

TECNOLOGÍA Y SOSTENIBILIDAD

TECHNOLOGY AND SUSTAINABILITY

ALFREDO CILENTO SARLI

Arquitecto, (UCV, 1957). Individuo de Número de la Academia de Ciencias de la Ingeniería y el Habitat ANIH (2015). Doctor Honoris Causa (UCV). Profesor Titular (UCV). Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV (1984-1987). Premio Nacional de Hábitat (1995). Premio Anual (compartido) al Mejor Trabajo Científico en el Área de Ciencias Sociales y Humanidades (1996), CONICIT. Investigador IV, PPI-FONACIT. Director y Fundador IDEC (1977-1979). Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (1985-1989).
alfredo.cilento@gmail.com

RESUMEN

El cambio climático es irreversible, por lo tanto, se tienen que adoptar las estrategias adaptativas que éste demanda, potenciando las tecnologías básicas que fortalezcan un desarrollo sostenible. La sostenibilidad, como ha sido muchas veces mencionado, es un concepto multidimensional que involucra el punto de vista técnico, económico, ambiental, ético, social y político. Como al final todo es residuo, un modelo alternativo tendría que basarse en transformar residuos en recursos, y alrededor de eso gira la idea de sostenibilidad.

En el IDEC estamos manejando los aspectos técnicos y ambientales del problema para que puedan convertirse en una agenda para los profesionales de la ingeniería y la construcción. El objetivo final es que a través del uso de mecanismos de eficiencia energética, el consumo de energía de las edificaciones se reduzca progresivamente.

ABSTRACT

Climate change is irreversible, therefore, adaptive strategies must be adopted enhancing the basic technologies that strengthen the sustainable development. Sustainability, as has been mentioned many times, is a multidimensional concept that involves technical, economic, environmental, ethical, social and political views. As at the end everything is waste, an alternative model should be based on transforming waste into resources and around this transformation must be the idea of sustainability.

In the IDEC we are handling technical and environmental aspects of the problem, so it can become an agenda for engineers and construction professionals.

The ultimate goal is that through the use of mechanisms of energy efficiency, the energy consumption of buildings must drop progressively.

El contenido de este artículo fue preparado a partir del texto de la conferencia dictada el 2 de julio 2015 en el marco de las XXXIII Jornadas de Investigación IDEC, para abrir el ciclo de ponencias del área temática Tecnologías de la construcción y sostenibilidad.

TECNOLOGÍA Y SOSTENIBILIDAD

“El planeta está huyendo... hacia una nueva estabilidad que será... unos 5 grados más cálida que la actual...”.

J. Lovelock, *La venganza de la tierra*, Editorial Planeta, 2007.

El cambio climático es irreversible, por lo tanto, se tienen que adoptar las estrategias adaptativas que demanda el cambio climático. Eso significa potenciar las tecnologías básicas que fortalezcan un desarrollo sostenible, atendiendo a las dimensiones propias de la sostenibilidad: tanto la dimensión local como la global, lo que actualmente se viene identificando con el término “glocal”. Esas tecnologías básicas generales son:

- Nuevas fuentes de energía
- Incremento de la eficacia en la obtención de alimentos
- Prevención de enfermedades y catástrofes
- Tratamiento de residuos
- Transporte de impacto reducido, etc.

El origen de la idea de sostenibilidad parte de un concepto que muy bien expresa Michael Jacobs: “En términos del medio ambiente todo lo que la actividad económica hace es convertir recursos en residuos” (La economía verde, 1991). Al final todo es residuo. De ahí que un modelo alternativo tendría que basarse en **transformar residuos en recursos**, y alrededor de eso gira la idea de sostenibilidad.

TECNOLOGÍAS DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La sostenibilidad, como ha sido muchas veces mencionado, es un concepto multidimensional: lo que es viable desde el punto de vista tecnológico no necesariamente lo es desde el punto de vista técnico, económico, ambiental, ético, social, político. En sostenibilidad la viabilidad es múltiple (gráfico 1).

Para efectos de esta presentación nos concentraremos en los aspectos técnicos y ambientales del problema, refiriéndonos a las tecnologías que estamos manejando en el Instituto, en el postgrado, y que, esperamos puedan con-

vertirse en una agenda para los profesionales de la ingeniería y la construcción.

1. Tecnologías de preservación y rehabilitación de edificaciones, porque “lo que está construido, con las técnicas que tenemos hoy en día, es mucho más que lo que podemos construir con esas mismas técnicas” (D. Acosta), por lo tanto, no hay ninguna razón para demoler lo que tenemos, hay que preservarlo, y eso significa tecnologías vinculadas a la ampliación y adición a las estructuras existentes, reforma y restauración, diagnóstico y corrección de las patologías constructivas y técnicas de intervención, lo que se traduce entonces en recuperar el patrimonio existente antes que sustituirlo por una nueva edificación. Un ejemplo emblemático, entre nosotros, lo tenemos en Maracaibo con el trabajo que se hizo en las viejas instalaciones del Mercado, convirtiéndolo en el Centro de Artes Lía Bermúdez (gráfico 2).

2. Diseñar para cero desperdicio. Los arquitectos no podemos seguir diseñando sin considerar los desperdicios que producimos: huecos para ventanas, instalaciones, etc. y eso hay que resolverlo recurriendo de nuevo a lo que se conoce como coordinación modular dimensional –ejemplo típico: el Tatami japonés– entre diferentes tipos

Gráfico 1. Representación gráfica de la sostenibilidad como concepto multidimensional



Fuente: A. Cilento

de materiales y componentes para evitar ajustes, improvisaciones, residuos y desechos, compatibilización y simplificación de materiales y componentes. Un ejemplo entre nosotros es el del Sistema SIEMA-VIV: recuperar la idea del Lego es el concepto (gráficos 3 y 4). Se trata de minimizar los desperdicios desde la fase de proyecto: materiales, mano de obra, energía.

3. Diseñar para la deconstrucción. Si estamos planeando que hay que recuperar el patrimonio construido, entonces eso quiere decir que las nuevas edificaciones deben ser diseñadas pensando en su deconstrucción; es decir desarmar antes que demoler. Eso significa minimizar el número de componentes y uniones, y utilizar uniones mecánicas en lugar de uniones húmedas y sellantes. Significa, en síntesis: reducción del tipo de uniones; hacer conexiones visibles/accesibles; reducir variedad de componentes; desensamblar la edificación al final de su vida útil, desarmarla y recuperar sus partes para con pequeños retoques y mejoras volverlas a utilizar. Eso es sostenibilidad en la construcción: es la única manera de no seguir gastando recursos necesarios para que puedan resolver sus problemas. las próximas generaciones. La idea es la construcción

por la vía seca (que no tiene uniones húmedas): el edificio del Banco del Libro en Caracas es un ejemplo de construcción realizada por el Idec; también la tecnología Sipromat, concebida por Alejandra González, igualmente del IDEC. En general, construcciones de junta seca (gráficos 5 y 6).

4. Construcción progresiva. Edificaciones que puedan crecer y transformarse: ampliaciones y mejoras de calidad y del confort en el tiempo, materiales y componentes que también mejoren su calidad progresivamente e incrementen el confort. Esto es, en lugar de edificaciones que se deterioran con el tiempo, edificaciones que progresivamente pueden mejorar. Para alargar la vida útil de una edificación esta tiene que admitir cambios, transformaciones, porque la vida cambia, porque las familias crecen. Se trata de un esfuerzo que tiene que hacer el diseñador y que se tiene que ver también reflejado en los materiales y componentes que constituyen la vivienda. La idea de crecimiento progresivo de la vivienda significa que ésta se desarrolla según las expectativas de cada familia y sus necesidades, aspecto que se viene trabajando desde hace mucho tiempo, en el Idec y también fuera. Es la misma idea que gira en torno a las "edificaciones flexibles" (*open buildings*).

Gráfico 2. Maracaibo: antigua sede del Mercado transformada en Centro de Arte Lía Bermúdez

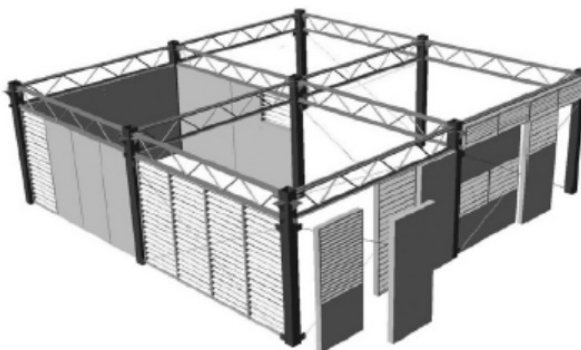


Fuente: www.zuliapordentro.com



Fuente: <http://culturaenmaracaibo.blogspot.com/p/cam-lb.html>

Gráfico 3. Sistema SIEMA-VIV, Idec



Fuente: archivo IDEC

Gráfico 4. Coordinación dimensional entre diferentes tipos de bloques emulando la idea del Lego



Fuente: A. Cilento

Gráfico 5. Caracas. Edificio Banco del Libro, proyecto de Henrique Hernández/Idec



Fuente: archivo IDEC

Gráfico 6. Sistema SIPROMAT, Alejandra González/Idec



Fuente: archivo IDEC

Gráfico 7. Edificios flexibles Next 21, Osaka (open building)



Fuente: <http://www.laciudadviva.org/blogs/?p=9133>

Gráfico 8. Desarrollo progresivo, Alejandro Aravena (Elemental)

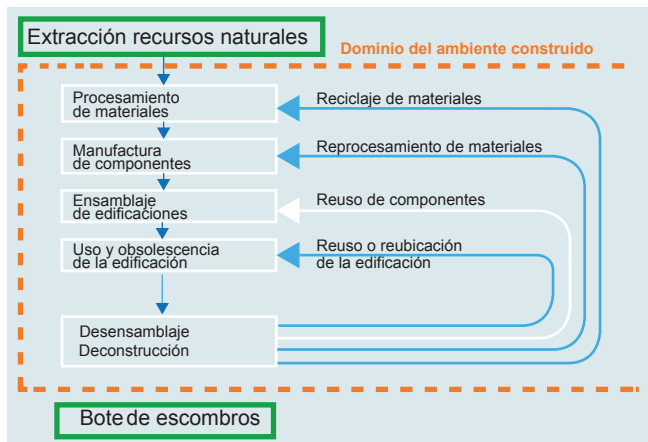


Fuente: <https://metrhispanico.com/2013/03/20vivienda-2-vivienda-progresiva-en-chile/>

En el gráfico 7 se muestran los criterios fundamentales que definen la condición de edificación flexible para garantizar la sostenibilidad de la edificación, como suficientes espacios verdes para mejorar el confort, criterio de ajustabilidad, versatilidad, reestructuración, convertibilidad, que la vivienda pueda crecer dentro de sí misma, que se pueda desplazar, etc. Otro ejemplo también lo encontramos en la obra de Alejandro Aravena, arquitecto chileno (gráfico 8).

5. Reducir, reusar, reciclar: fundamental para no tener que seguir accediendo a nuevos recursos de la forma masiva y destructiva como lo estamos haciendo hoy en día. Los escenarios del reúso de la construcción se muestran en el gráfico 9 que recoge la secuencia del ciclo de vida de las edificaciones: reúso o reubicación de la edificación; reúso de componentes para ensamblar nuevas edificaciones; reúso de materiales para manufactura de nuevos componentes; o reciclaje de materiales para su procesamiento y producción de edificaciones.

Gráfico 9. Escenarios para el reúso en la construcción



Fuente: Philip Crowter. "Building deconstruction in Australia" Queensland University of Technologie

Ya hoy en muchos países, en el ámbito local, existen bancos de materiales que se recuperan para ser reutilizados (gráfico 10) y quien deconstruye la edificación en muchos casos dona los materiales a cambio de reducción de impuestos. En muchos de los sistemas de certificación, el uso de materiales recuperados es un elemento que da puntos en la calificación. Hay ejemplos interesantes, también, como el reúso de contenedores en Francia y los módulos espaciales de Rosa Montero, del Idec (gráficos 11 y 12).

6. Proceso productivo con alta eficiencia energética. Elemento clave para la sostenibilidad de la construcción. Se trata de concebir procesos productivos con alta eficiencia energética en toda sus fases; uso de energías alternas; utilización de materiales de baja energía incorporada –cada material tiene en su interior la energía que se requirió para producirlo, eso se llama energía gris, y mientras menos energía incorporada tengan los materia-

Gráfico 10. Banco de materiales para ser reutilizados



Fuente: A. Cilento

Gráfico 11. Reciclaje de contenedores: residencias estudiantiles en Le Havre (Francia)



Fuente: <http://arqa.com/arquitectura/crou-100-viviendas-de-estudiantes-contenedores-reciclados-en-le-havre-francia.html>

Gráfico 12. Reciclaje de contenedores: módulos espaciales, Rosa Montero/Idec



Fuente: archivo IDEC

les, más amigables serán con el ambiente—; conjuntos habitacionales de alta densidad y baja altura: significa reducir el uso de ascensores, mejorar las condiciones del hábitat para crear espacios más atractivos desde el punto de vista urbano. El objetivo final es que a través del uso de mecanismos de eficiencia energética, el consumo de energía de las edificaciones se reduzca progresivamente. Incluso hoy en día tenemos edificaciones de “energía cero” o de balance energético positivo. Este es el área de tecnologías de enfriamiento pasivo sobre las cuales estamos trabajando en el IDEC. Otro aspecto de la eficiencia energética es la llamada arquitectura bioclimática; esto es, considerar los elementos claves de esa arquitectura: cerramientos exteriores apropiados; revestimientos; ventanería; protección solar; patios; aleros; corredores; cubiertas, pérgolas y dispositivos de ventilación e iluminación natural compatibles con los factores ambientales locales (latitud, altitud, sol, vientos, humedades, estación, islas de calor); aspectos de los cuales los arquitectos nos hubiéramos olvidado, diseñan-

do esos edificios que son como una cajonería de vidrios de colores, esos *courtain wall* que son la negación del trabajo del arquitecto porque si el arquitecto no es capaz de diseñar una fachada adecuada a las condiciones ambientales locales, entonces, ¿cuál es su trabajo? Parecería que los arquitectos han renunciado a concebir una fachada que es la interfase con el ambiente (gráficos 13 y 14).

7. Tecnología de cubrimiento vegetal en edificaciones. También en el Instituto, con las tesis de postgrado, estamos manejando la tecnología relacionada con el cubrimiento vegetal de edificaciones: cubiertas vegetales, fachadas vegetales y muros-cortinas verdes, muros vegetales ventilados, y lo que implica en términos de técnicas de soporte, riego, reposición, mantenimiento, selección de las especies. El objetivo es lograr enfriamiento en la edificación y mejoras de calidad del aire interior. A nivel urbano, reducir las islas de calor. Hoy en día son muchos los ejemplos porque ha sido exponencial el crecimiento del uso de cubiertas vegetales. Hay ciudades incluso, como Copenhague o París, que han tomado la

Gráfico 13. Obras de Carlos Raúl Villanueva, ejemplo de arquitectura bioclimática



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_0%27Leary

Fuente: <http://cav.org.ve/>

Gráfico 14. Respuesta a condiciones ambientales locales. Hotel Stauffer, estado Monagas/Venezuela, Domingo Acosta/Idec



Fuente: <http://www.domingoacosta.com/site/Proyectos/hotel-stauffer-maturin/>

determinación de que en adelante todas las cubiertas de los edificios tienen que ser vegetales. Ejemplos: la cubierta vegetal de la Academia de Ciencias de San Francisco de Renzo Piano (gráfico 15); entre nosotros, la cortina vegetal de edificio sede del Banco Central en Guayana, proyecto realizado por Domingo Acosta.

8. Tecnología de Gestión de Residuos y Escombros de la Construcción. Otro elemento clave, que implica la reutilización al máximo de la estructura existente; el reciclaje de escombros y restos de materiales de construcción y demolición y, por supuesto, insistir en el aumento del uso de productos que incorporen material reciclado.

9. Tecnologías de manejo eficiente del agua. Aquí estamos frente a una crisis que estamos pasando nosotros

y que está afectando el mundo entero. La necesidad es utilizar artefactos sanitarios de bajo consumo; captación y almacenamiento de agua de lluvia y reciclaje de aguas grises para riego; cubiertas vegetales y revegetación con especies nativas de bajo riego; tratamiento y recuperación de aguas residuales; canalización de aguas no usadas al manto freático. En el futuro no escaparemos de la necesidad de beber agua de las cloacas... No puedo resistir la tentación de incorporar aquí la escena que se muestra el gráfico 16: la tubería para llevar agua a la gran ciudad y los barrios periféricos muriéndose de sed e inundados por la basura. Eso es en Bombay.

10. Materiales y técnicas locales. El uso de la madera, el bambú... el uso de técnicas y materiales locales refuer-

Gráfico 15. Academia de Ciencias de San Francisco, Renzo Piano



Fuente: <http://de.construmatica.com/la-nueva-sede-de-la-academia-de-las-ciencias-de-california/>

Gráfico 16. Ciudad, periferia, sed y basura (Bombay)



Fuente: <http://www.iied.org/world-water-week-2016-key-resources>

zan las economías locales por lo que se constituyen en un factor de sostenibilidad económica y en menor impacto del transporte de materiales, de personal, de maquinarias y equipos... Si se miden los costos de transporte a lo largo de todo el ciclo de vida de la construcción uno queda impresionado porque representa alrededor de 30%-35% del costo final.

11. Nuevos materiales y tecnologías y asociados a la tecnociencia de los materiales: nueva generación de materiales aplicados a la sostenibilidad de la construcción; nueva generación de materiales compuestos, como laminados (composites) y adhesivos estructurales; nueva

Gráfico 17. Ejemplos de arquitectura textil, tensoestructuras y estructuras transformables como el Pabellón de Venezuela en ExpoSevilla '92



Fuente: <http://entrerayas.com/2011/04/conjunto-de-cubiertas-textiles-para-el-bulevar-de-sabana-grande/>



Fuente: archivo fotográfico IDEC

generación de vidrios y cristales para contribuir también a la sostenibilidad y al confort interno de las edificaciones: vidrio templado estructural; vidrios fotovoltaicos; vidrios electrocromáticos y fotocromáticos (aclaran, oscurecen, cambian de color...).

También la arquitectura textil, las tensoestructuras y estructuras transformables. Aquí la gran innovación es la nueva generación de membranas y telas que permiten cambiar el panorama de su utilización si se logra una duración de 20, 30 o 40 años de las telas (ver gráfico 17), así como sistemas de filtrado y limpieza del aire interior en edificios, partículas y químicos esparcidos en el aire. Hay nuevas tecnologías que se están desarrollando para filtrar el aire al interior de las edificaciones y mejorar su calidad.

Fuentes alternas de energía: la transformación de edificios en máquinas productoras de energía (solar, eólica...), acompañado esto de una nueva generación de baterías que permita mayor capacidad de almacenamiento de esa energía, cosa que se está logrando con nuevos materiales y nuevos diseños de baterías.

Por último, materiales fotocatalíticos, en boga en estos momentos, fundamentalmente con el uso del Dióxido de titanio (TiO_2) y similares, que son materiales capaces de degradar los contaminantes orgánicos en el aire. Usan la luz del sol para transformar partículas contaminantes en sales inertes que después lava la lluvia. Sobre este tema se está generalizando la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cilento S. Alfredo "Hogares sostenibles de desarrollo progresivo". *Tecnología y Construcción* N° 18 III, 2002: 23-38.
Jacobs, Michael The Green Economy, Pluto Press, Londres, 1991 (traducido por la editorial Icaria como *La economía verde*).