

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Living Lab CBITER

Validación de estrategias bioclimáticas
en entornos experimentales



Autor Principal: Attenya Campos de Armas (ITER)

Otros autores: María Delgado Díaz (ITER); Ricardo González Rodríguez (ITER); Jonay Izquierdo Trujillo (ITER).

ÍNDICE

Contenido

1. Living Lab CBITER.....	2
2. Palabras Clave	2
3. Resumen.....	2
4. Introducción	3
5. Metodología.....	6
6. Resultados.....	21
7. Discusión	23
8. Conclusiones	24
9. Bibliografía	24

LIVING LAB CBITER

Validación de estrategias bioclimáticas en entornos experimentales

PALABRAS CLAVE

Emergencia, clima, renovables, energía, eficiencia, confort, usuario, Living Lab CBITER.

RESUMEN

En marzo de 1995, el Instituto Tecnológico y de Energías Renovables ·ITER·, junto al Cabildo Insular de Tenerife, convoca un Concurso Internacional para la construcción de 25 viviendas bioclimáticas, avalado por la Unión Internacional de Arquitectos. La urbanización bioclimática formada finalmente por 24 ejemplos de arquitectura bioclimática pasa por 5 etapas hasta consolidarse como laboratorio vivo en Canarias. A lo largo de más de 25 años, se diseñan varios modelos residenciales a partir de los resultados del concurso, se ejecuta la urbanización a partir de la combinación de diferentes estrategias bioclimáticas, se definen patrones de diseño para la optimización del consumo energético y la generación sostenible de energía en viviendas unifamiliares para climas cálidos, se toman datos y se registran durante más de 10 años los parámetros ambientales que definen el ambiente interior y exterior de las casas y, posteriormente, se integran los parámetros físicos de la monitorización con los circunstanciales, fisiológicos y sociológicos gracias a los datos suministrados por los usuarios, incorporando nuevas tecnologías IoT y Big Data.

En esta comunicación se analiza la temperatura, la humedad relativa, los datos relativos al consumo y la generación de energía de la casa bioclimática denominada *LA DUNA* (unidad alojativa nº24). Los datos registrados en la unidad alojativa nos ayudan a comprender las estrategias bioclimáticas que se diseñaron en 1995 y que han sido validadas mediante su uso y correcto funcionamiento.

Actualmente, el Living Lab CBITER es un espacio de investigación creado a partir de entornos experimentales donde los usuarios¹ pasan a ser protagonistas de la ciencia y la investigación. Durante sus estancias se toman datos sobre su consumo de energía, se definen los perfiles de usuario y se les da la capacidad de ser algo más que una masa que intercambia calor con el ambiente (confort adaptativo) generando soluciones innovadoras de arquitectura sostenible según su posible grado de aceptación. Las actividades relacionadas con el Living Lab CBITER son fundamentales para mitigar los efectos del cambio climático y adaptar nuestros espacios a un futuro cambiante.

¹ Los usuarios de las unidades alojativas del laboratorio vivo, son turistas que ocupan las casas bioclimáticas, en régimen de visitas cortas, 1-7 días de media. Durante la comunicación se hará mención de los usuarios de entornos experimentales, los visitantes de la urbanización bioclimática, los clientes de las Casas Bioclimáticas ITER, en todo caso, nos referimos a las mismas personas, pero desde puntos de vista diferentes.

INTRODUCCIÓN

Adaptación y mitigación del cambio climático

Existe un consenso generalizado en la comunidad científica sobre el impacto sin precedentes que la quema de combustibles fósiles, el cambio de usos de suelo, la urbanización, los procesos industriales, los modos de consumo y, en definitiva, nuestro modelo de desarrollo, han generado en el sistema climático, incrementando la concentración de gases de efecto invernadero muy por encima de cualquier otro periodo conocido de la historia. La adaptación y la mitigación son las dos principales respuestas que se plantean desde hace ya tiempo al calentamiento global.

En este sentido, el ITER promueve desde hace más de 25 años el desarrollo sostenible en territorios insulares y desarrolla proyectos de investigación cuyos objetivos fundamentales coinciden con el Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 7, *Energía asequible y no contaminante de la Agenda 2030*². Esto se traduce en el desarrollo de proyectos cuyo objetivo es la mejora de las capacidades e infraestructuras de I+D+i en el sector de las energías y la eficiencia energética de Canarias y Senegal – proyecto denominado MACLAB-PV-, la utilización de recursos renovables del Espacio Atlántico para abastecer el transporte local y apoyar una economía baja en carbono-SEAFUEL-, la revalorización sostenible del patrimonio natural y arquitectónico y desarrollo de iniciativas turísticas bajas en carbono en Canarias y Cabo Verde –SOSTURMAC-, el desarrollo de un avión solar remotamente pilotado de aproximadamente 2 metros de envergadura para misiones de vigilancia -HELIODRON-, el sistema de mantenimiento predictivo de aerogeneradores capaz de informar de cualquier anomalía en las diferentes partes que conforman la multiplicadora –SIMMULA-, entre otros.

Además de esto, las instalaciones de ITER situadas en el sur de Tenerife en el archipiélago canario, se ofrecen a Europa como plataforma experimental a escala real única en el sector de las energías renovables, la eficiencia energética y la reducción de emisiones de CO₂. El Living Lab CBITER forma parte de las instalaciones que definen esta plataforma experimental. Su principal motivo es mostrarse como una alternativa al turismo de masas. Es un laboratorio vivo en el que se validan fórmulas más sostenibles de arquitectura en territorios insulares. En él se testean y monitorizan, en tiempo real y en entornos experimentales, diferentes estrategias de arquitectura bioclimática.

Tipologías de laboratorios vivos

En el contexto de la innovación abierta en relación con las ciudades actuales, es preciso reducir ciertas barreras tecnológicas y mejorar la interoperabilidad de éstas. El papel de los *laboratorios vivos* como el Living Lab CBITER es facilitar el desarrollo de procesos simultáneos que creen productos y servicios centrados en las personas en el campo de las ciudades sostenibles.

² El 25 de septiembre de 2015, 193 países se comprometen con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y su cumplimiento para el año 2030.

En general, los laboratorios vivos son entornos experimentales donde los usuarios pasan a ser protagonistas de la ciencia y las nuevas tecnologías. Mediante el estudio y aplicación de los resultados obtenidos en los laboratorios vivos relacionados con la edificación, se persigue obtener soluciones constructivas más amables y efectivas para el usuario, reduciendo la distancia entre el producto arquitectónico y su posterior uso. Los usuarios, que antes eran simples observadores, se transforman en colaboradores creativos en las fases de diseño y forman parte de la exploración de nuevas ideas constructivas.

Otro aspecto fundamental de los laboratorios vivos es que convierten el diseño en entornos creativos en los que participan diferentes actores -organismos públicos, inversores, usuarios-, involucrándolos a todos desde sus inicios. La idea es huir del modelo tradicional de desarrollo de un conocimiento científico sobre soluciones constructivas innovadoras, para posteriormente difundir los resultados entre los ciudadanos. Consiste, por el contrario, en generar conocimiento tácito sobre unos hechos que se asemejan a las prácticas de los usuarios -manejo y control de las diferentes estrategias bioclimáticas para hacer el espacio más confortable para ellos mismos- y se incluye, desde el principio, a los poderes públicos que fomentan ciertos servicios o productos, a los inversores que eviten el “efecto de rebote” o un comportamiento inesperado del usuario o la aplicación incorrecta de innovaciones potencialmente sostenibles.

Los laboratorios vivos han ido adquiriendo cada vez más un indudable protagonismo en diversos ámbitos de la investigación de muy diversas áreas de conocimiento, sin embargo, el número de laboratorios vivos asociados a la construcción sigue siendo muy bajo. El concepto de *living lab* se utiliza ahora para la innovación en una amplia variedad de escenarios incluyendo el turismo, la publicidad, la salud y los servicios TICs. Sea como sea, todos ellos tienen en común una metodología basada en el usuario como foco de las investigaciones y la continua adaptación de soluciones innovadoras diseñadas para, y en muchos casos, por ellos mismos.

El Living Lab CBITER, es un laboratorio vivo que cumple con las premisas mencionadas previamente en el que además se incluyen dos aspectos fundamentales: por un lado, es un laboratorio vivo basado en *perfiles de usuario (Panel Based Living Lab, PBL)* y por otro lado, en el que se valida la *sostenibilidad (Sustainable Living Lab, SLL)* en relación al uso y manejo de diferentes combinaciones de estrategias bioclimáticas aplicadas en modelos turísticos, la evaluación en tiempo real de la eficiencia energética de modelos residenciales en continuo funcionamiento, donde es el usuario el que cambia constantemente -régimen de visitas cortas-, los parámetros de confort térmico de los usuarios y la implementación de soluciones innovadoras de instalaciones de energías renovables y el grado de aceptación por parte de los usuarios.

Laboratorio vivo, turismo y sostenibilidad (SLL)

Los impactos del turismo se reconocen como el resultado de una compleja interacción de fenómenos. Hoy en día, en la valoración del impacto que ejerce el turismo en la sociedad que lo acoge se deben considerar términos como, la capacidad de carga de la población y el territorio local, los límites de tolerancia del área de destino y su población, la discontinuidad existente entre las causas y efectos del turismo, y en general su dinamismo a nivel internacional. El impacto del turismo depende en muchos casos de los procesos de toma de

decisiones de los propios turistas. Los impactos del turismo son dinámicos y cambiantes al unísono con los correspondientes cambios en los lugares de destino, las características del viaje y los atributos personales y comportamentales de los turistas.

En lo relativo a las expectativas y la motivación de los turistas, las imágenes turísticas tienen un papel fundamental. Éstas incluyen tanto la percepción del turista de los lugares que escoge, como todos los recursos que emplean los intermediarios turísticos, los empresarios e instituciones que pretenden estimular, la motivación y la atracción del turista.

Se deben cruzar los datos sobre las expectativas y las motivaciones de los turistas, lo cual conlleva unos patrones de comportamiento en el territorio visitado que da lugar a la definición de su impacto en todos los sentidos –ambiental, cultural, territorial...-, que por supuesto seguirá siendo dinámico. El ITER estudia una pequeña parte de este impacto: según los perfiles de consumo definidos por los visitantes/ usuarios, la definición de su confort y su comportamiento en entornos experimentales y optimiza los resultados, generando más eficiencia energética y como no, comercial, por lo tanto también más confort adaptado a cada cliente; el objetivo fundamental es la sostenibilidad: es decir, que las expectativas de los visitantes se cumplan, su estancia sea agradable, repitan y sea posible mantener esta industria turística en el tiempo teniendo en cuenta nuestra capacidad de carga y límites de tolerancia.

En el Living Lab CBITER el entorno experimental queda definido por criterios de eficiencia energética, implementación de energías renovables y la investigación aplicada del confort adaptativo. Tras los datos obtenidos en la valoración subjetiva de las unidades alojativas, se establece la relación directa entre una valoración positiva de la estética y la sensación personal de confort térmico. Las valoraciones se contrastan con los criterios obtenidos de demandas comerciales, confrontando éstos con la asignación de unidades alojativas final. Es posible evaluar el rango de variabilidad, el diferencial entre los criterios comerciales de los alojamientos turísticos y los criterios de eficiencia energética, y tratar de acercarlos lo máximo posible.

La eficiencia energética constituye una pieza clave para el desarrollo de la economía, especialmente la insular. Además de los ahorros energéticos que se obtiene gracias a ella, se producen impactos socioeconómicos positivos relevantes al generar nuevas actividades económicas. El desarrollo del mercado de productos y servicios relacionados con la eficiencia energética está provocando la inevitable transformación de las edificaciones, cuya envolvente, sistemas, equipos y materiales interiores se ven influenciados por la aparición de nuevas tecnologías que en la mayoría de los casos tienen sus orígenes en el laboratorio, en proyectos de I+D, y que responden a necesidades reales de las sociedades más avanzadas. El living lab CBITER sirve como base para implementar diseños constructivos innovadores y poder medir en tiempo real la eficacia de cada nuevo diseño, incluyendo el grado de aceptación de los usuarios.

Laboratorio basado en perfiles de usuario (PBLL)

El perfil del usuario constituye el elemento básico para diseñar servicios de información, puesto que el individuo es generador permanente de la misma y hace uso de ella. Cada usuario tiene unos intereses, sus propias necesidades, unas motivaciones personales, de acuerdo con su desarrollo en un ambiente concreto, lo cual lo hace único e irrepetible.

El laboratorio vivo CBITER incluye en cada una de las unidades alojativas una combinación diferente de estrategias bioclimáticas y soluciones innovadoras en relación a la adaptación y mitigación del cambio climático a través de soluciones de arquitectura sostenible.

Las unidades alojativas a su vez no son valoradas ni habitadas de la misma forma por todos los visitantes. Cada uno tiene sus motivaciones, sus propios objetivos y unas premisas que influyen en su manera de comportarse. Es muy importante conocer los perfiles de los distintos usuarios para preparar una respuesta, en este caso, relacionada con el turismo sostenible, para cada uno de ellos, de manera que su estancia cumpla con sus expectativas y su visita sea lo más gratificante posible. Si además de esto, se logra inducir una pauta en este comportamiento, la industria turística podría mejorar su estabilidad económica considerablemente.

Es cierto que cada persona es única, pero también lo es que su actuación se parecerá a la que realice un determinado colectivo. A grandes rasgos se pueden generar perfiles de consumo, confort y comportamiento. El perfil se construye a partir de las características que identifica a un usuario de otro y de los factores de influencia que lo circundan. En el laboratorio vivo, se establecen perfiles de usuario tipo generales que quedan más definidos en base a la cantidad de datos obtenidos –monitorización y cuestionarios-. Desde que se dispone del perfil de los usuarios, se puede diseñar y desarrollar de acuerdo con las características comunes a los grupos principales de usuarios.

Se establece un perfil de consumo energético, el coste en relación al usuario de cada unidad alojativa extrahotelera y su nivel de confort. Para ello se realiza una toma de datos personalizada e individualizada sobre los equipos de cada unidad alojativa, la forma de uso de los mismos y el comportamiento frente a la energía de los usuarios de cada casa para un rango temporal concreto. Se hace una valoración del uso que se ha hecho de la vivienda en sí, que conlleva una serie de estrategias bioclimáticas y la implementación de soluciones concretas de energías renovables para esa unidad alojativa.

Con estas variantes se establecen diferentes perfiles de referencia que sirven posteriormente para establecer el grado de evolución de las estrategias bioclimáticas puestas en marcha.

METODOLOGÍA

Mediciones de las estaciones meteorológicas

La importancia del clima como factor condicionante de la configuración del paisaje y su incidencia en el funcionamiento y distribución de ecosistemas, queda fuera de toda duda y explica la especial importancia de este elemento a la hora de analizar cualquier territorio.

El clima general del archipiélago canario viene determinado por su condición insular y por su ubicación geográfica en las proximidades del Trópico de Cáncer. En líneas generales se puede definir como un clima subtropical con veranos secos, cuyas características le confieren un matiz oceánico, aproximándolo a los climas de tipo mediterráneo. Las circunstancias especiales que contribuyen a definir el clima canario son: la afección de borrascas de la zona templada y las depresiones frías de altura, la corriente oceánica de Canarias, las invasiones de aire polar

marítimo, el abrupto relieve insular (Pico del Teide 3.718 m.s.m.), las invasiones de vientos continentales procedentes del Sáhara (calima) y el régimen de vientos alisios.

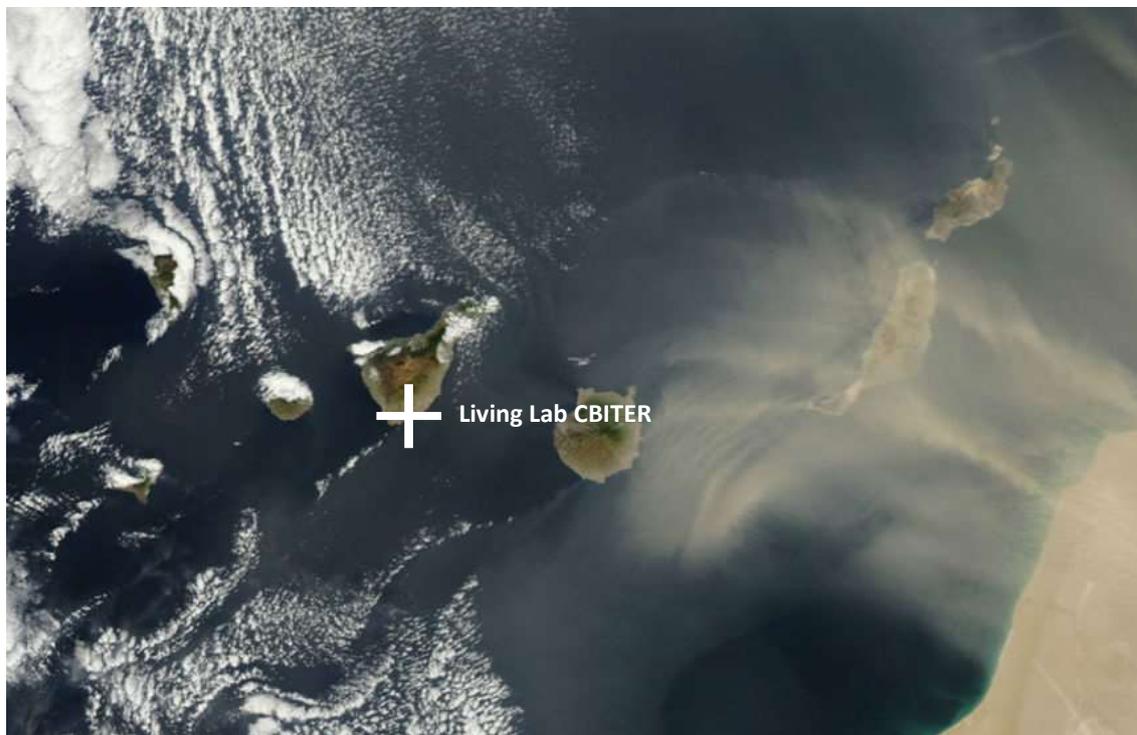


Figura 1. Islas Canarias, polvo en suspensión procedente del Sáhara, calima. (satélites.pro)

El ITER cuenta con una serie de estaciones meteorológicas que miden parámetros de viento, radiación solar, humedad relativa y temperatura del aire.

La Estación Meteorológica TORRE está situada en las coordenadas UTM 351180,54-3105916,74 a una cota de 34 metros sobre el nivel de mar. Todos los sensores se encuentran colocados a lo largo de una torre metálica de celosía de aproximadamente 45 metros de altura. En el extremo superior de la torre, coincidiendo con la altura del buje de los aerogeneradores, se sitúa el sensor sónico *WindSonic* que mide dirección y velocidad de viento. Los sensores restantes (anemómetro de cazoletas, veleta, y sensores de humedad y temperatura) se sitúan a una altura de 25 metros.

Por otra parte, la Estación Meteorológica SOLTEN se encuentra situada en las coordenadas UTM 350115,35-3106285,03 a una cota de 103 metros sobre el nivel de mar. Es una estación montada en cubierta dotada de anemómetro/veleta, termo-higrómetro, sensor de temperatura tipo LM35, piranómetro y sensor para la estimación de la suciedad.

Ambas estaciones están conectadas en tiempo real al servicio de datos de ITER y se encuentran disponibles para consulta pública a través de la web *ClimaTenerife*.

Adicionalmente, ITER ha implementado un sistema de predicción meteorológica destinado a mejorar la gestión de sus instalaciones renovables. Las predicciones se calculan día a día en el superordenador Teide de ITER empleando el modelo numérico de predicción meteorológica WRF (Weather Research and Forecasting).

El clima de Tenerife puede considerarse semiárido caliente-seco (BSh), según la clasificación climática de Köppen (1884). El laboratorio vivo Living Lab CBITER se sitúa en Granadilla de Abona, en el sector sureste de Tenerife, en una zona costera situada por debajo de los 300 m.s.m., en la que las temperaturas medias anuales del aire son de 23,68°C, la media de las máximas 26,70°C y la media de las mínimas 22,30°C (serie de enero 2012 a 2019). La amplitud térmica diaria máxima registrada en este periodo ha sido de 17,90°C, el 17 de septiembre de 2011, y las máximas y mínimas absolutas registradas han sido 35,97°C y 17,20°C, respectivamente. La humedad relativa media donde se encuentra el Living Lab CBITER es de 68,20% para el mismo periodo (2011-2019).

El régimen de vientos moderados a fuertes persistentes durante el año en la costa sureste a sur de Tenerife transporta aire cargado de humedad marina hacia las zonas de costa, cantidades de agua líquida en forma de pequeñas gotitas de agua que se depositan en forma de rocío salobre. La *maresía*, además de que se puede ver como una neblina ligera en muchas zonas de la costa canaria, también se puede oler. La humedad del aire en el interior de la franja costera es muy elevada, en muchas ocasiones, superior al 90%.

La latitud de Tenerife oscila entre 28°N y 28,6°N. En esta posición, la incidencia solar es prácticamente vertical (85° en verano, 38° en invierno) y los valores de radiación solar en una superficie horizontal han llegado a alcanzar valores de 8,16 kW/m².

Las lluvias en la zona sur de la isla son escasas e irregulares, concentradas en los meses de otoño e invierno, pero con grandes variaciones anuales. Según los registros de pluviometría en el Aeropuerto Reina Sofía (cercano al laboratorio vivo), en los últimos 30 años (1980-2010) se han producido 19 episodios de lluvias torrenciales (>30mm), pero casi la mitad de la última década (2000-2010), casi a razón de una al año. Destacan los aguaceros de febrero de 2005 y noviembre de 2006 que alcanzaron los 56,8 y 81,2 mm, y el máximo diario registrado de 136 mm, el 19 de noviembre de 1983. Estos aguaceros tienen particular importancia porque pueden hacer que corra el agua por los barrancos (al lado de la urbanización) y haya aporte de nutrientes al mar.

Cuadro 1. DATOS CLIMÁTICOS DE GRANADILLA DE ABONA (periodo 2011-2019)

Mes	Temperatura del aire media (°C)	Velocidad media del aire (m/s)	Humedad relativa (%)	Radiación global diaria media (w/m2)
ENE	21,16	4,59	62,29	389,22
FEB	20,69	4,96	64,03	419,14
MAR	21,45	4,71	68,43	458,86
ABR	22,35	4,04	68,74	466,99
MAY	23,56	4,26	68,95	429,77
JUN	24,54	4,70	71,54	413,16
JUL	25,90	5,74	71,29	459,71
AGO	27,08	5,51	71,23	446,15
SEP	26,52	4,46	73,97	409,72
OCT	25,83	3,89	70,17	377,35
NOV	23,69	4,18	66,22	353,91
DIC	22,05	4,83	59,51	352,56
TOTAL	23,68	4,69	68,20	407,80

Fuente: ITER

Implementación de las estrategias bioclimáticas

La arquitectura bioclimática consiste en el **diseño de la edificación teniendo en cuenta las condiciones climáticas locales**, aprovechando los recursos disponibles para minimizar los impactos ambientales, reduciendo el consumo de energía necesaria para satisfacer las necesidades de los usuarios.

La arquitectura bioclimática desarrollada en el Living Lab CBITER tiene por lo tanto como centro de su lógica a los usuarios en sí, su comodidad y la mejor forma de minimizar el consumo energético en un entorno concreto. Ampliando este concepto con respecto a las fuentes de energía, podríamos considerar que la arquitectura bioclimática es aquella que tiene en cuenta factores de confort y de sostenibilidad desde su fase inicial de diseño. Consiste básicamente en adaptarse a las condiciones de partida del lugar, aprovechando, en este caso las condiciones micro-climáticas (Cuadro 1), a nuestro favor para hacer que la arquitectura sea más confortable reduciendo el consumo energético, sobretudo el proveniente de recursos no renovables.

Para cumplir con estos requisitos, se dispone de una serie de estrategias de diseño que se clasifican en dos grupos: las medidas pasivas y las activas. En términos generales, los sistemas pasivos implementados en el laboratorio pueden agruparse en lo siguiente: las ganancias solares (forma, ubicación y orientación de las unidades alojativas), las diferentes formas de conservación de la energía (fachadas y cubiertas vegetales, semienterramiento, aislamiento térmico), la acumulación e inercia térmica (envolvente térmica), los sistemas de control del aire y las protecciones solares. Los sistemas pasivos incluidos en el Living Lab CBITER incluyen como factor fundamental, debido a las condiciones específicas del lugar, diferentes estrategias de protección frente al viento.

Las estrategias pasivas (su buen uso) logran reducir considerablemente las necesidades de consumo energético de cada unidad alojativa, pero para ciertos valores extremos del clima son imprescindibles las instalaciones que se han diseñado para mantener el confort en el interior de los espacios construidos. Por lo tanto, el consumo de energía es prácticamente inevitable, la clave está, primero, en el origen de la misma, y segundo, en la eficiencia de las instalaciones. De esta manera nos referimos a las instalaciones cuando se hace mención a las estrategias activas incorporadas en el laboratorio vivo CBITER –instalaciones asociadas a la energía fotovoltaica, eólica y térmica-.

Cada una de las unidades alojativas incluye una serie de estrategias pasivas y activas, sobre las que el usuario tiene cierto control. Como estrategias de calefacción de una casa podemos encontrar las dimensiones y ubicación de los huecos en la envolvente térmica de la unidad alojativa, esto viene definido por el diseño arquitectónico, sin embargo, los usuarios pueden hacer uso de estas estrategias o combinar según el ambiente que quieren definir en el interior de cada una de ellas: estrategias de calefacción o refrigeración, según las necesidades que definen los propios usuarios (estrategias pasivas). El ITER tiene registro de las estrategias empleadas y puede reproducir automáticamente los parámetros determinados por los clientes como confortables.

Cuadro 2. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EN EL LIVING LAB CBITER

ESTRATEGIAS GENERALES		
DISEÑO GENERAL DEL EDIFICIO/ MEJORA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA	CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA	Ubicación
		Forma
		Orientación
	CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA	Aislamiento térmico
		Fachadas ventiladas
		Cubiertas ventiladas
		Fachadas vegetales o ajardinadas
		Cubiertas vegetales o ajardinadas
	ACUMULACIÓN TÉRMICA	Vidrios y marcos con baja transmitancia térmica
Fachadas y cubiertas con alta inercia térmica		
ESTRATEGIAS DE CALEFACCIÓN		
CALEFACCIÓN SOLAR	DIRECTA	Ventanas y lucernarios
		Invernaderos y galerías acristaladas
	INDIRECTA	Muros captadores y acumuladores
ESTRATEGIAS DE REFRIGERACIÓN		
PROTECCIÓN SOLAR	EXTERIOR	Umbráculos o pérgolas
		Parasoles
		Persianas y contraventanas
		Vegetación
	INTERMEDIA	Vidrios especiales
INTERIOR	Persianas y estores	
VENTILACIÓN NATURAL	CRUZADA	Huecos
	CON TIRO TÉRMICO	Efecto chimenea
	INDUCIDA	Aspiración estática (efecto Venturi)
TRATAMIENTO DEL AIRE	ENFRIAMIENTO POR EVAPORACIÓN	Torre de viento
		Agua
	REDUCCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE	Vegetación
		Conductos enterrados
ILUMINACIÓN NATURAL	ENVOLVENTE DEL EDIFICIO	Patios
		Refrigeración nocturna
		Orientación de los huecos
		Forma, tamaño y posición de los huecos
	INTERIOR	Elementos de control lumínico
Conductores solares		
		Acondicionadores y reflectores lumínicos

Fuente: ITER

Fases de consolidación del laboratorio

El laboratorio vivo CBITER se ha ido transformando a lo largo de 25 años. Comienza siendo un complejo urbanístico de emisiones Cero CO₂, formado por 24 viviendas unifamiliares que ha sido desarrollado bajo criterios de arquitectura bioclimática optimizando su adaptación al entorno y al clima específico, minimizando los efectos del mismo y reduciendo los consumos de energía para iluminación, electrodomésticos y ACS. Además, en las casas se han implementado energías renovables a pequeña escala para satisfacer la demanda del complejo.

Las 24 unidades alojativas que lo forman se seleccionaron como los mejores ejemplos de casas bioclimáticas en un concurso internacional promovido por el Cabildo Insular de Tenerife, el ITER y avalado por la Unión Internacional de Arquitectos en marzo de 1995.

Las casas cuentan con una superficie media construida entre 100-120m² y son diferentes en cuanto a su diseño, lo que hace de la urbanización un magnífico espacio de difusión y sensibilización sobre la aplicación de los principios bioclimáticos en la construcción.

Su principal peculiaridad es que ha sido diseñado posteriormente como un laboratorio a escala real que permite el seguimiento mediante la monitorización de diversas técnicas bioclimáticas seleccionadas, persiguiendo el estudio y la difusión de estas técnicas entre el público especializado y la población en general. Para ello, el laboratorio vivo cuenta con un sistema de automatización y gestión técnica de la energía y con un sistema de monitorización de sensores de temperatura, sensores de humedad relativa y medidores de flujo de aire.

El sistema de captación de datos tiene como objetivo mejorar el confort interior de las viviendas, mediante primero, la publicación de los parámetros obtenidos y segundo, la actuación del usuario que ejecuta unas u otras estrategias bioclimáticas encaminadas a reconducir la situación ambiental en el interior de las unidades alojativas, hacia la zona de mayor confort. Esto permite una gestión activa de la eficiencia energética de la vivienda. A su vez este sistema se comunica con una red general de comunicaciones que permite el acceso a la información desde las viviendas y desde cualquier ordenador que se encuentre conectado a LAN de ITER, usando simplemente un navegador Web.

Para poder evaluar el funcionamiento real de cada vivienda es necesario que las viviendas están ocupadas al menos por un periodo de tiempo, por lo que las casas se ofertan en régimen de estancias turísticas de corta duración (<http://casas.iter.es>). De esta manera se logra que el perfil de los usuarios será lo más amplio posible, permitiendo integrar los parámetros físicos de la monitorización con los circunstanciales, fisiológicos y sociológicos gracias a los datos suministrados por los usuarios. Esta vinculación de parámetros permite que la parametrización de soluciones constructivas y equipos sea más concreta y exportable (perfiles de usuario).

Las principales actividades que se realizan en el complejo son:

- Evaluación energética llevada a cabo mediante simulación o en condiciones reales de funcionamiento implementando sensores en el interior y exterior de la edificación.
- Definición de modelos de integración de estrategias de energía solar pasiva y activa, a pequeña y gran escala.
- Optimización de diseños, modelos y elementos energéticos utilizados en la edificación.
- Demostración a través de datos objetivos y cuantificados del funcionamiento de edificios energéticamente eficientes para colaborar en la concienciación de colectivos y usuarios.
- Optimización de técnicas para la integración, la planificación y la construcción de grandes instalaciones de energías renovables.
- Comprobación del funcionamiento de las edificaciones bajo distintos modelos de consumo y hábitos de uso.
- Difusión de técnicas relativas a la eficiencia energética y las energías renovables.

El desarrollo del Living Lab CBITER se lleva a cabo en 5 etapas, desde que se convoca el concurso internacional en marzo de 1995 hasta la actualidad:

- Etapa 1 Concurso Internacional y desarrollo de proyectos. Fechas: 1995 -2003.
- Etapa 2 Ejecución de la urbanización bioclimática. Fechas: 2003-2011.
- Etapa 3 Monitorización de las Casas bioclimáticas. Fechas: 2011 hasta la actualidad.
- Etapa 4 Validación de las estrategias bioclimáticas. Fechas: 2011 hasta la actualidad.
- Etapa 5 Incorporación de nuevas tecnologías IoT y Big Data. Fechas: 2017 hasta la actualidad.

En 2011, las Casas Bioclimáticas ITER, creadas a partir de la combinación de diferentes estrategias bioclimáticas propuestas para climas cálidos en un concurso internacional, pasan a formar un único laboratorio a escala real en el que, primero, se informa a los usuarios sobre las posibilidades que brinda la arquitectura bioclimática, sus formas de uso, y luego, se toman datos, del ambiente interior y del grado de confort de los usuarios en estancias medias de entorno a los 6 días. A partir de los datos obtenidos se aplican mejoras en las casas y se transmite la valoración de los resultados obtenidos a través de visitas y charlas divulgativas.

ETAPA 1 CONCURSO INTERNACIONAL (1995-2003)

En marzo de 1995, el Instituto Tecnológico y de Energías Renovables y el Cabildo Insular de Tenerife, en colaboración con el Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias (COAC), homologado por la Unión Internacional de Arquitectos (UIA), convocan un concurso internacional de ideas en el que quedan premiados tres propuestas y seleccionadas un total de 25 entre 397 propuestas para ser construidas en los terrenos del Parque Tecnológico de Tenerife en Granadilla de Abona, en el sur de Tenerife. El resultado de este concurso es una urbanización formada por 24 viviendas bioclimáticas organizadas dentro de espacios libres tapizados con vegetación de Canarias, muy próxima al Monumento Natural de Montaña Pelada.

En lo que se refiere a las propuestas presentadas a concurso, el suministro eléctrico de las viviendas se propone generado mediante paneles fotovoltaicos (FV), aerogeneradores y/o energía derivada de biomasa y residuos. La red eléctrica sirve de apoyo a estas instalaciones para garantizar un suministro continuado. Se emplea una desaladora para la producción de agua potable, y las aguas residuales son tratadas en una planta depuradora para su posterior empleo en riego; las demás instalaciones serán recursos comunes a las 24 viviendas. El agua caliente sanitaria se obtiene mediante colectores solares individuales, satisfaciendo las necesidades de cada vivienda.

El uso de energías renovables además de las técnicas de tratamiento de agua redundan en una significativa disminución de contaminantes y ahorro de fuentes de energía tradicionales, dando lugar a una mayor autosuficiencia energética. La integración de las energías renovables, como eólica y solar, en el ámbito doméstico es un paso importante para difundir conocimientos técnicos en este campo.

En el diseño de las propuestas, se debía seguir los siguientes criterios:

- Parcela circular tipo 500 m² con 120 m² de superficie construida máxima.
- Altura no superior a dos plantas con un programa de 3-4 dormitorios.

- Costes de ejecución material por m² no superior a 901,52€.

Este conjunto ofrecería una solución local a problemas que afectarían al consumo y producción energética, así como el uso de energías renovables a pequeña escala. Las casas debían estar integradas en una pequeña área residencial que permitiera a un turismo técnico científico desplazarse a la isla, alojándose en dichas viviendas y haciendo uso de los lugares comunes, pudiendo evaluar así los resultados.

La experiencia podría aplicarse con posterioridad en otras áreas con características similares, permitiendo aumentar la experiencia y el conocimiento desarrollado con estas viviendas.

ETAPA 2 EJECUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN (2003-2011)

La urbanización bioclimática fue promovida en su totalidad por el ITER.. La urbanización tiene una superficie total de 54.226m², la superficie construida es 2.830,23m² y una ocupación máxima de 120 personas. Se trata de una urbanización bioclimática de baja densidad edificatoria muy distanciada del turismo de masas de sol y playa. El ITER está formado además por las siguientes instalaciones y recursos técnicos que han ido ejecutando a lo largo de más de 25 años:

- Instalaciones divulgativas
- Instalaciones de energías renovables
- Instalaciones de I+D+i
- Instalaciones- telecomunicaciones
- Instalaciones de genómica

ETAPA 3 MONITORIZACIÓN LIVING LAB CBITER (A PARTIR DE 2011)

Los resultados de la monitorización del Living Lab CBITER son determinantes a la hora de elegir ciertos patrones de diseño bioclimático más favorables que otros en climas cálidos. Se evalúa el consumo energético en condiciones reales de uso, por lo que uno de los aspectos más interesantes de las mediciones es la posibilidad que nos brindan las casas alquiladas en régimen de estancias cortas, es la posibilidad de comparar datos de las casas en periodos de ocupación y cuando están vacías, y por lo tanto somos capaces de determinar la influencia del usuario en el control del ambiente interior. Los datos obtenidos en la monitorización se convertirán en una importante aportación a futuras iniciativas de construcción sostenible en zonas climáticas similares.

ETAPA 4 VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS (A PARTIR DE 2011)

El Living Lab CBITER ha sido creado a partir de la idea de laboratorio a escala real desarrollado al aire libre, lo cual es fundamental para entender su ubicación en un entorno que a priori se podría considerar poco favorable para su comercialización –suelo industrial-. Sus instalaciones se dedican a la investigación avanzada y a la difusión entre el público no especializado en arquitectura sostenible de las ventajas de esta arquitectura, especialmente la relativa a climas cálidos. Es muy importante entender que cada lugar conlleva una serie de estrategias mejores que otras para aprovechar los recursos naturales de un clima concreto.

Existe una amplia bibliografía sobre las diferentes soluciones que aporta la arquitectura bioclimática que destaca ciertas estrategias pasivas para climas fríos que sin embargo no son adecuadas para climas cálidos. Los resultados obtenidos en el laboratorio bioclimático situado en el sur de Tenerife, nos dan pistas sobre la sostenibilidad de cada una de las soluciones bioclimáticas en climas cálidos, tecnologías y herramientas puestas en práctica que pueden ser fácilmente replicables o ser exportadas a otras soluciones con condiciones climáticas similares.

| ETAPA 5 TICS. NUEVAS TECNOLOGÍAS (A PARTIR DE 2016)

En un mundo cada vez más globalizado y en el que se producen cambios sociales y tecnológicos cada vez más notorios y a más velocidad, las empresas hoteleras tienen que reorientarse y adaptarse a un nuevo modelo de competencia en el cual el cliente busca una experiencia única, que a la vez haga su estancia más fácil y cómoda, de forma que el hotel pase a formar parte integrante de su vida cotidiana.

Para que esto sea posible, es necesario ofrecer un servicio de excelencia que permita maximizar el confort del cliente para lograr una mayor fidelización. Se deben conseguir mayores niveles de eficiencia, productividad y competitividad, de forma que se pueda responder a las necesidades de los clientes casi antes de que se produzcan, y esto es posible solamente a través del uso de tecnologías que sean capaces de personalizar los servicios que se ofrecen y de predecir cuáles serán sus exigencias, superando así las expectativas del cliente.

Además, los cambios económicos, energéticos y ecológicos que se están produciendo a nivel mundial, requieren de una nueva visión basada en un modelo sostenible que apueste por soluciones destinadas a reducir el consumo energético en edificios, a la par que garanticen el confort de los usuarios. Este nuevo escenario solo es posible apostando por una arquitectura sostenible y por la integración de las tecnologías e implantación de soluciones de control destinadas, además de a una mayor seguridad, a unas mayores y mejores prestaciones.

Monitorización y testado

El conjunto edificatorio se considera laboratorio vivo a partir de la consideración de los usuarios o visitantes en las propias decisiones que el ITER toma respecto a las diferentes estrategias incorporadas en cada unidad alojativa. Es decir, por un lado, se toman datos y se registran a partir de los sensores colocados en diferentes estancias de las casas o unidades alojativas, y los resultados se contrastan con las opiniones registradas a partir de cuestionarios de satisfacción. Por otro lado, las unidades alojativas se ofrecen para implementar soluciones innovadoras de arquitectura sostenible y se facilita el acceso a la gestión energética y el control sobre la valoración de los usuarios frente a las soluciones aplicadas. Los usuarios tienen acceso a la monitorización online en tiempo real y el ITER tiene la posibilidad de aplicar diferentes estrategias a partir de los datos obtenidos, principalmente en lo relativo al confort adaptativo y la optimización de las estrategias bioclimáticas incorporadas.

El sistema de automatización y gestión técnica de la energía del laboratorio vivo se estructura esquemáticamente de la siguiente manera: en las unidades alojativas existen diferentes sensores a través de los cuales se toman los datos que se remiten a un servidor, el cual pone a disposición de un ordenador central los datos recogidos. El ordenador central realiza una compilación global de todos los datos de cada una de las unidades alojativas, permitiendo el acceso a los datos globales o individuales, la monitorización de su funcionamiento en tiempo

real y el estudio de la evolución de los distintos parámetros en el tiempo. El sistema de monitorización del laboratorio vivo está compuesto, por lo tanto, por diferentes sistemas de elementos interconectados entre sí: el sistema de sensores, el sistema de comunicaciones, el sistema de proceso y almacenamiento. Los sensores comunes a todas las viviendas incluyen:

- Sensores de temperatura a distintas alturas de la unidad alojativa
- Sensores de temperatura superficial a ambos lados de paredes y techos
- Sensores de humedad relativa
- Medidores de flujos de aire

Los principales objetivos del sistema domótico del Living Lab CBITER son los siguientes:

- Gestionar técnicamente la eficiencia energética de las viviendas de manera individual y global – a modo de urbanización-.
- Permitir la comunicación del sistema con una red general de telecomunicaciones
- Facilitar el acceso a la información desde las viviendas y desde cualquier PC que se encuentre conectado a LAN del ITER, usando simplemente un navegador Web.
- Mejorar el confort de las viviendas mediante el registro y publicación de los datos obtenidos

La monitorización del laboratorio bioclimático no sólo aporta información simultánea acerca del balance energético (energía generada-consumida), sino que además una información actualizada sobre el consumo de energía permite plantear mejores estrategias de ahorro y eficiencia energética, mediante la realimentación ofrecida a los usuarios acerca de las consecuencias que la conexión de los aparatos de la vivienda tiene sobre el consumo; el cuadro eléctrico de la unidad alojativa nos da esta información.

Las personas que ocupan las viviendas tienen en todo momento acceso a los datos monitorizados. Por otro lado, se les solicita la cumplimentación de un formulario para evaluar el grado de confort a lo largo de su estancia, obteniendo así una herramienta de diagnóstico adicional para la valoración e interpretación de los datos cuantificados.

El grado de confort térmico de los usuarios depende a rasgos generales de las condiciones del interior de las viviendas. Tanto la implementación de un sistema domótico y la monitorización mediante sensores nos permite conocer esas condiciones; se instalan en cada una de las viviendas los siguientes sensores: sensores de temperatura a distintas alturas de la vivienda y a ambos lados de paredes y techos, sensores de humedad, medidores de flujos de aire, sensores de presencia.

Estos sensores se complementan con estaciones meteorológicas, que miden parámetros tales como radiación solar, temperatura exterior, presión atmosférica, humedad y partículas, y contadores de consumo y producción eléctrica que discriminen las fuentes de procedencia (paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, otras energías renovables y red eléctrica). Todos los datos son recogidos y analizados a tiempo real. De esta manera el Laboratorio vivo CBITER dota tanto a los profesionales del sector de la construcción como al usuario final de las edificaciones de unas pautas reales de ahorro energético y confort que abarcan desde el inicio del proyecto hasta la gestión final de la urbanización. Esta herramienta de trabajo facilita y a su vez hace más flexible la concepción de proyectos con garantías reales de sostenibilidad.

Paralelamente se desarrolla una metodología para el cálculo de incertidumbres de las medidas empíricas de los componentes y edificaciones.

Unidad alojativa extrahotelera La Duna³

La vivienda *La Duna* está caracterizada por un muro de piedra volcánica dispuesto de acuerdo a la dirección predominante del viento. Se inspira en soluciones canarias, protegiendo las estancias de la vivienda y creando frescos patios interiores. Está diseñada para deleitarse con el uso de la casa y para aprovechar todos los recursos del entorno transformándolos en energía. Está adaptada para personas con movilidad reducida

Está orientada hacia el sur y el mar, disponiendo de un jardín frontal y varios patios que la verdean y dulcifican. Esta vivienda ha sido diseñada para lograr, en la medida de lo posible y con ayuda del usuario, unas condiciones ambientales en el interior óptimas, definiendo mediante dispositivos de control ambiental: la temperatura, la velocidad del aire y la humedad relativa. Las condiciones de confort se sitúan para la temperatura entre los 21°C y los 26°C y para la humedad relativa entre el 60% y el 80%.



Figura 2. Casa bioclimática denominada “La Duna” –U.A. 24-, Living Lab CBITER. (ITER)

Las principales estrategias bioclimáticas utilizadas en la vivienda La Duna son:

³ Arquitecto: Ángel García Palmas. Superficie construida: 188,50m². Capacidad alojativa: 6 pax, 3 habitaciones. Jardín + Terraza.

- Alero con un coeficiente de longitud correspondiente a 0,675 la altura vertical de la superficie acristalada. Este alero permite recibir radiación en invierno y evitar el exceso de calor en verano.
- Muros de mampostería combinando el basalto y la tosca.
- Chimenea eólica fija orientada hacia la dirección predominante del viento situada en el patio interior.
- Conductos de ventilación subterráneos donde se enfría el aire para devolverlo a la vivienda a través de rejillas de lamas.

El plan de monitorización consta de una red de sensores integrada por 3 sensores de temperatura en pared y uno de techo que aporta información sobre la temperatura registrada en las orientaciones Este, Oeste y Norte en el caso de los sensores de pared.

Dos sensores de temperatura y humedad se encargan de recolectar datos ambientales, uno en el salón y otro en uno de los dormitorios. El anemómetro se ha colocado en el distribuidor hacia las habitaciones de la vivienda.

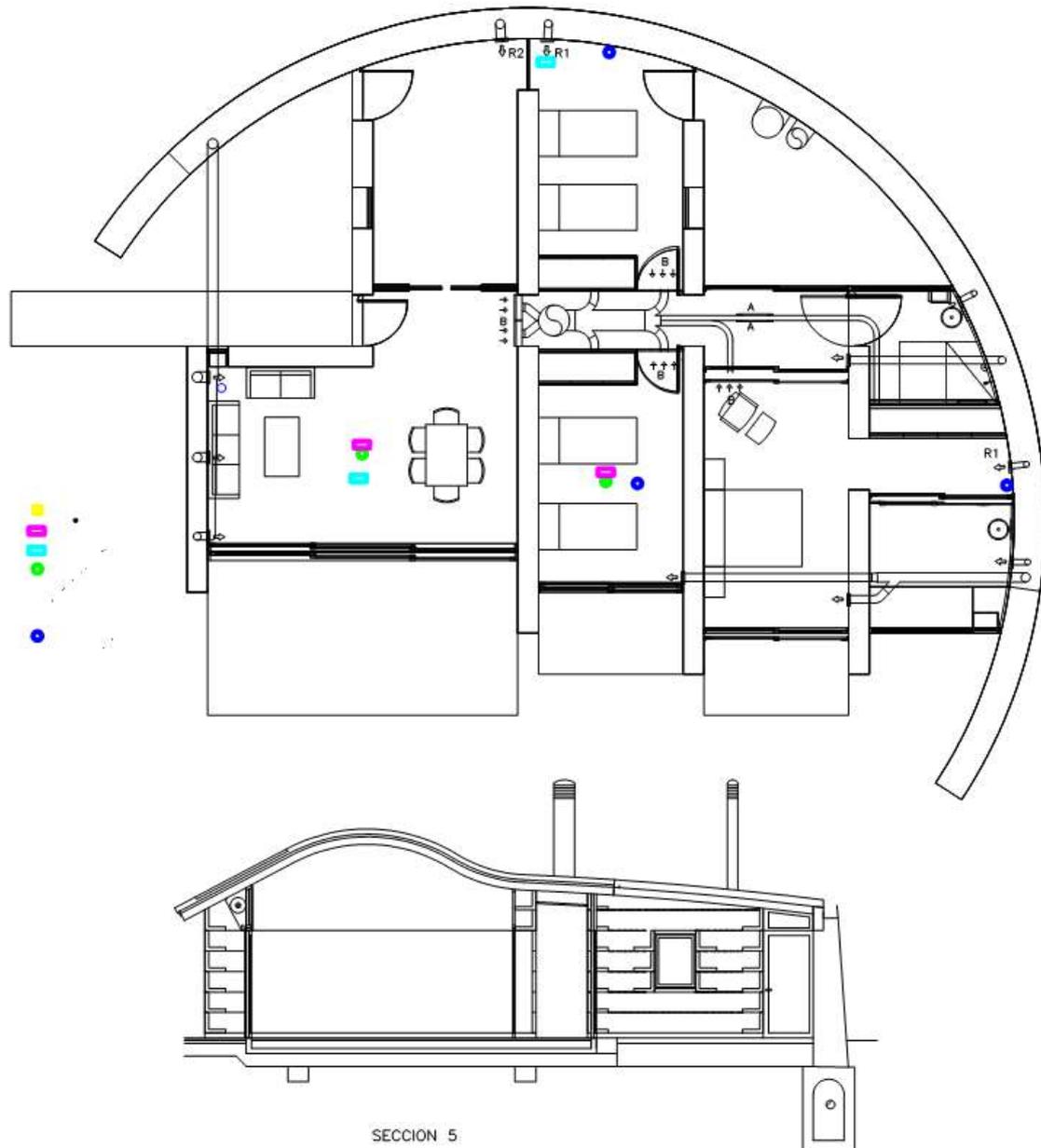


Figura 3. Localización de los diferentes sensores en la unidad alojativa 24, La Duna. (ITER)

Indicaciones sencillas que se facilitan a los usuarios antes de comenzar su estancia en la Duna para que puedan controlar el ambiente interior mediante los dispositivos de regulación que están a su alcance:

SI HACE CALOR:

- Abre las puertas para propiciar la ventilación cruzada
- Baja los estores para impedir la entrada directa del sol
- Abre las rejillas de la chimenea de viento
- Coloca las lamas de protección solar en posición cerrada

SI HACE FRÍO

- Sube los estores para que entre el calor del sol
- Cierra las puertas para que no se escape el calor acumulado
- Cierra las rejillas de la chimenea de viento
- Coloca las lamas de protección solar en posición abierta

Envolvente. Fachada Sur.

La práctica totalidad de la fachada sur se encuentra acristalada sujeta mediante la carpintería de aluminio anodizada en color natural, tanto en puertas como ventanas como en las persianas plegables. El acristalamiento se realiza en dobles vidrios transparentes tipo climalit de Planitherm de 6 milímetros de espesor con cámara de aire. Las persianas colocadas enrollables de lamas en las habitaciones y persianas tipo Triflex instaladas dentro del acristalamiento. Con una superficie total de fachada de 37,7 m².

Envolvente. Fachada Norte.

Muro de mampostería de piedra natural vista, semicircular combinando piedra basáltica con piedra tosca. El muro se encuentra coronado mediante una viga de hormigón visto, retranqueado hacia la cara interior del muro. La superficie total es de 17,4 m².

Envolvente. Fachada Este y Oeste

La fachada Este y Oeste se conforma de dos tramos un primer tramo formado por el muro de mampostería en la fachada Este y un tramo de hormigón armado en la fachada Oeste. El total de la fachada Este 18 m² mientras que la fachada oeste suponen 26 m².

Envolvente. Cubierta.

Losa maciza de hormigón, con capa de mortero de enrase, aislamiento de lana de roca, recubierto de hormigón aligerado. El acabado se resuelve mediante la instalación de una losa Filtrón para cubiertas transitables constituida por dos componentes una capa de hormigón poroso de altas prestaciones y una base de poliestireno extruido con diferente terminación en unos casos en composite de madera y en otros formando una cubierta fotovoltaica con terminación en panel solar.

Envolvente. Lucernarios.

La vivienda no cuenta con lucernarios cenitales pero si cuenta con un patio interior en el extremo Noreste que aporta luz natural a las estancias dispuestas a su alrededor con una superficie de patio apergolado 12,30 m².

Envolvente. Materiales.

Hormigón armado.

Piedra natural: Basalto y Tosca.

Acero en la pérgola de la cubierta.
Losa Filtrón.
Madera de pino insignis sin nudos.
Carpintería de Aluminio.

Envolvente. Entorno Próximo.

La vegetación que acompaña a la vivienda corresponde a ejemplares propios del ecosistema costero de las vertientes sur de la isla de Tenerife se extiende desde el mar hasta los 500 m de altitud aparece ocupada por extensas formaciones de matorral xerófilo. Así, aunque en algunos sectores se pueden identificar especies propias del cinturón halófilo costero como la lechuga de mar, la piña de mar o el salado, esto se reduce a un territorio muy restringido. Así las cosas, en la mayor parte del transecto altitudinal destacan especies como los Cardones (*Euphorbia canariensis*), Cornicales (*Periploca laevigata*), Chumberas (*Opuntia*), Balos (*Plocama pendula*), Aulagas (*Launaea arborescens*) y sobre todo Tabaibas (*Euphorbias*), tanto amargas como dulces.

En este ámbito también encontramos un endemismo canario, el cual es poco frecuente en el resto de la isla, se trata del Cardoncillo (*Ceropegia fuscae*) propia de ambientes áridos. Estas especies se apoyan en algunos ejemplares adaptados al medio como pueden ser “*Nerium oleander*”, “*Zamias furfuraceas*”, “*Rosmarinus officinalis*” entre otras especies de jardín.

SISTEMAS ACTIVOS. ENERGÍAS RENOVABLES

Instalación Fotovoltaica.

La instalación fotovoltaica consta de 66 paneles fotovoltaicos orientados al Sur y con una inclinación de 20 grados, los paneles se encuentran sobre estructura fija integrada en la cubierta de la vivienda. Los paneles son del tipo monocristalino con una potencia pico de 30 Wp y 1,98 kWp de potencia total del generador. Esta instalación dispone de un inversor para permitir la conexión a la red eléctrica. Se estima que la energía anual producida ascienda a unos 3.366 Kwh.

Instalación Solar Térmica.

La instalación para la producción de agua caliente se ha resuelto mediante la colocación de un sistema forzado integrado en el edificio que consta de un captador solar, con una inclinación de 10º y orientados al Sur. El depósito interacumulador de 300 l de capacidad es el necesario para el consumo previsto de la vivienda y un grupo de bombeo necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

Sistemas Pasivos. Técnicas naturales de acondicionamiento.

Ganancias Directas.

Todas las ganancias de las que dispone la vivienda se originan principalmente a partir de su fachada sur que cuenta con una superficie de captación 33,7 m². Es a través de esta superficie por donde penetra el mayor flujo de energía. Todas estas áreas se encuentran protegidas mediante un alero que impide la incidencia directa en los meses de temperaturas más elevadas las cuales se registran en el período estival.

El coeficiente de longitud del alero corresponde a 0,675 la altura vertical de la superficie acristalada. Este alero permite recibir la insolación invernal y descartar la radiación de los meses estivales contribuyendo de esta manera a mantener un equilibrio térmico dentro de la vivienda. Todas las superficies acristaladas disponen de una protección solar adicional en su cara interna en forma de estor enrollable que tamiza el flujo luminoso en un 20 %.

Muros y cerramientos.

La estructura general está formada por el muro semicircular de mampostería de piedra combinando el basalto y la tosca. En la parte superior el muro se encuentra coronado con piedras caradas en piezas grandes marcando la línea de coronación.

Los muros de hormigón se disponen ligeramente armados con malla. Asimismo los muros compuestos de hormigón armado y bloques de hormigón vibrado llevarán refuerzos en los extremos armados. Los bloques de hormigón de una cámara se han rellenado con material de desmante con el fin de elevar la inercia térmica del conjunto.

Los cerramientos metálicos serán de aluminio anodizado en su color y acristalado doble 6+6+6 con luna pulida incolora Climalit con Planitherm.

Ventilación.

Sistema de ventilación previsto comprende tres apartados.

Sistema de inyección de aire: Se compone de un elemento captador en forma de chimenea eólica fija está orientada hacia la dirección predominante del viento situada en el patio interior. El aire captado es dirigido hacia la galería subterránea ubicada bajo el muro de mampostería de piedra. El aire inyectado a la galería modera su velocidad y temperatura desde este espacio parten los diferentes conductos distribuidores hacia las estancias, la salida a través de rejillas regulables manualmente.

Sistema de extracción: Otra chimenea esta vez de extracción se ubica en el centro de la vivienda. Con una altura de 1,5 metros y coronada con capuchón de lamas esta chimenea posee una mariposa reguladora que permite regular el caudal de aire. De las diferentes estancias parten conductos secundarios que se unen a uno principal sobre el falso techo. Toda la extracción se realiza a través de rejillas de lamas.

Adicionalmente se han previsto otros sistemas de ventilación dentro de los armarios, en los baños y en la cocina los cuales todos se conectan también al conducto principal de extracción.

RESULTADOS

La temperatura promedio en el interior de la Duna (2013-2019) es de 24,6°C (+1,6°C de la temperatura media exterior), registrada en el laboratorio CBITER en el rango de tiempo elegido. La humedad relativa oscila para el mismo periodo entre 68,7% en el interior de la unidad alojativa y 68,1% en el exterior. Ambos parámetros se mantienen dentro de la zona de confort definida por Gyvoni en su ábaco psicométrico. La diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de las casas bioclimáticas alcanza su máximo valor medio en el Gavión (U.A. 8 = +3,3°C) y el valor diferencial medio mínimo en la unidad alojativa U.A. 22 (El Patio= -0,6°C con respecto a $T_{\text{mext}}= 23^{\circ}\text{C}$).

En la representación gráfica de los resultados obtenidos en 2019 en la unidad alojativa La Duna a partir de la monitorización, dibujados sobre el ábaco psicométrico de Givoni, se observa que los meses de agosto y septiembre, los parámetros que definen el ambiente interior se han salido de la zona de confort. Estas desviaciones se corrigen según las estrategias definidas en el propio ábaco: mediante protección solar o ventilación (depende de los usuarios).

Este mismo análisis se realiza de las 24 unidades alojativas a lo largo de 2011 a 2019. Se toman datos y se registra el ambiente interior que se ha creado; luego se contrastan los datos con los obtenidos a partir de la valoración personal de los usuarios y los patrones de confort adaptativo establecido a partir de los perfiles de usuario que poco a poco se acercan minuciosamente a las necesidades de muchos usuarios potenciales.

La monitorización de las unidades alojativas nos facilita también información sobre el balance energético de las casas (energía generada/ consumida). Además de esto, la información actualizada sobre los consumos permite a los usuarios tomar decisiones en tiempo real, a partir de poder “observar en la pantalla” las consecuencias directas de consumo al conectar un dispositivo a la red energética.

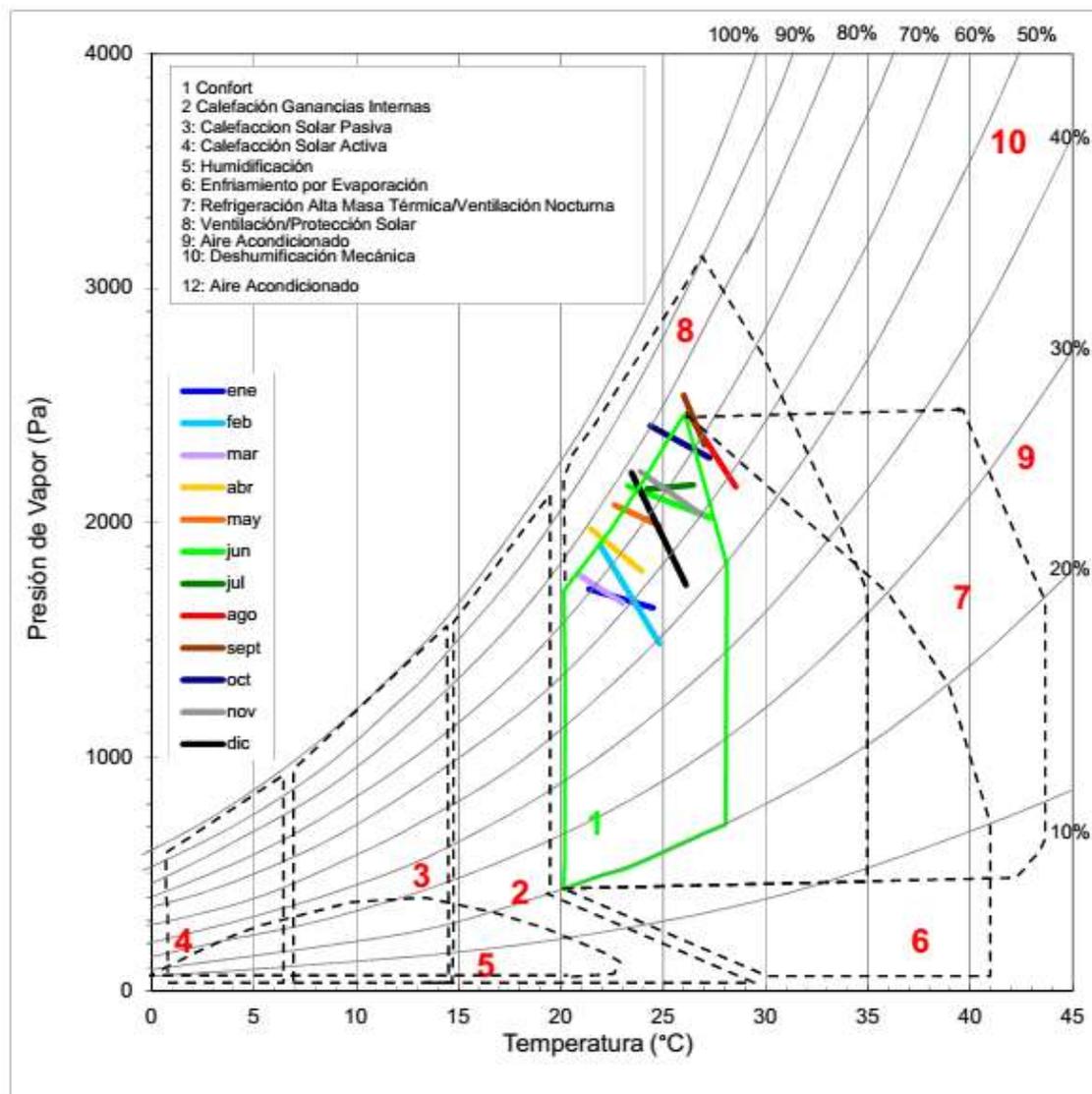


Figura 4. Ábaco psicrométrico de la “La Duna” –U.A. 24- en 2019. (ITER)

DISCUSIÓN

El principal aspecto a considerar en la definición de los laboratorios vivos actuales y futuros se debe centrar en los límites de la toma de datos (protección de datos y privacidad); hasta dónde se debe inducir un comportamiento en un espacio u otro, o en diferentes entornos experimentales, como es el caso del Living Lab CBITER.

Las posibilidades de investigación que nos brinda el Living Lab CBITER, en cuanto a la definición de soluciones arquitectónicas innovadoras y eficientes y la valoración de su grado de aceptación por parte de los usuarios es muy atractiva desde el punto de vista de la implementación de medidas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

El equilibrio entre la gestión de información relacionada directamente con nuestros modos de habitar (en este caso, relacionado con el uso turístico) y los beneficios generados en cuanto al uso de un laboratorio a escala real compuesto por personas con sus propias expectativas y motivaciones, debe ser parte fundamental de las investigaciones.

CONCLUSIONES

La validación de estrategias bioclimáticas en entornos experimentales es clave a la hora de plantear soluciones basadas en la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, especialmente en la búsqueda de soluciones que minimicen el impacto que genera el turismo en territorios insulares. El Living Lab CBITER sirve de apoyo a la investigación sobre arquitectura sostenible, basándose en los datos obtenidos de 24 unidades alojativas situadas en el sureste de Tenerife, bajo condiciones climáticas registradas como valores normales (>20años). Las estrategias bioclimáticas propuestas, hace ya más de 25 años, se consolidan en el laboratorio vivo como totalmente válidas, mostrando únicamente la necesidad de pequeñas reformas que han sido llevadas a cabo desde su puesta en funcionamiento como conjunto turístico extrahotelero. La aplicación de estrategias bioclimáticas en edificios ya construidos y la renovación energética de edificios residenciales y especialmente turísticos es crucial para alcanzar los objetivos de ahorro energético y disminución de emisiones de CO₂ a los que nos hemos comprometido como europeos. El enfoque basado en perfiles de usuarios del Living Lab CBITER facilita y optimiza la participación del usuario y contribuye a definir las estrategias claves que se derivan de una práctica concreta. La Unión Europea aplica activamente políticas para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), causantes del cambio climático, y desvincularlas del crecimiento económico. A través del *Programa CIP-ICT-PSP.2009.8. Open Innovation, user experience and living labs*, se potencia el uso de los *laboratorios vivos* como intermediarios entre las ciudades, regiones, empresas, entidades del tercer sector y de investigación, así como ciudadanos para la creación conjunta de valor, la rápida creación de prototipos o la validación efectiva para ampliar y acelerar la innovación y la consolidación de empresas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Allaker, K. (2000) *The Climate and Givoni tolos were developed by Architecture*, En & Env. Program. Bélgica.
- [2] Cornoldi, A., & Los, S. (1982) *Hábitat y energía*. Barcelona, Gustavo Gili.
- [3] Díaz, M. (2018) *Arquitectura y cambio climático*. Madrid, Catarata.
- [4] ITER (2020) *Data on the monitoring of the habitability of the Device House.-Living Lab-ITER Tenerife 2012-2020*, España.
- [5] López-Besora, J.&Coch, H. (2018) *24 Bioclimatic Dwellings for the island of Tenerife: 20 years later*. Brighton UK, Ali Sayigh.
- [6] Olgyay, V. (1963). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton, University Press.

- [7] Serra Florensa, R. (1989). *Clima, lugar y arquitectura*. Madrid, CIEMAT DL.
- [8] Tregenza, P & Wilson, M. (2011). *Daylighting. Architecture and lighting design*. Glasgow, Routledge.
- [9] Wright, D. (1983). *Arquitectura solar natural: un texto pasivo*. Méjico, Gustavo Gili.