

Diseñar con el clima.

Desafío hacia una arquitectura sostenible.

Ph.D. Pablo La Roche¹

Conferencia en línea transmitida el 28 de octubre de 2020, en el marco del ciclo "Urbanismo y arquitecturas regenerativas" organizado por la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Geografía de la Universidad de Concepción.

98

Esta presentación estará enfocada en dos puntos de vista. El primero, se basa en la docencia, comentando mi experiencia como director interino del Lyle Center for Regenerative Studies para estudios regenerativos. Este es un centro interdisciplinario que tiene como objetivo dar soluciones a problemas actuales sobre sostenibilidad, pero yendo más allá de ese concepto: hacia una regeneración de los sistemas en los cuales estamos envueltos. Así, lo que hacemos es promover principios necesarios para llevar una vida ambientalmente responsable a través de educación, investigación y demostración.

En la segunda parte de la exposición, mostraré proyectos relacionados al lugar donde ejerzo profesionalmente. Se trata de una oficina de arquitectura con más de 1.500 personas distribuidas en diferentes ciudades del mundo. Yo estoy a cargo de la sección de sostenibilidad. Contamos con proyectos en veinte oficinas, ubicadas entre Estados Unidos, México, Medio Oriente, Asia y diversos países de Europa. Hemos trabajado en casi cualquier lugar del mundo. Menos, lamentablemente, en Sudamérica.

¹ Ph.D. LEED AP BD+C
Professor, Department of Architecture
Interim Director, Lyle Center for Regenerative Studies,
Cal Poly Pomona
pmlaroche@cpp.edu
<https://orcid.org/0000-0002-7352-3916>

Introducción

Cómo responder al clima de cada lugar

Debemos tener presente el impacto ambiental de los edificios que construimos. Estos son responsables de alrededor del 39% de las emisiones de los gases de efecto invernadero² de nuestro planeta. De esta cifra, cerca de un 28% corresponde a la operación del edificio y 11% se da por los materiales que están embebidos en la construcción misma. Es decir, casi el 40% de las emisiones son producto de los edificios que diseñamos nosotros, como arquitectos, lo cual es algo bastante importante.

La otra información que hay que tener siempre en cuenta –y esto para mí fue un descubrimiento hace relativamente poco– es la del último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Aquí se asegura que, de continuar el rumbo que llevamos –correspondiente a un presupuesto de 340 GtCO₂– hay solo un 67% de probabilidades de mantener la temperatura global a menos de 1,5 °C de incremento en diez años, que es la cifra que se ha considerado como el objetivo mínimo que tenemos que lograr. Entonces, imagínense, ni siquiera es un ciento por ciento de posibilidad.

En ese sentido, está claro que para reducir nuestro impacto negativo en el cambio climático, debemos disminuir las emisiones generadas por los edificios. Eso es algo que simplemente tenemos que entender como arquitectos: tenemos una responsabilidad ética con nuestro planeta, con la sociedad, para reducir estas emisiones, porque nuestros edificios son responsables del 39% de ellas.

Ahora, ¿cómo debemos diseñar los edificios para lograr este objetivo? Esa es la gran pregunta.

Parte de esta respuesta se encuentra en la envolvente térmica del edificio, que es algo que los arquitectos trabajamos y en lo cual pensamos mucho. Quienes hemos ejercido profesionalmente construyendo, sabemos que cuando hablamos con ingenieros, suele ocurrir que ellos quieren diseñar un edificio aislado, con pocas ventanas y que funcione de manera muy compacta. Y, por otro lado, estamos nosotros los arquitectos, que queremos algo más emocionante y creativo. Digamos: el otro extremo. Y, lamentablemente, muchas veces, lo que termina ocurriendo es que no hacemos ni uno ni lo otro. El resultado es un edificio nada excepcional, donde los habitantes tienen que añadir sistemas mecánicos de enfriamiento o calentamiento, como aires acondicionados.

² Según la definición del Glosario 2013 del IPCC, los gases de efecto invernadero (GEI) son definidos como un "componente gaseoso de la atmósfera, natural o antrópico, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes".

Sin embargo, la arquitectura vernácula siempre ha tomado en cuenta las características del lugar y es lo que podemos aprender de ella como un primer paso: edificios adaptados a las condiciones climáticas locales. Por ejemplo, en un clima cálido-húmedo –como en la laguna de Sinamaica, ubicada al norte de Maracaibo, Venezuela (figura 1), las construcciones están separadas unas de las otras para maximizar el movimiento y flujo del aire. Además, son bastante permeables para permitir el paso del viento a través de la envolvente a su interior.



Figura 1. Vista de las edificaciones Paraujanas en Sinamaica. Fuente: Laura Rodríguez.

El diseño urbano también es un proceso del cual se puede aprender a conectar con el clima. Por ejemplo, en el diseño traído por las compañías petroleras a principios del siglo XX, se promovió este tipo de asentamientos en climas cálidos-húmedos, donde los edificios están, de nuevo, separados con el fin de maximizar la sombra y promover la ventilación natural.

Si nos vamos al desierto, a los climas cálidos-secos, vemos, más bien, lo contrario: los edificios son compactos y se construyen uno al lado del otro ¿por qué? Para reducir la acumulación de calor por conducción y radiación. De este modo, se crean calles angostas, que dan sombra, y minimizan el flujo de calor por conducción al interior de la edificación. Es decir, que si el flujo de calor es igual al valor U por el área, por la diferencia de temperatura entre en el interior y el exterior ($Q = U \cdot A \cdot \Delta T$), lo que esta estrategia produce es reducir el área en contacto con la radiación solar al construir edificios más compactos, reduciendo el área y la diferencia de temperatura.

Yendo más allá de lo urbano hasta el mobiliario, existe el ejemplo de la hamaca: un objeto que flota en el espacio para maximizar el movimiento del aire en contacto con el cuerpo. Tenemos aire pasando por nuestro cuerpo y estamos maximizando el enfriamiento evaporativo en nuestra

piel. O sea, este objeto cuenta con un sustento climático bastante interesante y ha sido resuelto de una manera estéticamente agradable. Esto nos demuestra que hay maneras de diseñar que pueden funcionar en diferentes partes del mundo solo comprendiendo el tipo de clima local.

En esa línea, a fin de responder a la naturaleza que está alrededor de nosotros, es fundamental comprender dos cosas: la geometría solar –dónde se ubica el sol– y el movimiento del aire –de dónde viene el viento–.

Hacia una arquitectura sensible al clima

Educación, investigación y práctica

Para lograr una arquitectura sensible al clima, debemos partir por promoverla en tres espacios fundamentales: educación, investigación y ejercicio de la profesión. En ese sentido, no existe un camino único para conseguirla, sino que debe ser abarcada desde todas las instancias mencionadas, pues cada una de ellas es relevante para su desarrollo.

Educación

Sostenibilidad como asignatura obligatoria

En cuanto a la educación –de la cual me referiré principalmente a lo que sucede en los Estados Unidos– el primer problema actual es que los estudiantes de arquitectura están expuestos solo a conceptos básicos de diseño sustentable. Únicamente en seminarios avanzados, de posgrado o pregrado se presentan conceptos más avanzados al respecto, como el modelado de energía o el diseño de edificios de energía neta cero. Debido a que estos cursos no son obligatorios, apenas una pequeña fracción de los alumnos pueden inscribirse en ellos.

Una de las cosas que he tratado de hacer, impartiendo la clase de segundo año de sostenibilidad en arquitectura, es introducir la teoría de sostenibilidad lo antes posible en el programa. En nuestro caso, esta materia antes se cursaba en tercer año de la carrera, pero ahora la hemos pasado a segundo. Además, todos los estudiantes –tanto de pregrado como de postgrado– la deben aprobar y ejercitar desde una mirada práctica, relacionada con el diseño, evaluación de ideas y sistemas.

El segundo problema, en materia de educación, tiene que ver con lograr integrar, en la práctica, el diseño junto a la teoría sobre sostenibilidad, ya que a veces hay una división entre las clases teóricas y la implementación del diseño.

La tercera parte relevante en materia de educación es la necesidad de aumentar la comprensión de la física de las edificaciones, con especial énfasis en la transferencia del calor a través de la envolvente del edificio por conducción, convección y radiación.

Es fundamental entender cómo funciona la envolvente y notar –si com-

prendemos cómo son esas tres propiedades (conducción, convección y radiación)– de qué manera se puede mover la energía, podemos ser altamente creativos con nuestros edificios.

El cuarto aspecto de la educación es el aprender haciendo. Es decir, no solamente diseñar, sino que es construir y evaluar los sistemas. Así, por ejemplo, en el *Lyle Center for Regenerative Studies* tenemos a estudiantes que evalúan diversos sistemas, como la propuesta de un alumno tesista que construyó una ventana con agua en el interior para ver cómo se puede calentar esa agua durante el día y utilizarla para calentar el espacio en el interior. Entonces, no se trata solo de pensar teóricamente, sino diseñar, construir y evaluar.

En ese contexto, un proyecto hecho por alumnos fue un prototipo para Tijuana, México (ver figura 2), basado en los asentamientos informales que se desarrollan en colinas. Estos lugares están compuestos por viviendas deficientes y servicios urbanos informales en pendientes pronunciadas y con riesgo de deslizamiento de tierra, terremotos e inundaciones. Además, las casas no poseen aislantes ni calefacción. Entonces, en este caso el asunto no fue cómo ahorrar energía –ya que no existía enfriamiento ni calentamiento de partida–, sino cómo insertar tecnologías sustentables y de bajo costo por sistemas pasivos. Es decir: cómo adaptarse a la topografía y hacer crecer la vivienda progresivamente. Quisimos que una vivienda muy sencilla crezca fácilmente a una más grande. De esta manera, los estudiantes fueron construyendo y probando los sistemas con materiales reciclados.



Figura 2. Casa diseñada con tecnologías sustentables y construida con materiales reciclables por estudiantes de Arquitectura y del Lyle Center for Regenerative Studies para Tijuana, México. Fuente: Pablo La Roche.

Investigación

Creatividad para avanzar

El desarrollo en la práctica de la arquitectura y la necesidad de avanzar en la misma demuestran la importancia de la investigación. No podemos avanzar si seguimos siempre haciendo todo en la misma forma.

Muestra de lo anterior son los techos verdes como sistemas pasivos de enfriamiento. El potencial de enfriamiento de diferentes configuraciones de techos verdes se ha evaluado durante varios años utilizando celdas de prueba, ubicadas al aire libre y expuestas a la intemperie en el *Lyle Center for Regenerative Studies* en Cal Poly Pomona University, a 30 km al este de Los Ángeles, California.

Ejercicio profesional desde una mirada regenerativa

En cuanto al ejercicio profesional –es decir, los diseños y construcciones que efectivamente realizamos como arquitectos–, considero que debemos avanzar urgentemente hacia edificios, como John T. Lyle llamaría, “regenerativos”: aquellos que pueden renovar los sistemas ambientales deteriorados para volver a existir, creando un entorno mejor que el inicial.

¿Cómo avanzamos hacia la práctica de esa idea? Daré un ejemplo mediante el sistema de trabajo que tenemos en CallisonRTKL. Allí hacemos lo que llamamos *Performance Driven Design* (PDD), que tiene como idea mejorar el desempeño en nuestros edificios implementando diferentes estrategias de diseño y siguiendo los mismos principios básicos de trabajo en todos nuestros proyectos (ver figura 3).

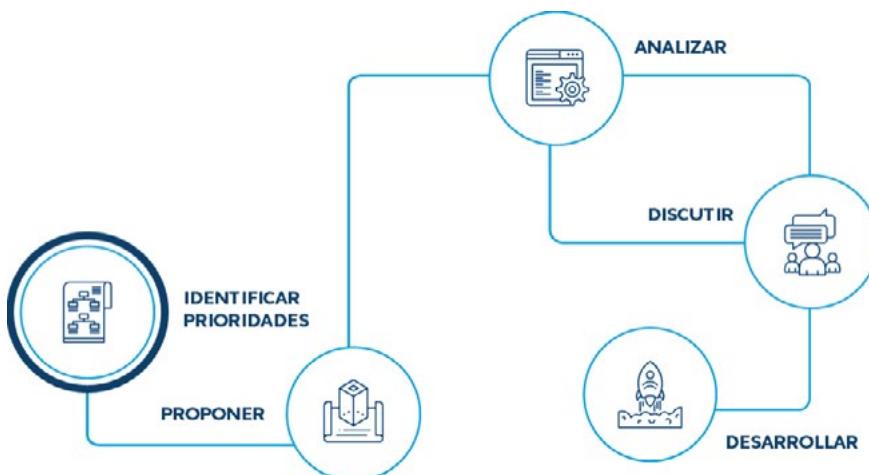


Figura 3 Diagrama del sistema de trabajo *Performance Driven Design* (PDD). Fuente: CallisonRTKL

Podemos resumirlo en dos pasos: proponer y evaluar. Sin embargo, pasamos por una suerte de sistema donde, primero, se identifican prioridades; segundo, se proponen ideas; tercero, se analizan y se discuten y, finalmente, se desarrolla. Podemos volver al paso anterior si no es adecuado, si la idea todavía no funciona hasta finalmente desarrollarla. Es un proceso interactivo embebido en el procedimiento de diseño y que contiene sus propias estrategias de acuerdo con nuestros objetivos.

Proyectos sobre enfriamiento pasivo y calentamiento solar

En esta segunda parte daré a conocer algunos de los proyectos que hemos realizado. Nosotros intentamos siempre insertar el enfriamiento pasivo a nuestros edificios. Es decir: conectarnos con el clima y utilizar el medio para disipar la energía; utilizar el edificio mismo como el sistema de calentamiento y de enfriamiento. Debemos pensar cómo diseñarlo para que la energía fluya por conducción, convección o radiación a través del edificio para lograr la temperatura que queremos en el interior sin tener tantos problemas de emisiones producto de los sistemas mecánicos.

Pero antes de enfriar el ambiente del edificio, debemos evitar que este se caliente. Por tanto, debemos dar sombra. Una muestra de esta idea se puede observar en el diseño de la terminal 2 del aeropuerto de Guadalajara (ver figura 4), donde trabajamos. Lo primero que hicimos fue, nuevamente, analizar el clima. Así, nos fijamos en un gráfico que nos muestra que, cuando las temperaturas son superiores a 20° grados, probablemente necesitaremos sombra.

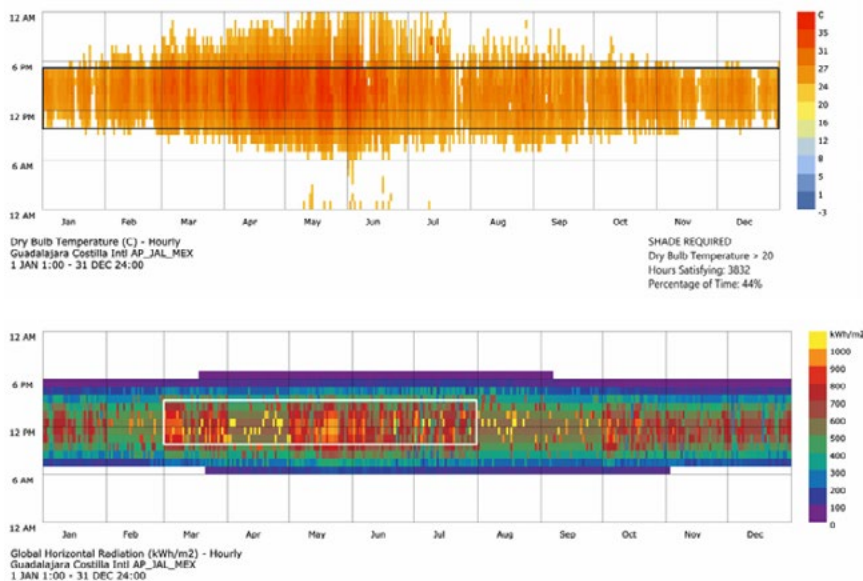


Figura 4. Gráfico señala temperatura de Guadalajara en grado Celsius (arriba) e índices de radiación solar (abajo). Fuente: CallisonRTKL.

Entonces, vemos que en Guadalajara hace falta sombra prácticamente durante todo el año. Y, además, si analizamos la radiación solar, se observa que el periodo más alto es del 1 de marzo al 30 de julio. La combinación de estas dos variables indica la época más crítica, porque habrá más temperatura con mayor radiación.

Estamos tratando de entender el clima para diseñar la sombra adecuadamente y tratar de ver cómo funciona. En este caso, queremos maximizar las vistas, pero reducir esos flujos de energía del exterior, o sea queremos ventanas, pero no queremos sol pasando por esas ventanas hacia el interior. Entonces, trabajamos con un alero y probamos de nuevo: evaluamos las ideas.

Enfriado con aire

La atmósfera proporciona un medio poderoso para la transferencia de calor, principalmente por convección. El enfriamiento por ventilación a la atmósfera es probablemente la forma más sencilla de eliminar el calor de los edificios.

La ventilación de confort proporciona bienestar directo mediante el movimiento del aire a través del cuerpo, evaporando el sudor y refrescando la piel. La ventilación nocturna enfría la masa térmica del edificio con aire exterior. Durante el día, la masa enfriada actúa como un disipador de calor, reduciendo la tasa de aumento de temperatura interior.

Enfriado con agua

Aunque el disipador de calor en última instancia es el aire, los sistemas de enfriamiento por evaporación se incluyen en una sección separada, porque el agua es un componente importante de enfriamiento y transporte del sistema. En este caso, el enfriamiento es evaporativo, pero utiliza el aire con agua porque, a diferencia de la ventilación natural, se utiliza agua como opción de enfriamiento evaporativo.

Les voy a describir un caso de estudio para un cine que forma parte del desarrollo de la marina de Pearl City en Khiran, Kuwait, el cual debe estar entre los lugares más calurosos del mundo. Cuando vi el análisis climático me quedé asombrado. Las temperaturas estaban por encima de los 45 °C gran parte del año. Como estrategia de diseño, lo que hicimos fue mejorar el control solar, enfriar el aire cerca de las ventanas y el del terreno delante del edificio (ver figura 5).

Así es que, primero, profundizamos alrededor de las áreas con aberturas más grandes para dar sombra en la fachada exterior y añadimos otra capa de persianas para promover el enfriamiento evaporativo en base al clima del lugar. Por ejemplo, si tenemos 39-40° C, podemos llevar la temperatura del aire a 20° con enfriamiento evaporativo, siguiendo líneas de igual entalpía, y también enfriar el terreno delante del edificio.



Figura 5. Fachada del multi-cine en la Marina de Pearl City, Khiran, Kuwait. Fuente: CallisonRTKL.

El flujo de calor a través de este vidrio por conducción –y también hay radiación que está bloqueado por la sombra– va a ser igual a $(Q= U^* A*\Delta T)^3$. Entonces, mientras mayor sea la temperatura entre el exterior y el interior, mayor va a ser el flujo de calor por este vidrio. Ahora, si comparamos estos 40 centígrados a los 25 que tengamos en el interior, va a haber mucho flujo de calor, pero, si logramos reducir esta temperatura con enfriamiento evaporativo, el ΔT va a ser menor, debido al enfriamiento del aire cerca de su superficie. Entonces, la solución típica sería: vamos a poner un vidrio con más aislante, pero, también de nuevo, si uno entiende cómo fluye el calor, uno puede pensar en soluciones alternativas que sean más interesantes. Aun cuando la solución de enfriamiento evaporativo no se pudo incluir en el desarrollo final del proyecto revela la posibilidad de soluciones alternas.

Enfriamiento en el exterior integrando estrategias

Trabajamos en muchos proyectos en estrategias de acondicionamiento micro climáticas exteriores, este particularmente en el plan maestro de la Universidad del Estado de California en San Bernardino, Estados Unidos, en el desierto. Aquí como en todos los proyectos hicimos un estudio detallado del clima.

Nos centramos en muchas cosas, por ejemplo, en el uso de los espacios exteriores ¿Cómo podemos utilizarlos más? Porque era algo que querían como universidad, el intercambio continuo e informal de ideas entre estudiantes y profesores. Entonces, desarrollamos ideas de elementos vegetales que den sombra, que se puedan conectar con el agua para en-

³ Coeficiente de transferencia de calor, expresado como:
Q= transferencia de calor; U= transmitancia termica; A= Area de la superficie; ΔT = Diferencia de temperatura.

friar el sitio donde uno se está sentando. Tenemos sombra, pero también tenemos enfriamiento evaporativo con las chimeneas (ver figura 6). Lo más interesante en este caso es que, al incorporarse en el plan maestro, los arquitectos que hagan modificaciones a las edificaciones o diseñen nuevas, deben tomar en consideración todas estas estrategias.

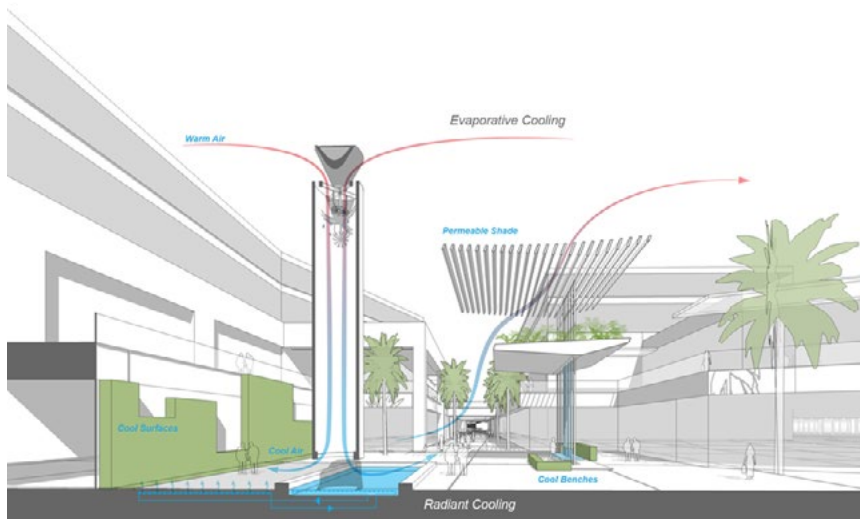


Figura 6. Sistema de chimeneas de enfriamiento evaporativo para el plan maestro de Cal State University San Bernardino. Fuente: CallisonRTKL.

Calentamiento solar

Respecto al calentamiento solar, tenemos el ejemplo del diseño que realizamos para un sistema para crear agua potable, mediante calentamiento y evaporación, sin usar energía eléctrica y que, además contara con belleza conceptual. Con este proyecto participamos en el concurso bienal *Land Art Generator Initiative* (LAGI) 2016, que en esta edición se hizo en la ciudad de Santa Mónica, California, Estados Unidos.

Aquí la pregunta fue cómo hacer obras públicas para generar electricidad o agua potable –que generalmente responden a un diseño de corte industrial– en arte. Es decir, en estructuras que nos guste tener al lado de nuestros hogares. Suele pasar que decimos: “nos gustan las empresas de energías renovables, pero no las quiero cerca de mi casa”.

De esta manera, la idea fue diseñar un sistema que funcionara tomando agua del océano, concentrándolo en un lente *fresnel* calentándola para pasar a una membrana muy liviana (ver figura 7). Después de esto, el agua condensada se vuelve potable y puede circular a la ciudad. A esto se le puede dar una forma diferente (en este caso similar a medusas), que no parezca un colector solar. Aquí ganamos unos de los premios y publicaron este diseño en el libro. Lo interesante es lograr conectar ambas cosas: energía solar y arte.

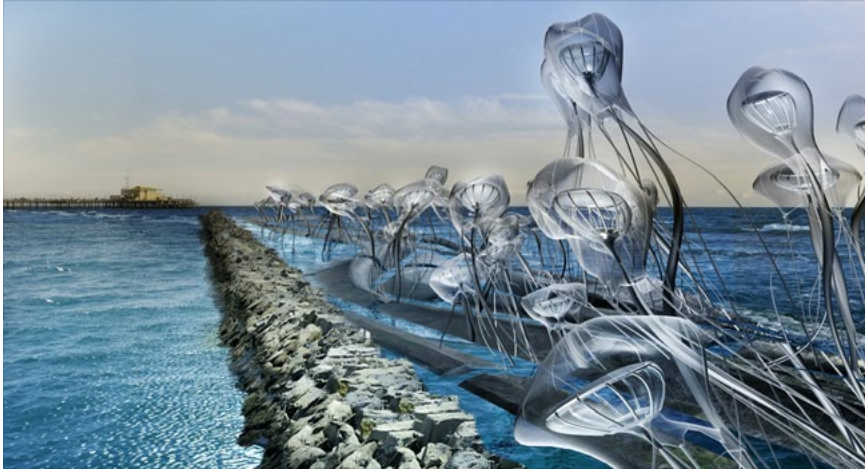


Figura 7. Diseño de generadora de agua potable mediante luz natural para Santa Mónica, California, Estados Unidos. Seleccionado, entre otros, en la bienal Land Art Generator Initiative, en 2016. Fuente: CallisonRTKL

Reflexiones finales

¿Qué debemos hacer? Entre varios principios básicos a tener en cuenta, el primero es implementar la tecnología solo cuando pueda mejorar el diseño.

En segundo lugar, se deben entender los conceptos básicos –como conducción, convección o radiación– para resolver los problemas creativamente. Esto quiere decir que, más allá de hacer una lista de pasos o *checklist* en inglés, debemos entender la razón detrás de lo que hacemos. De otra forma, no resolveremos el problema de manera creativa.

Otro principio: soluciones sencillas. Menos es más. A mí me pasa mucho que empiezo a añadir cosas y después termino quitando, porque mientras más sencillos sean los sistemas, mejor.

Ahora bien, ¿a dónde debemos ir? La forma sigue al clima. Repasando lo que les he mostrado al principio, la arquitectura vernácula, hace unos doscientos años, era muy sencilla. De pronto, para calentarnos, teníamos algo como una chimenea, que no es muy eficiente, pero se entendía dentro del contexto. Después, de pronto, se pasó a sistemas tecnológicos más sofisticados, donde la tecnología se propuso como solución central. Sin embargo, ahora tenemos que hacer algo más sensible al clima. Respetar y comprender el entorno usando la tecnología actual, pero de una forma creativa para, de verdad, conectarnos a los ciclos naturales que tenemos en el exterior.

Referencias Bibliográficas

- IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K.Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América.
- Lyle, J. T. (1996). *Regenerative design for sustainable development*. John Wiley & Sons.