

Análisis y evaluación de la aplicación de criterios sostenibles en la construcción en enclaves medioambientales protegidos. Centro de visitantes del Parque Natural de la Bahía de Cádiz

Bandrés Mariscal, Candela ^(1,*)

(*) Agencia de Medio Ambiente y Agua, cbandres@agenciamedioambienteyagua.es,
+34.662.973.973

Resumen El centro de visitantes está situado en el parque natural de la Bahía de Cádiz en el término municipal de San Fernando. El complejo se encuentra rodeado por marismas de alto valor ecológico llamadas Santa Leocadia y colinda, tanto por el lado sur como por el oeste, con zonas de explotación salinera. Los edificios que conforman el centro de visitantes tratan con sumo cuidado la integración del mismo en el entorno que lo rodea. La imagen central del conjunto, que se adapta a la orografía lisa y blanquecina de las marismas, junto con el empleo de la arquitectura sostenible, consiguen que un terreno antes desolado y degradado por un vertedero, recupere su valor y se integre con el entorno del Parque Natural de la Bahía de Cádiz. El análisis que se presenta reconoce y evalúa los principios bioclimáticos empleados en el diseño del edificio, comprobando el estado en que se encuentra el complejo tras los 10 primeros años de su construcción. En él se examinan entre otros; la regeneración paisajística originada tras la implantación del edificio, el consumo energético real durante el último año, la evolución de los materiales empleados que, en su día, se consideraron novedosos... Con ello, se presentan resultados que confirman que se trata de un edificio realmente sostenible, ya que mantiene una la relación conciliadora con el entorno y los métodos empleados para la reducción del consumo energético han resultado eficaces.

Palabras clave Centro visitantes, Regeneración, Sostenible, Medio ambiente, Molino mareas

1 Introducción

Un centro de visitantes es un establecimiento donde el usuario recibe información sobre una zona turística o natural concreta, a través de personal calificado y me-

diante métodos de comunicación e interpretación elementales que fomentan la comprensión y apreciación de los principales valores del espacio protegido.

Para la construcción de un centro de visitantes es necesaria la creación de unas infraestructuras básicas de acogida al usuario en los puntos clave de entrada al parque natural. La configuración del edificio debe ofrecer zonas adaptadas a; la recepción, centro de exposiciones de objetos, zonas opacas para la proyección, área de documentación, centro de coordinación de programas y actividades relacionadas con el patrimonio e incluso oficina de turismo y zonas de descanso.

Las tradiciones salineras de la Bahía de Cádiz generaron el primer impulso de diseño del Centro de Visitantes, de forma que recordara al patrimonio etnológico de la bahía. Es una síntesis y expresión del modo de vida gaditano. El entorno se caracteriza por su gran tradición en la industria salinera que se remonta a tiempos del Neolítico. Tras ellos, los romanos ampliaron la producción mediante una estudiada ingeniería y una gran sencillez constructiva que ha resistido durante siglos y, ha conseguido que las salinas mantengan un aparente estado de forma natural y adaptado a las marismas.

El horizonte gaditano de San Fernando incluye también edificaciones sencillas. Por un lado, las casas salineras, que sirven para la extracción de sal obtenida durante el año y por otro, los molinos de mareas que se empleaban para moler harina. Estos dos tipos de construcciones concluían la configuración del paisaje salinero de la bahía.

Las casas salineras y las dependencias auxiliares que las constituían, eran generalmente edificaciones sencillas de color blanco. Casas diseñadas habitualmente de una sola planta, construidas con materiales propios de la zona con cubierta a una sola agua, o con azoteas. Edificaciones humildes, víctimas actualmente de las transformaciones que sufre una industria, cada vez más abandonadas. Los molinos, de gran adaptación al entorno medioambiental, empleaban una sencilla tecnología consecuencia de la evolución de la ingeniería hidráulica y de los mecanismos de transmisión. En el cuerpo principal de la construcción hay que diferenciar dos partes: los bajos del molino, es decir la parte hidráulica (generalmente construidos con piezas de cantería de piedra ostionera) y el propio edificio cuya construcción era mucho más variada.

La energía necesaria para mover el molino se obtenía aprovechando la diferencia de nivel entre la pleamar y la bajamar. El esquema más común utilizado estaba basado en el uso de agua embalsada y retenida por un muro dotado de compuertas. Cuando existía diferencia de nivel entre el agua embalsada y el nivel del mar, se hacía pasar por los saetines, es decir, pequeños conductos inclinados que conducen el agua a gran presión hacia las ruedas motrices que, a su vez, por medio de sencillos mecanismos, hacían girar las muelas que trituraban la harina.

Hasta el siglo XIX la renovación natural de los recursos bastaba para su continuidad productiva. Los molinos de mareas, de escaso impacto ambiental, constituían una forma ingeniosa y racional de aprovechamiento de los recursos naturales; energía limpia rentable, segura, predecible, gratuita y de sencilla tecnología (AAE 2010).

2 El Centro de Visitantes

2.1 Aspectos a considerar

El diseño del Centro de Visitantes del parque natural de la Bahía de Cádiz estuvo sujeto a condiciones urbanísticas severas, ya que el terreno es la segregación de una parcela municipal, lindando en su lado sur y oeste con la explotación salinera, y en su lado norte y este con los terrenos municipales del ayuntamiento. El edificio cumple con los requisitos exigidos por la normativa vigente de la Dirección General de Costa al tratarse de zona de salinas, con las de Parque Natural de la Bahía de Cádiz, las del Ministerio de Defensa por el acuartelamiento de Campo Soto y por las del propio ayuntamiento de San Fernando (Fig. 1).

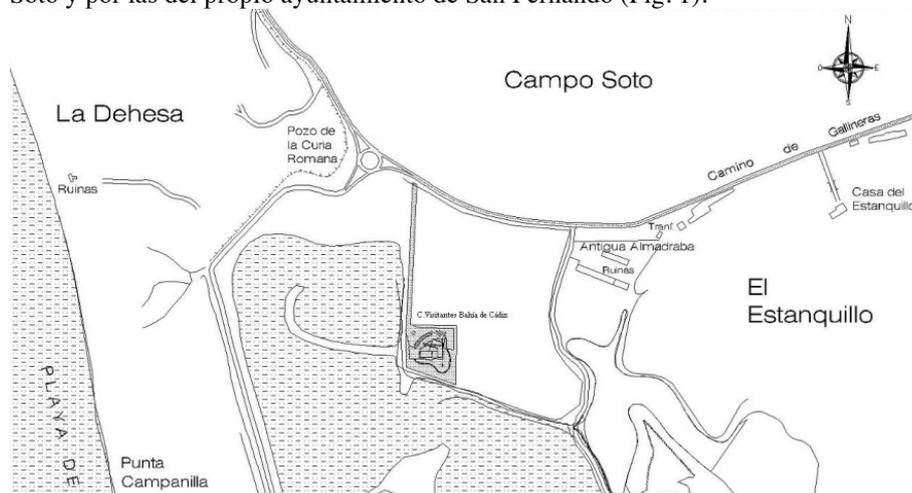


Fig. 1 Plano de situación del Centro del Visitantes

Por otro lado, el edificio está construido sobre un terreno que tenía un vertedero de 6 metros de profundidad más 8 metros sobre terreno de fangos. Para la construcción del centro de visitantes fue necesario el empleo de cimentación especial, ya que el firme del suelo no era estable.

Otro de los aspectos previos a considerar en el diseño del edificio era la climatología del lugar, ya que la zona donde se emplaza el centro posee altas temperaturas en verano y un fuerte viento de levante gaditano. En el caso de la luz natural, si bien la iluminación está vinculada siempre a ambientes sanos y confortables, sin embargo, debido a la intensidad lumínica que incide sobre esta región, la luz es un elemento imprescindible a tener en cuenta en el diseño arquitectónico.

2.2 Configuración de espacios

El solar cuenta con una superficie de 10.109m² de los cuales 1.044m² corresponden al edificio, siendo el resto destinado a aparcamientos y a jardinería.

El perfil que plasma el complejo presenta la organización espacial de un conjunto de volúmenes blancos situados sobre un estanque central.



Fig. 2 Vista general del Centro de Visitantes

Esta secuencia viene a reinterpretar la imagen del molino de mareas (Fig. 2). A él hace referencia su diseño, en especial al del río Arillo. Este molino se encuentra situado en el Parque Natural Las Salinas junto a la carretera nacional IV. El volumen central de la edificación con una planta de altura, albergaba el sistema de muelas y de aliviaderos del molino (Barros Caneda J.R., Tejedor Cabrera A. 2000). Esta construcción se presenta como una alineación de arquerías construidas en sillería de piedra ostionera a modo de puente que recibía el empuje de agua de las mareas. A ambos lados de la nave central, se encuentran dos volúmenes anexos de dos plantas de altura que probablemente servirían como almacenes de grano (IAPH 2012)

El centro de visitantes concentra un primer volumen central blanco elevado sobre el estanque de agua salada, que recuerda a la edificación principal del molino, haciendo referencia a la parte hidráulica y a las compuertas de entrada y salida de la marea (Fig. 3). Este volumen principal del conjunto está dedicado a la zona expositiva del centro.



Fig. 3 Molino de mareas Río Arillo. Volumen central y estancias auxiliares



Fig. 4 Centro de Visitantes bahía de Cádiz. Volumen central y estancias auxiliares

Los dos volúmenes anexos más pequeños, que aparecen retranqueados y que conforman la entrada principal, recuerdan al resto de las estancias del molino; el granero, las cuadras y la casa del guarda (Fig. 4). Estos edificios conforman las salas de audiovisuales, aseos y biblioteca.

El edificio está concebido para dar flexibilidad de uso a las instalaciones en diferentes volúmenes, el centro de visitantes cuenta con; recepción, sala usos múltiples (audiovisuales), área interpretación ambiental, biblioteca, zona Renpanet, mirador, zona descanso, tienda, aseos, y almacén (Fig. 5). En el exterior cuenta con zona de aparcamiento para catorce vehículos y dos autobuses, además de punto de educación ambiental, terraza, rampa panorámica y escalera al mirador, estanque de entrada, recorrido peatonal y carril-bici y jardinería de plantas autóctonas.



Fig. 5 Distribución: 1 Vestíbulo de información, tienda y área de descanso. 2 Área de interpretación ambiental. 3 Sala Renpanet. 4 Biblioteca. 5 Almacén. 6 Sala proyecciones. 7 Almacén. 8, 9 y 10 Aseos. 13 Terraza. 14 Rampa al mirador. 15 y 16 Pasarela de acceso. 17 Entrada auxiliar.

2.3 Sistema constructivo

El plazo de ejecución de la obra era de 18 meses y el presupuesto total del ejecución incluyendo; modificado, liquidación, honorarios, geotecnia, dotación interpretativa e IVA fue de 3.024.008 €.

La estructura portante está formada por pilares metálicos y de hormigón, con forjado a base de losa armada. La cimentación se realizó mediante pilotes de hormigón prefabricado con losa arriostrante.

En cuanto a la cubierta, en la sala de exposiciones y el mirador es invertida. En los volúmenes anexos correspondientes a aseos, biblioteca y sala audiovisual son cubiertas inclinadas ligera tipo deck. El edificio lleva un falso techo de fibra de coco biodegradable.

Los cerramientos exteriores son de bloques de termoarcilla y las divisiones interiores entre las diferentes salas están realizadas mediante tabicón de ladrillo hueco doble. El alzado este va revestido de aplacado de piedra ostionera en su totalidad, estando en el resto de los alzados revestidos únicamente en su basamento y el resto recubierto de monocapa blanco continuo.

En el alzado sur, la fachada de la sala de exposiciones se proyectó como un paño completo de carpintería exterior metálica para acristalar y fomentar la iluminación natural. Esta carpintería está protegida de las incidencias de los rayos del sol durante el verano mediante las lamas de paneles solares. Las lamas de los volúmenes correspondientes a la sala de audiovisuales, aseos y biblioteca son de virutas de madera de plástico reciclado tipo TREX. Este cerramiento es a base de paneles sándwich de tablero fenólico y VIROC con aislamiento interior (Fig. 6).

La zona de la terraza se ha protegido mediante carpintería metálica de acero corten con lamas del mismo material, siendo parte de ellas abatibles desde su eje horizontal superior (Fig. 6).

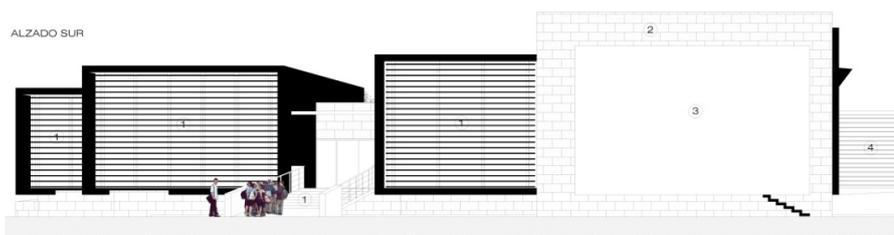


Fig. 6 Materiales: 1. Lamas fijas de conglomerado plástico reciclado y virutas de madera Trex. 2. Aplacado de piedra Ostionera de e=3cm piezas de 60x40cm 3. Revestimiento monocapa color blanco 4. Rejas abatibles formadas por lamas de acero cortén

El vertedero, a lo largo de los años, provoca que se vayan produciendo movimientos debido al asentamiento de la basura en su interior, por esta razón se tomó la decisión de ejecutar la urbanización exterior del edificio mediante baldosas de hormigón, en color sepia, apoyada sobre capa de arena, con llagueado de 5cm relleno con tierra. Esta determinación ha logrado que en los años que lleva el edificio construido, el suelo no se haya fracturado.

La parcela está delimitada por un cerramiento de troncos de madera de pino, empotrados 3m en el terreno en trinchera con una altura visible del cerramiento de 1m, a fin de conseguir el mínimo impacto visual posible.

3 La sostenibilidad del edificio

La implementación de los recursos establecidos por la arquitectura sostenible ha sido posible gracias, entre otros, a los siguientes factores:

- **La regeneración paisajística del entorno.** El proyecto del centro de visitantes con una superficie construida de más de 1.000 m², se centró en la regeneración de una zona paisajística marismeña desolada por un antiguo sellado de vertedero.
- **La valorización y reaprovechamiento de sus infraestructuras.** El diseño del centro ha sido previsto para un posible cambio de uso futuro siendo un conjunto de fácil recuperación y de materiales altamente reciclable. Este sistema empleado en la cimentación y la estructura del propio edificio hace que sea de fácil desmontaje y posible la construcción otro edificio a posteriori.
- **El uso de materiales autóctonos.** La elección de materiales autóctonos para salvaguardar la estética del entorno, como el mortero de cal para los revestimientos o la piedra ostionera gaditana. Este tipo de roca está constituida a partir de arenisca y restos marinos fosilizados y es característica de la costa gaditana del entorno de la Bahía y se extrae en cantera a cielo abierto en zonas de Cádiz. Uno de los principales problemas medioambientales actuales tiene que ver con la distancia y el transporte de los materiales empleados en la construcción. Los niveles de emisión de CO₂ a la atmósfera producida por la combustión de carburantes fósiles provenientes del petróleo así lo certifican. El empleo de materiales de la zona, no solo le da un gran valor etnológico, sino una reducción considerable de emisión de gases contaminantes a la atmósfera.
- **La utilización de especies autóctonas.** El uso de especies autóctonas como el lentisco y taraje en la decoración paisajística persigue obtener una jardinería extensiva de poco mantenimiento y adaptado al entorno paisajístico, reduce considerablemente el consumo de agua para su crecimiento.
- **El empleo de materiales reciclados.** Es destacable, en primer lugar, la utilización de algunos recursos empleados en la arquitectura para posibilitar la elección de materiales reciclados y que fuesen lo más respetuosos posibles con el entorno, como lo ha sido el empleo de madera en las pérgolas o el uso del material llamado “Trex” para la colocación de lamas y pavimentos con acabado en madera. Las tarimas de Trex se componen en un 95% de materiales reciclados, entre ellos destacan las bolsas de plástico, desechos de la madera y serrín. De igual manera, su proceso de fabricación incluye el mayor respeto posible con el medioambiente.

- **Materiales que envejecen noblemente.** El acero *corten* empleado en la carpintería es un material al que, debido a su composición química, no le afecta la corrosión ya que en su fase inicial, permite la formación de una capa de óxido bien adherida que resulta impermeable al agua y al vapor. La oxidación del acero impide que prosiga hacia el interior de la pieza, por lo que no es necesario aplicar ningún otro tipo de protección ya que dicha oxidación, de forma espontánea y controlada, protege la pieza frente a la corrosión atmosférica (Fig.7).



Fig. 7 Empleo de acero *corten*. La fotografía de la izquierda está tomada durante la ejecución de la obra en 2006. La imagen de la derecha en una visita realizada en agosto 2016

- **El empleo de métodos pasivos en el conjunto.** La correcta orientación de los espacios proyectados para aprovechar al máximo las condiciones naturales de la zona ha sido fundamental en el diseño del proyecto.

Varios son los ejemplos existentes en el conjunto, desde fachadas opacas que se protege del fuerte levante gaditano, a superficies blancas en las caras donde más inciden los rayos solares.

También existen sencillas soluciones constructivas para combatir la mala orientación en las fachadas acristaladas de este y oeste mediante voladizos en las ventanas, o la protección por la sombra arrojada de los paneles solares.

El uso de la ventilación natural ayuda a disminuir las altas temperaturas de los edificios en verano. Para ello, ha sido preciso estudiar la distribución, la forma de las aberturas al exterior y su localización. El uso de la ventilación cruzada con ventanas-respiraderos en partes altas y bajas, hacen que en pleno mes de agosto no sea necesario el uso de sistemas de refrigeración en el conjunto. La evacuación del aire caliente que existe en la zona alta del volumen central mejora debido al efecto chimenea que se produce. Este fenómeno se origina forzando la creación de una corriente de aire fresco del exterior proveniente del agua del estanque que penetra en el edificio para reemplazarlo. Del mismo modo, al cerrar las ventanillas en invierno, se produce el efecto invernalero, calentando la sala de forma automática (Fig. 8).

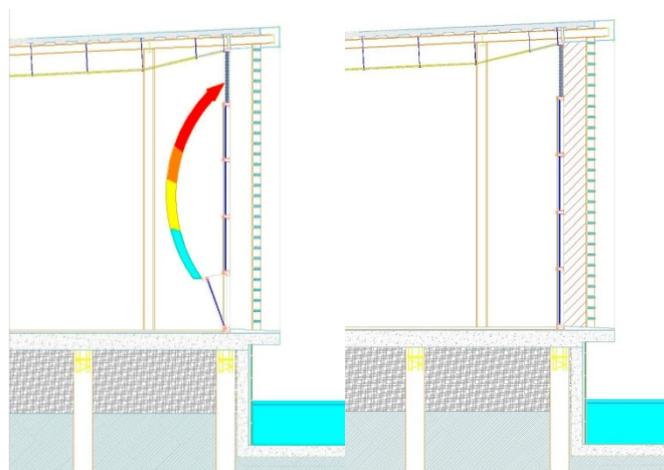


Fig. 8 Esquema ventilación natural en verano. Efecto invernadero en invierno

Ya en la ejecución de los volúmenes se proyecta la necesidad de crear ambientes saludables al tiempo que impedir por todos los medios la entrada de los rayos de sol en el interior en épocas de mucho calor. Por ello, la gran fachada acristalada favorece la entrada de iluminación natural a la sala de exposición pero, a su vez, con el uso lamas y vuelos horizontales se evita el exceso de insolación en verano. De este modo, se consigue no solo un considerable ahorro energético sino una propuesta ingeniosa para la colocación de paneles solares (Fig. 9). Asimismo, el uso de la iluminación cenital es constante en el conjunto a través de los diferentes volúmenes, ya que al disponer de distintas alturas, permite penetrar la luz cenital aportando iluminación a los lugares más oscuros.



Fig. 9 Paneles solares. Vista desde el interior y exterior del edificio

- **La optimización en el gasto energético.** En el proyecto se apostó por conseguir el más bajo consumo energético posible, para ello se decidió eliminar el uso de un ascensor, innecesario con la creación de amplias rampas de acceso. Se estableció la necesidad de la implantación de instalaciones que utilizaran energías renovables; el uso de un aerogenerador resultaba evidente dado al gran potencial energético renovable que posee la Bahía de Cádiz. El aerogenerador está destinado a poner en funcionamiento la bomba de agua que mantiene lleno el estero artificial del estanque con el agua de las salinas.
El uso de células fotovoltaicas en paneles en el centro produce cerca de 10.000 kW/h al año, lo que equivale al consumo anual de dos viviendas en San Fernando. La utilización de iluminación de bajo consumo (LED) y equipos electrónicos optimizan el uso de la energía.
Asimismo, el centro dispone de una depuradora que limpia el agua residual que se genera.
- Por último, **el principio de funcionalidad.** Era necesario que la administración del complejo fuera posible a través de una única persona, capaz de manejar el edificio en su totalidad desde su puesto de trabajo. Esto se consigue gracias al diseño y equipamiento del edificio, que permite que, desde dicho puesto de trabajo se controle el acceso a las diferentes entradas del conjunto.

4 Resultados y conclusiones

Para poder alcanzar un sistema constructivo realmente sostenible, es necesario romper con la rutina y los malos hábitos adquiridos durante décadas de derroche de recursos naturales. Es necesario realizar una modificación general de conducta, abandonar los malos usos constructivos y mentalizar a la sociedad de que es necesario realizar una arquitectura que respete el entorno y aplique los criterios necesarios para que ésta sea verdaderamente eficaz.

Para solucionar los problemas de adaptación y respeto al medio, existen cada vez más claves que consiguen, mediante el uso de distintos recursos arquitectónicos, mantener una relación conciliadora entre la arquitectura, la naturaleza y el paisaje. Esto es debido en gran medida a la singularidad de la arquitectura aplicada, a la proporción y la disposición armoniosas de sus volúmenes dentro del entorno, pero también a los tipos de materiales que se utilizaron para su construcción, la forma en que estos se utilizaron, la elección de los colores... manteniendo siempre como objetivo mantener una permanente sintonía con el entorno.

En el centro de visitantes del parque natural de la Bahía de Cádiz es fácil descubrir la relación cordial entre el entorno natural y etnológico del lugar y su edificación. La integración del edificio en el contexto salinero de la zona se ha conseguido gracias a la reinterpretación de sus tradicionales casas salineras y de sus molinos de mareas en el propio diseño del edificio, ahí se encuentra la clave para haber logrado este propósito. La relación con su entorno es uno de los principios

necesarios de la sostenibilidad, conseguirlo representa alcanzar una expresión relevante de la identidad de un pueblo, testimonio de su trayectoria histórica y manifestación de la riqueza y diversidad cultural.

Por otro lado, en lo referente al sistema constructivo, la edificación posee materiales duraderos, que han ido envejeciendo noblemente y sin necesidad de mantenimiento en estos últimos años, como ha sido el acero *corten* o el conglomerado tipo TREX, que excepto por la suciedad producida por el ambiente, el material se encuentra intacto. El tiempo ha demostrado que el material sigue intacto y no se ha deteriorado a lo largo de los años. Son materiales fácilmente reutilizables, reciclable, desmontables y de poco mantenimiento. Incluso parte de ellos, proceden de canteras y formaciones geológicas cercanas al edificio, con lo que se consigue no solo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero sino, la transmisión de valores culturales y la concienciación de social acerca de la utilización de los recursos de su entorno.

Los principios fundamentales de la arquitectura sostenible no se encuentran únicamente en la innovación de materiales de alta tecnología medioambiental y/o en bajar el consumo de los equipos electrónicos, sino en proyectar edificios que demanden poca energía. Aprovechar las condiciones climáticas del lugar y los recursos disponibles del entorno para hacer en la medida de lo posible, que el interior de las edificaciones fueran lugares confortables. El estudio bioclimático realizado en proyecto ha demostrado la eficiencia de su diseño mediante el cálculo de la orientación solar y el método de refrigeración pasiva. Tanto es así que en una visita realizada en pleno agosto, no se percibe necesario el uso de sistemas de refrigeración en el conjunto.

Como consecuencia, se observa la diferencia existente entre el consumo energético teórico del edificio (6.500 kW·h/mes) –si no existieran las medidas bioclimáticas empleadas– en relación con el consumo energético real –según las facturas emitidas por la compañía eléctrica en el año 2015–. En el cálculo teórico medio se ha tenido en cuenta las frigorías necesarias para acondicionar el conjunto (RITE 2007), y el consumo energético en iluminación. Se puede apreciar que el consumo real es bastante más bajo que el teórico (Fig.9).

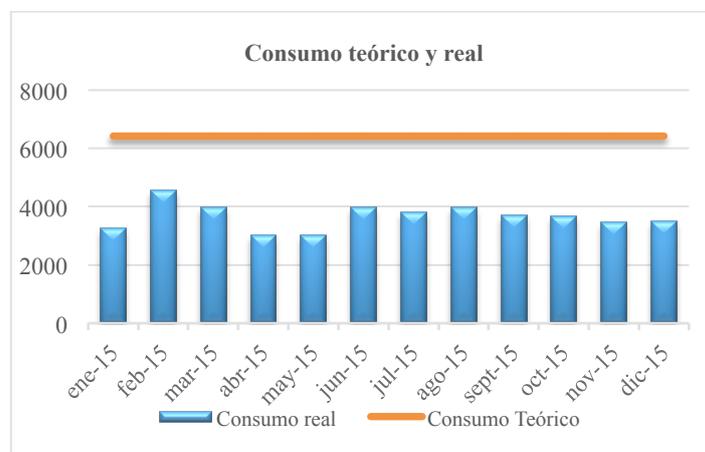


Fig. 10 Comparativo consumo energético real y teórico.

Bajo estas premisas, y teniendo muy presente la necesidad de generar el mínimo impacto posible en el entorno natural en que se encuentra, se concibe un edificio sostenible del siglo XXI inspirado en las antiguas construcciones gaditanas.

5 Citas y Referencias

Agencia Andaluza de la Energía AAE (2010) Estudio preliminar sobre los molinos de marea en Cádiz y Huelva <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/documentacion/informes-y-estudios/estudio-preliminar-sobre-los-molinos-de-marea-en-cadiz-y-huelva>. Accessed 22 Aug 2016

Barros Caneda J.R., Tejedor Cabrera A. (2000) El molino de marea del Río Arillo. Un patrimonio por recuperar. Revista PH. Especial Monográfico: Puerta de Córdoba de Carmona. 33:69-75

Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico IAPH (2012) Molino de mareas del río Arillo, <http://www.iaph.es/patrimonio-inmueble-andalucia/resumen.do?id=i1404>. Accessed 20 Aug 2016

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios RITE (2013) Real Decreto 1027/2007, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, actualizado 2013.

Agradecimientos

Al arquitecto autor del proyecto Santiago Matute Díez de la Agencia de Medio Ambiente y Agua por su inestimable colaboración y aclaraciones durante el análisis y redacción del artículo. A la Conserjería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio por ser la promotora del proyecto.