ESTUDIO DE MERCADO DE APLICABILIDAD DE LOS ALOJAMIENTOS MODULARES CERO CO2

SOS TUR MAC

PROYECTO COFINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA
Medio ambiente y eficiencia de los recursos

SOS TUR MAC

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

Interreg

Esta publicación forma parte del proyecto europeo SOSTURMAC, co-financiado por el programa INTERREG MAC 2014-2020 (http://www.mac-interreg.org/), dentro de su 1ª Convocatoria en el Eje Estratégico 4 "Conservar y proteger el medio ambiente y promover la eficiencia de los recursos". Su contenido es responsabilidad de los socios del proyecto y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea. Ni la Comisión Europea ni otra persona actuando en su nombre es responsable del posible uso de la información que contiene esta publicación.

Estudio de mercado de aplicabilidad de los Alojamientos Modulares Cero CO2. Proyecto SOSTURMAC. (Año 2018)

Coordinador de la edición:

ITER - Instituto Tecnológico y de Energías Renovables. Contacto: Polígono Industrial de Granadilla, s/n. 38600. Granadilla de Abona. S/C de Tenerife. www.iter.es
difusión@iter.es

Resto de Entidades Participantes:

AIET - Agencia Insular de Energía de Tenerife, Fundación Canaria
CICOP - Fundación Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio
DNA - Direção Nacional do Ambiente (Ministério da Agricultura e Ambiente)
IPC - Instituto de Patrimonio Cultural
UNICV - Universidade de Cabo Verde
INIDA - Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário
CMSF - Câmara Municipal de São Filipe. Ilha do Fogo
PNF - Parque Natural de Fogo

Este documento se enmarca en la actividad 2.2.3 "Diseño y ejecución de un proyecto de mejora de la sostenibilidad energética en el punto de información turística y sede administrativa del Parque Natural de Fogo" del proyecto SOSTURMAC, que persigue promover actuaciones sostenibles que pongan en valor el patrimonio natural y arquitectónico de Canarias y Cabo Verde, favoreciendo su conservación y proporcionando valores añadidos a su oferta de turismo sostenible y científico. Su difusión por terceros contribuiría a aumentar su eficiencia, por lo que puede ser reproducido y distribuido libremente, en su totalidad o en parte, siempre y cuando se cite la autoría del mismo por parte del Proyecto SOSTURMAC (PCT-MAC 2014-2020) y se trate de usos no comerciales.

Otra documentación del proyecto está disponible en http://sosturmac.iter.es/

ESTUDIO DE MERCADO DE APLICABILIDAD DE LOS ALOJAMIENTOS MODULARES CERO CO2

Patrimonio Natural

Turismo Sostenible

Eficiencia Energética y Energías Renovables

SOS TUR MAC

Interreg

MAC 2014-2020 Cooperación Territorial

TABLA DE CONTENIDOS

1, INTRODUCCIÓN AL ALOJAMIENTO MODULAR

1.1. Ventajas y desventajas de un alojamiento modular

2. ALOJAMIENTOS MODULARES CERO CO2

3. INTERÉS AMBIENTAL DE LA ARQUITECTURA MODULAR

4. APLICABILIDAD DE LA ARQUITECTURA MODULAR PREFABRICADA

5. ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA ARQUITECTURA MODULAR PREFABRICADA

5.1. Durabilidad

6. POSICIÓN EN EL MERCADO ACTUAL

6.1. Análisis de la demanda
6.2. Análisis de la oferta
6.3. En nuestro caso

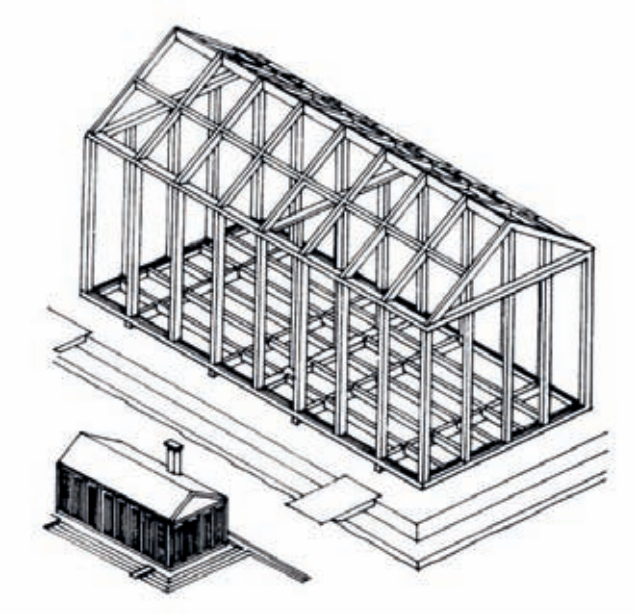
7. CONCLUSIONES

8. ANEXO 1 _ LISTADO DE EMPRESAS DE ARQUITECTURA MODULAR

INTRODUCCIÓN AL ALOJAMIENTO MODULAR

La arquitectura industrializada se refiere a aquélla que se realiza "bajo techo en una fábrica", es decir un espacio industrial diferente al de su uso. La llamamos modular cuando se refiere al diseño de sistemas compuestos por elementos prefabricados separados –módulos- que se pueden trasladar y unir en el sitio donde se va a construir manteniendo ciertas relaciones de dimensión y proporción. Hoy en día, se ha revitalizado el uso de la casa prefabricada, sobre todo con la utilización del concepto modular, el diseño de productos que incorporan las mejores características de la prefabricación y la individualidad de las casas de construcción tradicional. Disponibles en una variedad de materiales de construcción, estilos y precios, las casas modulares modernas se basan en la rica historia de sus predecesoras.
La primera casa modular de la que hay constancia fue diseñada por Manning Cottage, carpintero que pensó que sería la vivienda ideal para los nuevos colonos de Australia, en 1833. Antes de la revolución industrial, la construcción de viviendas prefabricadas era algo impensable y casi imposible. Sin embargo, como la maquinaria se hizo cada vez más y más sofisticada, también lo hicieron los elementos que las líneas de montaje eran capaces de producir. De esta manera las casas se convirtieron en uno de esos elementos. La casa fue un éxito comercial, y Manning terminó desarrollando varios modelos de diferentes tamaños y costos. La casa de campo Colonial portátil Manning se convirtió inmediatamente en una solución para la rápida expansión de las colonias británicas durante el siglo XIX.

De 1908 a 1940, la edición de cada año del catálogo de Sears Roebuck ofrecía casas prefabricadas para la venta en una asombrosa variedad de estilos y tamaños. Desde una casa de vacaciones hasta una residencia multifamiliar, se podía pedir, preparar y entregar, todo ello sin salir de casa. Prácticamente en cada casa americana había un catálogo. Desde la casa más simple hasta una mansión. Casi cualquier tipo de hogar imaginable podía ser encargado a través de Sears Roebuck and Co. que vendió más de 500.000 casas prefabricadas entre 1910 y 1940.



Manning Cottage _ Casas colonial prefabricada portátil

Frank Lloyd Wright fue el primer arquitecto importante en probar suerte con la casa prefabricada. A partir de 1911, Wright comenzó a diseñar casas que podrían construirse en módulos en una fábrica y ser ensamblados en el lugar de destino final de la casa, por lo que las viviendas serían más asequibles mediante la reducción de los costes laborales. Estas casas llevaban el sello inconfundible de la visión de Wright, diferenciándose de los hogares ofrecidos en el catálogo de Sears Roebuck and Co.
Otro arquitecto, Walter Gropius, tuvo una idea similar. En Weimar, Alemania, Gropius trabajó en varias viviendas prefabricadas diferentes para resolver los problemas de la escasez de viviendas durante la posguerra en Alemania. Modernas, casi Art-Deco en el diseño, las casas de Gropius influyeron no sólo en el desarrollo y diseño de casas prefabricadas, sino en toda la arquitectura de los años venideros.

Catálogo de Sears Roebuck. Fuente: revista digital Mimbrea(1833)

Durante la Gran Depresión (1945-1990) la preocupación de las estadounidenses por una vivienda asequible aumentó. El diseño de elementos prefabricados para el hogar ganó interés en todo el país, tanto a través de catálogos de pedidos por correo como otros medios. El diseño de casas prefabricadas también comenzó a expandirse. Se utilizaron nuevos materiales, como el vidrio de la casa Kecky y el hierro en las Casas de acero Stran. Las casas prefabricadas de metal, desarrolladas durante la Segunda Guerra Mundial para atender las necesidades de vivienda rápida, reconocibles por su cobertizo, hicieron más daño que beneficio a la reputación de las casas prefabricadas. Para entonces, arquitectos y diseñadores habían decidido tomarse la experimentación en serio. El matrimonio formado por Charles y Ray Eames levantó en 1949 su famosa casa, en Pacific Palisades (California). Tardaron menos de una semana. Dos décadas después se convirtió en una referencia para los arquitectos del high tech británico. Gropius y Neutra se oponían a la existiendo una figura neutra como la que estaba presente en gran parte de los sistemas americanos de construir viviendas unifamiliares pre-fabricadas, en los cuales el arquitecto no tenía ninguna función, existiendo una figura nueva en el mercado de la construcción denominado home builders, empresarios de gran capacidad de producción de elementos prefabricados con los que construían enormes grupos de viviendas a muy bajo costo con reconocida y garantizada calidad de materiales pero ausentes de funcionalidad y racionalidad arquitectónica. El gran esfuerzo de diseño (manifestado en su escrupulosa colección de detallados planos) de W. Gropius y K. Wachsmann para elaborar las “Packaged Houses”, como prototipo de casas industrializadas de bajo coste colisionó con la sofisticación de sus elementos conectores diseñados ex novo, que no sacaban provecho de las piezas disponibles en el mercado. La sucesión de las experiencias en este terreno iba mostrando que la apariencia de mecanización (de bajo coste) no era por sí misma el bajo coste. A pesar de ello, este aspecto resultaba apetecible para muchas de las arquitecturas residenciales modernas.

El racionalismo en la vivienda se traslado a España, que estaba, por aquel entonces, a través del instituto Torroja, analizando todas las propuestas de racionalización de la construcción de viviendas que van apareciendo en el mercado mundial, porque todas y cada una de ellas podían colaborar a determinar el camino específico de actuación y pensamiento que debería seguir España según su realidad; se debaten incluso las propuestas que de más difícil adopción en aquellos momentos, por tratarse de avanzadas soluciones con patentes y materiales demasiado costosos, como es el caso del ‘Bungalow 49’, desarrollado en Francia por Albert, para cuya construcción se precisaban tan sólo 48 horas con tres operarios o las diferentes patentes de Jean Prouve, que tanto revolucionó la industria francesa. Sin embargo acaban cobrando mayor protagonismo aquellas soluciones que se desarrollan a través de una mezcla entre prefabricación y procedimientos artesanales alejándonos así de la elaboración total en fábrica y la transportabilidad.

Así, también Norman Foster y Richard Rogers se interesaron por la flexibilidad, la sofisticación técnica y la estética industrial. Sin embargo, una vez más, descuidaron la producción en serie. En una constante de la prefabricación, los arquitectos han liderado el diseño de las viviendas, pero no su producción, su razón de ser. De este modo, la casa Zip que Rogers ideó en 1968 era amarilla, se apoyaba en cimientos de color fucsia y a los autores del libro Prefab houses (Taschen), Oliver Jahn y Arnt Cobbers, les recuerda al submarino amarillo que popularizaron los Beatles. Pero no tuvo secuelas más allá del currículo de Rogers. En esa línea hippy, el grupo Archigram propuso viviendas en cápsulas que podían unirse para levantar ciudades. Fue el israelí Moshe Safdie quien levantó 158 viviendas modulares, Habitat 67, para la Expo de Montreal de 1967 y abrió nuevas vías al construir 354 bloques de hormigón de 11.80 x 5.30 x 3.50 m dispuestos en aparente desorden ingrávido aunque responden a una estrategia estructural calculada. Cada módulo de hormigón fue construido en una fábrica y se trabajó todo el proceso como si una cadena de ensamble automotor se tratara: primero se fundía el concreto del módulo, luego se instalaban las conexiones eléctricas, la cocina, los baños y las ventanas, en ese orden. Después una grúa los elevaba para su ubicación final.

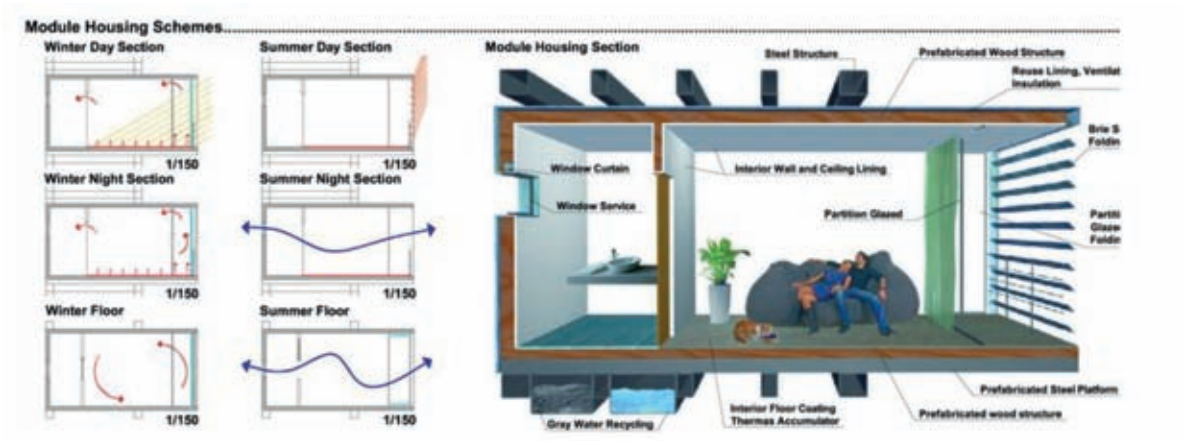
Hábitat 67: Módulos prefabricados de hormigón _ Moshe Safdie _ Expo de Montreal de 1967. Fuente: Laboratorio de la Vivienda Sostenible de Barcelona.

Fue en la década de los 70 cuando estas casas lograron su máximo apogeo, coincidiendo curiosamente con el momento en el que se comenzó a dejarlas estáticas en una parcela determinada, seguramente para siempre, o al menos sin moverla tan a menudo como se acostumbraba unos años antes. En este sentido, los norteamericanos empezaron a tomar conciencia de que estás casas podían ser algo más que viviendas rodantes. Servían como alternativa perfecta a las casas tradicionales de ladrillo y cemento, y como éstas, podían quedarse "plantadas" en un sitio sin la necesidad de moverlas. Los materiales más resistentes y los nuevos modelos, considerablemente más amplios que los primeros, permitían que a simple vista, estas casas se diferenciasen cada vez menos de las tradicionales. Y su precio seguía siendo bastante inferior, por lo que muchos se decidieron por ellas. A partir de la década de los 70, las casas prefabricadas modulares comenzaron a extenderse por otros países, desde Canadá a Reino Unido, pasando por Alemania y España. Con todo, hasta los años noventa Europa no aceptó la prefabricación. Y la razón de esa aceptación partió entonces de los fabricantes de muebles desmontables. La japonesa Muji (de la mano de Kengo Kuma) y la sueca Ikea (liderando el fenómeno Boklok) recuperaron la idea de la vivienda prefabricada.

La arquitectura modular basada en contenedores es relativamente reciente. Los contenedores están fabricados principalmente de acero corten revestidos de un recubrimiento anti humedad. Aunque también existen contenedores frigoríficos, de aluminio, contrachapado de madera. Las cajas han servido desde siempre para guardar o trasladar todo tipo de cosas y su utilidad aumenta cuando son de igual medida y se pueden apilar. Las cajas grandes que se utilizan en la arquitectura también resultan más útiles cuando cumplen ambas características y la discusión sobre su tamaño ideal ha estado ligada siempre a sus mayores o menores posibilidades de transporte. En ello tiene mucho que ver la norma ISO 6346 que regula la dimensión de los contenedores de transporte intermodal, facilitando su carga, traslado y descarga por medio de camiones, trenes, barcos y aviones en todo el mundo. El primer contenedor fue embarcado en Newark, EEUU en 1956 y desde entonces el sistema ha ido transformándose en el medio más seguro, extendido y económico de transporte de mercancías. El contendor que predomina es el de 20 pies -2,44m de ancho, 2,44 m de alto y 6,12 m de largo-, a tal punto que los volúmenes de carga se miden en TEU (Twenty foot Equivalent Unit).

El interés de la arquitectura en estos contenedores queda demostrado por la innumerable cantidad de proyectos y obras que han sido realizadas con módulos de dimensiones similares, o directamente con las propias cajas de transporte recicladas. Las mismas ventajas que ofrecen para el transporte general son útiles en la construcción, ya que la posibilidad de trasladar unidades de edificios completamente acabadas en fábrica, reduciendo las tareas en obra a la ejecución de cimentaciones e instalaciones, resulta de especial interés para la prefabricación.

Casa Retiro Huiini, Fuente: Revista digital Arquitectura Prefab.



Esquemas casa modular. Fuente: Montanarellaguirre architects

En España apenas existe una industria de vivienda prefabricada ecológica, es más, la gente suele tener aún una idea generaliza muy vaga de esta "arquitectura moderna", asociándola más bien a construcciones temporales y de baja calidad. Sin embargo cada vez más arquitectos y promotores exploran esta tipología como la opción más válida para conseguir una vivienda de altísima eficiencia energética con un coste asequible, esto es consecuencia de la entrada en vigor de las nuevas normativas comunitarias al respecto.

Aunque en un principio las casas prefabricadas eran simplemente una solución fácil de transportar y barata, con el tiempo, y gracias a una lucha constante entre diseño y producción, han conseguido aunar calidad, diseño y facilidad de producción. A nivel europeo y global podríamos decir que son una tendencia de consumo; son personalizables, más baratas, más respetuosas con el medio ambiente y alcanzan mayores niveles de eficiencia energética, por lo que proporcionan un ahorro en la factura de la electricidad a largo plazo. Los avances tecnológicos y la globalización han propiciado un nuevo paradigma en el sector. Mayor adaptabilidad a los criterios de las casas inteligentes. Una casa inteligente usa simultáneamente la electricidad, la electrónica y la informática, elementos incluidos en el diseño de las viviendas modulares.

• Ventajas y desventajas del alojamiento modular

Una de las ventajas indiscutibles de la arquitectura modular con respecto a la convencional es el ahorro en el tiempo de construcción in situ. Posiblemente, se considere la durabilidad como la mayor desventaja de la arquitectura modular con respecto a la convencional; todo depende por supuesto de los materiales y formas constructivas. Otro posible punto flaco de la construcción prefabricada podría ser la repetición de un modelo sin poder personalizar un diseño adaptado a los usuarios y el lugar y, algo totalmente soslayado es la falta de eficiencia energética de arquitecturas modulares (con especial cuidado a las uniones). Pero estas no dejan de ser opiniones fundadas en las experiencias pasadas. La prefabricación, hoy en día, no se concibe como un sistema de producción repetitivo en el que se producen casas prefabricadas exactamente iguales una detrás de otra. Sino que se asemeja más al de una prefabricación 3D en el que se genera un diseño totalmente personalizado por el cliente que una vez cerrado se envía a máquinas y industriales que se encargarán de prefabricarlo 100% a medida.

VENTAJAS

Los beneficios para el usuario según Modulab1: "plazos reducidos a la mitad respecto a la construcción tradicional, fiabilidad de coste con unas menores desviaciones, y un mayor control de calidad, resultante en una mayor calidad al mismo coste que la tradicional". Entre las posibles ventajas podemos mencionar:

I. **Las condiciones.** Más control ante el clima, control de calidad, la mejora de la supervisión del trabajo, un acceso más fácil a las herramientas, y un menor número de entregas de materiales en tiempo deriva en un menor coste y calidad arquitectónica de la construcción. Las medidas dibujadas son las que fabrican las máquinas. Sin apenas intermediación. Sin que nadie tenga que interpretar planos e introducir manualmente las medidas a las máquinas, reduciendo así la probabilidad de error y logrando un alto grado de prefabricación.

II. **La innovación.** Los sistemas y procedimientos actuales de construcción clásica in situ se pueden considerar obsoletos y faltos de eficiencia. Se mantienen prácticamente inalterados en los últimos 50 años, con un bajo nivel de "racionalización". En una vivienda fabricada en taller es más fácil aplicar sistemas e instalaciones innovadoras ya que las empresas cuentan con los expertos necesarios y normalmente con sus propios departamentos de I+D. En las viviendas realizadas in situ se depende de las capacidades de las empresas que se ubican en nuestra misma localización. La digitalización de las casas prefabricadas modulares dejará atrás la domótica convencional y apostará por sistemas de control inteligente autogestionados.

III. **Impactos ambientales.** Reducciones en el coste y desperdicio de materiales, un mayor control de residuos, una menor movilización de recursos, menor contaminación del agua, el polvo y el ruido, y menor desperdicio de energía en general, aunque la prefabricación dispone de un coste adicional y que debe de ser cuantificado en lo concerniente al transporte hasta el lugar de ubicación. Además, el impacto sobre el lugar de instalación de la vivienda es mucho menor por el reducido tiempo de ejecución, lo que disminuye notablemente los daños y molestias a los residentes en la zona. En la fabricación se utiliza el milímetro para los cálculos y un exhaustivo planteamiento de necesidad de materiales, la construcción en seco, la especialización de la mano de obra y el trabajo bajo cubierta hace que sea mucho más sencillo la eliminación de residuos. El desarrollo técnico previo al inicio de fabricación siempre se encamina hacia la eficiencia en todos los sentidos, marcando desde el primer momento las pautas de materiales a utilizar, en el formato más adecuado para reducir el nivel de residuos, los niveles de aislamiento y confort deseados, la minimización de puentes térmicos y acústicos, etc. Las viviendas pueden ser recicladas en su totalidad o por componentes para entrar nuevamente en el ciclo. Todos estos factores hacen que el sistema industrializado sea más sostenible que el tradicional.

IV. **Reducción de tiempos.** Los plazos en construcción modular nada tienen que ver con los tiempos que se manejan en construcción tradicional. Se pueden realizar cambios en la secuencia de construcción, ahorro en tiempo y mejora del flujo de trabajo con lo que se traduce en una reducción del coste. El sistema nos permite trabajar dentro de fábrica y en paralelo llevar a cabo la urbanización y cimentación del terreno, ganando así meses de adelanto. Esto es algo inviable en construcción tradicional. Este tipo de construcción aúna un control de calidad óptimo y menores tiempos de ejecución al emplear una mano de obra más profesional y especializada en cada una de las fases de producción en fábrica.

V. **Reducción de costes.** La mayoría de las técnicas de construcción "in situ" de edificios de viviendas están basadas en el uso masivo de mano de obra, normalmente con una baja cualificación ("Artesanía sin artesanos") que algunas veces obligar a deshacer unidades de obra recién terminadas, con gran producción de escombros, y con el consiguiente empobrecimiento tecnológico del sector, así como un elevado número de problemas patológicos, además del inevitable encarecimiento del producto final. Según los últimos datos, más de un 15% del coste de construcción de un edificio se dedica a corregir errores "in situ". La mayoría de compañías fijan la reducción de coste entre el 20% -50% respecto la misma vivienda construida en el lugar de manera individualizada. Se acabaron los imprevistos de obra y las desviaciones presupuestarias, el proyecto queda totalmente definido antes de su fabricación. El compromiso con la sostenibilidad o la reducción de los costes de ejecución hacen que se pueda recurrir a ella como solución a los grandes problemas globales de vivienda.

VI. **Menos conflictos.** Reducción de los conflictos laborales ante los operarios de la construcción y un trabajo más programado, sin necesidad de la secuenciación típica de un trabajo in situ, donde no se pueden hacer las paredes hasta que no esté la estructura por ejemplo.

VII. **Mejora de la calidad.** Desde la calidad de los materiales, tanto en la puesta en escena y control, hasta reducción del espacio de almacenamiento y un menor número de pérdidas o extravíos. El trabajo de construcción se lleva a cabo en el interior de una fábrica y no a la intemperie. Las condiciones climatológicas no afectan a la construcción, evitando retrasos costosos y daños en los materiales de construcción.

VIII. **Mejora de la calidad.** Desde la calidad de los materiales, tanto en la puesta en escena y control, hasta reducción del espacio de almacenamiento y un menor número de pérdidas o extravíos. El trabajo de construcción se lleva a cabo en el interior de una fábrica y no a la intemperie. Las condiciones climatológicas no afectan a la construcción, evitando retrasos costosos y daños en los materiales de construcción.

IX. **El detalle arquitectónico.** La resolución en fábrica se ejecuta de manera más precisa y lleva unos controles de calidad más exhaustivos, no da lugar a la interpretación de cada operario que forme parte de la secuencia de trabajo.

X. **Flexibilidad:** ampliación o reducción. Las necesidades de las personas cambian con el paso de los años. La ventaja es que el sistema modular permite dejar preparado el proyecto para una futura ampliación o modificación en caso de que las necesidades del cliente varíen. Si el propietario necesita incrementar la superficie de su vivienda es tan sencillo como ubicar módulos nuevos así como eliminar módulos del diseño previo en caso de que precise de una reducción de la vivienda. Al ser obra seca las modificaciones son más limpias y sencillas. La instalación se realiza en poco tiempo por lo que el usuario no tiene que sufrir largas reformas.

XI. **Adaptabilidad al desarrollo tecnológico.** Las viviendas quedan obsoletas, como la tecnología. Muchas son arcaicas, inflexibles, insostenibles y ni siquiera se adaptan a las necesidades de sus usuarios. Cada cierto tiempo se aprueban nuevas exigencias en cuanto a instalaciones eléctricas, ahorro de energía, telecomunicaciones... Todas las instalaciones están accesibles normalmente en elementos independientes o en piezas sustituibles, lo que permite incorporar en cualquier momento de su vida útil cualquier red novedosa o energía renovable, o que por coste no se haya podido hacer durante su fabricación sin tener que acometer grandes obras ni destruyendo parcialmente la edificación.

XII. **El traslado.** Al ser construcciones realizadas por secciones o módulos, pueden ser desmontadas, trasladadas o reconfiguradas aunque por supuesto, conllevará una serie de gastos de desmontaje, transporte y montaje. Al ser desmontables y trasladables, se genera un interesante mercado de 2ª mano con un público mucho más global que el de la vivienda tradicional.

Esquemas casa modular. Fuente: Montanarellaguirre architects

La incursión de la construcción modular en el mundo de la sostenibilidad también tiene que ver con las ventajas que se producen durante el proceso constructivo. "Menor generación de residuos, menor impacto en la parcela, menor consumo de agua durante la construcción, y construcciones fácilmente reciclables y reutilizables", según Modulab.

DESVENTAJAS

I. **Rechazo cultural.** La oposición de los consumidores hacia este tipo de inmuebles es una de las resistencias a las que los gestores de empresas de viviendas prefabricadas se han de enfrentar a diario. La cultura española siempre ha estado unida a la idea de construcción contundente, duradera, con bajo mantenimiento y garantías, esto genera que los clientes asocien este tipo de viviendas a casas destinadas a segundas residencias. En España a nivel de ventas este mercado se encuentre muy lejos de otros países en los que las casas prefabricadas son una realidad y no existen prejuicios negativos hacia las mismas, por lo que a nivel nacional sería necesaria una labor de información y sensibilización respecto a este tipo de arquitectura para una implantación mayoritaria.

II. **Diseños preestablecidos.** Uno de los inconvenientes más destacados es la necesidad de adoptarse a un diseño pre-establecido o bien definir el proyecto propio pero teniendo en cuenta que una vez que entre en la cadena de montaje los cambios no pueden realizarse al igual que en una construcción in situ. Este problema se minimiza por el aumento del número de empresas en este sector y por lo tanto el consiguiente aumento del número de modelos disponibles. En este sentido además, la mayor parte de empresas dedicadas a este producto presentan un sistema de fabricación estandarizado que, no obstante, deja libertad al cliente para elegir acabados, formas y materiales. Esta postura responde, como sostienen desde Modular Home, a que "cada cliente tiene un terreno diferente, la normativa urbanística que aplica cada municipio es distinta y las necesidades familiares también".

III. **Problemas en la ubicación del inmueble.** Son necesarias una serie de circunstancias para poder transportar de forma adecuada los módulos que conforman la vivienda sin considerar el desembolso atendiendo al transporte de las mismas que puede encarecer de forma importante la adquisición del bien. Hay que estudiar con la empresa que nos suministre la vivienda antes de la contratación de la misma la viabilidad de desplazar los módulos hasta su lugar de ubicación, recordemos que la mayoría de las casas prefabricadas precisan de un transporte en camión y grúa para descarga.

IV. **Trámites y legislación.** Dado que la legislación no regula de forma adecua esta tipología de inmuebles pueden existir problemas en las licencias de obras o en las cédulas de habitabilidad dado que en muchos casos las viviendas son adquiridas fuera del territorio nacional en el que se van a situar, prefabricadas atendiendo a otras normativas y legislación. Si queremos utilizar una vivienda prefabricada en España ésta debe cumplir con el Código Técnico de la Edificación, como si de un inmueble convencional se tratara. Una particularidad que no distingue a estas construcciones de la obra tradicional y que puede hacer mermar el interés de aquellos usuarios que desean tener una casa lo más personal posible pero huyen de los trámites administrativos. Las licencias son iguales para todas las construcciones y deben cumplir con la normativa urbanística del terreno, por lo que es importante tener esta normativa urbanística clara a la hora de elegir una vivienda prefabricada o facilitar a la empresa un informe urbanístico de nuestra parcela para que nos pueda confirmar la viabilidad de implantación.

V. **El mantenimiento.** El mercado dedicado a las viviendas prefabricadas es heterogéneo y el mantenimiento de cada inmueble difiere en función de cuáles son los materiales utilizados Según en qué materiales se ha realizado el proyecto es necesario un mantenimiento riguroso de la arquitectura prefabricada o de sus diferentes módulos.

VI. **El espacio específico de la arquitectura prefabricada ecológica.** Las dimensiones de la arquitectura prefabricada normalmente es más reducida, estandarizada y prediseñada. Cuando se pretende adquirir elementos más grandes, normalmente el coste se dispara por las necesarias adaptaciones a las necesidades del usuario. Las casas modulares se imponen una serie de "restricciones a la hora del diseño de espacios", aunque los equipos de arquitectura especializados con los que actualmente se cuenta hacen que muchos de estos inconvenientes se puedan soslayar. Lo más difícil para un sistema de construcción modular es hacer espacios diáfanos de muchos metros cuadrados, como salones sin columnas.

VII. **Necesidad de información.** El cliente tiene que informarse para poder conocer todas las opciones disponibles y no decidirse por el diseño de la única fábrica de viviendas modulares prefabricadas que conoce. Necesitará que la empresa le facilite un proyecto de ejecución que le permita solicitar las licencias y permisos oportunos.

VIII. **Obras de reforma a posteriori.** La ejecución posterior de obra propia puede resultar más complicada para el propietario en el caso de que quiera realizarla con operarios locales no familiarizados con la construcción in situ.

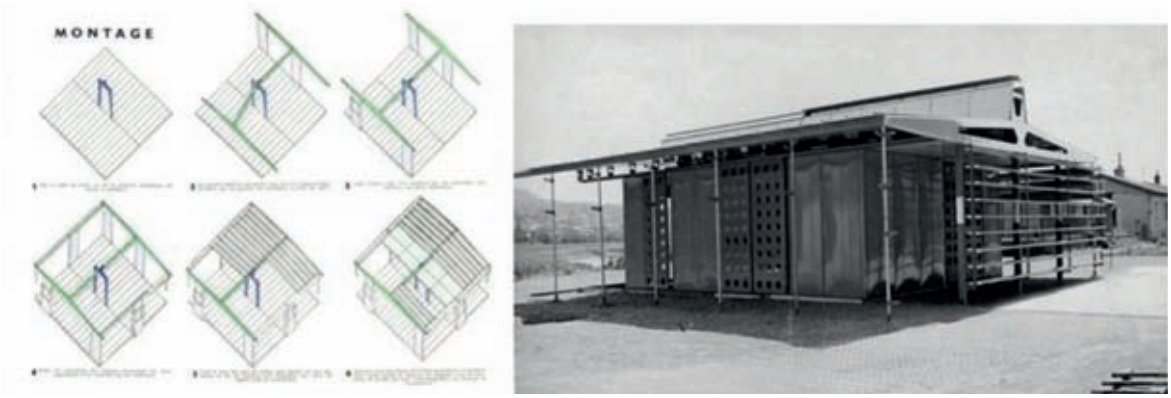
IX. **Financiación.** Las viviendas prefabricadas plantean limitaciones a la hora de la financiación y lo habitual suele ser acudir al crédito auto promotor, operación que se configura como una solución muy parecida a la de las viviendas tradicionales de autoconstrucción, por lo que en ocasiones hay que hipotecar primero el terreno para arrancar la obra e ir después al tradicional crédito hipotecario.

X. **Inversión.** La inversión inicial para desarrollar una industria de arquitectura modular prefabricada es mucho más elevada que una constructora convencional.

ALOJAMIENTOS MODULARES CERO CO2

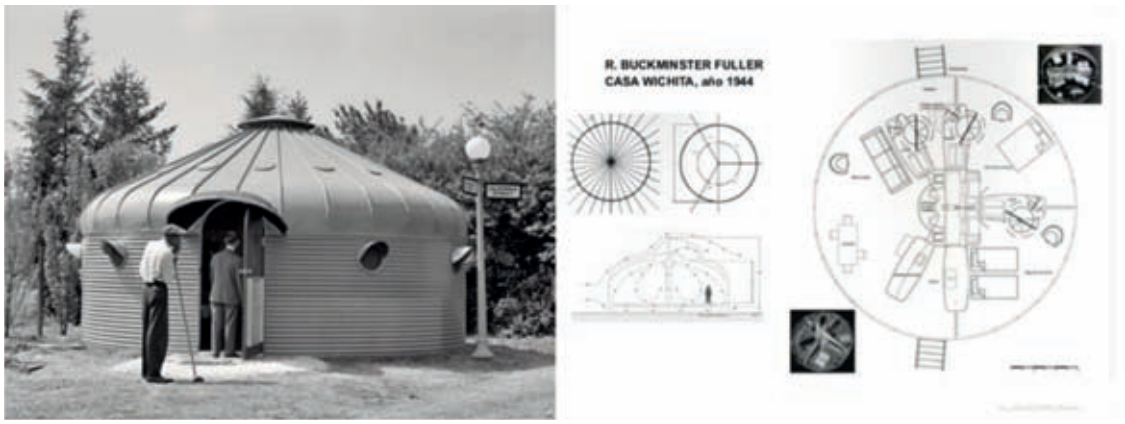
Al igual que en la arquitectura tradicional, la arquitectura modular prefabricada no ha estado ligado a la eficiencia energética desde su concepción, pero podemos destacar los dos ejemplos que sirven para reforzar la visión de una arquitectura ligera e industrializada asociada a principios bioclimáticos como antesala de la eficiencia energética en la arquitectura modular prefabricada: Las Casas Tropicales de Jean Prouvé y la Casa Wichita de Richard Buckminster Fuller. Ambos arquitectos, prácticamente contemporáneos (Jean Prouvé, 1901 y Richard Buckminster Fuller, 1895), plantearon objetivos parecidos , incluso tomando, en muchos aspectos, fuentes referenciales parecidas (la industria del automóvil y la aeronáutica); intentaron dotar al oficio de las ventajas que ya estaban más que comprobadas en estos campos de la ciencia y la tecnología sobre todo el tema de la optimización de los sistemas de cerramiento y la producción en serie. [2]

Las Casas Tropicales implementaban técnicas de aprovechamiento pasivo a nivel de ventilación y/o protección. Nos encontramos ante una edificación elevada sobre la cota del terreno en el que se implanta, lo que favorece el aislamiento de las zonas habitables mediante esta elevación, y a su vez protege el material de los daños que le pueda ocasionar el agua y los elementos que se encuentran en la superficie terrestre. Las lamas abatibles del perímetro responden a una necesidad de filtrar la radiación solar, relacionada a su vez con la orientación que la vivienda puede tomar en cada situación y las zonas de la misma a las que queremos otorgar más grado de privacidad.



Las Casas Tropicales de Jean Prouvé. Fuente: Dezeen Magazine

La Casa Wichita de Richard Buckminster Fuller era una máquina de habitar diseñada en 1944, y es considerado por muchos como la primera casa sostenible. Se trataba de una casa prefabricada, que podía se guardada en un tubo cilíndrico para su transporte. Era una casa aerodinámica, diseñada a partir de los datos obtenidos en las mediciones de viento del lugar. La forma, semiesférica de la cubierta reducía considerablemente los efectos de arrastre del viento, además, como demostraron los ensayos realizados, permitía disminuir la cantidad de calor necesario para calentar el edificio, un claro ejemplo de diseño aerodinámico eficiente. Gracias a su diseño, el interior estaba fresco sin necesidad de climatización. Su peso era inferior al de “dos Volvos” lo que facilitaba su transporte, una de las obsesiones de su arquitecto. La casa fue promovida por Beech Aircraft, y estaba realizada con piezas de aluminio recicladas de sus propios aviones.

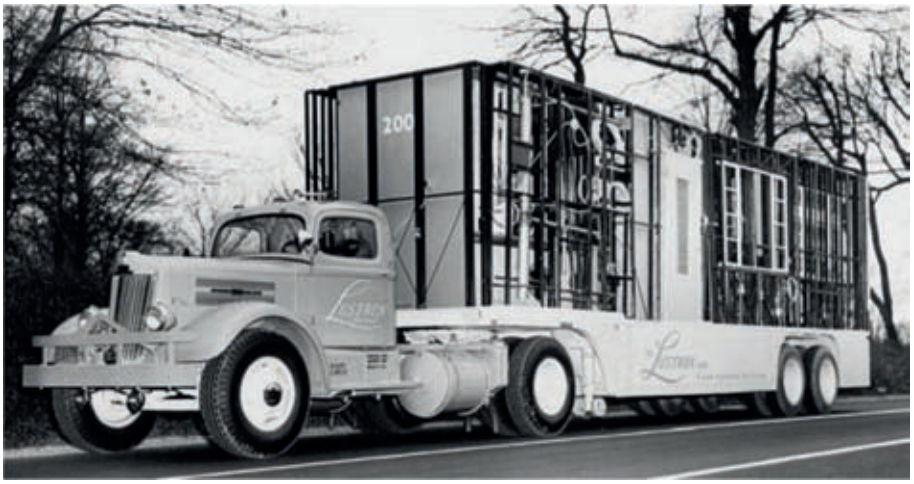


La Casa Wichita de Richard Buckminster Fuller. Fuente: Vitale Loft Arquitectura Modular Magazine

[2] Tesis Doctoral “Construcción Modular Ligera Energéticamente Eficiente”. Juan Carlos Sánchez González. Arquitecto Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Arquitectura

En ambos proyectos los arquitectos procuraron tomar en consideración, como factor determinante, las condiciones climáticas y de entorno de las viviendas y establecieron dos aspectos fundamentales deben quedar resueltos para conseguir espacios interiores confortables: el sombreamiento y la ventilación. Estas casas fueron concebidas como viviendas autónomas y con un reducido impacto al entorno y aunque si bien no todas las soluciones que plantea Olgyay (el cual describió los postulados que han servido como recomendaciones claves para una arquitectura bioclimática en la segunda mitad del siglo XX y hasta nuestros días), 14 años después en sus análisis y en su libro, están implementadas en los proyectos de estas dos casas precursoras, sí que se aplican las que esencialmente son necesarias para un buen nivel de confort.

Estas casas fueron también las precursoras en el uso de los materiales que hasta ese entonces eran, prácticamente, del uso exclusivo de la industria del automóvil y/o de la aeronáutica (aluminio, acero, acero inoxidable) lo que las dotaba de una de las características de "efimeralización", o desmaterialización, sin embargo su consideración como sostenible solo podría ser cierta si estos materiales (de alto consumo energético en su fabricación) entraban en un ciclo cerrado de vida útil (regeneración o reciclaje), hecho que fueron demostrando con el paso de los años como algo viable en este tipo de arquitectura al ser su reutilización mucho más sencilla que en las arquitecturas in situ. Otro ejemplos importante, que sirve como referencia a un tipo de construcción modular y ligera con preocupaciones de confort a la que querían acceder los grandes maestros como Walter Gropius, es el modelo denominado Casa Prefabricada de Stuttgart de 1927, de la cual se construyeron dos viviendas en la Exposición de la Vivienda. Está resulto ser poco apta para las condiciones climáticas del lugar de ubicación, Stuttgart, Alemania por su escases de aislamiento. Partiendo de este ejemplo tanto Walter Gropius como su entorno siguieron trabajando en diseños con otros materiales que les confirieran un mejor acondicionamiento y confort interior. Paralelamente a esto se desarrollaba en Estados Unidos un proyecto de vivienda que podemos considerar muy bien aislado para su época, era la Casa Lustron de Carl Strandlund. Está vivienda contaba con un sistema de calefacción híbrido que combinaba el aire caliente como fuente de calor y la distribución por un sistema radiante. Este sistema se componía de tres partes: un horno a gas, suspendido en el techo de la sala de máquinas, la cámara de sobrepresión situada en el espacio entre las cerchas de techo y el techo y un ventilador para provocar el movimiento del aire desde el horno y a través de las cámaras de distribución. Un ventilador movía el aire caliente desde el horno en dos conductos de suministro en la cámara de sobrepresión, donde se calentaban los paneles de techo de metal/porcelana esmaltados. Esto hacía que el calor se irradiara hacia abajo desde el techo a la casa. Al mismo tiempo se extendía el calor por entre los tabiques y paredes evitando la formación de condensaciones y proporcionando un calor uniforme. Las casas Lustron se instalaron en 35 estados de la Unión Americana, incluyendo Alaska, y en Caracas, Venezuela. Robert Mitchell dice que Strandlund "estaba convencido de que las casas Lustron no sólo debían producirse en serie como automóviles sino que también debían mejorarse, actualizarse y rediseñarse con nuevo modelos que aparecieran periódicamente". Sin embargo era un modelo que funcionaba térmicamente de manera aceptable según el macro clima considerado, pero muy rígido en el proceso constructivo, no admitía modificaciones puntuales para adaptarse a condiciones microclimáticas y esto derivó en un comportamiento inadecuado bajo determinadas condiciones particulares lo cual constituyo su declive.



La Casa Lustron de Carl Strandlund. Fuente: Artículo de Luis G. Sanz. Cosas por Hacer.

A partir de la segunda mitad del siglo XX y hasta nuestros días, la arquitectura modular prefabricada ha seguido evolucionando y aunque conserva mucho de sus formas artesanales de épocas pasadas, también es cierto que ha habido avances en materia de soluciones constructivas innovadoras y ligeras, en las que cada vez ha sido más viable la introducción de técnicas de eficiencia energética a menor coste. En 1968 Richard Rogers realiza su propuesta de vivienda Zip Up, en la cual se hacía una aproximación interesante hacia soluciones y sistemas de aprovechamiento energético tanto a nivel activo como pasivo. En ese sentido se incorporaba la generación renovable con eólica. El cerramiento contaban con un de aislamiento siete veces mayor que una casa tradicional, por lo que sería suficiente un calentador de 3Kw para acondicionar la vivienda.

Casa Zip-Up, Richard Rogers, Londres, (1969). Fuente: Rogers Stirk Harbour + Partners

En 1968, en Finlandia, Matti Suuronen, propuso un proyecto llamado Future House que fue un prototipo de vivienda prefabricada con una fuerte influencia del movimiento futurista que ganaba terreno entre algunos arquitectos nórdicos de la época. Este prototipo con forma de elipse, fabricado con dos capas de fibra de vidrio y una espuma de poliuretano, se planteaba como un modelo de fácil montaje en cualquier parte del mundo y bajo cualquier condición climática. [3] En la década de los 70 se sucedieron varios proyectos, concursos e iniciativas empresariales en los que se desarrollaron prototipos y modelos de edificaciones modulares en los que se utilizaban todo tipo de aislamiento y medidas de estanqueidad para garantizar un buen funcionamiento térmico. Podemos destacar de esta fase por su uso cercano al nuestro la Torre Nakagin del arquitecto Kisho Kurokawa, en Ginza, Tokyo, plantea un concepto de alojamiento turístico flexible para la zona de negocios de Tokio. La torre, cuenta con dos núcleos de instalaciones y circulación de hormigón como eje del edificio, al cual se conectan los módulos prefabricados de chapa de acero galvanizado reforzado, terminados con pintura antioxidante para su conservación y con gruesas capas de aislamiento proyectado para adaptarse a la climatología . Dichos módulos o cápsulas con espacio mínimo para el alojamiento de una persona podían combinarse para conformar espacios más amplios en el mismo núcleo de la torre de 14 niveles.

Varios de los ejemplos anteriormente citados, entre otros, más que marcar hitos y tendencias en este tipo de construcción- permiten hacer un estudio analítico sobre el tema energético y el confort de los usuarios. No siendo la eficiencia energética el objetivo primario de estos ejemplos, en cualquier caso sirven como paradigmas de un proceso evolutivo de optimización del quehacer constructivo. En cualquier caso y aun no siendo el ahorro energético o la eficiencia energética, objetivos primordiales e históricamente planteados por la arquitectura industrializada, prefabricada, modular o modular ligera, sí que es cierto que en algunos de estos ejemplos encontramos puntos de origen para un desarrollo futuro en esta línea y es la década de 1990, donde se empiezan a desarrollar proyectos de viviendas conocidas como laboratorios móviles, donde ya la eficiencia energética si es un premisa de partida en el diseño. Dentro de este contexto Jennifer Siegal, OMD (Office of Móvil Desing) proyectó un tipo de vivienda modular con estructura metálica y paneles SIP, donde el concepto de sostenibilidad está presente. También en España en 1993 el arquitecto P. Oliva comenzó a trabajar en proyectos de módulos móviles autoportantes con consideraciones iniciales de eficiencia energética. En general en los 90 se consolidó en la arquitectura en general una imagen de la sostenibilidad claramente concentrada en el desarrollo de soluciones inteligentes o activas de cerramiento, que combinan sensores y nuevos materiales para componer cerramientos cada vez más complejos y sofisticados, muchas veces demasiado para soluciones elaboradas in situ, debido

[3] Proyectos4etsa.wordpress.com.2015 _ Futuro House, Matti Suuronen, Finlandia, 1968.

a lo cual se empiezan a desarrollar prototipos de arquitectura prefabricada que implementaba estas nuevas soluciones de forma más sencilla. En este momento empieza un desarrollo importante de las arquitectura modular prefabricada como líderes de sostenibilidad y la eficiencia energética con ejemplos variados y numerosos, algunos con éxito real y otros demasiado centrados en el clima del lugar de fabricación que en este tipo de arquitectura no debería ser la premisa ya que hablamos de casas transportables en teoría sin límites de lejanía.

En 2003 la empresa Du Pont (Francia) y el diseñador alemán Werner Aisslinger, proyectan la Loftcube, un prototipo de vivienda concebido como una casa de baja energía, un habitáculo móvil y transportable, de fácil instalación, que se puede transportar con helicóptero, grúa o sobre camión para ser instalada sobre cubiertas y terrazas de edificios urbanos o en medio de idílicos o aislados entornos naturales. Los cerramientos opacos cuentan con un nivel de aislamiento de 0,03 W/mk, y los valores de consumo son inferiores a 100 kWh/m², primando en el diseño la eficiencia energética (con cristales de baja emisividad y de triple vidriado hermético), la ventilación natural y el aislamiento acústico. Este prototipo convertido después en realidad fue testado en colaboración con el Fraunhofer Institute y se convirtió en un modelo de referencia de la lógica aplicada a la evaluación de edificios móviles surgiendo propuestas concretas, ya que hay algunas consideraciones especiales que deben tenerse en cuenta por el contraste entre este tipo de construcción y un edificio inmóvil. Este es uno de los hitos importantes donde se demuestra la posibilidad de crear modelos en base a prototipos ensayados en laboratorios bioclimáticos y por lo tanto parametrizados para funcionamientos en condiciones climáticas diversas.

En los últimos tiempos ha cobrado importancia la competición de casas solares Solar Decathlon Europe, al hacer referencia, en un solo concepto global, a la construcción modular, ligera y eficiencia energética. Los orígenes de este concurso se remontan al año 1999 en Estados Unidos (la primera edición se celebró en 2002 en Washington) en la que cada vez hay más prototipos de arquitectura modular prefabricada Cero CO2. Richard King, padre de esta competición, en una entrevista concedida al diario El Mundo explicaba que "Es un certamen que desafía a las escuelas universitarias de arquitectura y de ingeniera para diseñar, construir y hacer funcionar con energía solar una casa que sea lo más habitable y eficiente posible". Esta competición ha puesto de relieve este tipo de arquitectura dentro de las escuelas y universidades lo que sin duda es un afianzamiento de la misma en el futuro venidero. El concurso genera prototipos hiperoptimizados, como modelos NZEB, el coste de producción es sensiblemente superior a lo que supondría el mismo modelo pero listo para su puesta en mercado de manera seriada y dentro de un contexto de comercialización.

Respecto a la arquitectura, no la de concurso, ni los prototipos sino a la que se implanta en el terreno y constituye nuestro entorno la realidad es que el sector de la vivienda, como muchos otros de la sociedad, se está haciendo eco real de la necesidad de cuidar el medio ambiente y pensar en consonancia con el entorno. En el contexto de la Unión Europea, el sector de la edificación representa el 40% del total del consumo energético del continente. En España, las viviendas emiten anualmente alrededor de 30kg de CO2 por m2 y los edificios de uso terciario pueden emitir hasta 170 kg de CO2 por m2. Los edificios consumen mayor energía que cualquier sector, son la principal fuente de incremento de CO2 y responsables por tanto del cambio climático, de ahí la gran importancia de que la arquitectura se adecue a las premisas de Cero CO2.

En relación con este enfoque que integra distintas áreas de impacto, existe actualmente una

tendencia centrada principalmente en la neutralidad del consumo de energía y de las emisiones de CO2. Ejemplo de esto son los edificios de balance energético neutro o "Zero Energy Buidings" (ZEBs) y los edificios y desarrollos urbanos neutros en carbono o "carbón neutral". Dejando de lado el aspecto de marketing de ambos términos, la novedad que comparten es la ambiciosa idea de minimizar al máximo el impacto energético (el edificio genera lo que consume), en algunos casos proponiendo incluso alcanzar un balance positivo (el edificio genera más de lo que consume). Un edificio cero emisiones es aquel en el que el balance de emisiones de CO2 es nulo durante su funcionamiento. Las estrategias planteadas para el alcance este objetivo se basan en la secuencia de, primero, reducir la demanda energética, segundo, maximizar la eficiencia de las instalaciones, y, por último, generar la energía necesaria.

En relación con la primera, existe numerosa bibliografía sobre estrategias de diseño pasivo relacionadas con la mejora de la captación solar en invierno, el sombreamiento y la ventilación, o la iluminación natural, entre otros; desde numerosos ejemplos en la arquitectura tradicional en distintas culturas y climas, hasta las recientes tendencias de arquitectura bioclimática, pasiva, verde, solar, etc. La segunda estrategia se centra principalmente en los sistemas de calefacción y aire acondicionado, tanto por su elevado consumo energético como por la emisión de gases de efecto invernadero, buscando una significativa reducción en ambos. En cuanto a la generación de energía, recientemente impulsada por el CTE, ésta se limita mayormente a paneles térmicos y fotovoltaicos. Desde el punto de vista del edificio como un todo, los paneles a menudo se plantean como un mero añadido; son pocos los sistemas que forman parte del edificio como tal, por ejemplo, en elementos de fachada, y su precio es elevado. Por otro lado, las administraciones europea, nacional, y autonómicas están realizando esfuerzos para desarrollar regulaciones e incentivos para reducir el consumo energético y las emisiones en la edificación, y fomentar la utilización de energías renovables. Estos aspectos quedan reflejados en el DB-HE Ahorro de Energía del CTE y en el RD 47/2007 sobre certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. En marzo de 2009 el Parlamento Europeo propuso que las construcciones de nueva planta deberán ser de consumo energético casi nulo a partir de 2020, y las edificaciones públicas a partir de 2018, según la Directiva Europea 2010/31/UE que hace referencia a la eficiencia energética de los edificios.

La arquitectura modular prefabricada no tiene una consideración diferenciada dentro de las políticas europeas, independientemente de las soluciones y procedimientos empleados en el proceso constructivo, el resultado son productos edificados que han de responder a las mismas exigencias. Las estrategias de reducción de la Huella de Carbono y demanda de energía procedente de recursos no renovables en el caso de los alojamientos modulares Cero CO2, son las mismas que para la arquitectura convencional. Entre otras, las siguientes:

I. **Entorno.** Adaptarse al terreno, a la vegetación y a los vientos predominantes modificando lo estrictamente necesario en su inserción en el espacio. La arquitectura modular nos permite una inserción sutil en el territorio y gracias al uso de tramas de programación permite adaptarse a las circunstancias del entorno, contemplando todos los matices del medio en que se instalan e interactúan con él, se contraen y se esponjan según los requerimientos en esto puede actuar igual que la arquitectura convencional.

II. **Forma compacta.** En un edificio de forma compacta se reduce la superficie de la envolvente en relación al volumen del edificio (a menor superficie de envolvente menores pérdidas térmicas), ya que una excesiva cantidad de salientes o zonas con mirador, aumentarían la demanda y el coste energético. Siendo el factor de forma el cociente entre la superficie del edificio y su volumen, cuanto menor sea este, mayor es la capacidad del edificio para retener el calor y por tanto en climas fríos conviene que este factor varíe entre 0,5 y 0,8, mientras que para climas cálidos conviene que sea superior a 1,2.

III. **Tamaño de los huecos.** Es necesario hacer un diseño adecuado de las superficies acristaladas en cada fachada, modificando su tamaño en función de su orientación. Una buena orientación permite un ahorro energético y económico importante (tanto para climatizar como para iluminar), así como tener diferentes percepciones del entorno y de la calidad de luz. Este punto es especialmente sensible en los alojamientos modulares, ya que en muchos a casos se desconoce la orientación en la fase de prefabricado. La manera de afrontarlo es dotando

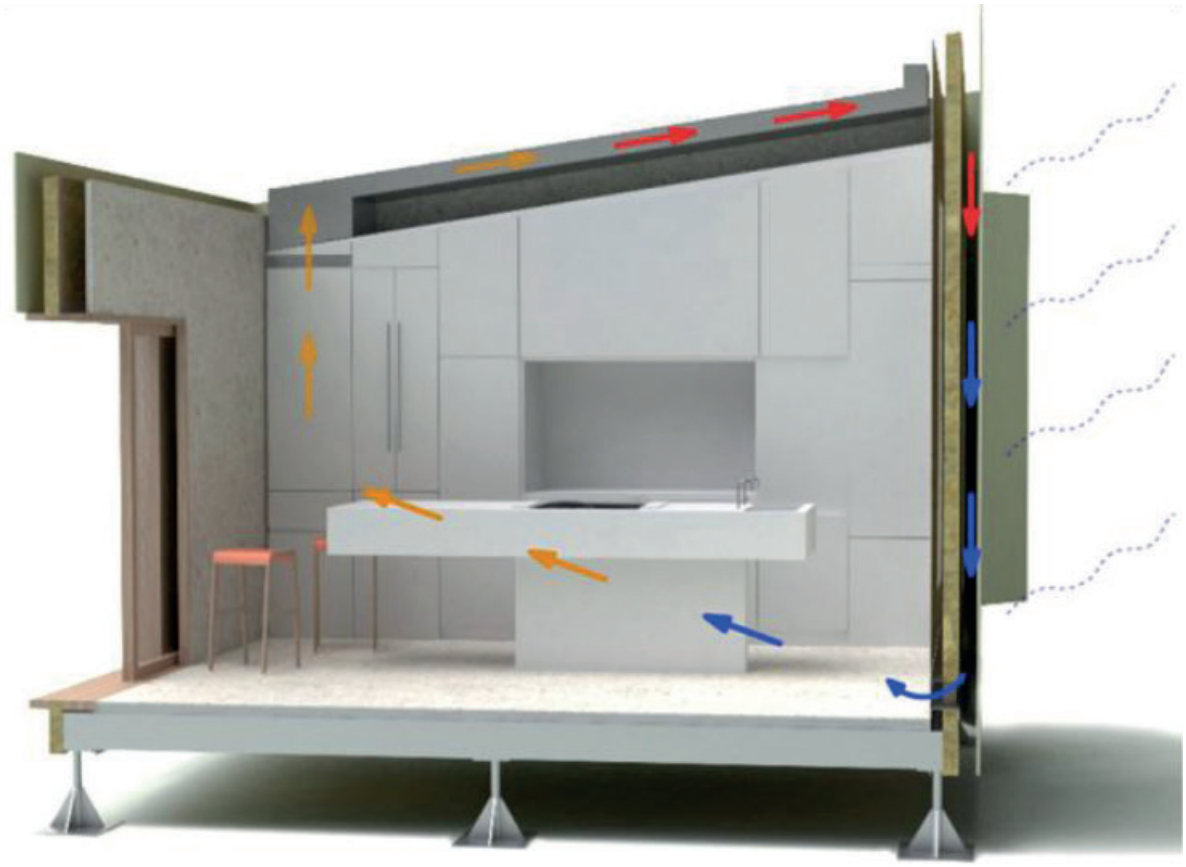
a todos los huecos de gran flexibilidad para puedan funcionar correctamente bajo distintas condiciones climáticas exteriores.

IV. **Envolvente edificatoria.** A través de la envolvente edificatoria se reducen las pérdidas o ganancias de energía del alojamiento modular, de tal manera que en verano se reduce el flujo de calor desde el exterior hacia el interior y en invierno a la inversa, optimizando el comportamiento energético de la envolvente térmica. El altísimo desarrollo de la técnica contemporánea permite abrir nuevos caminos en las pieles de la edificación. Sin duda, entre las nuevas posibilidades, las envolventes activas constituyen un campo no explorado de gran importancia y de máxima viabilidad en la arquitectura industrializada. No solo es lógico pensar que las envolventes pueden ser rigurosas protecciones pasivas frente al exterior sino que, por primera vez, pueden convertirse en epidermis generadoras de energía. Se están realizando en la actualidad numerosos prototipos de vivienda modular con nuevos materiales y sistemas que permiten un mayor control de la Eco-envolvente como generadora de confort interno, en estos módulos el ensayo es mucho más eficiente por su mayor realidad al hacerse sobre una unidad habitacional que si ensayamos elementos individuales para la arquitectura convencional.

V. **Carpinterías y vidrios.** Las ventanas y puertas pueden tener rotura de puente térmico, sistemas de doble acristalamiento con cámara de aire tipo por ejemplo climalit, vidrios con un factor solar bajo o baja emisividad con un tratamiento que consiga reflejar parte de la radiación solar cuando ésta sea innecesaria. Se recomienda proteger las superficies de vidrio con persianas exteriores de elementos orientables preferiblemente y colocar contraventanas interiores si se estiman pérdidas importantes en invierno o nocturnas.

VI. **Puentes térmicos.** Este en un concepto muy importante. Son zonas donde se pueden transmitir pérdidas de calor, ya sea por la naturaleza del material (conductividad), por el espesor del mismo o, lo más común, por ser una junta entre materiales de diferentes característica que produce una discontinuidad en la capa aislante y de ahí que se puedan producir las transmisiones de calor. En la arquitectura en las zonas donde se interrumpe el cerramiento y pierde su inercia térmica, se debe reforzar el aislamiento como por ejemplo en cajones de persianas, encuentros con pilares, juntas, etc. En la construcción tradicional es mucho más difícil de conseguir que en la arquitectura modular prefabricada realizada en taller.

VII. **Ventilación adecuada.** En zonas climáticas más cálidas, la ventilación es todavía muy importante sobre todo en verano, siendo conveniente realizar ventilación natural cruzada y la ventilación nocturna, de forma que se conseguirá la pérdida de energía y disipar el calor acumulado en los cerramientos durante el día, por tanto es recomendable tener en cuenta en la envolvente edificatoria aumentar la permeabilidad y reducción de estanqueidad, mientras que en climas más fríos se debería de actuar a la inversa, disminuyendo la permeabilidad y aumentando la estanqueidad. No obstante la renovación de aire de los espacios vivideros tan necesaria para asegurar unos buenos niveles de confort, inevitablemente trae aparejada el problema del puente térmico, para ello la manera más viable es que el aire no entre nunca de forma directa al interior de la vivienda sino a través de conductos. La utilización de sistemas de acumulación de frío y calor solar, de recuperación de calor de sistemas de ventilación y la aplicación de sistemas de precalentamiento y pre-enfriamiento del aire de ventilación de las viviendas es muy recomendable y fácilmente aplicable con materiales de nueva generación en este tipo de arquitectura.



Esquema del funcionamiento del «efecto botijo» y la ventilación pasiva en el módulo cocina de Patio 2.12. Fuente: http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.138 [4]

VIII. Espacios climáticos intermedios. Balcones, galerías, porches, etc. son espacios que proporcionan un buen control climático entre interior y exterior facilitando la adaptación de los elementos edificatorios a su entorno. Estos espacios son un gran activo en los sistemas de acondicionamiento pasivo pudiendo comportarse como calderas solares.

Galería de la casa La casa prefabricada Embrace

[4] Terrados-Cepeda, F. J., Baco-Castro, L., Moreno-Rangel, D. (2015). Patio 2.12: Vivienda prefabricada, sostenible, autosuficiente y energéticamente eficiente. Participación en la competición Solar Decathlon Europe 2012. Informes de la Construcción, 67(538): e088.

IX. **Energías renovables.** Aplicar energías renovables como pueden ser energía solar térmica para la producción de agua caliente o bien energía solar fotovoltaica para producción de electricidad, siempre que por las características del edificio y de sus instalaciones permitan que dicha implantación sea viable desde el punto de vista técnico y económico. De no ser así se deberá optar por implantar sistemas con instalaciones y equipos de alta eficiencia energética.

X. **Hábitos de los usuarios.** Es muy importante que los usuarios de un alojamiento modular sepan cómo funciona el alojamiento. Por ejemplo, es muy frecuente que los usuarios programen la calefacción o la refrigeración a temperaturas que no sólo a veces están fuera de los parámetros de confort térmico, sino que también suponen un aumento desproporcionado del consumo energético, de forma que si bajamos la temperatura de nuestra calefacción sólo 1°C, podemos conseguir un ahorro energético de entre un 5 y un 10% y evitar 300kg de emisiones de CO2 por hogar y año. Unos 20°C es suficiente para tener una temperatura adecuada. Se debe programar el termostato para que se desconecte cuando no estamos en casa o mantener una temperatura agradable, pudiéndose alcanzar un ahorro entre un 7 y un 15% de energía. Saber cuándo se deben abrir las ventanas para hacer circular el aire o cuando cerrar la protección solar, si es necesaria la radiación solar, cómo mejorar la inercia térmica o conocer en cada instante los parámetros del ambiente interior, puede ahorrar el consumo de mucha energía innecesaria.

En resumen, los alojamientos modulares Cero CO2 deben seguir las mismas directrices que la arquitectura convencional para minimizar su consumo energético, teniendo especial consideración con las juntas entre materiales, puentes térmicos y adaptación de módulos al lugar, abordando como primera cuestión el tema de la energía lo que, a la luz de los disímiles posibles emplazamientos (unos proveen mucha radiación, otros viento, etc.) lleva a la decisión de proveer un sistema abierto que permitiera en cada caso implementar los sistemas más adecuados a cada emplazamiento e incluso la renovación o adecuación posterior. La estrategia sería rehuir de cualquier industrialización cerrada y optar por un planteamiento intelectual que interprete las ventajas de la industrialización en clave energética, proponiendo una respuesta integral que dé cuenta de nuevos tipos edificatorios flexibles y con capacidad de evolucionar adaptándose a las necesidades cambiantes de los usuarios y los lugares y asegurando la compatibilidad geométrica que los sistemas industrializados exigen. La flexibilidad espacial requerida se desarrolla con sistemas industrializados que generan la estructura portante, las instalaciones, los sistemas bioclimáticos pasivos y activos y el sistema envolvente, permitiendo alcanzar una solución completamente abierta donde es posible combinar los elementos constructivos dentro de una gama de productos industrializados y certificados. Son ya numerosos los ejemplos de arquitectura modular Cero CO2 certificada, debido a que es mucho más sencillo conseguir una ejecución precisa de lo proyectado al realizar la ejecución en taller y esto simplifica el proceso de certificación y también la facilidad de cumplimiento del mismo en la producción controlada. Con independencia de la solución constructiva utilizada, tanto 2D como 3D, se pueden incorporar diversas tecnologías para conseguir las prestaciones de Consumo Energético Casi Nulo, como con la Certificación PassivHaus, LEED (United States Green Building Council), BREEAM/EcoHomes o VERDE (Green Building Council España). Se pueden incorporar fácilmente en el proceso de fabricación las tecnologías de Domótica e Internet de las Cosas, para poder controlar diversas tecnologías dentro de la casas modulares prefabricadas, tanto temperatura, iluminación, climatización, persianas, toldos, etc. ..... como los nuevos electrodomésticos con conexión a Internet. Esto permite que la gestión de la vivienda se realice lo más eficientemente posible sin que el usuario tenga que intervenir, lo que facilita la aplicabilidad.

Hay que tener en cuenta que la forma de conseguir soluciones cada vez más flexibles y adaptables es la monitorización continua y el registro de datos que permita un análisis de funcionamiento y la posibilidad de ir caminando hacia la necesaria capacidad que debe tener un edificio NZEB para igualar su propia carga a través de la generación on-site (en el mismo lugar del edificio) y para trabajar de manera provechosa con respecto a las necesidades de las redes locales. Se generarían posibles indicadores y el concepto de la flexibilidad de interacción de redes se debate como un fin deseable en el diseño energético de los edificios Cero CO2. El estado del arte muestra mucha más actividad en lo que se refiere a la "sostenibilidad" que a la "industrialización" de ahí la importancia de trabajar en ambos campos conjuntamente.

INTERÉS AMBIENTAL DE LA ARQUITECTURA MODULAR

La arquitectura, mayoritariamente y por definición, ocupa y transforma el medio natural en el cual se asienta. Se materializa a través de la construcción que, al igual que otras industrias, se basa en el modelo productivo de la revolución industrial, definido por la secuencia lineal extracción>fabricación>residuo.

Esta manera de producir, caracterizada por un consumo de materias primas no renovables y una generación de residuos contaminantes en crecimiento acelerado, provoca unos impactos negativos sobre el medio ambiente que deterioran el stock de capital natural con que cuenta el planeta, condicionando a largo plazo la continuidad de diversas formas de vida sobre la tierra, entre las que se encuentra la especia humana.

Las principales causas de esta degradación ambiental se encuentran en el consumo de recursos no renovables y en la generación de residuos contaminantes, ambos en aumento acelerado. Su principal efecto es la destrucción del stock de capital natural por degradación entrópica, algo que resulta especialmente tangible cuando observamos algunos de sus impactos más visibles o conocidos, como la destrucción de los bosques nativos, el agotamiento de los combustibles fósiles, la disminución de las reservas de agua dulce, o la contaminación de la atmósfera a través de la emisión de gases tales como el dióxido de carbono CO2, los óxidos de nitrógeno NOx y los óxidos de azufre SOx que se traducen en el efecto invernadero, la lluvia ácida y la destrucción de la capa de ozono, por citar sólo algunos problemas.

La reducción de la cantidad de materiales que son necesarios para la creación de una unidad de valor de la economía, o desmaterialización, supondría una clara ventaja ambiental: a menor cantidad de materiales requeridos, menos extracciones de la corteza terrestre, menos residuos generados y por tanto menos impacto ambiental. A partir de todos estos supuestos se llega a afirmar que la evolución de la economía asociada al cambio tecnológico podría, por sí misma, contribuir a reducir el problema del creciente impacto ambiental de nuestras sociedades.

La construcción de vivienda nueva con sistemas constructivos convencionales en edificios plurifamiliares implica actualmente, a valores estándar, unos 500KgCO2/m2 si se repercute sobre la totalidad de la superficie construida y hasta 600 KgCO2/m2 si se considera sólo el área habitable, excluyendo garajes y otras instalaciones. El uso de esa misma unidad de superficie durante una vida útil de unos 50 años supone, por su parte, entre 1500 y 1700KgCO2/m2. A partir de estos datos y de auditorías energéticas realizadas en el sector doméstico puede calcularse que una vivienda estándar, de unos 90 metros cuadrados con cuatro ocupantes permanentes, representa unas emisiones de aproximadamente tres toneladas de anuales de CO2. Naturalmente y como ya se ha comentado brevemente, además del consumo de energía y las emisiones de gas CO2, la edificación causa otros impactos sobre el medio natural. En efecto, en la misma vivienda comentada en el párrafo precedente se generan diariamente más de 160 kilogramos (o litros) de aguas residuales por habitante [Mañá et al. 2003] que previamente ingresadas en calidad de agua potable en un 100%. Esto quiere decir que cada día son vertidas al alcantarillado casi 0,7 toneladas de aguas (700 litros) por vivienda estándar, que deberán tratarse antes de ser devueltas al ciclo hidrológico, no siempre en condiciones adecuadas para evitarla contaminación del medio natural, aunque en cualquier caso afectando recursos materiales, consumiendo energía y disminuyendo las reservas de agua dulce en muchas de las cuencas. La construcción de edificios implica, asimismo, grandes cantidades de agua empleadas en la fabricación de materiales, aunque lamentablemente no disponemos de estudios que nos permitan estimar una repercusión aproximada. [5]

A modo de ejemplo se refleja la comparación realizada en el marco de la Investigación sobre Estructuras Industrializadas en Edificios de Vivienda Colectiva realizada por VISESA [6], entre una obra industrializada y otra tradicional:

[5] WADEL, Gerardo: La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Las características han sido extraídas expresamente del texto contenido en el Capítulo 2: El problema del ciclo abierto de los materiales / 2.1 El problema ambiental de la arquitectura.

[6] Investigación realizada por el Equipo Pich-Aguilera con la Beca convocada por VISESA en 2004.

I. Incrementos de cemento (0-5%/m3 de hormigón)
II. En áridos un 15% más de arena y 12,5% menos de gravas
III. Reducciones en acero (35-40% menos en pilares y un 75% menos en placas alveolares respecto a un reticular)
IV. Aditivos, líquidos desencofrantes y dosificación controlados
V. Mayor rentabilidad de moldes (media de 5años de vida útil)
VI. Distancias óptimas de transporte de 50km (8 m3/viaje superior a hormigonera de6 m3/viaje), con máximo de 350 km (cada litro de gasoil consumido contamina 2,28 kg de CO2)
VII. Elementos de seguridad en transporte de madera con mayor reutilización
VIII. Menor generación de residuos de encofrados, restos de armadura o alambre, aguas residuales en prefabricados (54 l/m3) controlados, menores pérdidas de hormigón (en in situ hay pérdidas de material entre un 5-10%, alrededor de 200 kg/m3)
IX. Posibilidad de recuperación de piezas ensambladas en casos de demolición.

En los últimos años han ido apareciendo nuevas herramientas cada vez más útiles para conocer y reducir el impacto ambiental de la construcción, tales como bases de datos de materiales ecológicos o de menor impacto ambiental que las alternativas convencionales. Estas herramientas hacen posible determinar ciertos efectos del impacto ambiental de un edificio en la etapa de construcción, así como también analizarlo y a partir de ello determinar soluciones constructivas alternativas para disminuir su alcance. Se trata de herramientas que usualmente se emplean para disminuir el impacto ambiental pero no para neutralizarlo; la disminución en sí misma no asegura la condición de sostenibilidad que como ha sido dicho antes requiere del cierre de los ciclos materiales. El impacto y por tanto el desequilibrio ambiental insostenible en el tiempo, que mediante la utilización de las herramientas anteriormente enunciadas puede y debe disminuirse notablemente, no desaparecerá por completo porque está implícito en el modelo productivo vigente. Es decir que estamos frente a estrategias, muy importantes y valiosas por cierto, pero de tipo paliativas y no definitivas. Si no cambia el modelo productivo no desaparece el problema ambiental, ya que éste forma parte de él, está implícito en él.

Para modificar el proceso productivo se hará necesaria la definición de estrategias que, desde diversas escalas, permitan ir transformando el modelo productivo lineal actual de los materiales empleados en la edificación (extracción>fabricación>uso>residuo), hacia un ciclo que permita recuperar los residuos en forma de recursos (reciclaje-fabricación-uso-reciclaje). El regreso a un uso orgánico de los recursos, es decir, a reciclar completamente los materiales ya sea a través de la biosfera o del sistema técnico industrial es uno de los retos que enfrenta la industria de la construcción y el sector profesional vinculado a ella. Se trata de redefinir el sistema técnico industrial para que asuma la exigencia del cierre del ciclo de los materiales.

La reciclabilidad de un material no sólo es intrínseca a sus características técnicas, sino que también cuenta el sistema técnico, diseñado para permitir su recuperación a lo largo de la vida útil en la edificación. Trabajar con productos monocomponentes reciclables, juntas reversibles y emplear sistemas de recogida selectiva en los procesos de desconstrucción son los principales requisitos a garantizar. De tal forma, para que un material alcance la reciclabilidad, además de ser reciclable necesitará de un sistema capaz de involucrar a todos los agentes de la construcción que forman parte de su proceso de gestión: proveedores, fabricantes, proyectistas, constructores, compradores, usuarios, gestores de edificios, empresas de derribo, etc. Asegurar el retorno del material a fábrica una vez haya acabado su vida útil en la edificación es el punto clave en este proceso. Esto, combinado con un diseño de proceso y producto que garantice la incorporación del material retornado en la fabricación del nuevo producto, es condición necesaria para la reciclabilidad. Y la reciclabilidad lo es para el cierre de los ciclos materiales.

De lo anterior se deriva que tenemos que es necesario actuar de forma integral sobre la cadena de producción, conformada actualmente por una sucesión de ciclos industriales abiertos, que configura el modo más extendido de producir en la actualidad y que invariablemente genera residuos en todas las etapas del proceso: extracción y transporte de las materias primas, fabricación, transporte de los productos, construcción, uso y derribo del edificio.

El requerimiento de materias primas no se ha reducido, si bien se puede hablar de una cierta ralentización con la crisis inmobiliaria, no se detectan pautas de decrecimiento. Los costes ambientales derivados del transporte, que interviene en dos momentos básicos del proceso de construcción: un primer movimiento, que es el que efectúan las materias primas desde su lugar de extracción hasta el de la fabricación de los productos y un segundo movimiento, representado por el trayecto que realizan estos últimos desde la fábrica hasta el sitio donde se encuentra la obra a construir. Esta última etapa tiene una gran importancia en los terrenos insulares, donde la falta de materias primas propias y de una escasa red industrial hace que casi el 70% de los productos vengan del exterior con el consiguiente incremento de esta parte del ciclo. Canarias y Cabo Vede cuentan además con una considerable lejanía a sus principales suministradores de materiales localizados en la Península Ibérica.

Si las etapas de extracción de materias primas y de fabricación de productos con destino en el sector de la construcción presentan ciclos abiertos que generan una gran cantidad de residuos, las dos siguientes fases, la construcción de edificios y su posterior demolición, así como también ocurre con su uso y mantenimiento, no escapan a este problema.

En efecto, de las algo más de dos toneladas de materiales que es necesario poner en obra para construir un metro cuadrado habitable de vivienda con los estándares constructivos actuales [Mañá et al. 2003] hasta un 6,3% (125 kg/m2) se convierte en residuos sólo durante el proceso de edificación [7] . Estos números son de por sí significativos y si se tiene en cuenta que existen sistemas constructivos prefabricados ligeros que pueden llegar a satisfacer las demandas de la habitabilidad en la vivienda con un consumo de materiales puestos en obra de entre 100 y 200 kg/m2 lo son aún más.

Durante la fase de uso de los edificios se registran nuevos consumos de materiales de mantenimiento y rehabilitación que resultan muy difíciles de cuantificar, ya que en buena medida dependen de los sistemas constructivos y el plan de gestión de mantenimiento que siga el edificio a lo largo de su vida útil. En términos promedio y respecto del parámetro de energía de extracción y fabricación de materiales pueden llegar a suponer hasta un 25% de la fase de construcción [SaAS et al. 2007]. No obstante, la repercusión de impacto ambiental mayor en esta etapa se centra en el consumo de energía empleada en el funcionamiento de los edificios -en las funciones de climatización, agua caliente sanitaria, iluminación, cocina y electrodomésticos.

La etapa siguiente en el ciclo de vida de los edificios es el derribo, que da lugar al aprovechamiento o a la disposición final de los residuos. La tasa de reciclaje en la etapa final de la gestión de los residuos, una vez han abandonado la obra y sin tener en cuenta ninguna estrategia de reciclaje en el sitio de derribo, alcanza un 20%. Los edificios se construyen actualmente empleando una mayor cantidad de recursos materiales que hace 60 o 100 años y dado que el sistema de producción de la construcción basado en el ciclo abierto no ha sido modificado, también implican una generación de residuos mayor. De momento nada permite pensar que el crecimiento en el consumo de recursos y en la generación de residuos haya encontrado un límite o se haya estabilizado. Por ello es importante empezar a pensar que edificaciones podrían invertir esta tendencia. Podría preguntarse si, para comenzar a cerrar los ciclos materiales en la arquitectura, el camino más adecuado pasa por la creación de un nuevo sistema -a partir de cero- o bien por detectar qué sectores, empresas, técnicas, formas de gestión, sistemas constructivos, etc., presentan las mejores condiciones de partida y, a partir de ellos, intentar formular un nuevo modelo de producción para la edificación.

Los edificios que en principio resultan de mayor interés, son los que pueden construirse y deconstruirse [8]. Esta condición hace posible que puedan volverse a utilizar o bien sean aprovechados sus recursos una vez sean desmontados completamente en fábrica. La construcción modular de cara a la consideración del cierre de ciclos de materiales en la arquitectura se centra en las potencialidades que ésta ofrece para poder mantener de los recursos físicos a lo largo de su ciclo de vida dentro de una rueda de reciclaje constate que evite la generación de residuos. En tal sentido, la posibilidad de trabajar con pocos materiales, optimizar el uso de los mismos, reducir y controlar los residuos en fábrica y, finalmente, recuperar al final de la vida útil del edificio son sus principales ventajas.

[8] Desmontar, deshacer lo construido. El término no hace alusión al movimiento moderno arquitectónico del Deconstructivismo o Deconstrucción, ni las ideas planteadas por Jacques Derrida.

Las características de especial interés ambiental detectadas, a tener en cuenta en la definición de los modelos a estudiar, son las siguientes [9]:

I. Una combinación de unidades modulares que forme edificios de entre tres y cuatro plantas, que es el límite de altura sin necesidad de estructura adicional, con una profundidad edificable de 6-12 metros para permitir una buena ventilación e iluminación naturales.
II. Uso de cimentaciones superficiales, puntuales, prefabricadas y recuperables que permitan reducir drásticamente el peso ambiental que este apartado tiene habitualmente sobre el total de los recursos afectados en un edificio.
III. Sistemas constructivos basados fundamentalmente en acero y madera, ya que la tecnología de ambos materiales está suficientemente difundida así como también resulta técnica y económicamente posible su recidaje dentro del sistema técnico industrial o biosférico respectivamente. Si bien en los casos del hormigón y el aluminio no responden de igual manera frente a tales condiciones, podrían ser estudiados también a efectos de establecer un espectro de comparación más amplio.
IV. Edificios que puedan construirse, deconstruirse, ser trasladados y montados nuevamente en otra localización para un nuevo uso si fuera necesario, o bien que pueden desmontarse parcial o totalmente en fábrica para r eutilizar, rehabilitar o reciclar unidades modulares, componentes y materiales. Esta condición es facilitada por el alquiler de componentes, asegurando el retorno a fábrica de los materiales.
V. Edificios plurifamiliares más que unifamiliares, puesto que en los primeros las estructuras, cimentaciones, particiones, circulación vertical, etc, se reparten en un mayor número de unidades, reduciéndose su repercusión por unidad de superficie. Por otra parte y si bien la altura de tres o cuatro plantas señalada antes podría no ser suficiente en un tejido urbano de alta densidad, los edificios plurifamiliares guardan relación directa con modelos urbanísticos de ciudad compacta, donde el impacto ambiental del uso del suelo, de las infraestructuras y de la movilidad tienen una repercusión por cápita mucho menor.
VI. El uso de dimensiones modulares acorde con los límites de volumen del transporte multimodal y el bajo peso, para evitar el uso de transporte y medios de elevación especiales que implican mayores dificultades operativas y consumos energéticos.

También han sido detectadas ciertas características con incidencia ambientalmente negativa, a ser tenidas en cuenta en las etapas de análisis posteriores, que pueden resumirse en las siguientes:

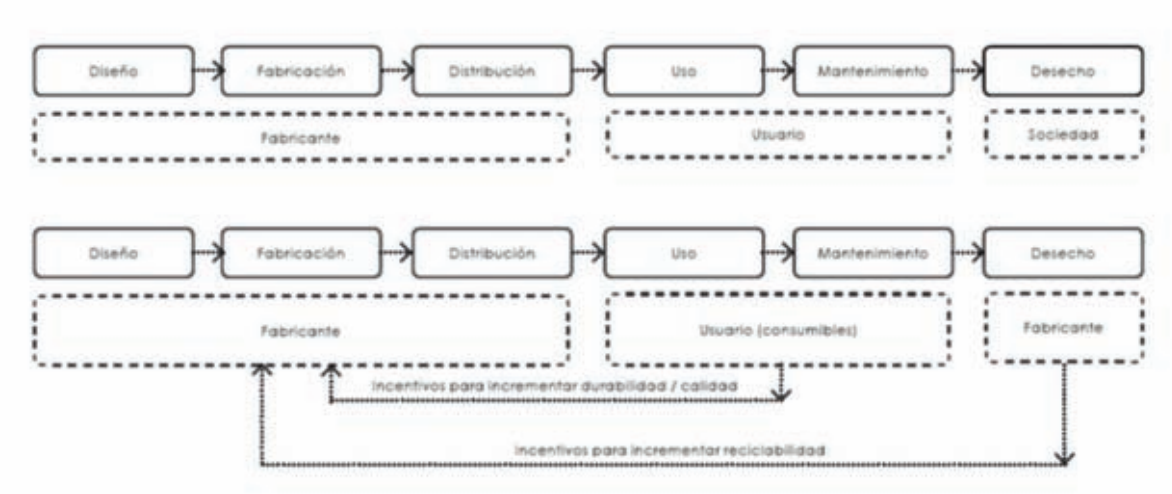
I. La ausencia de objetivos ambientales en muchos diseños y procesos productivos dentro de la arquitectura modular, así como también de medidas específicas para la reducción del impacto ambiental de la arquitectura.
II. La utilización de ciertos materiales y técnicas que dificultan el proceso de separación selectiva y recuperación de los componentes y materiales que forman el edificio o las unidades modulares al final de la vida útil. Entre otros se cuentan aquí los materiales compuestos, las juntas húmedas, las fijaciones por adhesión y la no coincidencia entre las modulaciones seguidas en el proceso de fabricación o construcción y en la conformación de las unidades funcionales, como en el caso de la prefabricación de módulo y fracción o fracciones de módulos.
III. La escasa capacidad de adaptación de algunos modelos o tipos a las variaciones climáticas que los distintos emplazamientos, aún de los países donde se fabrican los módulos, pueden presentar. El desaprovechamiento de las estrategias pasivas de climatización, como el aislamiento y la inercia térmica, la captación y la protección solar, la ventilación cruzada, etc., provoca un uso intensivo de sistemas activos que redunda en un elevado gasto energético.

En resumen, las unidades o de edificios desmontables hasta llegar a obtener de ellos partes reutilizables o materiales reciclables, es una característica que permite acercar la edificación al cierre de ciclos de vida útil, condición central en la respuesta que la arquitectura puede dar frente a las demandas actuales de sostenibilidad. Sería también un punto a considera la utilización al igual que en el sector del automóvil 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 se aplicara serían las múltiples

[9] WADEL, Gerardo: La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Las características han sido extraídas expresamente del texto contenido en el Capítulo 5: El estado actual de la vivienda modular y ligera visto desde una consideración ambiental. / 5.6 Características de interés ambiental en la construcción modular.

I. Se complementa con la producción masiva asegurando el intercambio de piezas, mantenimiento, pautas preestablecidas para cualquier paso.
II. Favorece desmaterialización para facilitar transporte, montaje y desmontaje,
III. Fomenta la autonomía para rebajar el precio de funcionamiento, evitando los monopolios de infraestructuras.
IV. Pone valor en la durabilidad para disminuir la necesidad de mantenimiento y recambios
V. 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 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)

APLICABILIDAD DE LA ARQUITECTURA MODULAR PREFABRICADA

Los términos construcción industrializada, construcción prefabricada, construcción modular y construcción ligera, no siempre hacen referencia a lo mismo y no siempre son sinónimos entre sí. Un edificio puede ser prefabricado y no ser modular ni ligero y tal es el caso, por poner un ejemplo, de la construcción con paneles de hormigón prefabricado. En nuestro caso de arquitectura modular prefabricada el mercado podría ser tanto el de la construcción ligera como la pesada.

La construcción modular prefabricada no solía estar ligada a los conceptos de eficiencia energética (nZEB o incluso NZEB); más bien estos conceptos se veían unidos a la idea de cerramientos masivos con gran inercia térmica propios de estándares de diseño como el Passivhaus; y aunque comúnmente a la construcción modular prefabricada se le asociaban otros conceptos que le restaban valor (corta vida útil; función y formas limitadas, fuera de todo orden estético; limitación en los niveles de confort, etc.), los avances que se han alcanzando en materia de tecnologías para el aprovechamiento de la energía y sistemas de generación renovables, han ido consiguiendo revertir estas ideas y unificar el criterio de eficiencia + construcción modular prefabricada. Probablemente la manera de conseguir una aplicación cada vez más exitosa de la arquitectura modular prefabricada Cero CO2 pasa por ese análisis continuo in situ y por la implantación no parcial de los sistemas industriales en el sector de la construcción teniendo en cuenta el conjunto total de intervinientes en el proceso, desde el usuario hasta el mantenedor, pasando por el proyectista, el constructor o los suministradores de material. Estos actores desempeñan cada uno un rol específico y que debe ser tenido en cuenta a la hora de intentar modificar una parte o la totalidad del proceso constructivo.

La combinatoria surgida de la modulación precisa y de fácil ensamblaje que ha ido ganando campo en los modelos de arquitectura modular prefabricada permite que la matriz geométrica pueda adaptarse a las áreas de movimiento de diferentes situaciones urbanísticas lo que amplía la aplicabilidad de la misma. También está influyendo en la mejora de la aplicabilidad la industrialización de las instalaciones, los modelos concentran las instalaciones en un módulo técnico compuesto por componentes especializados como pueden ser el aseo prefabricado, el kit de reciclaje de aguas, equipos de enfriamiento evaporativo, patinillos verticales industrializados, sistemas de energías renovables, servidores de gestión inteligente, etc.

Todo tipo de construcción puede ser prefabricado y modular. La vivienda es interesante pero todavía queda trabajo para abrir el mercado de verdad. Desde el típico módulo/caseta de obra hasta grandes instalaciones como un hospital, aeropuertos, residencia de ancianos, colegio, gasolineras...todo lo que abarca la arquitectura convencional puede ser aplicable a la arquitectura modular Cero CO2. Las construcciones modulares "tienen múltiples aplicaciones, desde la posibilidad de realizar una lujosa urbanización hasta el más avanzado centro de salud, pasando por aplicaciones especiales para la seguridad aérea, como las construcciones frangibles o alojamientos de equipos electrónicos e inversores para plantas solares. No hay límites" [10]. Podríamos clasificarlas en cuatro grandes grupos: pods, viviendas unifamiliares, edificios en altura y contenedores. Los dos primeros son los que por ser más simples en su elaboración y montaje, más repercusión tienen. En las edificaciones de varias plantas, las dificultades técnicas de la arquitectura modular prefabricada son, obviamente, mucho mayores. No por ello se han dejado de aplicar para hacer bloques de viviendas, sector servicios o sanitarios.

No hay límites en el tamaño al poder ir ensamblando módulos. El proyecto en marcha más grande del que tenemos constancia es una obra de Shop Architects de 350 viviendas en 32 alturas en Brooklyn que será construido mediante módulos tridimensionales. Actualmente los grandes aviones comerciales y la mayor parte de los buques se fabrican con procesos de prefabricación o industrialización.

Si atendemos a los datos facilitados por los asociados de AEFAM[11] podemos ver que la construcción absorbe la mayor parte (42%) de la demanda de arquitectura modular, seguida por las aplicaciones

[10] Félix Blasco, Product Manager de Mundoforma.
[11] Asociación Española de Fabricantes y Arrendadores de Construcciones Prefabricadas Modulares (AEFAM)

destinadas a las administraciones públicas (22%)[12]. En los últimos años la arquitectura modular ha sufrido un gran crecimiento tanto a nivel mundial como a nivel nacional. Es por esto por lo que han ido surgiendo multitud de aplicaciones para las que la construcción industrializada resulta idónea desde el punto de vista del uso de la edificación. Entre ellas podemos destacar la aplicación tanto como obra nueva como en ampliaciones en:

I. Educación: colegios modulares, debido a la necesidad de nuevos espacios dedicados a la formación o la obsolescencia de otros, aumenta la demanda de construcción de colegios y centros educativos. Este tipo de edificaciones tanto de obra nueva como en fase de ampliación requieren plazos de ejecución muy breves, a lo que hay que sumar las altas exigencias de calidad y durabilidad. Este tipo de arquitectura posibilita la ejecución de unidades escolares durante las vacaciones estivales en forma de nuevas escuelas o ampliaciones de las existentes con garantías de no retrasos.
II. Sanidad: pabellones de hospital, centros de salud, consultorios, centros médicos y asistenciales, laboratorios, geriátricos, oficinas, almacenes, etc.
III. Alojamiento, ocio y tiempo libre: alojamientos temporales, complejos hoteleros, taquillas, módulos de información, aseos, centros logísticos de comunicación (prensa, radio, TV), los albergues y residencias desmontables construidas con la mínima huella en el paisaje, etc. Los sistemas industrializados son una opción altamente competitiva en el sector hotelero. Las dimensiones habituales de las habitaciones de un hotel hacen de la construcción modular la solución óptima para este tipo de edificaciones. El empleo de estos sistemas permite reducir los plazos de entrega de la construcción, disminuyendo de esta manera los costes financieros, comenzando antes a rentabilizar la inversión. Los sistemas permiten la construcción de nuevos hoteles así como la ampliación de edificios existentes. La construcción en taller minimiza el impacto de una obra "in situ" interfiriendo al mínimo con el desarrollo habitual de la actividad hotelera.
IV. Oficinas: desde oficinas para venta inmobiliaria hasta edificios totalmente equipados. La utilización en este sector posibilita el ir aumentado la empresa en función de las necesidades de forma rápida y precisa para las nuevas condiciones exigidas, además permite la incorporación de nuevas tecnologías con facilidad tanto en los módulos nuevos como en los existentes.
V. Módulos técnicos: Módulos técnicos, estos espacios son demandados por empresas con necesidades específicas y con unos requisitos técnicos y de calidad altos.
VI. Instalaciones para obras: complejos para la gestión de obras, oficinas técnicas, salas de formación, vestuarios, comedores, sanitarios, almacenes de seguridad, contenedores, etc.
VII. Protección civil: instalaciones dotacionales de las Fuerzas Armadas, Cuerpos de Seguridad del Estado o de Protección Civil.
VIII. Instalaciones temporales en casos de emergencia: desastres naturales o refugiados de guerra a través de ONGs.

La vida moderna requiere de soluciones rápidas y efectivas para satisfacer determinadas necesidades. Pero estas alternativas, además de ser ágiles, deben aportar unas altas prestaciones y ofrecer unos resultados plenamente satisfactorios. Las construcciones modulares brindan esta posibilidad, aunando inmediatez en la respuesta, versatilidad y, por supuesto, calidad y equipamiento.

La arquitectura modular es ideal para situaciones de emergencia después de un desastre natural, como por ejemplo la erupción de un volcán. Está se concibe como una unidad modular e industrializable de habitabilidad básica, de crecimiento programado y extensible, diseñada para proporcionar refugio y protección en entornos de crisis humanitaria o en contingencias de vulnerabilidad social con el fin de asegurar un hábitat sostenible de emergencia. En 2008 en Cuba, 2,6 millones de personas perdieron su hogar por los huracanes; 66 millones de personas perdieron sus viviendas o fueron dañadas en las inundaciones de Asia del 2007 (entre Bangladesh, Pakistán, China, Vietnam e India). Una serie de importantes eventos volcánicos ocurrieron en Eyjafjallajökull en Islandia en 2010 a causa del volcán Eyjafjallajökull. La actividad sísmica se inició a finales de 2009, y dio lugar a una erupción volcánica el 20 de marzo de 2010. Una erupción el 14 de abril de 2010 arrojó ceniza volcánica varios kilómetros en la atmósfera lo que llevó al cierre del espacio aéreo sobre la mayor parte del norte de Europa a partir del 15 de abril, afectando los planes de viaje de millones de pasajeros. Las aerolíneas calcularon que la nube volcánica canceló más de

[12] 42% construcción, 22% administraciones públicas, 17% industria, 12% servicios y 7% producción.

100 000 vuelos y afectó a 1,2 millones de pasajeros, aunque otras fuentes elevan mucho esa cifra. Decenas de miles de pasajeros quedaron atrapados por motivos laborales o personales lejos de sus casas y las posibilidades de viajar por otros medios —carretera, ferrocarril, barco— se agotaron a gran velocidad. Y no sólo en los países afectados: el tráfico entre Europa y el resto de continentes llegó a ser mínimo. Por unos días Europa retrocedió, en materia de transportes, casi un siglo. Los daños económicos, en una época de crisis, fueron importantes: sólo el turismo español perdió 252 millones de euros y las aerolíneas aseguraban haber perdido 1.264 millones de euros.

Los desastres climáticos (ciclones, inundaciones y sequías) afectan a 997 millones de personas cada año. Y 118 millones de personas por terremotos. El número de desastres relacionados con el clima están aumentando mucho más rápido cada año que los desastres geológicos. El número de desastres pequeños y medianos están aumentando mucho más rápido que los de gran escala. Los riesgos para el 50% de la población que son los que viven en zonas urbanas son:

I. Huracanes: tejados desprendidos, inundaciones, colapso de instalaciones...
II. Terremotos: colapso de las estructuras portantes, imposibilidad de acceder al interior de los edificios por riesgo de colapso (dormir en la calle)...
III. Deslizamientos de tierra: edificios severamente dañados, enterramientos...
IV. Inundaciones: edificios sumergidos, colapso de instalaciones de saneamiento y agua sanitaria...
V. Volcanes: viviendas enterradas en ceniza, colapso de instalaciones urbanas, etc.

La mayor parte de prototipos ejemplares del pasado utilizados de viviendas de emergencia, como la Cooper House (Forster & Robert, 1933), los Dymaxion Deployment Units (DDUs) (Fuller, 1940), las conocidas Quonset Hut (desarrolladas entre 1941 y el final de la guerra del Pacífico), o la Airform House (Neff, 1946), fueron concebidos para necesidades logísticas militares o situaciones de repoblación civil posbélica. Avanzaron en paralelo con la moderna industrialización apoyados por potentes políticas de subvención pública presentando una progresiva mejora en su evolución, sin embargo, los modelos nunca fueron optimizados para satisfacer elevadas prestaciones de transporte y montaje, exigibles hoy a cualquier unidad de alojamiento extremo, y derivaron a productos de segundo rango, destinados a viviendas de emergencia de menor calidad y con una vida útil corta debido a la rápida obsolescencia de sus materiales de construcción[13]. Uno de los ejemplos más destacados y visionarios lo lleva acabo Jean Prouvé en 1949. A partir de su primer modelo de los años 30, la Maison Standard Metropole, desarrolla un verdadero manifiesto arquitectónico con sus tres prototipos de la Maison Tropicale (ya descritas anteriormente), demostrando cómo su construcción prefabricada y modulada de acero y aluminio es capaz de integrarse perfectamente a un medio natural concreto, incluso mejorando los modelos de la tradición local, y aportando como grandes ventajas la optimización del embalaje, transporte y montaje industrializado.

En la situación actual y sobre todo a partir de la última década del siglo XX, en que se asentaron las bases del movimiento conocido como NUEVO HUMANITARISMO, los modelos habituales y más extendidos de agrupación rápida de las conocidas tipológicamente como «Viviendas de Emergencia», unidades básicas de refugio convencionales (tipo tienda con telas o contenedores metálicos), generan a corto plazo un problema añadido de insalubridad, de hacinamiento y de falta de adaptación al medio natural. Los alojamientos de emergencia deben ser adecuados para el tiempo estimado de uso, siempre en función y adaptado a las necesidades de la población afectada (alojamiento de emergencia, alojamiento temporal, alojamiento de transición). Los alojamientos de emergencia deben minimizar los posibles impactos negativos en el medioambiente y la economía local, reduciendo los riesgos y vulnerabilidades, proporcionando seguridad personal, un espacio privado, protección contra peligros y frente al clima, ante riesgos para la salud, apoyar a la familia y comunidad, sostener la vida familiar y en comunidad, así como apoyar que se reinicie lo antes posible las actividades de subsistencia y recuperación[14]

[12] Ros García, J. M., Sanglier Contreras, G. (2017). Análisis del Ciclo de Vida de una Unidad Prototipo de Vivienda de Emergencia. La búsqueda del impacto nulo. Informes de la Construcción, 69(547): e211, doi: http://dx.doi.org International Federation of Red Cross and /10.3989/ic.16.035.

[14] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies

En general, la Cruz Roja en estos casos proporciona en las primeras 48 horas y en los siguientes 14 días un kit de alojamiento de emergencia (5000 unidades) cuyo valor asciende a los 60$/unidad que contiene: 2 piezas de lona de plástico, cuerda, serrucho, clavos, machete, azada, alicates/ tijeras para cortar chapa, alambre y un martillo, empaquetado en un saco para facilitar el transporte y almacenaje.

La arquitectura modular se podría plantear como una solución a corto, medio plazo para situaciones de emergencia. Entre otros aspectos, como la ocupación del terreno, la organización de los afectados o el impacto sobre la zona de alojamiento, la flexibilidad del diseño, los materiales de acabado de la arquitectura modular son los que van a definir en parte el tiempo de confort de los usuarios y la capacidad de adaptación de la nueva arquitectura.

También hay ya numerosos ejemplos de intervenciones de arquitectura modular prefabricada sobre el agua. La gran cualidad diferenciadora del mercado de la arquitectura modular respecto a la convencional es la investigación y el avance que se hace el avance que se hace, que es más rápido y sobre todo permite una mayor innovación que el mercado tradicional. Las casas flotantes existen desde hace muchos años, pero la facilidad a la hora de construirlas y su precio económico no se había dado hasta la actualidad gracias a la arquitectura modular. El aumento de los niveles de los océanos y la cada vez mayor escasez de áreas edificables, convierten a las construcciones flotantes en una posibilidad prometedora para el futuro por ello hay numerosos prototipos que ya se han convertido en una realidad implementada y con resultados prometedores. Como ejemplo relevante podemos citar en una laguna de Makoko, un barrio inundado de Lagos (Nigeria), una escuela flota sobre la superficie del agua, aunque en realidad se trata de un prototipo. El objetivo es utilizar este tipo de edificios en otras regiones inundadas del continente, donde no haya lugar para una infraestructura terrestre.

Escuela Flotante de Makoko. Fuente: https://www.idealista.com

La “Escuela Flotante” de Makoko (Nigeria) es un edificio sostenible al 100%, con materiales elegidos atendiendo al uso de las fuentes renovables. La realización de este proyecto de escuela flotante se inicio en octubre de 2012 y se ha finalizado en Marzo de este año, constituyendo una esperanza para la comunidad de Makoko, que surgida en la laguna de Lago, al lado del océano vive en constante peligro de inundaciones que debido al cambio climático y en consecuencia el ascenso del nivel del mar son muy abundantes.

También podemos establecer ámbitos de aplicación desde el punto de vista de la ubicación o interacción de la arquitectura modular prefabricada con el entorno. Dentro de estos los principales serían:

I. La arquitectura modular se pude aplicar como ya se ha descrito en aparatados anteriores a cualquier tipo de edificación dentro de una trama urbana de alta, media o baja densidad. En algunos casos se convierte en una solución práctica para colmatar vacios dentro de una ciudad de modo rápido.

Micro-apartamentos prefabricados, Nueva York. Fuente: web de arquitectura Archdaily

El flujo de de personas que actualmente se produce entre países de la Unión Europea llega a colmatar la oferta de vivienda en algunas ciudades lo que hace que los precios se eleven y se genera un problema real de falta de vivienda sobre todo para jóvenes o familias con escasos recursos. Al ser esta demanda fluctuante y en numerosas ocasiones por oleadas debido a diferentes factores como pueden ser las crisis económicas en determinadas regiones, la realización de eventos que potencien el mercado laboral en alguna ciudad o problemáticas políticas y sociales, lo que se demanda son viviendas de rápida creación, flexibles para poder adaptarse a la tipología familiar y de fácil reubicación según cambien las premisas que dieron lugar a su instalación. Ante esto ya numerosas ciudades están optando por la vivienda modular prefabricada eficiente energéticamente (casi Cero CO2 en la mayoría de los casos) como la solución idónea. Londres es una de las ciudades pioneras en este sentido al entender el Ministerio de Vivienda que son una oportunidad para incrementar rápidamente el suministro de viviendas económicas y bien diseñadas en el mercado inmobiliario. Uno de los modelos más representativos que se han instalado en esta capital es el módulo Y: Cube diseñado por el estudio británico Rogers Stirk Harbour + Partners que señala “Ofrecen una oportunidad genuina de inversión social, proveen una sólida recuperación a los inversores al tiempo que cubren una necesidad enorme y dan esperanza a mucha gente”. El coste de Y: Cube incluido su fabricación, amueblamiento y traslado es de 36.000 euros, un 65 %

menos que el precio medio de la vivienda en el Reino Unido. Se fabrican en el centro de Inglaterra y son transportadas en avión a su nueva ubicación, se instalan en veinte minutos. La construcción del primer parque de 36 de estas viviendas en Merton concluyó a finales de 2014. Posteriormente estos mismos módulos se empezaron a ensamblar en unidades vecinales para poder tener mayor capacidad de alojamiento.

Fabricación casa Y:Cube, Derbyshire, Inglaterra. Fuente: revista digital Metroplis.

Casa Y:Cube, Calle Merton, Londres. Fuente: revista digital Metroplis.

Agrupaciones Y; Cube, Londres. Fuente: revista digital Metroplis.

I. Intervención en entornos naturales. La integración paisajística constituye un instrumento de gestión del paisaje de creciente utilidad, aunque carente de fundamentos teóricos y de propuestas metodológicas consensuadas. Los espacios naturales más valiosos se encuentran por lo general protegidos de actividades edilicias. En estos casos, es la arquitectura pública la que, al menos en España, se enfrenta con el desafío de la integración de la arquitectura de vanguardia en el paisaje. Un buen ejemplo lo representan los centros de interpretación de espacios naturales y culturales y los centros de información. No obstante hay otra espacios naturales que pueden circundar o no a esos espacios especialmente protegidos en los que se pueden realizar muchas más actuación privadas como son instalaciones turísticas, lúdicas o de servicios anexos a un espacio natural protegido.

Cuando un objeto arquitectónico toma lugar, invariablemente el medio que lo alberga se ve alterado. Parte de las responsabilidades del arquitecto es hacer de esta modificación la mejor posible, logrando una conciliación entre la obra y el medio a través de la arquitectura; si pensamos ahora en la construcción dentro de reservas naturales, la dificultad es aún mayor y las arquitecturas prefabricadas Cero CO2 están permitiendo a los arquitectos plantear soluciones más integradoras y menos invasoras no sólo en el momento de la construcción (instalación) sino también en su coexistencia futura con el entorno gracias a su mayores prestaciones medioambientales. Son numerosos los ejemplos en este sentido ya que la aplicabilidad es alta.

Refugio de madera, Francia. Fuente: Arquitectura, Olgga.

Centro de Información Wild Reindeer,, Parque Nacional Dovrefjell, Noruega. Fuente: Arquitectura, Snøhetta Architects.

III. Intervención en patrimonio arquitectónico. La intervención arquitectónica prefabricada reduce la interacción entre el elemento patrimonial y la nueva unidad arquitectónica que se propone para potenciar el carácter histórico, lúdico y turístico del lugar. La reversibilidad es uno de los puntos fuertes de las aplicación de este tipo de arquitectura, cualquier intervención en una edificación puede que poder ser eliminada sin dañarla si las circunstancias que dieron lugar a su aplicación varían o dejan de existir.

Palacio Szatmary, Hungría. Fuente: Arquitectura, Marp.

Punto de información, Monpellier, Francia. Fuente: Arquitectura, AtelierVecteur.

III. Intervenciones en espacios públicos urbanos. Los espacios públicos deben ser flexibles entendiendo este concepto en el sentido de posibilitar que se activen diferentes mecanismos de intercambio de información, combinando distintas actividades dentro de un mismo lugar, ya sea simultáneamente (mixticidad de usos), o de manera diferida en el tiempo (diversidad de usos). La generación y utilización de espacios flexibles resulta una herramienta poderosa en la regeneración y dinamización del entorno urbano así como en la adaptabilidad de los mismos a la dinámica de la ciudad. Esta flexibilidad se puede potenciar a través de una arquitectura modular prefabricada de rápida implantación, fácil desmontaje, con capacidad de poderse reubicar o desplazar según las necesidades y facilitadora de cambios en la dinámica y en la tipología de uso del espacio. Las construcciones modulares tienen la capacidad de ampliar y

reducir su superficie construida, adaptándose a las necesidades requeridas y permitiendo así a las administraciones abordar las nuevas instalaciones de manera gradual y acorde a la demanda que vaya requiriendo la ciudad por ejemplo como resultado de aplicar una política de promoción de ciertos espacios o rutas ya sea en el marco turístico como en el social.

Kiosco en Plaza Castilla, Madrid. Fuente: Arquitectura, Losada García

Oficina de Información en Salzburgo, Austria. Fuente: web de arquitectura Judit Bellostes.

ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA ARQUITECTURA MODULAR PREFABRICADA

Los aspectos se considera básico analizar desde el punto de vista de la aplicabilidad de la arquitectura modular prefabricada Cero CO2 son la durabilidad, la densidad y el coste.

La durabilidad es un elemento básico en cualquier tipo de arquitectura, está debe pensarse para durar. La escena surgida después del terremoto en la ciudad de Golcuk en Turquía, nos hace reflexiónar sobre la durabilidad de la edificación, si se tiene en cuenta que la mezquita en cuestión data de mediados del siglo XVIII y las ruinas que la rodean pertenecen a edificios de muy reciente construcción.

Ciudad de Golcuk, Turquía, 17 de agosto de 1999. Fuente: "Reflexiones sobre la durabilidad de la arquitectura." D. Domingo Pellicer

En los últimos 40 años la arquitectura ha progresado tanto que la densidad puede ser obtenida en un número más amplio de formas que aquel rascacielos icono del estilo de los '60. Sin embargo, la opinión pública aun está rezagada respecto a lo que puede ser construido. Todavía es común pensar, por ejemplo, que la horizontalidad es más o menos incompatible con la densidad.[15] La densidad no tiene nada que ver con la explotación volumétrica de la ciudad: no se trata de reducir vacíos sino más bien de organizar el espacio y en esto la arquitectura modular prefabricada tiene mucho que aportar en las ciudades ya establecidas, una "densidad limpia" basada en el autoabastecimiento energético, el reciclaje y la utilización de materiales sostenibles.

La economía es fundamental en el desarrollo de cualquier producto arquitectónico y en su implementación en mercado. Actualmente tras la crisis en el sector los proyectos aplican mayor racionalidad a los precios y además surge lo a nueva ecuación en la arquitectura residencial al tener peso la eficiencia energética y los costes de mantenimiento en la valoración del coste total. La arquitectura residencial se abre a realidades hasta ahora vetadas, se acomoda a los niveles de renta e inestabilidad de gran parte de la sociedad actual, aunque ello implique reducir el tamaño de los apartamentos.

[15] Tendencias (II): La densidad y sus arquitecturas. Autor: Sassen Saskia.

• Duravilidad

La vida útil de una construcción depende de la calidad de sus materiales, del sistema constructivo, y su posterior uso y mantenimiento. Por lo general, esperamos que una vivienda dure 100 años, o más, porque estamos acostumbrados a que nuestras construcciones de ladrillo o bloque tengan una vida útil larga. Aunque en realidad, existen edificios de más de 500 años en perfecto estado de conservación. A su vez las estructuras de hormigón armado, muy comunes en Europa, son casi eternas, mientras el agua no llegue a las armaduras y las oxide, lo cual hace que pierdan su capacidad estructural -se hinchen y rompan el hormigón, haciendo que las grietas sean cada vez más grandes-. Algunas previsiones de los materiales reconocidas por sus propios fabricantes son las siguientes:

I. Carpintería de hierro: 30-40 años. Depende del mantenimiento, pintura anti óxido con pulida previa y esmalte cada 5 años pueden hacer que duren una eternidad. El agua las estropea mucho.
II. Carpintería de madera. Pueden permanecer operables más de 40 años. El mantenimiento es clave frente a hongos, bacterias y humedad.
III. Carpintería de aluminio: 40-50 años. Lo que primero se resiente son los accesorios como burletes y rodamientos. Su reemplazo mejora la prestación de todo el cerramiento.
IV. Pinturas. Pueden durar hasta 15 años en perfecto estado, aunque es recomendable pintar al menos cada 7 años.
V. Cañerías. Hierro y plomo pueden durar 70 años, los galvanizados apenas 30 años.
VI. Membranas asfálticas. Bien colocadas tienen una garantía de 10 años, pueden durar 30 años.

Las normas de calidad en las obras in situ siguen poco la realidad industrial y responsabilizan de todo al firmante del proceso constructivo, que no implica que vean y sepan la calidad real de la construcción. No existen como en cualquier relación industrial responsabilidades de aquellos que fabrican o suministran y menos de aquellos que construyen por procedimientos arcaicos y de difícil control. La absoluta industrialización traerá transparencia constructiva. Por otro lado gran parte de las normativas están centradas en los sistemas tradicionales de la construcción, la cual se entiende rígida por que se concibe ligada a sistemas continuos tradicionales que utilizan materiales muy poco elásticos donde los problemas de compatibilidad son de rápida aparición.

En la arquitectura modular se emplea todo tipo de materiales, dependiendo de la calidad que se requiera, aunque se tiende de forma general a materiales ligeros y desmontables, que permitan el traslado del edificio. La construcción prefabricada en Europa se basa fundamentalmente en el uso de tres materiales concretos: la madera, el acero y el hormigón armado. Es cierto que se puede industrializar y prefabricar todo tipo de elementos constructivos, y con cualquier tipo de material. Sin embargo, estos tres materiales son básico, y los más utilizados. No obstante las posibilidades son casi infinitas y la elección de los materiales es una cuestión que siempre va a depender de las necesidades y requerimientos del usuario puesto que tanto en el interior como en el exterior es aplicable cualquier tipo de acabado o material existente en el mercado. El desarrollo en I+D ha permitido que los materiales empleados sean de calidades excelentes y que, por tanto, cumplan con las necesarias condiciones de aislamiento acústico, térmico e ignífugo; quizá sea en el exterior donde más avances ha habido en los últimos años, sobre todo por la estética vanguardista que tienen las construcciones modulares. En este campo hay una gran aportación por parte de los proveedores de materiales, que han encontrado en las construcciones modulares un nicho importante. De todos modos, pese a las abundantes alternativas existentes, podemos destacar algunos de los materiales más utilizados para cada aplicación, teniendo en cuenta que lo más específico en este tipo de sistemas son las estructuras metálicas y los cerramientos del panel sándwich.

I. **Estructuras.** Los materiales de las estructuras de mayor uso son de acero galvanizado, en perfiles tubulares y perfiles conformados en frío, terminadas en pinturas epoxi. La buena calidad de ejecución de la obra tiene una influencia decisiva para lograr una estructura portante duradera. La vida útil del acero es muy alta. Algunos estudios [16] han estimado que una viga de acero con protección mínima a la corrosión puede superar los 60 años. Esto, si se analiza como un material sólo por componente, es decir, no como material aislado

[16] Silverio Hernández. Impacto Ambiental y Vida Útil de los Materiales más Comunes en la Industria de la Construcción..

sino como parte de un sistema constructivo. Los edificios y estructuras de acero son muy durables y tienen una larga vida útil, como lo demuestran los múltiples edificios más que centenarios actualmente en servicio en distintas partes del mundo y en diferentes condiciones de clima y ambiente. Además de su larga vida útil, una vez que termina su ciclo de vida, el acero puede ser 100% reciclado sin perder sus propiedades.

II. **Cerramientos y divisiones.** Uno de los materiales más empleados en los cerramientos es el panel sándwich, formado por dos chapas de acero pre-lacado y un núcleo de material aislante, que tiene como ventajas principales sus buenas características de aislamiento y que es auto-portante. Las divisiones se suelen realizar del mismo material que el cerramiento, es decir, panel sándwich. En cualquier caso, también es posible montar otros tipos de cerramiento, como muros cortina, acabados en madera, fachadas ventiladas, etc.

III. **Suelos.** Como suelos se acostumbran a emplear tableros de madera o forjados de hormigón, sobre los cuales se instalan diferentes tipos de pavimentos -vinílicos, tarimas, gres, etc.

IV. **Falsos techos y cubiertas.** Las soluciones para construcciones modulares suelen resolverse mediante varios tipos de material: suelen ser en lamas de chapa pre-lacada o placas de fibra mineral, mientras que las cubiertas son en chapa nervada galvanizada o panel sándwich nervado, con pendientes, canalones y bajantes.

Edificio del Centro de Cáncer, Amsterdám. Fuente: http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-de-equipamiento-y-servicios/cancer-centre-de-amsterdam.

Es fundamental considerar que los módulos se diseñan para ser transportados por lo tanto son construidos de forma muy robusta para soportar los movimientos de la grúa y traslados. Cada traslado equivale a someter el modulo a un terremoto grado 5 por todo el tiempo que dure el traslado. Los materiales para la construcción modular son almacenados en plantas de fabricación bajo condiciones optimas lo que evita torceduras, humedecimiento u otras imperfecciones provocadas por mantener materiales a la intemperie, como ocurre en la construcción convencional, las cuales pueden dar lugar a una reducción en la propia vida útil del material.

Construcción de módulos para el Bayside Marina Hotel. Fuente: web de arquitectura Archdaily

Los componentes de un edificio se pueden mantener funcionales o volver obsoletos debido a cambios de estilo, preferencias o el mejoramiento de nuevos productos en el mercado. Así también, pueden tener una corta vida útil dada la intensidad de uso. La vida útil de algunos componentes de los edificios ha aumentado en los últimos 35 años, debido a la introducción de nuevas tecnologías[17].

Considerar la durabilidad de los materiales y componentes de construcción implica tener presente cuánto tiempo estarán vigentes antes que requieran ser reemplazados o eliminados. Es fundamental promover edificaciones con larga vida útil, reduciendo las posibilidades de obsolescencia y manteniéndolos vigentes de modo de evitar la demolición o reemplazo de sus componente. Elegir materiales de larga vida útil y procurar mantenerlos en buen estado, implica a largo plazo reducir la extracción de nuevas materias primas y disminuir la cantidad de basura generada.

• Baja densidad

La arquitectura modular Cero CO2 deja de ser sostenible si se posiciona en el territorio siguiendo un esquema organizativo de baja densidad edificatoria. La densidad residencial es un concepto clave con múltiples repercusiones, tanto territoriales como urbanas, referentes al consumo de suelo, la masa crítica, la movilidad, la vitalidad urbana, la seguridad e incluso la eficiencia energética. A pesar de ser un tema sobre el que se ha teorizado y discutido ampliamente a lo largo de la historia del urbanismo, sigue teniendo muchas acepciones y diferentes escalas de actuación.

La densidad es un aspecto que implica cierta controversia, puesto que su exceso tiene tan graves consecuencias como su déficit, y además no existe un único índice de densidad ideal. Tan criticada fue la alta densidad de la ciudad industrial que no permitía unas condiciones de habitabilidad suficientes (higiénicas, de soleamiento y ventilación), como lo es ahora la baja densidad de muchos de los crecimientos urbanos de los últimos años, por consumir demasiado suelo, demasiada energía y carecer de vitalidad urbana. La densidad ha estado y sigue estando muy presente tanto en las críticas a la ciudad existente como en las soluciones o propuestas de futuro, pero paradójicamente

[17] National Association House of Building (NAHB). 2007. Study of life expectancy of home components, Bank of America Home Equity, USA...

no es fácil encontrar una respuesta única clara sobre la densidad óptima en todos los casos, ni existe un modelo único para medirla.

En nuestro contexto europeo, el número de viviendas que ocupa un recuadro de terreno de 100 por 100 metros, suele variar en las ciudades europeas de 25 a 100"[18]. La disparidad de cifras es grande. "Mientras la densidad media de Londres es de 42 viviendas por hectárea, la densidad media de los centros urbanos consolidados en Europa está en 93 viviendas por hectárea". Según fuentes contemporáneas y afines a la sostenibilidad urbana, existe también una amplia horquilla de densidades residenciales ideales para asentamientos urbanos. Así, el proyecto Ecocity propone una densidad entre 40 y 100 viviendas por hectárea (densidad media-alta) para el diseño de barrios ecológicamente sostenibles (Gaffron, 2008). Según (Hernández Aja, 1997) se definen los siguientes límites de densidad, ajustándolos según la tipología de espacios definida:

I. Tipología media: "tejido urbano con una densidad de 71,4 viv/ha".
II. Tipología central: "densidad de 94 viv/ha"
III. Tipología central peatonal: "121,5 viv/ha"

Si atendemos a normativas urbanísticas, en España, la Reforma de la Ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana de 1975 ya establecía una densidad máxima "de 75 viviendas/ha para las áreas de desarrollo urbano, que podía llegar hasta 100 viviendas/ha en nuevas ordenaciones de áreas urbanas".

La densidad edificatoria es una de las cuestiones más discutidas de la historia del urbanismo desde que Howard, Parker y Unwin[19] propusieran las 12 viviendas por acre -37,5 viviendas por hectárea- para el tejido de ciudad jardín. El éxito en el ámbito británico del modelo planteado fue extraordinario, pero la ciudad-jardín también tendría una formidable propagación internacional. La intensa actividad de la Garden City Association de Howard recibió un espaldarazo con la Town Planning Conference, organizada en 1910 por el RIBA (Royal Institut of British Architects) con la intensa colaboración de Raymond Unwin. Esa reunión animaría la fundación en Londres, en 1913, de la International Garden Cities and Town Planning Association que, presidida por Ebenezer Howard, acabaría transformándose en una federación de las numerosas asociaciones y movimientos generados en torno a la ciudad-jardín en otros países. Esta institución continúa actualmente su actividad bajo el nombre de International Federation for Housing and Planning (IFHP).

La difusión con éxito de la idea de ciudad-jardín conllevaría muchas interpretaciones del modelo original, que irían perdiendo buena parte de los fundamentos fijados por Howard y también de las referencias establecidas por Unwin y Parker. Garden-City se convirtió en una etiqueta de éxito comercial y fueron muchas las urbanizaciones que imitaron su apariencia formal pero no el espíritu (la denominación de ciudad-jardín adquirió un gran prestigio d impulsó enormemente la venta de viviendas). A pesar de esto, y aunque tampoco pueda hablarse de un movimiento unitario, las diferentes versiones de los núcleos suburbanos inspirados en la ciudad-jardín (mayoritariamente residenciales) sí mantendrían un denominador común expresado en una densidad media-baja, con una importante presencia de zonas verdes y un cierto pintoresquismo general. La gran acogida de las ideas de Howard haría proliferar los ejemplos en otros países, particularmente fértil fueron los Estados Unidos, con muestras tan tempranas como Forest Hills Gardens en Nueva York (Queens) según el diseño que Frederick Law Olmsted Jr. realizó en 1909 o la paradigmática Radburn, en Nueva Jersey, proyectada por Clarence Stein y Henry Wright en 1923.

A lo largo de la centuria se irían produciendo hibridaciones del modelo con otras tendencias emergentes. Es particularmente interesante la revisión de la ciudad-jardín realizada por el Movimiento Moderno. En ella, los primeros racionalistas (especialmente los alemanes) incorporarían los avances estilísticos, tipológicos y tecnológicos del funcionalismo, así como la visión desde una óptica social. Pueden reseñarse significativos casos en ciudades como Frankfurt (con el "Nuevo Frankfurt" de Ernst May, desarrollado entre 1925 y 1930), Stuttgart (con la Weissenhof de 1927) o Berlín, con las siedlungen construidas durante la República de Weimar (seis de las cuales fueron declaradas Patrimonio de la Humanidad en 2008).

[18] Mozas y Fernández Per, 2006: 42.

[19] Ebenezer Howard, Raymond Unwin y Barry Parker, Letchworth, la primera ciudad jardín, Londres. "Las ciudades jardín de mañana" en "Orígenes y desarrollo de la ciudad moderna", Ed. Gustavo Gili, Barcelona 1972.

Tras la Segunda Guerra Mundial, la influencia llegaría hasta las New Towns construidos en Gran Bretaña y en otros países europeos. También puede rastrearse el influjo en las urbanizaciones de viviendas unifamiliares de la segunda mitad del siglo (construidas, la mayoría de las veces, para las clases más acomodadas) e, incluso, en la filosofía suburbial del sprawl, aunque en estos últimos casos el alejamiento de las ideas originales sería cada vez mayor.

Con todo, a pesar de la adulteración del modelo original, y generalizando sus múltiples versiones, puede decirse que la ciudad-jardín se convirtió en uno de los modelos urbanos esenciales en la ciudad del siglo XX.

En la actualidad deben plantear soluciones a los modelos construidos de baja densidad que generan problemas de movilidad, consumo de suelo, mantenimiento de servicios básicos (agua, luz, alcantarillado, residuos...), de seguridad, de inexistencia o baja calidad del espacio público, de riesgo de incendio, de excesivo consumo energético, de falta de equipamientos... y una larga lista de nuevas demandas que hoy en día debe satisfacer cualquier urbanización sostenible.

Es decir, lo mismo que para la arquitectura convencional, la arquitectura modular debe plantearse teniendo en cuenta la densidad edificatoria óptima de cada lugar. La arquitectura modular desmontable es posible que sea más versátil a lo hora de adaptarse a un aumento progresivo de densidades edificatorias a medida que van cambiando las necesidades de las ciudades.

Casas incrementales, Chile. Fuente: Elemental Chile[20]

Hay que buscar un nuevo modelo de crecimiento de la ciudad, rompiendo con los ideales de expansión sobre el territorio en la búsqueda de una mayor densificación y que cambie cómo se organiza la ciudad, rehabilitando el tejido urbano obsoleto.

Si un edificio a construir es fácilmente desmontable y de bajo peso, como los que se realizan con construcción modular ligera, muchos solares actualmente descartados porque no se dispone de

[20] "La empresa forestal Arauco nos encargó desarrollar un plan para apoyar a sus trabajadores y contratistas a tener acceso a su vivienda definitiva dentro del marco de la política habitacional vigente en Chile. Esto nos permitió por primera vez incursionar en el tramo superior de la política habitacional. Dada la mayor disponibilidad de recursos, en vez de tomar una de nuestras viviendas más económicas y entregarla más terminada, volvimos a aplicar el principio de incrementalidad, pero con un escenario de crecimiento inicial y final de mayor estándar: de 57 m² (superficie inicial de cada unidad) se pueden incrementar las viviendas hasta 85 m²."

este suelo no convencional existe en cualquier ciudad y aún puede ser aumentada si se considera también la posibilidad de extensión de edificios existentes en casos en que no se encuentre agotada la edificabilidad del solar, como por ejemplo las operaciones de remonta.

Otra opción que se plantea con este tipo de arquitectura es la «redensificación sostenible» que propone la colonización o reordenación de espacios disponibles sobre la cubierta, bajos o entre medianeras de edificaciones existentes, para usos demandados en cada barrio, y el desarrollo de sus
fachadas, generando un nuevo conjunto urbano que en su asociación origina un organismo simbiótico beneficiando a todas las partes implicadas. Este aumento de edificabilidad y su explotación permitirá la financiación de las mejoras energéticas y de accesibilidad de la edificación ocupada que cede su terreno. La colonización de las azoteas no resulta una propuesta novedosa y su viabilidad técnica dependerá de las condiciones de partida de cada objeto individual. La capacidad portante de las estructuras existentes y su grado de deterioro originarán actuaciones que permitirán el apoyo de los nuevos habitáculos o la necesidad de buscar soportes más firmes en terrenos circundantes. En este ámbito trabajaba el proyecto SYMBCITY del Solar Decathlon Europe 2014 [21]. Se calcula que en España hay más de 800.000 m2 de cubiertas de edificios antiguos que podrían ser aprovechas en este sentido incrementando así la densidad y solventando en muchos casos los problemas de acondicionamiento de los áticos habitables.

Viviendas nuevas sobre las azoteas de viejos edificios. Fuente: El Mundo digital.

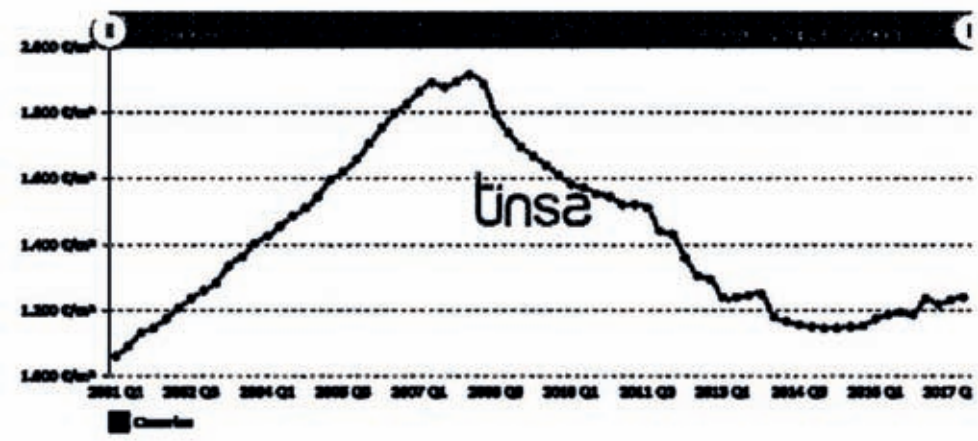
Otros proyectos que intentan redensificar las ciudades a través de la arquitectura modular prefabricada flotante, basados en el aumento del nivel de los océanos y la cada vez mayor escasez de áreas edificables se promueve como una solución prometedora para el futuro. En Londres, la empresa Floating Homes ha concebido una propuesta para colocar varias casas prefabricadas en los canales de la capital inglesa, 7.500 unidades.

[21] Ebenezer Howard, Raymond Unwin y Barry Parker, Letchworth, la primera ciudad jardín, Londres. “Las ciudades jardín de mañana” en “Orígenes y desarrollo de la ciudad moderna”, Ed. Gustavo Gili, Barcelona 1972.

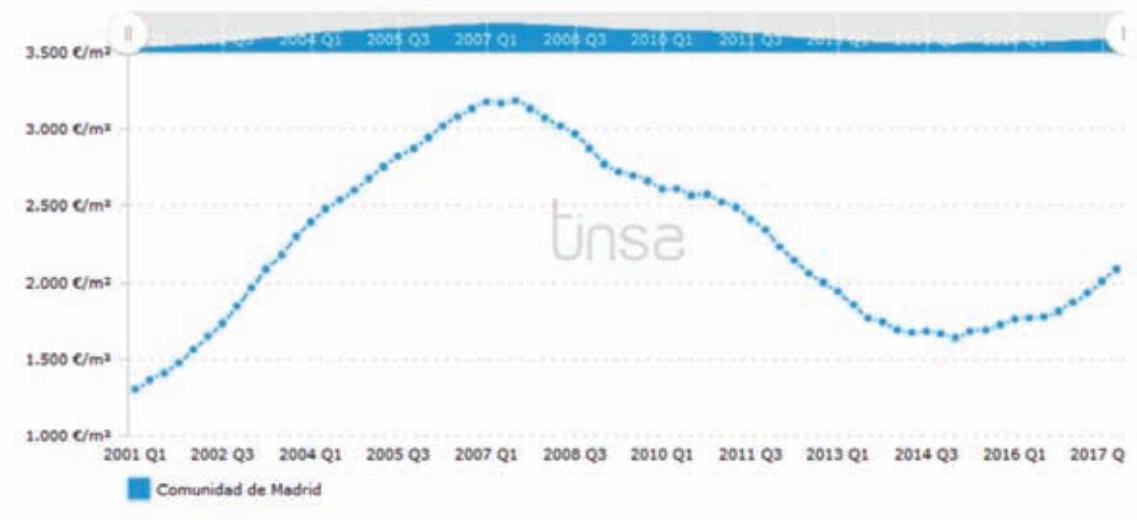
Casas Flotantes en Hamburgo. Fuente: Busch-Jaeger Elektro GmbH, Lüdenscheid

• Costes

El precio de la vivienda, como el de otros bienes, depende de diversos factores entre otros del empleo, los salarios, la evolución demográfica, inmigración, precio del suelo, número de viviendas en construcción y los tipos de interés. El precio medio de la vivienda nueva en España es de 2.589 euros por metro cuadrado, según datos de la Sociedad de Tasación a junio de 2009. El precio de la vivienda, sin embargo, varía ostensiblemente en función de su situación: comunidades autónomas y las capitales de provincia, proximidad a núcleos urbanos o vías de comunicación importantes, etc. La comunidad autónoma con el precio medio más caro es Cataluña, donde el precio medio de los pisos
es de 3.707 €/m2. En segundo lugar se encuentra la Comunidad de Madrid, donde se paga de media 3.405 €/m2. Estas cifras contrastan con los precios de los pisos en las dos comunidades más baratas: Región de Murcia (1.495 €/m2) y Extremadura (1.515 €/m2). Por ciudades, y según datos facilitados por el Ministerio de Vivienda durante octubre de 2009, San Sebastián es la más cara de España, con un precio medio de 3923 €/m2. Tras San Sebastián se sitúan San Cugat del Vallés (3.544,30 €/m2), Barcelona (3.410,20 €/m2) y Guecho. Las capitales de provincia más baratas son Zamora, Cáceres, Teruel, Ávila, Orense y Soria.



Precios Vivienda en la Comunidad Canaria. Fuente: https://www.tinsa.es



Precios Vivienda en la Comunidad Canaria. Fuente: https://www.tinsa.es

Básicamente el precio de una casa modular se compone de varios parámetros:

I. La propia construcción de la casa
II. Equipamiento de la casa
III. La documentación (proyectos) necesarios
IV. La cimentación
V. El transporte

Las empresas de construcción modular estudian al detalle cada uno de los elementos que componen su casa, y tiene acuerdos de compra de los materiales que las componen por volumen, lo que hace que el precio sea muy competitivo, y el precio de la construcción de la vivienda sea muy exacto y preciso y esté cerrado desde el primer día. La variable que más encarece o abarata una casa modular son las calidades de los acabados, lo que hace que unas casas sean mejores que otras. En realidad unos sistemas u otros son muy parecidos y sea de hormigón o de metal afecta y altera poco el precio, ya que los costes estructurales son infinitamente menores a los de la mano de obra y sobre todo de los acabados. La diferencia en las marcas y calidades de la vivienda es la variable mayor, por eso existen construcciones low cost, con materiales y acabados de baja calidad y construcciones modulares de calidades altísimas donde todos los materiales son reconocidos por su marcas o certificado de calidad o por sus especificaciones técnicas, en cuyo caso el valor de la vivienda puede acercarse al de una casa convencional de obra pero con unas calidades mucho más altas. De esto se deriva el amplio rango de precios que podemos ver en el mercado [22].

El equipamiento de la casa diferencia unas empresas de otras, y por supuesto el precio de la misma se ve alterado. La vivienda debe entregarse al propietario completamente equipado y listo para su uso. De no ser así, es imposible conseguir la cédula de habitabilidad de la misma y por lo tanto ser registrada y escriturada. En este aspecto es fundamental que la casa cuente con cocina, y baños terminados, incluso algunas empresas entregan los electrodomésticos con la vivienda, persianas, armarios, muebles de baños, interiores de las cocinas, el grado de instalaciones, enchufes y luces que se entregan, son otros parámetros que diferencian y marcan las diferencias de precios. Es habitual que el precio de los proyectos esté incluido ya que es propio de la empresa, de hecho el proyecto es necesario para la construcción de la casa, de otra manera no podría construirse cumpliendo todas las normativas. Si bien, el proyecto ha de adaptarse a las necesidades del cliente incluyendo algunas modificaciones, incluso ajustándolo para cumplir con la normativa municipal, en tal caso puede incrementarse el coste de partida del mismo.

La cimentación puede estar o no incluida en el precio, depende de la empresa, bien es cierto que el valor exacto de la misma, solo es posible una vez realizado el estudio geotécnico del suelo y calculada la estructura para que resista con todas garantías el peso de la vivienda.

[22] http://casasinhaus.com.

Es por ello que frecuentemente se estime un coste tipo de la cimentación entendiendo un suelo normal, sin pendientes, ni deficiencias. Y si posteriormente al ensayo el suelo es pobre o deficiente se valora a parte el coste de las cimentaciones especiales.

El transporte es la variable que depende obviamente de la distancia entre el punto de fabricación y la ubicación y condiciones de la parcela. Es un coste que habitualmente no va incluido, ya que no es posible conocer las condiciones de transporte sin conocer la ubicación del terreno del cliente. Pero el cálculo del transporte de una vivienda modular es sencillo y se obtiene una vez la empresa de construcción de casas modulares conoce el emplazamiento exacto.

A los gastos anteriores propios de la empresa de construcción modular hay que añadir algunos costes administrativos obligatorios y que necesariamente se han de abonar por parte del cliente – promotor a las diferentes administraciones o profesionales, y no a la empresa de construcción, estos son:

I. La licencia de construcción que se paga al ayuntamiento. En este sentido en nada se diferencia la arquitectura modular prefabricada de la convencional.
II. El estudio geotécnico para conocer la resistencia y propiedades del suelo obligatorio y conveniente de cara a proyectar la cimentación menos invasiva posible.
III. Los registros y escrituras una vez se termina la construcción con los mismos procedimientos que en la arquitectura convencional.

El concepto de todo incluido, con las premisas establecidas anteriormente, en viviendas modulares es unos de los puntos fuertes más decisivos a la hora de decantarse por este tipo de construcciones. Los márgenes de construcción y elaboración de estas viviendas están altamente optimizados en todos los fabricantes, así como las compras de los mismos, siendo evidente que las diferencias entre unas empresas y otras está casi exclusivamente en las calidades de los materiales empleados, y en el grado de terminación, las tecnologías utilizadas o los equipamiento de las mismas. La arquitectura modular permite garantizar un presupuesto desglosado basado en la construcción industrializada en un ambiente controlado por lo que si la opción es construir una vivienda con la arquitectura de fábrica el presupuesto es fijo y no está sujeto a cambios derivados de problemas, contra tiempos en la ejecución o variabilidad de los precios a lo largo del proceso constructivo in situ. El 95% del proceso de fabricación se puede ejecutar en fábrica y en la mayoría de los casos sólo queda la cimentación y el montaje o instalación que se puede hacer en uno o dos días. Cada vez las rquitectura modular. Esto conjuntamente con que la demanda no está claramente volcada hacia una tipología de producto modular hace complicado establecer un precio medio real para todo el conjunto. Dependiendo de las calidades y el tamaño del alojamiento –cuanto más grande más baja el precio por metro cuadrado- puede rondar los 1.099€/m2 una calidad media y alta alrededor de 2.085 euros [23]. No obstante también podemos optar por una vivienda prefabricada de calidad media pero sin ningún componente innovador sobre todo el campo de la eficiencia energética cuyo precio medio de mercado para 140 metros cuadrados es aproximadamente de 60.000 euros. Este precio medio si lo analizaremos en una progresión de gasto energético y de mantenimiento probablemente tendría una amortización similar a una vivienda de alta eficiencia energética.

Según datos facilitados por Habitissimo se podría establecer la siguiente comparativa de precios en función de tipo de edificación modular prefabricada (catalogadas por su material estructura principal):

[23] Casa Obox. Obox Housing S.L. construye sus edificaciones con estructuras modulares de hormigón armado bajo criterios de sostenibilidad y un cumplimiento estricto del CTE (Código Técnico de la Edificación). EL PRECIO ANTERIOR INCLUYE: Vivienda Terminada, Cimentación y Excavación del Terreno, salvo Cimentaciones Profundas, Proyecto de Arquitectura y Dirección de Obra, Gestiones con el Ayuntamiento para la Tramitación de Licencia, Certificado Energético, Certificado Fin de Obra / Habitabilidad, Transporte y Colocación de la Vivienda, Agua Caliente y Calefacción Eléctrica. EL PRECIO NO INCLUYE: IVA, Pagos de Tasas de Licencia e Impuestos del Ayuntamiento, Estudio Geotécnico del Terreno, Urbanización Interior de Parcela y Vallado de la misma, Canalizaciones hasta las Acometidas, Suministro y Consumo Eléctrico y de Agua durante la Colocación y Montaje de la Vivienda, Paneles Solares Fotovoltaicos, Transporte Marítimo.

Tipología	Rango de precio (€)	Precio medio (€)	Nº Muestras
Casa Prefabricada	5.000 € - 165.000€	84.262€	141
Casa Prefabricada Madera	375 € - 130.000€	48.546€	121
Casa Prefabricada Acero	100 € - 130.000€	65.183€	108
Otros módulos	100 € - 1.950.000€	201.463€	120

Se pone de manifiesto la relevante importancia de ir transformando los numerosos prototipos en productos realmente industrializados, ya que está es la manera de conseguir unos precios óptimos para cualquier modelos de edificación modular prefabricada. En este sentido la comparativa entre un prototipo de alojamiento modular prefabricado desarrollado para el concurso Solar Decathlon y el mismo adaptado ya un régimen productivo de mercado, oferta y demanda real, muestra una clara optimización de precios [24].

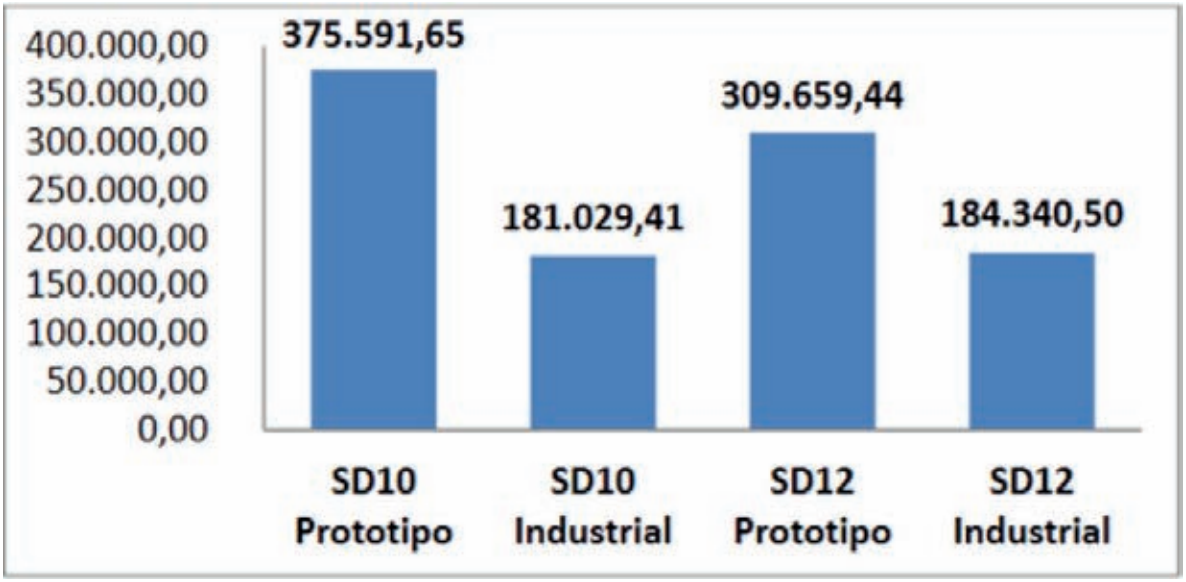


Gráfico de coste medio de los prototipos para el concurso y coste medio del mismo modelo para comercialización. Fuente: web Solar Decathlon. (www.sdeurope.org. 2015)

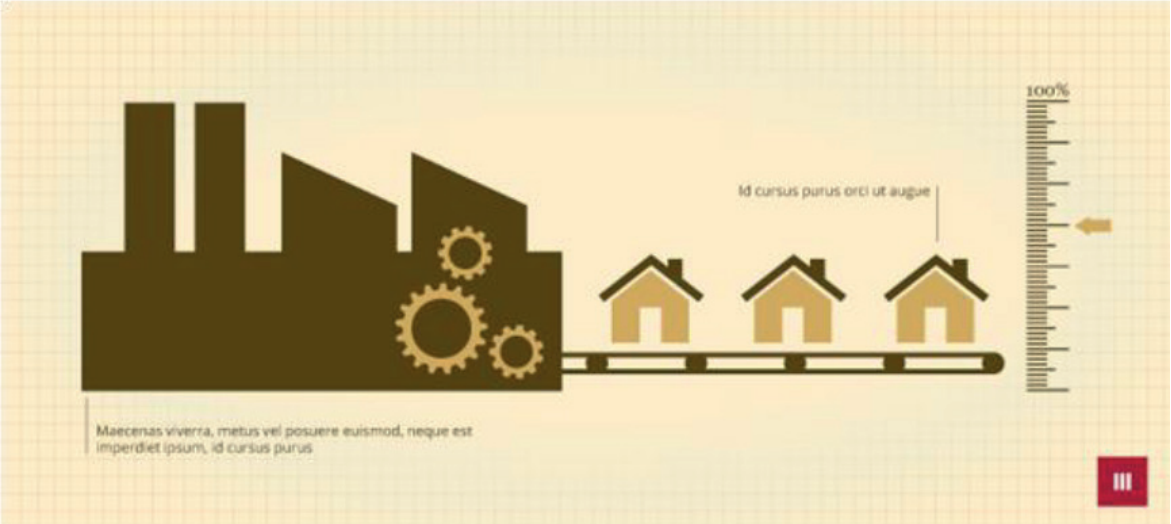
[24] Tesis Doctoral "Construcción Modular Ligera Energéticamente Eficiente" Juan Carlos Sánchez González. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

POSICIÓN EN EL MERCADO ACTUAL

La situación general actual del sector de la construcción en España, que a pesar de ser uno de los mayores de la UE presenta una problemática amplia:

I. Basado en la subcontratación (servicios y trabajadores).
II. Completamente fragmentado.
III. Metodologías y técnicas arcaicas y poco especializadas.
IV. Alta fluctuación del sector, que depende de ciclos políticos y económicos.
V. Inestabilidad de precios de mercado.
VI. Precariedad laboral y altos índices de siniestralidad.
VII. Falta de visión global, problemas de gestión y planificación en las obras.
VIII. Escasa inversión en I+D+i.
IX. Alto impacto ambiental y consumo de energía.

La admisión y asunción de la problemática está llevando a que la arquitectura modular prefabricada entre a debate en la actualidad como una posible solución. Si bien el mundo de la vivienda la industrialización es difícil por diferentes motivos: la producción está muy distribuida geográficamente, en cada promoción trabajan diferentes grupos de empresas, las condiciones específicas de cada suelo requieren de un producto diferente, los gustos y necesidades locales varían considerablemente, etcétera. Más allá de los aspectos puramente técnicos, que están ya bastantes regulados al tener que seguir los mismo que las edificaciones convencionales, esto es posible gracias procedimientos estandarizados y homologados de investigación de mercado, análisis de costos, definición de producto o monitoring entre otros muchos. Se deben crear sinergias que reduzcan costes y aumenten la velocidad de respuesta frente a las necesidades del mercado. Debemos aprovechar el momento actual en que el sector se re – configura para avanzar en la "industrialización funcional" del sector y convertir cada una de nuestras compañías en un engranaje de valor añadido de una gran fábrica de hacer edificaciones eficiente y rentable, tanto económica como socialmente. De este modo, en conjunto seremos más flexibles, más ágiles y más rentables y el cliente se beneficiará de los costes, la calidad y la innovación propios de un producto industrializado.



Industrialización de la vivienda. Fuente: http://www.salasserveis.com/blog/wpcontent/uploads/2014/04/industrializacion.gif

Al utilizar el término modular, dentro del contexto de la construcción prefabricada, se hace referencia a un sistema alternativo dentro del mismo campo, que ofrece mayores ventajas a la hora de plantear soluciones a un coste razonable, confortable y por sus procesos y posibilidades, en dirección hacia la eficiencia energética. Las ventajas y beneficios de esta solución constructiva y la posible incorporación de sistemas de generación renovables, sobrepasan los estereotipos sobre la construcción industrializada y modular como poco eficiente.

Puede que si haya un aspecto en el que el imaginario popular perjudique a las construcciones modulares, éste se refiera a la vieja concepción de estas instalaciones como edificios provisionales y precariamente equipados. Sin embargo, aquello ha quedado muy lejos y hoy en día podemos contar con instalaciones para los usos más exigentes, tan equipadas o incluso más que cualquier construcción tradicional. Como señala Félix Blasco (Mundoforma), "se instalan los mismos equipamientos que en cualquier vivienda, oficina o fábrica. Además, debido a los ahorros de costes de la construcción modular, se puede aumentar el equipamiento en domótica y dotar de mayor 'inteligencia' a las edificaciones. También cabe la posibilidad de construir edificaciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, que empleen fuentes de energía renovables -solar, eólica...- para abastecer los requerimientos energéticos de las mismas".

Así, aunque los edificios modulares pueden contar con las mismas instalaciones que una construcción tradicional, Guillermo Martínez Yuste (IDM) explica que "lo más habitual es equipar los módulos con instalaciones de electricidad, fontanería y saneamiento, aire acondicionado, agua caliente, detección de incendios y voz y datos".

En virtud de la diversidad de aplicaciones referida y de las ventajas que ofrece esta solución constructiva, Martínez Yuste considera que "la construcción modular preindustralizada tiene en estos momentos un gran potencial en España, ya que en otros países de Europa está mucho más introducida y aquí nos falta aceptar de forma positiva las soluciones prefabricadas". Por su parte, González Patiño indica que "en los últimos años se ha producido un gran desarrollo en este tipo de construcciones, gracias a diferentes aspectos. En primer lugar, se ha dejado de concebir la construcción modular como algo provisional, ya que en muchos casos se le da un carácter permanente. Esto ha permitido incorporar grandes mejoras de calidad en el uso de materiales y la instalación de construcciones modulares en colegios, gasolineras, comisarías, etc. Por otra parte, se ha producido una mejora estética exterior, incorporando elementos que eran exclusivos de la construcción convencional, como recubrimientos exteriores, fachadas ventiladas, etc. A ello hay que añadir la satisfacción de servicios cada vez en más sectores y la necesidad por parte del mercado de acortar cada vez más los plazos de ejecución de las obras".

Un ejemplo de la evolución del mercado se puede ver a través del avance del parque de módulos en alquiler de los asociados a AEFAM, que creció el pasado año hasta las 56.690 unidades, desde los 48.563 módulos de 2006, lo que supone un incremento del 16,8% respecto al ejercicio previo. Así, estos asociados concluyeron 2007 con una facturación en concepto de alquiler de 71,2 millones, mientras que las ventas alcanzaron los 77,1 millones de euros. Sin embargo, no podemos desdeñar la complicada situación que atraviesa el sector de la construcción (España). "Evidentemente, nos está afectando el parón de la construcción, ya que uno de los principales mercados está en dicho sector, prestando servicios como campamentos, oficinas de obra... aunque lo que pretendemos es enfrentarnos a la crisis de forma positiva. En este sentido, una oportunidad de negocio está en las construcciones modulares de alquiler, que permiten en muy poco tiempo tener un edificio en funcionamiento sin la inversión que requeriría su compra.

Como ocurre en la construcción, uno de los riesgos de la situación actual está en la consideración sólo del vector 'precio' en lugar de valorar la calidad. "En mi opinión, la crisis hay que gestionarla bien, moderando la actividad o buscando nuevos nichos de mercado", afirma González Patiño. Y Blasco coincide en señalar que el parón "afecta principalmente a aquellos productos muy orientados a dar servicio a las empresas constructoras, pero la diversificación de productos para distintos sectores y la exportación amortiguan el efecto negativo". Por su parte, García indica que "como con cualquier otra decisión de inversión, ante la crisis del país, que va mucho más allá del sector de la construcción, lo que está sucediendo es que los proyectos se alargan y las decisiones se posponen por prudencia empresarial. El parón de la construcción, sin embargo, afecta principalmente a la edificación residencial y, por lo tanto, las construcciones modulares, hoy por hoy, no están afectadas ni muchos menos en la misma medida. Es más, algunas de las ventajas de la construcción modular, como la versatilidad y la facilidad para ampliar en un futuro, la convierten en la alternativa ideal, también en momentos de crisis". Sería oportuno señalar que si la implantación en el mercado de la arquitectura modular prefabricada o industrializada hubiera estado generalizada y la crisis del sector de la construcción se hubiera producido con un gran número de industrias fabricando productos de gran valor añadido como son los módulos, su actividad habría encontrado acomodo en mercados emergentes o en

mercados de países europeos que no estén sufriendo un ajuste similar al que se produjo en España. Podríamos señalar como causas que han alejado al mercado constructivo de la industria la necesidad de absorber mano de obra en una primera etapa, el incremento progresivo del valor del suelo, que no permitía experimentos ni innovaciones y por último el sobredimensionamiento del sector que no hacía necesaria ningún tipo de mejora industrial para funcionar. Este ciclo especulativo hacía inútil correr o invertir en tecnología [25].

De esta manera, los fabricantes y promotores han visto que no pueden quedarse rezagados y que la mejor manera de conseguirlo es poniendo todo de su parte para adaptarse a los requerimientos del mercado, aportando soluciones a todas las demandas de los clientes. Según el Product Manager de Mundoforma, en los últimos años las mejoras han sido "muchísimas en los materiales y, sobre todo, en las fórmulas constructivas, ya que cada vez es más eficiente el sistema constructivo. La curva de aprendizaje y la mayor industrialización de los componentes constructivos han supuesto un impulso de la industria. Ya es posible construir edificaciones bioclimáticas en altura que emplean fuentes de energía renovables para su autoabastecimiento, módulos para el alojamiento de equipos electrónicos e inversores para plantas solares, e incluso unidades frangibles diseñadas para minimizar el impacto en la colisión de una aeronave con dicha unidad".

Análisis de mercado para el producto de viviendas prefabricadas modulares se discutirá de 2 maneras; con referencia a la oferta y la demanda. La percepción del producto ya la hemos analizado en puntos anteriores.

• Análisis de la demanda

Los países industrializados han cubierto en los últimos 50 años sus necesidades básicas y más perentorias de vivienda, presentándose hoy como mercados de oferta, en lugar de demanda. Hoy son las economías emergentes (China, India, Brasil,...) junto con los países en vías de desarrollo, los que presentan una abrumadora y urgente necesidad de vivienda, estas carencias tendrían que motivar a la comunidad tecnológica para obtener una mayor y mejor industrialización del hábitat.

Desde hace tiempo la oferta de vivienda no se mantiene al día con la demanda específica en los países industrializados. Las razones para el aumento de la demanda específica son unas tasas de esperanza de vida mayor, un número creciente de hogares unipersonales, mayores requisitos de movilidad y cambio de residencia, cambios más frecuentes en la estructura familiar y mayor dinamismo en los todos los sectores en general. Tal y como señala Josep Bohigas «El mercado ha cambiado mucho. Aunque un 40% de la población sigue solicitando y necesitando la tipología distributiva tradicional, otro 40% necesita soluciones temporales para momentos puntuales: inmigrantes que llegan a España, tercera edad, jóvenes que quieren abandonar el hogar paterno, divorciados o separados, familias monoparentales, matrimonios con hijos ya emancipados, etcétera». Esto debería incrementar la demanda de viviendas de todo tipo y sobre todo de aquellas que se ajustan más los principales requisitos de la sociedad: economía, rapidez, funcionalidad y confort.

Tradicionalmente, Estados Unidos, Canadá y Europa son los mayores mercados regionales, obteniendo una participación mayoritaria en el mercado global de casas modulares prefabricadas. Aunque actualmente en el continente asiático, y en Australia y Nueva Zelanda son considerados pioneros en el concepto de vivienda prefabricada. El rápido desarrollo de los crecientes mercados inmobiliarios de China, India, Taiwán, Corea y otros más nuevos están propiciando oportunidades de negocio de gran relevancia en el territorio con una fuerte tasa de crecimiento por año alcanzando 4,4% hasta el 2017.

En países como Japón o EE.UU. donde más del 40% de las viviendas son prefabricadas existe una demanda suficiente para que puedan generar procesos de trabajo en cadena que permiten una estandarización de diferentes modelos de casas, de forma que esto repercutiría directamente abaratando costes sin perder calidad en la construcción final. Hoy por hoy, en nuestro país no existe una demanda de un elevado volumen como para poner en marcha una cadena de montaje a gran escala y es complicado estandarizar modelos por la diversidad de normativa a nivel local y autonómico sobre todo en lo referente a las urbanísticas.

[25] "Industrializar". Autor: Salvador Pérez Arroyo. Informes de la construcción. Vol.61, N.513.2009.

En el caso de España, este tipo de vivienda nunca ha tenido "buena fama" porque se le ha relacionado con los clásicos barracones para alojar aulas escolares de forma temporal o trabajadores de la construcción. No obstante los últimos tres años, las peticiones de presupuestos para construir estas casas se han triplicado en España, según datos del portal de reformas online Habitíssimo. En concreto, en 2015 se solicitaron 4.000 presupuestos frente a los 1.750 de 2013, según la información recogida por este portal procedente de más de 200 empresas del sector. La mayor parte de las peticiones se ha generado a través de internet, especialmente en la zona norte y centro de España debido a que la climatología es más adversa y por lo tanto la eficiencia energética de las construcciones está tomando un papel relevante. La construcción industrializada y prefabricada basada en módulos y perfilaría de acero tiene una incidencia mayor en el mercado. De hecho, en España se construyen unas 12.000 viviendas al año con módulos de acero.

Se detecta una demanda cualificada de ciertos estratos sociales por aumentar y mejorar las prestaciones y servicios de las viviendas que habitan: mayor eficiencia energética, viviendas cero emisivas, calidad del aire interno,... Mientras, la industria de la construcción absorbe el 50% de los recursos mundiales, lo que convierte en la actividad menos sostenible del planeta.

La demanda que aumenta, lamentablemente, con continuidad es la edificación de emergencias. Luego de un desastre, el alojamiento adecuado es uno de los principales factores para ayudar a restablecer la normalidad. La vivienda temporal post-desastre es a su vez la etapa intermedia entre el desastre y la reconstrucción de viviendas de carácter permanente, y de allí su importancia con respecto todo el proceso de recuperación. Este tipo de vivienda debe ser resuelta de manera rápida, y por este motivo históricamente se ha enlazado con la arquitectura industrializada y la prefabricación. Actualmente tanto las catástrofes climáticas como las guerras hacen que la demanda de edificaciones de emergencia, sobre todo viviendas, sea imparable. El número total de refugiados en el mundo ha aumentado en 2016 ha llegado hasta los 65,3 millones, produciéndose un incremento del 55% en sólo cuatro años. Ikea ha diseñado una vivienda para refugiados que a logrado el premio al mejor diseño de 2016 y se estima que actualmente hay cerca de 30.000 unidades de este refugio en uso en diversas partes del mundo. Es notorio también que debido al masivo flujo de refugiados está convirtiéndose en una demanda en aumento también en los países desarrollados tomemos como ejemplo el caso del cantón de Argovia, en el norte de Suiza, que en octubre de 2016 compraba 200 albergues prefabricados con el objetivo de encontrar una solución rápida y eficaz para que los 300 solicitantes de asilo tuvieran un lugar donde pasar el invierno.

La arquitectura modular esta intrínsecamente vinculada a la arquitectura de emergencia y por lo tanto su demanda también. Esta demanda además está requiriendo un cambio en el diseño ya que la característica principal de los campos de refugiados que es la temporalidad está cada vez menos presente. Cuando los conflictos no se resuelven, ya sean guerras que se alargan durante décadas, o cuyo final impide el regreso de los desplazados, cuando las catástrofes naturales acaban con los recursos, o los ecosistemas se vuelven yermos por el cambio climático, el resultado es el mismo, sus habitantes no pueden volver. Estas auténticas ciudades de refugiados son el resultado físico de un conflicto enquistado. Resulta paradigmático el ejemplo del campo de refugiados de Dadaab, en Kenia, el más grande del mundo donde malviven casi 350.000 personas desde 1992 como resultado de la guerra civil somalí. Por ello un campo de refugiados en la actualidad es cada vez más urbanismo en grado cero, es un germen de ciudad. Por este motivo los nuevos diseños tienen como reto mejorar las condiciones actuales de asistencia y confort habitacional de las Viviendas de Emergencia que se usan hoy en día y de los servicios adicionales que un alojamiento provisional pero de larga duración debe proporcionar como centros sanitarios, aulas y espacios de reunión.

Prototipos de Better Shelter en Etiopía. Fuente: Ikea Foundation

• Análisis de la oferta

La vivienda modular prefabricada ha experimentado algunos auges a lo largo de la historia, particularmente cuando la sociedad está necesitando soluciones rápidas y baratas. Esta tipología ha recorrido un largo camino desde los catálogos Sears. Hoy, los arquitectos de vanguardia han entrado en juego y muchos clientes que disponen tanto de tiempo y como de medios para construir in situ su vivienda están empezando a mirar otra vez hacia la casa prefabricada, esto está motivando su normalización y su liberación de estigmas del pasado. La gran cantidad de arquitectos que están trabajando en este tipo de arquitectura hace que el nivel de los diseños este incrementándose, las posibilidades de los mismos se amplia y está posibilitando hacer arquitectura de calidad para más personas. Los diseños están sólo limitados por las dimensiones máximas de transporte y las compañías fabricantes están focalizando cada vez más su venta como primera residencia.

En el mercado actual existen muchas empresas que se dedican a comercializar viviendas modulares. Su negocio es una evolución de las viviendas prefabricadas que ya conocemos desde hace muchos años en donde el principal material empleado era la madera. Estas empresas han aprovechado la disminución de precio de los materiales de construcción y han desarrollado programas eficientes de fabricación que les permiten obtener viviendas modulares con diseños estándar, que previamente han definido, a un precio competitivo.

La prefabricación no ha triunfado en España y sí lo ha hecho en lugares con climas más complicados como Norte América o Escandinavia, así como en Japón. Estos países tienen especiales circunstancias que han hecho posible que la industrialización de la vivienda sea una realidad. Entre otras cosas un sistema constructivo basado en la carpintería frente al nuestro basado en la albañilería. Los dos países con más desarrollo de la construcción modular ligera son EE.UU. y Japón. A pesar de ello en EE.UU. la vivienda prefabricada solo supone un 25% del total, ocupando la modular ligera solo un 3% del total, (O'Brien, Wakefiled, & Beliveau, 2000). Quizás la empresa de viviendas de construcción modular 3D de mayor nivel en cuanto a la calidad de EE.UU. es Blu Homes, con casas destinadas al sector más alto de la demanda. Los precios alcanzan 1.800 dólares/m2 con un plazo de entrega de 40 semanas, (Fig. 12), (Blu Homes, 2014) [26].

[26] Título: LA CONSTRUCCIÓN MODULAR LIGERA CON MÓDULOS TRIDIMENSIONALES, ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL. Autor/es: Dra. Arquitecta Ovando Vacarezza, Graciela (1); Dr. Arquitecto Lauret Aguirregabiria, Benito (2); Dra. Arquitecta Pérez-Pujazón Millán, Belén (3); Arquitecta Estéfana Catañeda Vergara (4).

En Japón hoy son cinco las empresas que dominan la construcción residencial industrializada denominada "Big 5". Fabrican el 80% de la vivienda prefabricada y las principales 10 empresas, el 94% a las que se suma en el año 1975 la empresa Toyota Home. Las empresas que conforman este grupo son: Sekisui House, Misawa Homes, Daiwa House, National House (hoy, PanaHome), Sekisui Chemical (Sekisui Heim y Sekisui Two-U), (Fig. 13). De todas las empresas citadas solo tres se dedican a la construcción modular 3D: Misawa, Sekisui Chemical y Toyota Home. Estas casas tienen en su mayoría estructura de acero representando el 62% de todas las unidades prefabricadas, (McKellar, 1985). Uno de los aspectos destacables de las casas modulares Toyota es su imagen moderna, en la que no se aprecia en absoluto su naturaleza modular. Toyota garantiza sus casas durante 60 años. Una vivienda unifamiliar requiere aproximadamente entre 10 a 15 módulos. El precio por metro cuadrado de una casa es de 2.000 dólares. Las marcas como Toyota o Muji comercializan viviendas que se ven como una alternativa de calidad a la vivienda tradicional, siendo las viviendas industrializadas incluso un 10 % más caras.

En la escena británica otro desarrollo importante son los pods, que son módulos tridimensionales sin función estructural teniendo como función la de baños o cocinas y son muy utilizados en el Reino Unido. Se entregan en obra amueblados y listos para su conexión. Varias son las empresas que los fabrican como por ejemplo Offsite Solutions, Paddington, Terrapin, Warker Modular, Caledonian, etc., (Caledonian Modular Group, 2015; Terrapin, 2015; Walker Modular, 2015).

En cuanto a sistemas constructivos ligeros en Escandinavia podemos decir que en Suecia, una corta temporada de verano y los inviernos severos hacen que la construcción prefabricada sea económicamente viable. Además, como en Japón, en Suecia hay un extenso apoyo a la investigación por parte del gobierno y del sector privado en viviendas prefabricadas, (Mathieu, 1987). En los años ´80 el 85% de las viviendas eran prefabricadas, en la actualidad supone más del 70% del total. Los sistemas prefabricados más utilizados son pequeños y grandes paneles de madera, aunque también fabrican módulos tridimensionales. La consolidación de la prefabricación ha tenido éxito porque los sistemas son económicos y de un alto grado de terminación. Las grandes empresas están internacionalizadas, (Bergdoll & Christensen, 2008). En cuanto a los fabricantes de construcción modular ligera, la empresa Ikea se ha asociado con la constructora Skanska para poner en el mercado apartamentos y viviendas unifamiliares modulares de bajo coste llamados Boklok (Ikea-Skanska), (Ikea & Skanska, 2015). Moelven es el fabricante líder de Escandinavia de edificios modulares en madera y tiene cuatro fábricas en Suecia y una en Noruega. Son fabricantes de edificios modulares para oficinas y de viviendas modulares. También a través de su filial Moelven ByggModul AB en Suecia, fabrican los módulos de Boklok de Ikea para el mercado danés. Hasta el 90% de los trabajos de construcción se completan en la fábrica, mientras se realizan los trabajos previos en el solar y las cimentaciones, (Moelven, 2015). En Finlandia la vivienda industrializada está muy extendida y ronda el 60% de las viviendas unifamiliares construidas por año, aunque la industria sueca es aún mayor. Los sistemas más utilizados son los paneles pequeños, seguido de los paneles grandes y por último los sistemas modulares. La industria de la vivienda en Finlandia y la industria de la madera están muy relacionadas, dado que muchas empresas son productoras de madera, (U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1986). Neapo Ltd., es una empresa finlandesa que se centra actividad en la construcción modular de edificios de viviendas, edificios de oficinas y torres de ascensores, (Sorri, 2015). En Dinamarca el 89% de las viviendas unifamiliares son industrializadas utilizando sistemas de paneles pequeños. Algunos arquitectos interesados por este sistema constructivo en Escandinavia son los arquitectos del estudio Tegnestuen Vandkunsten desarrollando viviendas asequibles, (Tegnestuen Vandkunsten, 2015). También los arquitectos de renombre internacional noruego Snøhetta diseñan casas modulares llamadas Lovetann, (Bergdoll Christensen, 2008; Inhabitat, 2006; Løvetann Group AS, 2015).

En cuanto a los sistemas constructivos ligeros en el centro de Europa podemos citar en Austria, en 1996 los arquitectos Oscar Leo Kaufmann y Albert Ruf desarrollaron y construyeron dos prototipos con unidades estructurales autoportantes llamados Su-Si y Fred, (Kaufmann, 2015). En Alemania hay más de 100 productores de sistemas de construcción prefabricada en madera, aunque muchas son pequeñas empresas familiares. Las cinco empresas más grandes son: Massa, Elk-Bien-Zenker, Kampa, WeberHaus y Schwörerhaus. Cada una vende entre 1.000 y 3.000 viviendas por año. Alemania Invierte en investigación y desarrollo para mantener una buena imagen, que está asociada con alta calidad de la construcción. El mercado de las viviendas unifamiliares y adosadas

prefabricadas se estima que esta cerca de una tercera parte del total, (Venables & Courtney, 2004). Otras empresas alemanas como por ejemplo ALHO fabrica sistemas modulares tridimensionales con estructura de acero soldada para oficinas, viviendas y hospitales, y para uso temporal, (ALHO Systembau GmbH, 2015). Entre los arquitectos y diseñadores que trabajan con construcción modular ligera podríamos citar a Loftcube, que es un proyecto conjunto de la empresa DuPont de Nemours (Francia) y del diseñador berlinés Werner Aisslinger (Studio Aisslinger, 2015). El concepto del proyecto es aprovechar las cubiertas planas de los edificios para viviendas temporales.

Residencia de estudiantes de la Universidad de Utrecht. Fuente: revista digital Detailers.

Varias son las empresas que ofrecen hoy sistemas de construcción modular ligera en España, ejemplo de ello son las empresas, Modultec en Asturias, Caracola, IDM y A-cero TECH en Madrid. Un ejemplo muy interesante de vivienda modular en España es la casa en Cedeira, Galicia, proyectada por el estudio madrileño MYCC, y construida por IDM. Se trata de una pequeña casa de 70 m2, que se realizó con 6 módulos tridimensionales y paneles 2D para completar la cubierta. La fabricación se realizó en 3 meses, en las instalaciones de la empresa IDM en Madrid. Los módulos ensamblados se transportaron en trailers hasta su destino, el montaje llevó 3 días, más otros 15 de remates, (Fig. 14). Por otra parte el arquitecto Juan Herreros proyectó la Casa Garoza 10.1, en Ávila, como una vivienda industrializada modular y contó para la fabricación con la empresa IDM (Herreros, 2015; IDM, 2015). También estos módulos tridimensionales ligeros son utilizados en sobreelevaciones en las terrazas de los edificios antiguos de las ciudades que aún gozan de edificabilidad, un ejemplo de ello es la empresa "La Casa por el Tejado" en Barcelona, (Fig. 16), (La Casa por el Tejado, "LCT", 2016). Las viviendas protegidas de Tres Cantos (Madrid), que recibieron el Premio Asprima a la mejor vivienda protegida, estaban realizadas con este sistema. Lo que demuestra que, pese a las prevenciones xistentes en contra de las vivienda prefabricadas, estas puede ser de tanta o mayor calidad que las viviendas construidas por el método tradicional. En Alonsotegui (Vizcaya) se ha constituido una sociedad, Habidite Technologies, con el fin de crear módulos que ensamblados entre sí, forman viviendas modulares hasta de 12 plantas. Sus promotores están convencidos que son capaces de transformar radicalmente el sector de la construcción residencial, con un método que se espera que reduzca un 50% el coste; un 70% el plazo; y un 90% los accidentes laborales, y puesto que los módulos se transportan en camión o barco, es viable su exportación. La empresa Mothership del grupo La Casa por el Tejado, ubicada en Cornellá de Llobregat es una una empresa de servicios que ofrece el desarrollo del sistema constructivo de manera integral mediante el asesoramiento, seguimiento y control, a fin de transitar un proyecto desde la fase de diseño a la de producción y transporte. La cualidad inteligente de estas viviendas se debe a que todos los elementos están controlados por un sistema smart home o centros domóticos que gestionan los accesos, la iluminación y la climatización. Nada nuevo, pero sí algo que contribuye a integrar la última tecnología en procesos industriales.

En Latinoamérica también encontramos algunos ejemplos representativos de la construcción modular ligera. En Argentina, la arquitecta Cecilia Bertezzolo proyectó un centro comercial en Ingeniero Maschwitz, partido de Escobar, provincia de Buenos Aires, llamado Quo Container Center. Utiliza contenedores navales reacondicionados de 40 pies. Todos los contenedores se unieron mediante pasarelas metálicas con suelo de madera sintética de plástico recuperado, (Fig. 15), (Arqa & Bertezzolo, 2015; Quo Container Center, 2015). Otro ejemplo es la vivienda que el estudio de arquitectos Moarqs de Argentina construyó junto con la empresa Comaco S.A. en Mar Azul, provincia de Buenos Aires, (Comaco S.R.L., 2015; Montaldo, Antonietti, & Ottolenghi, 2015). También el estudio FPS formado por los arquitectos Francisco Fenili, Jorge Pérez Gonzalez y Julio David Sepiurka propusieron un taller de pintura sobre la cubierta de una vivienda en San Telmo, Buenos Aires, para ello utilizaron un contenedor naval modificando, (ARQA Comunidad, 2015; Estudio FPS, 2015). Y por último Ruca Panel S.R.L. es una empresa argentina especializada en el diseño, fabricación y montaje de construcciones modulares de alta calidad para proyectos temporarios y definitivos, (Ruca Panel S RL, 2015).

En términos de crecimiento, el mercado global de edificios prefabricados registró un período de revisión (2008-2012) CAGR 1,92%. El crecimiento fue sacudido por un descenso del 15% en el mercado en 2009, debido a la crisis financiera. Actividad de la construcción se desaceleró, y en consecuencia disminuyó la demanda de edificios prefabricados. Se espera que el mercado registre una CAGR de 8.59% debido al crecimiento de la industria de la construcción, desarrollo residencial en las economías emergentes y el alivio de la crisis financiera en Europa. Debido a la continua incertidumbre económica en la eurozona se espera reducir las cuotas de mercado de la región europea. Las economías en desarrollo en la región de Asia y el Pacífico, como China, India e Indonesia se espera que sean el apoyo para la expansión del mercado debido a la demanda para la construcción de viviendas que se manifiesta en estos lugares. Claves:

I. El mercado global de los edificios prefabricados está valorado en 90,1 billones de dólares en 2012.

II. China constituye el mayor valor del mercado de Asia y el Pacífico, con el 61% mercado mundial en 2012, seguida de Japón, Australia e Indonesia con unas cuotas de mercado del 22,3%, 6,8% y 5,1%.

II. El mercado europeo de edificios prefabricados se valoró en 31,5 billones de dólares en 2012, Italia cubría la mayor parte de este mercado con un 25.4%, seguido por Alemania, Francia, el Reino Unido y Rusia con respectivas cuotas de 12,7%, 10,7%, 9.2% y 8.5%. La crisis financiera de 2009 y la crisis de deuda europea posterior fueron perjudiciales para la industria de la construcción europea y causó que el mercado edificios prefabricados registrara un CAGR del período de revisión de -6.68%.

IV. El mercado norteamericano de edificios prefabricados está valorado en 10,2 billones de dólares en 2012. Estados Unidos fue el mercado más grande con una cuota de 74,8%. La demanda de edificios prefabricados disminuyó como consecuencia de la crisis inmobiliaria y la recesión, haciendo que el mercado registrara un CAGR del período de revisión de-7.69%.

V. El mercado de edificios prefabricados del Medio Oriente era el segundo mercado más pequeño 2012, con un valor de 2,9 billones de dólares y representa una cuota del 3,2% del mercado mundial.

VI. La construcción de casas prefabricadas se ha utilizado durante más de cinco décadas en las economías desarrolladas. La conciencia sobre las cuestiones ambientales ha proporcionado oportunidades para el mercado de edificios sostenibles frente al mercado de los edificios tradicionales. Debido al énfasis de los gobiernos en la mejora de la eficiencia energética de edificios, la demanda de construcciones prefabricadas está creciendo rápidamente.

VII. Según informes de analistas de la industria Global, Inc. (GIA), el mercado de la vivienda prefabricado del mundo llega a 829.000 unidades 2017.

En la actualidad está surgiendo una nueva oferta en este sector, la impresión 3D para construcciones. Aunque está aún en una fase uncial de desarrollo tanto en lo referente a materiales y piezas como a procedimientos, está previsto que pase a constituir una nueva vertiente dentro de la oferta de arquitectura modular prefabricada. Las limitaciones que actualmente presenta se deben a la especificidad del sector, el coste de la maquinaria necesaria y una ausencia de un patrón procedimental característico. La empresa china Winsun utiliza una impresora 3D de 150 metros de largo, 10 de ancho y 6,6 de alto, para hacer 10 casas en un solo día. El material utilizado "la Tinta" está creado con escombros y desechos industriales. La construcción es más rápida, más barata y más ecológica, podríamos decir que es llevar la industria al sitio en este caso. No obstante como cualquier aplicación innovadora presenta aún grandes dificultades y multitud de retos por solucionar, pero sin duda podría convertirse en un gran aliado para la arquitectura modular prefabricada ampliando el abanico de posibilidades de la misma. La robótica, la fabricación digital o la impresión 3D se abren paso lentamente en un sector que parece reñido con la innovación.
Las empresas más relevantes del sector se adjuntan en el Anexo 1 _ Listado de empresas.

• En nuestro caso

Se está dando en los últimos años en Europa una convergencia progresiva de las políticas de Medio Ambiente y Patrimonio Cultural, que se proyecta de manera especial en la evolución experimentada por el concepto mismo de paisaje. Lo que eran políticas de gestión y de salvaguarda de la Naturaleza y del Medio Ambiente se inscriben ahora en la misma dinámica que las políticas de salvaguarda de los valores culturales, históricos y arquitectónicos, especialmente visibles -pero no de manera exclusiva- en los sitios, en los conjuntos y en las ciudades históricas. Ello comporta una visión integrada del Medio Ambiente natural y construido; exige una toma de conciencia por parte de la sociedad sobre la trascendencia cultural de esos valores, sobre su proyección económica y social, sobre su significado testimonial y su valor de referencia colectiva. No obstante esto es una disciplina de la que todavía se habla mucho y se practica poco en la Macaronesia.

Las islas han sido siempre interesantes laboratorios para el estudio del funcionamiento de los sistemas ecológicos y sociales, y, más recientemente, para la conservación del patrimonio natural y cultural. El hecho geográfico de la insularidad, decisivo por ejemplo en la formulación de la teoría de la Biogeografía Insular (MacArthur, 1967) y en la biología de la conservación de los tres últimos decenios, plantea algunos aspectos específicos en materia de sostenibilidad, tanto en las islas con un alto nivel de desarrollo económico, como en las que actualmente se abren de manera acelerada a la globalización, a través del turismo internacional [27].

La insularidad de dimensiones reducidas implica, sobre todo, una limitada capacidad de carga, tanto natural, como económica y social. Los ecosistemas insulares como ecosistemas cerrados a una determinada escala, resultan tan valiosos como vulnerables; su limitada dotación en recursos naturales y humanos hacen de las islas espacios especialmente frágiles y poco aptos para acoger actividades con un elevado consumo de medios de producción y de territorio, sin riesgo de que se vean perturbados irreversiblemente los equilibrios socioeconómicos y el patrimonio natural y cultural que albergan. La sostenibilidad en terrenos insulares como Canarias o Cabo Verde es un factor determinante para el adecuado desarrollo de los mismos. Sobre todo en Canarias el intenso desarrollo turístico residencial del último periodo y el avance de la urbanización tanto en el litoral como en el suelo rústico del interior ha producido una perdida paralela de identidad y de cotización económica como producto turístico diferenciado. Es por tanto necesario definir unas bases para el desarrollo sostenible, y ya las distintas políticas insulares caminan en este sentido:

I. Preservación y utilización sostenible de los recursos naturales, la biodiversidad, el medio físico y el paisaje.
II. Incentivar el desarrollo sostenible de la economía insular.
III. Minimizar el consumo de recursos y la generación de residuos en los sectores clave.
IV. Impulsar el desarrollo de las políticas territoriales y ambientales contempladas en el Plan Insular territorial.

[27] Desarrollo Sostenible, Insularidad y Gobierno del Territorio: La Experiencia del PTI de Menorca. Rafael Mara Olmo.

V. Fomentar la recuperación del patrimonio cultural.
VI. Impulsar el desarrollo de las áreas formativas, culturales y científicas en base al potencial natural y la cultura de la isla.
VII. Favorecer un desarrollo insular compatible con unos niveles de cohesión social deseables.
VIII. Promover el desarrollo turístico vinculado al patrimonio natural y cultural acorde a estas políticas de desarrollo sostenible conlleva la realización de arquitecturas con baja carga sobre el entorno. Para ello las nuevas unidades habitables de uso turístico vinculadas al patrimonio natural deberían seguir las siguientes premisas:
IX. Reducir el número de materiales que conforman el edificio, determinando que sean reciclados, que puedan reciclarse y que supongan un bajo impacto ambiental.
X. Disminuir la cantidad de materia por unidad de servicio, incluyendo la consideración de la mochila ecológica.
XI. Asegurar que el sistema constructivo permita la sustitución de las partes, para hacerlo perfectible, y la desconstrucción total del edificio, para recuperar los materiales básicos empleados (y no una mezcla de ellos).
XII. Funcionar de manera autosuficiente con un balance de energía producida/ energía consumida nulo o positivo.
XIII. Establecer que los materiales nunca saldrán del ciclo técnico industrial, es decir que siempre serán gestionados en reciclaje y, a ser posible, empleando en ello energías renovables.

Es necesario cuidar la parte cultural y ambiental de los destinos, al final no va a haber nada que visitar, por lo que no puede haber diversificación en el turismo y éste se englobará únicamente en la categoría de sol y playa. El uso turístico del patrimonio natural de ambas regiones debe ser compatible con su protección y conservación por ello la creación de productos turísticos que incorporen unidades habitables tiene que dejar la mínima huella tanto el terreno específico como en el territorio. Para dar cabida a estas premisas la arquitectura modular cero CO2 se vislumbra como la alternativa más válida tanto en Canarias como en Cabo Verde. Una arquitectura capaz de llegar, adaptarse, moverse, irse y transformarse iniciando así el ciclo nuevamente.

Las nuevas formas de turismo ecológico están replanteando la aproximación de arquitectos y diseñadores hacia la proyección de hoteles, centros de visitantes, servicios anexos, etc. Las mega estructuras de ladrillo y hormigón hoy dejan paso a arquitecturas más ligeras y efímeras que se insertan orgánicamente en su contexto natural. Se propicia un turismo de mayor calidad aunque en menor cantidad. Las nuevas necesidades arquitectónicas del ecoturismo demandan una postura más ética y responsable del arquitecto hacia a los entornos naturales. Este enfoque se cristaliza en intervenciones mínimas sobre el ecosistema local, pero también en experiencias más auténticas con la naturaleza. Se produce así una tensión entre cercanía y lejanía que el arquitecto necesita resolver. En este campo hay ya numerosos ejemplos de módulos habitacionales energéticamente eficientes y autosuficientes lo que permite su desconexión y una intervención mínima en el espacio natural [28].

I. La Drop XL, el hotel ecoturista modular de In-tenta Design.

[28] Fuente: Experimenta _Revista de Diseño. Gráfica, Arquitectura, Industrial y Tecnología.

II. Residencial Encuentro Gudalupe, en México.

III. Treehotel, en la costa este del norte de Suecia.

IV. Cabanas no Rio, Portugal.

V. ViVOOD hotel paisaje, Alicante.

V. ViVOOD hotel paisaje, Alicante.

En Cabo Verde de manera diferenciada a Canarias, existe una fuerte demanda, la urbanización del país, especialmente en la última década, se ha basado en la importación de un modelo de desarrollo existente en los países ricos, modelo de naturaleza heterogénea y desequilibrada. El resultado es una modernización dinámica que recrea la exclusión social y segregación territorial para gran parte de la población. Gran parte de la población vive en viviendas precarias todavía nacionales y sin acceso a la infraestructura urbana básica (INE, 2006): • 39% de las casas que no hay baño ni aseo (30% de las viviendas en el entorno urbano); • 43% de las casas una fuente de agua estable; • 49% de casa no
tienen nevera, •20% no tienen cocina, • 35% usa leña en preparación de alimentos • 16% utiliza velas o antorchas; • 31% de la población pone la basura doméstica en la naturaleza o alrededor de la casa[29]. Estas condiciones se han visto reforzadas por un proceso de migración a las zonas urbanas derivado tanto por la escasez de recursos, la falta de alternativas económicas y empleo en las zonas rurales como por las políticas de desarrollo turístico implantadas. Por lo tanto, el resultado es un modelo de ocupación territorial muy asimétrica. La urbanización del país está aumentando, los niveles globales de la población vive en condiciones de la vivienda inadecuada en las zonas urbanas. En este sentido se requiere la creación rápida de vivienda confortable y sostenible como medida para dignificar las condiciones de vida y contribuir a la conservación de un territorio de enorme fragilidad.

Tanto desde el punto de vista de los desarrollos turísicos sostenibles como desde la dotación de vivienda a la población local la arquitectura habitacional modular prefabricada Cero CO2 se posiciona como una solución válida y viable.

Actualmente las arquitecturas modulares prefabricadas presentes tanto en Canarias como en Cabo Verde se limitan prácticamente al uso de módulos funcionales de servicios, oficinas y aulas vinculados a eventos temporales o puntos de información de arquitectura modular pero poco industrializada, por lo que aún existe un gran campo por explorar. No existe prácticamente ningún alojamiento modular prefabricado Cero CO2 instalado en Canarias ni en Cabo Verde por lo que es un mercado por explorar, formar e implantar. Para poder avanzar en este sentido es necesario una correcta difusión e información sobre las posibles aplicaciones de este tipo de arquitectura y las prestaciones que la misma nos puede dar tanto en el campo de nuevas edificaciones vinculadas a los paisajes naturales como a las intervenciones más convencionales dentro de los espacios urbanos. La arquitectura se puede posicionar como un elemento diferenciador del destino y su oferta. La idea del alojamiento como reclamo turístico, como un destino en sí mismo capaz de atraer al visitante y generar riqueza en el entorno a la vez que potencia la conservación del entorno natural y cultural en el que se asienta.

[29] Estudio de Andreia Moassab para el periódico Asemana

CONCLUSIONES

El interés por la industrialización de la vivienda en Europa parece resurgir, una vez más, en el inicio del Siglo XXI. No es la industrialización abierta que se vislumbraba en los ochenta mediante la utilización masiva de componentes compatibles. El proceso de industrialización ciertamente no se ha detenido, pero hoy es tremendamente pragmático y heterogéneo en un mercado como el de la edificación que por encima de todo es abierto. Se ha constatado que no ha resultado el factor económico, el atractivo más probable, dando paso a una idea generalizada en la creencia que la referida "trasformación" vendrá impulsada por exigencias sobre aspectos medio ambientales, ciclo de vida de los materiales, eficacia energética...la sostenibilidad.

El sector de la construcción está bajo sospecha en aspectos de sostenibilidad. Existen datos poco alentadores sobre las emisiones de que la edificación genera a lo largo de su ciclo de vida, así como sobre la abusiva explotación de recursos. En el marco de la Unión Europea, el sector de la edificación representa el 40% del total del consumo energético. Partiendo de este punto y de la necesidad de reducir este consumo, se han planteado los objetivos 20-20-20 que comprometen a todos los estados europeos a conseguir edificios energéticamente eficientes antes del año 2020. Dentro de este escenario, la construcción industrializada se presenta como una alternativa favorable para los objetivos, toda vez que al realizar gran parte del proceso constructivo en fábrica se optimiza y reduce la utilización de materias primas y energía y al mismo tiempo se genera menor cantidad de residuos no reciclables, y al momento de la puesta en obra, solo se llevan a cabo labores de montaje y ensamblaje, minimizando la posible contaminación que genera una construcción convencional. El peso por unidad de obra realizada se relaciona directamente con el transporte (a más peso, mas emisiones de CO2) y con la cantidad de energía consumida, por ello, la levedad está en alza y cuenta a favor de ciertos tipos de industrialización, destacando los sistemas y procedimientos más ligeros por metro cuadrado construido.

Los alojamientos modulares prefabricados, desde la última crisis económica que tanto ha afectado al sector de la construcción, son un mercado al alza con un crecimiento muy atractivo tanto para profesionales del sector como para particulares que buscan otra forma de construir su casa, con más rapidez, menos incertidumbres, más control y mayor precisión. El sector de la vivienda también se está moviéndose hacia una identidad más concienciada con el medio ambiente, el mercado inmobiliario a la hora de vender viviendas tiene una afinidad creciente hacia las casas modulares prefabricadas, ya que son ecológicas y energéticamente eficientes en sus diseños modulares. Estas casas incorporan sistemas de construcción de alta tecnología que reducen a casi cero el consumo. La compra y venta de casas modulares prefabricadas se está moviendo hacia una identidad más verde con innovadores modelos de vivienda que realzan el bajo consumo de carbono con un objetivo claro, el reducir la ineficiencia y el coste de adquisición.

La creciente demanda de casas prefabricadas llevará a que las empresas sigan innovando y perfeccionando el proceso constructivo. La implementación cada vez más sencilla en este tipo de fabricación de tecnología inteligente de manera seriada hará que de esta tipología de vivienda se convierta en la vivienda del futuro. Las casas modulares prefabricadas en España ya son una alternativa real a las viviendas de construcción tradicional, impulsadas por su mayor rapidez de fabricación e instalación, su gran relación calidad-precio y por eficiencia energética. Tanto es así que la demanda de las casas modulares prefabricadas se ha triplicado en los últimos años. Las habitantes del norte y del interior de España son los más propensos a decantarse por este tipo de casas, especialmente en zonas montañosas o especialmente frías ya que este tipo de construcción va muy vinculada al ahorro energético.

Las familias que innovan adquiriendo una casa prefabricada modular son los mejores embajadores en cada zona, al demostrar a sus vecinos y amigos las ventajas de alta calidad, diseño innovador, ahorro de tiempo y eficiencia enérgica que proporciona la casas modulares prefabricadas. No obstante, el impulso necesario para incrementar la industrialización de la construcción y la aplicación de arquitectura modular prefabricada necesita del apoyo de la administración de una manera mesurada que no asfixie la capacidad creativa del sector pero que consiga ganar el interés de los empresarios a través de las ventajas de contar con sus directrices e incentivos en materia de I+D+I, programas y proyectos mixtos empresariales y estatales, realizaciones piloto y apoyo a la

investigación finalista. La discriminación positiva del empleo de soluciones industrializadas sería un punto básico para la implantación definitiva de este tipo de arquitectura en España. Es necesario también mejorar el grado de desinformación sobre este tipo de edificaciones a todos los sectores implicados incluido el de los profesionales ya que raramente se enseña en las universidades y la mayoría de arquitectos, ingenieros dudan en utilizar la técnica debido a la falta de conocimiento sobre la mecánica estructural, preparación, y diseño de estos elementos en sus proyectos.

El incremento de la aplicabilidad de la arquitectura modular prefabricada Cero CO2 va coordinado con el desarrollo de la industrialización del sector de manera generalizada, evitando que se identifique únicamente como la forma de resolución de obras únicas, con grandes alardes tecnológicos es decir de obras que piden una resolución artesanal pero se desarrollan como si fuesen un proceso industrializado. A este respecto le hacen poco favor ejemplos como el anunciado recientemente de torre giratoria con viviendas prefabricadas en permanente movimiento ubicado en los Emiratos Árabes "Rotating Tower Dubái Development" que lleva la etiqueta de industrialización y sostenibilidad pero el coste por m2 es de 20.000 euros. Actualmente podríamos denotar un déficit de hitos de referencia claros que demuestren las mejoras que este tipo de arquitectura puede conseguir y por otro lado es bueno recodar lo que apuntaba Gropius en 1937 y que hoy en día sigue siendo de aplicación: "... el coste medio de una vivienda en América (EEUU) se incrementó entre 1913 y 1937 en un 193%, mientras que el costo medio del automóvil cayó del orden del 60%". Así mismo Gropius planteaba la poca capacidad que existía para cambiar la situación tan contraria a la industrialización que existía en ese momento en el sector, y en este sentido no hemos terminado de avanzar ya que se enuncian como principales barreras para la arquitectura modular industrializada el conservadurismo del sector, los derivados de las culturas locales y la oposición de los arquitectos.

Todas las políticas actuales están de acuerdo en que es necesario poner límites y gestionar para conservar los espacios protegidos sin que esto constituya un freno para el incremento del turismo tanto en regiones ya posicionadas como en vías de posicionamiento. Si bien el turismo tiene mucha importancia para los parques naturales aportando un importante recurso para su conservación es necesario valorar la capacidad de carga de cada parque y proporcionar rutas y espacios alternativos, diversificando la forma de acceder y dando valor también a aquellos entornos circundantes que pueden resultar muy valiosos para la conservación de la totalidad del territorio. La aplicación de la arquitectura modular prefabricada Cero CO2 puede frenar el impacto ambiental en estos parques naturales y sus entornos de la edificación al ser éste consecuencia del modelo de producción lineal extractor de recursos y generador de residuos y al poder realizar en este tipo de arquitectura un acercamiento el cierre de los ciclos materiales, al posicionamiento delicado en el terreno sin necesidad de infraestructuras complementarias y al disfrute más consecuente del territorio. La arquitectura modular habitacional Cero CO2 es una mercado aún por desarrollar en la Macaronesia.

ANEXO 1 _ LISTADO DE EMPRESAS DE ARQUITECTURA MODULAR

Alemania

CABIN SPACEY GbR
Sede: Berlín
Objetivo: construir un lugar que responde a los retos y necesidades de las nuevas generaciones nómadas y modernas, sostenibles y respetuosas con el medio.
Web: http://www.cabinspacey.com/

COODO
Sede: Hamburgo
Objetivo: diseñar unidades modulares accesibles, flexibles, expandibles, móviles y sostenibles al servicio del usuario
Web: http://www.codo.com

SCHWÖRER HAUS KG
Sede: Hannover-Langenhagen
Objetivo: planificar cada casa de forma individual y adaptada a las necesidades del cliente, en cuanto a vivienda y entorno
Web: https://www.schwoerer.es/

Australia

ANCHOR HOMES
Sede: Stratford
Objetivo: reconocer la responsabilidad sobre el medio ambiente que tiene una edificación y diseñar y fabricar con esa base. La tecnología y el diseño inteligente permiten hacer esto posible.
Web: http://anchorhomes.com.au/

ARCHIBLOX
Sede: Burnley
Objetivo: seguir un proceso simplificado que haga el proceso constructivo es menos estresante gracias a una arquitectura sostenible y prefabricada. Pensar en el futuro a través de la arquitectura modular sostenible, reduciendo la huella de carbono y reponiendo el medio ambiente
Web: http://www.archiblox.com.au/

AUSCO MODULAR
Sede: Wacol
Objetivo: seguir la consigna de que todo lo que se puede construir se puede hacer modular usando la suficiente tecnología, proporcionando soluciones para cualquier sector.
Web: http://www.ausco.com.au

ECO OLIVE
Sede: Wonthaggi
Objetivo: crear casas modulares sostenibles, con espacios funcionales y consumo de energía mínimo. Son soluciones compactas y flexibles que se pueden adaptar a cualquier estilo de vida y ubicación.
Web: https://ecoliv.com.au/

MODSCAPE
Sede: Vicotoria
Objetivo: diseñar arquitectura modular innovadora y sostenible, con un coste fijo y también un plazo de ejecución sin retrasos. Casas respetuosas con el medio ambiente minimizan el impacto ambiental y reducen el consumo de energía a corto y largo plazo.
Web: https://modscape.com.au/

PREBUILT
Sede: Victoria _ Australia
Objetivo: desarrollar con éxito los diseños más adecuados y las técnicas de construcción sostenible para hacer una valiosa contribución a la vivienda del futuro.
Web: http://www.prebuilt.com.au/

Bélgica

SKILPOD
Sede: Geel
Objetivo: diseñar y construir de manera lógica. Combina un diseño sofisticado con una producción optimizada y una entrega totalmente terminada sin necesidad de cimentaciones. Garantizan un óptimo rendimiento, durabilidad y gran transportabilidad. Viviendas Cero Energía.
Web: https://skilpod.com/

Canadá

HONOMOBO
Sede: Alberta
Objetivo: marcar un lema "simplemente colocado". La solución está construida como un contendor, meticulosamente diseñado, durable, flexible que se entrega y se instala con sorprendente rapidez. Comprar un contendor eficiente energética donde poder vivir es algo asequible.
Web: http://www.honomobo.com/

China

ALUHAUSE
Sede: Guangdong
Objetivo: diseñar viviendas modulares pioneras y transportables para una nueva forma de vida responsable con el medioambiente.
Web: http://www.aluhouse.com

G POD
Sede: Central _ Hong Kong
Objetivo: concebir soluciones constructivas innovadoras, transportables, sostenibles y versátiles diseñadas con un enfoque en la arquitectura ambiental y de flexibilidad de uso, desde alojamientos de lujo hasta espacios de trabajo móviles mediante un edificio modular.
Web: http://g-pod.com/home/

NOVADEKO MODULAR
Sede: Guangdong
Objetivo: fabricar con un control total sobre el proceso de producción asegurando la calidad de los materiales y acabados, certificando así un producto transportable por todo el mundo.
Web: http://www.novadekomodular.com/

WINSUN GLOBAL
Sede: China
Objetivo: Aplicar la tecnología al mundo real realizando módulos impresos que se conectan en el lugar.
Web: WinsunGlobal.com

Chile

Sede: Colina
Objetivo: fabricar unidades modulares, totalmente ensambladas en fábrica y listas para operar en terreno.
Web: http://tecnofasthome.cl/

Dinamarca

VIPP
Sede: Copenhague
Objetivo: comercializar un refugio prefabricado de naturaleza diseñado hasta el último detalle como un objeto que contiene todo lo necesario y nada más.
Web: http://www.codo.com

España

ABATON
Sede: Madrid
Objetivo: minimizar en la medida de lo posible la huella que la construcción deja sobre el terreno con materiales de bajo impacto ambiental, ecológicos y altamente reciclables.
Web: http://www.abaton.es

ABC
Sede: Valencia
Objetivo: diseñar soluciones modulares para dar respuesta a cualquier requerimiento con una racionalidad absoluta tanto en industria como en el montaje final, optimizando todas las fases del proyecto de fabricación.
Web: https://abcmodular.com

APLIHORSA MODULAR
Sede: A Coruña
Objetivo: construir viviendas modulares transportables que van un paso más allá y emiten menos CO2 utilizando tecnologías renovables y sistemas de alto aprovechamiento. Todas las instalaciones se colocan en fábrica certificando por tanto las mismas.
Web: http://aplihorsamodular.com

ALGECO
Sede: Operando como Williams Scotsman en América del Norte, como Algeco en Europa Continental, como Elliott en Reino Unido y como Eurobras en Brasil, la compañía y sus filiales gestionan una flota de más de 320 000 unidades, con operaciones o filiales en 37 países, incluyendo Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Emiratos Árabes Unidos, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Hungría, Italia, Lituania, Luxemburgo, México, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania, Rusia, Suecia y Ucrania.
Objetivo: construir unidades modular para distintos sectores. La fusión entre Algeco, líder europeo en construcción modular, y de Williams Scotsman, líder en América del Norte, desemboca en el liderazgo mundial del sector en 2007.
Web: https://www.algeco.es

BALAT
Sede: Pamplona
Objetivo: construir casas modulares prefabricadas les permite adaptar y ampliar la distribución, las dimensiones y el acabado, se suministran completamente terminadas para el uso.
Web: http://www.balat.com

bHOME
Sede: Madrid
Objetivo: crear sistemas del futuro para una nueva forma de concebir la construcción, un producto de calidad y de vanguardia tecnológica equiparable a un automóvil.
Web: http://www.bhome.es

CSR VIVIENDAS MODULARES
Sede: Cuenca
Objetivo: construir viviendas modulares como resultado de la combinación de la arquitectura de vanguardia con los más modernos sistemas productivos y de gestión.
Web: http://modular-home.es

CUBE
Sede: Madrid
Objetivo: fabricar modularmente ensamblando distintos componentes dentro de una cadena de montaje industrial, pudiendo realizar posteriormente distintas configuraciones siempre bajo el concepto de smart living, eocoeficiancia y tecnología para vivir mejor.
Web: http://casasprefabricadascube.com/

EMSAMBLE
Sede: Ferrol
Objetivo: diseñar de manera sostenible un módulo inteligente que genera integración total sin renunciar a la privacidad. Se desarrollan totalmente en fábrica, se trasladan y conectan de manera sencilla y rápida en el sitio.
Web: https://emsamble.com

HABITAINER
Sede: Gran Canaria _ España
Objetivo: ofrecer edificios modulares en la reutilización de contenedores de transporte regulados bajos normas ISO que van quedando fuera de uso y son rehabilitados para su uso en edificación.

INKUB
Sede: Lleida
Objetivo: construir casas pasivas Cero CO2 de diseño vanguardista.
Web: https://www.inkub.eu/es

INTENTA DESIGN
Sede: Barcelona
Objetivo: comercializar suites de Hotel modulares dirigidas a complejos de alojamiento turístico en lugares naturales.
Web: http://www.in-tenta.es/

NOEM
Sede: Barcelona
Objetivo: construir casas modulares de madera ecológicas prefabricadas con máxima eficiencia, confort y ahorro energético a través de los estándares de las casas pasivas y la más avanzada tecnología.
Web: http://www.noem.com

SISMOHA
Sede: Calatayud
Objetivo: dar respuesta a las necesidades de alojamiento de todo tipo mediante un novedoso sistema de módulos prefabricados que representa el futuro más inmediato en el mundo de la construcción.
Web: http://www.sismoha.com

SLOW NATURE SUITES
Sede: Barcelona
Objetivo: fusionarse con la naturaleza en una habitación o una vivienda, gracias a la versatilidad del producto al ir añadiendo módulos. Los materiales utilizados son de fuentes renovables y la construcción industrializada con criterios de sostenibilidad y eficiencia.
Web: http://slownaturesuites.com/

SMARTLIVING

Sede: Barcelona
Objetivo: comercializar casas modulares unifamiliares concebidas bajo criterios de confort y ahorro energético.
Web: http://www.smartliving.cat

Estados Unidos

ALCHEMY
Sede: Minnesota
Objetivo: enfocar de manera práctica el proceso constructivo, con la sostenibilidad como pilar de trabajo y el reciclaje y reutilización como estrategia. Proyectos alternativos con soluciones atípicas de sistemas prefabricados.
Web: http://www.weehouse.com

BLU HOMES
Sede: California
Objetivo: fabricar módulos basados en el smart green, materiales naturales, ahorro energético, ahorro hídrico y reducción de los residuos conformando una arquitectura de vanguardia, con un 90% del trabajo realizado en taller de fabricación.
Web: https://www.bluhomes.com/

CONNECT-HOMES
Sede: Los Ángeles
Objetivo: ofrecer una alternativa asequible de acceder a un gran diseño y crear una nueva experiencia en la construcción de edificios, de manera que la consecución del proceso no sea un consumidor de tiempo.
Web: http://connect-homes.com

COVER
Sede: Los Ángeles
Objetivo: crear unidades habitacionales prefabricadas con una gran base tecnológica y materiales de alta calidad. Diseños de alta eficiencia energética.
Web: https://cover.build

HIVE MODULAR
Sede: Salem
Objetivo: hacer las cosas sencillas es la base de la empresa. Usar las viviendas prefabricadas modulares para crear hogares rentables, imaginativos, modernos y de calidad. Sin necesidad de cimientos su instalación es fácil y su traslado también. La eficiencia energética es inherente al proyecto.
Web: http://www.hivemodular.com/

IDEA BOX
Sede: Salem
Objetivo: hacer las cosas sencillas es la base de la empresa. Usar las viviendas prefabricadas modulares para crear hogares rentables, imaginativos, modernos y de calidad. Sin necesidad de cimientos su instalación es fácil y su traslado también. La eficiencia energética es inherente al proyecto.
Web: http://www.ideabox.us

KAEOLEENA
Sede: British Columbia
Objetivo: utilizar velocidad y precisión en la fabricación de módulos que luego se transportan y ensamblan en sitios según la necesidad dando como resultado casas modernas, de diseño con calidad y rapidez.
Web: http://karoleena.com/

KASITA

Sede: Austin _ Estados Unidos
Objetivo: comercializar casas modulares unifamiliares concebidas bajo criterios de confort y ahorro energético.

KITHAUS
Sede: California
Objetivo: diseñar y ofrecer módulos prefabricados modernistas con un sistema de construcción ligera que facilita el transporte y montaje en cualquier lugar.
Web: http://kithaus.com

MEKA
Sede: Los Ángeles
Objetivo: poder enviar sus módulos prefabricados a todo el mundo por ello se dimensionan igual que un contendor de carga. Los diseños se realizan de forma funcional y contemporánea y teniendo en cuenta el respeto al medio ambiente tanto en el proceso productivo como en la vida útil del producto por ellos son de alta eficiencia energética.
Web: https://mekaworld.com/

METHOD HOMES
Sede: Seattle WA
Objetivo: fabricar casas sostenibles y modulares basadas en la sostenibilidad y en la precisión evitando sobrecostes y retrasos de fabricación.
Web: https://methodhomes.net

STILLWATER DWELLINGS
Sede: Seattle
Objetivo: creer en diseños contemporáneos, accesibles, sostenibles y asequibles que permitan disfrutar de un hogar personalizado pero en cortos plazos de tiempo y con las garantías de una construcción precisa.
Web: http://stillwaterdwellings.com/

TUMBLEWEED
Sede: Colorado Springs
Objetivo: diseñar para minimizar el costo y los plazos es la base de la empresa, sin cimentaciones su ubicación y traslado s muy sencillo. Los precios asequibles, un diseño funcional, calidad controlada y su conciencia medioambiental hacen de la vivienda una solución ideal.
Web: https://www.tumbleweedhouses.com

WHEELHAUS
Sede: Wyoming
Objetivo: proporcionar un módulo habitacional asequible y fácilmente transportable, se entregan con ruedas para desplazar a cualquier lugar. La eficiencia energética se planifica desde el inicio del diseño.
Web: https://wheelhaus.com

Estonia

KODASEMA
Sede: Harkujärve
Objetivo: diseñar para reutilizar infinitas veces, sólo hace falta un camión y una grúa, el producto sale completamente terminado de fábrica, así que se podrá mover con el propietario. Es un módulo saludable gracias a sus materiales, con tecnología inteligente, sostenible y sin duda una inversión de futuro.
Web: http://www.kodasema.com

Sede: Pretoria
Objetivo: crear espacios habitables de forma rápida sin perder confort, ganado en productividad, calidad y sostenibilidad. Su diseño permite insertarlo tanto en el espacio urbano como en la

naturaleza, la instalación se realiza sólo en dos días.
Web: https://www.oodhouse.com/

Holanda

2LIFEART
Sede: Oedenrode
Objetivo: diseñar de forma singular, recreando a la naturaleza, pero haciendo alojamientos de alto confort y eficiencia energética. Su facilidad de ubicación y traslado los convierten en una inversión sostenible tanto ambientalmente como económicamente.
Web: http://www.2life-art.nl

WIKKELHOUSE
Sede: Ámsterdam
Objetivo: construir casas que cambien con el tiempo igual que sus ocupantes, basadas en conceptos modulares de segmentos. La gran facilidad para el transporte es una de sus mayores cualidades.
Web: https://www.wikkelhouse.com

Italia

LEAP
Sede: Turin
Objetivo: respirar de la naturaleza con casas verdes e innovadoras, de grandes aperturas y materiales sostenibles. Fabricado con alta calidad y sin necesidad de cimentaciones, sólo es necesaria colocarla y disfrutar.
Web: http://home.leapfactory.it/

Noruega

RINDALSHYTTER
Sede: Oslo
Objetivo: fabricar cabañas de lenguaje sencillo y claro que permitan realizar experiencias verdaderas en la naturaleza de forma innovadora y competitiva.
Web: https://rindalshytter.no/

REVOLUTION
Sede: Oslo
Objetivo: crear hogares simplificando el proceso y basándose en el e-commerce industrial. Se pueden transportara cualquier lugar.
Web: https://revolutionprecrafted.com

Portugal

BMM
Sede: Funchal. Madeira
Objetivo: concebir ideas para combinar la tecnología más avanzada con un concepto innovador de construcción modular, en diseños reutilizables, reduciendo plazos y costos, mejorando la calidad y con una alta eficiencia energética.
Web: http://bmm.pt/home/

FÁBRICA DAS CASAS
Sede: Vila Nova de Famalicão
Objetivo: revolucionar la construcción modular uniendo la industria, el diseño y la construcción se fabrican casas en el interior que se entregan como producto terminado. La sostenibilidad y el utilizar los recursos naturales sabiamente son la base de la filosofía de la empresa.
Web: http://fabricadascasas.com

FARCIMAR
Sede: Chave Arouca
Objetivo: desarrollar proyectos de I+D que faciliten el desarrollo de construcciones modulares, como segmentos que se añaden en el sitio completamente terminados en fábrica tanto interior como exteriormente. La producción en condiciones controladas y con altos estándares de eficiencia energética da como resultado un producto de máxima certificación energética.
Web: http://farcimar.pt

GOODMOOD
Sede: Largo do Andaluz
Objetivo: fabricar unidades habitacionales transportables y realizadas con materiales reciclados. Se diseñan para proporcionar el máximo confort con el mínimo consumo de energía. Su gran facilidad de transporte y bajo impacto ambiental crea un producto fácilmente instalable.
Web: http://www.goodmood.com.pt

JULAR MADEIRAS
Sede: Azambuja
Objetivo: prefabricar casas de madera con diseños modernos e innovadores, de forma modular que permite que sea un producto más asequible a un mayor número de personas, con presupuesto competitivo y una reducción de los tiempos de ejecución.
Web: https://www.jular.pt

KITUR
Sede: Águeda
Objetivo: modificar partiendo de un módulo fijo que permite aumentar o disminuir la superficie y crear soluciones arquitectónicas modernas, funcionales y sostenibles.
Web: http://www.kitur.pt

MIMA GRUPO PORTILAME
Sede: Viana do Castelo
Objetivo: proponer casas modulares que se caracterizan por la simplicidad, flexibilidad, belleza y calidad arquitectónica. Su montaje en fábrica permite comprobar todos los componentes y certificar su correcto funcionamiento. La instalación se realiza en poco tiempo gracias a su tecnología de cimentaciones.
Web: http://www.mimahousing.com

MODULAR SISTEM
Sede: Oporto
Objetivo: diseñar módulos sostenibles de manera que permita un amplio campo de soluciones por unión. Módulos iguales pero con funcionalidades diferentes que se pueden añadir, remplazar o eliminar en un sistema dinámico y abierto gracias a sistemas innovadores.
Web: http://www.modular-system.com

SIT
Sede: Porto de Mós
Objetivo: producir en ambientes controlados según patrones rígidos de calidad y seguridad, con calidad y sostenibilidad. La durabilidad y resistencia del producto se garantiza así como su eficiencia energética. Los presupuestos son exactos y los plazos de ejecución cortos.
Web: https://www.aboutsit.com/es

Reino Unido

BAUHU
Sede: Chichester
Objetivo: concebir una vivienda modular sin cimentaciones por lo que puede ser ubicada en cualquier lugar y se pude mover con absoluta libertad. Los módulos se pueden unir formando volumetrías edificatorias. Los materiales y la tecnología la convierten en una vivienda sostenible y asequible.
Web: https://www.bauhu.co.uk/

FLOATING HOMES
Sede: Londres
Objetivo: fabricar edificaciones flotantes como una opción de iniciar la colonización de las aguas circundantes en las grandes ciudades y barrios periféricos.
Web: http://www.floatinghomes.ltd.uk/

TEN FOLD
Sede: Oxfordshire
Objetivo: fabricar módulos versátiles y reubicables gracias a su tecnología desplegable facilita el montaje y desmontaje en 10 minutos.
Web: https://www.tenfoldengineering.com/

Republica Checa

PIN-UP HOUSES
Sede: Praga
Objetivo: trabajar fuera de los límites tradicionales de la arquitectura, diseñando módulos de madera con énfasis en la vivienda social y asequible.
Web: https://www.pinuphouses.com

Rusia

DUBLDOM
Sede: Moscú
Objetivo: series modulares para uso de vivienda diseñados para ser transportados como productos prefabricados e instalados en el sitio en un solo día.
Web: http://www.dubldom.ru

Sudáfrica

ZENKAYA
Sede: Pretoria _ Sudáfrica
Objetivo: diseñar casas verdes contemporáneas e inteligentes que puedan ser fácilmente instaladas. Se unen los dos mundos el del diseño y la fabricación en serie para clientes con necesidad de calidad y que desean la mínima intervención en el entorno natural.
Web: http://www.zenkaya.com

Suecia

KENJO
Sede: Limmared
Objetivo: crear habitaciones abiertas a todas las mentes con grandes cristales, pero que a la vez son cálidas y envolventes. Son modulares, prefabricadas y transportables hasta el punto que se pueden comprar como residencia o alquilar e instalar sólo durante la temporada de verano.
Web: http://kenjo.se/