

E CONTAINER. RECICLAJE EFECTIVO: ARQUITECTURA Y CONTENEDORES

Fernando Pérez del Pulgar Mancebo
Antonio Álvarez Gil
Ferrán Ventura Blanch
eboo architecture consulting

Resumen

El proyecto para la sede de un Observatorio de Medioambiente Urbano para el norte de Marruecos en la ciudad de Chauen y una Antena en el sur de España, gracias al Programa de Cooperación Transfronteriza España - Fronteras Exteriores (POCTEFEX), cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Unión Europea y el Ayuntamiento de Málaga, dentro del proyecto Ecociudad, es el objeto final de un profundo proceso de investigación. Un edificio realizado a partir de contenedores marítimos reciclados, construido con criterios de máxima eficiencia energética y mínimo consumo, finalmente un edificio cero emisiones CO2.

Abstract

The project to host an Urban Environment Observatory for northern Morocco in the city of Chefchaouen with an antenna in southern Spain thanks to the Spain Border Cooperation Programme - External Borders (POCTEFEX), cofinanced by the European Fund for Regional development of the European Union and Malaga city Council, within the Ecocity project, led by the Hon. Is the final aim of a deep research process. A building made from recycled shipping containers, constructed with the criteria of maximum energy efficiency and minimum consumption, finally a zero CO2 emissions building.

Palabras clave: reutilización; optimización de recursos; arquitectura móvil; arquitectura ligera; contenedores; reciclaje

“Pues bien, las perturbaciones ecológicas del medio ambiente sólo son la parte visible de un mal más profundo y más considerable, relativo a las maneras de vivir y de ser en sociedad sobre este planeta. La ecología medioambiental debería pensarse como formando un bloque totalmente inseparable con la ecología social y la ecología mental. No se trata de unificar arbitrariamente, bajo una ideología de recambio, campos profundamente heterogéneos, sino de hacer que se entrecrucen prácticas innovadoras de la recomposición de las subjetividades individuales y colectivas, en el seno de nuevos contextos tecno científicos y de las nuevas coordenadas geopolíticas.”

FELIX GUATTARI. Las tres ecologías 1989



Fig. 1. Fotomontaje de EcoCentro en Chauen, Reino de Marruecos.

1.- CUESTION

La ciudad sostenible no es la que más energía limpia produce sino la que menos energía demanda, este debe ser el horizonte al que debemos orientar toda la inversión en sostenibilidad demandada por la sociedad. Las emisiones de CO₂ no se evalúan relativamente, en una cuenta donde sumamos gasto energético y restamos producción de renovables, con instalaciones cuyos altos consumos energéticos lo suplen metros y metros de paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, etc., sino en términos absolutos, cuantas toneladas se emiten a la atmosfera, o lo que es lo mismo, cuantos Kw. de energía está consumiendo, obligándonos a centrarnos en cuestiones mucho más profundas que las tratadas hasta ahora.

El rigor en esta materia debe ser extrema, de lo contrario podemos caer en aumentar los costes de producción sin correspondencias con la disminución de emisiones, esto es fácil de explicar si recordamos la existencia de determinados elementos cuyo gasto energético de producción, transporte y puesta en funcionamiento es superior al ahorro producido a lo largo de su vida útil, de ahí la necesidad de realizar balances energéticos completos, desde los procesos de construcción hasta su reciclaje final.

En esta sociedad de consumo bajo stock, el ciclo de vida de los materiales pasa a ser uno de los aspectos fundamentales si hablamos de optimización de recursos, ya que el consumo se ha convertido en altamente voraz. No solo debe consistir en la reutilización de los elementos existentes, sino la producción de otros en cuyo diseño prevalezcan criterios de reciclaje activo, realizados mediante medios artificiales, o criterios pasivos mediante ciclos naturales, hablamos de una arquitectura “biodegradable”.

En estos procesos de reutilización activos no existen límites, el origen de los elementos no guarda relación con la utilización final de los mismos, ya que los procesos de transformación son muy diversos. Sin embargo, una vez más deben guardarse ciertos equilibrios entre los procesos de transformación y sus necesidades energéticas, y los ahorros que conllevan sus posteriores usos.

La arquitectura basada en la reutilización de contenedores de transporte supone una línea de trabajo sobre estas hipótesis de reciclaje, tanto económica como ecológicamente eficiente, y esta cuestión de eficiencia es tan importante como el propio concepto de reciclaje

El contenedor marítimo es un prisma normalizado según criterios ISO, realizado en acero altamente resistente a la corrosión, a los impactos, etc. además de tener altas prestaciones estructurales.

Su condición prismática y estabilidad estructural le confiere la cualidad de poder ser organizado en diferentes configuraciones, resultando muy amplio el campo de estructuras capaces de componer sin añadir ningún elemento supletorio.

El transporte para la puesta en obra de los contenedores es una de sus principales ventajas, ya que es un elemento diseñado para desplazarse tanto en transporte marítimo como en terrestre. La manipulación del propio contenedor es infinita, ampliando las prestaciones del mismo, dado que es un objeto con un sistema constructivo extremadamente simple, su desmontaje y posterior reensamblaje en combinación con otros es sencillo y sus posibilidades se elevan exponencialmente.

Costes económicos y ecológicos, la reducción de costes frente a los sistemas tradicionales es fruto, por un lado, de ser un elemento realizado industrialmente en cadenas de producción, por lo que sus costes y la energía necesaria para su producción han sido optimizadas a priori. Por otro lado es un producto reciclado, cuya vida ha generado un beneficio y su precio, como material en desuso, es bajo. Pero lo más importante es el reciclaje con mínima transformación a la que se le puede someter, ampliando el ciclo de vida del mismo.

El precio de un contenedor de 20 pulgadas (6 x 2,40 m) nuevo varía desde los 2.400, mientras los usados pueden estar desde 1.200 a 1.400 euros, lo que suponen un precio de entre 166 y 83 euros/m², esto reducirá el coste de la edificación en un 50%.

El segundo reciclaje del contenedor es otro valor añadido dentro de esta línea de trabajo, la vida útil del mismo ha pasado por su uso principal como contenedor de transporte marítimo, se ha reutilizado como estructura en edificación y puede seguir siendo reutilizado por tercera vez ya que mantiene sus principales cualidades estructurales y de confinamiento.

Este sistema constructivo se presenta como una clara alternativa a la construcción convencional en multitud de casos, que no todos. La extremada resistencia y rigidez estructural unida a las múltiples combinaciones posibilitan respuestas muy diversas a programas complejos, destacando el que se trata de un sistema totalmente seco, mucho más próximo a un proceso industrial que a uno de edificación convencional. Añadiendo el plus del reciclaje efectivo como valor añadido y los ahorros en costes que ello supone. J.D.Smith en su investigación "Shipping container as building elements" confirma que existen unos 152.000 contenedores abandonados en los puertos de Gran Bretaña, en Estados Unidos la cifra ronda los 700.000 contenedores. Estos datos unidos a los expuestos por el centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, que estima en más de mil millones, las personas de todo el mundo que viven en condiciones inadecuadas y más de 100 millones las que no tienen hogar, nos hacen pensar una posible solución.

2.- INVESTIGACION

El intercambio comercial, como generador de riqueza, es desde hace siglos uno de los grandes motores para el desarrollo de los sistemas de transporte. Conjuntamente, las

movilizaciones motivadas por los conflictos bélicos han ido propiciando sucesivos avances en la eficacia del desarrollo de los sistemas de locomoción.

Y los arquitectos no siempre se han mantenido al margen de todo este desarrollo, si bien a lo largo del siglo XIX el desarrollo de ferrocarril fue de la mano de la ingeniería. Con la entrada del siglo XX, y la llegada de la automoción, la domesticación del transporte terrestre abrió la puerta al diseño.

Pero la industria más influyente dentro del diseño del siglo XX, como referente de modernidad, sin duda fue la aeronáutica. El desarrollo, a lo largo del siglo XIX de las aeronaves ligeras (globos y dirigibles), tuvo su continuidad a comienzos del siglo XX, y permitió su uso civil y militar, tanto en la I guerra mundial, como en el período entre guerras, siendo la imagen asociada a la modernidad para esta sociedad.

Fue en este período de entre guerras, cuando un joven Buckminster Fuller (Massachusetts 1895-1983) inició una serie de teorías para mejorar “la Nave Espacial Tierra”, como él la denominaba. Tras ser expulsado dos veces de la Universidad de Harvard y convertirse en autodidacta, acabaría siendo un referente para la sociedad norteamericana.

La Gran depresión se prolongó desde Octubre de 1929 hasta principio de los 40, iniciándose en los Estados Unidos con el conocido “Martes Negro”, y trasladándose al resto de economías desarrolladas. Supuso un descenso del comercio internacional de entre el 50 y el 60%, así como unos niveles de desempleo de 25% en EEUU. Llegando al 33% en otros países.¹

En 1928 RBF terminó un breve, pero radical, texto escrito a máquina titulado *4D Timelock*, lo distribuyó entre sus amigos y arquitectos conocidos. “4D Timelock es una fusión tan fascinante como extraña de ideas corbuserianas, pensamiento tecnocrático, economía doméstica y espiritualidad, mezclado con los valores americanos de la independencia y la autosuficiencia”².

El 17 de Mayo de 1928, Richard Buckminster Fuller (Massachusetts 1895-1983), en el encuentro del *American Institute of Architects* AIA celebrado en San Luis, irrumpió con su manifiesto denominado *4D Timelock*, reclamando la necesidad de una nueva arquitectura, basada en el tiempo, la cuarta dimensión de la teoría de la relatividad de Einstein, de ahí la denominación 4D.

Este manifiesto se apoyaba en dos puntos; el primero era la crítica a la ausencia de una revisión profunda de la casa hasta ese momento, para Fuller la casa era muy parecida a cualquier otra máquina, con sus prestaciones y cualidades específicas, y no entendía como seguían sin revisarse los aspectos funcionales, de relación con el medio, de materialidad, de confort, etc., tal y como había ocurrido con los vehículos, las fábricas, etc. Esta posición frente a la casa, si bien era similar en cuanto a planteamiento teórico, a la máquina de habitar de Le Corbusier, no compartía su puesta en práctica, de ahí la incompreensión de Fuller a la diferencia que Le Corbusier establecía entre la casa y el habitar, y las críticas que siempre arrojó sobre la arquitectura del Movimiento Moderno, como traidora de las ideas.

Por otro lado introducía el concepto temporal, aplicado a la deslocalización de la edificación. Basando su nueva arquitectura en una construcción ligera era posible transportar la casa donde su usuario la demandara, cultura ampliamente extendida en

¹ Frank, Robert H.; Bernanke, Ben S. (2007). *Principles of Macroeconomics* (3rd edición). Boston: McGraw-Hill/Irwin. p. 98

² Hsiao- Yun Chu, Un esbozo bibliográfico. En AV monografías, nº143. Madrid. 2010.pp. 28.

los EEUU hasta nuestros días, y que él entendía como cualidad capital, de ahí el término 4D.

Finalmente para Fuller era fundamental el aspecto económico, entendiendo el marco coyuntural del final de los 30 en los EEUU, la implicación de Fuller con una sociedad inmersa en el paro le animaba a generar casas baratas y accesibles para la clase trabajadora.

La denominada *4D Lightful Tower*, fue patentada en 1928, consistía en un gran soporte estructural central del que colgaba un edificio de marcado carácter vertical, su único apoyo central simplificaba el contacto con el terreno. Construido con materiales ligeros y permitiendo un anclaje desde el soporte central podría trasladarse en dirigible instalándose rápidamente en cualquier ubicación. Este elemento vertical central contenía toda la carga infraestructural necesaria para el acondicionamiento de las casas. Siguiendo las teorías de sus anteriores proyectos, y estando Europa inmersa en la II Guerra Mundial³, en 1940 convenció a la empresa Butler Manufacturing Co., de Kansas City, para construir su modelo de *Dymaxion Development Unit (DDUs)*, casa basada en convertir sus silos de chapa ondulada en pequeñas viviendas producidas industrialmente. El éxito de este proyecto estuvo, sin duda, en una de las líneas de trabajo de Fuller, el abaratamiento de costes. Éste llegó a los 10 dólares el m², permitiéndole ofrecer una casa a un precio de 1.250 dólares. El ejército norteamericano utilizó estas casas e instaló muchas de ellas en sus bases militares del Pacífico.

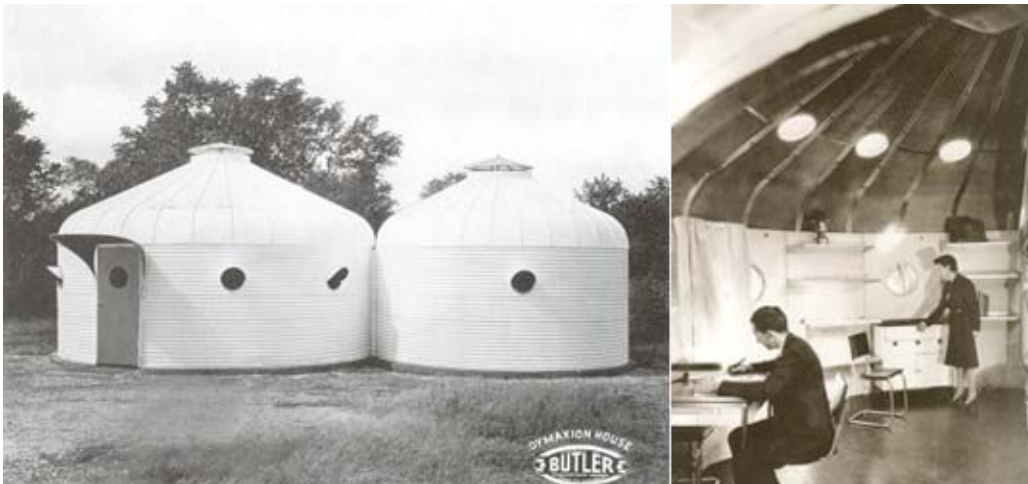


Fig. 2. R. Buckminster Fuller, propaganda de la *Dymaxion Development Unit (DDUs)*, 1940.

Conformadas a partir de la piel de acero del silo y su sistema estructural de poste central, eran interiormente tratadas con tableros contrachapados, El techo se construía con una serie de paneles radiales practicables, “se abrían como pétalos y se cerraban ajustándose con un golpe seco a un anillo flotante”⁴, usando como aislamiento periódicos arrugados colocados entre la chapa exterior y el contrachapado. El suelo era de acero con revestimiento plástico. La casa era tan sencilla que Fuller afirmó “podría ser montada y desmontada por dos hombres en tres horas”.

³ Recordar que fue en 1941, a raíz del ataque de Japón a la base de Pearl Harbour, cuando los EEUU entraron oficialmente y de pleno en la II Guerra Mundial.

⁴ Fuller, Buckminster. *The Artifacts of R. Buckminster Fuller: A Comprehensive Collection of His Design and Drawings*. Garland. Nueva York. 1985. pp. 67.

Esta concepción de la arquitectura frente a los planteamientos de los movimientos de vanguardia europeos como el Movimiento Moderno, e incluso a figuras norteamericanas como F.L. Wright, suponía otro posicionamiento:

La casa ligera y transportable

La casa no anclada al suelo

La casa aerodinámica

La concentración infraestructural y la planta libre

La casa como un bien de consumo

3.- ACCIÓN



Fig. 3. Imágenes de los contenedores en transformación en la factoría de Algeciras

La construcción de un observatorio de medioambiente urbano en la ciudad de Chauen, Reino de Marruecos, y una antena de este en Málaga, se realiza en el marco del proyecto ECOCIUDAD, promovido por el Ayuntamiento de Málaga y cofinanciado por el FEDER a través del Programa de Cooperación España-Fronteras Exteriores (POCTEFEX). Los socios marroquíes que participan en el consorcio son: Tanger, Tétuán, Larache, Nador, Alhucemas, Región Tánger-Tetuán, Región Taza-Alhucemas-Taounate y AMEV (Asociación Marroquí de Eco Villas).

El proyecto ECOCIUDAD tiene como objetivo el desarrollo de una cultura común de eco-ciudad a ambos lados del estrecho que, desde procesos descentralizados, permita la interacción de actores clave en la mejora y protección de los espacios naturales y los recursos ambientales. Como actividades principales destacan las siguientes:



Fig. 4. Imágenes de los contenedores en transformación en la factoría de Algeciras

1. Mejora de la eficiencia energética en el ámbito de actuación mediante innovadores procesos de aplicación de renovables.
2. Participación de la sociedad civil a través planes de acción promovidos por jóvenes y mujeres.
3. Creación de un Eco-Centro con contenedores marítimos reutilizables en Marruecos, sede de AMEV desde donde se promoverá el modelo de eco-ciudad

Un concepto de arquitectura sostenible que aúna **eficiencia energética y ciclo de vida**, al igual que Fuller hiciera con las DDUs y las estructuras para silos de grano, parte de una estructura de contenedores marítimos reutilizados, una densa envolvente aislante y diversos sistemas de producción de energías renovables, consiguiendo un proyecto que no solo reduce al mínimo sus emisiones de CO₂, y la máxima certificación energética A. Sino que reduce al mínimo la energía y los residuos generados para su construcción y posterior desmontaje, cerrando el ciclo de vida desde su creación hasta su posterior reciclaje.

El proyecto de Chauen consta de seis contenedores de 40 pies fletados, descargados y ensamblados para generar un espacio de 167,52 m², compuesto de salas de formación, sala de conferencias y espacios administrativos, siendo la Antena de Málaga un único contenedor.

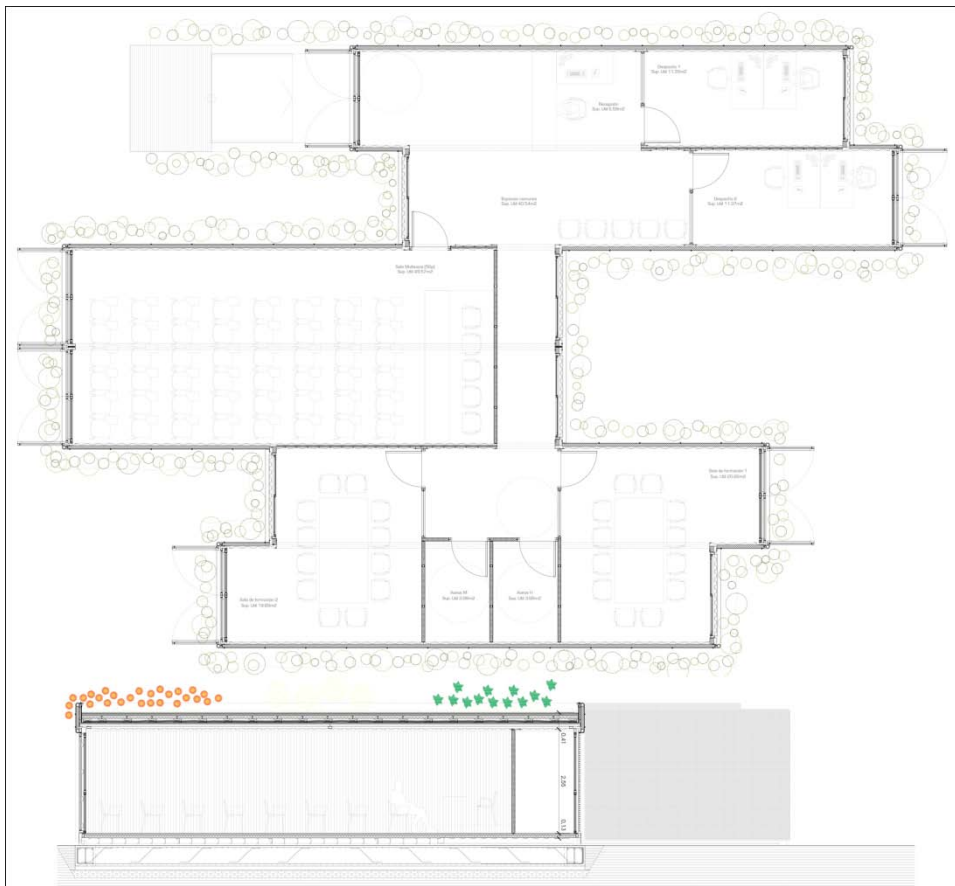


Fig. 5. Planta del EcoCentro.

4.- Eficiencia Energética

La eficiencia energética se basa en el balance energético del edificio, no solo en el uso de fuentes de producción energética renovables, sino en el estudio detallado de los

sistemas pasivos que puedan minimizar el consumo energético del edificio, y sobre todo su envolvente.

Partiendo del elemento base de la propuesta, el contenedor marítimo, y de su envolvente realizada en acero corten plegado empieza el proceso de estudio de esta singular arquitectura de contenedores.



Fig. 5. Imágenes de la colocación de la Antena del EcoCentro.

1.- Consideraciones pasivas

Usualmente se utiliza como terminación de las envolventes la piel de propio contenedor, con el objeto de transmitir esa imagen de reciclaje singularmente atractiva, sin embargo las características físicas del acero desaconsejan por completo su utilización como capa expuesta a la radiación solar, pues como podemos observar en la siguiente tabla tiene una gran capacidad de acumular energía, lo cual en los períodos estivales supone una carga térmica muy importante.

Tabla 1: Propiedades físicas de los materiales

Material [Unidad]	Densidad Kg/m ³	CalorEsp. J/Kg °C	Conduct W/m °C	Capacidad MJ/m ³ °C	Difusividad mm ² /s
Alfombras y moquetas	1000	1350	0.05	1.35	0.04
Caucho vulcanizado (80% caucho)	1120	2000	0.15	2.24	0.07
Tablero aglomerado de partículas	650	1215	0.08	0.79	0.10
Pintura bituminosa	1200	1460	0.20	1.75	0.11
Agua (sin convección)	1000	4184	0.60	4.18	0.14
Corcho expandido con resinas +/-50kg	200	1460	0.05	0.29	0.16
Madera conifera	600	1380	0.14	0.83	0.17
Tablero fibra madera normal	625	1340	0.16	0.84	0.19
Madera frondosa	800	1255	0.21	1.00	0.21
Carton-yeso	900	920	0.18	0.83	0.22
Bloque hormigón ligero macizo	1000	1050	0.33	1.05	0.31
Poliuretano expandido	40	1590	0.02	0.06	0.36
Asfalto puro	2100	920	0.70	1.93	0.36
Ladrillo macizo	1800	1330	0.87	2.39	0.36
Fibroemento P +/-200kg	2000	1250	0.93	2.50	0.37
Hormigón ligero	1000	1050	0.40	1.05	0.38
Bloque hormigón ligero	1400	1050	0.56	1.47	0.38
Guarnecido de yeso	800	920	0.30	0.74	0.41
Vidrio plano	2500	836	0.95	2.09	0.45
Fábrica ladrillo cerámico macizo	1800	878	0.87	1.58	0.55
Alicatado	2000	920	1.05	1.84	0.57
Adobe	1600	920	0.95	1.47	0.65
Hormigón armado	2400	1050	1.63	2.52	0.65
Mortero de cemento	2000	1050	1.40	2.10	0.67
Grava	1700	920	1.21	1.56	0.77
Terreno coherente humedad natural	1800	1460	2.10	2.63	0.80
Poliestireno	25	1590	0.03	0.04	0.83
Hormigón en masa vibrado	2400	805	1.63	1.93	0.84
Arena	1500	920	1.28	1.38	0.93
Mampostería granito	2800	920	2.50	2.58	0.97
Tierra vegetal	1800	920	1.80	1.66	1.09
Hielo 0°C	917	2035	2.25	1.87	1.21
Rocas compactas	2750	880	3.50	2.42	1.45
Acero y fundición	7600	502	54.00	3.82	14.15
Aluminio	2700	920	232.00	2.48	93.40

No solo tienen una gran conductividad térmica, lo que supone un rápido cambio de temperatura, sino una alta inercia térmica, y una elevadísima difusividad lo que le confiere unas características muy excepcionales frente al resto de materiales utilizados en la construcción habitualmente.

Por tanto la primera decisión es la de colocar el aislamiento térmico en el exterior de contenedor, alterando su imagen pero garantizando el mejor comportamiento higrotérmico de su envolvente.

Como sistema constructivo de fachada se opta por una doble piel, la más exterior será una lámina de PEAD (Polietileno de alta densidad) totalmente reciclable y de gran estabilidad, esta capa tiene un diseño abotonado por lo que permite su ventilación, convirtiéndose en una primera capa ventilada. Posteriormente se colocará el aislamiento térmico de lana mineral natural sobre la chapa del contenedor.

Inferiormente se utilizará una capa de aislamiento térmico bajo el propio contenedor, y como cubierta se utilizará una cubierta inundada vegetal cuya composición no solo garantiza un altísimo nivel de aislamiento térmico, pues al sustrato vegetal se le suma el aislamiento de la propia losa filtrón compuesta de poliestireno extruido y cemento, y la de la lámina de agua, que además dota al edificio de otro elemento de gran inercia térmica.

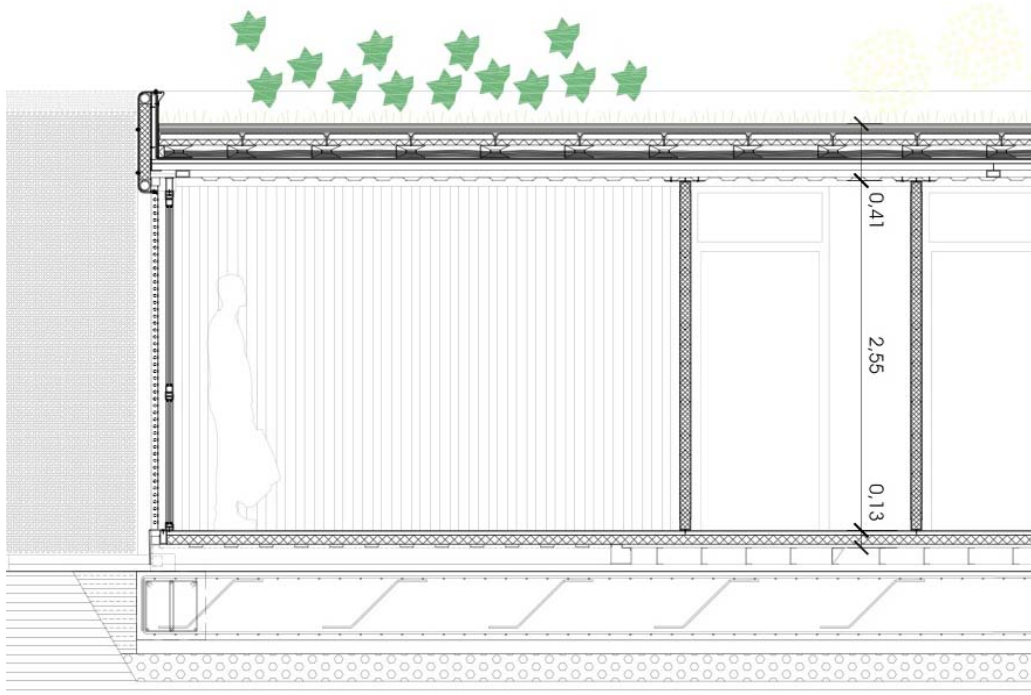


Fig. 6. Sección del EcoCentro.

Los huecos van a ser cuidadosamente tratados, la instalación de carpinterías con rotura de puente térmico, la colocación de vidrios dobles con cámaras de aire es complementada por elementos exteriores a modo de celosías que controlaran las radiaciones solares, disipándolas o no bajo demanda.



Fig. 7. Instalación de ventilación a través de colector geotérmico enterrado

2.- Consideraciones activas

El sistema de ventilación se realiza a través de un colector geotérmico tierra-aire enterrado, lo que proporciona un importante salto térmico sin mayor gasto energético que el del ventilador que mueve el aire, este sistema está implementado por una ventilación cruzada natural en todo el edificio, lo que garantiza condiciones de confort sin consumo, la mayor parte del año en un edificio como este.

Las oscilaciones térmicas diarias en ésta zona climática así como a lo largo del año son extremas, alcanzando en los periodos fríos temperaturas bajo cero y superando en los periodos estivales los 40°C.

Con el intercambiador tierra-aire se consigue un salto térmico de -10°C en la época estival, aportando el aire al sistema de ventilación a una temperatura media de 18°C, y un salto térmico de +6°C en los meses fríos, aportando el aire al sistema de ventilación a una temperatura media de 19°C.

Además el edificio es complementado por un módulo energético para la obtención de energía procedente de fuentes denominadas renovables, otro pequeño contenedor que aloja un paquete de baterías alimentadas por paneles fotovoltaicos y generadores micro eólicos cuyo dimensionamiento cubre el consumo total del edificio, permitiendo cerrar un edificio de consumo cero.

5.- Ciclo de vida

El ciclo de vida supera el concepto de reciclaje, proponiendo dos líneas; una de reutilización de materiales que han cumplido su vida útil y otra la de utilizar materiales no contaminantes, ni en su puesta en obra ni en su proceso de producción.

La reutilización comienza por el concepto de edificio realizado con contenedores marítimos reutilizados, estos ya han cubierto su vida útil y nos permiten cubrir la parte estructural y de cerramientos sin utilizar más materiales, igualmente el uso de tableros

de madera tipo OSD realizados a base de virutas de madera procedentes de la producción, la utilización de gravas procedentes del desescombro.

La elección de suelos naturales como el linóleo, lana mineral natural, sustratos vegetales, agua, y otros materiales intentando garantizar el etiquetado que garantice una construcción responsable con el medio ambiente, completa este proyecto.

Finalmente el uso de este edificio como centro de educación hacia una nueva cultura del urbanismo y la arquitectura sostenibles, tanto en Málaga como en el Norte de Marruecos supone el verdadero valor añadido de un proyecto que pretende apoyar esta nueva consciencia de respeto hacia el Medio Ambiente tan necesaria.



Fig. 8. Imagen de la Antena de EcoCentro en transformación

Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: Fernando Pérez del Pulgar Mancebo

Phone: 952601543

E-mail: fperezdelp@uma.es