliencia) y en general son mucho más eficientes que cualquier máquina creada por los seres humanos.

La nueva teoría ecológica -nos dice Morin- cambia la noción de Vida y la de Naturaleza, donde se ha pasado de ver a la ecología como una ciencia que estudiaba las relaciones entre individuos de distintas especies y el medio en el que viven regidos por las leyes del más fuerte y del más apto, a verla como una ciencia que se ocupa de la comunidad de los seres vivos (incluyendo al hombre) que ocupan un espacio geofísico, y que juntos constituyen una unidad global o ecosistema, sin que se deje de considerar por ello a la Naturaleza como un ser maternal, siempre y cuando no olvidemos que esta madre fue creada por sus hijos y que al utilizar la destrucción y la muerte como medios de regulación ecológica no deja de comportarse como una madrastra (Morin, 2000, pág. 30).

La etología misma está corrigiendo el rumbo y está modificando la idea de Animal, que había sido visto sólo como un ser vivo que actuaba de manera que le indicaban sus instintos o por reacción, lo cual le hacía saciar sus necesidades primarias. Pero mirando mejor, parece que los comportamientos de los animales son absolutamente organizados y organizadores, con profundas nociones de territorio y comunicación.

El territorio cobra vital importancia para la mayoría de las especies, siendo que es la aplicación a nivel espacial de una organización multidimensional de la vida animal, es decir, no sólo la ordenación de la esfera de actividades de un individuo, pareja o grupo, sino también la organización de la relación con otros, el animal o el pueblo de otro territorio (Morin, 2000).

El concepto de sociedad, por consiguiente, cambió de verse como horda, banda y colonia, a una auto-organización de sistemas vivos, desigual y diversamente desarrollada. Por tanto, la sociedad humana aparece como una variante prodigiosamente desarrollada del fenómeno social natural, y la sociología –ciencia humana- pierde su insularidad para convertirse en la cima más elevada de la sociología general –ciencia natural (Moscovici, 1972).

La sociedad, por lo anteriormente expuesto, no es una invención humana, muchas de sus características están compartidas con sociedades animales. La misma división que acabo de hacer “sociedades humanas y animales” me parece en este momento, un absurdo, ya que estamos hablando de la misma cosa.

Las sociedades mal llamadas humanas, son, pues, definidas por las actividades que produce la misma sociedad, lo que conocemos como cultura. La cultura es la manifestación de la sociedad, por ello el arte, el lenguaje, la religión, las costumbres, etc., aparecen en las sociedades “civilizadas”. Estas manifestaciones construyen la historia.

Para que exista una sociedad es necesaria la intervención de individuos. Cada uno tendrá un papel importante que llevar a cabo en el andamiaje de su grupo, abarcando con ello las más diversas actividades, desde las más básicas, como producir el alimento, hasta las más complejas, como innovar en las ciencias y la tecnología. Se dice que desde la revolución industrial y más recientemente con la era de la información, las sociedades se han vuelto más complejas y hasta cierto punto, automatizadas y dependientes de los avances tecnológicos que satisfacen unas necesidades ficticias que hace unas décadas no existían.

La sobrevaluación de los avances tecnológicos por encima del respeto a la vida, parece llevarse a cabo en muchos niveles, desde la manipulación genética, las pruebas de diversos agentes químicos en seres vivos (animales, vegetales y humanos), pasando por alto códigos de ética, si es que los hay. Hemos perdido de vista que somos seres naturales y como tales tenemos derecho a vivir, pero también a morir. Hemos querido

manipular la vida misma, desde la concepción y prolongarla con aparatos hasta que el cuerpo ya no aguante más y finalmente muera, luego de largas agonías.

Hemos sobrevalorado también el dinero como el medio que lo puede comprar todo y ni siquiera con él podemos hacer que nuestro cuerpo deje de producir vello, canas, sudor... Tratamos de modificar nuestros cuerpos y sus características, el color de nuestro cabello, de nuestros ojos, nuestra estatura y complexión usando aparatos o sometiéndonos a complejas y riesgosas cirugías, todo ello pagado con dinero, fruto de nuestro trabajo.

La naturaleza no trabaja así. Para cambiar un color de ojos, además de tomarse muchos miles de años, analizará si las condiciones ambientales así lo requieren, como la luminosidad o incidencia de los rayos del sol, pero nosotros queremos ver los resultados rápidos, cuesten lo que cuesten, si lo podemos pagar. Recientemente, la BBC publicó que se puede cambiar el color de los ojos alterando un cromosoma, con una intervención quirúrgica a base de rayo láser, una vez más una innovación tecnológica al servicio exclusivo de la estética y la vanidad humanas.

Dice Edgar Morin que "privado de la cultura, *sapiens* sería un débil mental con sólo la capacidad para sobrevivir como un primate de los menos evolucionados, es decir, sin tan siquiera habilidad para reconstruir una sociedad de similar complejidad a la de los babuinos o chimpancés. [...] Cuando hace quizá, cien mil años aparece *homo sapiens neanderthalensis* la integración es un hecho: el hombre es un ser cultural por naturaleza porque es un ser natural por cultura" (Morin, 2000).

No podemos separar naturaleza de cultura ni viceversa. El ser humano es tanto un ser natural como cultural y a pesar de que ésta puede ser la diferenciación que lo constituye como humano, está inmerso en los mismos espacios y sujeto a las mismas leyes físicas y químicas que cualquier otro ser vivo. Podríamos decir, en ocasiones, que incluso comparte una cierta irracionalidad, pero con conocimiento de causa.

Es así, que deberíamos apegarnos más a los procesos y principios que han regido en nuestro planeta desde antes que nosotros lo habitáramos, sin atentar contra nosotros mismos. Como seres biológicos estamos regidos por ciclos y son estos ciclos los que han preservado nuestra especie generación tras generación.

Por ello insisto en observar a la naturaleza más de cerca y encontrar que si no hay una arquitectura cíclica, no se puede decir que sea ecológica o amigable con el medio ambiente, pues la naturaleza no actúa así.

vii. MATERIALES CÍCLICOS: ¿RECONFIGURACIÓN O RECICLAJE?

No es muy difícil imaginar que ciertos productos ejercen un gran daño al medio ambiente, pero siempre es difícil saber cuánto daño causan en realidad. Hay mediciones que nos pueden ayudar para ello y son las de emisiones, las de erosión de suelos (empezando por el que ocupa la edificación misma, pero sin olvidar las que ocuparon los sitios depredados por la extracción de la materia prima), el riesgo a la salud de los trabajadores y de los habitantes o hasta de los vecinos de la obra.

La longevidad de los materiales es un factor importante, aquellos que duran más serán los más recomendables, ya que el planeta tiene tiempo para reparar los daños causados en su extracción y procesamiento, así como la disposición final de los mismos, para que no acaben formando montañas estériles de escombros.

También entran en juego criterios como si el material es renovable o no, si su producción es sencilla o implica el gasto de abundantes cantidades de energía, ya que casi siempre se traducen en emisiones de CO₂ y otros desechos tóxicos. También tienen que ver las emisiones que se generan en el transporte del material.

Podemos tomar algunos criterios para denominar algunos materiales como amigables con el ambiente y la sociedad, éstos serán los que:

- no contaminen;
- consuman poca energía en su ciclo de vida;
- sean duraderos;
- puedan estandarizarse;
- procedan de producción justa;
- tengan valor cultural en su entorno;
- tengan bajo costo o justo.

Vamos a analizar algunos de los materiales más comúnmente empleados en la edificación, ya que es conveniente entender al material, sus capacidades, características, propiedades, ciclos y así podremos aprovecharlos mejor.

• MATERIALES ORGÁNICOS: ¿PERMANENCIA O CICLICIDAD?

Para comenzar, quiero hablar de los materiales orgánicos provenientes de las plantas: la madera y el bambú. Su ciclo de vida, como tal no tiene inicio ni fin, puesto que es un ciclo, pero podemos, para fines didácticos, establecer un comienzo, por ejemplo, en el momento que se siembra una semilla y de ahí comienza a brotar un tallo, que con el paso del tiempo se transforma en un tronco leñoso. Se nutre con agua y sustancias que encuentra en el subsuelo. Sintetiza con ayuda de la luz (solar) la materia inorgánica (CO₂) para transformarla en la materia orgánica que requiere para su crecimiento (glucosa, carbohidratos, etc.), y a su vez libera oxígeno, la base de la vida de muchos de

los seres vivos (aeróbicos) de éste planeta. Desgraciadamente muchas veces se les trata con materiales no orgánicos y es cuando rompemos su ciclo como material, eliminando las cadenas alimenticias y de descomposición.

En la naturaleza los troncos leñosos son un material importantísimo para estructurar en sentido vertical. Los troncos, pues están “diseñados” para sostener un ser vivo y soportar inclemencias del tiempo como fuertes vientos, que en ocasiones los derriban, pero no es la generalidad. Otra característica del tronco, es que sirve para llevar recursos a través de sus microscópicos conductos, que, como sabemos, gracias al fenómeno de la capilaridad, transportan agua y nutrientes a las partes superiores de la planta por unos conductos llamados xilema y por otros conductos llamados floema bajan la savia y conducen azúcares a donde sean requeridos. Hay árboles que miden más de 100 m de alto y realizan esa “sencilla” operación (Gonzalez, 2000). La corteza juega un papel importante no permitiendo la entrada de bacterias u hongos al interior de ese ser vivo, además de que funciona como un aislante, impidiendo que la planta pierda agua en épocas calurosas o se congele en el invierno.

Los troncos leñosos sirven para alojar a muchas especies que cavan en su interior o se alojan en cavidades o sobre sus ramas, con lo que demuestra que también es capaz de soportar peso vivo. Los troncos sirven además de alimento a muchas especies.

Como es un material que crece en dirección vertical, tiene bifurcaciones que le dan volumen y que sostienen a las hojas. Además de las vastas operaciones que realizan las hojas, que no son tema de este estudio, es importante hacer notar que los troncos leñosos no requieren de otros materiales para “reforzar” sus uniones, sino que es el mismo material el que en su forma y disposición realiza una unión resistente, capaz de cargar varios kilos de peso, dependiendo de su tamaño.

– TRONCOS LEÑOSOS .

La madera es el principal material vegetal que se obtiene del tronco leñoso de los árboles. Los árboles son importantísimos para el intercambio de bióxido de carbono, los necesitamos y mucho.

El árbol es un ser vivo que crece año con año, en épocas de sequía (invierno) su crecimiento es lento y la madera que se va formando (albura) toma cierta coloración oscura, mientras que en épocas húmedas crece con mayor velocidad y su coloración es más clara. Esto es lo que forma los anillos anuales de los troncos. Normalmente ramifican y mudan de hojas según su especie. Tienen un papel muy importante en el ecosistema, ya que regulan los cauces de los ríos (efecto esponja), mantienen el área donde se encuentran húmeda y esto ayuda a que el suelo se mantenga fértil, albergan muchas especies de aves y otros animales e insectos, incluso hongos y bacterias, además de que proveen de sombra y de protección contra corrientes de viento o



65 Troncos leñosos

arena. Pero como seres vivos que son, pueden llegar a enfermar o tener una larga vida y finalmente morir.

Una vez que esto sucede, el árbol puede permanecer en pie y secarse, lo que constituye un riesgo desde el punto de vista forestal, ya que una tormenta eléctrica puede alcanzarlo y ocasionar un incendio, pero esto es lo menos probable, ya que representan aproximadamente un 5% de los incendios forestales en el mundo. Lo que también sucede es que los vientos pueden derribar el árbol y éste comienza entonces otro ciclo, conocido como descomposición.

Ciclo.

La madera está compuesta por ceniza (1-0.1%), lignina (18-31%), hemicelulosa (38-49%) y extractos (4-12%) (Gil & Moreno, 2000).

Cuando su descomposición comienza, las bacterias, hongos y algunos insectos como termitas u hormigas se alimentan de la madera y la desechan en formas más simples. La humedad juega un importante papel, ya que dilata las fibras de la madera abriendo camino a hongos y bacterias para alojarse en el tronco sin vida y después de alimentarse de él, reproducirse.

La deforestación es un serio problema para el medio ambiente, pero la solución a la deforestación es la siembra de árboles y eso está fuera del alcance de un arquitecto o diseñador. A lo mucho se puede planear a nivel urbano, el respeto de cierto porcentaje de zonas arboladas para equilibrar el desbalance de la zona construida.

En lo que debemos fijarnos, pues, es en que la madera provenga de un bosque que se reforeste periódicamente; a estos bosques les dan permiso de etiquetar su madera como "certificada" y con ello podemos por lo menos estar seguros de que los industriales forestales están haciendo bien su trabajo.

La madera es producida por la naturaleza, en forma de árboles. Es la madera quien estructura a éstos seres vivos, por ello resulta con tan singulares propiedades de resistencia y elasticidad, por mencionar algunos. La madera es la estructura vertical de la naturaleza. En ella encontramos principios de vida y ejemplos notables de bajo consumo de energía en muchas funciones diferentes: una de ellas, elevar el agua para conducirla hasta las copas y nutrir a las hojas, en segundo lugar, el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono en la fotosíntesis, en la mayor superficie posible con el menor peso y todo esto, como parte de su misma estructura, no como instalaciones que van por separado, como se acostumbra hacer en el diseño arquitectónico.

Los árboles, como seres vivos que son, tienen un ciclo de vida, hay unos que tardan muchos años en crecer y por ello su madera es más preciada, casi todos ellos forman el grupo de las maderas duras y casi todos ellos son caducifolios (pierden las hojas



66 Roble

cíclicamente en otoño). Los árboles de madera blanda crecen más rápido y son en su mayoría perennifolios, coníferas por lo general. Estos árboles nos proveen de un material al que le hemos dado muchos usos y que se ha vuelto imprescindible en nuestra forma de vida, está presente en mobiliario, edificios (puertas, ventanas), juguetes, lápices, brochas, accesorios, etc., pero hay que aprender a usarlo racionalmente.

Sin embargo, cuando el ser humano hace uso de éste material natural, lo trata para que los agentes externos como hongos y bacterias no lo dañen. En principio es una acción para preservar y dar una larga vida a la madera, pero en contraposición, frena su ciclo natural de vida que era la reincorporación de sus elementos al subsuelo, alimentando diversas especies de insectos, hongos y bacterias. Mi propuesta se centra en el análisis de éste hecho, para poder tomar acciones bajo el supuesto de qué es más bio-lógico.

Temporalidad.

La madera necesita de 2 a 3 años para desintegrarse y si se barniza, el tiempo aumenta de 12 a 15 años. Un árbol del tipo de los pinos, se tarda unos 20 años en llegar a su edad adulta. Lo que se vaya a fabricar con madera debería durar -dependiendo de la especie- el tiempo que tarda en crecer un árbol y llegar a su edad adulta (20 años para los pinos), más el tiempo que tardaría la madera en biodegradarse, es decir, en el ejemplo de los pinos, unos 35 años mínimo si se le cubrió con pintura o barniz, unos 23 años si se le dio un acabado con productos biodegradables, esto para asegurarnos que la naturaleza ya le permitió a otro pino tomar su lugar y seguir produciendo la humedad y el oxígeno que aquél dejó de producir. Mención aparte necesitaría el bambú, que es una de las plantas con mayor crecimiento, pudiendo ser éste hasta de un metro por día, en algunas especies.

Acabados.

Si el objeto construido o fabricado es temporal y se va a desechar, no hay que aplicarle barnices de origen de hidrocarburos, existen ya barnices y ceras naturales que protegen bien la madera. Si se quiere perpetuar su vida, entonces se puede barnizar, pero siempre será recomendable emplear barnices de origen vegetal. Ya se vio la diferencia en tiempo de biodegradabilidad al usar barnices y no hacerlo.

Aprovechamiento.

Hay algunas especies animales a las que se les saca el mayor provecho posible, ocupando sus pieles, su grasa, sus huesos, sus órganos, etc. y el árbol no debería ser la excepción.

En este campo hay muchas acciones que se podrían tomar, una de ellas es la producción de tableros a partir de astillas. Sin embargo, en la actualidad, para la



67 Madera

producción de tableros se emplean troncos de pino nuevos, con lo cual, la teoría de que usar tableros es más ecológico que usar madera se viene abajo.

En primer lugar, el proceso es más largo y el consumo energético es mayor. Hay que hacer astillas del tronco y luego desfibrarlo, para lo cual se requiere de agua y de calor, ya que las astillas deben hervir. Además de esto, la pasta resultante es mezclada con aditivos (resina, cera y urea) y finalmente se prensa de nuevo ocupando calor y presión, con sus respectivos consumos de energía.

Además de ello, los materiales que se adicionan para darles resistencia y color son tóxicos, por lo que ni las termitas ni ningún otro insecto las utiliza en su dieta y eso le da una larga vida al material, en contraposición a lo efímero de la vida útil de los productos hechos con tableros. Incluso los niveles de toxicidad los tenemos en casa al tener muebles fabricados con MDF, que liberan pequeñas cantidades de esta toxina periódicamente.

Otro producto secundario proveniente de los troncos es el triplay, el cual está formado con hojas de madera contrachapadas, es decir, unas de ellas tendrán la dirección de la veta en sentido horizontal y otras en vertical, con lo cual incrementan la dureza, flexibilidad y elasticidad de la madera de manera que se pueden emplear piezas de triplay más delgadas que las de madera maciza en una aplicación idéntica. Aquí aplica el criterio de emplear menos material.



68 Triplay

El triplay, está formado por hojas delgadas de madera que se "desenrollan" del tronco, generando una "sábana" que se corta en medidas estandarizadas y posteriormente se pega. Es una manera de economizar material, pero la única desventaja es que el adhesivo que se emplea también tiene insecticidas y fungicidas que pueden ser más nocivos al final de la vida útil del producto de madera, ocasionando que no se degrade orgánicamente.

La elaboración de triplay requiere de mucha agua caliente, por lo que representa también un gasto de recursos y de energía que parecería innecesario. El adhesivo con insecticidas y fungicidas con el que se adhieren las chapas pudiera ser cambiado por uno biodegradable, pero los fabricantes y los usuarios por desgracia todavía no comprenden la importancia de los ciclos de los materiales orgánicos.

La mayoría de los organismos que atacan la madera la usan como fuente de alimento. Cuando la madera está tratada con barnices, selladores, etc. por lo general derivados del petróleo, la fuente de alimento se envenena y los depredadores no se acercarán jamás. Si la madera expuesta es de una especie naturalmente durable tendrá inicialmente cierto grado de resistencia al ataque por sus mismas resinas o sustancias protectoras y selladoras, pero esta resistencia será reducida rápidamente por el desgaste de la acción atmosférica y la lluvia, que produce una disolución del material sólido de la superficie, reblandeciéndolo lo suficiente como para poder atacarlo y llegar

al alimento de su interior (madera). Hay que tomar buenas decisiones acerca de preservar o no los materiales de los que están hechas las cosas, así como su durabilidad.

La desintegración de los materiales orgánicos por la acción de las bacterias es un proceso extremadamente lento en condiciones normales de humedad (50%) y temperatura (20-30°C). Los hongos xilófagos de pudrición son organismos simples que utilizan la madera como fuente de alimento. Se mueven a través de la madera como una micro-red que crece a través de los agujeros o directamente penetrando la pared celular de la madera. Los filamentos cilíndricos de los hongos (hifas) producen las enzimas que degradan la celulosa, hemicelulosa, o lignina que absorbe el material degradado para terminar el proceso de desintegración, empleando la energía resultante para su reproducción en forma de esporas (Remacha Gete).

Los insectos como termitas, escarabajos, hormigas, abejas y avispas también emplean madera como alimento. Ellos la ingieren y su excremento es fácilmente degradado.

Podríamos decir que aquí termina el ciclo de vida de la madera. Podríamos también decir que si así lo ha hecho la naturaleza por millones de años, si nosotros intervenimos en ello, no debería alterarse este ciclo. Lamentablemente no es así.

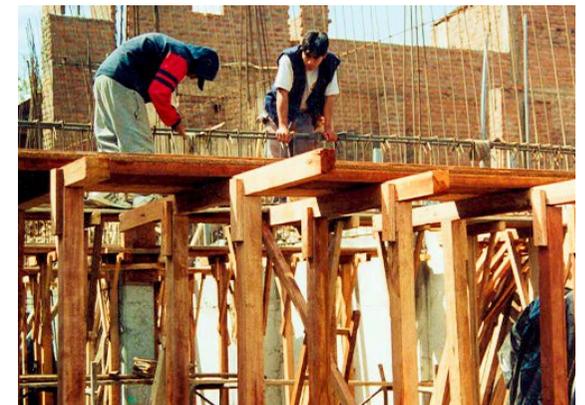
Debemos estar conscientes también de que la mayoría de los bosques productores de madera se encuentran fuera de las ciudades y el transporte de los troncos y todos sus procesos de desaviado, secado (artificiales) y de corte emplean energía y son contaminantes del aire.

Dependiendo de los cortes del tronco obtendremos madera de primera, segunda y tercera. La de primera genera mucho desperdicio en los cortes, ya que deben ser radiales; la de segunda es la que mejor se aprovecha y la de tercera se usa básicamente para la construcción. Del desperdicio de los cortes obtenemos aserrín del que se obtienen productos secundarios como el aglomerado y el MDF.

Usos en la construcción.

La madera se emplea ampliamente en la construcción para diferentes cosas: algunas temporales, como mesas de trabajo u oficinas para los ingenieros y arquitectos de obra, algunas herramientas como coladores de arena y niveladores, para apuntalar, para cimbra de trabes, columnas, castillos, losas, muros, cimentación y hasta como cimbra de elementos decorativos o mobiliario de concreto, lo que se conoce como carpintería de obra negra.

La madera aquí se ocupa preferentemente con un aceite (de linaza, puesto que es natural, aunque se llega a ocupar aceite quemado de auto, derivado de hidrocarburos o chapopote) este tratamiento se le da para facilitar el desmoldeo de los elementos generalmente de concreto una vez endurecidos.



69 Madera en la construcción

Ya como elementos de la obra, la madera se emplea para puertas, ventanas, guardarrocas, despensas, lambrines y pisos, elementos decorativos como vigas, pérgolas, tapancos, escaleras, etc. La mayoría de las veces se contempla que estos elementos sean duraderos, por lo que se recurre a diferentes formas de preservarlos, lo más común es barnizar los elementos, aunque no siempre es lo mejor, como ya se ha explicado.

Además, en el mercado existe una gran cantidad de barnices y lacas que se aplican a la madera, las cuales cambian su coloración, cierran sus poros y alejan a los insectos que se alimentan de ella y por desgracia, son los más empleados, aún en elementos de corta vida.

Existen también ya en el mercado barnices biodegradables, pero no son muy conocidos ni tan comercializados, por lo que los constructores y carpinteros suelen recurrir a lo que tienen a la mano.

– **Significado.**



70 Lambrín

La madera tiene diversas connotaciones dentro de las comunidades, dependiendo del lugar en donde nos encontremos. La madera de pino, por ejemplo, en México es poco apreciada porque es la más común y barata. Sin embargo, si se tratara de especies más raras (importadas), de crecimiento lento o simplemente de una estética diferente, las personas la considerarían como un material de lujo. Dentro de estas especies están la caoba, el encino, el nogal, el wenge, etc.

Generalmente, los acabados en piso, lambrines y plafones de madera son vistos como un lujo y son bien apreciados, ventanería, puertas, etc. son característicos de buen estatus social. Aquí en ocasiones sí se buscan maderas duras, ya que las maderas blandas no duran lo suficiente como para dar el mejor aspecto en las residencias.

Las imitaciones de madera generalmente son tomadas como “falsas” y causan cierto repudio, como las que ofrecen los laminados plásticos o las membranas de PVC.

A gente que conoce un poco más las propiedades de la madera (duras, blandas, etc.) las aprecia por eso, el arquitecto lo considera un material noble con muchas posibilidades de aplicación, pero no lo emplea tanto por su costo.

– **Recomendaciones para la ciclicidad.**

En resumen, si se va a utilizar éste material los criterios bio-lógicos más importantes a tomar en cuenta deberían ser:

- Utilizar madera certificada (proveniente de bosques reforestados).
- Aprovechar todos los recursos extraídos del árbol (resinas, forraje, etc.).
- Emplear especies propias de la zona.
- No frenar el ciclo natural de la madera en el caso de productos efímeros (ciclo de vida de 35 años o menos).
- No tratar químicamente la madera.
- Si se frena su degradación, planear el producto para largos periodos (más de 35 años en el caso del pino).
- Emplear el mínimo de materiales secundarios hechos con desechos de madera (paneles de MDF y aglomerados con adhesivos adicionados con insecticidas) y sólo para productos duraderos.
- Preferir el empleo de triplay (madera contrachapada) sobre el MDF y aglomerados y preferir la madera maciza sobre el triplay.
- Si se trata de elementos temporales, preferentemente sellar con ceras o aceites orgánicos en lugar de aceites derivados del petróleo.

– OTRO VEGETAL: EL BAMBÚ.

El Bambú es el nombre genérico que recibe un conjunto de plantas gramíneas herbáceas, que se caracterizan por sus tallos largos y huecos, que tienen capacidad de crecer en muy diversas regiones del planeta. Se calcula que hay más de 90 géneros y más de 1,250 especies de bambú. Es una planta formidable, ya que procesan y fijan más bióxido de carbono que muchos árboles (12 toneladas por hectárea) y, dado su extremadamente rápido crecimiento, muchos han puesto sus ojos en él para frenar la destrucción de las áreas verdes (Comisión Veracruzana de Comercialización Agrropecuaria, 2006).

El bambú no es leñoso, es decir, no es de madera, es de fibras que tienen una resistencia mayor a la del acero, pero más flexible y por supuesto, económico, ya que a los 4 años ya se puede cosechar, lo que no sucede con los árboles, que requieren un mínimo de 18 años.

Su estructura también es diferente de la de la madera, ya que ésta posee material fibroso en su interior y su corteza es la parte más débil y el bambú es una fuerte estructura tubular, que por lo mismo adquiere una resistencia muy superior a la de la madera cuando se aplican fuerzas transversales al sentido de su veta.

Ciclo.

El bambú está formado por un tallo fibroso liso y hueco con nodos, tiene hojas alargadas, lisas de color verde oscuro. Contiene un 30 % de hemicelulosa, de un 50 a un 70 % de holocelulosa, un 20 a 25 % de lignina y de un 0.5 a un 5 % de sílice (Liese, 2003).



71 Bambú

El bambú se degrada gracias a la acción de los hongos, principalmente, aunque también es fuente de alimentación para algunos insectos y mamíferos. El material se incorpora a un nuevo ciclo de vida al ser ingerido y desechado por los agentes bióticos, sin dañar el ecosistema.

Temporalidad.

El bambú requiere un tiempo similar al de la madera, es decir, de 2 a 3 años para desintegrarse, si encuentra las condiciones óptimas de humedad. Diferentes investigadores han estado trabajando para lograr que el bambú resista más tiempo, para que se le puedan dar más aplicaciones, en la actualidad se hacen muchas construcciones efímeras, dada la degradación del material.

Acabados.

El bambú puede recibir los mismos acabados que la madera, se le barniza, se le pirograba, etc. Sin embargo, como ya se ha mencionado no conviene contaminar el material con barnices de origen de hidrocarburos y menos si se construyó algo temporal. Se recomiendan barnices de origen vegetal, aunque el bambú tarda menos en crecer, porque de lo contrario, en unos años que se aproveche mejor como material de construcción, tendríamos mucha contaminación con los desechos del bambú que no se lograrían descomponer.

Aprovechamiento.

Tratándose de un ser vivo, el bambú debería ser ocupado en su totalidad, su forraje para alimento o productos secundarios, su tallo para elementos constructivos, pisos, mobiliario o utensilios. En Ecuador, se desarrollan tableros a partir de su fibra, como los de MDF de la madera, los llaman "latillas" (Alvear, 2007).

Usos en la construcción.

El bambú es un material que en México no es tan ampliamente usado en la construcción, pero en los últimos años ha tenido un despliegue importante y se está posicionando como una alternativa para los constructores. Por sus propiedades estructurales, se le encuentra frecuentemente en columnas y traveses, resolviendo las uniones en ocasiones con elementos metálicos, cuando se trata de palapas o elementos ligeros se les encuentra hasta amarrados con fibras naturales o artificiales, también se les ve formando parte de muros y losas.

Existe un sistema constructivo llamado bajareque, que está formado por medias cañas de bambú colocadas en paralelo, se pone paja en el intersticio de los bambúes y luego se aplana con adobe, el resultado son muros delgados y altamente resistentes.



72 Vivienda de bambú

Al bambú se le ocupa en pisos y lambrines, en ocasiones dejando los tubos (rústico), en ocasiones los bambúes están "rasurados" de manera que quedan lisos como los tablonces de otras maderas.

Significado.

El bambú tiene buena aceptación como material en la construcción de estructuras, aunque se le relaciona con el campo, con las palapas y amplios claros cubiertos. A pesar de que existen numerosos ejemplos de construcciones con bambú en casas habitación, no es lo general en lo que piensen las personas que desean construir sus casas, ni los arquitectos.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Sin duda, el bambú tiene un amplio campo de experimentación y diseño y aunque crece rápido yo diría que debemos usarlo con moderación, pero preferirlo que a la madera. Con el Bambú deberíamos observar lo siguiente:

- Utilizar cañas provenientes de plantaciones reforestadas.
- aprovechar todos los recursos extraídos de la planta (resinas, forraje, etc.).
- emplear las especies con las mejores propiedades físicas y estéticas.
- no frenar el ciclo natural del material, mucho menos en productos efímeros.
- No tratar químicamente el bambú.
- Preferir bambú sobre madera y acero.

– FIBRAS VEGETALES.

Hay pocas fibras vegetales empleadas en la construcción. Por lo general, se les agrupa en "pacas" que son atados de ramas o tallos con ciertas dimensiones establecidas. Generalmente provienen de los residuos de las cosechas de semillas soportadas en espigas, de semilleros y demás tallos de considerable longitud y resistencia. Los más comunes son los que provienen de la cebada, el trigo, avena, centeno y arroz (Umaña Morera, Sostenibilidad y ciclo de vida de los materiales, 2011).

La fibra vegetal más comúnmente usada en la construcción es la paja. Los atados de paja son excelentes aislantes térmicos y acústicos y contrariamente a la creencia popular, debido a su compactación es muy difícil que ardan.

Laboratorios en Canadá y Estados Unidos encontraron que además es extraordinariamente resistente al fuego, tomándole en diferentes pruebas más de dos horas penetrar las paredes de paja, de 60 cm de espesor (Eco, 2009).



73 Pacas de paja

Su bajo costo aunado a su escasa o nula afectación al ambiente ha hecho de las fibras naturales un excelente material para la construcción. La paja puede ser usada en la construcción, puesto que es un material abundante y orgánico, además de que tiene excelentes propiedades aislantes. La paja absorbe el calor del sol durante el día y lo irradia durante la noche.

Las fibras vegetales también se utilizan como techumbre de casas, palapas, etc.

Ciclo.

La paja, dependiendo del cereal del que provenga, está formada por diferentes proporciones de hemicelulosa, lignina, celulosa, carbono y proteínas, que en nada dañan al medio ambiente. Su proceso de descomposición es bacteriana, por lo que la inhibición del crecimiento de las bacterias a través de acabados inorgánicos puede ser perjudicial al final de su vida útil. Al igual que con la madera y el bambú, conviene sellar sus intersticios con material orgánico, que en este caso podría ser mortero de cal, adobe u otro similar.

Temporalidad.

La paja seca puede tener muchos años de vida, sus enemigos naturales serían la humedad y el fuego, pero con buenos cuidados pueden permanecer fuera de contacto durante años, dependiendo del cuidado que se tenga en su mantenimiento.

Acabados.

La paja puede recibir muchos acabados para formar una pared lisa y luego se puede sellar y pintar, dando una gran variedad de colores.

Aprovechamiento.

Las fibras vegetales son prácticamente un residuo de los cultivos agrícolas de cereales, generalmente se utilizan para alimentar al ganado, pero los encontramos en el suelo para proporcionarle humedad al subsuelo, como "camas" para animales, etc. En realidad se trata de un producto secundario que se puede aprovechar en la construcción.

Usos en la construcción.

La paja se encuentra en paredes, como aislante o como material de relleno, no tiene propiedades estructurales, por lo que se debe crear una estructura soportante que será rellena con pacas de paja. También se le ocupa en techos y como integrante de la mezcla del adobe.



74 Tienda ambientada con fardos de paja

Significado.

La paja permanece oculta bajo el mortero, así que no genera muchas opiniones respecto a su estética ni a sus aplicaciones, pero cuando la gente sabe que se construirá con paja, su primera reacción refleja el temor de un incendio y de perder su patrimonio. Lo segundo es que temen a los nidos de insectos que se pudieran crear en su interior, pero si permanecen las paredes bien selladas, este problema no se presentará. También se podrían usar productos insecticidas base agua para mantener alejados a los insectos.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Las recomendaciones para el uso de la paja son:

- Preferir fibras vegetales en lo posible.
- Emplear insecticidas base agua.
- Emplear morteros naturales y pinturas base agua para su acabado.

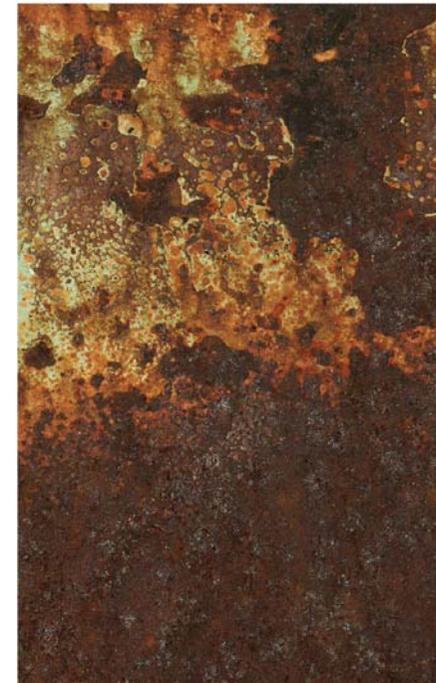
• RESGUARDANDO LA PERSISTENCIA DE LOS METALES.

El estado natural en que se encuentran los metales es oxidado. Sin embargo, los seres humanos hemos aprendido desde épocas remotas a manejarlos, combinarlos y hacer todo lo posible por que no regresen a ese estado de oxidación en el que aparentemente están más a gusto.

Los metales más empleados por la industria son el acero (aleación de hierro con carbono, manganeso y otros metales) y el aluminio. Ambos son extremadamente útiles, poseen propiedades únicas y magníficas, pero también son extremadamente perjudiciales para el medio ambiente y no por ellos mismos, sino por su extracción y transformación, sin contar los tratamientos de acabado final, que contaminan sobre todo el agua. Todas estas fases producen altas emisiones de bióxido de carbono, además de residuos tóxicos, sin dejar de considerar que consumen una importante cantidad de energía.

Las dificultades de la extracción de estos metales, radica en que agotan minas superficiales y hay que buscarlos cada vez más y más profundo, por lo que la gente comienza a valorar el reciclaje de chatarra y hay empresas que se dedican a triturar, separar y re-fundir cantidades importantes de metal, especialmente de los dos mencionados.

Los metales conforman una gran parte de nuestro planeta, después de su formación se separaron de acuerdo con sus densidades quedando una gran parte en el centro de la tierra que permanece en estado incandescente. Los materiales metálicos se han

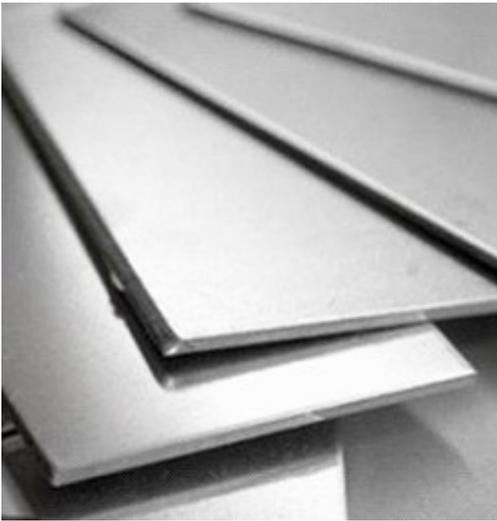


75 Metal oxidado

distribuido por toda la superficie terrestre y siempre están combinados. En la naturaleza se les encuentra, como mencioné, casi siempre oxidados.

Sin embargo, el metal oxidado no suele servirnos para lo que lo requerimos en la industria, generalmente en estructuras, pero los seres humanos hemos aprendido también a combinarlos con otros metales o elementos para cambiar sus propiedades. El acero inoxidable es un ejemplo y también se presume que está en la naturaleza en estado incandescente en el centro de la tierra.

– ACERO.



76 Chapas de acero

En general, en la construcción se emplean mucho los metales, predominando el uso del acero, por sus propiedades estructurales. El acero es una aleación de hierro y carbono predominantemente. Posee una gran dureza y plasticidad, además de ser buen conductor de electricidad. Tanto el hierro como el carbono se encuentran fácilmente en la naturaleza, es por ello que su uso se ha extendido por todo el planeta y su popularidad continúa en aumento, al incorporársele otros metales en la aleación para darle diferentes propiedades, como la resistencia a la oxidación, mayor plasticidad, dureza, tenacidad e incluso coloraciones o acabados.

El acero se obtiene a partir de la explotación de minas en sitios donde el mineral abunda en las rocas. Es el metal conocido más pesado, es por eso que se piensa que constituye el 70% del centro de la tierra. El metal ha sido históricamente tan importante, que una etapa del desarrollo de la humanidad ha recibido su nombre, la "Edad de Hierro". El hierro ocupa el 95% del total de los productos de metal alrededor del mundo, pero rara vez se le encuentra puro. Se suele combinar con otros metales, su principal aleación es con el carbono, con lo cual se convierte en acero y dependiendo del porcentaje de este elemento, será el tipo de acero resultante, con propiedades particulares.

Dentro de sus características especiales, se encuentran sus propiedades magnéticas, es ferromagnético a ciertas temperaturas, esto significa, que las moléculas del hierro, su estructura y organización microscópica están ordenadas en una misma dirección y sentido y eso hace que los imanes atraigan fácilmente a estas moléculas. Estas propiedades son especialmente útiles para muchas aplicaciones.

En el proceso de obtención de acero conocido como proceso HYL, el cual es de los más eficientes conocidos hasta la fecha, el consumo de energía es de 170 KW/h, el de agua de 1.4m³ para producir 1.2 Ton de Hierro de reducción directa (Gómez, 1997).

La producción de acero involucra una fuente de calor, combustión y emisiones, por lo que significan una importante fuente de contaminación atmosférica. Las emisiones son gases, polvo y metales pesados, además de que consumen agua y la contaminan y erosionan el suelo.

Composición química.

Partamos del entendido de que el acero es una aleación. Como tal, su composición química es absolutamente manipulada por el hombre brindándole, con una gran variedad de porcentajes y de elementos (otros metales), diferentes propiedades como dureza, tenacidad, elasticidad, plasticidad, etc. Su elemento principal es el hierro (H) de la familia de los metales, pertenece al grupo 8 de la tabla periódica de los elementos químicos, con el número atómico 26. Su aspecto es un gris frío con destellos.

El hierro presenta propiedades magnéticas, mismas que conservan casi todas sus aleaciones. El carbono es uno de los elementos principales de las aleaciones, su contenido no debe superar el 2%.

Dependiendo de su contenido en carbono se clasifican en:

- Acero bajo en carbono: menos del 0,25% de C en peso. Son blandos pero dúctiles. Se utilizan en vehículos, tuberías, elementos estructurales, etcétera. También existen los aceros de alta resistencia y baja aleación, que contienen otros elementos aleados hasta un 10% en peso; tienen una mayor resistencia mecánica y pueden ser trabajados fácilmente.
- Acero medio en carbono: entre 0,25% y 0,6% de C en peso. Para mejorar sus propiedades son tratados térmicamente. Son más resistentes que los aceros bajos en carbono, pero menos dúctiles; se emplean en piezas de ingeniería que requieren una alta resistencia mecánica y al desgaste.
- Acero alto en carbono: entre 0,6% y 1,4% de C en peso. Son aún más resistentes, pero también menos dúctiles. Se añaden otros elementos para que formen carburos, por ejemplo, con wolframio se forma el carburo de wolframio, WC; estos carburos son muy duros. Estos aceros se emplean principalmente en herramientas.
- Aceros aleados: Para conseguir determinadas características de resiliencia, resistencia al desgaste, dureza y resistencia a determinadas temperaturas deberemos recurrir a estos. Mediante la acción de uno o varios elementos de aleación en porcentajes adecuados se introducen modificaciones químicas y estructurales que afectan a la templeabilidad, características mecánicas, resistencia a oxidación y otras propiedades (Wikipedia, 2011).

Los aceros inoxidables pertenecen a este último grupo, cuyo contenido de cromo (Cr) que representa el 10% de la aleación, le provee de una capa protectora formada por el propio óxido del metal, que no permite que el hierro entre en contacto con el oxígeno del aire. También puede tener Níquel (Ni), que le confiere mayor fragilidad y dureza, manganeso (Mn) que lo hace anti-magnético o molibdeno (Mo), que le confiere todavía una resistencia mayor a la corrosión. Aquí cabe hacer mención de que todos los



77 Acero inoxidable

procesos de aleación del acero son altamente contaminantes al aire y al agua principalmente.

Temporalidad.

El hierro es un material perdurable. Sin embargo, durante su vida experimentará una serie de reacciones químicas que lo lleven a un estado químico más tranquilo, el de la oxidación, que es en el que se le encuentra en la naturaleza.

La corrosión es para los seres humanos y la industria, la mayor desventaja de los aceros, ya que el hierro se oxida con suma facilidad incrementando su volumen y provocando grietas superficiales que posibilitan el progreso de la oxidación hasta que se consume la pieza por completo. Una vez iniciado el proceso de oxidación, aunque la grieta se selle y se proteja, el acero se sigue corrompiendo, aunque no se note en la superficie.

Tradicionalmente los aceros se han tratado de proteger mediante tratamientos superficiales (niquelado, cromado, galvanizado, tropicalizado, etc.), lacas y esmaltes derivados del petróleo, en su mayoría. Si bien, existen aleaciones con resistencia a la corrosión mejorada como los aceros inoxidable, la oxidación sigue haciéndose presente, aunque sea en menor grado.

Aunque pareciera que la corrosión es el término del ciclo de vida del hierro, ésta puede tardar miles de años, por lo que no conviene depositarlo en tiraderos puesto que no constituye una cadena alimenticia para ninguna especie, ya que se trata de un mineral que tenderá a permanecer inerte en el sitio donde sea depositado y nutrir a algunos seres vivos como plantas y éstas a animales o humanos.

Es por eso que cualquier acción que ayude a evitar la corrosión del hierro será bien vista desde el punto de vista ecológico, ya que, a pesar de que el hierro no cierre su ciclo natural, es mejor tratar de hacer que cualquier cosa hecha de hierro tenga una larga vida, dada la contaminación que la produjo.

Acabados.

Existen una gran variedad de acabados para los aceros, desde los más simples que consisten en colocar una capa protectora (primarios, pinturas, lacas o esmaltes) hasta los más sofisticados que consisten en someter al metal a un baño en sustancias químicas, a veces con presencia de altas temperaturas o de corrientes eléctricas, que hacen que las superficies expuestas cambien sus propiedades, su dureza, su color y hasta su resistencia a la corrosión. Entre estos encontramos el niquelado, el galvanizado, el cromado, el anodizado, etc.



78 Lámina pintada

Aprovechamiento.

Los aceros son ampliamente aprovechables. La ventaja de los metales es que son reciclables. Como su proceso de obtención es mediante la fundición a altas temperaturas (arriba de los 1200°C) ni siquiera importa si lleva algunas impurezas, en todo caso éstas se incinerarán. Es claro que mientras más limpio vaya, el resultado es mucho mejor y la contaminación menor. Sin embargo, el consumo de energía y la emisión de gases de esta industria son muy altos. Pero son menores si se obtiene acero a partir de chatarra que si se extrae a partir de material virgen.

A pesar de ello, deberíamos poder darles otro uso a los objetos hechos de acero antes de desecharlos y mandarlos a la hoguera. Pareciera que es poco lo que el arquitecto puede hacer al respecto, como el acero es tan popular, no va a dejar de producirse por causas ambientales, pero lo cierto es que podríamos tratar de darles un segundo y hasta un tercer o cuarto uso. Sin embargo, una vez que el acero comienza el proceso de corrosión, ya no hay mucho que hacer, no es fácil detenerlo y entonces sí hay que echarlo al horno. Es por eso que lo mejor que podríamos hacer es usar aceros inoxidables, que tienen un tiempo de vida prácticamente inagotable, si se diseñan e instalan correctamente. No creo necesario ahondar en el tema de el por qué el concreto armado es la peor opción para el acero desde el punto de vista bio-lógico.

Usos en la construcción.

El acero se ocupa en la construcción primordialmente en estructuras, dadas sus propiedades, algunas veces alteradas con tratamientos térmicos superficiales como el templado o con aleaciones, obteniendo por ejemplo, el acero inoxidable, como ya se mencionó. En la construcción se emplea el acero para:

- ↗ Varillas lisas y corrugadas como elemento estructural junto con el concreto.
- ↗ Alambre para amarre.
- ↗ Alambre para anillos.
- ↗ Clavos.
- ↗ Malla electrosoldada.
- ↗ Alambre de refuerzo para concreto pre-esforzado.
- ↗ Acero estructural (perfiles).
- ↗ Tubería de hierro negro.
- ↗ Tubería galvanizada.
- ↗ Losacero.
- ↗ Tubo industrial.
- ↗ Perfil tubular estructural.
- ↗ Láminas lisas.
- ↗ Pernos y tuercas.
- ↗ Alambre galvanizado.



79 Herrería

- Ductos para ventilación de lámina galvanizada.
- Electrodo para soldadura.
- Mobiliario, cubiertas de cocina.
- Barandales, rejas, protecciones de ventanas y bardas.

Significado.

El acero tiene connotaciones claras que lo relacionan con la industria, con las máquinas. En la arquitectura, por lo general encontramos metales en estructuras, que demuestran su poderío y su fuerza. Cuando se pretende hacer notar esto, se dejan aparentes, en muchos edificios corporativos, naves industriales, etc., se dejan como acabado, en ocasiones pulidos, esmerilados o satinados.

El acero en perfiles es muy industrial, por lo general los arquitectos que los colocan en casas habitación los cubren, al igual que las instalaciones, ya que no se perciben como elementos cálidos o amables para con la gente que hace uso de esos espacios.

También existen tendencias que exponen el acero oxidado, simulando su proceso natural, pero en realidad están tratados para que la corrosión se detenga y sea sólo aparente en su capa superficial. En este caso pierde la connotación de frialdad y adquiere un tono cálido, agradable para algunos ambientes.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

El acero requiere grandes cantidades de energía para su obtención, pero no así para su reciclaje, se calcula que se requiere unas 20 veces más energía para producir acero que para producir concreto, pero a diferencia de éste se puede reciclar, además de que su capacidad estructural es mucho mayor que la del concreto por volumen.

El acero es más ligero que el concreto, así que si vemos su transporte, también ahorra energía en el traslado. El acero requiere también menor cantidad de agua y puede reutilizarla, mientras que el concreto la contamina (Edwards, 2004).

Es así, que las recomendaciones para trabajar con este material son fundamentalmente:

- Evitar la corrosión para alargar la vida útil del objeto de acero.
- Separar los metales.
- Permitir el reciclado de los metales.
- Usar acero reciclado
- Diseñar estructuras estandarizadas para que se puedan desmontar y reutilizar o reconfigurar.
- Emplear acero inoxidable o en su defecto aluminio para sustituir aceros en la medida de lo posible.

– ALUMINIO.

El aluminio es un metal blando que encontramos en un sinnúmero de aplicaciones. Sus propiedades de maleabilidad y ductilidad lo han convertido en uno de los metales más apreciados, además de su color grisáceo claro particular. El aluminio tiene la gran ventaja de que su proceso de corrosión es tan rápido, que crea una capa de óxido de aluminio en su superficie, la cual detiene el proceso de oxidación hacia su interior, siendo así que tiene aplicaciones en ambientes donde el hierro tendría pocas probabilidades de éxito. El aluminio es un metal perdurable, limpio, blando y mal conductor de la electricidad.

Dado que el aluminio es un metal muy blando, su maquinado es sencillo y es apto para procesos de extrusión, fundición a presión, etc. Sus propiedades lo convierten en un material ideal para muchas aplicaciones.

El aluminio es un poco más amable con el ambiente que el acero, puesto que, en primer lugar, su temperatura de fusión es mucho menor que la del acero (660°C) y requiere de menor energía, además de que gracias a su rápido proceso de oxidación, crea una capa que lo protege de la corrosión y es difícil que se contamine con otros materiales.

Composición química.

El aluminio no se encuentra puro en la naturaleza, es por ello que existe un complicado proceso para su extracción. El aluminio se encuentra en forma de Bauxita, la cual se extrae y se muele, se lava con una solución de hidróxido de sodio a alta presión y temperatura. Los minerales de aluminio se disuelven mientras que los otros componentes se depositan en el fondo de un decantador de donde son retirados. Después el hidróxido de aluminio se recristaliza y se quema a más de 900°C para producir una alúmina de alta calidad. El óxido de aluminio obtenido se somete a electrólisis, de donde se obtiene aluminio metálico en estado líquido muy puro (más de 99 %) para lo que son necesarias temperaturas cercanas a los 1000° C. Por esta razón el consumo energético necesario para obtener aluminio es altísimo y por ello se ha convertido en un material caro de producir, siendo necesario, por cada tonelada de metal de aluminio:

- ⤴ 4,385.63 Kg de bauxita (óxido de aluminio hidratado)
- ⤴ 510.31 Kg de coque (carbón de piedra o bituminoso coquizado)
- ⤴ 483.29 Kg de carbonato de sodio anhidro
- ⤴ 163.60 Kg de alquitrán
- ⤴ 119.07 Kg de cal
- ⤴ Cantidades variables de metales de aleación, según se use como bote rígido o como lámina o papel de aluminio (de 15 a 5 % de manganeso, trazas de hierro, silicio, zinc, cromo, cobre y/o titanio).



80 Lingotes de aluminio

↗ 217.11 millones de BTU⁷ de energía (Universidad Autónoma Metropolitana).

Como no se trata de un proceso sencillo ni barato y además se contaminan el agua, el aire y el suelo, su reciclaje se ha vuelto muy popular. El reciclado de un material es una alternativa que existe para dañar menos el medio ambiente y no vernos rodeados de montones de basura.

Temporalidad.

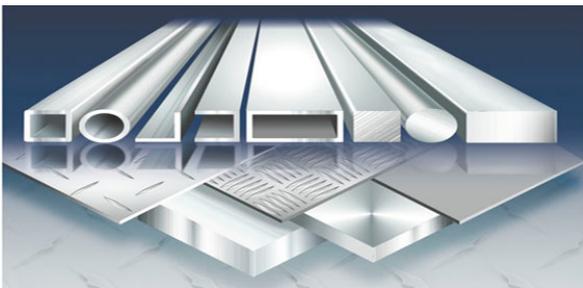
El aluminio es un metal resistente, limpio y durable. Con los debidos cuidados podría prestar sus servicios en largas temporadas, pero aquí tiene que ver nuevamente el diseño de una forma que garantice su fácil mantenimiento.

La blandura del aluminio hace que no sea un metal estructural y muchas cosas hechas con este metal sean rayadas, deformadas y aboyadas fácilmente, por lo cual deben tenerse cuidados en sus aplicaciones.

Este metal tiene un bajo peso y es por eso que se le percibe como barato, si se le compara con el acero, pero si vemos su precio por kilo, es más alto que el del acero. Además, no es un material tan resistente ni dura toda la vida en excelente estado, por lo que se sugiere utilizarlos en situaciones moderadas, donde no se le exponga a golpes o pesos excesivos, ya que se deformaría y no recuperaría su forma original.

Acabados.

El aluminio tiene por naturaleza un acabado grisáceo, como ya dijimos, resistente a la corrosión. Sin embargo, diversos procesos químicos han logrado darle diferentes colores, los cuales toman una tonalidad metálica, del agrado de muchas personas, por lo cual se hacen cada vez más populares y comerciales, aunque sus costos se hayan elevado.



81 Perfiles y placas de aluminio

El proceso se conoce como anodizado y es porque el metal hace las veces de ánodo (la parte positiva de la corriente eléctrica) en un circuito inmerso en una solución de químicos (ácido sulfúrico) que harán que de manera artificial se forme más óxido de aluminio protector en la superficie expuesta del metal, confiriéndole con ello una mayor resistencia. Además se le puede teñir con colorantes naturales, con lo que el proceso no provocaría daño al medio ambiente, si el residuo del ácido es tratado adecuadamente, no vertido en la red de drenaje. Con ello, el aluminio adquiere mejores propiedades y colores para que combinen en cualquier aplicación.

⁷ British thermal unit (BTU o Btu) es una unidad de energía aproximadamente de 1055 joules. Es la energía necesaria para enfriar o calentar un grado Fahrenheit, una libra de agua.

Aprovechamiento.

Este metal se deja reciclar con extrema facilidad. El aluminio es cien por ciento reciclable sin merma de sus cualidades. El refundido del aluminio necesita poca energía. El proceso de reciclado requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial.

Un residuo de aluminio es fácil de manejar porque es ligero, no arde y no se oxida y es también fácil de transportar. El aluminio reciclado es un material cotizado y rentable. El reciclaje de aluminio produce beneficios a muchas personas, ya que lo que unos desechan se convierte en material valioso para otros.

- Reciclar aluminio representa un ahorro de 91% de la energía que se requiere para renovarlo, además de que evita mayor contaminación de la atmósfera.
- Reciclar el aluminio evita las altas emanaciones de gases a la atmósfera y con ello se reduce la contaminación del aire.
- Reciclando una lata de aluminio se ahorra suficiente energía como para hacer funcionar un televisor por 3.5 horas.
- Por cada tonelada de aluminio tirada a la basura hay que extraer 4 toneladas de bauxita. Durante la fabricación se producen dos toneladas de residuos muy contaminantes y difíciles de eliminar (Universidad Autónoma Metropolitana).

Usos en la construcción.

El aluminio se ocupa ampliamente en las obras, sobre todo en perfiles para ventanería y cancelas. Su alto costo limita otras aplicaciones, pero cuando se cuenta con recursos, se le encuentra como recubrimiento de fachadas, columnas o muros. Algunas rejillas de ventilación y elementos que requieran que el óxido no contamine, por ejemplo, ductos de ventilación, son preferidas en aluminio.

Significado.

El aluminio tiene connotaciones similares al acero en la construcción, sin embargo, al tratarse de un material menos resistente, no se le percibe tan "industrial". A pesar de que su alto costo no lo pone a competir con el acero cuando se habla de estructurar, sí tiene muchas oportunidades de demostrar sus capacidades cuando se habla de ligereza. Tiene connotaciones de modernidad, ya que se trata de un metal que aparece hasta el siglo XX en el mercado de producción masiva.

Su color grisáceo en tonalidades mate lo hace sentir extremadamente limpio, al tacto es menos frío que el acero al tener una mayor conductividad térmica que aquél y dado a



82 Aluminio en la construcción

que su proceso tan rápido de oxidación crea una capa delgada y transparente de óxido de aluminio, permanece sin corroerse por mucho tiempo.

Es por ello que lo encontramos en fachadas, en sitios donde está expuesto al agua y al sol sin que durante mucho tiempo dé muestras de deterioro, así que su costo se ve compensado por el bajo mantenimiento que requiere.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

En éste caso las recomendaciones serían:

- Emplear aluminio para sustituir aceros en la medida de lo posible.
- Utilizarlo moderadamente, ya que su costo es alto.
- Emplearlo en objetos que perduren.
- De preferencia no emplearlo con acabados como lacas (polímeros).

• RECONFIGURANDO LA TIERRA.

Los materiales pétreos se encuentran desde hace miles de años en la faz de la tierra. El ocuparlos en edificaciones arquitectónicas casi equivale a decir que se ha cambiado su configuración, pero sin hacer ningún daño al medio que los rodea.

Sin embargo, la explotación de los materiales pétreos sí es un problema. La explotación de yacimientos de rocas finas ha traído como consecuencia modificaciones del paisaje, erosión del suelo, exterminio o ahuyento de flora y fauna del lugar. Además, su peso requiere de grandes unidades que consumen mucha energía para su transporte.

Su durabilidad es elevada, algunos han estado en la tierra desde su fundación, otros han ido apareciendo con los movimientos de la misma, erupciones, depósitos en el mar, etc. Es su durabilidad una característica altamente deseable en un material sostenible, pero al mismo tiempo, es una desventaja al momento de hacer demoliciones, ya que siempre está contaminado con otros materiales que los llevan inevitablemente al tiradero en forma de cascajo.

Si bien, hay muchas iniciativas que están tratando de darle un segundo uso al cascajo, por ejemplo como relleno de carreteras, caminos, etc., el desperdicio supera por mucho lo que se está utilizando, así que no se nota todavía la disminución en las montañas de basura y cascajo.

A las piedras y la tierra las encontramos en prácticamente toda la superficie terrestre, no por otra cosa, nuestro planeta recibe ese nombre. En la naturaleza la tierra y las piedras tienen una gran diversidad de formas, tamaños, colores y propiedades,



83 Piedras

podríamos decir que son los materiales con los que la naturaleza más construye, al igual que los seres humanos, sólo que la naturaleza no cambia sus propiedades químicas ni altera los ecosistemas con ellos, sino que son parte integral del ecosistema.

La tierra tiene el encargo de filtrar el agua y llevarla a los mantos freáticos, se encarga también de alojar a muchos insectos, gusanos y otros seres que se encargan de degradar los materiales orgánicos para que se absorban por el suelo y nutran a muchas plantas. A las que a la vez sirven de anclaje y sostén.

Sería interesante que el arquitecto aprovechara estas propiedades para, por ejemplo, coleccionar y filtrar impurezas del agua pluvial.

– **ROCA, PIEDRA, GRAVA Y ARENA.**

La piedra es uno de los materiales más abundantes en la superficie terrestre. Existen rocas grandes que por su tamaño requieren romperse en módulos más pequeños para poder emplearlas en obras, aunque tenemos muchos ejemplos de arquitectura antigua en la que usaban los enormes bloques, como en las pirámides de Egipto.

Las rocas son frecuentemente talladas para darles forma y adaptarlas a las necesidades de los constructores. Las encontramos en grandes edificaciones habitacionales, en iglesias, en muros, en bóvedas y dinteles.

Las piedras poseen una elevada masa térmica, por lo que las habitaciones suelen mantener una temperatura agradable en su interior. El granito, el mármol y la pizarra son de las más utilizadas, pero existen muchísimos tipos más. La piedra tiene grandes ventajas: una larga vida, buen aislamiento acústico y térmico (especialmente contra el calor) cuando las paredes exceden los 50 cm. No es un material renovable, pero abunda en la superficie terrestre.

Formación.

Como sabemos, las rocas son de origen natural, están formadas por minerales como el cuarzo, el feldespato, etc. Hay tres tipos de roca: ígneas (de origen volcánico), como el basalto, que tienen por lógica un excelente comportamiento térmico.

Las rocas sedimentarias se forman por agregación de otras partículas (sedimentos) que se puede dar por meteorización, erosión, transporte, precipitaciones o compactación. Las más conocidas son las lajas (calizas, gres, travertino, etc.)

Las rocas metamórficas forman el tercer y último grupo y se forman por cambios en su arreglo molecular, generalmente debido a cambios de temperatura o presión, como son el mármol, la pizarra, etc.

Desde el punto de vista ecológico, el empleo de piedra es muy recomendado, sobre todo si se trae de un sitio cercano, es decir, que sea material de la zona, con lo cual no altera los ecosistemas, ya que es sólo un “reacomodo” del material. Sin embargo la explotación de las canteras sí puede ser muy dañina a los ecosistemas y al paisaje del lugar.

Temporalidad.

La piedra es un material de construcción que puede durar toda la vida de muchas generaciones, similar al concreto. Su larga vida depende de un buen acomodo de las piezas y si este no se puede dar, puede ser auxiliado por un mortero que las mantenga unidas. A exposiciones continuas de agua y sol, algunas piedras se pueden comportar con variaciones en sus dimensiones, lo cual puede ser perjudicial para fachadas, por ejemplo. También en condiciones extremas, el hielo puede romper las piedras. Es importante saber que muchas piedras no deben mezclarse, pues pueden descomponerse entre ellas y además su comportamiento térmico es diferente, con lo que se pueden desprender o romperse. El viento y la lluvia las erosionan, pero esto se toma bastante tiempo. La piedra porosa es la menos durable.

Acabados.

La piedra no necesita ningún acabado, ya que es una forma torpe de ocultar su belleza, sin embargo, en muchas aplicaciones en muros urbanos, los grafitis, la suciedad llevan a las personas a pintar la piedra, aunque la naturaleza de la misma rechaza la pintura y tienden a verse descascaradas con el tiempo.

Aprovechamiento.

Dada su abundancia, en el caso de la piedra no hay criterios de aprovechamiento, porque se ocupan todos sus desechos: de ellos se obtienen piedras chicas que se utilizan como agregados (grava) y todavía el polvo se utiliza como arena. También de la piedra se obtienen partículas que se ocupan en la industria como abrasivos y en arquitectura auxilian en el acabado de algunos materiales, como el grabado con arena (sandblast).

Usos en la construcción.

La piedra se emplea en la construcción como integrante de elementos como muros, cimentación o pisos, pero también se emplean capas delgadas de piedra (lajas) para dar acabados en muros o pisos. En cimentaciones ciclópeas (de piedra) lo común es unir las piedras con mortero, en donde las piedras tendrán un diámetro o lados promedio de 25 cm, dependiendo de las dimensiones de la cimentación.



84 Barda de piedra

En algunas bardas se unen las piedras usando mortero por la parte interior, para que la mezcla no se vea, pero en ocasiones sólo se enciman las piedras, generando espesores de pared mayores a 60 cm y limitados en altura, aproximadamente de 1.20 m.

Otros usos que encontramos son en forma de grava o arena, donde las piedras son reducidas en sus dimensiones, siendo las de grava mayores de 5 mm promedio y las de arena menores de 1 mm, esto se ocupa como agregado en el cemento.

También encontramos la piedra como elemento decorativo, como la piedra de río, piedra de mármol, etc.

Significado.

La piedra en la construcción se percibe como un elemento fuerte, durable y sólido. Los muros de piedra también tienen connotaciones rústicas y por sus características se les percibe como elementos fríos y naturales. Sin embargo algunas piedras, por la dificultad de su extracción o sus características, han adquirido un alto valor, como lo son granitos y mármoles, cuyos precios superan los de muchos materiales de construcción.

Las piedras de río se perciben suaves y amables, suelen usarse como ornamento, las piedras porosas se perciben como lo que son, ásperas hostiles, se les ocupa para bardas y protecciones.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Al emplear piedra como material de construcción las recomendaciones serían:

- Emplearlo como alternativa al tabique.
- Emplear piedras no porosas, que son más duraderas.
- Emplear piedras recuperadas de otras obras en lugar de las extraídas de canteras.
- Considerar si su aplicación será para interiores y exteriores y seleccionar la piedra adecuada.
- Considerar las propiedades térmicas de la piedra para evitar el uso de aislantes térmicos.
- No mezclar piedras porosas con lisas, pues su comportamiento térmico es diferente.

– DE POLVO A LODO Y DE LODO A SÓLIDO.

El cemento es uno de los materiales más empleados en la construcción, sus características de resistencia, elasticidad, durabilidad lo convierten en un material verdaderamente excepcional. Se deja combinar con muchos elementos como arena y

grava y aditivos como acelerantes, desacelerantes, así como impermeabilizantes, colorantes, etc., que cambian sus características y le confieren propiedades aún más atractivas.

Frecuentemente se le encuentra combinado con otros materiales, especialmente el acero, donde recibe el nombre de concreto armado (hormigón en España). Este binomio provee de una gran elasticidad las losas de concreto, sin él, grandes rascacielos, puentes y muchísimas obras de ingeniería y arquitectura no podrían haberse llevado a cabo.

Composición química.



85 Concreto

El concreto es una mezcla formada básicamente de grava, arena y agua con un aglutinante (cemento), que reaccionan químicamente y al secar se solidifican.

El resultado es un material estructural que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no los de tracción, por lo que asociado con el acero de las varillas, adquiere la resistencia de éste y lo convierte en un excelente material para la construcción.

En ocasiones se le ponen aditivos para que adquiera otras características, como colorido, resistencia a la humedad, flexibilidad, etc. Los aditivos pueden ser sólidos, líquidos o gases y lo mismo de material pétreo que plástico, fibra de vidrio o metal.

Desde el punto de vista ecológico, el empleo de cemento es muy malo, puesto que desde su producción, se producen muchos contaminantes, polvos y cenizas tóxicos, que permanecen como partículas suspendidas en la atmósfera y son muy dañinas, siendo el principal motivo por el que las cementeras fueran expulsadas de mayoría de las ciudades.

El cemento es muy peligroso para la salud. Su inhalación y el contacto con la piel pueden traer graves consecuencias a futuro sobre la salud de las personas que lo manipulan, como irritaciones y quemaduras. Por ello se deben tomar medidas de protección que la mayoría de los trabajadores de la construcción pasan por alto y los productores de desentienden de las consecuencias. La inhalación del polvo también causa daños a la salud.

La industria cementera:

- Opera 16 plantas en Canadá, 30 en México y 110 en Estados Unidos, que son propiedad de 30 compañías matrices (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2006).
- Ha sido a lo largo de la historia una de las más contaminantes del mundo.

- Esto se debe a que genera contaminación durante el manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), en la molienda (partículas), y después durante el enfriamiento de los hornos (partículas o "polvo del horno", y gases de combustión con CO).
- Además, las plantas productoras de cemento son generadoras de dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de sulfuro y nitrógeno.
- También produce contaminantes hídricos a través de los derrames del material de alimentación de sus hornos, y después, las aguas que utiliza para el enfriamiento de sus productos generan desechos que contaminan las aguas superficiales y freáticas.
- En cuanto al polvo (sílice sobre todo), provoca riesgos de salud para los obreros. Impactos que, en su conjunto, pueden ser atenuados pero no desaparecer (swissinfo, 2007).

El bióxido de carbono se libera en el proceso de producción de cemento cuando la piedra caliza (carbonato de calcio) se calienta para producir la cal (óxido de calcio), un componente del cemento.

Temporalidad.

El concreto es un material de construcción que puede durar toda la vida de muchas generaciones. Dependiendo de la incorporación correcta de los ingredientes que son cemento y áridos en agua y de los aditivos que se le hayan puesto, los pequeños inconvenientes que pueden aparecer en las edificaciones se atenúan, si no es que desaparecen del todo. Por ejemplo, un inconveniente de las losas de concreto armado en las regiones donde hay heladas es que la humedad puede filtrarse entre las losas y provocar la corrosión del acero en su interior, pero si se le pone un impermeabilizante al concreto, éste problema no se presentará. Así, cada ambiente, cada clima, requerirá de una correcta selección de los materiales incorporados a la mezcla de concreto.

Acabados.

Al día de hoy la mayoría de los acabados para el concreto son dados en su color natural, lo cual evita tener que pintar y por ende, dar mantenimiento constante a las edificaciones; sin embargo, su plasticidad antes de que fragüe, ha permitido que se le estampen cualquier cantidad y forma de motivos a su superficie e incluso, que se le hagan incrustaciones. Es así que se venden ya placas de cemento estampadas que se emplean principalmente en pisos.

Aprovechamiento.

El uso de concreto armado en cimentación y estructura presenta las mejores propiedades, así que su uso recomendado, al no haber un material y un proceso tan

efectivos para la construcción, sería utilizarlo al mínimo, conocer muy bien la resistencia del terreno para no cimentar excesivamente desperdiciando material.

Si bien, la industria cementera aprovecha residuos como los neumáticos como material combustible para sus hornos, sus propios desechos son mayores y más contaminantes.

Usos en la construcción.



86 concreto armado

El cemento se usa en la construcción como ingrediente principal para la elaboración de elementos estructurales, lo encontramos en muros, losas, columnas, trabes, cimentación, etc. También se le usa como mortero en la colocación de tabiques y piedras, se le emplea como ingrediente en aplanados, niveladores en pisos y losas, como pegamento de algunos tipos de piso, como ingrediente en acabados decorativos, etc.

Significado.

El cemento es uno de los materiales de construcción más rentables y por ello, uno en los que las grandes cementeras más han invertido en su posicionamiento en el mercado. Es claro que el significado que la gente le da a las construcciones con este material está fuertemente influenciado por esta circunstancia.

El cemento, como ingrediente principal del concreto a veces es nombrado como si se tratara de lo mismo. El concreto es así, un material fuertemente relacionado con la solidez y la modernidad, su plasticidad también le ha dado la posibilidad de lograr formas antes no imaginadas, sistemas constructivos veloces y redituables, su empleo lo encontramos en cada rincón del país, por lo que las cadenas de distribución han tenido también mucho que ver con la popularización de su uso.

Hasta en el nombre, el concreto indica la adhesión tan fuerte que logra su mezcla (si está bien hecha, en la proporción debida). Sin embargo, no es hasta los años más recientes, que el concreto se ha popularizado como acabado en muros, casi siempre se le cubre con algún acabado para regular su temperatura, ya que es frío al tacto y los espacios que se generan en sus interiores son generalmente lúgubres y fríos.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Está claro que las obras arquitectónicas se hacen hoy en día para perdurar, sin embargo, aun así hay que prever qué hacer cuando la obra se tenga que demoler y todo ese concreto pase a engrosar los tiraderos en forma de escombros. En éste caso las recomendaciones serían:

- Sustituir el uso del concreto por otros materiales en la medida de lo posible (tierra, piedra, acero, etc.).
- Hacer con él obras estructurales que sean necesariamente perdurables y resistentes, como puentes, terminales aéreas, carreteras, etc.
- Preferir el acero al concreto, ya que se puede reutilizar, además de que una tonelada de acero estructura más que una de concreto armado de las mismas dimensiones.

- **LA CERÁMICA: ROMPIENDO LOS CICLOS.**

Se le llama de manera genérica cerámica a todas aquellas piezas formadas por arcillas que han tenido una cocción y al perder el agua química han obtenido una gran dureza.

Como toda la cerámica, la cocción a altas temperaturas separa el agua química del compuesto arcilloso, lo cual ya no le permite a la pieza cocida volver a absorber agua, con lo que adquiere una estabilidad dimensional y formal, diferente de cuando está húmeda, antes de la cocción que puede perder y absorber agua de nuevo para recobrar su plasticidad.

La cerámica no tiene una forma de revertir su proceso de cocción y comenzar otro ciclo en la naturaleza, por lo que como todos los materiales cerámicos, la disposición final es en la forma de escombros, pero cabe mencionar que la industria de los materiales cerámicos no es tan contaminante como la del cemento, pues requiere hornos de mucha menor temperatura. Lo mismo aplica para piso, azulejo y cualquier producto cerámico. De hecho, a menor temperatura, menor contaminación por CO₂.

La cerámica no es producida en la naturaleza, más que en residuos que pueden dejar incendios de otros materiales (por ejemplo de madera) en un determinado tipo de tierra arcillosa. Sin embargo, es un material que ha acompañado al hombre en las diversas culturas alrededor del mundo y no es tan difícil de producir, con técnicas relativamente sencillas. El avance de las tecnologías hacen de la cerámica un material que cada día puede reciclarse o reutilizarse menos, por eso resulta de los menos recomendables desde el punto de vista que se defiende en esta investigación, es decir, el cíclico, aunque sea su materia prima abundante en la naturaleza.

- **MÓDULOS DE BARRO COCIDO.**

Los ladrillos y tabiques son módulos cerámicos pequeños utilizados en la construcción para hacer muros, recubrir fachadas, etc. Son piezas de arcilla cocidas a alta temperatura, sus dimensiones suelen rondar entre los 24 x 11,5 x 6 cm. Existen además otros módulos para diversas aplicaciones así como ladrillos de otros tipos de arcillas y tierras, algunos los conocemos como tabicón de 30 x 15 x 11 cm ó 30 x 20 x 9 cm ó 30 x 20 x 11 cm, tabique aligerado (ahuecado), tabique refractario, recocho, etc.



87 Ladrillos

Su modulación permite que se puedan apilar uniéndose con un mortero, de manera que en conjunto pueden lograr una gran variedad de geometrías. El tamaño está dado para que el trabajador de la construcción pueda levantarlo y manipularlo con una mano.

Composición química.

Los ladrillos están hechos de diferentes arcillas, las cuales les dan en nuestro país una coloración rojiza. El sílice, la alúmina y algunos metales que componen la arcilla, le confieren una gran dureza, pero no así elasticidad, por lo que son relativamente frágiles. Lo mismo sucede con las piezas de cerámica, lo único que cambia es su geometría.

La arcilla se amasa y se coloca en moldes, que se hornean en túnel continuo, donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C. En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material cocido se apila en carros especiales, en paquetes estándar, embalados para su transporte (Otoniel).

Según estudios realizados por Soledad Siñani y Bady Mancilla de la Universidad Mayor de San Andrés en Bolivia, la industria ladrillera:

- ↗ Consume 2,000 toneladas de aserrín, 9,000 T de leña, 560 T de llantas, más de 2 millones de litros de aceites residuales y otros residuos industriales como plásticos, baterías, fibra de vidrio, solventes, tintas, químicos y residuos hospitalarios.
- ↗ Produce más de 150 mg/m³ de polvo PM₁₀ (menor a 10 Micras) en 24 horas.
- ↗ Produce por cada millón de ladrillos:
 - ↗ SO₂ 700 kg
 - ↗ NO 180 Kg
 - ↗ Co 45 Kg
 - ↗ Pb 12 Kg
 - ↗ PST 350 Kg
 - ↗ CO 8.5 Kg (Siñani & Mancilla, 2011)

Temporalidad.

A no ser por las fracturas que se dan en la obra, los ladrillos resultan ser materiales de construcción en extremo durables, además de lo versátiles que ya se ha mencionado. Además, en las demoliciones, hay empresas que recuperan los ladrillos para volverlos a utilizar en otra obra, lo que le añade la ventaja de la "reutilización".

Un kilo de ladrillo, módulo prácticamente indispensable en las edificaciones, según el Ecolaboratorio de "El País", requiere para su fabricación de 3.6 mega Joules, 1,8g litros de agua y emite 270 g de CO₂. Sin embargo, existen algunos ladrillos como el de arcilla

aligerada, que tiene un 15% de paja dentro de su composición que reduce el impacto antes mencionado. También los ladrillos sílico-calcáreos son menos contaminantes. Su sustitución puede ser más efectiva que la incorporación de algunas ecotecnias, refiere el investigador Zabalza al Ecolaboratorio (Álvarez, Ecolaboratorio, 2010).

Pero los ladrillos no son los principales culpables en el alto impacto ambiental de una casa, el aluminio le gana y por mucho (8.57 K de CO₂ por cada Kilo), el poliestireno expandido (7.34), la espuma rígida de poliuretano (6.79), el PVC (4.27), el cobre (2) y la lista continúa. Y por el contrario, la madera, el corcho y el ladrillo de arcilla aligerada son los menos dañinos (Álvarez, Ecolaboratorio, 2010).

Acabados.

El ladrillo, a menos que vaya a quedar expuesto, no lleva ningún acabado, ya que en la mayoría de las ocasiones, será cubierto con una capa de yeso, sobre todo en los interiores de las edificaciones y cemento en los exteriores.

Usos en la construcción.

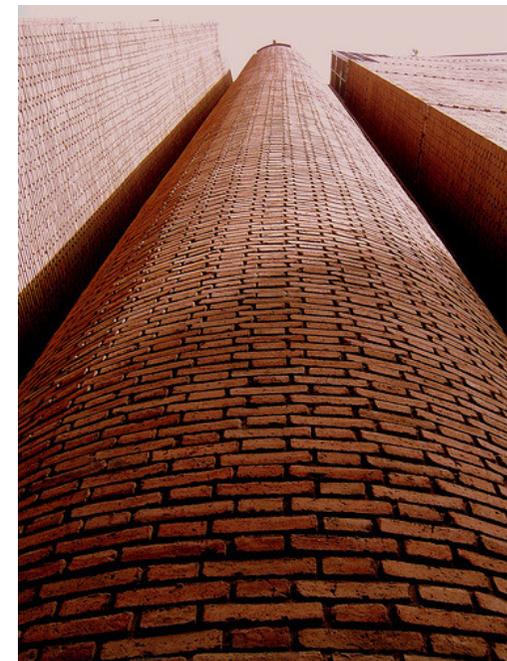
En la industria de la construcción se emplean los ladrillos prácticamente en todos los muros, pero también en techos y pisos. Por sus cualidades de resistencia a la intemperie, se les encuentra en muchas fachadas y bardas.

Significado.

Los ladrillos son elementos que muchas veces permanecen ocultos en los muros y pasan desapercibidos. Dependiendo de los estilos arquitectónicos han sido apreciados y desdeñados en diferentes épocas, como los de recocho, que un tiempo eran ladrillos defectuosos que se desechaban hasta que los arquitectos los comenzaron a ocupar y se pusieron de moda algunos años en nuestro país.

Independientemente de eso, no se trata de un material barato, pero se le percibe como tal, los albañiles lo tratan con cierto desprecio, rompen muchos de ellos, los desechan sin importarles su costo o el daño que puedan producir, sobre todo, si no se van a ver, en ocasiones no realizan un trabajo muy profesional.

Pero cuando quedan a la vista, por lo general cuidan los detalles y el trabajo luce más, a veces colocan los ladrillos de canto o diferentes acomodos o se usan piezas más delgadas en bóvedas y losas, que lucen mucho y le dan un toque tradicional, muy apreciados por las personas que valoran el trabajo minucioso de los albañiles. El arquitecto colombiano Rogelio Salmona, ha demostrado que con unos pocos módulos de ladrillos se pueden lograr composiciones agradables y muy funcionales, cuidando todos los detalles en la construcción.



88 Edificio de ladrillo

– BARRO COCIDO LAMINADO.



89 Azulejos

En general, los pisos cerámicos y los azulejos son también módulos hechos de arcilla cocida en un proceso similar al de los ladrillos, aunque a una temperatura diferente (desde 600°C, pero puede llegar hasta los 1,500°C, denominándose cerámica de alta temperatura) y tienen un espesor muy delgado. Sin embargo, como una de sus aplicaciones es en acabados de paredes y pisos en baños y cocinas, se les aplica una capa de esmalte formada por vidrio en polvo que al cocerse en una segunda etapa, forman una capa uniforme de vidrio que tapa sus poros y los hace fáciles de lavar.

Composición química.

La cerámica de nuestros días recibe los nombres de cerámica avanzada o técnica o fina, y se trata de composiciones con alto grado de pureza, constituidas por partículas ultra finas, sinterizadas y tratadas bajo condiciones perfectamente controladas. Su diferencia con los materiales cerámicos tradicionales es que éstos se basan principalmente en silicatos, mientras que la cerámica avanzada incluye nitruros, carburos, óxidos, carbonatos, etc.

Temporalidad.

Al igual que con los ladrillos, la vida útil de la cerámica es larguísima dada su dureza, pero debido a su espesor que en promedio es de 6 mm, muchas piezas se fracturan en las obras y hay que desecharlas. También sufren de fracturas si se les coloca mal dejando huecos en el material con que se adhieren a pisos o muros.

Acabados.

La cerámica acepta una gran cantidad de esmaltes y pigmentos, por lo que se le encuentra en una inmensa cantidad de acabados, colores y diseños, además de que con los nuevos aditivos, se están obteniendo piezas de mucha mayor dureza.

Usos en la construcción.

Como ya se mencionó, la cerámica se emplea en pisos y azulejos, mayoritariamente, aunque en ocasiones se le encuentra en techos. No es raro encontrarlas en lugares públicos, pero no es conveniente su uso en lugares donde se manejen alimentos, ya que sus fracturas y hasta sus juntas, pueden guardar bacterias y hongos.

Significado.

El azulejo ha tenido diferentes significados a través de los tiempos, diversas técnicas de manufactura y la arcilla de la que está hecha, le han dado valor por lo laborioso que lleva inmerso. Así, encontramos piezas cerámicas decoradas a mano con la más

exquisita delicadeza, además de hermosos motivos, que le dan un valor incalculable; también encontramos que, como la porcelana, hay pastas cerámicas que necesitan de un tiempo de “añejamiento” que vuelve sus propiedades diferentes y altamente valoradas. Se dice que la porcelana, debe su transparencia a los años que reposa en tinas milenarias.

Ya sea por uno u otro motivos o por ambos, hay piezas que adquieren mucho valor, sobre todo si consideramos que hoy en día las técnicas de serigrafía y de calcomanía han logrado imitar los motivos de decoración y el desarrollo de las pastas cerámicas han logrado parecerse mucho a las que con tanto tiempo se han cuidado.

Los azulejos y pisos presentan una variedad de colores y materiales, algunos cocidos a altas temperaturas, que les dan una estabilidad dimensional que los arquitectos buscan para evitar fracturas por dilataciones o la colocación de juntas para cubrir los espacios que generan las contracciones.

Me parece que además de esto, los pisos y azulejos se valoran por su resistencia al desgaste, por su dureza y durabilidad, su fácil colocación y belleza.

Los motivos naturales y campestres han cedido su lugar a colores lisos o desvanecidos, imitando piedras naturales; las texturas son cada vez más intrépidas, sobre todo para aplicaciones verticales, también el tamaño de las piezas influye en el toque de modernidad, apreciándose las piezas más grandes como más valiosas que las chicas, las cuales encontramos en mercados públicos y en fachadas de casas de gente de medios o escasos recursos, aunque el mosaico veneciano también ha tenido reconocimiento y valor en diferentes épocas.

En ciudad Nezahualcóyotl, por ejemplo, existen muchas casas en donde la gente ha colocado en su fachada azulejo, ahí, la gente cree que el azulejo además de darle un valor a su fachada, muestra el estatus económico de la familia. Quizás también por la dificultad de limpiar los grafitis de las fachadas es que se prefieren con azulejos, ya que su esmalte no permite que la pintura penetre en los azulejos, lo que les da una apariencia limpia por más tiempo y las familias no hacen gastos ni corajes para retirar el aerosol de sus fachadas.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

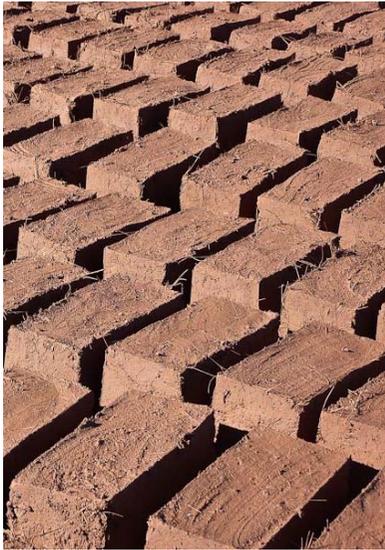
Agrupo en un solo párrafo las recomendaciones para el uso de ladrillos, pisos y azulejos, ya que en realidad se trata del mismo material base, aunque los pisos y azulejos tienen generalmente una capa de esmalte, que está hecha mayoritariamente de vidrio, del cual se hablará más adelante. Para estas dos presentaciones del material cerámico, las recomendaciones serían:



90 Baldosas portuguesas

- Evitar fracturas del material en la medida de lo posible y en caso de haberlas, ocupar el material como relleno (ladrillos) o como recubrimientos en zonas apropiadas.
- Emplearlo en obras perdurables y resistentes, que no puedan sufrir modificaciones con el tiempo y en caso de sufrirlas, recuperar el material y emplearlo en las mismas modificaciones.

– TIERRA, LODO, ARCILLA.



91 Bloques de adobe

La tierra es en sí misma un material de construcción. Desde la antigüedad se le ha usado mezclada con agua para formar un lodo que adquiere plasticidad, lo que le ha permitido formar módulos que se han empleado en la construcción, siendo los precursores del ladrillo. La mezcla de tierra y agua es una forma temporal de hacer formas rígidas, pero cuando se les vuelve a incorporar agua, vuelven a adquirir plasticidad, por lo que se ha buscado la manera de evitar esa erosión por agua.

Una de las maneras que se encontró fue la cocción, como se explicó en el apartado anterior, otra es la incorporación de paja y estiércol a la mezcla, para que el material no fuera tan quebradizo y la baba de nopal, para impermeabilizarlo. Esta mezcla en su conjunto recibe el nombre de adobe. En la actualidad existen métodos para hacer muros de tierra apisonándola dentro de costales con los que después se harán los muros. Al final se les pone un recubrimiento que puede ser del mismo adobe, esta técnica recibe el nombre de súperadobe.

Es una manera muy efectiva de reorganizar a la misma naturaleza para un fin habitacional, tal como lo encontramos en ella. En los ejemplos proporcionados en capítulos pasados, vimos cómo diversos animales ocupan la tierra para construir sus hogares y sus nidos, tenemos como ejemplo a las termitas, a las avispas y a las aves, quienes configuran sus refugios con este material y prácticamente con la misma técnica, por eso me atrevo a afirmar que este es uno de los mejores materiales para construir hoy en día desde el punto de vista bio-lógico.

Composición química.

El adobe es una mezcla de tierra rica en óxidos de silicio y aluminio (arcilla), que, como ya se mencionó, al entrar en contacto con agua adquiere una gran plasticidad. Al secarse, esa agua que llamamos física (para diferenciarla de la química que se explicó en el inciso del ladrillo y la cerámica), se evapora y esta tierra queda en un estado sólido, aunque con muchas cuarteaduras, como sucede con el lodo seco.

La arcilla mezclada con agua recibe el nombre de barro. Con el barro se pueden hacer una gran variedad de formas, que con un secado moderado y controlado no se cuartean

y reciben el nombre de bizcochos. Cuando estos bizcochos se hornean, pierden una molécula de agua (agua química) y el barro endurece de manera definitiva, para después recibir esmaltes o pigmentos, si es el caso. A esto, como ya se mencionó, se le llama cerámica.

Pero hay otra forma de que el barro seque sin cuartearse y esto sucede cuando se le agrega un agente de armadura que puede ser paja, estiércol de vaca, crin de caballo o hasta heno seco. Esto recibe el nombre de adobe. El adobe se emplea desde la antigüedad y hasta nuestros días en la construcción, pero al no hornearse, queda en un estado vulnerable al agua, que lo vuelve a su estado plástico y a la sequía, que lo pulveriza. A pesar de sus desventajas, se sigue usando porque es un material accesible, aunque requiera de mucha mano de obra, pero por otra parte, las construcciones hechas con adobe, presentan un excelente aislamiento tanto acústico como térmico.

Temporalidad.

El adobe no es un material muy resistente si lo vemos desde el punto de vista del tiempo. La mayoría de las construcciones hechas en la antigüedad con este material el día de hoy no existen, pero sus habitantes tampoco. Es decir, la construcción hecha de adobe durará el tiempo que esté habitada, lo que hace que este material sea mucho más congruente con los ciclos que lleva a cabo la naturaleza y por ello, no daña el medio ambiente, ni en su obtención, ni en su fabricación, ni en su uso ni disposición final.

El adobe puede ser cubierto con un compuesto a base de cal, mismo que puede ser posteriormente pintado, para darle un aspecto diferente.

Aprovechamiento.

Dadas las ventajas de este material de construcción, se hacen muchas investigaciones para desarrollar tanto sistemas de fabricación de bloques de adobe como sistemas constructivos para hacer de éste, un material más empleado por ser sostenible y abundante en nuestro país. Desgraciadamente sus resultados no son tan significativos como para impactar en la industria de la construcción ni en los índices de reducción de contaminantes.

Usos en la construcción.

El adobe es usado en la construcción en la elaboración de muros, como aplanado de muros de cualquier material, también se le encuentra en pisos.

Significado.

El adobe tiene algunas connotaciones dependiendo de la región del país en la que se encuentre. Como es un material muy abundante, la gente de escasos recursos fabrica



92 Vivienda de adobe

sus casas con él, como ya se ha mencionado mezclándola con paja y material orgánico, que en ocasiones es estiércol u orín de animales. Quizás por ser productos orgánicos de desecho que tienen mal olor por contener sustancias degradadas para su fácil absorción en suelos, la gente percibe estos materiales como insalubres, aunque de entrada, el estiércol consiste mayoritariamente en desechos del alimento vegetal de estos animales, que es sustancialmente diferente de los carnívoros, no es tóxico cuando está fresco, además de que después de realizar la mezcla de los materiales, si hubiese algún parásito moriría por las condiciones de preparación, que recibe el nombre de ensilado (Anthony, 1971), el compuesto se estabiliza, se oxigena y se seca, con lo que no está despidiendo partículas, parásitos u otras sustancias nocivas para las personas.

Sin embargo, el material está fuertemente asociado a niveles de pobreza, a lo rural, a lo temporal, la gente de las ciudades no emplea el adobe porque cree que su casa "se va a caer", por lo fuertemente arraigada que la idea del concreto ha dejado en su mente, porque están lejos de la realidad. Al encontrarnos en grandes ciudades y no tener la experiencia de lo que sucede en muchos pueblos y rancherías donde grandes haciendas construidas en adobe llevan siglos erguidas pues han tenido un adecuado mantenimiento, el ciudadano simplemente no confía en ese material. Y al tratarse de un material "para pobres", el adobe sufre el desprecio de quienes pudiendo construir con él no lo hacen por cuidar las apariencias, sabemos que la casa habla mucho de quien la habita y para esta sociedad materialista como la mexicana, la casa debe representar la opulencia de la familia y el adobe no va con esa imagen que se quiere proyectar, según ellos.

Sin embargo, algunos arquitectos se han decidido y han propuesto varias viviendas y edificaciones con este material, algunos incluso proponiendo técnicas que mejoren sus aplicaciones; han hecho obras con un nivel de detalle y buen gusto que en algunos lugares han comenzado a revalorar al adobe, pero la realidad es que son sólo un puñado, pues en las escuelas no les han enseñado más que cómo construir con ladrillos y cemento y sin un conocimiento de estos otros materiales, simplemente no se atreven a proponerlos.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

El adobe es un material abundante en la tierra, fácil de obtener, su tecnología de preparación no requiere de grandes conocimientos, por ello, las recomendaciones serían:

- Emplear más adobe en la construcción.
- Elaborar piezas estandarizadas que faciliten la construcción no sólo de muros, sino de pisos, lozas de entepiso, columnas, etc.
- Desarrollar más sistemas constructivos sostenibles y eficientes para la construcción con adobe.
- No mezclarlo con materiales inorgánicos que después no se puedan separar.

- **EL CICLO INTERMINABLE: VÍTREOS.**

Los materiales vítreos son elementos que se encuentran en un estado sólido pero amorfo, su estructura, lejos de lo que muchos piensan, no es cristalina, por lo que no es correcto llamar al vidrio "cristal". Se dice que los materiales vítreos no se encuentran en equilibrio termodinámico.

Los materiales vítreos son susceptibles a cambiar rápidamente su estado con la presencia de altas temperaturas (arriba de 500°C para algunos materiales) y se vuelven líquidos y al enfriarse, dejan de fluir, a este punto se le conoce como "transición vítrea".

De los materiales vítreos, el más conocido es el vidrio, del cual existe una gran variedad como el vidrio soplado, el plano, el templado. El más usado en la arquitectura es el plano, que puede estar templado o con películas que cambian sus propiedades, como las películas de seguridad, las entintadas o las esmeriladas.

En la naturaleza encontramos el vidrio en partículas de arena, en pocas ocasiones en rocas como la obsidiana, pero no en piezas grandes, así que es un material obtenido por la técnica y que tampoco se emplea en la naturaleza como material de construcción, pero sus propiedades de transparencia son altamente apreciadas.

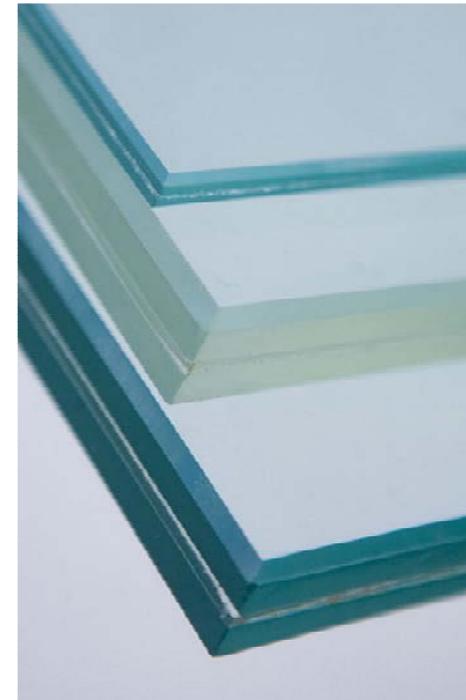
- **VIDRIO PLANO.**

El principal producto vítreo que se ocupa para la construcción es el vidrio plano, aunque también lo encontramos en el esmalte de azulejos, muebles para baño y pisos. Los vidrios se emplean en ventanería, que puede tener algunas películas extra para contrarrestar su transparencia y fragilidad, como las de seguridad o con tratamientos de superficie para darles diferentes capacidades de absorción y reflexión de la luz.

Por otro lado, el vidrio puede ser templado para dar a su superficie una dureza mayor que la que tiene sin este acabado, aumentando su resistencia mecánica excepto en los cantos, donde sigue siendo frágil. Los vidrios blindados son una serie de vidrios superpuestos en diferentes capas separados por películas plásticas con adhesivo que los hacen resistentes incluso a las balas, que si bien los rompen, no los pueden atravesar.

Composición química.

El vidrio es una materia prima que se obtiene del sílice, fundentes (álcalis) y estabilizantes (cal), es un material que se encuentra en un estado vítreo, es decir, no es un sólido, pero es muy duro y se comporta como líquido ante la luz. Con el aumento en la temperatura cambia su estado por uno líquido y entonces se le puede moldear o conformar.



93 Vidrio plano

Comúnmente encontramos los compuestos para el vidrio en la arena de sílice, la cual se deposita en un horno (crisol) por medio de una tolva. Cuando el horno alcanza una temperatura de 1500°C , el material se funde y se homogeniza, para después enfriarse, solidificarse y recocerse.

Temporalidad.

El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo. Aun así, la cantidad de energía consumida es alta, por lo que todavía es mejor reutilizarlo que reprocesarlo.

Para su adecuado reciclaje el vidrio debería ser separado y clasificado según su tipo el cual por lo común está asociado a su color, una clasificación general es la que divide a los vidrios en tres grupos: verde, ámbar y transparente.

El proceso de reciclado luego de la clasificación del vidrio requiere que todo material ajeno sea separado, como son tapas metálicas y etiquetas, luego el vidrio es triturado y fundido junto con arena, hidróxido de sodio y caliza, para fabricar nuevos productos que tendrán idénticas propiedades con respecto al vidrio nuevo.

En algunas ciudades del mundo se han implementado programas de reciclaje de vidrio, en ellas pueden encontrarse contenedores especiales para vidrio en lugares públicos, separados por color.

Usos en la construcción.

El vidrio plano se ocupa primordialmente en ventanas, aunque también se le encuentra en cancelas, domos, cubiertas, puertas y muros. Su variedad de acabados le permite dejar pasar cantidades reguladas de luz y calor a los interiores de los edificios, por eso son muy apreciados en ventanas. Algunos edificios incluso ocupan el vidrio para todas sus fachadas. El vitral ocupa un lugar aparte, ya que es una manera de embellecer cromáticamente las entradas de luz. Los vidrios de que son hechos son vidrios de color, que toman sus tonalidades dependiendo del metal que se incorpore a la solución líquida, así, el oro dará una tonalidad roja, el cobalto azul, el cobre verde, etc. Los vitrales no se suelen destruir. De hecho, el trabajo de hacerlos es tan laborioso, que suelen restaurarse, así que no suelen formar parte de ningún ciclo.



94 Cúpula del Reichstag en
Berlín

Significado.

El vidrio, gracias a sus propiedades, es reconocido como un material transparente y como tal es muy apreciado, pues permite el paso de la luz. También se le asocia con la limpieza y la sanidad, ya que al no ser poroso, no alberga hongos ni parásitos. El vidrio

también se reconoce como un material duro y fuerte pero frágil, pero con la ayuda de las películas, esto se ha superado y hoy en día su uso ha aumentado para ciertas aplicaciones donde antes se consideraban peligrosas, como techos y muros.

También se le percibe como un material moderno, de vanguardia. Los vitrales, que son una variante, al involucrar un meticuloso trabajo artesanal, son en extremo valorados y apreciados por los conocedores, hay una gran variedad de ellos, no sólo de paisajes selváticos con aves, algunos de motivos geométricos y en ellos destacan no sólo los colores, que son muchísimos, sino las texturas y claro, la combinación de ellos.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Por sus cualidades tan especiales, que hacen de uno de los materiales más duros que hay en la tierra uno de los más frágiles, conviene observar lo siguiente:

- Reusar siempre que se pueda para evitar el horneado.
- Separar los desperdicios de vidrio del resto del escombros y en dado caso, por color.
- Cuidar de no romperlo.
- Aprovechar los sobrantes.
- Modular para poder reutilizar.

• Y CON EL PLÁSTICO ¿A LAS ENTRAÑAS DE LA TIERRA?

Un tema difícil desde el punto de vista cíclico es el del plástico. Derivado de un combustible fósil depositado en la profundidad de las capas terrestres, fue traído de nuevo a la luz y parece que llegó para quedarse. De los materiales que encontramos en los basureros es el más voluminoso, el que más años se va a quedar ahí y si se recicla, seguirá en un sitio donde no pertenece naturalmente.

Por lo general, los plásticos que aparecen en el ramo de la construcción son los empleados para aislar. Los materiales aislantes pueden presentarse en forma de resina o en forma de lámina. En muchas ocasiones se emplean también en espumados o fibras. Los materiales espumados son en buena parte productores de CFC's (clorofluorocarburos), por lo que su uso se ha venido sustituyendo por HCFC's (hidroclorofluorocarburos) y HFC's (hidrofluorocarburos), se dice que poseen un potencial bajo de disminución del ozono, una vida en la atmósfera corta y, por tanto, un impacto medioambiental mínimo (The Alliance for Responsible Atmospheric Policy, 2002)

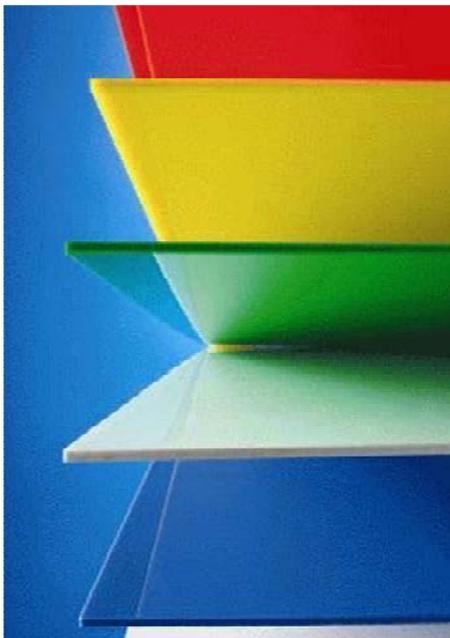
También encontramos plástico en la construcción por sus propiedades: es ligero, resistente, elástico, flexible, estable, aislante y puede tener cientos de combinaciones de propiedades y hasta color. No todos los plásticos son resistentes al agua, el nylon,

por ejemplo, es higroscópico, por lo que no se utiliza para ese fin. El PVC es uno de los favoritos para las instalaciones, su costo es mucho menor que los de metal (plomo o cobre) que se utilizaban anteriormente.

Aunque no nos lo parezca, la pintura también es un plástico, al igual que los adhesivos. Su materia prima es exactamente la misma, cambia sólo su capacidad de adherencia y su estabilidad polimérica. Las pinturas y los adhesivos presentan una gran variedad de pigmentaciones, resinas, solventes, etc. Se han tratado de sustituir por otros productos naturales, de ahí han surgido las pinturas y pegamentos naturales, así como los de base agua, que han incursionado hasta en la rama de los adhesivos de contacto. El problema, sin embargo, se encuentra también lejos del producto en sí mismo, ya que la mayor contaminación se da cuando son vertidos en los canales de drenaje, contaminando miles de litros de agua.

Los plásticos en la naturaleza se emplean ampliamente aunque no lo parezca. A diferencia de los sintéticos, la naturaleza tiene sólo cuatro polímeros base: la seda, la celulosa, la quitina y el colágeno. De estos materiales estamos hechos todos los seres vivos. Son polímeros que estructuran, protegen, dan colores maravillosos y pueden ser elásticos, resistentes, impermeables o todo lo contrario.

Sin embargo, los plásticos que usamos en la industria, son casi todos derivados del petróleo, los cuales la naturaleza contenía guardados en depósitos muy profundos después de millones de años de fijarlos en la litósfera, el problema es que nosotros lo extrajimos de ahí y lo regamos por todo el planeta, por suelos y aguas, una conducta anti-natural.



95 Poliestireno

Composición química.

Los plásticos son materiales con una elevada plasticidad, de ahí su nombre. Algunos de ellos son de origen natural, como la celulosa, el caucho y muchas resinas. Sin embargo, el plástico de origen mineral y los derivados del petróleo han venido a invadir la superficie del planeta. Ellos en sí mismos no son tan dañinos, pero el mal uso y sobre todo la mala disposición final que hacemos de ellos han venido a causar graves daños a los ecosistemas, ríos, mares y como ya mencionamos, hasta la capa de ozono.

Para la producción de plástico se requiere un elevado consumo energético, además de que los químicos utilizados para su obtención generan muchos residuos peligrosos para la salud humana, animal y vegetal. Además, no olvidemos eventos como la derrama petrolera en el Golfo de México por British Petroleum de 532 millones de litros, que está causando muchos daños al ecosistema, tan sólo 2 millones de litros más que la que hubo en Ixtoc, cerca de las costas de Campeche por PEMEX, de 530 millones de litros.

Los problemas evidentes con los plásticos son la extracción del petróleo, sus procesos de refinación, su disposición final y su clasificación en caso de que ésta disposición se

haya hecho correctamente. Ahora con tantos plásticos bio- oxo- foto – etc. – degradables, se está causando más confusión a la hora del reciclado de los mismos. En principio, los plásticos hidrosolubles se descomponen biológicamente, pero los bio-, los oxo- y los fotodegradables se deben reciclar como otros plásticos... complejo ¿no?

Una bolsa biodegradable no puede ir a ser reciclada y tampoco debe ir a un contenedor de basura orgánica, pues no da tiempo a que se descomponga con el resto de compost. Todavía peor si se trata de una foto-degradable u oxodegradable, ya que para su proceso de fabricación requieren de la adición de productos medioambientalmente perjudiciales (compostadores, 2007).

Se ha hablado también del término biodegradable aplicado al plástico: si fuera biodegradable sería correcto que se tirara en un área verde, ya que la misma naturaleza se encargaría de restituirlo al suelo o incorporarlo a un nuevo ciclo y no es así. Creo que en este sentido hay confusión, porque aunque un porcentaje del plástico se degrade, otro va a permanecer inmune a cualquier degradación por un tiempo considerable.

Debemos tomar en cuenta, que por su naturaleza, todos los plásticos, incluidas las pinturas, despiden pequeñas partículas conocidas como COV's (compuestos orgánicos volátiles) las cuales detectamos por su olor. Muchas de esas partículas están constituidas por carbono, su característica es que se vuelven volátiles a temperaturas ambiente. El problema lo causan los "acompañantes" del carbono, que suelen ser flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno o aldehídos, cetonas, éteres y ácidos o alcoholes (José M & Andrés R, 2007). Estos acompañantes pueden ser dañinos para la salud. Personas expuestas a estos químicos por largos periodos suelen presentar problemas respiratorios, de piel o hasta cáncer, por ello debemos ser cuidadosos en su manejo y aplicación.

Aprovechamiento.

El plástico rígido puede ser aprovechado en la industria de la construcción siempre que se emplee en formatos de presentación estandarizada, de manera modular, tratando de ocupar todo el material sin desperdicios. Cuando el material se encuentra en forma plástica o semi-sólida, lo ideal es ocuparlo separado de otros materiales, para facilitar su reciclaje.

Usos en la construcción.

Los plásticos más usados en la construcción son el PVC, en ventanería e instalaciones sanitarias, algunas de sus modalidades también para agua potable (PVC hidráulico o CPVC), se ocupan en barnices de puertas, ventanas, pisos y lambrines de madera, pintura interior y exterior, así como la mayoría de los objetos que para su instalación requieren de adhesivos como el silicón, que también sella y rellena.



96 Elementos de plástico para la construcción

También se usa el poliestireno expandido (styrofoam) como aislante en los muros y hasta como material de relleno para aligerar las losas (unicel).

Significado.

El plástico en la industria de la construcción pasa casi siempre desapercibido, aunque se le encuentra en la mayoría de las superficies como pinturas e impermeabilizantes, en juntas, en el interior de los muros, en sellos, tuberías, etc.

EL plástico no tiene una connotación exclusiva, al haber demasiados tipos de plásticos y una gran variedad de precios, el plástico se percibe como un material práctico, útil y necesario para ciertas aplicaciones.

En algunos casos y quizás debido a su producción masiva, el plástico se percibe como barato y desechable.

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Las recomendaciones en el campo de los plásticos van más enfocadas al fin de su vida útil, ya que es esencial que sean separados por su clasificación para su correcto reciclaje. Sin embargo algunas recomendaciones para su uso son:

- Preferir fibras de celulosa, fibras vegetales o lana de oveja en lo posible.
- Emplear pinturas y adhesivos base agua que no emitan COV's.
- Separar los plásticos por tipo para facilitar su reciclaje.

• AISLAMIENTOS TÉRMICOS Y ACÚSTICOS.

Se ha dicho que los mejores materiales son aquellos que perduran y no dañan al medio ambiente, o si son efímeros, serán fácilmente reintegrados a los ciclos de la naturaleza y transformados en otro ciclo. Sin embargo, otro criterio del que no se ha hablado mucho es el del aislamiento.

El aislamiento no sólo se refiere a la posición física de los materiales (colocados juntos unos con otros), sino a la separación de las temperaturas de los elementos, del sonido, de los olores, etc.

Entendemos a los aislamientos como elementos necesarios que proveen a los seres humanos de muchas comodidades y servicios, son tan importantes en nuestra vida diaria, que marcaron, por ejemplo, la diferencia entre la arquitectura de antes de la popularización del WC y la posterior. La arquitectura anterior a 1890 no contemplaba la colocación de un cuarto de servicio sanitario (toilette) en el interior de las casas habitación, dado lo incómodo e insalubre de los toilettes de esa época, pero con la

invención de un poeta inglés llamado John Harrington, tener el inodoro en un cuarto contiguo a la alcoba fue posible. Cuando se inventó el inodoro con sello de agua, la disposición de los espacios cambió, de manera que hoy en día no podríamos imaginar una vivienda sin toilette o con uno fuera de la casa (Ludovic, 2002).

Además de los aislantes de olores, existen los acústicos, gracias a los cuales algunas personas pueden vivir en ciudades altamente ruidosas, cerca de vías de tren o terminales de autobuses o aviones sin que el ruido perturbe tanto sus actividades y su descanso. En salas de concierto son por demás indispensables, pudiendo ofrecer a los asistentes una claridad extraordinaria en el disfrute de su música favorita. Se dice que un aislamiento acústico ayuda a reducir las emisiones de bióxido de carbono de una edificación, lo que hace a un edificio ser considerado como amigable con el medio ambiente, pero la mayoría de los aislantes acústicos son materiales mixtos que contaminan en su producción y en su desecho, entonces ¿qué criterios deberíamos tomar para escoger un material para aislar acústicamente un espacio?

La madera es un material ideal para aislar acústicamente una sala, dada su porosidad, pero el argumento de que estamos acabando con los bosques es fuerte, porque por desgracia, en muchos países sigue habiendo talas clandestinas sin programas de reforestación, por eso se buscan otras alternativas.

Quizás los aislamientos de más demanda son los térmicos. En países de condiciones climáticas extremas (de entre ellos muchos de los más industrializados) se ha convertido en una verdadera necesidad dada la forma de vida de los tiempos modernos. Aunque la humanidad sobrevivió sin estos aislamientos durante milenios, hoy en día se han vuelto indispensables en las viviendas de muchas ciudades con clima extremo, manteniendo en el interior temperaturas confortables.

Ecológicamente hablando, los aislamientos evitan que se use otro tipo de energía para calentar o enfriar un espacio, lo que repercute en un ahorro energético y económico. Una gran cantidad de recursos se destinan a mantener edificios a temperatura confortable, la cual se encuentra en un rango pequeño para los seres humanos. Las leyes de trabajo de muchos países tienen regulaciones que obligan a empresas a brindar el mismo confort a sus trabajadores que los que pudieran tener en casa, por lo que se obligan a proveer de una climatización agradable a sus empleados, con un costo energético realmente grande, con el argumento de que las personas llevan a cabo sus labores de una manera más efectiva si se encuentran en un ambiente confortable que si no lo están y a las empresas, más que sus trabajadores, les importa la eficiencia y por ello invierten en la generación de ambientes adecuados para llevar a cabo sus actividades productivas.

Sólo en los Estados Unidos, la industria de los aislamientos pretende alcanzar los 9,800 millones de dólares para el año 2020. La industria de fibra de vidrio se lleva el 70% del pastel, seguido por el poliestireno expandido, ambos están considerados como



97 Aislamiento en fachada metálica

materiales contaminantes del ambiente, (Eco, 2009). Esto quiere decir, que aunque su uso favorezca el ahorro de energía, su producción no lo hace y podría ser más perjudicial que benéfico para el ambiente.

Composición química.

Encontramos diversos materiales en la composición de los aislantes, plásticos, vidrio, etc., pero los de mayor uso son los siguientes:

– FIBRA DE VIDRIO.

La fibra de vidrio es un material muy dañino para los seres humanos, además de que su contacto con la piel puede causar irritación, comezón y ardor porque la fibra se entierre en ella, causa serios daños al aparato respiratorio. Es por ello que se recomienda adquirirla empaquetada, para aislarla, además de que a bajas temperaturas se vuelve extremadamente frágil. Se encuentra adherida con formaldehidos, lo que complica su reciclaje.

– POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).

El poliestireno expandido lo conocemos comercialmente con el nombre de unicel. Es un material muy ligero y medianamente resistente, toma una coloración blanca por la refracción de la luz en las paredes, conformadas por burbujas que contienen aire, que se encuentran en un 98% de la composición del material.

Su densidad va de los 10 a los 35 Kg/m³, no es higroscópico, por eso funcionan tan bien como aislantes térmicos. Son ideales para sistemas de refrigeración y transporte de alimentos congelados, por otro lado, el calor en exceso (arriba de 80 °C) deteriora su estructura, al igual que los rayos UV, que además de volverlo amarillento, lo resecan de manera que el viento y/o la lluvia pueden causar erosión en las placas. No suele encontrarse expuesto al medio, sino recubierto o en el interior de paredes (Textos científicos, 2005).

El poliestireno expandido no forma parte de ninguna cadena biótica, no se enmohece, no se descompone, pero sí es combustible. Arriba de los 100°C se reblandecen, pero no es sino hasta alcanzar los 400°C que se queman.

– POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS).

El poliestireno extruido está hecho básicamente con los mismos materiales que el expandido, pero el proceso de producción es diferente y eso hace una gran diferencia: el extruido produce una estructura de burbuja cerrada, lo que lo hace completamente

resistente al agua (menos de 0.7% de absorción de agua, cuando el poliestireno expandido tiene de un 3 a un 4 %).

Lo conocemos porque se usa como aislante para la construcción, bajo el nombre de styrofoam, pues es la marca que lo dio a conocer. Este material tampoco toma parte en la cadena alimenticia biótica, ni de ningún otro tipo.

Hay empresas que reciclan el poliestireno, le extraen el aire y lo procesan de nuevo para generar productos que no estén en contacto con alimentos. La pregunta sería aquí: ¿y luego de eso qué se hace con el desecho de estos productos?

– PANEL DE AISLAMIENTO ESTRUCTURAL .

El panel de aislamiento estructural es un compuesto de tres paneles, los exteriores de algún material estructural, la mayoría de las veces metal y el interior de algún material espumado que es el que aísla, puede ser espuma de poliestireno expandida (unicel), espuma de poliestireno extruida (styrofoam) o espuma de poliuretano. No se les considera amigables con el ambiente por estar pegados unos con otros, lo cual dificulta su reciclaje, además de que los materiales espumados son en su mayoría provenientes de hidrocarburos, fuentes no renovables.

La mayoría de estos espumados terminan degradándose en períodos largos (de entre 100 y 400 años), ya sea en tierra o en agua, lo que causa un gran daño y muerte a otros seres vivos, que los ingieren.

Aprovechamiento.

Los aislantes pueden presentarse en paneles o rollos, por lo que se sugiere tratar de ocupar todo el material sin desperdicios. Habría que tratar de no mezclarlos con otros materiales, aunque de por sí ya vienen mezclados, pero para no contaminar los otros materiales y no dificultar su reciclaje.

Usos en la construcción.

Como ya expliqué, sus usos son sobre todo en zonas donde existen en el año variaciones de temperatura mayores a 50° C, ya que ayudan a ocupar menos energía en la regulación de la temperatura de los espacios habitables.

Significado.

Los aislantes están ocultos y no adquieren ningún significado en especial para las personas.



98 Panel estructural

– Recomendaciones para la ciclicidad.

La recomendación más importante es evitar su uso, porque son materiales mezclados que van a contaminar, de eso no hay duda.

- Buscar alternativas como las fibras vegetales o lana de oveja en lo posible.
- Separar los sobrantes del resto del escombros para no contaminarlo.

• ESCOMBRO: UNA PERSPECTIVA DE REGENERACIÓN.

El escombros es el nombre dado genéricamente al desecho de la construcción, está formado por muchos materiales sobrantes de la obra y se revuelven tierra, arena, grava, cemento (seco, en su mayoría), tabique, herramientas rotas, plásticos, vidrios, cubetas rotas, envases vacíos, etc. Está por demás decir que es un material contaminado y estéril. De acuerdo con la Canadevi, se tiran diez toneladas de escombros por casa nueva, sin contar a los particulares que hacen arreglos a sus hogares (Pérez-Canedo, 2007), pero se ha visto en obra, que una construcción de 200 m², que puede ser una casa tipo, salen 140 metros cúbicos de escombros que equivalen a unas 90 toneladas (Montiel, 2009).

Los residuos de construcción y demolición conocidos como escombros, constituyen un amplio porcentaje del total de residuos generados y, sin embargo, han sido siempre considerados de menor importancia frente a otros residuos como los domiciliarios, quizás por ser teóricamente inertes y, por lo tanto, fácilmente eliminables.

En general, se puede decir que el escombros está compuesto por un 20% de hormigón, un 50% de material de albañilería (cerámico, escayolas, etc.), un 10% de asfalto y un 20% de otros elementos.

Sin embargo, el escombros podría ser reciclado, ya que, correctamente explotado, resulta rentable como fuente de áridos para la construcción.

Las instalaciones de reciclaje se construyen en dos versiones básicas: fijas y móviles. El principio de funcionamiento de ambas es el mismo. Se trata de combinar procesos de machaqueo del escombros recibido con cribados, por tamaño. Todo ello según sea el material recibido y el producto que desea obtenerse. En ambos casos, los tipos de escombros tratables son los de material cerámico, asfálticos, hormigón en masa, armado y prefabricado, mezclas de tierras y piedras naturales.

En cualquier caso, la eficacia de estos procesos de reciclado está determinada por la calidad del producto final obtenido, la cual dependerá directamente del tipo de escombros inicial. La cuestión radica en conseguir un escombros de características y calidades homogéneas, lo cual sucede en muy pocas ocasiones, únicamente en aquellas obras que exista una correcta gestión de los escombros producidos basada en la



99 Escombros

clasificación en origen. Esto se consigue mediante técnicas de separación selectiva de escombros en las obras, a través de varios contenedores o apilamientos de construcción de edificios, en lugar de derribo, premiando la clasificación de materiales sobre la duración de la obra, etc.

Los productos obtenidos se pueden emplear en distintos usos según características. La mejor calidad se obtiene mediante triturado y clasificado y la peor, únicamente con cribado. Los usos más habituales son como material estabilizador de explanadas, drenajes, sub-bases de carreteras, aporte en mantenimiento de pistas y caminos, consolidación de terrenos, rellenos varios, etc. Se han realizado multitud de ensayos para determinar las propiedades exactas de cada tipo de producto con el objetivo de ampliar su campo de uso. Hoy en día, la aplicación más ambiciosa es el empleo como árido en hormigón, la cual se encuentra paralizada, debido principalmente a la ausencia de criterios de aceptación de los materiales (Revista ambientum, 2003).

– Recomendaciones para la ciclicidad.

Hace falta mucho avance en los procesos de esta industria para que no dañe tanto al ambiente. Las recomendaciones serían:

- Reducir el escombro a cero.
- Separar todos los materiales para su correcta disposición.
- Los bloques de tierra, ladrillos cocidos al sol y morteros de arcilla se pueden volver a moldear para nuevos usos.
- Reciclar el escombro en obra, como relleno, por ejemplo.

• EL AIRE Y EL AGUA, LOS ELEMENTOS TRANSPARENTES MÁS AFECTADOS.

Además de los materiales empleados en la construcción, hay que tomar en cuenta los gases que se emiten en el proceso de la construcción. En muchos medios, se habla de la crisis petrolera que se avecina, se habla de que llegará en unas cuantas décadas. El petróleo, se dice durará unas 4 décadas más y el gas unas 6.

Para esas décadas venideras, los precios de los combustibles aumentarán seguramente y habrá que buscar alternativas que no eleven la cantidad ya exagerada de bióxido de carbono en la atmósfera. La cantidad de CO₂ en el aire en este momento es de 389 ppm⁸, aumentando 2 ppm al año. Se dice que si llegamos a 450 ppm el cambio climático será irreversible, así como muy peligroso será mantener niveles por encima de los 350 ppm durante muchos años.

Por su parte, aunque no forma parte física en los materiales de construcción, el agua es utilizada en grandes cantidades en las obras, no hay un solo proceso constructivo que

⁸ Partes por millón.

no la requiera. El agua es fuente de vida, quizás la culpable de que exista la vida en este planeta y definitivamente la que ha permitido su permanencia. Sin embargo, los habitantes de la tierra le hemos dado usos que ofenden esta connotación de vida.

Los seres humanos necesitamos el agua para vivir y además la necesitamos en ciertas condiciones, libre de gérmenes patógenos que puedan afectar nuestra salud. Otros seres vivos han desarrollado más tolerancia que nosotros a esos microorganismos o quizá nosotros seamos los que la estemos perdiendo. El caso es que requerimos que el agua que bebemos sea baja en sales, libre de químicos (quizás sólo aceptamos muy bajas cantidades de cloro), libre de metales (sobre todo metales pesados). Esta agua la conocemos como agua potable, la que podemos beber sin riesgo para nuestra salud.

El agua potable se piensa que será para eso, para que los seres humanos la bebamos pero hoy en día, la mayoría del agua potable se utiliza para otras cosas, entre ellas, la construcción.



100 Agua potable usada en la construcción

El agua embebida en los procesos constructivos representa el volumen de agua empleada directa e indirectamente en la construcción de un edificio, incluyendo el agua usada en la manufactura, la industrialización y el conformado de materiales, en el contexto de los requerimientos hídricos del ciclo de vida de un edificio y las reservas de agua de un país. En una cuantificación evaluada en la australiana Deakin University de Victoria (McCormack, 2007), se deja patente la importancia del agua embebida en la construcción de edificios aislados. Para llevarla a cabo, se realizó un análisis híbrido basado en las entradas y salidas del agua embebida en 17 estudios de caso de edificios no residenciales en Australia, donde se alcanzó como máximo valor a 20,000 l/m² de construcción, lo que representa varias veces el volumen de aire encerrado por el edificio y el equivalente a varios años de agua de proceso. Por lo tanto, el agua embebida en los materiales de construcción es muy considerable, mientras la contenida en los materiales (por su humedad contenida o capacidad higroscópica) es despreciable respecto del cómputo global, teniendo en cuenta que las políticas únicamente sobre el consumo de agua de proceso (en obra) son inadecuadas. Así, el estudio revela la importancia de la selección de sistemas y materiales constructivos y su gran impacto en el agua embebida en un edificio. Además, permite a la industria de la construcción evaluar el diseño y los procesos constructivos en términos ambientales más amplios de cara a la selección de opciones que puedan tener el mismo coste o mejor coste manteniendo su integridad ambiental (Tolosa, 2009).

Existe una medición llamada *Huella Hídrica*, que mide la cantidad de agua utilizada o consumida por las personas, así como la utilizada o consumida por los productores de bienes o servicios consumidos a su vez por las personas, por unidad de tiempo. Fue desarrollado por Arjen Y. Hoekstra y A. K. Chapagan en el 2003 (Arjen Y. Hoekstra, 2003). Desgraciadamente no existe algo similar para los edificios o puede que sí exista, pero las certificadoras no podrían emitir ni un certificado aprobatorio dadas las cantidades de agua que se contaminan en una obra, por eso creo que lo prefieren ignorar.

Son muchas las ocasiones en que encontramos que se usa agua potable en la construcción. Algunos productores de cemento, lo expresan en sus manuales técnicos como una recomendación, ya que el agua para hacer concreto no debe tener materia orgánica, ácidos, minerales, aceites, grasa, azúcar o sales.

Casi todos los procesos constructivos requieren de agua para su proceso, el concreto, la mampostería, los muros de tabique, los acabados... el agua empleada se deja evaporar o escurrir e infiltrarse en el piso si su composición lo permite. Y esto sin contar el agua que se emplea en la producción de la materia prima para la construcción. No he encontrado un dato exacto acerca de la cantidad de agua que consume esta industria, pero para darnos una idea, se dice que la proporción de volumen de agua empleada para producir agua potable es de 20 a 3 (Goodrum, 2008).

El problema no es tanto la cantidad de agua que se emplea, sino su disposición final. Por desgracia, mucha del agua residual en las construcciones queda contaminada con solventes, grasas, pintura, diésel, limpiadores, ácidos y otras sustancias dañinas para el medio ambiente, como el polvo residual del escombro, que erosiona el suelo.

El agua residual sucia, puede llegar a ríos, lagos o mares y por efecto de la turbiedad, reduce la filtración de los rayos del sol y por lo tanto muchos seres vivos mueren en los fondos de los acuíferos; ni que decir de los efectos que pueden producir los solventes o los ácidos para los seres vivos.

En muchas ocasiones se ha dicho que es anti ecológico emplear agua en cualquier proceso, pero siendo congruentes con el criterio de ciclicidad, lo importante es no contaminarla en los procesos, pues se corta su ciclo, además de que se lleva consigo muchos elementos contaminantes con los que daña a más ecosistemas o la salud de muchos seres vivos que la ingieren.

Aprovechamiento.

Sabemos que el agua es uno de los materiales existentes en el planeta del cual dependen muchas formas de vida, incluyendo la de los seres humanos. Por ello se toman ya algunas acciones para cuidarla, pero pocas para no contaminarla, por lo que en este caso sugiero:

- Emplear agua tratada en lugar de potable para la preparación de concretos.
- Evitar los escurrimientos en las obras, para que no se lleven partículas y/o sustancias que erosionen el suelo y eventualmente contaminen también los drenajes y/o los mantos freáticos, para ello se pueden poner barreras, como plásticos o algunas especies vegetales resistentes.
- Controlar el polvo, hacer cerramientos con mallas finas.

- Puede esparcirse una muy reducida y fina cantidad de agua para asentar el polvo, pero evitar excesos.
- Colocar el material de construcción y materiales tóxicos lejos de fuentes de agua y taparlos bien.
- Usar pinturas y limpiadores biodegradables.
- Evitar arrojar sustancias tóxicas al drenaje o al suelo, poner tambos de arena destinados a verter sustancias tóxicas.
- Colectar el agua residual y disponer de ella según las regulaciones locales.

- **ALGUNAS REFLEXIONES.**

Después de haber recorrido diversos materiales empleados en la construcción es conveniente hacer hincapié en que los criterios de sostenibilidad conocidos no toman en cuenta los ciclos naturales de los materiales y su relación con el resto del ecosistema, se ven como cosas aisladas y no como lo hace la biomimesis, como un todo, en donde un sistema afecta a otro, pero siempre en pro de la vida de todas las especies del planeta.

La arquitectura ha buscado la eficiencia energética de los edificios, sin importar si los materiales empleados en las edificaciones son sostenibles o dañinos para la salud humana o de otros seres vivos. En ocasiones presentan problemas de contaminación biótica por la escasa ventilación, la poca iluminación en los interiores trae problemas de visión a los ocupantes y no se busca jamás la salud mental de los individuos. La arquitectura verde ha buscado el bienestar del planeta a costa del bienestar de la misma humanidad.

Para ello, la Guía básica de la Sostenibilidad nos propone una filosofía que se basa en buscar diseñar espacios saludables para las personas observando criterios de confort, contaminación y las necesidades humanas, resumiéndolo en el siguiente cuadro, donde vemos que no toma en cuenta la ciclicidad de los materiales:

Los edificios, la salud y los materiales de construcción		
Requisitos para un espacio saludable		Sistema natural
Confort	El confort es una de las características básicas de los ambientes saludables; toma en cuenta aspectos como temperatura, humedad, ventilación e iluminación. La ausencia de condiciones de confort favorece el desarrollo de moho y bacterias. Los niveles altos de humedad, falta de ventilación y la presencia de bacterias generan colonias de moho. A éstas suelen suceder los ácaros del polvo, que se alimentan de moho y producen diminutos excrementos que son inhalados por los ocupantes del edificio, lo que causa problemas respiratorios y otras dolencias debidas a la contaminación bacteriológica.	Iluminación y ventilación natural; utilización de materiales naturales.
Libre de contaminación	En los edificios la contaminación se presenta de varias formas; toxicidad por la baja calidad del aire, contaminación acústica y contaminación espacial (efecto psicológico producido por la masificación). La contaminación del aire se produce en el interior de los edificios debido a: la entrada de aire exterior contaminado; combustión controlada en las instalaciones del edificio (calderas, cocinas); combustión no prevista (humo de cigarrillos); emanaciones producidas por productos químicos que se utilizan en la construcción; el radón que penetra en el edificio a través del suelo.	Dado que muchos materiales de construcción se conocen desde hace tan sólo algunos años y muchos irrumpen en el mercado constantemente, es aconsejable ser prudente o escéptico con respecto a su uso. El recurso a lo natural constituye la principal garantía. Los materiales tomados directamente de la naturaleza (como la madera) o de fuentes orgánicas o inertes (como los ladrillos o baldosas cerámicas) son consustancialmente más sanos que los materiales sintéticos (como los plásticos).
Estimulante y sensible a las necesidades humanas	La relación entre cuerpo y mente es tan importante como la relación entre cuerpo y edificio. El efecto de la luz solar sobre las paredes, las estancias bien ventiladas y bañadas de luz diurna, la presencia de plantas en el interior y el contacto con los árboles y arbustos del exterior, constituyen otras fuentes naturales de estímulo para los sentidos. Un ambiente saludable depende tanto de las magnitudes cuantitativas como de las condiciones cualitativas. El modelo que debería seguir toda arquitectura que quiera evitar tensiones no es otro que la sutil interacción de espacio y luz, consustancial a las condiciones naturales.	Un ambiente adecuado no sólo debe ser natural (es decir, con iluminación y ventilación naturales), sino también sencillo. La luz (en especial la solar), el espacio y las plantas, crean un ambiente estimulante y equilibrado.

Fuente: Guía básica de la Sostenibilidad (Edwards, 2004)

viii. ¿QUÉ ALTERNATIVAS BIO-LÓGICAS EXISTEN?

El sector de la construcción es causante de muchos problemas ambientales, en los que tanto arquitectos como ingenieros, paisajistas, diseñadores y proyectistas estamos involucrados y requiere acciones inmediatas. Si bien, son muchas las iniciativas propuestas en años recientes, pocas son vistas como viables por los que toman las decisiones importantes, ya que siempre serán vistas desde la perspectiva de su rentabilidad.

Algunas de las intenciones de este trabajo de investigación se centran en la constante transformación de los elementos que se encuentran en la faz de la tierra. He mencionado que tal vez sería deseable que la arquitectura no fuera permanente, pero si le decimos eso a los dueños de las edificaciones se opondrían inmediatamente a la iniciativa, ya que les costó mucho dinero construir como para que con el paso de los años "su" propiedad se reduzca a piedras y polvo.

Sin embargo, hay que encontrar el punto donde las iniciativas se adapten a las necesidades actuales y sean congruentes con la realidad económica de los inversionistas y de los propietarios de los inmuebles, sin satanizar a ninguno de los involucrados, ya que cada quien tiene sus necesidades y justificaciones.

Por esto, he considerado que se podrían considerar criterios apoyados en la biomimesis incorporando al diseño para dar una propuesta de solución biológica para la selección de materiales para la arquitectura en cuanto a que por lo menos se tomen algunas acciones que ayuden a llevar en paz nuestra relación con otras especies de la tierra y es así que se propone:

- ↗ Emplear materiales locales, para no alterar los ecosistemas.
- ↗ Dar preferencia al uso de arenas, piedras y maderas blandas.
- ↗ Preferir el acero y la madera al concreto y al plástico.
- ↗ Estandarizar medidas para el reciclaje del acero, emplear uniones no permanentes para facilitar el desensamble y la reutilización, recordando que el acero pesa la mitad de lo que pesa el concreto armado.
- ↗ Trabajar con la filosofía ya conocida de las 4 R's (reducir, reutilizar, rehabilitar, reciclar).
- ↗ Trabajar por la máxima durabilidad de las edificaciones empleando la máxima energía renovable, incluyendo a los materiales.
- ↗ Reutilización de materiales al final de su vida útil.

La vida en la ciudad ha cambiado al grado de que hoy en día realizamos el 80% de nuestras actividades en el interior de los edificios. Si bien, no vamos a cambiar la forma de vida de los habitantes del planeta, podemos ir haciendo cambios importantes.

– PANEL DE MAPLEX.

Maplex es un material compuesto en su totalidad por fibra de madera, que a diferencia de los paneles de MDF, es prensada en un proceso que no requiere pegamento o adhesivos, sino solamente agua y presión a temperaturas controladas. Eso lo hace ser un material completamente biodegradable y reciclable. Maplex se puede pintar o entintar.

Aparentemente, una empresa manufacturera (Weidmann), ha estado usando Maplex desde 1877 como aislante eléctrico y ahora se le ha estado utilizando como material para construcción de muebles. La silla de la foto es un ejemplo, fue diseñada por Erika Hanson, quien ha creado además bolsas de mano, bancos, lámparas y otros objetos de Maplex (Weidmann Creative, 2008).

Las ventajas del panel de maplex es que está hecho con una química base agua, la cual no produce afectaciones al medio ambiente en su uso y desecho, por eso es una buena y recomendable alternativa. En la naturaleza se maneja la química base agua, sólo basta observar y percibir que cuando nos encontramos en la selva, rodeados de vegetación o animales, no hace falta ponerse una mascarilla para respirar, porque nada es tóxico para nosotros.

– BIOACERO.

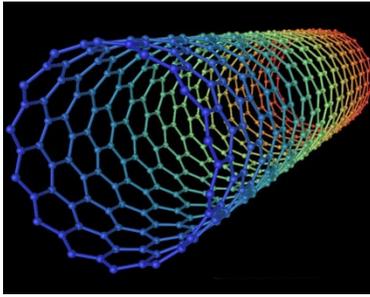
El bioacero nace en una empresa canadiense, es aparentemente un material cinco veces más resistente que el acero, tres veces más que el Kevlar (que es uno de los más resistentes conocidos que se utilizan en la industria). Lo anuncian como un material sedoso y agradable al tacto y que además es biodegradable. No nos dicen nada respecto al precio, pero si fuera cinco veces más costoso que el acero, sería un producto rentable y podría bien sustituir al acero completamente. Tampoco mencionan la capacidad de producción o de comercialización del material.

Parece ser que se hizo un implante de un gen de araña a la leche de cabra, que dio como resultado este material, que es básicamente una proteína soluble de la leche de cabra transgénica casi idéntica a la seda. Este material podría tener multitud de aplicaciones, desde cirugía (tendones y ligamentos artificiales) hasta aeronáutica, entre otros (Ciencia Popular, 2011).

El bioacero así formado parece ser una excelente alternativa para el acero, porque es completamente biodegradable, por lo menos en su uso, producción y desecho, ya que se produce en la leche de cabra, una vez más, química base agua.



101 Silla de maplex



102 Nanotubo de carbono

– NANOTUBO DE CARBONO.

Es una nanoestructura de grafito dispuesto en una red hexagonal (tipo panal de abeja) y enrollado como un cilindro. Los hexágonos permiten una superficie sin huecos, lo cual le confiere una gran resistencia sin comprometer la flexibilidad. Tiene algunas millonésimas de milímetro de diámetro y varias micras de longitud. Es 100 veces más resistente que el acero y 6 veces más ligero (Ciencia Popular, 2011).

Parece que sus aplicaciones no dan para usarlas más que en instalaciones eléctricas, ya que es un excelente conductor. Este nanotubo es capaz de emitir electrones y así imitar el fenómeno de fuerzas de Van der Waals que utilizan los geckos para desplazarse por casi cualquier superficie (Ciencia Popular, 2011).

Existen en el mercado otras opciones tales como las fibras minerales (fibra de vidrio o de roca), el vidrio celular y, sin duda las más interesantes desde el punto de vista ambiental, las procedentes de fuentes renovables (corcho, cáñamo, celulosa, etc.) (Nieva & Vigil-Escalera del Pozo, 2005).

La producción de nanotubos requiere de altas temperaturas, por lo que no se le considera un método amigable con la naturaleza, aunque siguen un principio natural de economía de materiales que podría respaldar su uso siempre y cuando represente una durabilidad superior a la del acero. Y podría contaminar menos que la producción de acero (nanotubos de carbono.com).

– BIOPLÁSTICO.

Cuando un material es biodegradable, significa que puede descomponerse en condiciones que se dan en la naturaleza, mediante la acción de microorganismos como bacterias, hongos y algas, transformándose en nutrientes, dióxido de carbono, agua y biomasa. Esto ha hecho que los bioplásticos sean atractivos en campos como la agricultura, pues, mezclados con otros elementos fermentables permiten obtener abonos compuestos.

El polietileno no desarrolla este proceso, pero sí algunos bioplásticos, fabricados a partir de recursos naturales renovables (almidón de papa, de maíz o de trigo) o de algunos poliésteres sintéticos. La degradación de estos plásticos a base de almidones, se realiza en un periodo de 6 a 24 meses, bajo tierra o en el agua, según la tasa de incorporación de almidón. Las características de estos materiales son muy similares a las de los polímeros convencionales de origen petroquímico, tales como densidad, módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, deformación, etc.

También existen plásticos fabricados a base de centeno o de fibras comprimidas (como las de coco), que son completamente biodegradables, pueden remplazar a los plásticos derivados del petróleo (Varela Fernández, 2009).

El plástico biodegradable puede tener un porcentaje de materias renovables y otro de derivados del petróleo y esto es lo que causa confusión, porque está bien que una parte del material se degrade, pero ¿qué hacemos con el resto?

El bioplástico es pues, un plástico proveniente de fuentes naturales y renovables.

La mayoría de los bioplásticos son biodegradables y compostables, pero no son condiciones indispensables para ser bioplásticos. No todos los bioplásticos, o mejor dicho no todas las formas de producir bioplásticos, son ecológicas ni sostenibles. Por ejemplo, en Brasil se ha generado mucho interés por la obtención de plásticos tradicionales a partir de soya y otras plantas de rápido crecimiento. Aunque suene muy bien, existe bastante preocupación sobre el impacto de estos cultivos en la superficie de la selva amazónica. Por eso no es suficiente un criterio aislado, sino la visión cíclica y de ecosistema.

Para entender mejor las diferencias entre los nuevos bioplásticos y otras alternativas, es importante tener una serie de conceptos claros. La terminología podría dividirse entre la relativa al origen de las materias primas y relativa a la degradación de los materiales al fin de su vida útil.

La biodegradabilidad ha sido definida como: "Descomposición de un compuesto químico orgánico por microorganismos en presencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, agua, sales minerales en cualquier elemento presente (mineralización) y nueva biomasa; o bien en ausencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, metano, sales minerales y nueva biomasa" (compostadores, 2007).

Los bioplásticos o biopolímeros son plásticos obtenidos de materia orgánica fermentada. Los más comunes en el mercado son:

- el poliéster copolímero del tipo Polyhydroxyalkanoate (PHA), producido directamente por las bacterias que desarrollan gránulos de un plástico dentro de la célula misma. La bacteria se desarrolla y reproduce en un cultivo y el material plástico luego se separa y purifica.
- el polihidroxibutirato (PHB), el polihidroxivalerato (PHV)
- el Pululano (polisacárido)
- el ácido poliláctico (PLA), uno de los más conocidos basado 100% en materia orgánica como el almidón obtenido del maíz, trigo o papas. El almidón es transformado biológicamente (fermentación) mediante microorganismos en ácido láctico que es el monómero básico, que mediante un proceso químico se polimeriza transformándolo en largas cadenas macromoleculares denominadas ácido poliláctico o PLA. Puede ser extruido, inyectado, soplado, termoformado,



103 Productos de bioplástico

impreso y sellado por calor para producir blíster, bandejas y películas. Tiene también usos médicos en suturas, implantes y sistemas de liberación de medicamentos.

- Policaprolactona (PCL): polímero biodegradable de origen petroquímico. Poliéster alifático que es verdaderamente biodegradable sin el requerimiento previo de la fotodegradación. En ambiente de compost la policaprolactona es asimilada totalmente por los microorganismos y la velocidad de degradación depende de varios factores tales como espesor de la muestra, humedad, temperatura, oxígeno, etc. Se usa entre otras aplicaciones como remplazo del yeso en aplicaciones ortopédicas.

Existen también en el mercado mezclas de PCL con almidón tales como el Mater Bi[®], que se usa para producir películas, artículos inyectados, productos termoformados, etc. (biopol, s.f.).

Desde los años 60's, han surgido bioplásticos (polímeros sintéticos bioestables) para la fabricación de prótesis y órganos artificiales, y los compuestos biorreabsorbibles para ayudar por un tiempo limitado el tiempo de curación, como los hilos para suturas internas).

La industria médica no es la única a la que le interesan los biomateriales, la industria automotriz emplea bioplásticos en el relleno de puertas y asientos (fibra de lino) y destinan muchos de sus recursos en la investigación de defensas de fibras vegetales reforzadas por una resina biodegradable (Varela Fernández, 2009).

Por su parte, la industria mueblera también incursiona en el tema de biomateriales. Es una de las industrias más contaminantes en cuanto a la producción de desperdicios. Pero la reducción del desperdicio no se vio tan viable como la sustitución de los materiales por otros más amigables con el medio ambiente. Igualmente volvieron los ojos al artesano para que sus sistemas de producción fueran más sostenibles.

En España, surgió la certificación "eco", que garantiza que los materiales son naturales, que provienen de fuentes controladas y renovables, que no tienen acabados derivados del petróleo, tanto en su estructura, como en sus revestimientos. Sus telas están teñidas con anilinas vegetales. También pueden utilizar material reciclado.

La idea de la certificación no termina en el objeto en sí, sino en el uso que se le da, su mantenimiento con ceras y aceites naturales y su disposición final (Varela Fernández, 2010).

– ARBOFORM.

Arboform es un producto creado por la empresa alemana Tecnar, a la que han llamado "madera líquida". Está hecho con lignina, una resina de origen natural, derivada de la celulosa. Se mezcla con lino, cáñamo u otras fibras vegetales, se somete a altas

temperaturas y permite el formado de molduras o placas. Pretenden con él hacer carcasas de electrodomésticos, celulares y muchas otras aplicaciones más, como losas, pisos de parquet, ventanería, pasamanos, etc.

Las ventajas del arboform son muy similares a las de maplex, al estar hecha con fibras de madera y adhesivos base agua. En su uso y desecho es amigable con el medio ambiente, aunque no su proceso, pero es mejor que el de MDF o aglomerado.

– BIOLADRILLOS.

En Sharjah (uno de los emiratos integrantes de los Emiratos Árabes Unidos), la profesora de arquitectura Ginger Krieg Dosier ha mezclado arena, desechos y bacterias en placas de vidrio (de Petri) para producir bioladrillos. Tardan de 4 a 7 días en crecer y luego las bacterias mueren y no causan ningún daño a los ladrillos. Su reto es hacerlos de un tamaño mayor para comercializarlos como los ladrillos comunes.

Dado que requieren amonio para su producción tienen el pequeño inconveniente de contaminar el agua, pero la investigadora está tratando de remplazarlo (Manuel, 2010). No son los únicos. En Europa se habla de bioladrillos de cáñamo y cal, producidos por la empresa Equilibrium. Tienen la ventaja de fijar el CO₂.

El «bioladrillo» no sólo permite construir edificios compatibles desde el punto de vista ecológico, con emisiones cero, sino que posee también la innovadora característica de capturar y secuestrar monóxido de carbono, tanto durante la fabricación del propio ladrillo, como durante su utilización (Parlamento Europeo, 2011).

Si es el caso, estaríamos hablando de un material perfectamente a tono con la naturaleza.

En México, el Dr. José Diego Morales llevó a cabo un proyecto donde propone el uso de desperdicios agro-industriales como agregados en el ferrocemento, en la construcción de viviendas para una comunidad de bajos recursos en Lomas del Dorado, Veracruz. De esta manera se consiguieron mejorar propiedades como la elasticidad del ferrocemento, lo cual dará más resistencia a las viviendas, según apunta el Dr. Morales. (Morales, 1977).

○ TAMBIÉN HAY ALTERNATIVAS PARA LOS AISLAMIENTOS.

Dado el daño que producen los materiales aislantes, muchas empresas se han dedicado a buscar alternativas y algunas han logrado materializar maravillosas ideas. Como AIA, una empresa que ha estado empleando materiales “no convencionales”, como fardos de paja, algodón y lana y hasta hongos.



104 Casco de madera líquida



105 Bioladrillos

– SOYA.

Algunos esfuerzos en el campo de los materiales que se podrían utilizar como sustitutos de materiales de construcción altamente contaminantes los encontramos alrededor del mundo, en Irlanda el aislamiento térmico de casas cobra importancia dadas sus condiciones climáticas y es así, que compañías como BioBased® Insulation promociona el uso de un aislamiento térmico y acústico a base de soya que, según anuncian, es respetuoso con el medio ambiente. El aislamiento es de por sí un ahorrador de energía, puesto que en el interior de la vivienda hará falta menos calefacción para lograr una temperatura confortable, pero hay algunos materiales que además de eso están fabricados con materiales naturales (BioBased Insulation, 2009).

El aislamiento de poliuretano a base de soya consta de dos caras, formadas por:

Lado A:

↗ Diisocyanato difenilmetano polimérico 100%

Lado B:

↗ Componente CAS # Composición%

↗ Polioliol 68152-81-8 00-50%

↗ Halogenados Ester fosfato 13674-84-5 00-50%

↗ Poliéter polioliol (secreto comercial) 0-25%

↗ Agua 7732-18-5 00-20%

↗ Amina catalizador 3030-47-5 0-5%

↗ Tensoactivo de silicona (secreto comercial) 0-5% (Heather, 2009)



106 Aislamiento con soya

Aparentemente el aislamiento de soya es inocuo para el medio ambiente y por consiguiente para la salud. Se dice que puede causar ahorros en la cantidad de madera que se utiliza comúnmente en las construcciones de EE. UU., ya que es un aislante más eficiente.

Al tratarse de un biopolímero, no pueden proliferar hongos u otros seres microscópicos a las paredes, techos o cualquier sitio donde se aplique el aislante. Asimismo, no despiden partículas dañinas después de su aplicación, por lo que no genera alergias o dificultades en las vías respiratorias.

Sin embargo, desde el punto de vista cíclico de los materiales, el aislamiento a base de soya continúa incorporando derivados del petróleo en su composición, por otro lado, lo que el productor y hasta el usuario pudieran ver como ventaja: el que no la ataquen hongos o insectos, me hace dudar respecto a su "ciclicidad", me parece que será al final de su vida útil un desperdicio más, por eso debemos tener cuidado de los productos que se dicen ecológicos, inocuos o biodegradables.

– ALGODÓN.

El algodón se considera como el más ecológico de los aislantes, proviene no de fibras nuevas, sino de las de desecho de la industria textil (85%), lo cual hace que no requiera tanta energía su producción y no tenga los inconvenientes del uso de plaguicidas y fertilizantes químicos que se usan en la producción del algodón primario.

El aislamiento de algodón puede contener ácido bórico como retardante al fuego y una pequeña cantidad de poliolefina para mantener las fibras unidas, pero en cualquier caso, los tapetes obtenidos (que son difíciles de cortar) tienden a caerse y deformarse, sobre todo en aplicaciones verticales, por lo que se debe contar con experiencia para realizar un buen trabajo con este aislante que sí se considera cíclico.



107 Aislamiento con algodón.

– LANA.

El aislamiento con lana de oveja es uno de los mejores aislantes existentes, ya que su composición natural atrapa aire entre sus millones de fibras, sin importar la humedad del ambiente, tal como lo hacen los animales, en este caso, la oveja. Su disposición final no daña en absoluto al medio ambiente. El único daño que puede causar al ambiente no se da por el material en sí mismo, sino el tratamiento que a veces damos los seres humanos, ya que se fumigan para evitar insectos u hongos.

La lana es ligera, tiene la... "capacidad de absorber y regular las concentraciones de agentes tóxicos y de la humedad del interior de los edificios, manteniéndolos frescos en verano y cálidos en invierno" (Bioklima Nature, 2008).

El consumo energético durante la elaboración del producto es mínimo. Nuestro producto consume solamente un 14% de la energía incorporada que consume en su elaboración la fibra de vidrio, por lo tanto la amortizaremos siete veces antes. La energía incorporada de nuestro producto es de 15Kwh/m³. Esto significa que a corto plazo el aislante de lana de oveja ahorrará más energía que la que se ha necesitado en su ciclo de producción. Además, Aislanat Lana se puede instalar sin guantes ni ropa protectora, no irrita la piel ni los ojos, ni afecta al sistema respiratorio (Bioklima Nature, 2008).



113 Aislamiento de lana

– CORCHO.

El corcho es la corteza de un árbol llamado alcornoque (*Quercus suber*). Cuando el árbol alcanza cierta madurez, se le "desprende" la corteza, obteniendo "planchas" naturales de corcho. Este recibe un tratamiento que se denomina "curado", que consiste en un hervor en agua a 100°C y dejarlo reposar durante un año. Luego se vuelve a hervir y se corta para tapones de botella. El resto del corcho se tritura y se prensa para obtener rollos, planchas u otras formas, por su excelente propiedad como aislante acústico, se le conforma como panel. Es importante que se extraiga el corcho en el momento indicado, para no dañar al árbol.



109 Corcho.

El corcho es ligero, flexible, altamente impermeable a líquidos y gases, con gran poder calorífico, amortiguador de impactos (aeroelástico), durable, atóxico, resistente al desgaste mecánico, a la degradación por ácidos o microorganismos y al fuego, etc. (Museo virtual del Corcho, 2004).

El reciclado del corcho parece no interesar mucho a la industria por su poco beneficio económico, además de que los árboles regeneran su corteza en aproximadamente 9 años, pero de hacerlo, el corcho de tapones de botella, soportaría sin problema su transformación en un subproducto. En cualquier caso, de no ser aprovechado, como es un material orgánico, se degradará por la acción sobre todo de los hongos, porque a ciertas especies de ellos no es tan resistente.

– HONGOS .

Los hongos como material de aislamiento fueron concebidos por Eben Bayer y Gavin McIntyre. Es un aislamiento completamente orgánico, biodegradable, renovable, que podría dar la vuelta a los materiales empleados en la construcción. Ellos colocaron una fibra blanca entre las raíces de un hongo (Mycelia), las cuales hicieron crecer dentro de moldes en un periodo de 10 a 14 días. Luego deshidrataron los moldes en un horno entre 100 y 150°F para detener el crecimiento del hongo. El resultado es un bloque sólido de un material resistente y aislante, completamente natural.



110 Bayer y McIntyre presentando su material aislante.

La mycelia puede aglutinar diferentes fibras, dependiendo de las propiedades que se deseen, no requiere una gran inversión en su manufactura, el hongo crece a

temperatura ambiente y en la oscuridad, lo que lo convierte en un material versátil y con muchas posibilidades de desarrollo para éstas y otras aplicaciones (ecovative, 2013).

- **TECHOS Y PAREDES VERDES, AISLAMIENTO NATURAL.**

Los techos y paredes verdes tienen, entre otras muchas funciones, la de aislar. No dejan que los intensos rayos del sol calienten en exceso las edificaciones, además de que mantienen la temperatura en ausencia del sol. Benefician al medio ambiente porque reducen la mancha urbana, reverdeciendo la superficie, reducen las inundaciones, porque captan y retienen aguas pluviales, además de brindar espacios agradables.

1m² de pasto produce el oxígeno suficiente que respira un ser humano al año, además de atrapar 130 g de polvo por año y ayudar al bienestar de la gente. Además, al colocar una azotea verde, se impide que los rayos UV (que son los culpables del deterioro de la mayoría de los materiales) penetren, aumentando la vida útil de los impermeabilizantes de 5 a 10 años a más de 30. También aíslan del ruido (López Rivera, 2008).

- **CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.**

Casi todas las alternativas aquí propuestas tienen la particularidad de que cumplen con los criterios bio-lógicos que ya he mencionado. La ciencia sigue avanzando en cuanto al desarrollo de nuevos materiales, pero en las aulas, los materiales de construcción siguen siendo los convencionales y cualquier alternativa parece una puntada del arquitecto. No es necesario que se legisle para verse obligado a emplear materiales bio-lógicos, basta convencerse de que el empleo de ellos hará la vida más llevadera en el planeta, tanto para los seres humanos como para los demás seres vivos con quienes lo compartimos.

Muchos de los materiales tienden a ser "cubiertos" con otros, para que la construcción se vea mejor, pero no se piensa en la separación de los elementos. Creo que dejar de construir con la idea de que las edificaciones son eternas podría ayudar a diseñar diferente.



111 Techos verdes

ix. LOS MATERIALES BIO-LÓGICOS.

Como ya se ha expuesto en este trabajo, la sostenibilidad debería ser entendida como una forma de realizar cualquier actividad sin detrimento del planeta y de todos los que lo habitamos, de manera que se beneficie a todos los miembros del ecosistema, sin abusos ni desigualdades.

Por utópico que parezca, en el ramo de la arquitectura pueden y deben tomarse acciones que fomenten esta filosofía de vida que conduce a la vida, que la biomimesis pregona, tal como la naturaleza misma ha ejecutado desde todos los tiempos.

Es así, que cualquier material que no contamine el agua, el aire o la tierra ni por él mismo ni por sus emisiones al momento de su obtención, que consuma energía renovable en su obtención o en su uso, que su duración sea por lo menos igual al tiempo que el planeta tarda en degradar todos los residuos producidos por su obtención y uso (desperdicios, CO₂, etc.), en purificar el agua que usó y sus residuos sean fácilmente integrados a nuevos ciclos, podrán considerarse materiales aptos para la construcción de inmuebles.

Los ecosistemas no deberían sufrir las consecuencias del consumo humano ni de su establecimiento, cada plantación debería reforestarse, cada mina rellenarse de nuevo, cada sitio sanearse para poder continuar con la vida de muchos seres que habitamos el planeta.

- **LA ESTANDARIZACIÓN Y EL ENSAMBLE, DESENSAMBLE Y REENSAMBLE, DE LA MANO CON LA CICLICIDAD.**

La estandarización se convierte en un tema importante en cuanto a la optimización y reutilización de materiales se refiere, ya que si se tomaran medidas determinadas para elaborar todos los materiales, se podrían generar "bloques" que se podrían reconfigurar o al final de la vida útil de las edificaciones, volver a utilizar. Los materiales aquí propuestos son casi todos susceptibles de estandarizarse.

Esta forma de producción de módulos favorecería también la evolución hacia nuevos sistemas constructivos de ensamble y desensamble, como lo requiere la sociedad de nuestros días, con cambios constantes de número de habitantes y lugar, dejando de pensar que la arquitectura debe ser para siempre, icónica de las ciudades e inamovible.

Es innegable el valor cultural de la arquitectura de muchos lugares, pero las necesidades humanas superan desde hace mucho tiempo lo que como valor tenga la ciudad y ejemplos hay muchos: pequeños pueblos que en México se consideran "mágicos" y algunos incluso han sido nombrados por la UNESCO como patrimonio de la humanidad y a sus afueras existen asentamientos humanos de viviendas de interés social que nada tienen que ver con el valor cultural de la zona, al contrario, la demeritan.

Está claro que un material extraído en la misma zona en la que se instala no altera el medio ambiente, sólo lo “reconfigura”, si no tomamos en cuenta la extracción propiamente. Además de ello, seguramente traerá empleo para la gente de la comunidad, sin embargo, las empresas abusivas y explotadoras se están quedando con las mayores ganancias, que si bien es nuestro deber denunciarlo, en ocasiones es poco lo que podemos hacer ante esas injusticias, pero sí depende de nosotros el optar por otro material y sistema constructivo que realmente beneficie a la comunidad y no sea producto de abuso o explotación. Asimismo, será poco recomendable emplear, por ejemplo, madera que no provenga de bosques certificados, aunque nos la ofrezcan más barata.

Esto nos lleva a reflexionar también respecto al costo de los materiales, que en ocasiones es elevadísimo, aunque su obtención sea sencilla, pero está mono- u oligopolizada, como en el caso del cemento. En otras ocasiones se trata de materiales de lejana procedencia que incrementan sus costos por el transporte, ya que representan volumen y peso considerables. Esto se traduce en gasto de combustible y por consiguiente, de emisiones contaminantes.

El ocupar materiales de una forma correcta y responsable, será equivalente a respetar todas las formas de vida, no dañando su hábitat con la extracción de materiales ni con el depósito de residuos provenientes de otros sitios, no causándoles enfermedades ni muerte. Los materiales degradables tienen la capacidad de reincorporarse a nuevos ciclos sin causar daño al ecosistema; la naturaleza puede sanar sus heridas, pero no debemos pasar del límite. Se dice que si logramos reducir las emisiones de CO₂ en un 40% (el protocolo de Kyoto sugería el 5%) el planeta puede seguir llevando a cabo sus ciclos naturales.

Estandarizar materiales equivale a frenar el desperdicio, ahorrar costos, renovar los ambientes, dar nueva vida a un elemento que estaba destinado a un tiradero, no a destruir en lugar de construir.

A manera de resumen, retomo los criterios que se deberían seguir al pensar en utilizar ciertos materiales basados en su ciclicidad.

Emplear cualquier tipo de madera en la construcción puede ser benéfico siempre y cuando se observe lo siguiente:

- Utilizar madera certificada (proveniente de bosques reforestados).
- Aprovechar todos los recursos extraídos del árbol (resinas, forraje, etc.).
- Emplear especies propias de la zona.
- No frenar el ciclo natural de la madera, sobretodo en el caso de productos efímeros (ciclo de vida de 35 años o menos en el caso del pino).
- No tratar químicamente la madera.

- Si se frena su degradación, planear el producto para largos periodos (más de 35 años).
- Emplear el mínimo de materiales secundarios hechos con desechos de madera (paneles de MDF y aglomerados) sólo para productos duraderos.
- Emplear más triplay (madera contrachapada) que MDF y aglomerados.
- Si se trata de elementos temporales, preferentemente sellar con ceras o aceites orgánicos (linaza, carnauba, etc.) en lugar de aceites derivados del petróleo.

Mención especial merece el bambú, ya que su rápido crecimiento y las plantaciones controladas permiten la obtención de sus troncos con facilidad y sin deterioro del medio ambiente. En cualquier caso, conviene:

- Utilizar cañas de bambú provenientes de plantaciones reforestadas.
- Aprovechar todos los recursos extraídos de la planta (resinas, forraje, etc.).
- Emplear especies con las mejores propiedades físicas y estéticas.
- No frenar el ciclo natural del material, mucho menos en productos efímeros.
- No tratar químicamente el bambú.
- Preferir bambú sobre madera y acero.

Es evidente que el empleo de productos provenientes de las plantas, siempre y cuando se controle su explotación es lo más conveniente para utilizar en las obras arquitectónicas, dadas sus propiedades y teniendo en cuenta el respeto a sus ciclos de vida. Por ello, en el uso de fibras vegetales debemos:

- Preferir fibras vegetales en lo posible.
- Emplear insecticidas base agua.
- Emplear selladores, aceites, ceras, morteros naturales y pinturas base agua.

En el caso de los metales, dadas sus propiedades, lo primero que hay que tratar es de preservarlo para que no haya necesidad de fundirlo de nuevo. Aquí luchamos un poco contra su naturaleza, que es la de estar oxidado, pero así evitamos estar repitiendo el proceso, ya que la oxidación toma cientos de años. En todo caso, es importante mencionar que es preferible hacer nuevo metal a partir de chatarra que a partir de yacimientos. Es por eso que sugiero:

- Evitar la corrosión para alargar la vida útil del objeto arquitectónico.
- Emplearlo en objetos que perduren.
- Separar los metales.
- Permitir el reciclado de los metales.
- Diseñar estructuras estandarizadas para que se puedan desmontar y reutilizar o reconfigurar.
- Utilizarlo moderadamente, ya que su costo es alto.
- Emplear acero inoxidable o en su defecto aluminio para sustituir aceros en la medida de lo posible.

En el caso de los pétreos, son materiales inertes a los cuales se les da una diferente configuración, la cual no debería afectar al medio ambiente siempre y cuando consideremos que:

- Conviene emplear piedras no porosas, que son más duraderas.
- Se recomienda emplear piedras recuperadas de otras obras en vez de las extraídas de canteras.
- Podemos emplearlo como alternativa al tabique.
- Dependiendo de si su aplicación será para interiores o exteriores, seleccionar la piedra adecuada.

El caso del cemento es peculiar, ya que sufre una transformación química irreversible que lo transforma en un material con muchas propiedades, pero que impide su reutilización. Dado que en su producción se despiden grandes cantidades de contaminantes, se recomienda:

- Sustituir el uso del concreto por otros materiales en la medida de lo posible.
- Hacer con él sólo obras estructurales que sean necesariamente perdurables y resistentes, como puentes, terminales aéreas, carreteras, etc.
- Preferir el acero al concreto, ya que se puede reutilizar, además de que una tonelada de acero estructura más que una de concreto armado.

Los materiales cerámicos tienen el mismo problema que el cemento, su ciclo se rompe al sufrir la transformación química producto de su quema a altas temperaturas, pero a diferencia de éste son abundantes en el planeta, por lo cual se recomienda:

- Evitar fracturas del material en la medida de lo posible y en caso de haberlas, ocupar el material como relleno (ladrillos) o como recubrimientos en zonas apropiadas.
- Emplearlo en obras perdurables y resistentes, que no puedan sufrir modificaciones con el tiempo y en caso de sufrirlas, recuperar el material y emplearlo en las mismas modificaciones.

Sin embargo, existen materiales que sin sufrir las quemaduras que sufre la cerámica dan un servicio similar e incluso mejor para algunas aplicaciones: la arcilla. Su principal ventaja es que no se rompe ningún ciclo, por lo cual se puede reutilizar y reconfigurar las veces que uno desee. Es por ello que sería excelente si:

- Se empleara más adobe en la construcción.
- Se elaboraran piezas estandarizadas que faciliten la construcción no sólo de muros, sino de pisos, lozas de entepiso, columnas, etc.
- Se desarrollaran más sistemas constructivos sostenibles y eficientes para la construcción con adobe.
- No se mezclara con materiales inorgánicos que después no se puedan separar.

El vidrio es un material que aunque pasa por un proceso de fabricación a altas temperaturas, no cambia sus propiedades químicas como la cerámica o el concreto. Es así, que no se altera su ciclo; por decirlo de alguna manera, cambia su lugar de origen y en ese sentido altera el medio ambiente. Hemos visto muchos animales (incluidos nosotros) golpeándonos con los vidrios y causándonos graves heridas o hasta la muerte. Pero en sí mismo, el vidrio no altera el medio ambiente, sus partículas no emiten ningún contaminante, pro sí su fundición. Por ello se recomienda:

- Reusarlo siempre que se pueda para evitar el horneado.
- Separar los desperdicios de vidrio del resto del escombros y en dado caso, por color.
- Cuidar de no romperlo.
- Aprovechar los sobrantes.
- Usar medidas estándares.

Los plásticos han sido satanizados por muchas personas por los problemas que causan al medio ambiente al ser desechados indiscriminadamente. Representan un gran problema, ya que debido a su bajo costo, se producen en grandes cantidades y no se hace mucho por tratar de reciclarlos. Algunos plásticos se pueden reciclar, pero en proporciones reducidas. La realidad es, que el plástico pertenece a la tierra y debería quedarse ahí, pero al ser un gran negocio se siguen extrayendo de los depósitos fosilizados y transformando en productos que rodean el planeta. Sin embargo, para su correcto uso se recomienda:

- Preferir fibras de celulosa, fibras vegetales o lana de oveja en lo posible.
- Emplear pinturas y adhesivos base agua.
- Separar los plásticos por tipo para facilitar su reciclaje.

Tampoco deberíamos dejar de considerar que sería posible desmaterializar la arquitectura, es decir, construir con los mínimos materiales posibles (no recubrimientos, dejar los materiales al natural). El escombros también está formado de materiales, por lo que recomiendo, por último:

- Separar el concreto del resto del escombros.
- Reducir el escombros a cero.
- Separar todos los materiales para su correcta disposición.
- Los bloques de tierra, ladrillos cocidos al sol y morteros de arcilla se pueden volver a moldear para nuevos usos.
- Reciclar el escombros en obra, como relleno, por ejemplo.

En general, las construcciones se considerarían bio-lógicas si:

- Se planearan para periodos largos de vida, empleando materiales no cíclicos o de mediana vida ocupando materiales cíclicos (reconfigurables).
- Se prefirieran los sistemas estandarizados sobre la producción a medida.
- Se usaran bloques de tierra, ladrillos cocidos al sol y morteros de arcilla.
- Se empleara cal en lugar de yeso.
- Se prefiriera el uso de piedra natural.
- Se reciclara todo el escombros.

- **LA ECONOMÍA ¿QUÉ INTERESES PERSIGUE?**

Cuando se habla en términos económicos, la selección de los materiales de construcción cobra importancia, ya que ante todo, la economía es el motor de prácticamente todas las actividades de nuestros tiempos.

De acuerdo con José Manuel Naredo, el término se creó en el siglo XVIII en Francia, donde se partió de los principios dominantes de la producción, el consumo y el crecimiento. (Naredo, 2001)

Naredo menciona también que anteriormente el comercio se llevaba a cabo de otra manera: se entendía que el precio de una cosa no podía dejar en la ruina a otros, que debía ser un intercambio justo, el fruto del trabajo de uno por el fruto del trabajo de otro, con lo que no había ganancias para nadie.

Pero con la era industrial, el concepto cambió: las "industrias" ahora tratarían a toda costa de acumular riquezas, provenientes de todos los que necesitaran de sus productos. La economía en esa época basaba sus teorías en la capacidad regeneradora de la tierra, se pensaba que la tierra iba a proveer todos los materiales para las industrias, todos ellos renovables, la madera se tomaba de los bosques, al cabo la naturaleza iba a "crear" más de ellos, los animales también los provee la naturaleza y hasta los minerales se tomaban de las minas pensando que la naturaleza nunca iba a dejar de proveernos con su generosidad.

A estos pensadores se les llamó fisiócratas, porque pensaban que la economía iba de la mano con las leyes del mundo físico. Pensaban que los recursos eran ilimitados, sostenibles gracias a la "madre naturaleza" proveedora. El trabajo era el padre y la naturaleza la madre de la riqueza (Naredo, 2001). Por supuesto que esto no duró mucho, en poco tiempo desvincularon totalmente los principios físicos y se quedaron solo analizando los valores monetarios.

Recordemos que para aquella época no se había hecho ni siquiera la medición del planeta, de hecho, se pensaba que crecía. Pero al darse cuenta de que no lo hace, la preocupación de que la población sí crecía y no había espacio ni recursos ilimitados comenzó a circular por los círculos científicos, a principios del siglo XIX. En esos días,

economistas como John Stuart Mill aceptaron la idea de un “estado estacionario” de la economía, lejos del concepto de “crecimiento”.

No puedo mirar al estado estacionario del capital y la riqueza con el disgusto que por el mismo manifiestan los economistas de la vieja escuela. Me inclino a creer que, en su conjunto, sería un adelanto muy considerable sobre nuestra situación actual. Confirmando que no me gusta la idea de vida que defienden aquellos que creen que el estado normal de los seres humanos es la lucha incesante por avanzar y que aplastar, dar codazos y pisar los talones del que va delante, característicos del tipo de sociedad actual. Constituyen el género de vida más deseable para la especie humana... no veo que haya motivo para congratularse de que personas que son ya más ricas de lo que nadie necesita ser, hayan doblado sus medios de consumir cosas que producen poco o ningún placer, excepto como representativas de riqueza, ...sólo en los países más atrasados del mundo puede ser el aumento de la producción un asunto importante; en los más adelantados lo que se necesita desde el punto de vista económico es una mejor distribución... (Mill, 1984)

A finales del siglo XIX y principios del XX los economistas veían a la naturaleza como un estorbo, con sus “malas hierbas” y “alimañas” que había que eliminar para que la producción fuera más eficiente, la tierra y el trabajo quedaron ahora reducidos para que emergiera “el capital” como productor de riqueza (Naredo, 2001).

La economía hizo de sus objetos de estudio solamente a aquellos que fueran “útiles”, que tuvieran un “valor de cambio” y los objetos “apropiados y valorados”, es decir, los que se consideran “productibles”, dejando de lado al medio ambiente, con recursos no valorados, no apropiados, no producidos y residuos sin valor, alejando las dos áreas: economía y ecología, ya que hablaban de temas diferentes.

Sin embargo, la economía hace uso de recursos naturales, las empresas extractoras y productoras de materias primas para la construcción obtienen los materiales de la naturaleza, arrojan sus emisiones al aire, sus desperdicios a los rellenos y se apropian y dan valor al material obtenido, incluso a los terrenos antes fértiles, así que las áreas no pueden estar separadas.

La economía se ocupó del valor de las cosas, sin darse cuenta que de seguir así no tendría más cosas con valor, al acabarse los recursos del planeta. Las decisiones al respecto deben tomarse en los campos de la agricultura, la minería, la industria, el comercio, el transporte, etc.

La economía se ha mantenido inmutable durante muchos años y ya se le hizo tarde para evolucionar. Ha habido algunos intentos, como los de Pigou y Coase, quienes sentaron las bases de la economía ambiental desde 1920 y 1960 respectivamente, agregándoles a los conocidos términos de precio, costo y beneficio, los relacionados con el medio ambiente. Coase mencionaba tres caminos para lograr una economía ambiental:

- Que la empresa que contamine responda por los daños,
- Que la empresa que contamine pague un impuesto por los perjuicios o
- Que la empresa que contamine se aleje de zonas residenciales.

Quizás no eran las mejores propuestas, pero apuntaban a mejorar la relación entre la industria y el ambiente.

Pigou, por su parte, hablaba de acuerdos voluntarios entre los empresarios y los gobiernos, su seguidor Hotelling plantea dos caminos:

- El precio de una unidad de un recurso natural agotable debe estar formado por su costo marginal de extracción, más el costo de oportunidad o renta de escasez que se deriva de la imposibilidad física de volver a extraer la unidad de recurso que ya se extrajo.
- La maximización de la renta de escasez se obtiene siempre que esta crezca al mismo ritmo que el tipo de interés (Federico Aguilera Klink, 1994, pág. 21)

La principal problemática a la que se enfrentan los economistas es a la valoración de los bienes de la naturaleza, ya que presentan algunos planteamientos subjetivos. Se analizan en función de costo-beneficio (ACB), pero esto no trae ningún beneficio ambiental, pues se basa en el análisis del comportamiento del consumidor, el cual está fuertemente influenciado por la mercadotecnia, es decir, de lo que la gente está dispuesta a pagar para disfrutar de ese bien, que para fines prácticos sólo busca obtener el bien o evitar el daño ambiental, real o hipotéticamente.

En su libro "De la economía ambiental a la economía ecológica", Federico Aguilera y Vicent Alcántara plantean que aunque la economía dependa de la ecología, a partir de la obra de Ricardo y Marx (Naredo, 2001), se han separado para justificar la ciencia económica y amenazan hoy nuestra existencia.

Ha habido diversas corrientes que intentan dar un lugar a la ecología en el mundo económico surreal: la economía ecológica, por ejemplo, considera a la naturaleza como un ente interno, reconoce los derechos de propiedad de todas las personas sobre los bienes de la naturaleza, no sólo de unos cuantos que la exploten.

En los años 60, los economistas se comenzaron a preocupar por el ecosistema, y sólo hasta los 90's surgieron los principios de la economía ecológica con la conciencia de que debía ser multidisciplinaria.

La economía ecológica se fundamenta en tres nociones biofísicas:

1. Reconocer que la materia y la energía no se crean ni se destruyen, sólo se transforman, lo cual echaría por tierra la noción de la necesaria generación de residuos.

2. Entropía: la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible hacia una forma no disponible o de una forma ordenada a una desordenada independientemente de que las usemos o no.
3. La imposibilidad de generar más recursos de los que puede tolerar la capacidad de administración de los ecosistemas e imposibilidad de extraer más de lo que se puede renovar.

Los fundamentos biofísicos y la ecología nos enseñan que el hombre no usa recursos en forma aislada, sino ecosistemas. Reconocer que la unidad es el ecosistema y no el recurso es un gran paso para hacer nuevas leyes que cuestionen la privatización de la propiedad y del medio ambiente, para dejar de contemplar los derechos como absolutos e independientes.

José Manuel Naredo de la Universidad Bolivariana en Chile plantea muy bien las incongruencias en que tanto la economía ambiental como la ecológica caen: nunca persiguen el bienestar del ser humano ni de los ecosistemas, sólo piensan en continuar con un crecimiento y un desarrollo que ya se sabe que son inaceptables.

La economía, que inició de la mano con los bienes que la tierra le dotaba, se desentendió de ellos en busca de una insaciable sed de riqueza monetaria. El valor agregado se convirtió en el mejor incentivo para trabajar y hasta para diseñar, sin considerar muchos otros factores, pasando de un razonamiento de la biósfera a uno donde los "productos" toman un papel primordial. Para construir un edificio se ocupa, para empezar un espacio de tierra que en algún periodo fue fértil. A la economía no le importa si contaminó el agua o el aire porque no ve el ciclo completo de estos elementos.

Naredo plantea un enfoque "ecointegrador", para evitar la disociación entre planteamientos **económicos** y **ecológicos** y "reconciliar en una misma raíz **eco** la utilidad propugnada por aquellos y la estabilidad analizada por éstos" (Naredo, 2001).

○ **COSTO SOCIAL Y COSTO AMBIENTAL.**

R. H. Coase, en 1960 ya hablaba de las empresas y sus actividades depredadoras y pensaba que no era correcto que las empresas pagaran por los daños causados, eso no resarcía el daño, había que impedir que el daño fuera causado. Casi todos los economistas están de acuerdo en que si una empresa causa algún daño debe indemnizar a los afectados y para ello calculan los costos que esto representa. Este cálculo de costos en un sistema económico como el nuestro, se ha vuelto tan complicado, que en ocasiones es casi imposible de lograr, ya que el pago de una indemnización a un perjudicado, cuando afecta, por ejemplo, a su producción, puede ser manejado por el que paga de manera que al afectado le convenga, en todo caso, producir menos y con el pago de la indemnización sus ganancias no se vean mermadas.

El camino a seguir parece ser que el estado, que nos ha demostrado que sirve a intereses económicos más que a las sociedades, prohíba ciertas acciones, pero a veces esas prohibiciones analizarán diferentes temas como el bienestar social, el económico, etc., de manera que no se perjudique a unos por beneficiar a otros.

Según Coase, el problema de los economistas radica en el enfoque de los problemas de la economía del bienestar.

De la misma manera en que podemos usar un trozo de terreno de tal forma que impidamos que alguien lo atraviese, estacione en él su coche o construya sobre él su casa, también podemos usarlo de manera que le privemos de la visión de un paisaje, de un ambiente tranquilo o de un aire sin contaminar.

El coste de ejecutar un derecho, es siempre la pérdida que se sufre en otro lugar como consecuencia del ejercicio de ese derecho: la imposibilidad de cruzar un terreno, aparcar un auto, construir una casa, disfrutar del paisaje, tener paz o respirar aire puro (Federico Aguilera Klink, 1994, pág. 124).

La economía como tal no muestra un camino hacia la solución de problemas ambientales, sino a su valoración, lo cual resulta sumamente complejo. David W. Pearce llama "capacidad asimilativa del medio ambiente" a la cantidad de material de residuos que la naturaleza puede recibir, degradar y convertir en "alimentos que mantienen" a los ocupantes de un ecosistema. Pearce trae a la mesa de los economistas otros dos conceptos:

- ↗ Efecto biológico: que es el cambio que pueden ocasionar los contaminantes en los organismos y
- ↗ Efecto económico: que define como el efecto negativo, es decir, las consecuencias que traerá con el tiempo, los costos que de ello deriven.

Por su parte, Christian Leipert menciona que "la motivación por la que se ha de cambiar nuestro sistema industrial actual perjudicial para el medio ambiente por otro ecológicamente menos nocivo se puede plantear tanto desde el campo económico como desde el ecológico y social. La práctica contemporánea de considerar el Producto Interno Bruto (PNB) como indicador del bienestar nacional oculta totalmente el hecho de que las actuales prácticas empresariales no sólo son destructivas desde un punto de vista ecológico y social, sino incluso crecientemente contraproducentes" (Federico Aguilera Klink, 1994, pág. 247).

El crecimiento económico se basa en el PNB que no considera al medio ambiente, sino a bienes e ingresos. Mide el flujo y no las reservas de bienes naturales, siendo que aquél depende de mantener las reservas, pues agotadas éstas, no habrá más flujo. Para los economistas responsables, el crecimiento económico tiene efectos contraproducentes sobre la calidad de las condiciones medioambientales, de vida y de trabajo en la sociedad industrial. Y eso no es todo, hay que considerar que muchos problemas de

salud están ligados a problemas ambientales y ocasionan fuertes gastos a las familias y la sociedad.

Alfred Marshall opina que la economía es “una rama de la biología ampliamente interpretada” (Federico Aguilera Klink, 1994, pág. 312), pero por desgracia la economía trabaja de una manera muy diferente a la biología. La economía trabaja con sistemas cerrados de variables independientes, mientras que la biología maneja sistemas abiertos con variables interdependientes, las consecuencias de esta cerrazón en la economía causan que no vean sus errores al interior de la disciplina, pero esos errores existen y no ayudan a frenar el deterioro ambiental.

Un ejemplo que nos propone K. William Kapp, referente a la agricultura es perfecto para demostrar cómo esta actividad se ha industrializado tanto, que hoy en día es uno de los principales consumidores de petróleo y electricidad, los campesinos de hoy son obreros que ocupan maquinaria como tractores, cosechadores, fumigadoras, aeroplanos, etc., con ello logrando que el campo fuera más productivo. Lo que solía ser un sistema biológico que empleaba energía solar y lluvia se ha transformado en una industria enorme medida en función de su producción por acre u hora de trabajo en lugar de medirla por su uso de energía. También los plaguicidas y fertilizantes contaminan suelos y agua y matan no sólo a la plaga, sino a sus depredadores naturales.

Por otro lado, parece ser que los nuevos cultivos tienen contenidos bajos en proteína y ello ocasiona que se complementen las dietas con harinas de pescado o similares, muchas de ellas provienen de países sudamericanos cuyas dietas son de por sí pobres en proteína y no obstante envían las harinas de pescado a países más desarrollados.

Los criterios monetarios o de mercado de la eficacia y de la racionalidad económica y el patrón exportación-importación resultante tienden a ocasionar una adjudicación global de las inversiones y una distribución de las producciones que pueden estar muy lejos de ser deseables ya sea en sentido ecológico o a la luz de un concepto de racionalidad esencial que tomará en cuenta las verdaderas necesidades humanas en las diferentes partes del mundo (Federico Aguilera Klink, 1994, pág. 328).

Podríamos decir que la organización de principios de sistemas económicos guiados por valores de intercambio, es incompatible con los requerimientos de los sistemas ecológicos y la satisfacción de las necesidades humanas básicas (Federico Aguilera Klink, 1994, pág. 329). No se trata de poner precio a los padecimientos de las personas generados por industrias contaminantes, sino de no causar daño ni ambiental ni social.

Desde mi punto de vista, los economistas están tratando en vano de tasar un bien que es invaluable: la naturaleza. El campo de acción de la economía se cierra en aspectos cuantitativos, de los cuales hacen uso extensivo para hacer comparaciones, definir como positivos o negativos los crecimientos, buscar a toda costa las ganancias, las utilidades, el crecimiento económico, las crisis... y no se ponen a ver que en la

naturaleza, como ya se ha visto, no existen las crisis, ni el dinero, así que me pregunto si la economía tiene necesariamente que ser componente de la sostenibilidad, siendo que no hablan el mismo idioma que la naturaleza y las sociedades.

Lo que me preocupa es que la economía forme parte tan importante de nuestra vida, siendo que es tan superflua y subjetiva, que da valores a cosas que no lo tienen y no lo da a las cosas que verdaderamente merecen nuestra atención porque de ello depende nuestra supervivencia en este ecosistema. Dicen bien algunos economistas que debemos cambiar radicalmente nuestra manera de consumir, buscar nuevas tecnologías, nuevos estilos de vida, que no tomen materiales de los ecosistemas para devolverles basura.

Si se siguen tratando de resolver problemas sociales como el desempleo generando más producción y para ello es necesario hacerle la guerra a alguien que consuma armamento, creo que vamos por el camino equivocado. No deberíamos hablar de "recursos no renovables", todos los recursos de los que dispongamos deberían renovarse de alguna manera que conlleve a preservar la vida de todas las especies de este gran ecosistema.

○ **ECONOMÍA AZUL .**

El creador de este término es un belga llamado Gunter Pauli. Él durante mucho tiempo estuvo del lado de la economía verde, sin embargo, se dio cuenta de que la economía verde intenta sólo certificar algunos productos como verdes para promover un nuevo argumento de venta, sin que necesariamente los productos sean sostenibles o siquiera necesarios para los seres humanos.

Pauli, apoyado en los principios de la Biomimesis y en la propuesta de William McDonough y Michael Braungart asentada en su filosofía de "cradle to cradle", pero sobre todo, inspirado en la tierra, propone ahora cambiar nuestra manera de pensar resumiéndolo de la siguiente manera: "sólo tenemos que emular los ecosistemas naturales para ser eficientes en la producción de bienes y servicios que los ciudadanos necesitan para ser felices, con responsabilidad compartida y respeto para las generaciones futuras" (ecointeligencia, 2012).

La economía azul plantea que lejos de buscar el desarrollo y la riqueza, busquemos primero el bienestar de la gente, del medio ambiente y con eso podemos producir riqueza. La economía azul es competitiva, sostenible e innovadora.

"Debemos olvidarnos de perseguir un único beneficio. Queremos conseguir todos los que nos ofrece el proceso de producción. No sirve la especialización, ni las economías de escala. Se trata de aprovechar, con actitud innovadora, multitud de fuentes de ingresos a lo largo de nuestro proceso productivo. Así diversificamos riesgos y abaratamos costes. Deja de tener sentido intentar valorar el subproducto o eliminar el residuo. Éstos se convierten en

oportunidades de negocio y hacen falta emprendedores que las aprovechen” (ecointeligencia, 2012).

La economía verde ha resultado muy cara y requiere de subsidios en muchos países. La economía azul, en cambio, tiene la bondad de buscar el bienestar de la gente, generar empleos y no destruir el ambiente. El CO₂ analizado desde este punto de vista no es dañino, sino un catalizador para producir pintura, pañales, etc. Él lo hace en su empresa Ecover. Fundó una iniciativa para la investigación de emisiones cero (ZERI) donde ha creado 50.000 empleos y más de 1.500 empresas, con proyectos como el cultivo de hongos comestibles de alta calidad con desechos de café, detergentes biodegradables con restos de cáscaras de naranja o la transformación de gasolineras en estaciones de recarga para vehículos eléctricos.

○ **DESARROLLO SOSTENIBLE.**

En la década de los 70's cobró auge un pensamiento de respeto al medio ambiente en el mundo académico, en el administrativo y en los medios de comunicación. Por desgracia, sólo sirvió para hacer ruido, porque no se tomaron decisiones importantes entre las naciones. Por desgracia muchas de esas voces se callaron ante la obsesión de “crecer económicamente”, aumentando los bienes y servicios para “todos” los que los pudieran pagar.

Sin embargo, en la década de los 80's al abaratare el petróleo, toda la conciencia que se gestaba se fue por la borda. Se acuña el término de “desarrollo sostenible”, el cual, de acuerdo con Naredo, es un oxímoron ya que un desarrollo con “una aceleración sostenida por una fuerza constante, es seguro que no puede ser viable” (Naredo, 2001)

Sin embargo, el término gustó en muchas áreas, ya que no trata de nada concreto, con ello se desviaron las miradas hacia “el bienestar social” y se alejaron de los ecosistemas. Los economistas ya traían mordisqueando el término “desarrollo sostenido” el cual fácilmente sustituyeron por el de “sostenible”. Lo que causan estos términos es que ahora se entienda el desarrollo como que por sí solo no es sostenible, a menos que lo acompañe ese adjetivo. El cambio climático ha tomado las primeras planas, siendo un fenómeno que no lo podemos controlar, pero la extracción desmedida de recursos y la generación de residuos han pasado casi desapercibidas siendo que éstas sí están bajo nuestro control.

Así, mientras los países ricos siguen hablando de cambios climáticos, continúan explotando los recursos de los países pobres, manifestando sólo con discursos su preocupación por el medio ambiente.

Así como la economía gesta su riqueza en la pobreza de otros, los países aprovechan los recursos de otros para llenarse de bienes y riqueza. La mala distribución de la riqueza es

uno de los logros máximos de lo que llamamos “economía”. Ivan Illich ya lo había planteado desde los 60’s.

Encontré sin embargo, corrientes interesantes, como la Permacultura. Muchas empresas impulsan nuevos modelos de producción de agricultura ecológica, algunas lo hacen con la conciencia de que si la tierra deja de proveernos los alimentos, se desatarán revueltas sociales de consecuencias fatales. La preservación de la tierra debe estar por encima de cualquier actividad humana, es así que se acuñó en 1978 el término “permaculture”, contracción de “permanent agriculture”, por el diseñador Bill Mollison, quien planteó que debemos trabajar como lo hace la naturaleza, no en su contra.

La permacultura plantea que debemos:

- Rearreglar las viviendas para tener un uso eficiente de la energía.
- Utilizar el transporte público.
- Compartir movilización con nuestros amigos.
- Ahorrar agua colectándola desde los techos en tanques o reciclar las aguas grises para el sistema sanitario o del huerto.
- Selección de jabones biocompatibles.
- Utilización de biodigestores anaerobios.
- Ver soluciones en vez de problemas.
- Huertos urbanos.
- Tomar parte de la producción de aliento. (Permacultura.MX)

La permacultura es un movimiento que nació en Australia y ha trascendido fronteras, con una filosofía similar a la biomimesis.

- **HORIZONTE ECONÓMICO, CICLICIDAD Y ARQUITECTURA.**

Hago mención del desarrollo sostenible porque esta investigación comenzó fundamentada en ese término y todo lo que lo rodea, por desgracia, encontré que sólo es un título más, sin sentido, incongruente y falso.

Esta investigación comenzó buscando una relación entre la sostenibilidad y el diseño. Al abordar los temas económicos, me di cuenta de la superficialidad de los conceptos y de que la economía en la naturaleza funciona de otra manera.

Al observar los sistemas de la naturaleza, sus interconexiones y relaciones, se piensa que la naturaleza es una maestra en lo que a “ahorro” se refiere, sabemos que, por ejemplo, la esfera es el máximo contenedor con el mínimo de material, y es una forma que encontramos recurrentemente en la naturaleza. También sabemos que una hoja de árbol tiene la máxima superficie expuesta al sol con el mínimo peso, por lo que resulta muy eficiente en el proceso de la fotosíntesis. Sin embargo, creo que la naturaleza no economiza en los términos en que nosotros pensaríamos que lo hace.

La naturaleza ha eficientado sus procesos a tal grado, que ha llegado a la esfera y a la hoja de árbol, al igual que muchos otros procesos y formas más, pero en realidad si pensamos en el semillero del pino (piña) contiene en su interior varias decenas de semillas, llegando algunas a una centena de ellas. El pino, por su parte, tiene cientos de semilleros colgando de sus ramas, con lo cual tenemos que por cada pino, en una temporada, varios millares de semillas. Sin embargo, de todas ellas sólo unas pocas germinarán hasta convertirse en frondosos pinos. El resto servirán para alimentar pájaros e insectos, otras serán cepas que no progresen al estar enraizadas cerca de un individuo que no le dé oportunidad de recibir el agua y el sol necesarios para crecer. En fin, así como este ejemplo hay muchos, la naturaleza pareciera ser muy generosa con sus recursos. En este sentido, no son procesos eficientes, sino eficaces los que hallamos en muchos ejemplos tanto de plantas como de animales.

Es así, que creo que la economía de recursos no va de la mano con los procesos naturales, en los que se provee de los recursos suficientes para asegurar la preservación de la vida y de las especies, no sólo la propia, sino todas las especies que están vinculadas a ella y por supuesto, del medio ambiente en el que están inmersas.

La manera de economizar en la naturaleza depende más de la calidad que de la cantidad, ya que si observamos las formas, encontramos formas sin aristas, preferencia por el empleo de curvaturas, en las que además tendemos a balancear esfuerzos de tensión y compresión.

Si bien hemos visto que la economía tiene objetivos muy diversos a los de la mayoría de las personas en el planeta, que sirve a los intereses de unos cuantos poseedores de las riquezas monetarias más grandes del mundo, comienzan a manifestarse unos cuantos en contra de los abusos que estas pocas personas con mucho poder están cometiendo. En diferentes lugares del mundo grupos civiles han comenzado a organizarse para tratar de lograr un mundo más equitativo, con oportunidades para todos, respeto a las personas, a sus costumbres, al medio ambiente.

Aunque suene utópico, como ya he mencionado, no podemos esperar a que los gobiernos actúen, ya que la mayoría de ellos representan los intereses de los poderosos, no de las sociedades que los llevaron al poder. Los gremios de arquitectos deberían adherirse a estos movimientos para poder llevar a cabo acciones que ayuden a que tanto la sociedad como el medio ambiente vivan en equilibrio y armonía.

Creo que un buen comienzo es precisamente la selección de materiales de construcción que sean los adecuados para la obra, observando a las personas a las que albergará, el medio ambiente en el que se ubicará y sus costos. Hay muchos materiales que ya se encuentran en los terrenos, pero no tenemos la cultura ni la intención de utilizarlos, preferimos comprar materiales y sacar toda la tierra para convertirla en escombro.

La arquitectura de hoy debe estar integrada al predio en el que se va a ubicar la edificación, además de aprovechar las condiciones naturales como vientos dominantes, precipitaciones y soleamiento, debemos cuidar que tanto las personas como la naturaleza no sean afectadas. La economía de la obra se reflejará en un pago justo a todos los que intervengan y en los materiales que se empleen, así como en la obra misma.

Ya hay algunas asociaciones que se supone que promueven este tipo de arquitectura, el movimiento de arquitectura social, arquitectura 911 sc en México promulgan su inclinación, aunque no son claros en lo que el respeto al medio ambiente se refiere desde su perspectiva. Argentina, Chile, Venezuela y Colombia también tienen organizaciones parecidas. Sin embargo, no veo en ninguna de ellas el cómo respetarían al medio ambiente, a su flora y fauna, a sus espacios, a la ciclicidad de sus materiales. La mayoría de estas asociaciones pretenden dotar de viviendas dignas a las personas, con lo cual solucionan un problema, pero no de raíz.

- **LA EDUCACIÓN Y EL RESPETO A LA VIDA.**

Luego de lo anteriormente expuesto, creo que hay varios puntos que tomar en cuenta al momento de proyectar en arquitectura, sin embargo, estos criterios no se están viendo desde la formación de los arquitectos, es decir, en las escuelas y universidades.

Aunque cada vez es mayor el segmento de la población mundial que tiene medios de comunicación ligados a internet y pueden buscar información generada en muchos lugares del mundo, la realidad es que la mayoría de las personas las ocupa para compartir información personal, denunciar hechos (tanto graves como banales), transmitir conocimiento básico y muy poco especializado.

Estoy segura de que lo generado en México hoy puede tener impacto en cualquier lugar del mundo. Además de que algunos actores involucrados en el quehacer arquitectónico tienen mucho poder económico y político, que tarde o temprano puede ser objeto de presiones sociales que busquen frenar el grave deterioro del que es sujeto el planeta por malos manejos de estas compañías depredadoras.

La sociedad debería ser partícipe de los beneficios que genera la industria de la construcción y en México y muchos países, sucede al contrario y peor aún: todos somos víctimas de los estragos causados al clima, al aire, al agua que dejan estos depredadores sin escrúpulos.

La propuesta no es que la industria de la construcción se detenga, debe continuar solucionando los problemas de vivienda de la población mundial que no deja de crecer. La derrama que genera la construcción es importante al grado de ser un indicador de la economía del país, pero su impacto ambiental también es alto, y es precisamente ese el que tenemos que revertir. Una de las ideas expuestas es la de dar tiempo al planeta de sanar sus heridas y muchos materiales que se emplean en la construcción no dan oportunidad de que esto suceda.

Es así, que el arquitecto tiene una gran responsabilidad a la hora de seleccionar los materiales que formarán parte de las edificaciones, así como de buscar nuevos sistemas constructivos para los materiales cíclicos o, incluso, nuevas configuraciones del espacio que requieran menor producción de emisiones y de escombros, además de aprovechar los elementos naturales como el aire, el sol y el agua en beneficio del medio ambiente y por consiguiente, el de la vida de todas las especies del planeta. El arquitecto tiene en sus manos el diseño y la especificación de los materiales a emplear. Es su deber no sucumbir ante las exigencias del constructor, sino convencerlo de que el empleo de estos materiales traerá beneficios a todos, incluso económicos (a corto, mediano o largo plazo), pero el arquitecto no puede decir esto si no tiene información que respalde sus afirmaciones.

No es sólo responsabilidad de las escuelas e institutos el “educar” a los profesionistas, es deber de uno mismo el completar su formación profesional y llevar acciones a cabo, aunque cueste más trabajo que seguir haciendo lo mismo de siempre.

De cualquier manera, las universidades también deberían incluir en sus planes de estudios materias y proyectos donde se pongan en práctica estos temas y sobre todo, se concientice al alumno respecto a que la sostenibilidad es un factor vital para asegurar el bienestar a generaciones venideras. Asimismo, la enseñanza de los materiales de construcción tradicionales, tecnológicos, biológicos y compuestos deben ser puestos en una balanza para contrarrestar sus beneficios y sus afectaciones para con la vida en sus diferentes formas.

El tema del escombros casi nunca es tratado con seriedad en las escuelas, pues en la práctica, se desecha y pasa al olvido. Vimos que hay posibilidades para el desecho, pero lo mejor es evitar su producción; por ejemplo, a través de sistemas sencillos de “armado y desarmado” de los elementos para su posterior uso. El material biológico no representa problemas en su desecho, pero tampoco es bueno abusar de ello, pues la naturaleza, quien es su productora, se toma su tiempo en sus procesos, por eso deberíamos diseñar con la idea de aprovechar los materiales en su totalidad, “ensamblar y desensamblar” y manejar el desecho.

Los costos son un tema importante, pero nunca deben ser vistos sólo como un gasto, sino en su totalidad, como lo que cuesta la edificación y lo que costará durante su vida útil, comprendiendo que quizá estos últimos no serán desembolsados por el constructor, pero incidirán en la venta del inmueble si son eficientemente manejados, esto, sin contar con el beneficio que pueden acarrear al medio ambiente.

Además, está visto que enseñar criterios de sostenibilidad en las carreras de diseño, no obstaculizan la creatividad ni el desempeño del alumno, por el contrario, en un experimento que realicé al respecto, los alumnos vieron el proyecto como un reto. Y creo que eso debemos hacer como académicos: poner retos a nuestros alumnos.

Sin embargo, me queda claro que al no presentarles una visión realista a los alumnos de las carreras de arquitectura, seguirán viendo la profesión como una actividad noble, creadora, que crea importantes fuentes de trabajo y de movilidad de los flujos de efectivo, todo lo cual no tiene nada de malo para nuestra sociedad. Pero al tener una visión real de lo que está pasando con el planeta, tienen que darse cuenta de que no podemos seguir haciendo las cosas como las hemos venido haciendo, sino de una manera diferente, donde la vida en cualquiera de sus manifestaciones sea lo principal.

No los estamos educando para el futuro, los estamos educando para el presente pero con aprendizajes del pasado, deberíamos cambiar la enseñanza por una con mucha más visión, de manera que las nuevas generaciones ya tengan una nueva perspectiva que se multiplique con rapidez y revierta los daños que la industria de la construcción sigue

causando a grandes pasos. Todo lo que hacemos (bueno y malo) tarde que temprano regresa, todo lo que arrojamos al agua (solventes, etc.) nos lo acabamos comiendo en un pez capturado a miles de kilómetros de donde se vertió el residuo. Todo lo que soltamos al aire acaba por causar cáncer de piel a miles de kilómetros de donde se generó, así que las consecuencias de los actos de otros también pueden afectarnos. No dejemos que esto suceda, pongamos un alto ahora que todavía podemos dejar mucho a las generaciones futuras y seguir gozando de nuestro planeta, el único que tenemos.

○ **RESPONSABILIDAD ECOLÓGICA ¿DE QUIÉN?**

En el transcurso de esta investigación me he percatado de que tenemos muy poca información respecto de los temas relacionados con la ecología. Y lo que me parece más preocupante es que los "expertos" se han hiperespecializado al grado de que ven sus temas de expertise como los únicos válidos e importantes cuando se trata de proyectar en arquitectura.

Esta hiperespecialización ha causado que las mediciones ambientales respecto de los edificios, contemplen el origen de los materiales empleados en la construcción, su manufactura y su transporte al lugar de la obra, sin tomar en cuenta, por ejemplo, la flora y la fauna del sitio explotado. Mucho menos se toma en cuenta en estudios de impacto ambiental, las afectaciones por la tala y expulsión de especies endémicas del sitio de la edificación o que la mancha urbana sigue creciendo sin analizar el verdadero impacto en el clima y los ecosistemas.

Esta hiperespecialización también es causa de que las mediciones se centren más en el uso del inmueble y no en las emisiones de COV's de los materiales, que pueden ser más dañinos para los seres vivos; es la causa de que no se ponga atención en lo que se hará con los desechos del edificio después de su vida útil y en los desechos durante remodelaciones, sólo se analizan, si acaso, los desechos durante la construcción de los edificios.

La primera mención es desde luego a los arquitectos quienes en sus despachos ostentan los calificativos de arquitectura verde sin realmente serlo. Muchos arquitectos piensan que la arquitectura sostenible es aquella que utiliza sistemas de ahorro de energía, es decir, si un edificio tiene un sistema de calentador de agua que utilice los rayos del sol inmediatamente le pone el calificativo de "verde" o "ecológico". Incluso instituciones como Infonavit replican y sustentan el calificativo otorgando créditos verdes a quienes empleen estas tecnologías en sus viviendas o en las que van a adquirir. De hecho, con un calentador de paso o llaves ahorradoras de agua reciben estos apoyos y estas "etiquetas verdes".

Sin embargo, muy poco les preocupa si los elementos de sus tecnologías son verdaderamente sostenibles, si están fabricados con tecnologías "limpias", o con materiales "responsables" con el medio ambiente. Eso debe ser tarea de otras

personas, del arquitecto no. Él sólo hace el proyecto y los fabricantes de los accesorios y materiales deberían preocuparse por ser "ecológicos".

La realidad es que ni los unos ni los otros se preocupan por el tema. Muy pocos son los que están buscando soluciones viables en las que la tendencia no sea optimizar los procesos, sino no afectar el medio ambiente, ni un poquito.

Desgraciadamente esto se promueve desde la academia, donde no hay un énfasis en las afectaciones al medio ambiente por el uso de ciertos materiales en lugar de otros, la enseñanza de la arquitectura tiene muy pocos avances en los sistemas constructivos y se sustenta en los materiales y técnicas de construcción tradicionales, que no han cambiado en décadas y podríamos decir que en siglos. Si podemos hablar de nuevos materiales y tecnologías, han sido para empeorar las cosas, paneles W y tablarroca son productos cuya vida útil es menor a la de los materiales tradicionales y al terminar ésta se vuelven basura, no hay nada que se pueda hacer con ellos.

Hay datos en los que se asegura que lo que mayor afectación causa al ambiente en un edificio es su uso, pero eso va a depender de muchos factores: no es lo mismo una casa en la Ciudad de México, que poco requiere de climas artificiales que una en Monterrey, donde las estaciones del año representan serias variaciones en el clima y los habitantes buscan su confort a través del uso de sistemas calefacción y aire acondicionado, además de que están acostumbrados a ello y hasta reciben subsidios gubernamentales para el servicio eléctrico en los meses de más calor. Y no mencionemos países nórdicos porque las cifras irían en aumento.

Aun así, el uso de estas estrategias de reducción en los gastos sobre todo energéticos en el uso de las edificaciones, representan poco comparados con el impacto que causan sus materiales. He mencionado ya que en la naturaleza no hay crisis energéticas, pero si hay serias repercusiones por la contaminación ambiental, que causan la extinción de especies de flora y fauna, necesarias para lograr un equilibrio en los ecosistemas.

Sólo por poner un ejemplo: los residuos de construcción estarán en tiraderos de basura a cielo abierto o en rellenos sanitarios impidiendo la formación de nuevas formas de vida durante cientos de años, pero la electricidad y su impacto al medio ambiente se habrán mitigado en unas décadas.

Es así, que se ha perdido la visión holística donde el arquitecto contemple todas las etapas que comprenderá la edificación que está proyectando, no sólo la inmediata, pues pareciera que sólo tiene en mente el proyecto y eventualmente la construcción y hasta la venta de la vivienda, pero finaliza ahí, donde le cede todas las responsabilidades por un diseño, al usuario de la vivienda. Pues será éste y no aquél, quien tenga que utilizar demasiada agua y productos de limpieza en los materiales tan hermosos que el arquitecto seleccionó, quien tenga que reemplazar equipos para los que no hay refacciones por provenir de países lejanos, será éste también quien tenga

que gastar mucha electricidad para iluminar espacios mal orientados que no reciben luz natural o emplear equipos de acondicionamiento térmico, al igual que la ventilación, hay que colocar ventiladores o extractores en baños y otras habitaciones porque no se pensó en usar las naturales, porque el arquitecto consideró que la estética es primero y en esta filosofía, los baños y cuartos de servicio se esconden.

La culpa es del habitante quien quiere bañarse con agua caliente, conservar sus alimentos refrigerados, sus pertenencias libres de humedad y parásitos, no del arquitecto quien sólo se ocupó de distribuir espacios. Es más, el arquitecto aparece como un superhéroe proponiendo sus ecotecnias, bajo la promesa de que el habitante ahora sí contaminará menos (la realidad es que no dejará de contaminar), le va a costar una importante suma que con los años se irá amortizando y sobre todo, lo liberará del cargo de conciencia que venía cargando consigo.

Todo lo anteriormente expuesto en este documento me lleva a dos grandes conclusiones: una de ellas es que la economía como disciplina y actividad no ha entendido lo que significa la sostenibilidad y por lo tanto, o la dejamos fuera del término sostenible (lo cual sería imposible) o dejamos de llamar a la arquitectura y al diseño "sostenibles". Optando por lo segundo, llego a la segunda conclusión importante de este trabajo: me queda claro que el término que he manejado desde el inicio de mi investigación, es el más apropiado para definir el diseño basado en la naturaleza, diseño que no trae muerte ni destrucción, sino que está entonado con la naturaleza, que seguirá dotando de recursos a los hombres siempre y cuando no nos pasemos de los límites que el planeta puede soportar (muchos de nosotros ya rebasamos esos límites). Me refiero al término bio-lógico y considero que se refiere a una nueva forma de ver los ciclos de los productos, desde un edificio hasta una pluma atómica y que es un modo de pensar las cosas de manera cíclica, respetuosa, digna y con los recursos de que disponemos.

ANEXO 1 TERMINOLOGÍA.

Para esta investigación considero importante definir claramente de los términos relacionados, por ello, mencionaré con los más importantes:

– GREEN DESIGN.

Madge comenta en sus investigaciones que en los años 60's comenzaron a surgir diversos grupos ambientalistas sobre todo en los países industrializados, que fueron expandiendo sus ideas por el orbe. En 1986 hubo la primer exposición llamada "The Green Designer" organizada por el Design Council de Inglaterra, podríamos decir que por primera vez se ocupó el término "green" asociado con la ecología.

Hubo varias iniciativas con intenciones de no dañar al medio ambiente, pero se centraban principalmente en el desempeño de los objetos diseñados, o en el empleo de materiales reciclados, perdiendo el resto del panorama de la "vida del objeto". Con el paso del tiempo, en la década de los 80's, el "Green Design" acabó por ser equivalente a un diseño que no producía residuos (Chambouleyron & Pattini, 2004).

La falta de información respecto a lo que era ese "valor verde" causó una mala evaluación de los objetos de diseño, ya que se podía haber empleado plástico reciclable para su elaboración, pero tarde que temprano traería otras consecuencias fatales para el medio ambiente en otra etapa de su "vida". El término "green" se comenzó a hacer popular, encontramos productos verdes, envases verdes, casas, consumidores y hasta políticos verdes (Madge, Design, Ecology, Technology: A Historiographical Review, 1993).

En la arquitectura se acuñó el término "Green building", con similares características, dando a entender que se trata de edificaciones que no afectan al medio ambiente, ya sea en su construcción o en su funcionamiento. De lo que se trata es de reducir el impacto ambiental de los edificios. Pero caen en la misma omisión que los diseñadores industriales, ya que pierden de vista el daño que puede hacer una edificación por los materiales de los que está hecho, la producción y transporte de los mismos y de lo que se hará con ellos después de su vida útil.

No quiero decir con ello que el "green building" sea malo, sólo que está incompleto.

Se publicó en 1988 "The Green Consumer Guide", que invitaba a las personas a no dejarse llevar por productos tendenciosos que no eran ecológicos, se analizaban los procesos de impacto individuales, pero no los que tenían que ver con la vida entera del objeto, el "Cradle to Cradle" que se abordó años después con el eco-diseño.

– GREEN PEACE.

En 1970 se fundó Greenpeace. Esta asociación no gubernamental se ha preocupado por hallar alternativas para mejorar la vida en todas sus manifestaciones. En cuanto a la producción se refiere, buscaron materiales alternativos, con procesos ahorradores de energía.

– ECODISEÑO.

El término de "Ecodiseño" surge en la década de los 90's. Es definido según Ursula Tishner como "el diseño de productos que minimiza el consumo de recursos y energía y maximiza los beneficios para los usuarios durante todo su ciclo de vida desde la fase primaria de concepción del producto" (Tishner, 2002). Sin embargo, en Europa, específicamente en Holanda se comienza a ver el objeto de diseño como un participante de un ciclo, su "ciclo de vida". Países como Australia y Estados Unidos comienzan a cambiar su visión hacia un diseño fuertemente enfocado al control de emisiones y residuos contaminantes en todas sus etapas. Según el Dr. J. C. Van Weenen, del Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics de la Universidad de Ámsterdam, esta visión fracasó por poner todo el foco de atención en el producto, su disposición final y el reuso de sus materiales y no en la optimización de los procesos (Van Weenen, 1995).

El Ecodiseño se dividió posteriormente en dos corrientes: "ecocéntrica" y "tecnocéntrica", según Timothy O'Riordan (O'Riordan, 1976). La corriente ecocéntrica se fundamentó en la "bioética" y el respeto profundo a la naturaleza. La corriente tecnocéntrica, por su lado, pone toda su confianza en que el conocimiento y la ciencia humanos tendrán la capacidad de garantizar el bienestar de las generaciones futuras.

Por supuesto que la mercadotecnia no se hizo esperar y tomó partido hacia esta última corriente, dado que es la que le permitió fomentar el creciente consumismo, contraria al ecocentrismo que abogaba por consumir menos, a que las cosas duraran más, no consumir productos superficiales, etc. Pero el término Ecodiseño siguió adelante ganando lugar en el mundo del diseño, sobre todo, cuando la Ecological Design Association lanzó un Journal llamado precisamente Ecodiseño, en 1989. Lo definieron como: "el diseño de materiales y productos, proyectos y sistemas de entornos de comunidades que sean amigables con las especies vivas y la ecología planetaria" (EDA, 1990).

El nuevo concepto de ecodiseño cuestiona su propia raíz, dado que no está claro todavía si la ecología es una filosofía o una ciencia y sin embargo, se atreve a plantear que la ecología, lejos de ser una idea de que la naturaleza se encuentra en un balance perfecto, está supeditada al caos y al desorden, a la complejidad. Ha revolucionado la idea de que la naturaleza es un ente pacífico, para ubicarla como un sistema impredecible, dinámico, evolutivo y adaptable. El ecodiseño tuvo una visión más

amplia, analizando en un objeto, la proveniencia y transporte de su materia prima, su fabricación, manufactura y uso y finalmente, la disposición final al término de su vida útil.

– ECOTECNIA.

La ecotecnia en arquitectura se define como una determinada técnica o tecnología que puede ser utilizada para dotar a las edificaciones de mejores condiciones para su habitabilidad, para sustituir equipos o reducir los equipos contaminantes. Con ella se aprovechan recursos naturales tales como la radiación solar, el viento y las aguas de lluvia, por ejemplo. Se dice que las ecotecnias deben reducir su propia huella ecológica, donde no se le da importancia al equipamiento en sí mismo, sino a que con él se dañe al ambiente menos que con los equipos tradicionales. Por ello, creo que es una más de las definiciones necesarias en esta investigación y que también es incompleta, ya que contaminar menos no significa no contaminar, aunque sea menos mal.

– SUSTENTABLE Y SOSTENIBLE.

Hay todo un debate acerca de la utilización de éstos dos términos, ya que ambos se utilizan para lo mismo, aunque significan cosas diferentes. Según la Real Academia Española, SUSTENTABLE se refiere a cualquier cosa que puede ser defendida, puede referirse a una postura o una ideología, no necesariamente verdadera.

El término "SUSTENTABLE", sin embargo, ha tomado otra connotación, dado que se le relaciona también con "SUSTENTO", que se define por la Real Academia Española de la lengua como "Mantenimiento, alimento. Aquello que sirve para dar vigor y permanencia. Sostén o apoyo". Desde esta perspectiva también es equiparable a algunos criterios sostenibles, por ejemplo, lo relacionado con la "permanencia". Este término es mayormente empleado en México y algunos países de Latinoamérica.

Por otro lado, SOSTENIBLE se refiere a un proceso que se mantiene por sí solo.

El término DESARROLLO SOSTENIBLE se utilizó por primera vez en 1987 en el documento de las Naciones Unidas "Our Common Future" (Nuestro futuro común), producido por el Comité de Brundtland para el ambiente y el desarrollo (Brundtland, 1988). La palabra "SUSTAINABLE" ha sido empleada en países de habla inglesa y su traducción al español "sostenible" es mayormente empleada en España.

Al desarrollo sostenible se le define como aquel "que satisface las necesidades del presente sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". La Sostenibilidad, para ser congruente y total, tiene que satisfacer tres complejas áreas: ecológica, económica y social, no es suficiente cubrir sólo un área, ya que se complementan.

En el entendido de que en nuestro país el término sustentable se refiere a “sostenible”, se ha definido como el diseño sustentable a aquél que no comprometa económica, ecológica ni socialmente a las generaciones futuras por las acciones que se están tomando en nuestros tiempos. Esta definición abarca tanto el diseño de objetos de uso cotidiano, como el diseño de edificaciones o ciudades enteras, infraestructura y transporte.

Al término sustentable le está sucediendo lo mismo que al de “verde”. Es un término de moda que significa todo y a la vez nada claro. La sustentabilidad está mal entendida en nuestros días, ya que es confundido frecuentemente con diseño ecológico, con diseño tecnocéntrico o con diseño que ahorre energía.

Se dice que la denominación “sostenible” es la más completa, ya que abarca aspectos sociales y éticos en sus propuestas. Con esta visión, el punto focal son las necesidades de los seres humanos de una manera holística, no sólo de lo que sucede con el producto en sí mismo y en contacto con el usuario, sino lo que sucede desde la destrucción de ecosistemas por la extracción de una materia prima y lo que sucederá después en los tiraderos a cielo abierto a donde probablemente irán a parar.

No puedo dejar de mencionar el protocolo de Kioto, que propone seis puntos a tratar por parte de los profesionales del diseño:

1. Calidad de vida.
2. Uso eficiente de recursos naturales.
3. Protección de los intereses globales.
4. Manejo de asentamientos humanos.
5. Uso de químicos y manejo de desperdicio humano e industrial.
6. Promoción de un crecimiento económico sostenible en una escala global.

– **BIOLOGÍA, BIÓNICA, BIOMÍMICA, BIOMIMETISMO,
BIOMIMESIS, BIOMIMÉTICA...**

Ahora bien, esta investigación se centra en el respeto a los principios biológicos y evolutivos de la naturaleza. Existen diferentes términos y diferentes definiciones para cada uno de ellos, por lo cual también veo necesario definirlos según la Real Academia de la Lengua Española:

BIOLOGÍA se define como: “Ciencia que trata de los seres vivos. Parte de la **biología** que estudia los seres vivientes y los fenómenos vitales con arreglo a las propiedades de su estructura molecular (Real Academia Española, 2001).

De esta ciencia se han derivado algunas otras, que tienen cosas en común y que incluso algunos científicos han empleado para definir su trabajo, las principales son: **BIÓNICA** “Aplicación del estudio de los fenómenos biológicos a la técnica de los sistemas electrónicos” (Real Academia Española, 2001).

BIOMÍMICA: BIO – “vida” + MÍMICA: “Expresión de pensamientos, sentimientos o acciones por medio de gestos o ademanes” (Real Academia Española, 2001).
BIOMIMETISMO: BIO – “vida” + MIMETISMO: “Propiedad que poseen algunos animales y plantas de asemejarse a otros seres de su entorno” (Real Academia Española, 2001). Este término fue creado por Otto H. Schmitt en 1969 (Knight, 2009).
BIOMIMESIS: BIO – “vida” + MIMESIS: “En la estética clásica, imitación de la naturaleza que como finalidad esencial tiene el arte” (Real Academia Española, 2001).
BIOMIMÉTICA: No se encuentra en el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española, otros diccionarios electrónicos como Wikipedia la clasifican como sinónimo de Biomimesis o Biomimetismo (Wikipedia, 2011).

La palabra “Biónica” es una palabra compuesta por: ΒΙΩ – “vida” + ΠΙΚΛ que parece corresponder a la terminación de la palabra “técnica” o “electrónica”, el hecho es que ha extrapolado la definición que nos da la Real Academia Española de la Lengua, ya que las aplicaciones de sistemas biológicos se realizan ya en muchas disciplinas, además de la electrónica. Sin embargo, si analizamos sus objetivos, la biónica, por ejemplo, trata de sustituir sistemas orgánicos por sistemas artificiales que realicen las mismas funciones que los naturales. Así, encontramos, por ejemplo, prótesis de extremidades humanas, oculares, dentales, etc. que actúan como las que alguna persona pudo haber tenido en algún momento de su vida y perdió, incluso se habla de prótesis que son mejores que las originales, dado que pueden realizar más o mejores funciones, por ejemplo: hay prótesis de codos que permiten que la extremidad se doble hacia atrás más que lo que el codo humano lo hace normalmente, esto les da algunas ventajas a los usuarios de estas prótesis, les hace, de alguna manera, ser más flexibles. También encontramos máquinas, artefactos y demás objetos que emulan las funciones observadas en el entorno natural.

La Biónica nació, de acuerdo con algunos autores, desde que el hombre ha tenido la capacidad de observar e imitar a la naturaleza y emularla con lo que tenga a la mano. Sin embargo, en el sentido estricto, su término fue acuñado por Jack Steel de la fuerza aérea de los Estados Unidos en 1960, quien definió biónica como: “Ciencia de los sistemas cuyo funcionamiento ha sido copiado de sistemas naturales, o que presentan características específicas de sistemas naturales, o que les son análogos” (Vanden Broeck, 2000).

Por otro lado, el término de “Biomímica” se ha empleado, según mi apreciación como una mala traducción de “BIOMIMICRY”, cuya correcta traducción es “Biomimetismo”.

Biomimetismo (Biomimicry) surgió como concepto en 1988, cuando Edward Goldsmith lo propuso en un artículo de la revista “the Ecologist” (Goldsmith, 1988).

Sin embargo, en 1997, Janine Benyus lo publicó en su libro homónimo adjudicándose la creación del término. En esencia, es muy similar a la biónica, parte de la observación y la aplicación de principios naturales a todos los sistemas creados por los seres humanos,

alineado con el desarrollo sostenible, que nos lleve a la preservación de la vida, pero incorpora la parte sostenible al proceso, para aclarar esto me sirvo de un ejemplo: si un diseñador de prótesis proyectara una pierna humana basado en la biónica, la haría de manera que su funcionamiento imitara lo más perfectamente posible a la original, también haría que su forma fuera similar a la original y hasta su peso sería adecuado, pero podría emplear materiales no necesariamente reciclables, los procesos de fabricación podrían ser altamente contaminantes y generadores de residuos peligrosos (en el peor de los casos) y sin embargo estaría apegado a los principios de la biónica y podríamos pensar que es un excelente objeto de diseño. Este es el elemento que se incorpora a la biónica, que la diferenció para generar el término de "biomimesis".

En palabras de esta autora:

"Biomimicry (de βίωσις, que significa vida y mimesis que significa imitar) es una nueva ciencia que estudia las mejores ideas de la naturaleza y después imita estos diseños y procesos para resolver problemas humanos" (Benyus, Biomimicry Institute, 2007).

Benyus expone su idea central: "que la naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto muchos de los problemas que nos esforzamos en resolver. Los animales, las plantas y los microbios son unos ingenieros consumados.

Ellos han encontrado lo que funciona, lo que es apropiado, lo que perdura en la Tierra. Esta es la novedad real de la biomimesis (biomimicry): tras 3.8 millones de años de búsqueda y desarrollo, los fallos son fósiles y lo que nos rodea es el secreto de la supervivencia.

La emulación consciente de la genialidad de la naturaleza es una estrategia de supervivencia para la raza humana, un camino hacia el futuro sostenible" (Benyus, 2007).

Por último, el término "Biomimetismo", en la biología se define como la capacidad que tienen los seres vivos de "mimetizarse", es decir, asemejarse a otro animal, al medio que los rodea con diferentes finalidades, es sin duda un mecanismo natural que ha procurado la preservación de diversas especies y nos sirve de ejemplo en el afán de imitar a la naturaleza y sus mecanismos.

En el planeta se han clasificado más de 1.7 millones de seres, algunos de ellos con costumbres peculiares, otros quizás no, pero con sistemas muy específicos o incluso órganos que tienen funciones especiales, por lo cual los ejemplos que podemos encontrar en la naturaleza podrían superar por mucho esa cifra.

Para los fines que persigo en esta investigación, he empleado los fundamentos de la biomimesis, ya que propone utilizar los principios que ocupa la naturaleza en sus diversísimas operaciones y que son, a grandes rasgos, los siguientes:

- Preservar la vida.
- Integrar procesos cíclicos.
- Mantener un equilibrio dinámico.
- Usar materiales amigables con la vida.
- Optimizar más que maximizar.
- Recurrir más a la forma que al material.
- Hacer que la forma cumpla la función.
- Usar diseños multifuncionales.
- Construir con bloques simples y comunes.
- Reciclar todos sus materiales.
- Diversificar, descentrar, distribuir.
- Adaptar y evolucionar.
- Ser oportunista, ingenioso e innovador.
- Usar manufactura benigna.
- Usar química base agua.
- Comunicar: emisor y receptor en el mismo canal.

– ECOLOGÍA INDUSTRIAL.

La ecología industrial sugiere que las actividades industriales, incluyendo la de la construcción, se manejen como lo hacen los ecosistemas, sus principios, su dinámica.

Es uno más de los adverbios asociados con el “prefijo” ecología, mostrando una visión con tendencias hacia lo natural, tratando de imitar, al interior de la industria, un ecosistema. Se supone que la energía empleada en los procesos de producción debe ser tan poca, que el ecosistema pueda remplazarlo, al igual que los materiales extraídos (madera, roca, etc.), lo mismo aplica para los residuos generados, el medio ambiente debería ser capaz de asimilarlos en un periodo igual al que se generaron, o lo más cercano a ello, tiene una fuerte tendencia hacia la desmaterialización.

– CRADLE TO CRADLE (C2C).

La corriente de diseño “Cradle to Cradle”, está fundamentada en la idea de que todo lo que poseemos debería ser capaz de ser reciclado para producir otro bien, ya sea reciclado, rehecho o enterrado en el suelo para compostarse. El químico Michael Braungart y el arquitecto William McDonough escribieron un libro en el que tratan de establecer guías para lograr su objetivo (McDonough & Braungart, 2002).

Cambian el paradigma de ser “ecoeficientes” (hacer más con menos) a ser “ecoefectivos” (hacer lo correcto para ser 100% bueno). En esta ideología, no importaría la inmensa cantidad de desechos de productos chatarra que tal vez “rencarnarían” en otros similares, igualmente inútiles, con el consecuente gasto energético que podrían traer consigo, siempre y cuando nos aseguremos de que sean

cíclicos. Ellos aseguran que así es como lo hace la naturaleza y dividen los residuos en dos: los orgánicos y los tecnológicos.

Varias empresas se han unido a C2C, siguiendo sus lineamientos y consiguiendo una certificación voluntaria.

– **PERMACULTURA.**

La permacultura es una corriente concebida por Bill Morrison y David Holmgren, quienes realizan un experimento masivo con una sociedad basada en principios ecológicos, ética al trabajar con la naturaleza en los sistemas constructivos para asegurar la existencia humana. Nació en 1970 en Australia, intentando que las personas conocieran los límites de sus recursos naturales y los aprovecharan al máximo, así como renovarlos para las necesidades futuras.

– **BAUBIOLOGÍA.**

En Alemania, se conoce como Baubiologie (biología de la construcción) al movimiento que trata de regresar a las construcciones a los materiales naturales, ellos argumentan que los materiales sintéticos dañan nuestra salud y hasta las relaciones interpersonales. Comparan las casas con organismos vivos y tratan de que, al igual que un ser vivo, la casa respire, sude, proteja, regule su temperatura y se comunique.

Para ello han reintroducido materiales que se usaban en la antigüedad, como la madera, cal, adobe, argamasa (cal, arena y agua), fibras vegetales, algunos con mejoras técnicas que se han encontrado en recientes investigaciones.

También promueven los sistemas pasivos de ahorro de energía como se hacía en la antigüedad, como los hornos de baldosas.

ANEXO 2 CICLOS EN LA NATURALEZA.

Dada su importancia, describo de manera breve algunos de los procesos cíclicos que encontramos en la naturaleza, algunos de ellos básicos y que es necesario comprender para tener una visión global y nos ayudarán a tomar decisiones más responsables en cuanto al uso de materiales que pueden romper con estos ciclos. Sólo abarco los cuatro que me han parecido más importantes, que son el agua, el oxígeno, el carbono y el nitrógeno, aunque el hidrógeno y muchos otros elementos también son indispensables para la vida, pero no tan representativos para el diseño, desde mi punto de vista. En cualquier caso, se trata de que el diseñador adquiera una visión cíclica de sus creaciones. Comienzo explicando el ciclo del agua.

– CICLO DEL AGUA.

El agua es un elemento directamente relacionado con la vida en este planeta. La vida surgió en el agua, se desarrolló en ella, algunos seres salieron de ese medio para caminar por la superficie del planeta, pero nunca pudieron independizarse de ella, la necesitaron para subsistir, es un líquido imprescindible con un gran significado para todos los seres vivos. Una molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, conectados a otras moléculas por enlaces de hidrógeno, una fuerza eléctrica que las mantiene unidas.

El ciclo del agua, tal como lo conocemos es un proceso de cambio de estado físico del agua, que va del sólido al líquido y al gaseoso en cualquier orden. El agua en estado sólido recibe el nombre de hielo, en estado gaseoso se le llama vapor. Dependiendo del lugar en el que se encuentre y sobre todo de la temperatura, cambiará de estado. Por las características del planeta, encontramos la mayor parte de hielo en los polos y la mayor parte de vapor en el aire, sobre todo en las capas altas, donde las moléculas de agua se expanden y se enfrían, sin embargo, al verse estas afectadas por las bajas temperaturas del aire de los estratos superiores, se condensa y se precipita en forma de líquido. De hecho éste es el estado en el que predomina el agua en esta era.

En una nube, encontramos el agua en cualquiera de sus tres estados, ya que en esas zonas las temperaturas bajas hacen que los enlaces de hidrógeno que las mantenían unidas se cambien, desprendiendo o absorbiendo energía. Es tal la cantidad de energía que se intercambia, que se pueden producir vientos o tormentas desde la nube. Las moléculas de agua se hallan separadas y frías, formando pequeñas partículas de ramificaciones hexagonales que van adhiriendo otras moléculas más y forman copos de nieve, que al adquirir cierto tamaño, por gravedad caerán sobre la superficie terrestre.

En otros días no tan fríos, las moléculas de agua, separadas y frías, pueden chocar con cristales de hielo que crezcan en la nube y se unan para formar hielo. La mayoría de los aguaceros comienzan con hielo (granizo) que cae de la nube al aumentar su peso al irsele adhiriendo más y más moléculas de agua. Sin embargo, al caer, el mismo aire

caliente derrite el hielo y vuelve a activar los enlaces de hidrógeno compactando las moléculas que ahora adquieren un estado líquido y se precipitan como gotas.

El agua tiene diferentes destinos dependiendo del lugar en que caiga, después de nutrir suelos, puede llenar mantos freáticos, o correr por arroyos y ríos para llegar a depositarse en océanos y lagos e incluso ríos o depósitos subterráneos, glaciares e icebergs, que concentran el agua de lluvia, elemento indispensable para la vida en el planeta. De ahí el calor de los rayos del sol la evaporará para volverse a integrar a una nube.

Así de simple. Y así de vital. Todas las criaturas del planeta dependemos del agua, forma parte de nuestra estructura, de nuestros tejidos, de nuestros órganos, además de que nos nutre y purifica.

– CICLO DEL CARBONO.

El carbono es un elemento químico que está presente en todas las moléculas orgánicas, es decir, todos los seres vivos conocidos lo contienen ya sea en carbohidratos, proteínas, lípidos, etc. Los ácidos nucleicos también los contienen; forma la estructura, bioquímica y contribuye a la nutrición de todas las células vivas. En la biósfera se le puede encontrar de manera amorfa o cristalina, encontrándolo en un tejido de piel o hasta en un diamante, pasando por las más diversas presentaciones sólidas, gaseosas, viscosas, etc.

Existen básicamente dos formas de carbono: orgánica (presente en los organismos vivos y muertos, y en los descompuestos) e inorgánica, presente en las rocas.

En el aire lo encontramos como bióxido de carbono, en el agua como bicarbonato e ion carbonato y en la tierra como rocas, carbón o petróleo.

El ciclo del carbono se lleva a cabo de los océanos al aire, a la superficie terrestre y al subsuelo. Sigue dos ciclos: el lento o geológico y el rápido o biológico.

Su ciclo es un poco más complejo que el del agua: las plantas y otros seres vivos lo absorben del aire y lo fijan en sus tejidos, realizándose esta actividad mayormente durante el día. Ahí el carbono puede permanecer cientos de años. Algunos seres vivos llamados organismos mayores consumen a las plantas y a los otros seres y también incorporan el carbono a sus organismos, que lo devuelven a la atmósfera a través de la respiración, o a la tierra en forma de desechos orgánicos de excremento o putrefacción. Estos desechos forman rocas carbonatadas, las cuales forman más del 99% del carbono existente en la tierra. El restante 1% lo integran los combustibles fósiles, que son materia orgánica no totalmente descompuesta por la falta de oxígeno (ciclodelcarbono.com, s.f.).

A través de la actividad volcánica el carbono vuelve a la atmósfera, para iniciar un nuevo ciclo. También el ser humano extrae combustibles fósiles y libera una gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera, más de la que deseáramos.

Se estima que cada 20 años se renueva el carbono atmosférico en el planeta. Sin embargo, el planeta tiene capacidad limitada para llevar a cabo este ciclo. Con la intervención humana este proceso ya no se concreta en ese tiempo, ahora se necesitan más años. Con la industrialización se desprende cada vez más bióxido de carbono a la atmósfera y la capacidad de fijarlo en el subsuelo no es tan rápida como su liberación en el aire. Esto ha contribuido a causar el efecto invernadero y, por consecuencia, cambios climáticos.

El mayor cambio entre el carbono de tierra y aire se lleva a cabo a través de los procesos de fotosíntesis y respiración y es un intercambio lento, sobre todo en invierno o en los desiertos, ya que dependen del calor y la humedad. El aire y el agua intercambian carbono mediante procesos químicos que dependen de la temperatura del océano, siendo las temperaturas bajas las que favorecen una mayor absorción del carbono y las altas, las que provocan un desprendimiento del mismo. La vida en los océanos requiere de bióxido de carbono, pero es todavía más lento su intercambio que en la superficie del planeta.

Los incendios forestales (naturales) también contribuyen a aumentar el bióxido de carbono en la atmósfera, al consumir materia orgánica y dejar cenizas.

El carbono depositado en la litósfera asciende a 20,000 Giga toneladas, en la atmósfera 750 y en el agua 36,000. La atmósfera es el almacén más pequeño pero a la vez más sensible de carbono en el planeta. Los océanos contienen el carbono en forma de ion carbonato, que se intercambia con la atmósfera, regulando el PH del océano. De la atmósfera al océano, el bióxido de carbono reacciona con el agua formando ácido carbónico (H_2CO_3), que se puede descomponer en 2 iones de hidrógeno y bicarbonato (ciclodelcarbono.com, s.f.).

El bicarbonato puede a su vez reaccionar con calcio y formar piedra caliza que se deposita en el fondo del mar. El calcio se encuentra ligado al silicio, que al verse liberado, se combina con oxígeno para formar arena o cuarzo.

Las actividades humanas han venido a influenciar en este ciclo, ya que estamos liberando más carbono a la atmósfera de la que la tierra es capaz de fijar en sus mares o en la tierra.

Es por eso que se vuelve tan importante conservar los espacios de vegetación que pueden capturar el carbono de la atmósfera y fijarlo en el suelo, muy especialmente, hay que protegerlos de los incendios.

Hay algunas iniciativas que tratan de seguir con el ciclo de éste importante elemento, el ecolaboratorio del diario "El País", presentó recientemente un artículo en el que destaca la presentación de un libro titulado "El CO₂ como recurso", donde se sostiene que captar el CO₂ del aire y utilizarlo en algunos procesos industriales, resulta más barato que extraerlo del petróleo, además de que, de alguna manera, se estaría "purificando el aire". El gas tiene un sinnúmero de propiedades: es incoloro, inodoro, ligeramente ácido y no flamable, por lo que sus aplicaciones en la industria de alimentos es amplia (Álvarez, Ecolaboratorio, 2011).

La biomimesis va un poco más allá: siguiendo el principio natural del ciclo del carbono, el Dr. Geoff Coates, de la Universidad de Cornell ha propuesto crear plástico con bióxido de carbono. Ha creado un catalizador a base de Zinc para superar los problemas de la estabilidad del elemento, creando un plástico biodegradable, tal como lo hace la naturaleza (MIT, s.f.).

Se ha buscado, de la misma forma, reducir el CO₂ que se encuentra en el aire capturándolo e inyectándolo en la tierra. A estos sistemas se les conoce como CCAC (sistemas de captura y almacenamiento de CO₂). Los lugares ideales para ello son los yacimientos donde una vez hubo CO₂ en grandes cantidades, como los de petróleo o gas natural.

Las grandes plantas que emplean altas cantidades de energía para calentar los materiales para su fundición, son productores candidatos para implementar la captura del CO₂. No es un proceso Bio-lógico, ya que para captar el CO₂, se produce otro tanto (de un 10 a un 40%) y sólo se capta de un 80 a un 90%.

La carbonatación mineral es otro método para fijar en CO₂. Se le hace reaccionar con óxidos metálicos como el óxido de magnesio (MgO) o el óxido de calcio (CaO) o con escoria y cenizas de acero inoxidable y produce carbonatos inorgánicos estables. La principal desventaja es que es un proceso lento.

El bióxido de carbono producido por el ser humano que se queda en la atmósfera representó en los años 90 6.3 GT. Puede deberse a varios factores: aumento en la producción de gases invernadero, quemas forestales, etc., pero también influye que con la deforestación creciente los árboles sobrevivientes no fijan las cantidades de CO₂ en la tierra como en años anteriores (Ciclo del carbono, s.f.).

– CICLO DEL OXÍGENO.

El oxígeno es el componente del aire que permite la vida a miles de seres en la superficie del planeta y en sus océanos, dado que alimenta el proceso de respiración aeróbica, la cual dota de energía a los organismos, entre otras cosas.

El ciclo del oxígeno podríamos decir que comienza en el aire, en donde se encuentra en altas cantidades; casi una quinta parte de la atmósfera está compuesta de oxígeno. En la superficie del planeta lo encontramos en silicatos y en los océanos como moléculas de agua, H_2O .

Como sabemos, en el proceso de fotosíntesis (del griego antiguo φωτο "foto, luz" y συντεσις "síntesis, unión"), las plantas verdes, que contienen en sus hojas cloroplastos, que son los órganos responsables del proceso, realizan la unión de materia orgánica con inorgánica, con ayuda de la luz del sol. En los mares son las algas las plantas que realizan el proceso de fotosíntesis. En total, dentro y fuera del agua estos seres fijan cerca de 100,000 millones de toneladas de carbono en la tierra al año.

Los vegetales así satisfacen su alimentación, captan el bióxido de carbono de la atmósfera o el agua y producen oxígeno y glucosa, con ayuda de la energía luminosa. El oxígeno se libera en el aire en forma de gas, donde los organismos aerobios lo vuelven a consumir o bien, los procesos de oxidación y combustión producen de nuevo el bióxido de carbono. La glucosa es el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza. Las plantas la ocupan para formar sus estructuras, como la celulosa o como polímeros de almacenamiento energético como el almidón; todas las frutas la contienen y alimentan a otros seres que son incapaces de producirla. La glucosa es la principal fuente de energía en los organismos, combinada con el oxígeno de la respiración.

Parte del oxígeno que entra en la cadena respiratoria de los seres vivos reacciona con la glucosa, otra parte se queda en el agua del cuerpo (lágrimas, sudor, orina), que son eliminados por los seres vivos.

Es así, que el oxígeno también forma parte de un ciclo de vida.

También encontramos oxígeno en forma de ozono. El ozono es un compuesto formado por tres átomos de oxígeno, que se mantienen unidos gracias a la acción de la luz ultravioleta que irradia en los estratos superiores de la atmósfera (estratósfera), desde donde forma una barrera para estos rayos impidiéndoles su paso a la superficie terrestre y así impedirles calentar más el planeta. Con temperaturas superiores a los $100^{\circ}C$ el ozono se descompone nuevamente en oxígeno, por lo cual la delgada capa de ozono tiene muchas fluctuaciones durante el día, incluso las autoridades de algunas ciudades recomiendan no exponerse a los rayos solares en ciertas horas del día (las más cálidas). Es así, que podemos observar cómo en la naturaleza se mantiene un equilibrio dinámico, donde se propicia la vida, en el que todos los elementos están regidos por ciclos y cumplen un papel muy importante para el desarrollo de otros seres vivos u otros procesos.

Es muy diferente a como lo vemos los seres humanos, quienes pensamos resolver los problemas a los que nos enfrentamos en el día a día y tal vez pensamos en lo que les estamos legando a nuestros hijos y nietos. Lo que suceda después ya no nos preocupa

ni lo vemos como una responsabilidad o consecuencia de cómo estamos actuando ahora.

Ese es el punto más importante de los principios de sostenibilidad, que nos hacen concientizar y responsabilizarnos de las consecuencias de nuestros actos u omisiones del presente.

– CICLO DEL NITRÓGENO.

El nitrógeno es un elemento químico que sufre transformaciones biológicas, químicas y físicas, podríamos decir que algunas bacterias son las que “inician” el ciclo, rompiendo sus enlaces y haciendo que otros seres vivos podamos incorporarlos a nuestros organismos. Las plantas, donde viven estas bacterias, fijan el nitrógeno en forma de aminoácidos, y proteínas vegetales que son consumidas por animales herbívoros, quienes a su vez serán alimento de los carnívoros. Ya sea por los desechos de los animales y plantas o por la descomposición de sus cuerpos, el nitrógeno vuelve al suelo o al aire, de donde las bacterias lo toman de nuevo.

El nitrógeno es el elemento más abundante en el aire (78%), pero el que entra en el ciclo es el que se encuentra en la tierra, como ya se explicó.

A pesar de que parece sencillo, el ciclo se puede romper fácilmente. Los actuales fertilizantes contienen nitrógeno que en ocasiones, si se rebasa cierto límite, provoca contaminación en el agua, conocida como eutroficación.

Pero más importante aún es la actividad humana que puede interrumpir el ciclo del nitrógeno:

«La contaminación atmosférica fertiliza los bosques con uno de los nutrientes más importantes para el crecimiento», afirmó S. Joseph Wright del Instituto Smithsonian de Investigación Tropical en Panamá. «Comparamos el nitrógeno que contenían hojas de especímenes secos recogidas en 1968 con el de muestras de hojas de 2007. La concentración de nitrógeno foliar y la proporción de isótopos de nitrógeno tanto pesados como ligeros ha aumentado en los últimos 40 años del mismo modo a como lo hicieron en un experimento anterior en el que se abonó el suelo del bosque.» (CORDIS, 2014)

Otra forma de romper el ciclo es liberando más nitrógeno del necesario al aire y esto se da en muchos procesos industriales que queman combustibles fósiles, desde un motor de gasolina, hasta hornos y plantas generadoras de electricidad, por citar algunas.

ANEXO 3 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS MATERIALES.

Se ha mencionado que los materiales en la naturaleza deberían seguir ciclos. A continuación aclaro algunos términos y procesos que estos materiales pueden seguir, para bien o para mal.

– BIODEGRADABLE .

La biodegradabilidad es una de las claves para suscitar lo cíclico. Todo aquello que se degrade pasará a formar otra cosa con una nueva determinada función.

La biodegradación requiere de cierto tiempo para llevarse a cabo, la naturaleza por sí misma biodegrada materiales orgánicos y también algunos contaminantes que se producen algunos de manera natural y la mayoría artificialmente, conocidos como desechos orgánicos urbanos, partículas suspendidas, etc.

La Biodegradación es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos. En principio, todo compuesto sintetizado biológicamente puede ser descompuesto biológicamente. La biodegradación es un proceso natural, ventajoso no sólo por permitir la eliminación de compuestos nocivos impidiendo su concentración, sino que además es indispensable para el reciclaje de los elementos en la biósfera, permitiendo la restitución de elementos esenciales en la formación y crecimiento de los organismos (carbohidratos, lípidos, proteínas). La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica). La primera es más completa y libera energía, dióxido de carbono y agua, es la de mayor rendimiento energético. Los procesos anaeróbicos son oxidaciones incompletas y liberan menor energía.

El origen de la materia orgánica que se encuentra en una masa de agua puede ser autóctono o alóctono. El primero consiste en cadáveres de organismos, mudas, excreciones, productos de la senescencia y muerte de plantas acuáticas, secreciones de algas y plantas acuáticas. En las aguas dulces, frecuentemente la materia orgánica proviene de fuentes alóctonas o litorales, transportadas hasta el cuerpo de agua por acción del viento o por la escorrentía y consiste fundamentalmente en hojas, ramas, frutos, polen y materia orgánica disuelta de muy diversos orígenes (fertilizantes, aguas residuales, etc.).

Por el contrario, son volcados al medio ambiente compuestos que no pueden ser degradados por los organismos, ya que estos no poseen la batería enzimática capaz de hacerlo, son los compuestos no biodegradables (metales pesados, plaguicidas, compuestos del petróleo). Estos compuestos se acumulan en los tejidos de reserva de los organismos, aumentando su concentración a medida que avanzamos en la red trófica hacia eslabones superiores. Distintos tóxicos actuando simultáneamente pueden atenuar (efecto antagónico) o contrariamente acentuar su efecto (efecto sinérgico) sobre los organismos afectados (Cabo).

En todo caso, el término biodegradable es relativo, pues casi todos los materiales son biodegradables, aunque algunos requieren de más tiempo que otros, los que más tiempo se llevan los consideramos contaminantes, pues no se integran de inmediato a otro ciclo, sino que permanecen en un estado en el que generalmente están mezclados con otros materiales en basureros o son arrojados en lugares abiertos donde ocupan un espacio e impiden la creación de microorganismos, dificultan la permeabilidad de la tierra, en fin, ocupan un lugar importante durante mucho tiempo y lo dejan por así decirlo, estéril.

Hay dos formas de biodegradación:

- **Anaeróbica (ausencia de oxígeno):** se da lugar en los tiraderos de basura, donde se generan materiales como lignina, fibras de celulosa y metano. Éste último es un gas que es 25 veces más perjudicial para la capa de ozono que el dióxido de carbono, por ello se debe tener alguna instalación para recolectarlo y producir energía, como el caso de la ciudad de Monterrey y algunos de sus municipios conurbados, donde el 45% del alumbrado público proviene del gas que libera la biodegradación anaeróbica recolectado en el relleno sanitario de Salinas Victoria. Con ello evitan enviar 200,000 toneladas de gas metano a la atmósfera al año, lo equivalente a retirar 150,000 vehículos de circulación (Macariohg, 2010).
- **Aeróbica:** se lleva a cabo en cubos de compostaje, requiere de la presencia del oxígeno y se generan dióxido de carbono y composta. El compostaje sólo degrada materia orgánica, lo que lo ha convertido en un sistema que mucha gente realiza en casa, cuando cuentan con el espacio suficiente.

La mayoría de las personas vemos lo biodegradable como algo bueno, porque promueve la continuidad de la vida sin afectarla, pero eso sólo cuando se refiere a la materia orgánica, es decir al compostaje.

Muchos de los materiales empleados en la construcción tienen un tiempo determinado de vida, para darnos una idea, presento el siguiente listado donde aparecen algunos productos que encontramos comúnmente en los basureros de las ciudades:

- Anillas de plástico (de paquetes de latas de aluminio): 450 años
- Bolsas de plástico: 12 a 20 años.
- Botellas de vidrio: cerca de 4000 años.
- Calcetines hechos de lana: 1 a 5 años.
- Cáscaras de naranja: 6 meses.
- Cáscaras de plátano o de banana: 2 a 10 días.
- Cuerda: 3 a 14 meses.
- Envases de leche (Tetra PACK): 5 años.

- Estaca de madera: 2 a 3 años.
- Estaca de madera pintada: 12 a 15 años.
- Filtros de cigarrillo: 1 a 2 años.
- Hierro: 10,000 años.
- Papel: 2 a 5 meses.
- Pañuelos hechos de algodón: 1 a 5 meses.
- Telas de nylon: 30 a 40 años.
- Vasos de unicel de poliestireno o "Styrofoam": 1 a 100 cien años.
- Zapato de cuero: 25 a 40 años (Wikipedia, 2013)

– **DEGRADABLE.**

Aunque suena muy parecido a biodegradable, éste proceso se refiere sólo a la descomposición física de los materiales. Tomemos el ejemplo de las bolsas de plástico: una bolsa degradable es aquella a la que se han añadido unos aditivos que aceleran su desintegración física, esto significa que el plástico se fragmenta en partículas diminutas, lo que no significa que se integren a un nuevo ciclo, porque no pueden ser asimiladas por las plantas o por microorganismos, lo único es que no producen la erosión o el daño a animales y en general al ecosistema como lo produciría una bolsa de plástico entera (permanencia en el suelo, un animal que la quiera ingerir, etc.), aunque producen otros daños. Existen dos agentes capaces de provocar la degradación: la luz ultravioleta (fotodegradable) o el oxígeno (oxodegradable).

Fotodegradable.

Un elemento que participa activamente en procesos de degradación es la luz ultravioleta, que puede provenir de fuentes naturales (sol) o de lámparas especiales. Los materiales degradados por luz UV pierden resistencia y se fragmentan en partículas diminutas. Hay muchos barnices y pinturas en el mercado que son sensibles a este proceso. También muchos plásticos, y adhesivos se ven afectados. La luz UV tiene una energía superior a la de los enlaces de los polímeros, por lo que se rompen las cadenas moleculares.

Todos los plásticos de los envases comerciales (polietileno, PET, etc.) son fotodegradables por la naturaleza misma del polímero, cuyos enlaces se rompen porque la energía de la luz ultravioleta procedente de la luz solar es mayor que la energía de las uniones poliméricas y reduce su peso molecular afectando sus propiedades mecánicas. Como ejemplo práctico tenemos que una película de polietileno común con un espesor medio se degrada completamente (se desintegra) al estar sometida continuamente a la luz solar durante los meses de máxima radiación, primavera, verano y otoño. Cabe señalar que desde la década de los 70 existen patentes de aditivos que agregados al polietileno aceleran la fotodegradación considerablemente, reduciendo el período de degradación a sólo semanas de exposición al sol.

Oxodegradable.

La oxodegradación también es conocida como oxibiogradación. Es un proceso pensado para la degradación del plástico principalmente, incorporándole a éste unos aditivos químicos que rompen las uniones poliméricas. Surgió desde la década de los 80's, pensando en solucionar el problema que están causando los desechos plásticos mal dispuestos, que se arrojaban en reservas naturales y podían ser ingeridos por animales o erosionar suelos o bien, en la ciudad, donde podían tapar drenajes y causar inundaciones.

Los plásticos oxodegradables pueden iniciar su descomposición con la ayuda de rayos ultravioleta, calor o tensión mecánica. De ésta manera se reduce el peso molecular del polímero debido a la rotura de las cadenas moleculares quedando un remanente con suficientemente bajo peso molecular que sería susceptible de desarrollar un proceso de degradación con el tiempo (dzw, 2009).

Existen normas internacionales de biodegradación, sin embargo, no está probado que estos plásticos cumplan con ellas porque no se sabe con exactitud si los residuos que quedan después de la degradación tienen algún efecto en el medio ambiente.

Cuando los plásticos oxodegradables se mezclan con otros plásticos ambos se degradan, con lo que se imposibilita u obstaculiza el reciclaje de los plásticos.

La degradación por estos caminos suena bastante bien, pero el problema es que aún no hemos entendido lo importante de los ciclos: ¿cómo una bolsa de plástico de polietileno (derivado del petróleo) se incorporará a los suelos, al agua, al aire en pequeños pedacitos? ¿No será que va a ser más difícil recolectar pequeños pedazos de plástico en un bosque que una bolsa completa? es obvio que la foto- y la oxodegradación se pensaron para dejar los residuos en donde caigan, pero esa no es tampoco la solución, puesto que son elementos no orgánicos que la naturaleza tardaría en fijar al subsuelo, como ya se ha mencionado.

Estas tecnologías de degradación no son nuevas, tienen unas tres décadas de estarse practicando, pero siguen habiendo dudas respecto a lo que es correcto desde el punto de vista bio-lógico y lo pongo en este espacio para su reflexión: ¿es correcto que los materiales inorgánicos derivados del petróleo terminen su vida útil en un medio orgánico (tierra, agua, aire) causándoles daño durante su permanencia en ese lugar, donde no tienen otra función determinada y es por ello que contaminan, porque no se integran a ningún ciclo de manera inmediata?

Porque un ciclo no corresponde con otro. Los plásticos deben ser vueltos plásticos y lo que caiga en un bosque o acuífero debe ser capaz de integrarse al subsuelo o ser comido por alguien a quien no le haga daño el ingerirlo, ni erosione nada. No se ha comprobado todavía que los plásticos oxodegradables tengan efectos adversos a la

salud de animales o plantas, pero sin necesidad de ser biólogos podemos intuir que no son sanos para ellos.

Pongo un ejemplo: hay algunas especies de plantas o animales que han cruzado fronteras y se han instalado muy bien en algunas otras zonas donde no son originarias. El eucalipto, es un árbol que viene de Australia, donde pertenece a un ecosistema que está también regido por ciclos: en su tierra natal, existen animales que se alimentan de sus hojas y por lo tanto, éstas no caen en grandes cantidades al suelo. Los koalas, que gustan de las hojas de eucalipto, comen casi medio kilo de ellas en un día cada uno. El koala es un mamífero marsupial que puede, gracias a su lento metabolismo, eliminar las grandes cantidades de toxinas que contienen las hojas del eucalipto, sin que les haga daño, lo que no pueden hacer otros animales.

Prácticamente sólo el koala come hojas de eucalipto. Así, la hojarasca tóxica del eucalipto en países fuera de Australia, no es consumida por ninguna especie de animal y cae en grandes cantidades al suelo erosionando la tierra e impidiendo que los rayos del sol bañen toda la tierra que cubren las hojas secas. El eucalipto es un árbol que absorbe grandes cantidades de agua del subsuelo, misma que llega a sus ramas y hojas, es por eso que el koala come y bebe de la misma fuente. Los koalas no bajan prácticamente de las copas de los árboles. Son tan lentos que los depredadores los atraparían con mucha facilidad, así que con un árbol que les da de comer y beber, no necesitan pisar el suelo.

En México, los eucaliptos llegaron y el clima de algunas regiones, su humedad, su suelo le fueron favorables y crecieron y se reprodujeron abundantemente. A principios del siglo XX, el ingeniero Miguel Ángel de Quevedo los utilizó para "sanear" la capital del país, ya que al haber existido un lago, quedaban muchas zonas pantanosas que promovían la "insalubridad" debido a la descomposición orgánica de desechos. El eucalipto es un árbol que absorbe mucha agua del suelo, por lo que además de "componer" el suelo, sirvió para reforestar la ya muy deforestada Ciudad de México.

Pero en aquél tiempo no se pudieron prever los problemas que esta especie ocasionaría al ecosistema que existía al resecar un subsuelo antes lacustre, no se vio que su hojarasca no permitiría el crecimiento de más plantas a los pies del árbol y ni siquiera se vio, que su plaga, que también llegaría casi un siglo después a la Ciudad de México y que atacaría sólo en ésta ciudad a unos 9 millones de individuos, sería un gran problema, ya que el depredador de la plaga del eucalipto ha decidido, por el momento, quedarse en Australia.

Si siendo un material orgánico, causó problemas, no dudo que un material inorgánico genere problemas similares, cientos de bolsas de plástico o envases pueden evitar que el agua de lluvia permee en algunos terrenos haciéndolos estériles durante los años que le tome a la naturaleza desintegrarlas, pueden intoxicar animales, asfixiarlos, atraparlos... durante 400 años.



112 Koala

En todos los ecosistemas, aun los más extremos, encontramos una simbiosis de seres vivos de diferentes familias, tipos y tamaños, que codependen en muchas formas. Algunos seres necesitan la sombra o la humedad que les da el otro para sobrevivir a los climas calurosos de muchas horas de sol. En otros, seres vivos como las aves necesitan de los frutos de alguna planta que les de energía (glucosa) para volar y la planta necesita que en el excremento del ave se disperse su semilla para dar continuidad a la especie... pero nunca hemos visto que los seres vivos requieran pedacitos pequeños de polietileno de mediana o baja densidad en sus cadenas alimenticias. Y si los llegaran a ingerir, no creo que tuvieran buenas consecuencias. Con esto vemos que rompiendo una cadena del eslabón, se rompen los ciclos y se cae en una desestabilidad mayor, porque involucra a más y más organismos, lo que trae como consecuencia la extinción de especies y la erosión definitiva de muchas hectáreas que antes estaban vivas.

– COMPOSTABLE .

La materia orgánica capaz de descomponerse de manera controlada recibe el nombre de composta. El compostaje es el proceso de descomposición primaria a partir de residuos orgánicos producto de sobrantes de alimentos, basura de jardín y podas, principalmente.

Hay muchas empresas (restaurantes, procesadoras de alimentos, etc.) y algunos hogares que llevan a cabo estos procesos, en los que se producen bióxido de carbono, agua y calor, que son inofensivos para el ambiente. El calor generado (60°C) destruye bacterias patógenas y la composta resultante tiene un importante contenido de materia orgánica y nutriente, por lo que se les emplea como fertilizantes de jardines o huertos.

Si un proceso es compostable, significa que ese material se degrada biológicamente produciendo dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a la misma velocidad que el resto de materia orgánica que se está compostando con éste, sin dejar residuos tóxicos visibles o distinguibles.

Según Philippe Dewolfs, responsable del Departamento de Certificación de Vinçotte, empresa certificadora del sello belga "OK compost", "Un árbol es biodegradable, pero en sentido estricto de la norma no es compostable".

La biodegradabilidad se refiere a un proceso químico habitual en la naturaleza, mientras que la compostabilidad constituye un parámetro humano (compostadores, 2007).

– RECICLABLE .

El término reciclable se refiere a la capacidad de un material de volver a convertirse en "materia prima", es decir el "principio" de su transformación. La materia prima bruta pasó de ser un ente amorfo a algún objeto útil que con el paso del tiempo dejó de serlo, quizás se descompuso o se rompió o simplemente las necesidades de el o los usuarios

cambiaron y no lo necesitaron más, con lo cual sus materiales no desaparecieron, simplemente volvieron a ese amorfismo para volver a comenzar con el ciclo.

Desde este punto de vista, la madera no es reciclable, puesto que no se puede hacer madera de forma directa a partir de desperdicios de ésta.

Reciclables son los metales, que se pueden volver a fundir, el vidrio, los plásticos, pero hay que tomar en cuenta que para ello hay un consumo (que puede ser grande) de energía. Es decir, lo "reciclable" no es necesariamente ecológico, aunque es uno de los procesos que menos daño ocasiona al ambiente porque promueve los ciclos.

Sólo para citar un ejemplo, se reciclan sólo un 10% de las bolsas que salen de los comercios del mundo colgadas de las manos de los consumidores.

Ahora bien, reciclar nunca será mejor que reducir la cantidad de residuos, ni tampoco su reutilización. Cuando ya no hay otra salida, entonces vienen muchos procesos que se han desarrollado para hacer "algo" con los residuos.

Según el Ecolaboratorio del diario "El País", la WRAP (Waste Resources Action Programme) ha hecho investigaciones sobre el tema, las mejores prácticas entre la incineración para producir electricidad, el compostaje, la digestión anaeróbica, la pirolisis, el vertedero... emplearon el Análisis del Ciclo de Vida como metodología para concluir que es mejor reciclar que no hacerlo, pero hay sus salvedades. Por ejemplo:

El plástico, mejor que ser incinerado debería ser reciclado. Algunos piensan que un producto cierra su ciclo de reciclaje cuando de sus residuos se produce otro producto igual, pero los materiales reciclados suelen perder propiedades en el proceso.

Para el papel y el cartón, parece ser también la mejor opción el reciclaje (Álvarez, Ecolaboratorio, 2011).

Los textiles son un rubro poco investigado, aunque se ha visto que se le puede dar un uso para la remediación de suelos, aunque la mayoría terminan como aislamientos.

– HIDROSOLUBLE .

El término hidrosoluble se refiere a todo aquello que puede ser disuelto en agua.

Un material es hidrosoluble cuando tiene la capacidad de disolverse en el agua sin causar toxicidad. La mayoría de los plásticos no son hidrosolubles, de hecho los plásticos comunes son tan resistentes que crean verdaderos basureros en los ríos y costas. Los plásticos hidrosolubles no solucionarán el problema de los vertidos plásticos, pero sí que pueden ayudar en casos concretos. Existen plásticos hidrosolubles como las mezclas de PVA/PVOH.

– RENOVABLE .

Recurso natural, materia o energía, que puede ser remplazado a medida que se consume. Es común escuchar el término de “recursos renovables” que se refiere a aquellos que no se agotan con su utilización, puesto que vuelven a su “ciclo” en un determinado tiempo, menor al que nos toma utilizarlos. En otras palabras, si no damos tiempo a que se renueven los recursos, estamos haciendo una sobreexplotación de los mismos y dejarían de ser renovables. El agua es un ejemplo de ello. Su ciclo la llevará de nuevo a un estado puro para que los seres humanos la podamos utilizar, pero debido a múltiples factores como el grado de explotación del acuífero, el calentamiento global y la sobrepoblación, entre otros, no estamos permitiendo que el agua se precipite de manera regular, por lo que en muchos lugares del mundo ya hay escasez del líquido, además, el grado de explotación no está dejando que el agua se incorpore a los mantos acuíferos, dejando sin alimento a plantas y animales de la zona. Hay algunos recursos inagotables que se clasifican como perpetuos, ejemplos de éstos son la luz solar, el oleaje, el viento, que no se pueden agotar por muy alta que sea su explotación o su aprovechamiento.

Algunos materiales se consideran renovables cuando se integran en ciclos, por ejemplo, las fuentes primordiales de bioplásticos, como el maíz, la papa, la caña de azúcar y otros, que son organismos que nacen de la tierra, se utilizan y vuelven a ella pudiendo dar origen de nuevo al organismo del que surgieron o a otro.

– PARCIALMENTE RENOVABLE .

Más que un concepto, se trata de la explicación de que un material está formado en un porcentaje de material nuevo y otro de material reciclado. Este es el caso de muchos plásticos. En el caso de la madera, por ejemplo, el aserrín que se desprende de muchos procesos en los que toma parte, son unidos con una resina que amalgama las virutas y forman un tablero estandarizado. Sin embargo, a la capa superficial se le puede poner una delgada chapa de madera normalmente de una especie fina para que a la vista parezca que todo el panel está hecho de esa madera fina.

El término se podría aplicar, si nos queremos ver estrictos, a casi todos los materiales, ya que la mayoría tienen un límite de reciclajes. Según el Ecolaboratorio del diario electrónico “El País”, el reciclaje casi nunca se da en su totalidad, por ejemplo:

El papel, según la Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón, estima que la fibra de celulosa que se obtiene de papel de desecho puede utilizarse unas seis veces. Podríamos pensar que necesitamos de nuevo talar un árbol, pero en la realidad, como el papel viejo se revuelve con el que se está desechando por vez primera, casi en automático se hace esta mezcla de fibras.

El vidrio, explica el mismo documento, se recicla en forma indefinida, pero siempre y cuando no se mezclen los colores, porque habría que agregarles colorantes y químicos que den el color exacto que se quiere producir.

El plástico, por su parte, sólo se puede reciclar unas 4 ó 5 veces, según "Cicloplast", una empresa española que aglutina a los productores de plásticos. El plástico se tritura, se lava y se funde, pero al fundirse pierde propiedades. Comúnmente los plásticos reciclados acaban formando productos de menor calidad.

Los metales son quizás los únicos cien por ciento reciclables, nos refiere el artículo del diario español El País (Álvarez, Ecolaboratorio, 2010).

ANEXO 4 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON CONCIENCIA “ECOLÓGICA”.

Cuando se trata de edificar, echamos mano de diversas tecnologías, desde tiempos antiguos, los hombres han buscado la forma de crear espacios para su protección que fueron evolucionando para satisfacer requisitos de sociedades y personas cada vez más complejas.

Los materiales de construcción siempre han ido acompañados de sus respectivos sistemas, en ocasiones unos evolucionan más que otros, pero siempre están de la mano. Los sistemas constructivos se crearon para cada elemento de la obra, es decir, existen para elementos verticales (paredes), horizontales (losas), para cubiertas (bóvedas), para elementos estructurales (cimentación, trabes, columnas), etc. El sistema constructivo agrupa las herramientas, máquinas, técnica y materiales para dar forma y estructura a un elemento particular.

Un buen sistema constructivo será aquel que provea al usuario final seguridad y confort, en una vivienda de prolongada vida útil. Las instalaciones eléctricas e hidro-sanitarias deben estar contempladas en los sistemas, al igual que puertas, ventanas y otros elementos de cerramiento que aislen al usuario del exterior.

Aquí también nos encontramos con una diferencia que nos puede llevar a malos entendidos, ya que el tema de sistemas de construcción sostenibles, para algunas personas sólo abarca a todos aquellos que tienen como finalidad instalar “ecotecnias”, como colectores de aguas pluviales, generadores eólicos de electricidad, celdas fotovoltaicas, etc. Sin embargo, un sistema constructivo sostenible debe ser aquél que satisfaga las necesidades de los seres humanos, sin comprometer su futuro, respetando el medio ambiente y a un precio accesible.

Hay diversas iniciativas que han visto el problema en forma holística y han propuesto soluciones basadas muchas veces en la forma en que se solía construir y que hoy ha quedado relegada dada la vertiginosidad de las obras por la urgencia de satisfacer la enorme necesidad creciente de vivienda.

Es así, que diferentes sistemas como el muro de adobe, el de paja, el tapial, han resurgido y se están valorando como los mejores sistemas sostenibles, ya que son accesibles, emplean materiales de la zona y promueven además, el autoempleo.

– COB, COBB o CLOM.

COB es un material mixto que se ha empleado para construcción desde hace muchos años. Es similar al adobe, ya que está compuesto por tierra, barro, arena y paja mezclados con agua, se genera una masa que se va colocando con las manos formando elementos verticales que sirven como paredes con un espesor de entre 60 y 80 cm. Esto

trae como consecuencia que los espacios al interior tengan una gran efectividad térmica. En épocas de calor mantiene en el interior una temperatura agradable y en tiempo de lluvias la humedad revitaliza las paredes de COB, que prácticamente respiran, dejando salir la humedad, reteniendo el aire caliente al interior. En climas húmedos y fríos como los de Inglaterra ha sido ampliamente usado y varios despachos de arquitectos como Kevin McCabe, Rob Hopkins, Pat Hennebery, Tracy Calvert, Elke Cole y muchos otros están retomando este material y sus sistemas constructivos para contribuir con la preservación del medio ambiente y la vida.



118 Casa COB en Cadhay



113 Santuario de meditación COB en Hollyhock, Canadá

Los elementos de COB pueden ser pintados con pigmentos naturales, para no cerrar sus poros y propiciar su resquebrajamiento o su putrefacción. En ocasiones estiércol de caballo o baba de nopal se emplean con éxito para lograr una mayor cohesión externa. El COB es del material de la zona, por lo que el ecosistema no resulta dañado ni en su producción ni en su desecho y por sus características físicas, tampoco durante su uso.

El COB es un material que invita a la autoconstrucción, la cual se está dando en muchos países de América Latina y Asia. En Argentina, por ejemplo, se construye con COB en diversas provincias, donde la gente, con la poca información que puede obtener, se pone a trabajar para tener un lugar donde resguardarse de las inclemencias del tiempo.

Mucho de lo que construyen es resultado de la prueba y el error, paredes resquebrajadas que necesitaron de mejores cimientos, techos con forma de paraguas que el viento no levantó, formas circulares para atajar al frío viento de invierno. Pero la gente es feliz con ello, porque forja su patrimonio.

Del mismo COB construyen mobiliario para baño y cocina, el límite es su imaginación.

– TAPIAL .



114 Tapial

El tapial es un sistema constructivo desarrollado en la antigüedad, en China, Irán y otros países Asiáticos la encontramos ampliamente utilizada y perdura hasta nuestros días. Es probable que los españoles hayan aprendido la técnica de los árabes, edificaron entre otras cosas la Alhambra de Granada con este sistema. Los Jesuitas que vinieron al continente Americano a evangelizar conocían la técnica y la hicieron popular.

La técnica consiste en colocar dos contenciones paralelas de madera (en la actualidad se usa metal también) semejante a una cimbra. En el hueco interior, se coloca tierra arcillosa y se va apisonando y compactando. Una vez apisonada, se retira la cimbra y se deja secar. El resultado es un muro grueso de un material que transpira y es muy efectivo para conservar la temperatura del interior, dejar salir la humedad y con una alta resistencia, como nos lo demuestran construcciones milenarias.

– LADRILLOS DE PAPEL .

Los ladrillos de papel surgen por una iniciativa del Centro de la Vivienda Económica, de Córdoba, una organización argentina que observaba cómo todos los desperdicios de papel y de cáscaras de cacahuete eran arrojados a los tiraderos municipales y por otro lado, cómo la gente seguía careciendo de vivienda. Idearon un proyecto: enseñar a la gente de escasos recursos a producir ladrillos de papel de reciclaje y de cáscaras de cacahuete y así, hacerse de los materiales para construir sus propias casas. El proyecto ha resultado un éxito, no sólo se producen ladrillos, sino paneles que pueden utilizar para fabricar mobiliario, puertas y ventanas. Estos materiales tienen ventajas sobre otros tradicionales:

En primer lugar, son mucho más livianos que los materiales de rutina. "Un bloque de cemento tradicional pesa 14 kilos; los nuestros, ocho -detalla el investigador-. Un ladrillo normal pesa dos kilos; los que fabricamos nosotros, un kilo cien. Sobre este material prende muy bien el cemento, porque es muy rugoso. Y, además, como tiene mucho aire, funciona como una aislación térmica muy efectiva" (Bär, 2004).



115 Uno de los prototipos construidos con ladrillos de papel reciclado.

– LADRILLOS DE BOTELLAS DE PET.

En países en desarrollo como Guatemala, donde además de los huracanes y terremotos la pobreza deja sin lugar para vivir a varios miles de familias, hay un centro llamado “Pura vida”, que intenta ayudar a las comunidades cercanas al lago Atitlán a tener una mejor vivienda. Les han enseñado a fabricar “ladrillos” con botellas de PET. No mezclan el PET con otros materiales, sino que rellenan las botellas con basura también de plástico, limpia y seca y con ello crean sus paredes.



116 Construcción a partir de botellas de plástico

En un entorno territorial y cultural donde la naturaleza juega un papel muy importante, y con escasos recursos, han sabido encontrar respuestas al cada vez más extendido problema de las basuras, con el añadido de que en la mayoría de aldeas en Guatemala no tienen ningún sistema de recolección de basura (Basurillas, 2008).

Ejemplos como los anteriores encontramos muchísimos en México, Centro y Sudamérica, algunos en África, en general países “en vías de desarrollo” o mejor dicho “con habitantes en pobreza extrema”. Pareciera ser que la necesidad está orillando a la gente a buscar otras alternativas y lo que es curioso, es que quizás sin quererlo, están desarrollando o regresando a algunos métodos que no afectan tanto al medio ambiente.

Deberíamos trabajar y educar a nuestros estudiantes, futuros arquitectos, con estas tecnologías y quizás muchas otras que no conocemos todavía, pero siempre con la premisa del cuidado del medio ambiente sin sacrificar la habitabilidad y el confort de las viviendas y por supuesto, la economía de las personas.

– POLILADRILLOS DE PET.

El arquitecto taiwanés Arthur Huang desarrolló un módulo creado de PET reciclado que llamó Polibrick. Son módulos hexagonales que tienen la cualidad de armarse y desarmarse para tomar una nueva configuración. No fue el primero, pues el arquitecto

alemán Andreas Froese ya había estado trabajando con módulos de plástico desde hace tiempo. Sin embargo, Miniwiz, la empresa de Huang, presentó este invento en la feria internacional de muebles en Taiwán en el 2010, lo que causó furor en el mundo de la arquitectura (Alumniportal Deutschland, 2012).

Ofrecen un excelente aislamiento térmico y acústico, son translúcidos y difusores de luz, además de que resiste terremotos y huracanes.



117 Pabellón de polibrick's

– BIOTECHTURE.

El despacho inglés Earthship Biotecture desarrolló diferentes modelos de casas-habitación hechas completamente con materiales reciclados. El término Biotecture lo desarrolló Michael Reynolds, el artífice de los diseños de las viviendas. La empresa, que ha estado trabajando desde hace 40 años en el tema de sostenibilidad, ofrece asesorías para incorporar criterios sostenibles a construcciones existentes, a nuevos proyectos o la construcción y venta de un "Earthship", como llaman a estos nuevos conceptos de vivienda ecológica. Incluso se oferta el hospedaje en ellos.



118 Earthship

Un "Earthship" está construida con botellas de PET, llantas de vehículos, latas de aluminio, chatarra, etc., todos ellos materiales de desecho; obtiene la energía eléctrica de viento y el sol, el agua la obtiene de la lluvia y la nieve, el agua de desecho es tratada, la calefacción y el aire acondicionado no son necesarios, ya que por los materiales de los que está hecho, la temperatura promedio en el interior de las viviendas oscila entre 15 y 20 °C. Además, cuentan con hortalizas para asegurar fuentes de alimento.

La empresa ofrece desarrollos comerciales, residenciales, multifamiliares y para desastres naturales. Con estos proyectos se ayuda a disminuir la montaña de basura, al mismo tiempo que se provee de vivienda a quien la necesite.

Son cuatro los principios que rigen el proyecto de la Earthship según Reynolds:

1. La orientación de la casa hacia el sur: válido para el hemisferio norte y donde hay estaciones, en un diseño que permite una captación óptima de la luz y el calor solar. Esta energía pasiva se consigue con la construcción de muros en las caras Norte, Este y Oeste, y una cara Sur totalmente abierta al exterior mediante cristales.
2. Utilización de cubiertas usadas de automóvil, colocadas en posición horizontal, como si fueran grandes ladrillos, rellenas de tierra compactada, para los muros cargueros de la casa, dando como resultado una pared increíblemente estable, con los beneficios de la 'masa térmica' que permite mantener dentro de la vivienda una temperatura media constante de entre 15 y 20 grados centígrados. Se trata del principio por el cual el calor se traslada de las áreas cálidas a las frías de manera que son frescas durante el día y cálidas a la noche. Para los muros divisorios interiores se utilizan latas y botellas.
3. Utilización de energías poco contaminantes, como la solar y del viento para el consumo doméstico, que además de ser baratas y "limpias" hacen posible la construcción del earthship en cualquier lugar por su independencia de las redes de abastecimiento habituales.
4. Instalación de sistemas de captación y almacenamiento de agua, así como el tratamiento de aguas residuales reutilizables gracias a un sistema de filtros y drenajes lo cual minimiza y mejora el consumo (Liberatore, 2005).

Tomando en cuenta el ahorro de energía que representa el uso de materiales reciclados aunado a los sistemas de captación de energía y propiedades térmicas, este tipo de viviendas consumen aproximadamente un 10% de la energía que consume una vivienda tipo en Inglaterra.

En países en vías de desarrollo, el reciclado se ve en las zonas marginales, donde las familias "construyen con cartones, láminas o desechos de industrias o de la construcción, pero las condiciones al interior de las mismas no se comparan con las de viviendas "diseñadas" por expertos que pueden brindar a los habitantes un mejor nivel de vida y bienestar.

Ejemplos interesantes encontramos muchos en la naturaleza, la piel del oso, los termiteros, plantas, plumajes, hojas, etc., todos ellos sistemas desarrollados por la naturaleza a través de los años y con el único afán de optimizar la energía y solventar las desventajas que les pudieran ofrecer climas extremos, con el único fin de preservar la vida y la continuidad de las especies.

Aprovechar los flujos de aire (que sabemos que el caliente tiende a subir), el agua (su evaporación), la luz (vital para muchas especies), la transferencia de calor, etc., son algunas formas que se han aprovechado en la arquitectura para ahorrar energía y recursos, pero algo que está poco explorado es la relación superficie-volumen, que es la causante de muchos de estos fenómenos o, por lo menos, de una parte importante en el desempeño de los mismos.

Aun así, no deberíamos quedarnos con eso, sino extrapolar lo a los sistemas constructivos que no afecten al medio ambiente. Se dice aquí, que la "bioconstrucción" es aquella que no ocupa maquinaria pesada, no derrocha recursos ni energía, no emite toxinas y no afecta el entorno natural (Bioconstruir o cómo deberían ser nuestras casas).

– **BedZED (Beddington Zero Energy Development)**

Un proyecto muy completo en el que además del bioclimatismo se puso atención en los materiales de construcción es BedZED, donde se introdujeron materiales alternativos como el ladrillo de cáñamo, propio para temperaturas extremas, que actúa como un muy buen aislante térmico.

BedZED es un proyecto clasificado como de urbanismo sostenible, se dice de él que reduce las emisiones de CO₂ en su uso. Crearon el concepto de CARBON MIXER, que es un parámetro de emisiones de CO₂ de un edificio tipo, que da como resultado una media de 34 y 21 kilos por metro cuadrado al año, sólo por tener una medida.

Este proyecto incluye 83 casas, 17 departamentos 2,500 m² de áreas laborales, centro de salud y comercio para evitar los desplazamientos de las personas y por consiguiente

la reducción de emisiones por este concepto. Trata de diseñar un estilo de vida antes de un espacio arquitectónico.

Sin embargo, emplea concreto, pero en cantidades mínimas en la estructura, ladrillos producidos en la zona, paneles prefabricados, lana de roca como aislante, en el suelo poliestireno expandido, y extraído para las cubiertas. El suelo es de concreto pretensado, paredes de roble local, fresno local; en cocinas y baños tienen linóleo (linaza), los muebles de cocina son de madera, al igual que los Marcos de ventanas, los vidrios, tratados con argón y criptón, lucernarios de aluminio (al mínimo). Polietileno de alta densidad como aislante y como empaque polietileno bituminoso. Sabemos que el polietileno es un plástico relativamente fácil de reciclar, aunque el proceso consume energía y una buena cantidad de agua. El Betún (que le da la característica de bituminoso) es una resina derivada del petróleo de consistencia pegajosa, usada en la antigüedad como mortero, se caracterizan por ser de color negro y hoy en día se producen de manera industrial y se ocupan principalmente en los impermeabilizantes. El betún sintético, no es muy fácil de reciclar ni de recuperar una vez que se ha mezclado con otros materiales, se requiere calor para que se ablande y se separe. Pero una vez separado se puede volver a utilizar, mayormente en el asfalto.

Las oficinas usan acero recuperado (de la zona) en su estructura. El pavimento es poroso al 30%, formado por conglomerado reciclado con vidrio verde reciclado. Y ni que decir de sus sistemas pasivos de ahorro de energía, chimeneas para la térmica, fotoceldas para la eléctrica, además del reciclado del agua para uso en interiores y jardines.



119 BedZed, por Bill Dunster

ANEXO 5 LAS CERTIFICACIONES.

– LEED de Estados Unidos.

La principal intención de esta certificadora privada es que las construcciones reduzcan su huella ambiental, esto es, que las emisiones de contaminantes, el gasto energético, y el consumo de agua se reduzcan en favor del confort de los usuarios de las edificaciones. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) fue desarrollado por el United States Green Building Council (USGBC) y a la fecha es reconocido en más de 30 países alrededor del mundo.

LEED interviene en diferentes categorías: eficiencia energética, materiales de bajas emisiones, materiales de renovación rápida o innovación en el diseño.

LEED trata de posicionarse como una empresa que cambie la manera de diseñar de los arquitectos, ofreciendo soluciones a edificadores y operadores. Trata de medir el “diseño verde”, la construcción, operación y mantenimiento de las edificaciones y con su certificación, trata de dotar a la industria con una etiqueta que se convertirá en un fuerte argumento de venta y si se puede, que se reduzca el daño al medio ambiente.

Analiza todo el ciclo de vida del edificio, hay una verificación triple que checa el desempeño de la edificación en aspectos que atañen a la salud de las personas y el ambiente: ahorro de agua, eficiencia energética, selección de materiales y calidad ambiental interior (U. S. Green Building Council).

– CTE de España.

En España existe el Código Técnico de la Edificación (CTE), el cual reúne normativas que regulan la construcción de edificios desde el 2006. En él se establecen los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad de las construcciones, definidos por la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).

Las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios se refieren a materias de seguridad. El CTE también se ocupa de la accesibilidad, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad, LIONDAU. Sus exigencias intervienen en las fases de proyecto, construcción, mantenimiento y conservación. Es una normativa basada en prestaciones (CTE Código Técnico de la Edificación, 2012).

La comisión propone el desarrollo de una metodología para evaluar de manera global las edificaciones y su entorno, incluyendo algunas normas de otros países como Finlandia y Suecia, encaminadas al etiquetado medioambiental de los materiales de construcción, utilizando normas europeas.

Algunas consideraciones de la CTE respecto a los riesgos en durante y al final de las edificaciones son:

- Fugas de gas tóxico.
- Presencia de partículas o gases peligrosos en el aire.
- Emisión de radiaciones peligrosas.
- Contaminación o envenenamiento del agua o del suelo.
- Defectos de evacuación de aguas residuales, humos y residuos sólidos o líquidos.
- Presencia de humedad en partes de la obra o superficies interiores de la misma.

Los materiales con menor impacto ambiental deben incorporar criterios de sostenibilidad ambiental, como la alta eficiencia energética, durabilidad, recuperabilidad, recursos renovables, empleo de tecnología limpia y valorización de residuos.

– **HQE el etiquetado energético en Francia.**

En Francia, los profesionales del diseño se unieron para dotar a los constructores, los promotores y las comunidades, una herramienta metodológica, que les apoyara en la planeación de sus proyectos, dentro de un marco urbano de desarrollo sostenible. Han creado un certificado para hacer constar que se siguieron estas metodologías.

La certificación, como muchas, es voluntaria, para los propietarios de edificios que desean mejorar sus acciones y ofrecer a sus distintos interlocutores con garantías sobre el rendimiento alcanzado en términos de HQE: la sanidad y el confort junto con los impactos ambientales son medidos durante el ciclo de vida del inmueble, para tener un reporte lo más exacto posible.

La certificación HQE existe para los edificios nuevos y para los edificios existentes en las áreas de los edificios comerciales, casas particulares y la comunidad de la vivienda (HQE Association, 2012).

– **BRE Environmental Assessment Method de Inglaterra.**

Es el sistema de evaluación que emplean en el Reino Unido para certificar a los edificios sostenibles, según diversos criterios, para las fases de diseño, ejecución y mantenimiento, ya sea de edificios comerciales, vivienda, industriales, hospitalarios, educativos, etc.

BREEAM evalúa 10 aspectos:

- Gestión
- Salud y bienestar

- Energía
- Transporte
- Agua
- Materiales
- Residuos
- Uso ecológico del suelo
- Contaminación e
- Innovación.

– **Certificado DGNB de Alemania.**

El Consejo Alemán para la Construcción Sostenible (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) es el responsable de reportar la manera en que se construye en Alemania, teniendo en cuenta la conservación de los recursos naturales.

Crearon un sistema de certificación que incluye edificios en Alemania y el extranjero. Proponen evaluar el desempeño de un edificio como sistema y no por partes, con la flexibilidad de que si hay cambios en los proyectos, por ejemplo, por la incorporación de nuevas tecnologías o cambios sociales la evaluación se ajusta, asegurando a los propietarios de los inmuebles, que cumplirán las metas establecidas.

El certificado promete que las viviendas serán más fáciles de vender o alquilar si cuentan con este certificado, además de mejorar los espacios para el trabajo haciéndolos más productivos.

– **SAM del Reino Unido.**

El modelo de evaluación sostenible (SAM Sustainability Assessment Model) evalúa el proyecto en tres rubros definidos por el concepto de sostenibilidad: el económico, el ecológico y el social. Se supone que lo evalúa durante todo su ciclo de vida, haciendo énfasis en la disponibilidad de recursos.

BIBLIOGRAFÍA.

- (CIRCE), I. Z. (s.f.). *Building and environment*.
- Alumniportal Deutschland. (febrero de 2012). *Alumniportal Deutschland*. Recuperado el 21 de febrero de 2012, de https://www.alumniportal-deutschland.org/wirtschaft/artikel/plastikmuell-bauen-pollibricks-haeuser-plastik.html?et_cid=6&et_lid=5&et_sub=nlkw5_pollibricks
- Álvarez, C. (30 de octubre de 2010). *Ecolaboratorio*. Recuperado el 30 de enero de 2012, de El País: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/10/index.html>
- Álvarez, C. (09 de julio de 2010). *Ecolaboratorio*. Recuperado el 30 de enero de 2012, de El País: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/10/index.html>
- Álvarez, C. (9 de julio de 2010). *El País Semanal*. Obtenido de Blogs: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/lo-que-contamina-un-ladrillo.html>
- Álvarez, C. (21 de enero de 2011). *Ecolaboratorio*. Recuperado el 30 de enero de 2012, de El País: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/01/la-reutilizaci%C3%B3n-del-co2.html>
- Álvarez, C. (19 de abril de 2011). *Ecolaboratorio*. Recuperado el 30 de enero de 2012, de El País: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/04/es-siempre-el-reciclaje-una-buena-opcion.html>
- Álvarez, C. (s.f.). *Redes de conocimiento*. Recuperado el 24 de septiembre de 2012, de UIM Unión Iberoamericana de Municipalistas: <http://www.uimunicipalistas.org/redes/redurbanismo/data/1281945370.pdf>
- Alvear, F. (27 de febrero de 2007). *Prototipo*. Recuperado el 14 de febrero de 2012, de <http://prototipod.blogspot.com/2007/02/diseando-con-bamb.html>
- Animales salvajes*. (25 de abril de 2012). Obtenido de <http://www.asknature.org/search?category=default&query=wasp+nest>
- Anthony, W. (1971). *Sistema de información de los recursos del pienso*. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/476.HTM>
- Arenas, J. F. (1998). *Arte efímero y espacio estético*. Barcelona: Antrophos.
- Arjen Y. Hoekstra, A. K. (2003). *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*. Delft: UNESCO-IHE.
- Ask Nature*. (25 de abril de 2011). Obtenido de <http://www.asknature.org/search?category=default&query=wasp+nest>
- Askunze Elizaga, C. (2007). Economía solidaria. En G. C. Muniain, *Diccionario de Educación para el desarrollo*. (págs. 107-113). Bilbao: Hegoa.
- Aveday, V. G. (2006). *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos*. México: Instituto Nacional de Ecología (INE- SEMARNAT).
- Bär, N. (7 de mayo de 2004). *lanacion.com*. Recuperado el 21 de febrero de 2012, de <http://www.lanacion.com.ar/598965-construyen-casas-con-ladrillos-hechos-de-papel-reciclado>
- Basurillas. (31 de octubre de 2008). *basurillas.org*. Recuperado el 21 de febrero de 2012, de <http://www.basurillas.org/construccion-a-partir-de-botellas-de-plastico-pura-vida/>

- Beaver Tracks and signs.* (s.f.). Recuperado el 24 de abril de 2012, de <http://www.bear-tracker.com/beaver.html>
- Bellostes, J. (17 de diciembre de 2008). Obtenido de <http://blog.bellostes.com/?p=2049>
- Benyus, J. (2007). *Biomimicry Institute*. Recuperado el 25 de 06 de 2010, de <http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html>
- Benyus, J. (10 de 11 de 2008). Innovar copiando a la naturaleza. (E. Punset, Entrevistador)
- BIMSA. (2010). *Costos de construcción : edificación*. México: BIMSA Reports.
- BioBased Insulation. (10 de agosto de 2009). *BioBased Insulation*. Recuperado el 20 de 06 de 2011, de Build Healthy. Build Smart.: <http://www.biobasedinsulation.ie/images/Services3.jpg>
- Bioconstruir o cómo deberían ser nuestras casas.* (s.f.). Recuperado el 08 de enero de 2012, de www.formarse.com.ar/ecología/bioconstruir.html
- Bioklima Nature. (02 de octubre de 2008). Recuperado el 13 de febrero de 2012, de <http://bioklimanature.com/lana.html>
- Biomimicry Institute. (s.f.). *Biomimicry Institute*. Recuperado el 24 de abril de 2012, de Termite-Inspired Air Conditioning: <http://biomimicryinstitute.org/case-studies/case-studies/termite-inspired-air-conditioning.html>
- biopol.* (s.f.). Recuperado el 28 de septiembre de 2010, de <http://biopol.free.fr/index.php/%C2%BFbiodegradable-compostable-oxo-degradable-o-foto-degradable/>
- Brundtland, G. H. (1988). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- buzzaboutbees. (s.f.). *buzz about bees . net*. Recuperado el 24 de abril de 2012, de <http://www.buzzaboutbees.net/>
- Cabo, L. D. (s.f.). *Breve enciclopedia del ambiente*. Recuperado el 21 de septiembre de 2010, de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/>
- Callaey, E. R. (19 de Mayo de 2009). La historia oculta de la masonería. (L. Matos, Entrevistador)
- Capra, F. (24 de mayo de 2007). La ciencia física es la base de una vida sostenible. 15. (B. Bressan, Entrevistador, & Y. Martínez, Traductor) CERN Courier.
- CBC news. (23 de abril de 2007). *CBC news*. Recuperado el 23 de febrero de 2012, de <http://www.cbc.ca/news/background/fair-trade/>
- Chambouleyron, M., & Pattini, A. (Agosto de 2004). *El surgimiento del ecodiseño. Una revisión de su trayectoria en los países industrializados*. Recuperado el 8 de diciembre de 2011, de Consumo Sustentable para el siglo XXI: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DPAyDS/File/Bol_04_agoo4.pdf
- Ciclo del carbono.* (s.f.). Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de http://www.ciclodelcarbono.com/captura_del_carbono
- ciclodelcarbono.com.* (s.f.). Recuperado el 11 de septiembre de 2011, de <http://www.ciclodelcarbono.com/>
- Ciencia Popular. (2011). *Ciencia Popular.com*. Recuperado el 07 de junio de 2011, de http://www.cienciapopular.com/n/tec_biomimetismo/
- Ciencia y Tecno.* (s.f.). Recuperado el 24 de abril de 2012, de <http://www.bear-tracker.com/beaver.html>

- Coates, G. (2004). *American Chemical Society*.
- Comercio justo México, A. C. (s.f.). *Comercio justo México, A. C.* Recuperado el 16 de enero de 2013, de <http://www.comerciojusto.com.mx/index.php/home-mainmenu-1/concepto-mainmenu-61>
- Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana. (2008). *SINA Sistema Nacional De Información Ambiental*. Recuperado el 11 de junio de 2013, de http://www.sinia.cl/1292/articles-39925_recurso_1.pdf
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (27 de julio de 2006). *En Balance*. Recuperado el 02 de 06 de 2011, de Emisiones y transferencias de contaminantes en América del Norte a 2003: http://www.cec.org/Storage/60/5253_TSo3_es.pdf
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agrpecuaria. (2006). *Monografía del Bambú*. Recuperado el 14 de febrero de 2012, de <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENS/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAF%CDA%20DE%20BAMB%DA.PDF>
- compostadores. (2007). Recuperado el 28 de septiembre de 2010, de • <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/articulos/general/bolsas-compostable-biodegradable-oxodegradable-fotodegradable-hidrosoluble-o-reciclable>
- compostadores. (s.f.). *compostadores.com*. Recuperado el 12 de noviembre de 2010, de sostenibilidad en estado puro: <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/articulos/general/bolsas-compostable-biodegradable-oxodegradable-fotodegradable-hidrosoluble-o-reciclable>
- Concepci. (noviembre de 1996). El gusano de seda, magnífica creación de la naturaleza. *México desconocido*(237).
- CORDIS. (11 de 07 de 2014). *Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo*. Obtenido de http://cordis.europa.eu/news/rcn/34009_es.html
- Corominas, J., & Pascual, J. A. (1980). *Diccionario crítico, etimológico castelano e hispánico*. (Vol. 1). Madrid: Gredos.
- CTE Código Técnico de la Edificación. (3 de mayo de 2012). Obtenido de <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/d2w>. (4 de diciembre de 2009). Recuperado el 28 de septiembre de 2010, de degradabel plastics: <http://www.neoture.es/es/noticias/9-materiales-biodegradables/149-oxodegradable-problemas-para-el-recilaje-de-plasticos.html>
- Datschefski, E. (2001). *The total beauty of sustainable products*. Suiza: Crans-Pres-Celigny.
- Deacero. (s.f.). Recuperado el 23 de mayo de 2013, de <http://www.deacero.com/Default.aspx?Id=14>
- Diario design. (13 de julio de 2009). *Edificio Celosía de MVRDV y Blanca Lleó, viviendas sociales en Madrid*. Recuperado el 11 de julio de 2012, de <http://diariodesign.com/2009/07/edificio-celosia-de-mvrdv-y-blanca-lleo-bloque-de-viviendas-sociales-en-madrid/>
- Eco, U. (28 de agosto de 2009). *Ecofuture*. Recuperado el 13 de febrero de 2012, de <http://ecofuture.net/design/ecoinsulation/>

- ecointeligencia. (31 de mayo de 2012). *ecointeligencia*. Recuperado el 11 de noviembre de 2012, de <http://www.ecointeligencia.com/2012/05/economia-azul-gunter-pauli/>
- ecovative. (18 de noviembre de 2013). *ecovative design*. Recuperado el 6 de septiembre de 2012, de <http://www.ecovatedesign.com/about-ecovative/history/>
- EDA. (1990). folleto. London.
- Edwards, B. (2004). *Guía básica de la sostenibilidad*. España: GG.
- Farfán, P. (11 de noviembre de 2010). *Bioclimática tradicional*. Obtenido de Arquitectura popular, soberanía constructiva y autosuficiencia: <http://www.farfanestella.es/bioclimatica/?p=1955>
- Federico Aguilera Klink, V. A. (1994). *De la economía ambiental a la economía ecológica*. Barcelona: Icaria.
- Gil, J. M., & Moreno, R. (2000). *Actas de los XI Cursos Monográficos sobre el patrimonio Histórico*. Reinosa: Universidad de Cantabria.
- Goldsmith, E. (1988). *The Ecologist* 188, No. 415. 118.
- Gómez, L. M. (1997). *La ciencia para todos*. Recuperado el 01 de 03 de 2011, de Fondo de Cultura Económica: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/080/htm/sec_7.htm
- Gonzalez, A. M. (enero de 2000). *Universidad Nacional del Nordeste*. Obtenido de <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/corteza.htm>
- Goodrum, P. (2008). *Water as a Construction Commodity*.
- Guiraud, P. (1979). *La semiología*. México: Siglo veintiuno editores.
- Gutiérrez, R. (1989). México.
- Heather. (22 de agosto de 2009). *The Greenest Dollar*. Recuperado el 20 de 06 de 2011, de <http://www.thegreenestdollar.com/2009/02/soy-based-foam-insulation-what-it-is-and-why-you-should-use-it/>
- Hoffmann, A. (s.f.). *El maravilloso mundo de los arácnidos*. Recuperado el 30 de abril de 2012, de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/116/html/sec_6.html
- HQE Association. (3 de mayo de 2012). Obtenido de <http://assohqe.org/hqe/> <http://www.antnest.co.uk/nests.html>. (s.f.). Recuperado el 28 de febrero de 2012, de www.antnest.co.uk
- <http://www.mascosas.net.eu.org/hormigas.htm>. (s.f.). Recuperado el 21 de febrero de 2012, de www.mascosas.net.eu.org
- Ignacio. (04 de enero de 2009). *Ecología blog*. Recuperado el 23 de mayo de 2013, de <http://www.ecologiablog.com/post/39/nuevo-tipo-de-cemento-para-reducir-emisiones-de-co2>
- INEC. (1988). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Recuperado el 23 de mayo de 2013, de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/rep159/pia/pia.html#acri>
- INEGI. (2001). *Los residuos peligrosos en México. Una perspectiva para la reflexión*. Recuperado el 31 de mayo de 2011, de

- <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/residuos03.pdf>
- Ingber, D. E. (1998). Architecture of life. *Scientific American*, 48-57.
- J. G. Filippone, N. C. (2005). *Diseño Ecoeficiente de Envases y Embalajes No Reutilizables*. Universidad Antonio de Nebrija, Departamento de Ingeniería Industrial, Madrid.
- José M, S. M., & Andrés R, A. L. (2007). *Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente*. Madrid.
- Kenzie-More, M. (s.f.).
- Kirton, L. G. (25 de abril de 2012). *Butterfly Circle*. Obtenido de <http://www.butterflycircle.com/checklist%20V2/CI/index.php/startpage/startpage/showbutterfly/55>
- Knight, A. (junio de 2009). *Hidden Histories: the story of sustainable design*. Recuperado el 10 de noviembre de 2011, de ProQuest: <http://www.csa.com/discoveryguides/discoveryguides-main.php>
- Lazzarini, B., & Motrel, A. P. (s.f.). *Portal sostenibilidad*. Recuperado el 23 de junio de 2011, de Universidad Politécnica de Catalunya: http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=3&id=198
- Liberatore, O. (3 de enero de 2005). *Oscar Antonio Liberatore M. M. de O*. Recuperado el 21 de febrero de 2012, de http://oscar_7.mx.tripod.com/viviendaecologica.htm
- Liese, W. y. (2003). *Bamboo preservation compendium. Centre for Indian Bamboo Resource and Technology*. Nueva Delhi, India.
- Lomelí, D. (3 de mayo de 2005). *¿Cómo y cuánto ganan los albañiles?* Recuperado el 9 de noviembre de 2011, de esmas.com: <http://www.esmas.com/noticierostelevisa/investigaciones/443350.html>
- López Rivera, K. U. (2008). *Techos Verdes*. Recuperado el 15 de febrero de 2012, de http://www.aprendoyeduco.com/2008/06/techos_verdes.html
- Ludovic, J. G. (2002). *Los inventos que cambiaron al mundo*. Lectorum.
- Macariohg. (1 de Enero de 2010). *A Contracorriente*. Recuperado el 12 de octubre de 2010, de Genera basura 45% de la energía para alumbrado público de Monterrey: <http://contracorrientemx.wordpress.com/2010/01/01/genera-basura-45-de-la-energia-para-alumbrado-publico-de-monterrey/>
- Madge, P. (1993). Design, Ecology, Technology: A Historiographical Review. *Oxford Journals*, 6(3), 149-166.
- Madge, P. (1997). (T. M. press, Editor) Recuperado el 15 de septiembre de 2011, de Ecological Design: A New Critique: <http://www.jstor.org/stable/1511730>
- Manuel. (7 de junio de 2010). *Tecnología y ciencia*. Obtenido de <http://tecnologiayciencia.es/bio-ladrillos/>
- Margolin, V. (1998). Design for a sustainable world. *Design Issues*, Vol. 13 (2) p.90.
- Martín Juez, F. (2002). *Contribuciones para una antropología del diseño* (1a. ed.). Barcelona: Gedisa.
- Martín Juez, F. (2012). *Homoindicadores*. México.
- Maturana, H. (septiembre de 1985). *Biología del Fenómeno Social*. Obtenido de ecovisiones:

<http://www.ecovisiones.cl/metavisiones/Pensadores/MaturanaBiologiasocial.htm>

- Maturana, H. (2007). Autopoiesis, Acoplamiento Estructural y Cognición. *Instituto Matriztico*.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle, remaking the way we make things*. New York: North Point Press.
- McKenzie-More, D. (2006). Fostering Sustainable Behavior; Community-based social marketing. *Fostering Sustainable Behavior*. Canada: McKenzie-More & Associates, Inc. Recuperado el 13 de 03 de 2008, de http://www.uwsp.edu/cnr/uwexplakes/ecology/shorelands/com_based_social_market/pdf_docs/fostering_sustainable_behavior_dmm.pdf
- Mégret, J.-F. (2004). La tensegridad, modelo biomecánico para la Osteopatía. *Apostill*, 2.
- Mezquita, A., Mofort, E., & Zaera., V. (2009). Sector azulejero y comercio de emisiones: reducción de emisiones de CO₂, benchmarking europeo. *Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio.*, 211-222.
- Mill, J. S. (1984). *Principles of Political Economy*. (M. F. traducción en español del texto de la 7a. ed. inglesa de 1871, Trad.) México.
- Ministerio de la presidencia. (25 de febrero de 2006). *Agencia Estatal del Gobierno de España*. Recuperado el 11 de junio de 2013, de Documento consolidado BOE-A-2006-3377: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-3377>
- MIT. (s.f.). *Technology review*. Recuperado el 31 de enero de 2012, de <http://www.technologyreview.com/tr35/profile.aspx?TRID=543>
- Montiel, A. U. (07 de 07 de 2009). Escombros en obra. (M. L. Magro, Entrevistador)
- Morales, D. J. (1977). *Reubicación del poblado Lomas del Dorado*. México, D. F.
- Morin, E. (1995). Sobre la interdisciplinariedad. (J. M. Dalmazau, Trad.) Francia: Universidad de Zaragoza.
- Morin, E. (2000). *El paradigma perdido: ensayo de bioantropología*. Barcelona: Kairos.
- Moscovici, S. (1972). *La société contre nature*. París: UGE.
- Mosterín, J. (diciembre de 2004). *Nexus*. Recuperado el 29 de noviembre de 2011, de <http://obrasocial.catalunyacaixa.com/osocial/idiomes/2/publicacions/nexus/nexus33.pdf>
- Mundo Animal*. (viernes de enero de 2009). Recuperado el 24 de abril de 2012, de <http://animalnaturaleza.blogspot.mx/2009/01/el-diseno-de-ingenieria-en-las-represas.html>
- Museo virtual del Corcho. (2004). Recuperado el 15 de febrero de 2012, de <http://www.museodelcorcho.org/contenido.php?pag=19>
- nanotubos de carbono.com. (s.f.). *nanotubos de carbono.com*. Recuperado el 6 de septiembre de 2012, de <http://nanotubosdecarbono.com/>
- Naredo, J. M. (2001). Economía y sostenibilidad. La economía ecológica en perspectiva. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 1(002).
- News Mexico Lindo. (25 de marzo de 2011). *News Mexico Lindo*. Obtenido de <http://mexicolindonews.net/2011/03/proyecto-de-viviendas-de-bambu-en-haiti/>

- Nieva, A. B., & Vigil-Escalera del Pozo, A. (2005). *Guía de construcción sostenible*. Paralelo Edición.
- Orihuela, S. E. (15 de noviembre de 2007). *Instituto Nacional de Ecología*. Recuperado el 28 de febrero de 2012, de <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/37/sergio.html>
- O'Riordan, T. (1976). *Environmentalism*. London: Pion Ltd.
- Otoniel. (s.f.). *Tejas y ladrillos Otoniel, S. L.* Recuperado el 2011 de febrero de 8, de <http://www.grupootoniel.es/>
- Papanek, V. (1984). *Design for the Real World. Human Ecology and Social Change*. Londres: Thames and Hudson. .
- Parlamento Europeo. (25 de marzo de 2011). *Parlamento Europeo*. Obtenido de <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2011-002973+0+DOC+XML+Vo//ES>
- Pérez-Canedo, F. (04 de 06 de 2007). *El Siglo de Torreón*. Recuperado el 12 de 03 de 2008, de <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/279022.tiran-escombros-al-aventon.html>
- Permacultura.MX*. (s.f.). Recuperado el 16 de enero de 2013, de Diseño Holístico y Agricultura Orgánica Sostenible: <http://www.permacultura.org.mx/es/permacultura/como-aplicar-permacultura/>
- Perrito de la pradera y ardilla Richardson*. (s.f.). Recuperado el 30 de abril de 2012, de <http://www.perritodelapradera.info/origen.php>
- pesca en red*. (s.f.). Recuperado el 30 de abril de 2012, de <http://www.pescaenred.com/entomologia/tricopteros.htm>
- Pinturas Pinver de San Luis. (s.f.). *Pinver*. Recuperado el 23 de mayo de 2013, de <http://www.pintone.mx/pdf/texturizado.pdf>
- Plan B Arquitectos. (21 de marzo de 2008). *arch daily México*. Obtenido de <http://www.archdaily.mx/70902/orquideorama-plan-b-arquitectos/?lang=MX>
- PNUD. (s.f.). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Recuperado el 09 de noviembre de 2011, de <http://www.undp.org.mx/spip.php?article19>
- Presidencia de la República. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo*. Recuperado el 31 de mayo de 2011, de <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental/residuos-solidos-y-peligrosos.html>
- Primavera, H. (octubre de 2009). *Monedas Sociales y Economía Solidaria: un matrimonio indisoluble, con comunión de bienes*. Recuperado el 06 de diciembre de 2012
- Ramírez, J. (s.f.). *Arrecifes de coral*. Recuperado el 30 de abril de 2012, de <http://ponce.inter.edu/acad/cursos/ciencia/pages/corales.htm>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 18 de noviembre de 2010, de <http://buscon.rae.es/drae/>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado el 15 de noviembre de 2010, de <http://buscon.rae.es/drae/>
- Remacha Gete, A. (s.f.). *Infomadera*. Recuperado el 7 de febrero de 2011, de http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1368_17243.pdf
- Revista ambientum. (03 de 2003). *Revista Ambientum*. Recuperado el 25 de 04 de 2008, de http://www.ambientum.com/revista/2003_03/escombros.htm

- Riechmann, J. (verano de 2003). Biomímesis. *El Ecologista*, 36. Obtenido de <http://www.ecologistascalah.org/docs/curso/Biomimesis.pdf>
- Rockström, J. (julio de 2010). Dejemos que el ambiente guíe nuestro desarrollo.
- Rocuts, A. (s.f.). *Sostenibilidad Portal*. Recuperado el 8 de junio de 2011, de Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Cataluña: http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=8&id=203
- Rodríguez, M. A. (17 de julio de 2014). Obtenido de <http://www.slideshare.net/marcoabanto/desperdicio-de-agua-en-la-construccion>
- Rojas, S. (21 de enero de 2012). Obtenido de http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Caso_Estudio_Estadio_Olimpico_de_Munich_/Frei_Otto_-_Proyecto_Stuttgart_21_-_Sagrada_Familia_/A.Gaudi
- Rosa, M. (9 de febrero de 2011). *Parque Alamillo-Encinarosa*. Recuperado el 30 de abril de 2012, de <http://parquealamillo-encinarosa.blogspot.mx/2011/02/hornero.html>
- Schultz, C. N. (1975). *Existencia, espacio y arquitectura*. Barcelona: Blume.
- Sears, A. L., Smiley, J., Hilker, M., M. F., & Rank, N. E. (2001). Nesting behavior and prey use in two geographically separated populations of the specialist wasp *Symmorphus cristatus* (vespidae: Eumeninae). *The American Midland Naturalist*, 145(2), 233-246.
- Silvania Mariani A., M. T. (abril de 2004). *Análisis químico cuantitativo y condiciones de pulpage kraft de colihue: Parte I*. Universidad Austral de Chile, Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Valdivia. Recuperado el 14 de febrero de 2012, de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002004000100010&script=sci_arttext
- SIMAT. (s.f.). Recuperado el 21 de septiembre de 2010, de Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México: <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnozono.htm>
- Siñani, S., & Mancilla, B. (10 de abril de 2011). PROBLEMÁTICA AMBIENTAL PRODUCIDA POR LAS LADRILLERAS. La Paz, Bolivia.
- Soria, A. (1 de mayo de 2002). <http://www.arturosoria.com/botanica/art/hormigas.asp>. Recuperado el 23 de febrero de 2012, de www.arturosoria.com
- swissinfo. (07 de marzo de 2007). *swissinfo.ch*. Recuperado el 02 de 06 de 2011, de Holcim-Apasco recibe reconocimiento en México: http://www.swissinfo.ch/spa/economia/Holcim-Apasco_recibe_reconocimiento_en_Mexico.html?cid=5765716
- Textos científicos. (22 de octubre de 2005). *Textos científicos*. Recuperado el 13 de febrero de 2012, de <http://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- The Alliance for Responsible Atmospheric Policy. (2002). *The Alliance for Responsible Atmospheric Policy*. Recuperado el 10 de febrero de 2011, de http://www.arap.org/docs_es/hcfc.html
- The Emergence and Design Group. (junio de 2004). Emergence in Architecture. *AD*, 8.

- The Nature Conservancy*. (s.f.). Recuperado el 30 de abril de 2012, de México, arrecife mesoamericano.:
<http://espanol.tnc.org/dondetrabajamos/mexico/lugares/arrecife.html>
- Tishner, U. (2002). *How to do Ecodesign?* Birkhauser.
- Toledo, V. M. (2006). *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*. México: siglo XXI editores, s.a. de c.v. en coedición con el centro de investigaciones en ecosistemas y la dirección general de publicaciones y fomento editorial, UNAM.
- Tolosa, M. N. (julio de 2009). *Ciudades para un futuro más sostenible*. Recuperado el 15 de febrero de 2012, de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-huella-hidrica.html>
- Treballs academics UPC*. (s.f.). Recuperado el 23 de mayo de 2013, de UPCommons:
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3319/7/55868-7.pdf>
- Tschinkel, W. R. (2004). *The nest architecture of the Florida harvester ant, Pogonomyrmex badius*. Recuperado el 24 de abril de 2012, de
[http://www.bioone.org/doi/full/10.1672/1536-2442\(2004\)004\[0001:TNAOTF\]2.0.CO;2#toclink6](http://www.bioone.org/doi/full/10.1672/1536-2442(2004)004[0001:TNAOTF]2.0.CO;2#toclink6)
- U. S. Green Building Council. (s.f.). Recuperado el 30 de abril de 2012, de
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>
- U.S. Energy Information Administration. (2009). *architecture2030*. Recuperado el 27 de Enero de 2011, de http://architecture2030.org/the_problem/problem_energy
- Umaña Morera, M. (4 de abril de 2011). *Sostenibilidad y ciclo de vida de los materiales*. Recuperado el 3 de abril de 2012, de
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/14046/1/Una%C3%B1aMariseI_Tesina.pdf
- Umaña Morera, M. (4 de abril de 2011). *Sostenibilidad y ciclo de vida de los materiales*. Barcelona, Cataluña, España. Obtenido de Master arquitectura .
- UNESCO. (2 de noviembre de 2001). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Recuperado el 8 de junio de 2011, de Instrumentos normativos: http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13179&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- Universidad Autónoma Metropolitana. (s.f.). *Campaña de conciencia ambiental*. Recuperado el 7 de febrero de 2011, de
<http://www.concienciaambiental.com.mx/cca/aluminio.html>
- Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". (26 de agosto de 2012). *Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"*. Obtenido de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/documentos.html>
- Universidad de Texas en Austin. (17 de septiembre de 2011). *Fieras de la ingeniería*. Recuperado el 7 de febrero de 2013, de
<http://www.fierasdelaingenieria.com/nuevo-modo-de-almacenar-grandes-cantidades-de-energia-electrica/>
- Van Weenen, J. C. (1995). Towards sustainable Product Development. *Jurnal of Cleaner Production*. 3.(1-2), 95-100.
- Vanden Broeck, F. (2000). *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Vantreese, S. (Aug de 2006). The dirt on daubers: Mud dauber wasp build messy nests, but reserve their stingers for spiders. *McClatchy - Tribune Business News*, 09:1-1.
- Varela Fernández, S. (21 de Agosto de 2009). *El Blog Verde*. Recuperado el 8 de junio de 2011, de <http://elblogverde.com/materiales-biodegradables/>
- Varela Fernández, S. (30 de julio de 2010). *El Blog Verde*. Recuperado el 8 de junio de 2011, de <http://elblogverde.com/muebles-ecologicos/>
- Viñas, X. C. (21 de mayo de 2008). *mailxmail.com*. Recuperado el 14 de febrero de 2012, de <http://www.mailxmail.com/curso-manual-gestion-comercio-segunda-parte/consumidor>
- Weidmann Creative. (2008). *Weidmanncreative.com*. Recuperado el 15 de agosto de 2008, de <http://www.weidmann-creative.com/main.htm>
- Wikipedia. (29 de septiembre de 2011). *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 30 de septiembre de 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Hierro>
- Wikipedia. (29 de diciembre de 2011). *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado el 30 de enero de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Biomimesis>
- Wikipedia. (4 de junio de 2013). *La enciclopedia libre*. Recuperado el 13 de junio de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodegradabilidad>

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

No.	Descripción	autor	URL	página
1	Tronco craquelado	Foto: Alexei Romanov	http://static3.depositphotos.com/1000147/178/i/450/depositphotos_1785535-Cut-of-a-rotten-tree.jpg	12
2	corteza craquelada	Foto: Alberto Salguero	http://masswallpapers.mobi/wp-content/uploads/acer-campestre-bark-pictures-11.jpg	12
3	piso de adoquín	Foto: CMIC	http://4.bp.blogspot.com/-WDfLbg_rzxA/UnuPSCWtxWI/AAAAAAAAxUo/lk5xVN-l3GY/s1600/adoquines.jpg	12
4	Burbujas	Foto: Leszek Glasner	http://thumbs.dreamstime.com/x/estructura-macra-colorida-del-extracto-de-las-burbujas-de-jab%C3%B3n-36799381.jpg	13
5	piedras de río	Foto: NAUMAN ALI	http://freedeskwallpapers.com/wp-content/uploads/2013/10/Rocks-4.jpg	13
	panal de abejas	Fotos: Google	https://miramath.files.wordpress.com/2008/11/panal_abejas.jpg	13
6	Piña de pino	Foto: Florenci Vallès	http://ichn.iec.cat/Bages/pinedes/lmatges%20grans/Pinus%20halepensis5.jpg	14
7	Copo de nieve	Foto: Bentley	https://jillsbooks.files.wordpress.com/2010/10/snowflake-by-bentley.jpg?w=363	14
8	Cellscreen	Foto: Korban/Flauber	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/736x/2e/58/ac/2e58ac5035b76b94094d03ed8344f71c.jpg	14
9	cangrejo de mar	Foto: Google	https://public.bn1301.livefilestore.com/y2paHNcKeG-8a988fbaQBEVpgKzqToZSr4fhOKC5BsnTxM26K2_O7TlucyKrhkuHKx6TrJJcKDDMMYbin_x3hnGqm5jYGkWY8kzgp_XGolo-tQ/cangrejodemar.jpg?psid=1&rdrts=109965084	15
10	Puertas de proyección	Foto: atelier drome, llp	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/736x/e6/36/c7/e636c7f646e9733745e3948a1cd3fb2c.jpg	15
11	Jardín Mundani	Foto: Jardín Mundani	http://jardin-mundani.info/araliaceae/hiedra-epifita2.jpg	16
12	Mosquito	Foto: JC	http://farm2.static.flickr.com/1431/1356734103_046610ec12_m.jpg	16
13	Pastas texturizadas	Foto: Panelco	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/736x/ca/2d/79/ca2d7959e709d27cd20ce632481ffa25.jpg	16
14	Media-TIC	Foto: Enric Ruiz Geli	http://www.designbuild-network.com/projects/media-tic/images/1-media-tic-building.jpg	18
15	Pabellón Sed	Foto: ruiz-geli.com	http://i.vimeocdn.com/video/149450817_640.jpg	18

No.	Descripción	autor	URL	página
16	Hormigas formando una cadena	Foto: Alex Wild	http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTJMctEHXdznRLOpqDeKhfQ94uasjBE4irMwfENYJCNl1fCjKpSKQ	20
17	Hormiguero	Fotos: Charles Badland	http://www.rinr.fsu.edu/2000/features/images/waltersantcastles.jpg	21
18	Edificio Celosía	Foto: HoCo Density Housing Construction and Costs	http://c1038.r38.cf3.rackcdn.com/group1/building3093/media/media_22.jpg	21
19	Edificio Celosía	Foto: www.mvrdv.nl	http://c1038.r38.cf3.rackcdn.com/group1/building3093/media/featured/media_19.jpg	22
20	Capullo	Foto: infognrja.com.ar	https://tibetanmaterialhistory.wikischolars.columbia.edu/file/view/silkwormcocoon.jpg/100490083/silkwormcocoon.jpg	23
21	Casas de bambú	Foto: xbichox en Flickr	http://inhabitat.com/vertical-bamboo-towers-are-high-tech-and-primitive-at-the-same-time/bamboo-housing-saint-val-laurent-g/?extend=1	24
22	Termitero cónico	Foto: Daryl Fritz	https://c1.staticflickr.com/1/147/344825490_eagb26c508_b.jpg	25
23	Termitero plano	Foto: NeilsPhotography	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/236x/a5/98/20/a59820a49531eabe39c7514dc2b2d88b.jpg	25
24	Termitero de madera	Esquema: Google	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/236x/42/a7/58/42a75870875836c25b4016809e43dbca.jpg	25
25	Interior del termitero	Foto: Lloyd Alter	http://www.scielo.br/img/revistas/rbent/v47n3/18897f17.gif	25
26	Eastgate Center	Foto: David Brazier	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1e/Eastgate_Centre%2C_Harare%2C_Zimbabwe.jpg/500px-Eastgate_Centre%2C_Harare%2C_Zimbabwe.jpg	26
27	Vista aérea de la Universidad de Catar	Foto: Qatar University	http://archnet.org/system/media_contents/contents/25264/medium/IAA16570.jpg?1384701131	27
28	Casa dogon	Foto: Edgarrothstein	http://josegenao.files.wordpress.com/2007/05/dogon.jpg	27
29	Panal	Foto: Definicion.de	http://definicion.de/wp-content/uploads/2009/01/Abeja.jpg	28
30	Orquideorama	Foto: GABRIELA PALLARES	http://1.bp.blogspot.com/-EocQFob14bU/VXrimkifqgI/AAAAAABDmE/hSo8ahoHDOW/s640/p4874-4509.jpg	29
31	Avispero de papel	Foto: botavara 50	https://c2.staticflickr.com/4/3367/4630015826_e82903376a_n.jpg	29
32	Avispero de barro	Foto: backyardnature.net	http://www.backyardnature.net/pix/muddaubr.jpg	30

No.	Descripción	autor	URL	página
33	American Society of Materials	Foto: Jeff Buster	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/236x/8d/21/69/8d2169fcf67592e78bo284511f265a29.jpg	30
34	Pabellón de arte en la feria de Abu Dhabi	Foto: http://inhabitat.com/	http://www.designboom.com/wp-content/uploads/2013/12/shigeru-ban-abu-dhabi-art-pavilion-designboom-01B.jpg	31
35	Tubohotel	Foto: Tubohotel	http://assets.dornob.com/wp-content/uploads/2011/10/tube-hotel-night-view.jpg	31
36	Metamorfosis de oruga	Foto: Cathy Keifer	http://s.hswstatic.com/gif/caterpillar-6.jpg	32
37	Parque de la relajación en Torrevieja, España	Fotos: ja paredes	https://albherto.files.wordpress.com/2012/03/relaxation-pavillion-1.png?w=450&h=134	32
38	Producción de telaraña	Foto: Lehninger	http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2013/05/27/article-0-1A066F55000005DC-588_634x373.jpg	33
39	Telaraña	Foto: Carmen Camacho	http://i.blogs.es/d623d4/20090702203512-787141466-8213d32f64/650_1200.jpg	33
40	Telarañas de tarántula	Foto: Daniel Muñoz	http://i.imgur.com/GGo5Y.jpg	34
41	Telarañas en Wagga Wagga	Foto: Thomson Reuters	http://i.imgur.com/4r5YRI.jpg	34
42	Estadio olímpico de Munich	Foto: Schlaich Bergermann und partner / Michael Zimmermann	http://www.guiadealemania.com/wp-content/uploads/2012/05/parque-olimpico-munich-300x157.jpg	34
43	Velaria	Foto: conceptos mx	http://imageshotfrogmx.blob.core.windows.net/companies/conceptos-mx/images-pr/Vel%3%a1rias-Techos-y-Techados-de-Lona-11293_image.jpg	35
44	Puente colgante	Foto: Ramón Masip	http://www.ramonmasip.com/wp-content/uploads/2009/08/puente-colgante-Herilaos-Tr.jpg	35
45	Nido de golondrina	Foto: Xavi Vicient	https://s-media-cache-ako.pinimg.com/236x/99/f8/94/99f89450b4cf9015dce887b20d16c6e1.jpg	36
46	Nido de hornero	Foto: María Rosa	http://www.leonangeli.com.ar/site/images/stories/noticias/hornero.jpg	36
47	Casa de adobe en Bolivia	Foto: León Mayoral Alonso	http://comunidad.muchoviaje.com/cs/photos/bolivia_ms_cerca_del_cielo/images/42057/425x285.aspx	36
48	Pájaro tejedor	Foto: Juan José Marques	http://1.bp.blogspot.com/-exym4AjTLg4/VMaWewUWwel/AAAAAAAAABHg/_oY2JrvTjHY/s1600/nido_tejedor.jpg	36

No.	Descripción	autor	URL	página
49	Colonia de pájaros tejedores	Foto: desconocido	http://1.bp.blogspot.com/_O8OCaC3a-il/TFIxAhghSI/AAAAAAAAABHA/qtDcNHObLiE/s400/tejedor+republicano_curiosoanimal.blogspot.com+(4).jpg	37
50	Paredes de paja	Foto: DSA Architects	http://i-cdn.apartmenttherapy.com/uiimages/sf/01strawbale50409.jpg	38
51	Interior de madriguera	Esquema: Harun Yahya	http://besidethestream.com/wp-content/uploads/2008/05/beaver1.jpg	38
52	Casa de madera	Foto: Miriam Mora	https://permatelemaiz.files.wordpress.com/2012/01/casa_ecoaldea.jpg?w=500	40
53	Madriguera de perrito de la pradera	Foto: praeriehunde.de	http://www.perritodelapradera.info/images/madriguera.jpg	41
54	Casa orgánica	Foto: Ilse Ruiz	http://www.arqred.mx/blog/wp-content/uploads/2009/11/Casa-Organica-E21-S-400x400.jpg	41
55	Arrecife	Foto: Matthias G. Barth	http://www.costaricainfolink.com/es/wp-content/uploads/2009/08/cahuita-parque-nacional-costarica-arrecife-coral.jpg	42
56	Favela	Foto: Frankie P	http://www.passport2freedom.org/wp-content/gallery/favela-photos/favela__max__622x2000.jpg	42
57	Tricóptero	Foto: Matt Reinbold	https://farm3.staticflickr.com/2558/3799483932_292073174b_o_d.jpg	43
58	Yurta mongol	Foto: Google	http://i1233.photobucket.com/albums/ff397/Capaspi/yurtamongoles.jpg	43
59	Pachycereus marginata	Foto: cactus.art.biz	http://www.cactus-art.biz/schede/STENOCEREUS/Stenocereus_marginatus/Stenocereus_marginatus/Stenocereus_marginatus_810.jpg	55
60	Chanel Mobile Art Pavilion	Foto: Rose Etherington	http://neilperkin.typepad.com/only_dead_fish/images/2008/04/07/chanel_mobile_art_4.jpg	70
61	torso	Foto: James Silverman	https://weekinideas.files.wordpress.com/2009/03/arkineta_santiago_calatrava_torre_turning_torso_en_malm__suecia_qqqartido0000000105-img001_r681.jpg?w=300&h=257	70
62	Símbolo masónico	Imagen: foro.elhacker.net	http://taicarmen.files.wordpress.com/2011/05/masonic-master-mason-3d-g-hanging.gif	72
63	Viviendas de interés social	Foto: René Peralta	http://2.bp.blogspot.com/_DHEIXyiF9Gc/S9syzaAn2oI/AAAAAAAAABI/jOT9OwSNeZg/s320/RP-vf1.jpg	82
64	Terreno investigado	Foto: se omite el autor		91
65	Conjunto investigado	Foto: se omite el autor		

No.	Descripción	autor	URL	página
66	Planta de prototipo	Diagramas: se omite el autor		91
67	Logotipo de la UNESCO	Logo: Unesco	http://www.unescona.org/archivos/fotos%20medioambiente/logo-decenio.jpg	115
68	Needle Tower de Kenneth Snelson	Foto: Kenneth Snelson	http://www.informedbynature.org/art_images/1346352428_snelson_1.jpg	119
69	Tenseguridad en la columna vertebral	Foto: T. E. Flemons	https://lh3.googleusercontent.com/zQLgosOIDDNaxGbdIv_-lcyI6bfsZSoGEIMUY5NxMV5U-e7WqxdfpsTNQIH7Wcg2icP6=s117	119
70	Troncos leñosos	Foto: Rubén García / Consumer Eroski	http://static.consumer.es/www/imgs/2010/05/madera-de-pino-articulo.jpg	125
71	Roble	Foto: Google	http://assets.euroresidentes.com/horoscopos/arboles/roble.jpg	126
72	Madera	Foto: Google	http://maderasyembalajeslagranja.files.wordpress.com/2011/05/tablas.jpg	127
73	Triplay	Foto: Yorkshireplywood	http://www.yorkshireplywood.co.uk/images/products/plywood/plywood-800.jpg	128
74	Madera en la construcción	Foto: Google	http://civilgeeks.com/wp-content/uploads/2011/12/Madera-para-encofrados-05.jpg	129
75	Lambrín	Foto: Google	http://www.arqhys.com/wp-content/fotos/2014/01/Maderas-para-extteriores..jpg	130
76	Bambú	Foto: CARLOS@GOVALLES.COM	http://paisajista-jardineria.es/wp-content/uploads/2014/10/brico-jardin-737-cosechar-bambu-xl-668x400x80xX.jpg	131
77	Vivienda de bambú	Foto: Google	http://www.arqhys.com/construccion/imagenes/Us0%20de%20obambu%20en%20la%20construccion%20de%20viviendas%20antisismicas.jpg	132
78	Pacas de paja	Foto: Google	http://agrega.educacion.es/galeriaimg/88/es_20071227_1_5048117/es_20071227_1_5048117_captured.jpg	133
79	Tienda ambientada con fardos de paja	Foto: Google	http://4.bp.blogspot.com/-NWuiWg_e4XQ/Us2VTdkmVDI/AAAAAABZou/z9pIBorPojo/s1600/Tienda+Ambientada+con+Fardos+de+Paja,+Ideas+Ecol%C3%B3gicas+y+Baratas+para+Decoracion+4.jpg	134
80	Metal oxidado	Foto: Google	http://stock-free-images.net/pictures/23/images/rusted_metal_texture.jpg	135
81	Chapas de acero	Foto: Google	http://www.guiadelaindustria.com/res/companias/4dd1b616f582f51oba7331dd/productos/50742628e4b065off5ddcd72/chapas%20de%20acero%20especiales.jpg	136

No.	Descripción	autor	URL	página
82	Acero inoxidable	Foto: Google	http://www.metalmuebles.com.mx/imagenes/lateral.jpg	137
83	Lámina pintada	Foto: Google	http://www.arlam.mx/wp-content/uploads/2010/11/lamina-pintada-330x220.jpg	138
84	Herrería	Foto: Guillermo	http://www.aquioxaca.com/imagenes/puertas/image001.jpg	139
85	Lingotes de aluminio	Foto: aluminio.org	http://aluminio.org/wp-content/uploads/2012/03/archivo16_mini.jpg	141
86	Perfiles y placas de aluminio	Foto: Google	http://www.broncesval.com/img/ALUMINIOS2.jpg	142
87	Aluminio en la construcción	Foto: Aleksandar Jovanovic	http://thumbs.dreamstime.com/x/junta-de-las-vigas-de-acero-y-subconstruction-del-aluminio-4776937.jpg	143
88	Piedras	Foto: Arqhys	http://www.arqhys.com/articulos/fotos/articulos/Fabricas-de-piedra-300x240.jpg	144
89	Barda de piedra	Foto: portwalkbescu	http://cmaps.cmappers.net/rid%3D1H56G8SKV-H1RJL3-6XD/piedra.jpg	146
90	Concreto	Foto: Lunamarina	http://thumbs.dreamstime.com/x/textura-montar-fresca-del-primer-del-cemento-blanco-24767329.jpg	148
91	Concreto armado	Foto: tecnoconcretos	http://tecnoconcretos.com.mx/wp-content/uploads/2014/08/concreto_01-620x493.jpg	150
92	Ladrillos	Foto: Fruggo	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/Stapel_bakstenen_-_Pile_of_bricks_2005_Fruggo.jpg/640px-Stapel_bakstenen_-_Pile_of_bricks_2005_Fruggo.jpg	151
93	Edificio de ladrillo	Foto: Gabyrojman	http://www.construmatica.com/construpedia/images/3/37/Ladrillo_pared.jpg	153
94	Azulejos	Foto: ledecoracoes	http://ledecoracoes.com/decoracao/wp-content/uploads/2011/10/pentagon-tiles-ogassian-3.jpg	154
95	Baldosas portuguesas	Foto: homydesign	http://p1.pkcdn.com/baldosas-portuguesas-tradicionales_319461.jpg	155
96	Bloques de adobe	Foto: Victor Bloomfield	http://blog.lib.umn.edu/victor/hereandthere/assets_c/2010/06/Chincher0-1-thumb-500x375-45737.jpg	156
97	Vivienda de adobe	Foto: Vmenkov	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/Milyanfan-adobe-brick-house-8040.jpg/800px-Milyanfan-adobe-brick-house-8040.jpg	157
98	Vidrio plano	Foto: montal	http://montal-blanes.com/wp-content/uploads/vidrio-940x420.jpg	159
99	Cúpula del Reichstag en Berlín	Foto: pixabay	https://pixabay.com/static/uploads/photo/2010/12/28/00/11/reichstag-4145_640.jpg	160

No.	Descripción	autor	URL	página
100	Poliestireno	Foto: clubdarwin	http://cdn-images.cdnstatic.net/sites/clubdarwin.net/files/imagecache/npm_image_8col/478x268xPoliestireno_colores.jpg.pa gespeed.ic.swHoVyRtjX.webp	162
101	Elementos de plástico para la construcción	Foto: certificados energeticos.com	http://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2015/04/materiales-transformados-construccion-edificios-300x204.jpg	163
102	Aislamiento en fachada metálica	Foto: blog.paratureforma.com	http://www.blog.paratureforma.com/wp-content/uploads/aislamiento_fachada_metalica.jpg	165
103	Panel estructural	Foto: paginas.seccionamarilla.com.mx	http://paginas.seccionamarilla.com.mx/img/upload/poliestireno-materiales-y-componentes_sctaheader.jpg	167
104	Escombros	Foto: pmonshi	https://pmonshi.files.wordpress.com/2007/11/escombros11.jpg	168
105	Agua potable usada en la construcción	Foto: Henri Popa	http://stereo100.com.gt/wp-content/uploads/2012/06/FUGA-AGUA.jpg	170
106	Silla de maple	Foto: Architonic	http://www.architonic.com/imgLetAlt/0802_Letter/maplex_008_p.jpg	175
107	Nanotubo de carbono	Foto: Wikipedia Commons	http://1.bp.blogspot.com/_AOYmrAN8Vs/Uo1DuMTToUoI/AAAAAAAAAbs/okucdM8rgus/s320/Carbon+Nanotube.png	176
108	Productos de bioplástico	Foto: Google	http://4.bp.blogspot.com/_3uwOEOeA8FM/TuIQunvwZYI/AAAAAAAAAs/eupPw4G1EoA/s320/bio.jpg	177
109	Casco de madera líquida	Foto: Rich	https://idsamp.files.wordpress.com/2009/08/sr_helmet.jpg?w=500	179
110	Bioladrillos	Foto: Rich	http://www.orga-architect.nl/wp-content/uploads/2013/10/Ginger-Dossier-300x207.jpg	179
111	Aislamiento con soya	Foto: BioBased Insulation	http://www.biobasedinsulation.co.uk/images/Project4.jpg	180
112	Aislamiento con algodón	Foto: Bonded Logic	http://www.buildinggreen.com/cgi-bin/scale.cgi?width=250&src=/articles/images/1401/Bonded_Logic.jpg	181
113	Aislamiento de lana	Foto: Sound Service	http://www.soundservice.co.uk/images/thermafleece.jpg	181
114	Corcho	Foto: kontekstua.com	http://bligoo.com/media/users/0/22932/images/DSC00131.JPG	182
115	Bayer y McIntyre presentando su material aislante	Foto: daylife.com	https://io.wp.com/farm4.static.flickr.com/3084/3222813304_0e1b6a89d8.jpg	182

No.	Descripción	autor	URL	página
116	Techos verdes	Foto: Eduardo Cresta	http://baybridgehouse.org/wordpress/wp-content/uploads/2013/08/6a00d83497dec269e201774297cae9970d-80owi-80ox525.jpg	183
117	Koala	Foto: August, Hsueh-Cheng Ho	https://www.savethekoala.com/sites/default/files/images/koaladiet1.jpg	19
118	Casa COB en Cadhay	Foto: Benjahdrum	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/The_Cob_House_-_Cadhay.jpg	25
119	Santuario de meditación COB en Hollyhock, Canadá	Foto: hollyhock.ca	http://www.inspirationgreen.com/assets/images/Blog-Building/Cob%20Home%20Exteriors/coed%20hills%20rural%20art%20space%20ofb.jpg	25
120	Tapial	Foto: Marisela Seijas	http://www.venezuelatuya.com/902/img/20100823-307963.JPG	26
121	Uno de los prototipos construidos con ladrillos de papel reciclado	Foto: Irma Montiel	http://www.eco2site.com/adjuntos/jpg/2011/07/460.jpg	26
122	Construcción a partir de botellas de plástico	Fotos: Pura vida	http://www.basurillas.org/blog/wp-content/uploads/2008/10/pura_vida_013.jpg	27
			http://www.basurillas.org/blog/wp-content/uploads/2008/10/pura_vida_05.jpg	27
123	polibrick	Fotos: Hymini	http://www.jetsongreen.com/images/old/6a00d8341c67ce53ef01347fd66e9f970c-50owi.jpg	28
	Pabellón de polibrick's		http://2.bp.blogspot.com/_zolqgbMy8vk/S8cOsQEXJvI/AAAAAAAAAGg/-DP8XWZmXgk/s320/ecoark-edo3.jpg	28
124	Earthship	Foto: Earthship Biotecture.	http://todobarro.com/sites/default/files/Earthship-Biotecture-Taos-USA-1.JPG	29
125	BedZed, por Bill Dunster	Foto: Rockwool peninsular, S. A. U.	http://www.ecofriendlybuilding.com/siteimages/bedzed-long-elev-300.jpg	31