

---

## II Congrés UPC sostenible 2015

---

# RETRO-INNOVACIÓN Y ARQUITECTURA SOSTENIBLE

**Dr. Jaume Avellaneda\*, Dr. Katarina Mrkonjic\*\***

\*Departamento de Construcciones Arquitectónicas I,  
c/ Pere Serra, 1-15  
08173 - Sant Cugat del Vallès (Barcelona)  
Teléfono: +34 93 401 78 85

\*\*Departamento de Construcciones Arquitectónicas I,  
Av. Diagonal 649, 3  
08034 - Barcelona  
Teléfono: +34 93 401 09 17

jaume.avellaneda@upc.edu\*, katarina.mrkonjic@upc.edu\*\*

**Palabras clave:** arquitectura, sostenibilidad, desmaterialización, recirculación, industria de servicios

### RESUMEN

Este ensayo se centra en la tesis doctoral "De la Ciencia del Diseño a la Arquitectura Sostenible. Buckminster Fuller y la casa Dymaxion", presentada en diciembre de 2008 en la UPC. Tal como se propone en la tesis, su objetivo fue "determinar en que grado la Ciencia del Diseño de Buckminster Fuller, a través de una combinación de las tres estrategias derivadas ("efimerización", regeneración, industria de servicios), podría ser una aproximación al concepto actual de arquitectura sostenible en su aplicación a la casa Dymaxion, así como evaluar la validez de sus propuestas en el contexto actual". Teniendo en cuenta que era posible observar el ciclo de vida entero de esta casa, y que las estrategias coinciden con las actuales, ha sido posible acercarse a una previsión sobre cuales serían las áreas con más posibilidad de éxito, y cuales serian las de implantación difícil. De esta manera se ponen en valor las experiencias previas, que, ya que se pueden considerar como unos experimentos cuyos resultados son nos conocidos, pueden tener aportaciones significativas en el momento de toma de decisiones sobre las estrategias proyectuales a utilizar. El director de tesis es Jaume Avellaneda y la autora Katarina Mrkonjic.

### Sostenibilidad, innovación y lecciones del pasado

Algunas herramientas de arquitectura sostenible (como por ejemplo el seguimiento de ciclo de vida de materiales empleados) pueden aparecer innovadores comparados con la manera convencional de construir, aunque en realidad muchos de ellos son sistemas con los cuales se experimento a lo largo del siglo veinte.

La tesis que presentamos se basa en la convicción que la búsqueda de paralelismos históricos, estudio del ciclo de vida entero de distintos edificios, concebidos, realizados y demolidos durante el siglo pasado, y análisis de las "lecciones" proporcionadas por ellos representan una herramienta legítima en el proceso de cambio de paradigma que tenemos por adelante. En la tesis que presentamos, se analizó un caso histórico, que, escogido por llevar numerosas semejanzas con algunos procedimientos actuales en la búsqueda de sostenibilidad de arquitectura, aporta varias contribuciones al discurso contemporáneo.

La relación entre los pensamientos y la obra de Buckminster Fuller, el inventor estadounidense, y el concepto de sostenibilidad se ha destacado en numerosas ocasiones. Sin embargo, se nota una ausencia de trabajos rigurosos y académicos sobre este tema. Esta tesis es una aportación al estudio de esta relación, con un énfasis especial en la aplicabilidad real de los conceptos de Fuller en la situación actual.

Al demostrar que existe un vínculo tangible entre las ideas contemporáneas sobre sostenibilidad y la Ciencia del Diseño (la "herramienta de pensar" de Buckminster Fuller), fue posible obtener algunas conclusiones sobre las ventajas y desventajas medioambientales de la aplicación de estos conceptos en una edificio realizada, en este caso, la casa Dymaxion.

Dicho esto procedemos a presentar la Ciencia del Diseño y el objeto de estudio (la casa Dymaxion), después de lo cual se explicarán las tres estrategias estudiadas y las principales conclusiones a las cuales se ha llegado.

### **Ciencia del Diseño y la casa Dymaxion**

Para Fuller, la Ciencia del Diseño sirvió como un marco general para pensar y actuar: a lo largo de las seis décadas de su trayectoria profesional, este marco se mostrar  como una constante en su método de trabajo. El nombre completo de la Ciencia del Diseño era "Ciencia del Diseño Integral y Anticipatoria" (eng. Comprehensive Anticipatory Design Science). El método se basaba en el estudio de leyes y reglas del mundo natural y su aplicación en el diseño de artefactos, arquitectura, ingeniería. Fuller mismo resum  su modo de buscar soluciones innovadoras: "No estoy intentando imitar la naturaleza, estoy intentando descubrir los principios que utiliza": al descubrir los principios procuraba ponerlos en práctica a través de diseño, preferiblemente utilizando procesos de producción industrializados.

Aunque la Ciencia del Diseño en general no trataba muy explícitamente de la ecología, sus implicaciones, sobre todo a la integración del diseño humano en el "diseño del Universo", son profundamente relacionadas con la visión contemporánea de la sostenibilidad. La búsqueda actual de bases para el diseño en el mundo natural, sea a través de paralelismos más obvios (bi nica, biomimesis) o investigando una aplicación estricta a leyes físicas básicas (como la primera y segunda ley de termodinámica), tiene sus equivalentes en la Ciencia del Diseño. Sin embargo, aunque esta tiene sus paralelismos en la teoría contemporánea que implica que el tratamiento del problema medioambiental está enraizado en la esfera socio-política, económica y tecnológica, es obvio que para Fuller estas tres esferas tenían una relación estructurada de una manera peculiar que desvelaba su mentalidad parcialmente tecnócrata: la tecnología era su herramienta principal del cambio - la economía y la socio-política iban a ser simplemente reajustadas para que la tecnología pueda ejercer plenamente su poder mejorando la vida de los humanos y protegiendo el medioambiente.

A lo largo de su carrera, Fuller hizo una contribución importante en el ámbito de c pulas geodesias y estructuras *tensegrity*. Algunos inventos más peculiares eran un nuevo tipo de coche, una nueva manera de proyectar el mapa mundi, o un nuevo diseño de baños prefabricados. En la tesis que presentamos, el enfoque se encontraba en la casa Dymaxion, una vivienda unifamiliar que Fuller diseño y realizó entre el 1926 y 1947.

Las casas Dymaxion eran concebidas como viviendas autónomas, con el reducido impacto al entorno y máxima eficacia en aprovechamiento de los recursos. Todo el proceso finalizó con la casa Wichita, producida y montada en Kansas en 1946.

La casa Dymaxion contaba con numerosas conceptos medioambientales:

- minimización de gasto de material (utilizando el acero en tracción, la forma circular),
- ahorro de energía (aprovechando y canalizando la energía del viento para ventilar la casa)
- ahorro de agua (recolección de aguas pluviales, uso de pistolas a vapor)
- la gestión de las viviendas como un servicio en vez de a través de la venta asegurando de esta manera custodia permanente sobre los materiales de construcción

Fuller utilizaba la tecnología de su época, proveniente principalmente de otros ámbitos, como por ejemplo, la aviación o la náutica. Se trataba de una transposición de tecnología de un "lenguaje" al otro, lo que a veces, resultaba en algunas deficiencias. Sin embargo, aun así, se puede decir que era precursor en introducir unos temas que llegaron a ser generalizados muchas décadas más tarde.

Para esta tesis se habían escogido tres de sus estrategias que se estudiaron en profundidad: "efimerización", regeneración, y la industria de servicios.



Distintas versiones de la casa Dymaxion: Casa 4D (1927), Dymaxion Deployment Unit (1941), Casa Wichita (1946). (Fuentes: Marks 1959: 84-85, Gorman 2005: 71, Krausse & Lichtenstein 1999: 247)

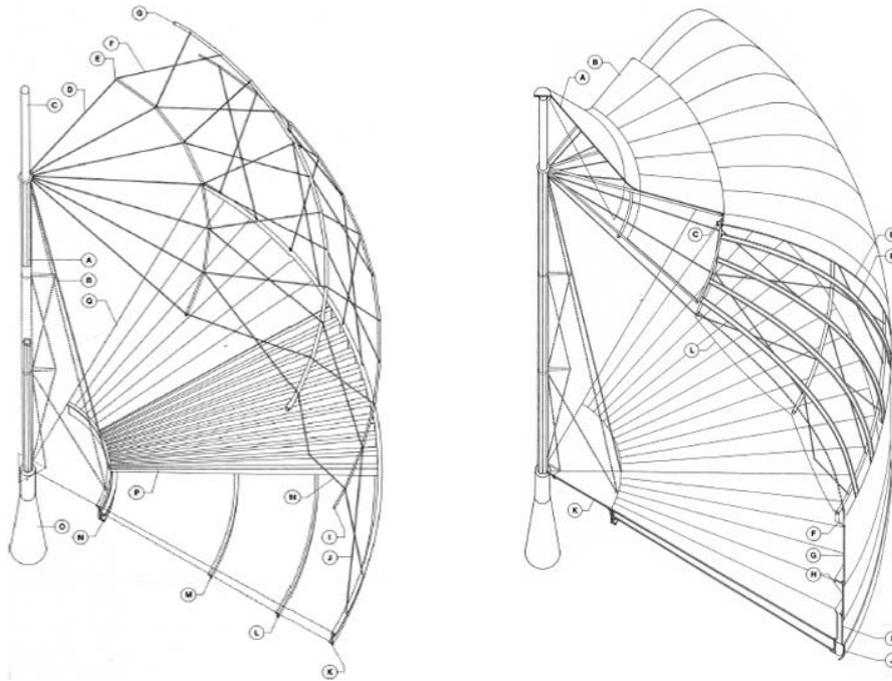
### Desmaterialización arquitectónica y constructiva

"Efimerización" era una palabra inventada por Fuller, cuyo equivalente contemporáneo sería la palabra "desmaterialización". "Hacer más con menos", o la búsqueda de eficacia era uno de los rasgos más interesantes de la obra de Fuller. Intentó desmaterializar la casa de varias maneras. Había reducido drásticamente su peso que llegaba a 2,7 toneladas (excluyendo los baños) lo que representaba una reducción de 98% comparando con una casa tipo de su época, la cual, pesaba unas 150 toneladas (eso, sí, incluyendo las cimentaciones). Esto se logró utilizando el acero para la mayor parte de la estructura de casa: su empleo en tracción, en vez de en compresión le permitió trabajar con secciones finísimas. El único elemento en compresión era el mástil central compuesto de 6 perfiles tubulares. En la misma línea, Fuller reduce el envoltorio utilizando el aluminio, adecuado debido a su ligereza y resistencia, hasta entonces ampliamente utilizado en la industria aérea. Otros inventos aplicados le permiten eliminar los sistemas de ventilación, tanto como la necesidad de conexiones a las redes urbanas de suministro.

Aun así, los logros conseguidos se enfrentan a las desventajas (el alto gasto energético de materiales utilizados, falta de masa térmica y confort acústico, etc.). La verdadera desmaterialización ocurre solo cuando se produce una reducción de uso de

material en términos absolutos manteniendo el nivel requerido de las prestaciones. La casa Dymaxion no cumple estos criterios, por lo cual podemos concluir que su desmaterialización era parcial.

En la tesis se demostró que, en el caso de la casa Dymaxion, la verdadera desmaterialización hubiera sido posible solo en el caso de sinergia con otros sistemas contextuales adecuados: uso estricto de materiales reciclados (para disminuir el gasto real de los materiales, visualizando su ciclo de vida entero) y un sistema de gestión que favorecía un mínimo gasto de material (industria de servicios).



Esquema estructural de la casa Dymaxion (Wichita). (Fuente: Ford 2003: 7.50 y 7.52)

### Recirculación de materiales

La polución artificialmente producida era "simplemente energía - en forma de materia no reconocida - la cual no puede ser utilizada inmediatamente por el omni-regenerativo sistema cósmico, sino tiene que ser utilizada posteriormente" (Fuller 1981: 277). Fuller apostaba por la idea de que ya existía una cantidad enorme de materiales en circulación, lo que, combinado con la desmaterialización, prácticamente eliminaba la necesidad de extraer la materia prima desde el entorno natural.

Para la casa Dymaxion, Fuller escogió materiales "industriales", que en aquel momento no tenían una mayor aplicación en la vivienda: aluminio, acero inoxidable, contrachapado y materiales plásticos.

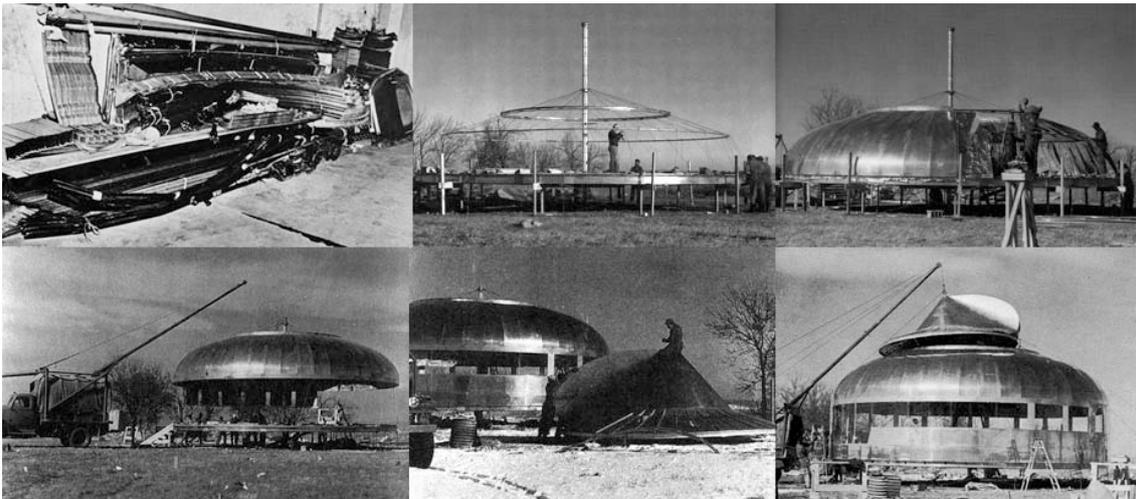
Los materiales son aplicados teniendo en cuenta su recuperación al final de su vida útil: la casa entera está montada en seco, a base de tornillos y remaches. Los materiales se, casi en su totalidad, encuentran en su estado puro, sin pinturas. Con la excepción de contrachapado, todos los demás materiales son homogéneos, que adicionalmente facilita su reciclaje. Resumiendo, la reciclabilidad de los materiales de la casa es muy alta, cuando se trata del acero y aluminio; mediana, cuando se trata de los materiales plásticos y baja cuando se trata de contrachapado. Teniendo en cuenta

que los metales representan 3/4 de peso total de la vivienda, se puede concluir que la casa tiene un alto nivel de reciclabilidad.

Otro elemento con el cual entraba en sinergia el reciclaje era la durabilidad de materiales. Según los informes de museo Henry Ford donde se reconstruyó la casa en el año 2000, una gran parte de materiales originales eran recuperables, dándole razón a Fuller de escoger aluminio, con su resistencia natural a corrosión.

La preocupación de Fuller por recirculación de materiales estratégicos no procede tanto de la preocupación ecológica sino de la crisis de económica y escasez inducida por la Guerra. En este punto la desmaterialización de la casa Dymaxion entra en sinergia con la recirculación, ya que, debido al tiempo prolongado que el reciclaje otorga al uso de un mismo material: la desmaterialización aumenta ya que se elimina o reduce la necesidad de extraer materiales nuevos desde el entorno natural. Fuller ideaba que el futuro traería consigo un alto control sobre los ciclos tecnológicos, proporcionando un uso eficiente de residuos como recursos, desarrollado en paralelo con la creciente eficacia.

Sin embargo, el tiempo demuestra que lo que ocurrió en la construcción, fue que a la vez que las prestaciones han aumentado, la reciclabilidad de los materiales utilizados, debido al uso de los componentes compuestos, en muchos casos ha disminuido. La mayoría de los componentes constructivos de alta prestación están pensados teniendo en cuenta primariamente la fase de uso y las necesidades del cliente.



Proceso de montaje de la casa Dymaxion (Wichita). (Fuente: Marks 1959: 125-129)

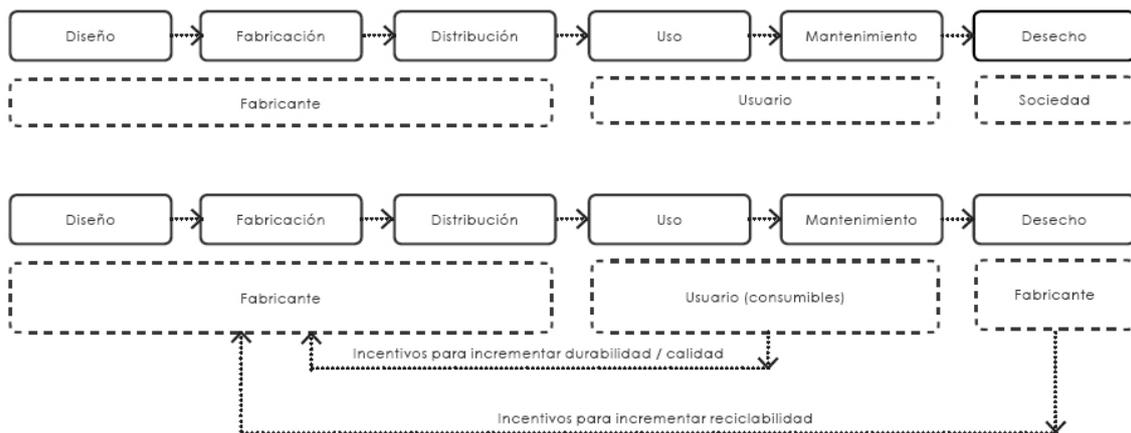
### **Sistema de gestión integrado: industria de servicios**

Las dos estrategias anteriores requerían un nuevo sistema de gestión. Fuller se oponía al sistema de compra y venta, viéndolo como una práctica muy artificial y fomentada más por los intereses de los bancos y capital financiero que por las necesidades de las personas. (De hecho, trabajando con artefactos tan innovadores Fuller siempre contaba con el rechazo de bancos y sindicatos ya que ponía en peligro los sistemas convencionales). Fuller, a modo de crítica a la economía de propiedad y adquisiciones superfluas, propone un sistema de *leasing* de larga duración, en el cual el fabricante tiene la responsabilidad continua sobre el producto. De esta manera pone el énfasis en proporcionar las prestaciones en vez de objetos.

El gran logro de esta estrategia, si hubiera sido aplicada serían las múltiples sinergias con otras estrategias utilizadas. La industria de servicios:

- Se complementa con la producción masiva asegurando el intercambio de piezas, mantenimiento, pautas preestablecidas para cualquier paso
- Favorece desmaterialización para facilitar transporte, montaje y desmontaje,
- Fomenta la autonomía para rebajar el precio de funcionamiento, evitando los monopolios de infraestructuras
- Pone valor en la durabilidad para disminuir la necesidad de mantenimiento y recambios
- Fomenta la recirculación de materiales ya que existe la responsabilidad extendida a lo largo de ciclo de vida entero

Justo este sistema resulta ser actualmente uno de los sistemas más prometedores ya que incluye un aspecto de auto-regulación y auto-control, combinado con el hecho de que los objetivos de los clientes y de los fabricantes parecen coincidir (minimizar el gasto de recursos y de energía, tanto como la contaminación resultante). Este sistema se utiliza en varias industrias contemporáneas (Rank Xerox, Interface, Inc. etc.). Sin embargo en el ámbito de vivienda siendo este muy complejo y diversificado debido a gran número de subsistemas, diversidad de prestaciones, la implementación de este sistema se posiblemente dificulta pero a la vez representa un reto cuya solución se podría buscar tanto en soluciones integrales como parciales.



Comparación del ciclo de vida de un artefacto ofrecido como un producto (esquema superior) o como un servicio (esquema inferior), y correspondientes cargos (responsabilidades) e incentivos. (Fuente: adaptado de White et al 1999.: 22)

## Conclusiones

Visto desde la perspectiva histórica, se puede concluir que la invitación de Fuller de repensar la vivienda sigue vigente, y la agudización de la crisis a la cual la construcción contribuye significativamente le da la razón. Por el otro lado, la dificultad de implantar un diseño tan innovador como la casa Dymaxion, demuestra que es improbable que el cambio surja desde el área del diseño, sin que ocurran unos cambios radicales en otras áreas de la sociedad. Este caso no es un caso aislado, ya que lo mismo ocurrió a otros prototipos que pretendían unilateralmente alcanzar otros objetivos, como por ejemplo, lograr la prefabricación ideal (Gropius, Prouv ). Fuller consideraba que el diseño era la herramienta de cambio, pero su propio caso demostró que los aspectos económicos, sociales y políticos del diseño, pueden prevalecer a los puramente físicos, tecnológicos o funcionales en el momento de su implantación.

Como valores principales de sus procedimientos, que siguen teniendo valor en el contexto actual se aislaron:

- La industria de servicios es el aglutinante de las demás estrategias y, debido a las múltiples sinergias, proporciona una base que aumenta sus posibilidades de éxito.
- Es necesario dejar de investigar la vivienda sostenible como un hecho estrictamente técnico y es necesario empezar a actuar tomando como punto de partida un marco socio-económico más amplio.
- El valor de la propuesta de Fuller reside en la habilidad de contemplar y actuar simultáneamente en varias escalas desde la cosmovisión hasta los detalles constructivos, intentando de mantener la coherencia interna en todos los niveles.

## REFERENCIAS

Gorman, Michael John (2005). *Buckminster Fuller, Designing for Mobility*. Milano: Skira.

Ford, Edward. R. (2003). *The Details of Modern Architecture: Volume 2: 1928 to 1988*. Cambridge: The MIT Press.

Fuller, Buckminster (1981). *Critical Path*. New York City: St. Martin's Press.

Krausse, Joachim & Lichtenstein Claude (Eds.) (1999) *Your Private Sky: R. Buckminster Fuller*. Baden: Lars Muller

Marks, Robert (1959). *The Dymaxion World of Buckminster Fuller*. New York: Reinhold Publishing Co.

White, A. L., Stoughton, M., Feng, L. (1999). *Servicizing: The Quiet Transition to Extended Product Responsibility*. U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste. consultado 02.11.2006. en [www.tellus.org/b&s/publications/servicizing.pdf](http://www.tellus.org/b&s/publications/servicizing.pdf)