

SOSTENIBILIDAD Y EVOLUCIÓN

*Arquitectura contemporánea basada en estrategias
bioclimáticas de la arquitectura popular.*

SOSTENIBILIDAD Y EVOLUCIÓN

Arquitectura contemporánea basada en estrategias bioclimáticas de la arquitectura popular.

Alumna:

Andrea Ortega Prieto

DNI: 15506784T

Expediente: 10299

Tutor:

Javier Neila González - DCTA

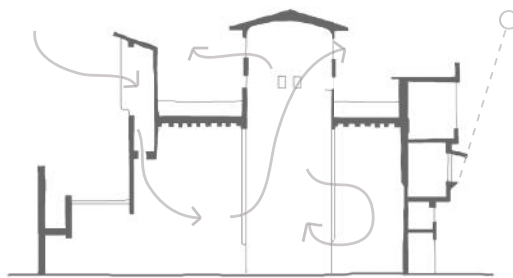
Aula 2 TFG

Coordinador: Javier Mosteiro

Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Superior Técnica de Arquitectura de Madrid

Enero 2016



SOSTENIBILIDAD Y EVOLUCIÓN

*Arquitectura contemporánea basada en estrategias
bioclimáticas de la arquitectura popular.*

ÍNDICE

1. Resumen y palabras clave

2. Capítulo 1. Arquitectura popular

Introducción

2.1. Clima cálido seco

Descripción e invariantes, Ejemplos, Objetivos y estrategias

2.2. Clima cálido húmedo

Descripción e invariantes, Ejemplos, Objetivos y estrategias

2.3. Clima frío y de montaña

Descripción e invariantes, Ejemplos, Objetivos y estrategias

3. Capítulo 2. Arquitectura contemporánea

Introducción

3.1. Cuadro resumen objetivos - estrategias

3.2. Desarrollo de la evolución de las estrategias

4. Conclusiones

5. Glosario

6. Referencias y bibliografía

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

RESUMEN

Cuando se empezaron a construir los primeros refugios, la única herramienta para aprovechar la energía que se tenía entonces eran todos los recursos que ofrecían el lugar, la naturaleza o el clima; y es por ello que estudiar el entorno era fundamental. Es decir, proyectar correctamente el diseño de las construcciones se convertía en el principal objetivo a la hora de crear buena arquitectura para conseguir el confort adecuado con los mínimos costes ambientales.

Obviamente, la estética y la tradición siempre han estado presentes dependiendo del emplazamiento o de la cultura, pero no se ha de olvidar qué es lo primordial. La tecnología era casi inexistente y, sin embargo, eran construcciones totalmente bioclimáticas, propósito que hoy en día muchas veces no se consigue por desconocer u obviar datos básicos necesarios.

Por lo tanto, el propósito del trabajo es analizar cómo se han podido desarrollar las diferentes estrategias que surgieron hace muchos años, si se pueden seguir utilizando o si han evolucionado en otras nuevas que podamos incorporar actualmente más fácilmente, nuevas técnicas que se deberían tener en cuenta a la hora de proyectar un edificio, como es adaptar cada uno de ellos al lugar en el que se va a erigir, para reducir el impacto medioambiental que suponen y poder combatir en la medida de lo posible el cambio climático.

PALABRAS CLAVE

Arquitectura bioclimática
Sostenibilidad
Tradición
Evolución
Estrategias pasivas

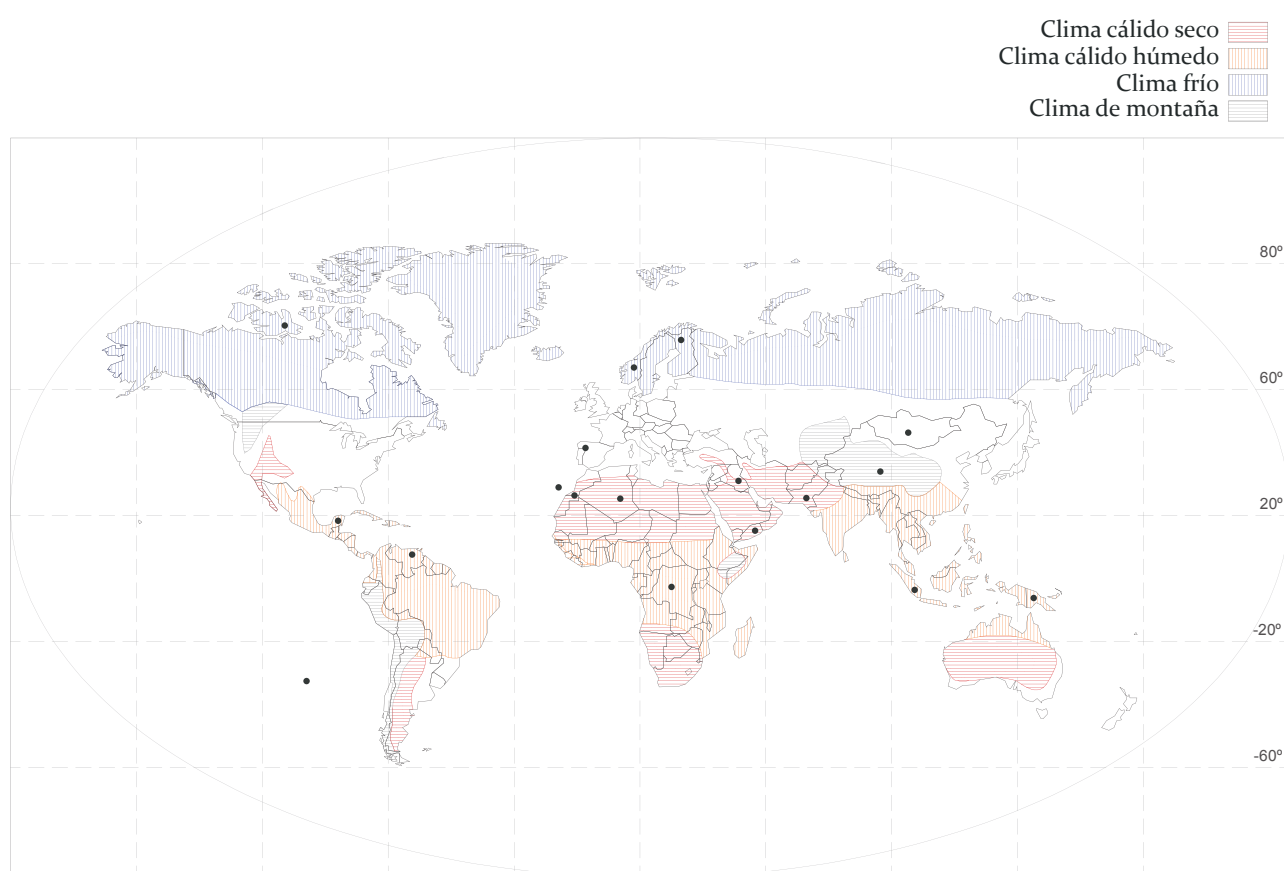


Figura 1.1. División climática según A. N. Strahler.

2. CAPÍTULO 1: ARQUITECTURA POPULAR



INTRODUCCIÓN

En esta primera parte del trabajo se desarrollará un análisis de arquitectura tradicional según los diferentes tipos de climas que se dan en todo el planeta Tierra.

Para ello, se ha seguido la división climática de A. N. Strahler¹. El cual reconocía tres grandes grupos según los efectos generados por la circulación de la atmósfera y factores geográficos a gran escala: el clima de latitudes bajas, de latitudes medias y de latitudes altas. Reconocía también un clima de montaña independiente de la situación geográfica. Aunque dentro de cada uno se pueden encontrar diferentes variantes, para este trabajo solamente se dividirá el clima de latitudes bajas en clima cálido-seco y clima cálido húmedo (*Véase figura 1.1.*). Sin embargo sólo se verán desarrollados los climas más extremos, es decir, se obviará el clima templado (latitudes medias) ya que juega con estrategias del resto de modo que existe una flexibilidad dependiendo de la estación en la que se encuentre, por lo que no se muestra ninguna innovación en cuanto a estrategias propiamente dichas.

La estructura del análisis en forma de fichas es la siguiente: Primeramente, se escogerán seis ejemplos de arquitectura popular con cierto interés, que pueden verse situados en el mapa adjunto. De cada uno de ellos se estudiará tanto la temperatura media mensual como las precipitaciones mensuales para saber de qué tipo de clima estamos hablando en cada ocasión. Se tomarán los valores de los últimos 70 años de media dependiendo de los datos obtenidos en cada lugar. Además, se explicará brevemente en que consiste cada clima en general así como los invariantes que posee cada uno de ellos y que se podrán comprobar tras el estudio.

Posteriormente se procederá a analizar los seis ejemplos anteriores de tal modo que de cada uno de ellos habrá siempre una imagen, una breve descripción formal, otra descripción que cuente su funcionamiento bioclimático y un esquema que lo ilustre. Para dicho esquema se empleará el criterio de líneas siguiente:

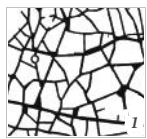
- Luz solar
- Ventilación
-  Precipitaciones
- Protección viento
-  Radiación de calor

¹A. N. Strahler. (1918-2002). Geógrafo y geólogo destacado en hidrología, geomorfología y climatología, miembro de la Asociación Americana de Geógrafos.

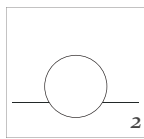
Por último, se resumirá cada ejemplo en una serie de objetivos que se pretenden alcanzar, los cuales están relacionados con una serie de estrategias representadas gráficamente. (*Ver pág.9*). Cada icono propio de cada estrategia será siempre el mismo y podrá aparecer en diferentes climas. Objetivo y estrategia se verán relacionados para demostrar en el siguiente capítulo que con el paso del tiempo evoluciona la estrategia sin perder de vista el objetivo.

Éstas, pueden referirse tanto a la forma como a la construcción, tipo de material, organización urbana, uso, disposición, elementos existentes en la edificación..., cualquier elemento que la caracterice y que sea lo suficientemente general como para aplicarse a más de un caso.

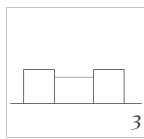
Cabe destacar que todos los ejemplos presentados poseen la característica de haberse construido con materiales propios del lugar por lo que la reducción de los costes ambientales estará asegurada con independencia del clima al que pertenezcan.



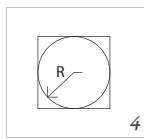
*Trama urbana
irregular*



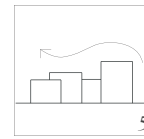
*Factor de forma
bajo*



Patio



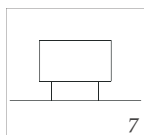
*Geometría
adaptada*



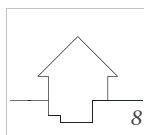
*Estancias a norte
más altas*



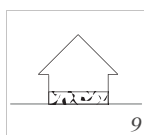
*Adaptación al
terreno*



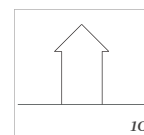
Elevación



Desnivel



*Plataforma tierra
compactada*



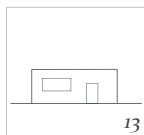
*Gran altura libre
de planta*



*Huecos pequeños
y/o protegidos*



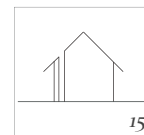
*Huecos pequeños
al sur*



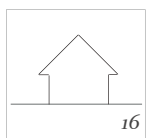
Huecos grandes



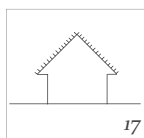
Muros gruesos



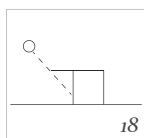
*Conducto de
ventilación*



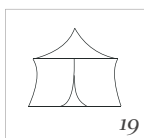
*Cubierta
inclinada*



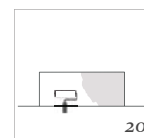
cubierta vegetal



Aleros



Toldos/Esteras



Color claro



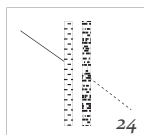
*Presencia de
vegetación*



*Presencia de
agua*



Materiales ligeros



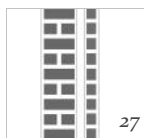
*Cerramientos
tamizados*



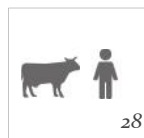
*Ventilación
cruzada*



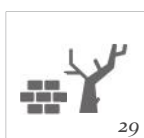
*Uso de madera,
paja y/o pieles*



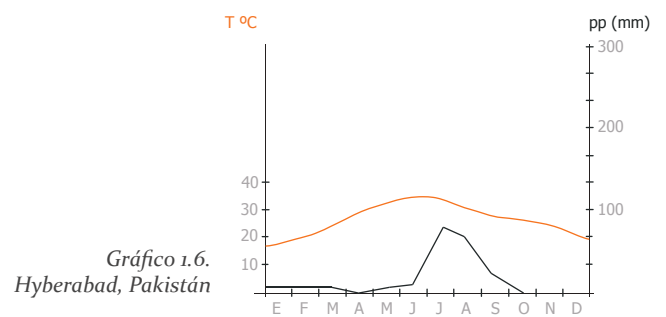
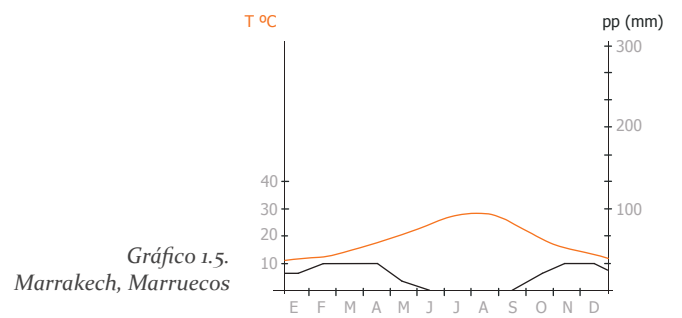
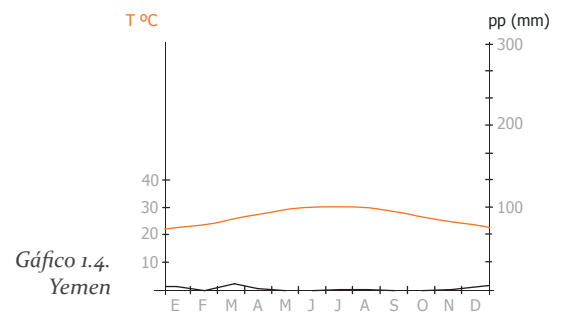
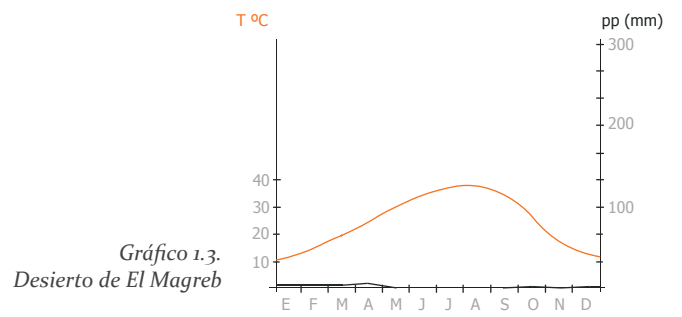
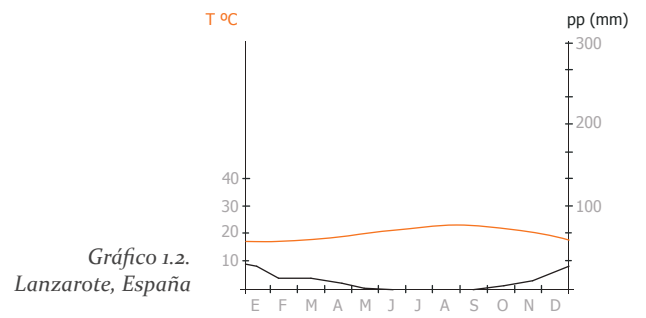
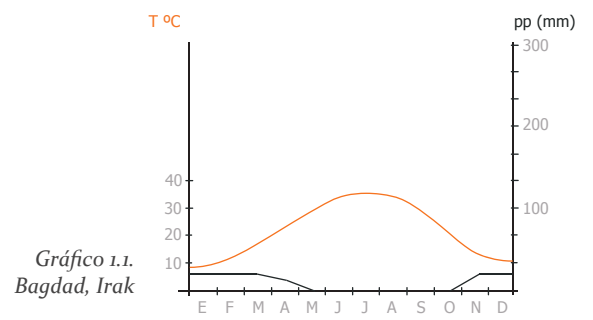
Cámara de aire



*Convivencia de
usos*



*Materiales del
lugar*



2.1. CLIMA CÁLIDO SECO

DESCRIPCIÓN E INVARIANTES DEL CLIMA

Teniendo en cuenta los gráficos adjuntos del clima cálido-seco, así como la situación geográfica en donde están dispuestos según la *figura 1.1*, se puede decir que:

En las latitudes bajas de la Tierra la radiación solar incide de un modo muy perpendicular durante la mayor parte del año. Esto implica que debe atravesar menos masa atmosférica y que la irradiancia será muy elevada. Como consecuencia, las temperaturas que se alcanzan en estas zonas son también muy elevadas.

Si la humedad es además baja, lo que daría lugar a climas cálidos y secos, la nitidez atmosférica favorece la llegada de la radiación solar a la Tierra y permite que se aproveche al máximo todo su potencial. Por otro lado, dado que esa transparencia se mantiene durante la noche, los efectos de enfriamiento por reirradiación nocturna son muy potentes y es característica una oscilación diaria de temperaturas muy elevada, con extremos poco confortables a lo largo del día y de la noche. Sin embargo, como consecuencia de esos valores extremos, la temperatura media del día suele estar asentada en el rango de bienestar.

Si las latitudes de estas tierras llegan como máximo a los 20°, no existirán diferencias significativas entre las estaciones, por lo que no aparecen diferencias térmicas entre el verano y el invierno y la oscilación anual de temperaturas será muy pequeña. Si la latitud llega hasta los 40° o 45°, algo posible en alguno de estos climas, sí se detectarán estaciones térmicas, ya que el sol en invierno estará mucho más bajo que en verano. ⁽¹⁾

Los invariantes que toda la arquitectura popular de este clima posee como objetivos son los siguientes:

- Protección de la radiación solar
- Reducción de la sensación térmica (mediante enfriamiento radiante, evaporativo o ventilación)

⁽¹⁾ NEILA GONZÁLEZ, Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Muni-lla-Lería. Madrid, 2004. Pág.25-26.

2.1. CLIMA CÁLIDO SECO

EJEMPLO

DESCRIPCIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

BAGDAD, IRAK



Figura 1.2. Fachada de vivienda tradicional

Las viviendas se organizan en torno a un patio, el cual actúa como lugar de reunión y estancia de paso. Suelen desarrollarse en dos alturas; la planta baja más pública con una entrada sesgada que dota de intimidad, y la superior donde se encuentran los dormitorios y las zonas privadas unidas por corredores o galerías que asoman al patio. Cada planta sobresale 90 cm de la línea de fachada para evitar la radiación directa del sol sobre la inferior. Los muros exteriores de 35 cm se construyen con ladrillos de barro y un acabado de cal. Las ventanas en éstos son escasas, pequeñas y dispuestas por encima de la línea de visión. Los huecos que se abren al patio son más numerosos y de mayor tamaño. La forma de agrupación de las viviendas es irregular, excepto las calles situadas en los anillos defensivos.

LANZAROTE, ESPAÑA



Figura 1.3. Vivienda tradicional

Son viviendas exentas, generalmente de una sola planta y con las distintas estancias en torno a un patio descubierto desde el que se accede a cada una de ellas y en el que se encuentra un aljibe para la recogida de aguas. Están formadas por volúmenes paralelepípedos de distintas alturas disponiendo los mayores en el norte. Las cubiertas son planas y las superficies encaladas y con huecos pequeños volcados hacia el interior. La estructura consiste en gruesos muros de bloques de basalto recubiertos de enfoscado de barro y paja por ambas caras, de aproximadamente 70 cm de espesor; sobre los que apoya un entramado de vigas de madera para la cubierta. Posteriormente se blanquean los paramentos mediante enfoscado de mortero bastardo.²

DESIERTO DE EL MAGREB

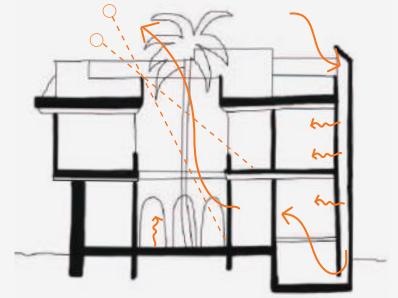


Figura 1.4. Tienda nómada

Los habitantes son pastores nómadas por lo que las construcciones han de ser transportables en camellos y realizadas con materiales ligeros. Los desplazamientos y los lugares de asentamiento están marcados por las lluvias y los puntos de agua. Las tiendas varían según la geografía, la riqueza, la personalidad, etc. Sin embargo, todas ellas tienen gran versatilidad y normalmente están divididas en dos secciones según el sexo de los habitantes. La pieza principal de la arquitectura textil la constituyen el techo y el muro del fondo de las tiendas. La construcción se realiza tensando la tela a los postes que rodearán posteriormente la misma.

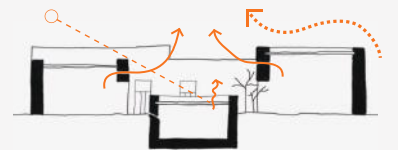
² Mortero de gran plasticidad e impermeabilización gracias a la mezcla de cemento y cal. También llamado mortero de cemento y cal.

Se disponen fuentes y plantas en el patio que propician el enfriamiento evaporativo y proporcionan zonas de sombra. Además, por ser el patio un espacio abierto, la radiación nocturna favorece la pérdida de calor acumulado durante el día. Gracias al espesor de los cerramientos se consigue inercia térmica, y gracias a las paredes dobles en algunos puntos, aislamiento térmico y acústico. Los huecos son escasos y pequeños, con celosías y situados por encima de la línea de visión. Se favorecen las corrientes de aire elevando el techo de las habitaciones y colocando una doble pared en los muros que no son fachada para que se enfríe por la noche y por lo tanto también el aire que circule por ella hacia las habitaciones. Se realiza un uso selectivo de los locales dependiendo de la estación para permitir o no la entrada del sol.



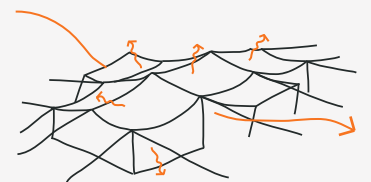
Esquema 1. Funcionamiento bioclimático

Son construcciones de gran inercia térmica, debido a la gran masa de los muros y a la gran cantidad de superficie exterior en relación con el espacio que se delimita, esto es, tienen un factor de forma alto. La protección de la calima se consigue mediante unos volúmenes exteriormente ciegos que se vuelcan al patio. Éste, alberga un aljibe para la recogida de aguas, que junto con la vegetación aporta frescor y humedad al ambiente. La ventilación de las estancias se produce a través del patio mediante mechinales³ en la parte alta de los muros o las puertas con lamas fijas quedando abiertas. Tanto los áridos, las piedras, la cal y la madera se encuentran disponibles en la isla.



Esquema 2. Funcionamiento bioclimático

El tejido, de origen animal, protege del sol a la vez que es impermeable al agua, ya que, ésta hincha el tejido y no llega a penetrar por los poros. Además, la transpiración de los éstos hace posible su habitabilidad sin necesidad de ventilación añadida. Durante el invierno, se cierra totalmente la tienda para proteger el interior del viento y se construye un seto de protección alrededor de la tienda dejando la entrada libre que también recoge a los animales. Sin embargo, en verano, cuando hace calor, la tela de los muros laterales se eleva a fin de airear y establecer corrientes de aire. Aún así, la principal estrategia de estas construcciones consiste en la búsqueda de sombra mediante las telas.



Esquema 3. Funcionamiento bioclimático

³ En construcción, agujero cuadrado que se deja en las paredes cuando se fabrica un edificio, para meter en él un palo horizontal del andamio.

2.1. CLIMA CÁLIDO SECO

EJEMPLO

DESCRIPCIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

YEMEN



Figura 1.5. Conjunto de tres casas torre

Las casas torre son edificaciones en altura utilizadas como vivienda. Pueden llegar a tener hasta 8 niveles, con una planta rectangular de 7 a 10 metros de lado. Exteriormente, están decoradas con motivos geométricos de cal en la jambas⁴ de las ventanas y puertas para acentuar la verticalidad. Las escaleras se configuran como una caja de muros de carga, con aberturas para ventilar, construidas sobre bóvedas. En el piso de acceso se sitúan los establos y almacenes; en el segundo y tercer piso, más almacenes y el recibidor de invitados con la habitación de ceremonias; y el resto lo ocupan los dormitorios situándose en el piso superior la cocina. La cimentación suele ser de basalto de un 1 metro de espesor. Sobre ella se sitúa el muro de carga formado por dos hojas (piedra o ladrillo) y un material de relleno.

MARRUECOS



Figura 1.6. Fortaleza

Las fortalezas son construcciones de planta variable, en función de su tamaño y de los condicionantes de terreno. En general, son agrupaciones regulares que se yuxtaponen formando un recinto irregular amurallado. Exteriormente son construcciones sobrias y herméticas que se vuelcan al interior tanto social como constructivamente, lo que conlleva un modo de vida comunitario. No superan los cuatro niveles de altura, excepto las torres de vigilancia (borj) situadas normalmente en los ángulos de la fortificación. El método constructivo normalmente es el tapial⁵. Posteriormente se revisita con una mezcla de tierra rojiza, arena, cal e incluso yeso de gran adherencia, la cual dota de impermeabilidad al muro y deja que transpire a la vez.

HYDERABAD, PAKISTÁN



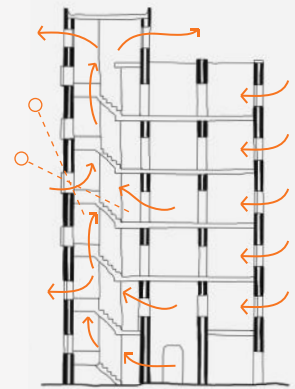
Figura 1.7. Viviendas con torres de viento.

El uso de torres de ventilación se crea para desviar los vientos frescos e introducirlos por un canal construido en el muro del edificio. Estos conductos son, preferentemente muros interiores, protegidos de la radiación directa del sol y por tanto más fríos, lo que ayuda a reducir la temperatura del aire entrante. Las bocas se sitúan a cierta altura, donde el aire es más fresco y limpio. Se estudiará la tipología de *malqaf*, la cual se trata de un respiradero unidireccional de ladrillo metal o madera con una inclinación de 45°, que sirve directamente a la zona noble de la vivienda, la *qā'a*. Ésta, está compuesta de tres espacios diferentes siendo el central el de mayor altura y mediante el que se recibe la luz natural y se asegura la ventilación

⁴ Cada una de las dos piezas de un vano que dispuestas verticalmente, a ambos lados del mismo, sostienen un dintel, un arco o las arquivoltas situadas sobre ellas.

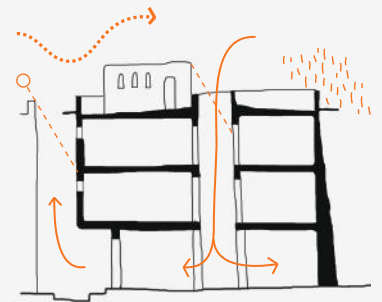
⁵ Molde empleado para fabricar tapias que está compuesto de dos tablas paralelas sujetas a cierta distancia mediante unas barras agujereadas y unos listones que las atraviesan.

El uso de muros de carga de gran inercia térmica permite alcanzar el confort la mayor parte del año. Las ventilaciones cruzadas permiten enfriar la casa por la noche a lo que contribuye la escalera, pensada como torre de ventilación. La falta de humedad se solventa colocando vasijas con agua en las aberturas por donde entra el aire, de forma que se humedece dicho aire enfriándose y dando sensación de frescor. La protección solar de los huecos, mediante celosías de madera o pequeños tejadillos en las fachadas orientadas al sur, evitan que el sol directo penetre en el interior de la vivienda. Por otro lado, se separan los residuos sólidos de las aguas grises utilizándolos como abono una vez que ya hayan sido compostados.



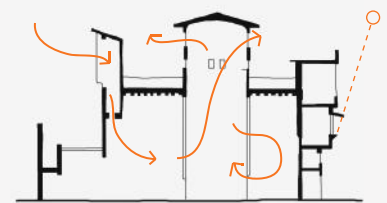
Esquema 4. Funcionamiento bioclimático

La agrupación compacta así como las estrechas calles de dos metros de anchura máxima, ofrece una superficie menor de exposición a las inclemencias del clima exterior, regulando los saltos térmicos y protegiendo del viento, de la lluvia y de las tormentas de arena. La parte superior de los muros queda protegida por un lecho de cañas que sobresale unos 15 cm. Las buenas condiciones ambientales que se dan en el interior se deben al excelente carácter de regulación que posee la tierra utilizada en la construcción de los muros. Además, los pocos huecos que se abren en ellos son de reducido tamaño y están protegidos.



Esquema 5. Funcionamiento bioclimático

El sistema de climatización de estas viviendas se basa en dos principios básicos: la diferencia de presiones y la convección natural producida por el calentamiento de las capas de aire que se encuentran en lo alto de la sala principal. Una vez que el aire atraviesa el *malqaf* y se introduce en el interior, pierde velocidad y sube debido al calentamiento que sufre la masa de aire situada en lo alto de la sala que permanece expuesta al sol a través de los pequeños huecos. De esta manera se asegura una corriente de aire continua. Además, la *qā'a*, se sitúa en el centro del edificio y rodeada de estancias que la protegen del calor exterior. En ocasiones, se colocan fuentes de agua en la parte baja del *malqaf* para refrescar el aire.



Esquema 6. Funcionamiento bioclimático

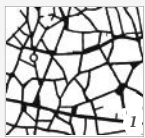
2.1. CLIMA CÁLIDO SECO

ESTRATEGIAS

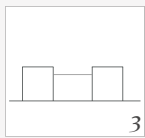
OBJETIVOS

BAGDAD, IRAK

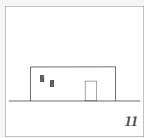
Reducción de la sensación térmica (3-15-21)
Protección solar (1-3-11-18)
Inercia térmica (14)
Conservación de la energía (15)
Protección contra el viento (1-3)
Reducción de costes ambientales (29)



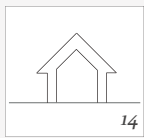
Trama urbana irregular



Patio



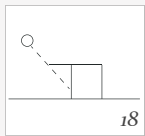
Huecos pequeños y/o protegidos



Muros gruesos



Conducto de ventilación



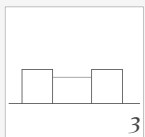
Aleros



Presencia de vegetación



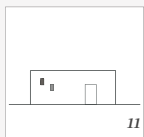
Materiales del lugar



Patio



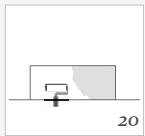
Estancias a norte más altas



Huecos pequeños y/o protegidos



Muros gruesos



Color claro



Presencia de vegetación



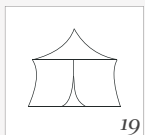
Presencia de vegetación



Materiales del lugar

LANZAROTE, ESPAÑA

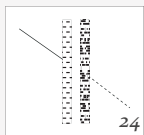
Reducción de la sensación térmica (3-20-21-22)
Protección solar (3-11)
Inercia térmica (14)
Protección contra viento (3-5)
Reducción de costes ambientales (29)



Toldos/Esteras



Materiales ligeros



Cerramientos tamizados



Materiales del lugar

DESIERTO DE EL MAGREB

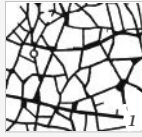
Protección solar (19)
Transportable (23)
Reducción de la sensación térmica (24)
Protección contra viento (19)
Reducción de costes ambientales (29)

OBJETIVOS

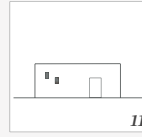
ESTRATEGIAS

YEMEN

- (22-25) Reducción de la sensación térmica
- (1-11) Protección solar
- (14) Inercia térmica
- (1) Protección contra el viento
- (29) Reducción costes ambientales



Trama urbana irregular



Huecos pequeños y/o protegidos



Muros gruesos



Presencia de agua



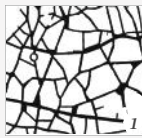
Ventilación cruzada



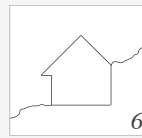
Materiales del lugar

MARRUECOS

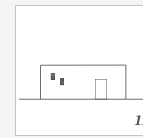
- (1-11) Protección solar
- (18) Protección contra el agua
- (14) Inercia térmica
- (1-6) Protección contra el viento
- (29) Reducción costes ambientales



Trama urbana irregular



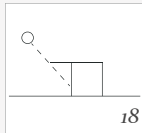
Adaptación al terreno



Huecos pequeños y/o protegidos



Muros gruesos



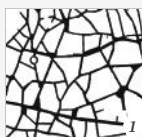
Aleros



Materiales del lugar

HYDERABAD, PAKISTÁN

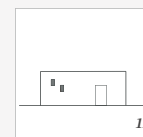
- (14) Inercia térmica
- (1-11) Protección solar
- (10-15-22) Reducción de la sensación térmica
- (29) Reducción costes ambientales



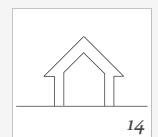
Trama urbana irregular



Gran altura libre de planta



Huecos pequeños y/o protegidos



Muros gruesos



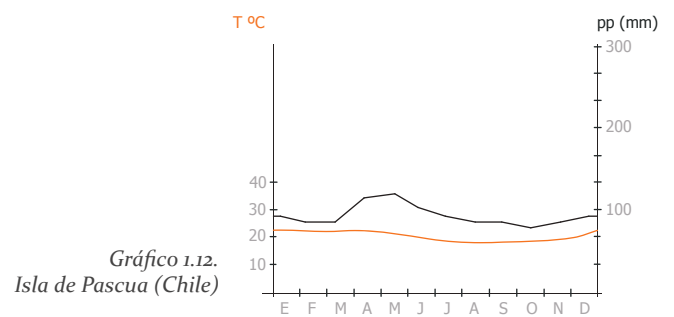
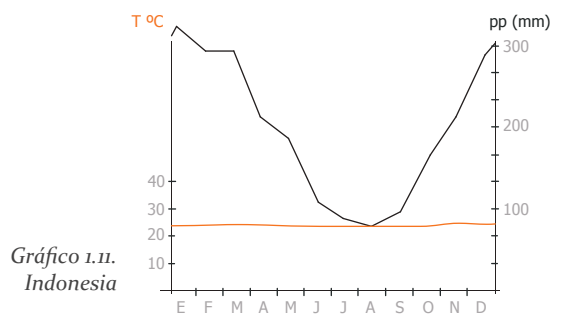
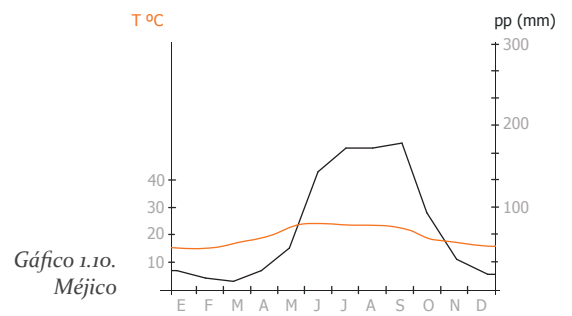
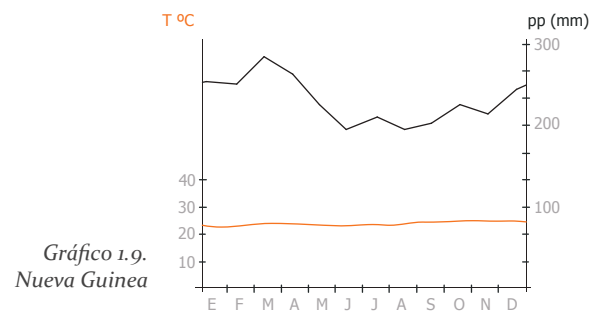
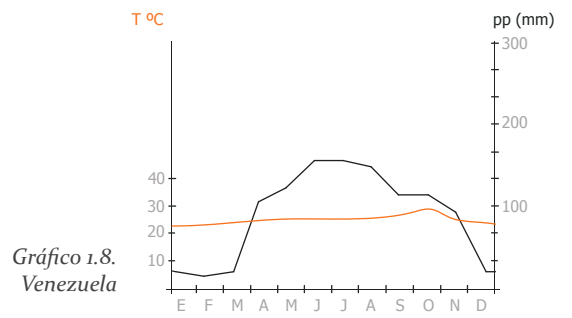
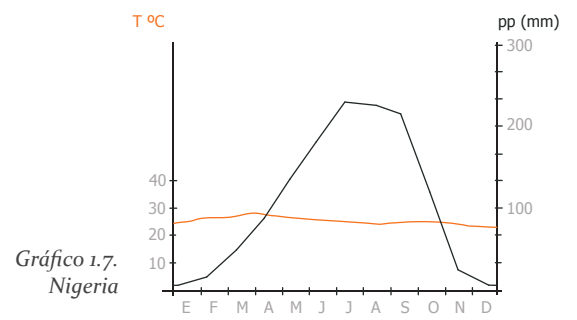
Conducto de ventilación



Presencia de agua



Materiales del lugar



2.2. CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

DESCRIPCIÓN E INVARIANTES DEL CLIMA

Teniendo en cuenta los gráficos adjuntos del clima cálido-húmedo, así como la situación geográfica en donde están dispuestos según la *figura 1.1.* se puede decir que:

En latitudes bajas de la Tierra la radiación solar incide de un modo muy perpendicular durante la mayor parte del año. Esto implica que debe atravesar menos masa atmosférica y que la irradiancia será muy elevada. Como consecuencia, las temperaturas que se alcanzan en estas zonas son también muy altas.

Sin embargo, como la humedad es elevada, se pierde nitidez atmosférica, lo cual da lugar a irradiancias superficiales menores que en las localidades con igual latitud pero de atmósferas secas. Esto mismo se manifiesta durante la noche ya que la falta de transparencia dificulta el enfriamiento de la tierra hacia la bóveda celeste. Éste fenómeno da lugar a una escasa oscilación de temperaturas entre el día y la noche. Aunque en general las temperaturas no son tan elevadas como en el clima cálido-seco, siguen siendo altas sin tener el alivio de la noche. En algunas localidades esa temperatura estable durante todo el día está asentada en el rango de bienestar, pero en otras se mantiene todo el tiempo por encima de lo deseable. En el primer caso, el uso del espacio interior y del exterior se confunde, mientras que en el segundo resulta mucho más difícil alcanzar el bienestar.

Por otro lado, al conocido efecto de sobrecalentamiento interior, hay que añadir el de sobrehumectación. Dado que las humedades elevadas acrecientan la sensación térmica de calor, la sobrehumectación aparece como algo muy negativo, y únicamente es evitable mediante la ventilación muy intensa.⁽²⁾

Los invariantes que toda la arquitectura popular de este clima posee como objetivos son los siguientes:

- Protección de la radiación solar
- Protección contra el agua de lluvia
- Reducción de la sensación térmica por ventilación (debido al alto grado de humedad que presenta el ambiente)

⁽²⁾ NEILA GONZÁLEZ, Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Muni-lla-Lería. Madrid, 2004. Pág.52-53.

2.2. CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

EJEMPLO

DESCRIPCIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

ÁFRICA SUBSAHARIANA



Figura 1.8. Vivienda fali

La vivienda fali consta de una parte cilíndrica construida en anillos con una mezcla de paja y arcilla denominada *torchis*, y una cubierta cónica de paja y vigas de madera. En algunos casos la cubierta desaparece. Cada construcción es ocupada por una familia y se caracteriza por la fusión de las células-hábitat con el perímetro exterior, que las une con los graneros (elemento más importante de esta sociedad) en un solo organismo articulado. Todos los elementos, tratados plásticamente con formas curvilíneas, se enlazan unos a otros para dar impresión de que fueron construidos en un solo bloque. Las unidades de medida utilizadas en la construcción, fijas para cada familia, se refieren al cuerpo humano, reflejándose en las dimensiones de los elementos arquitectónicos.

VENEZUELA



Figura 1.9. Conjunto de tres palafitos

Estas construcciones se localizan en zonas donde los ríos se caracterizan por sus crecidas, razón por la que se elevan con relación al suelo, además de la dificultad de asentarse en terrenos cenagosos y donde los *manglares*⁶ no permiten acercar las construcciones a las riberas de los ríos. Es un aspecto fundamental dada la vinculación económica con la pesca. Las estructuras palafíticas son volúmenes simples, con techumbre a dos o cuatro aguas mediante un entramado no rígido cubierto con palmas de *temiche*⁷ o *eneas*⁸ atadas con cuerdas vegetales. Construidos sobre una plataforma de rollizos de mangle que los separa del agua. El espacio interior es diáfano pudiendo tener particiones que nunca llegan a techo.

NUEVA GUINEA



Figura 1.10. Viviendas sobre los árboles en Rumah Tingi

El palafito se eleva sobre la tierra situándose sobre una plataforma construida con rollizos de sagú⁹. El pavimento de la vivienda apoya sobre las ramas más altas del árbol, talladas en sus extremos. Las paredes y techo están formados por hojas de palma entrelazadas, mientras que el pavimento se obtiene uniendo solidariamente pequeños troncos unos junto a otros. El único acceso a la vivienda está constituido por pequeños escalones tallados en un tronco fino e inestable que apoya en tierra y sube hasta la puerta de entrada. Se trata de volúmenes simples, con techumbre a dos aguas cuyo espacio interior es diáfano y puede tener particiones que nunca llegan a techo.

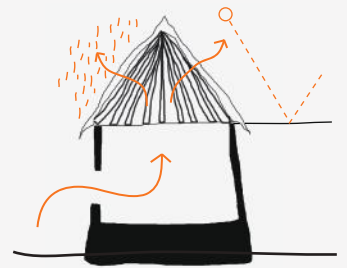
⁶ Bosques pantanosos que viven donde se mezcla el agua dulce del río con la salada del mar. Reciben el nombre de manglar porque así se llama el árbol dominante.

⁷ Especie autóctona de Venezuela.

⁸ Especie autóctona de Venezuela.

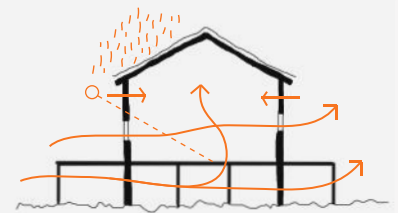
⁹ Planta tropical de la familia de las Cicadáceas

Las elevadas temperaturas y grado de humedad durante todo el año hacen que sea necesaria la ventilación en el interior, la cual está garantizada a través de la cubierta de paja por no ser un material hermético, dejando salir el aire caliente a través de ella. Además, su inclinación permite evacuar el agua de lluvia correctamente. La radiación solar está controlada mediante esteras en los espacios comunes abiertos y en el interior gracias a la abertura de un único hueco de acceso a la misma. La masa térmica queda suficientemente asegurada por las paredes de tierra empleadas en su construcción.



Esquema 7. Funcionamiento bioclimático

Gracias a los materiales naturales utilizados se consigue filtrar el aire en toda la superficie, así como tamizar la luz hacia el interior ya que los pocos huecos que se abren se orientan en función del viento predominante. Con esto se consigue una ventilación cruzada, que junto a la filtración del aire en el cerramiento y la elevación de la cubierta, se obtienen grandes volúmenes de aire facilitando su movimiento y ventilación. Como el clima es lluvioso, la cubierta a dos aguas permite la rápida evacuación de las aguas provocadas por las frecuentes lluvias.



Esquema 8. Funcionamiento bioclimático

El diseño de estas construcciones tiene como objetivo activar el movimiento del aire y evitar la entrada de radiación solar. Al elevarse sobre el terreno, en ocasiones hasta 50 metros, se alcanzan mayores caudales de aire de ventilación y con la suficiente velocidad ya que están libres de obstáculos como árboles y arbustos. Gracias a los materiales naturales utilizados se consigue filtrar el aire en toda la superficie facilitando la autoventilación interior, así como tamizar la luz hacia el interior ya que los pocos huecos que se abren se orientan en función del viento predominante. Con esto se consigue una ventilación cruzada. Como el clima es lluvioso, la cubierta a dos aguas permite la rápida evacuación de las aguas provocadas por las frecuentes lluvias.



Esquema 9. Funcionamiento bioclimático

2.2. CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

EJEMPLO

DESCRIPCIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

MÉJICO



Figura 1.11. Casa Maya

La casa maya, cuyos muros perimetrales son de bajareque¹⁰ y la cubierta de materiales vegetales, consta de una sola habitación utilizada como dormitorio ya que la benévola naturaleza propicia la vida en el exterior. La planta es rectangular o absidal y sus proporciones equivalen a un cuadrado con dos laterales rematados en semicírculo. El ancho esta modulado según la medida estándar de la hamaca (cama). No tiene puertas ni ventanas, sólo dos accesos opuestos en los respectivos centros de los lados mayores del rectángulo. La cubierta, de hojas de palma, es a cuatro aguas, con pendientes de 40 a 60°. La vivienda se asienta sobre una plataforma de caliza y tierra apisonada, cercada por un murete de piedra caliza de 50 cm de espesor y su cerramiento es independiente de la estructura que sostiene la cubierta.

INDONESIA



Figura 1.12. Conjunto de viviendas tradicionales en Indonesia

Aunque se pueden variaciones sobre la vivienda tradicional de Indonesia, todas ellas poseen unas características comunes. Constan de una única estancia, que puede fragmentarse con una estructura interior ligera de tabiques de bambú o simplemente telas. La planta suele ser rectangular con cuatro o seis pilares que soportan tanto la zona habitable como la cubierta. La totalidad de los materiales utilizados son orgánicos y autóctonos. Las viviendas suelen agruparse de dos maneras distintas: O bien en línea junto a una calle pavimentada a la que vuelca estancias porticadas públicas; o bien organizadas en un recinto cerrado por medio de un muro bajo. Las variaciones entre las diferentes tipologías surgen según la cimentación, la estructura o la cubierta.

ISLA DE PASCUA

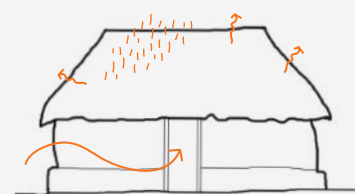


Figura 1.13. Casa Bote

La Hare paenga posee una planta de forma elíptica y su apariencia exterior se asemeja a un bote invertido. Se localizan en los planos costeros formando unidades habitacionales que se caracterizan por la presencia de concentraciones agropecuarias. Su estructura presenta basamentos de piedra, espacio interior abovedado y cubierta vegetal. Funcionalmente se definen dos espacios: uno interior utilizado como dormitorio, y otro exterior común definido por un área pavimentada en forma de medialuna. Las soleiras son de basalto funcionando también como cimientos al estar enterrada 2/3 de su altura, presentando concavidades en su cara superior donde se insertan los postes que sustentan la estructura vegetal.

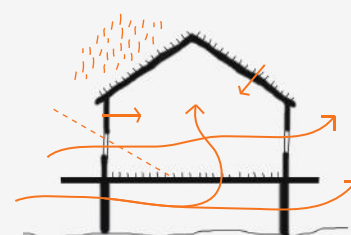
¹⁰ Material utilizado en la construcción de viviendas compuesto de cañas o palos entretejidos y unidos con una mezcla de tierra húmeda y paja.

La forma curva del muro perimetral ayuda al aumento de la velocidad el viento generándose unas sobrepresiones y depresiones sobre las caras de la vivienda que crean corrientes de aire en el interior. La cubrición con materiales vegetales, permeables al aire facilita la autoventilación. Además, la altura entre suelo y techo de unos 3 o 4 metros ayuda a la ventilación ya que permite que aire caliente suba. Para evitar el sobrecalentamiento, se le aplica una capa de cal blanca a los muros. La cubierta a cuatro aguas permite evacuar el agua correctamente en caso de lluvia, y la plataforma de tierra compactada preserva la casa de inundaciones, frecuentes durante la estación de lluvias.



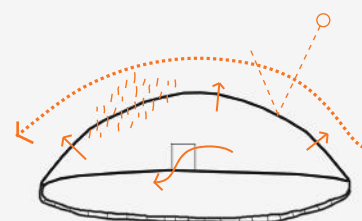
Esquema 10. Funcionamiento bioclimático

Las continuas tormentas tropicales que provocan riadas periódicas de agua y barro hacen que la elevación de las viviendas sobre pilotes sea necesaria. Con esto se consigue que la vivienda se ventile por debajo y el aire pueda penetrar hasta el interior gracias a la porosidad del forjado inferior, así como la posibilidad de encender hogueras para dejar que el humo se introduzca en la casa y quede libre de insectos. Si es posible, las viviendas se ubican en zonas cercanas a ríos y orientadas a vientos dominantes. Las cubiertas inclinadas ayudan a la correcta evacuación de las aguas de lluvia. Algunas agrupaciones cuentan con grandes aleros abiertos al exterior que conforman espacios públicos diurnos.



Esquema 11. Funcionamiento bioclimático

La forma de bote invertido responde de manera adecuada a las exigencias del clima dejando un paso fluido de viento y protegiéndolo de las constantes precipitaciones. Las posibles ganancias térmicas excesivas se amortiguan gracias al uso de la cubierta vegetal, la cual ayuda a mantener la temperatura interior de la vivienda muy similar a la exterior. Ésta, a su vez, controla la salida del exceso de humedad. Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas son propios de la isla, predominando el uso de la piedra volcánica.



Esquema 12. Funcionamiento bioclimático

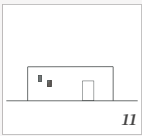
2.2. CLIMA CÁLIDO HÚMEDO

ESTRATEGIAS

OBJETIVOS

ÁFRICA SUBSAHARIANA

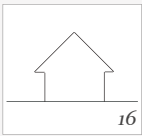
- Reducción de la sensación térmica (26)
- Protección solar (11-19)
- Protección contra el agua(16-26)
- Inercia térmica (14)
- Reducción de costes ambientales (29)



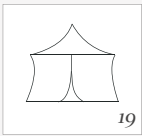
Huecos pequeños y/o protegidos



Muros gruesos



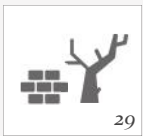
Cubierta inclinada



Toldos/Esteras



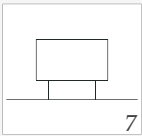
Uso de madera, paja y/o pieles



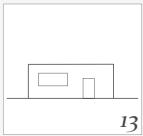
Materiales del lugar

VENEZUELA

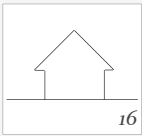
- Protección solar (24)
- Reducción de la sensación térmica (7-13-24-25)
- Protección contra el agua (7-16)
- Reducción de costes ambientales (29)



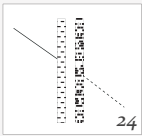
Elevación



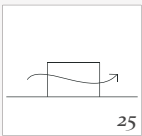
Huecos grandes



Cubierta inclinada



Cerramientos tamizados



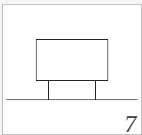
Ventilación cruzada



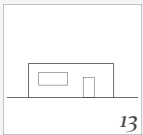
Materiales del lugar

NUEVA GUINEA

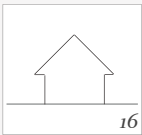
- Protección solar (24)
- Reducción de la sensación térmica (27-134-25)
- Protección contra el agua (16)
- Reducción de costes ambientales (29)



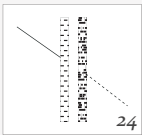
Elevación



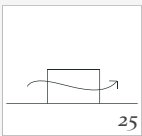
Huecos grandes



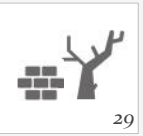
cubierta inclinada



Cerramientos tamizados



Ventilación cruzada



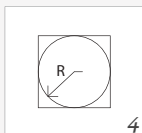
Materiales del lugar

OBJETIVOS

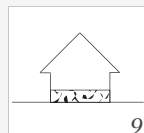
ESTRATEGIAS

MÉJICO

- (4-20) Protección solar
- (9-16) Protección contra el agua
- (4-10-24-25) Reducción de la sensación térmica
- (29) Reducción costes ambientales



Geometría adaptada



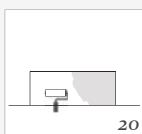
Plataforma tierra compactada



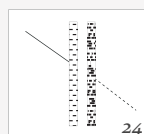
Gran altura libre de planta



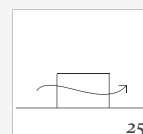
Cubierta inclinada



Color claro



Cerramientos tamizados



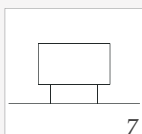
Ventilación cruzada



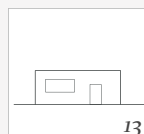
Materiales del lugar

INDONESIA

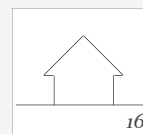
- (7-13-24-25) Reducción de la sensación térmica
- (16-18) Protección contra el agua
- (18) Protección solar
- (29) Reducción costes ambientales



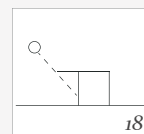
Elevación



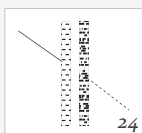
Huecos grandes



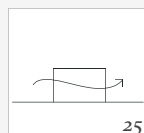
Cubierta inclinada



Aleros



Cerramientos tamizados



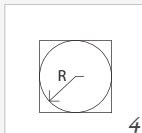
Ventilación cruzada



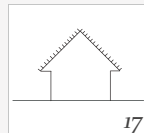
Materiales del lugar

ISLA DE PASCUA

- (4-17) Protección solar
- (4-17) Reducción de la sensación térmica
- (4) Protección contra el viento
- (4) Protección contra el agua
- (29) Reducción costes ambientales



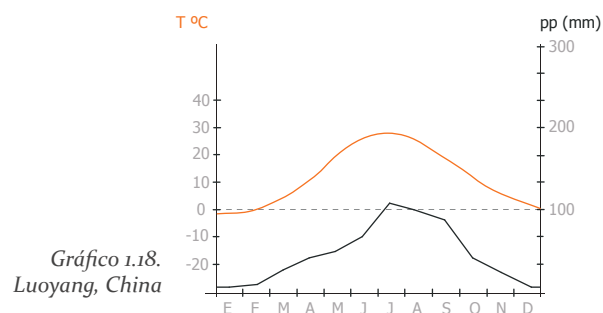
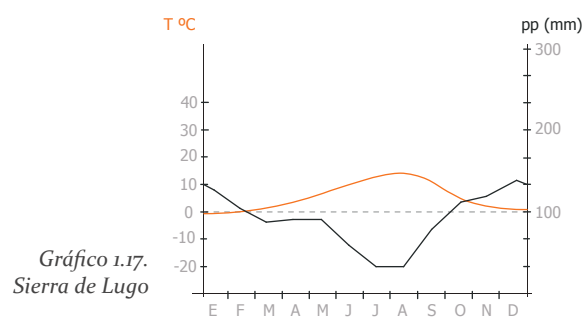
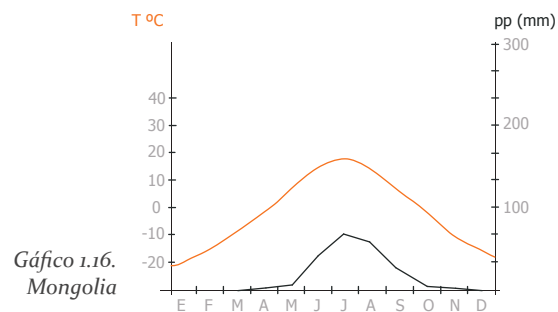
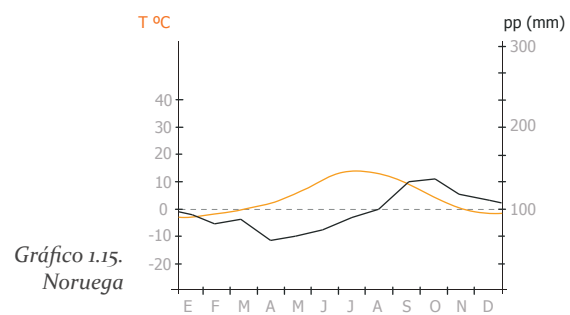
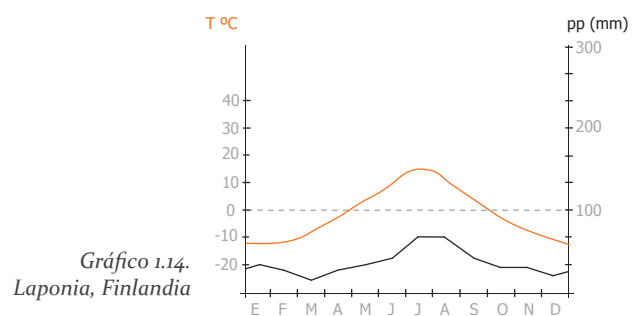
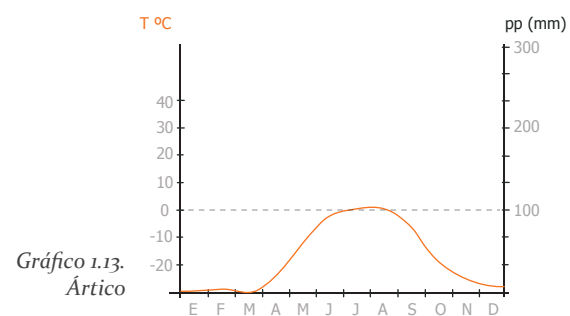
Geometría adaptada



Cubierta vegetal



Materiales del lugar



2.3. CLIMA FRÍO Y DE MONTAÑA

DESCRIPCIÓN E INVARIANTES DEL CLIMA

Teniendo en cuenta los gráficos adjuntos del clima frío, así como la situación geográfica en donde están dispuestos según la *figura 1.1*, se puede decir que:

En latitudes altas de la tierra la radiación solar incide permanentemente con un ángulo muy bajo. Como consecuencia, la radiación solar que se recibe es muy escasa al tener que atravesar gran cantidad de masa atmosférica. Por otro lado, desde el Círculo Polar hasta los polos existen algunos días del año (justo en los Polos llegan a ser seis meses seguidos) en los que no llega a amanecer. Como consecuencia, las temperaturas que se alcanzan en estas zonas son muy bajas durante todo el año, incluso durante el verano.

Por otro lado, la baja irradiancia solar hace inútiles todas las estrategias de captación de radiación y calentamiento solar. La humedad, en general alta, provoca un incremento de la sensación de frío. En este tipo de climas, la opción básica de diseño es la conservación de la energía que se genera de una forma más o menos convencional en el interior.

Sin embargo, en los climas de montaña, aunque las temperaturas son bajas, la irradiancia solar es elevada, por lo que es perfectamente posible emplear estrategias de captación solar combinadas con aislamiento térmico. ⁽³⁾

Los invariantes que toda la arquitectura popular de este clima posee como objetivos son los siguientes:

- Conservación de la energía (mediante un factor de forma bajo, materiales en el acabado interior de calentamiento lento o aislamiento térmico)

⁽³⁾ NEILA GONZÁLEZ, Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Muni-lla-Lería. Madrid, 2004. Pág.110.

2.3. CLIMA FRÍO Y DE MONTAÑA

EJEMPLO

DESCRIPCIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

ÁRTICO



Figura 1.14. Conjunto de iglús

Se compone de un volumen semiesférico principal, unido en ocasiones a otro secundario más pequeño o antecámara mediante un pasadizo. A éste último pueden agregársele otras bóvedas más pequeñas utilizadas como almacenes. Se construyen mediante bloques de nieve compactada de 90 cm de largo, 50 de ancho y de 15 a 25 cm de alto, ligeramente biselados para poder colocarlos formando una espiral que previene el derrumbe de las paredes. Todo el proceso constructivo se realiza desde el interior del iglú, excepto la colocación de la clave. El túnel de acceso, es de escasa altura y se encuentra levemente enterrado para dificultar la entrada del viento.

LAPONIA



Figura 1.15. Lavo: tipología de verano. Vivienda nómada.

Se trata de una vivienda adaptada a la movilidad nómada por lo que varía según la época estacional. En verano, se disponen en círculos de unos 4 metros de diámetro con formas cónicas o troncocónicas, cubiertos de pieles, paño, lana o turba¹¹ y con el pavimento de ramas de abedul. En la parte superior existe una abertura de unos 60 cm para la salida de humos, que en ocasiones se cierra para conservar el calor. En invierno, la estructura es de tronco de pirámide cuadrangular. Consta de un armazón y un revestimiento doble: un estrato de corteza y otro de tepes¹² que favorece el aislamiento térmico. El suelo interior puede ser de tierra o madera, excepto en el hogar donde está constituido por piedras.

NORUEGA



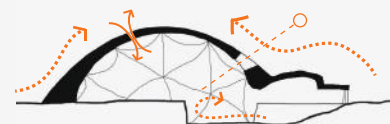
Figura 1.16. Conjunto de viviendas tradicionales en Noruega.

Son viviendas de planta o planta y media, de planta rectangular con el hogar en el centro y cubierta a dos aguas. Generalmente, las habitaciones se disponen a lo ancho de la casa sin particiones longitudinales cuando haya más de una. El peso debido al apilamiento de troncos con los que están constituidas las paredes hace que asienten y las grietas se cierran dando hermeticidad a la vivienda. La cimentación se realiza mediante piedra y mortero de cemento, y la estructura se eleva unos 20 cm sobre el suelo para evitar que cuando hiele, la humedad la deteriore. Los tejados se cubren con tableros de madera añadiendo barro o pasto vegetal a modo de aislante. Por debajo se coloca una capa de corteza de abedul para evitar filtraciones.

¹¹ Carbón ligero, esponjoso y de aspecto terroso que se forma en lugares pantanosos debido a la descomposición de restos vegetales.

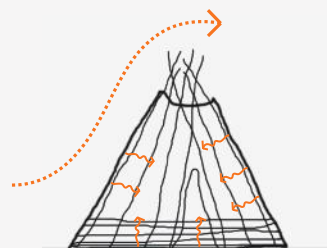
¹² Trozo de césped y suelo que se mantiene unido por las raíces.

La forma semiesférica supone una superficie expuesta a los vientos mínima. El pasadizo de entrada al habitáculo principal se encuentra unos 30 cm por debajo de éste además de tener una escasa altura, lo que facilita la protección el interior del viento. Dicho objetivo se ve ayudado también por la colocación de varias capas de pieles de animales en la entrada, o incluso, la propia nieve acumulada por la noche. El aislamiento interior se consigue forrando el iglú por dentro con pieles de animales, las cuales dejan una pequeña cámara de aire entre éstas y la pared. A su vez, el suelo se cubrirá de ramas, pieles y musgo. Adicionalmente se emplean lámparas de aceite. La luz penetra por una ventana hecha con una hoja de hielo e intestino de foca y la ventilación se garantiza por un pequeño hueco cerca de la clave.



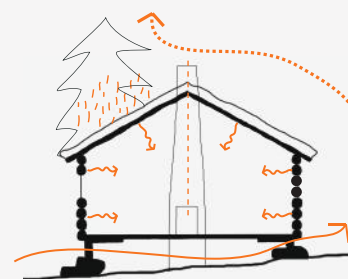
Esquema 13. Funcionamiento bioclimático

La manera de conservar el calor se consigue por una parte mediante su geometría siendo compacta y protegiéndose de los vientos en la mayor medida posible. Los materiales de cobertura serán rugosos y oscuros para poder captar calor y crando cámaras de aire entre ellas y la madera para conservarlo. El suelo se cubre de tierra, ramas de madera y piedras, actuando como una capa aislante del frío del terreno. Cuando no haya posibilidad de captar calor se optará por acabados de madera por transmitirlo lentamente. Las aberturas para la salida del humo procedente del hogar pueden llegar a cerrarse en caso de que se crea conveniente.



Esquema 14. Funcionamiento bioclimático

El aislamiento de la cubierta, la utilización de la madera, la compactación de la planta, la hermeticidad y la ubicación del hogar los más centrado posible hacen que la temperatura en el interior se mantenga adecuada. El revestimiento interior de madera ayuda a que la energía proporcionada por la chimenea caliente casi exclusivamente el aire, por lo que el consumo de combustible es muy reducido. El eje longitudinal se sitúa sobre la dirección este-oeste para orientar los dormitorios al sur. De abrirse algún hueco se hará en esta fachada. El arbolado perenne propio de Noruega permite una protección contra el viento. Para proteger la madera de la humedad e insectos se aplican ceras, brea, o mezcla de resinas.



Esquema 15. Funcionamiento bioclimático

2.3. CLIMA FRÍO Y DE MONTAÑA

EJEMPLO

DESCRIPCIÓN FORMAL Y CONSTRUCTIVA

MONGOLIA



Figura 1.17. Yurta. Tienda transportable.

Puede ser transportable por lo que han de emplearse materiales ligeros. Tienen forma de cilindro de base entre 3,5 y 6,5 metros de diámetro terminado en una forma cónica rebajada. El proceso de constitución de la Yurta se inicia extendiendo un enrejado expansible formado por listones de madera entrecruzados que se juntan en un aro de compresión superior. Se recubre con fieltros, lonas o pieles según la época del año o la zona en la que se encuentre. Cuando existe además un recubrimiento interior de lana se crea una cámara de aire entre ambos que funciona como aislante.

SIERRA DE LUGO, ESPAÑA



Figura 1.18. Palloza.

La forma más sencilla de la palloza es un cilindro de planta circular con un diámetro de unos metros, terminado en una forma cónica cubierta de paja de centeno. La planta circular ha evolucionado con el tiempo en formas ovales, elípticas e incluso rectangulares. Debido a las condiciones adversas que ocasionan periodos de aislamiento, las pallozas están preparadas para que el establo compartiese espacio con la vivienda, situándose en el nivel más bajo. El trazado de los muros apenas cuenta con algún hueco.

LUOYANG, CHINA

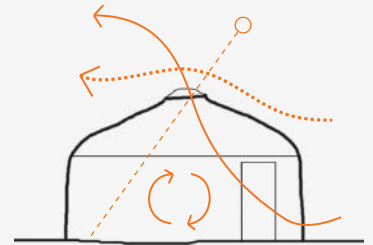


Figura 1.19. Patio de vivienda enterrada.

Se encuentran a lo largo de toda la cuenca del río Amarillo, donde se halla una gran cantidad de loess¹³ chino que favorece el cultivo y facilita su excavación. La distribución más habitual del conjunto consiste en cuadrados con escaleras en forma de L que conducen a las habitaciones inferiores. Empezaron siendo excavadas verticalmente a partir de patios centrales de forma cuadrada, aunque más tarde, lo hicieron también horizontalmente aprovechando los bordes de terrazas o carreteras hundidas. El proceso de excavación tiene varios pasos: el muro exterior se mantiene intacto hasta que el volumen global está acabado, momento en el que se abren las ventanas en la fachada principal. El fondo de las habitaciones es de tres metros.

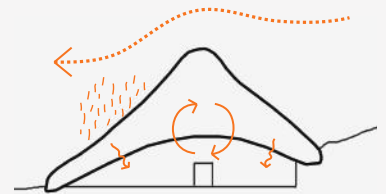
¹³ Limo formado por acumulación de partículas de polvo transportadas por el viento durante los periodos glaciares.

Las yurtas emplean los materiales de los que se disponen, como lanas y pieles de sus animales y las maderas ligeras. El hueco del anillo central sirve tanto para que penetre el sol como para que se eliminen los humos de la chimenea empleada para calentar. Cuando se trata de una zona cálida, la puerta se sitúa al norte para aprovechar a ventilar mediante un tiro natural, creándose un efecto chimenea. No hay aberturas perimetrales lo que hace que se minimicen las pérdidas de calor y en el suelo se dispone de un aislamiento que consiste en una alfombra de camello, jack¹⁴ o cabra.



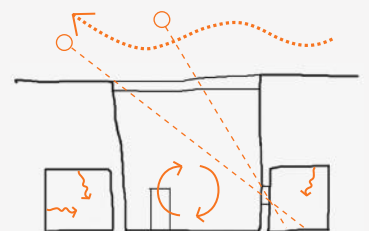
Esquema 16. Funcionamiento bioclimático

La palloza se adapta al terreno para protegerse de los vientos. Se pega a la tierra siendo la cubierta la mayor parte de la construcción. Esta estrategia junto con el gran espesor de sus muros constituidos de pizarra o piedra, dotan a la palloza de gran inercia térmica. Las principales fuentes de calor se hallan en el interior: convivencia de personas y ganado y el fuego del hogar. Los escasos huecos así como la inexistencia de chimenea ponen de manifiesto la necesidad de mantener calor en invierno.



Esquema 17. Funcionamiento bioclimático

Se intenta que la cueva se abra hacia el sur para que el sol caliente en invierno por estar en una posición más baja, mientras que en verano, debido a la dimensión del patio, impida que entre. Además, el espesor mínimo del terreno por encima de los espacios excavados es de 3 metros para evitar filtraciones del agua de lluvia. La utilización de cerramientos con gran inercia térmica es imprescindible en climas donde las diferencias de temperatura máxima y mínima son grandes. Es por ello que construir bajo tierra es igual de válido para climas fríos como para los cálidos.



Esquema 18. Funcionamiento bioclimático

¹⁴ Bóvido de tamaño mediano y pelaje lanoso, nativo de las montañas de Asia Central y el Himalaya

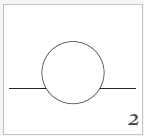
2.3. CLIMA FRÍO Y DE MONTAÑA

ESTRATEGIAS

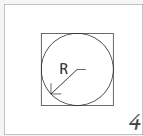
OBJETIVOS

ÁRTICO

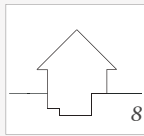
Conservación de la energía
(2-11-26-27)
Protección contra el viento
(4-8)
Reducción de costes
ambientales (29)



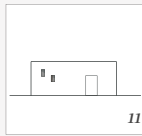
Factor de forma
bajo



Geometría
adaptada



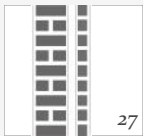
Desnivel



Huecos pequeños
y/o protegidos



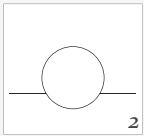
Uso de madera,
paja y/o pieles



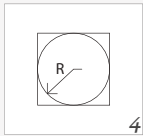
Cámara de aire



Materiales del
lugar



Factor de forma
bajo



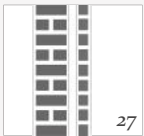
Geometría
adaptada



Materiales ligeros



Uso de madera,
paja y/o pieles



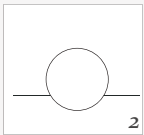
Cámara de aire



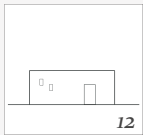
Materiales del
lugar

LAPONIA

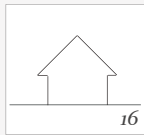
Conservación de la energía
(2-26-27)
Protección contra el viento (4)
Trasportable (23)
Reducción de costes
ambientales (29)



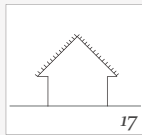
Factor de forma
bajo



Huecos pequeños
al sur



Cubierta
inclinada



Cubierta vegetal



Presencia de
vegetación



Uso de madera,
paja y/o pieles



Materiales del
lugar

NORUEGA

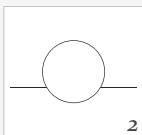
Conservación de la energía
(2-17-26)
Protección contra el viento
(21)
Protección contra el agua (16)
Captación solar (12)
Reducción de costes
ambientales (29)

OBJETIVOS

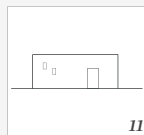
ESTRATEGIAS

MONGOLIA

- (2-11-26-27) Conservación de la energía
(23) Trasportable
(29) Reducción de costes ambientales



Factor de forma bajo



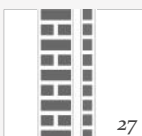
Huecos pequeños y/o protegidos



Materiales ligeros



Uso de madera, paja y/o pieles



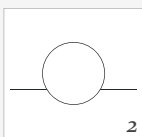
Cámara de aire



Materiales del lugar

SIERRA DE LUGO, ESPAÑA

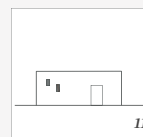
- (2-6-11-14-26-28) Conservación de la energía
(6) Protección contra el viento
(16) Protección contra el agua
(6-14) Inercia térmica
(29) Reducción de costes ambientales



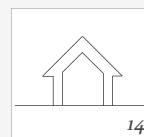
Factor de forma bajo



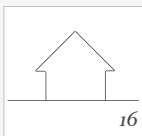
Adaptación al terreno



Huecos pequeños y/o protegidos



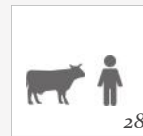
Muros gruesos



cubierta inclinada



Uso de madera, paja y/o pieles



Convivencia de usos



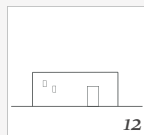
Materiales del lugar

LUOYANG, CHINA

- (6-14) Conservación de la energía
(6-14) Inercia térmica
(6) Protección contra el viento
(12) Captación solar
(29) Reducción costes ambientales



Adaptación al terreno



Huecos pequeños al sur



Muros gruesos



Materiales del lugar

3. CAPÍTULO 2: ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

INTRODUCCIÓN

El objeto del segundo capítulo es analizar la evolución que han podido tener las estrategias vistas en el primero, ya sea por una mejora de la misma como por consecuencia del desarrollo que sufre la arquitectura con el paso del tiempo.

Para ello, se han recopilado las estrategias encontradas en cada uno de los ejemplos de arquitectura popular estudiados, clasificadas según el objetivo al que sirven. Algunas de ellas se ven repetidas ya que son aprovechadas por más de un objetivo. Por lo que una misma estrategia podría haber evolucionado por caminos diferentes según la función que cumpliera.

Para poder clasificar el grado de evolución se ha seguido un criterio de puntos utilizando tres indicadores (tipo de evolución, previsión de evolución en el futuro y la frecuencia con la que se incorpora en la arquitectura), de tal manera que surgen las siguientes cuatro opciones:

- ○ ○ No ha habido evolución. La estrategia permanece en esencia igual.
(ej: *Patio interior en una vivienda*)
- ○ ○ Existe evolución pero solamente en el aspecto formal o en el material empleado. Además, no se ha incorporado a la arquitectura contemporánea de forma sistemática ni se pronostican cambios significativos.
(ej: *Cerramientos tamizados para la protección solar*)
- ● ○ Existe evolución de tipo formal, constructivo, de montaje o de material, y se pueden pronosticar avances.
(ej: *Muros gruesos para ganar inercia térmica*)
- ● ● Existe evolución de cualquier tipo y se utiliza comúnmente las construcciones actuales.
(ej: *Materiales impermeables al agua de lluvia*)

En cada una de los tres últimos casos se desarrollará una pequeña ficha en la que se ilustre y explique de forma clara y breve la evolución con un ejemplo actual sin importar el lugar geográfico con tal de que siga cumpliendo el mismo objetivo inicial.

3.1. CUADRO RESUMEN OBJETIVOS - ESTRATEGIAS

OBJETIVO	ESTRATEGIA TRADICIONAL	EVOLUCIÓN	ESTRATEGIA CONTEMPORÁNEA
REDUCCIÓN SENSACIÓN TÉRMICA	Patio	○ ○ ○	-
	Presencia de agua	● ○ ○	e nº 1
	Presencia de vegetación	● ● ○	e nº2
	Color claro	○ ○ ○	-
	Transpiración	● ● ○	e nº3
	Autoventilación	○ ○ ○	-
	Cerramientos tamizados	○ ○ ○	-
	Ventilación cruzada	○ ○ ○	-
	Elevación respecto del suelo	○ ○ ○	-
	Torre / conducto de ventilación		
CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA	Factor de forma bajo	○ ○ ○	-
	Huecos pequeños	○ ○ ○	-
	Uso madera/piel/paja/nieve	● ○ ○	e nº4
	Hogar central	○ ○ ○	-
	Cubierta vegetal	● ● ○	e nº5
	Paredes dobles	● ● ●	e nº6
	Cámara de aire	● ● ●	e nº6
	Adaptación al terreno	○ ○ ○	-
	Convivencia de usos	○ ○ ○	-
	Hermeticidad	● ● ●	e nº7
INERCIÁ TÉRMICA	Muros gruesos	● ● ○	e nº8
	Adaptación al terreno	○ ○ ○	-
REDUCCIÓN COSTES AMBIENTALES	Materiales del lugar	● ● ○	e nº9

OBJETIVO

ESTRATEGIA TRADICIONAL

EVOLUCIÓN

ESTRATEGIA CONTEMPORÁNEA

PROTECCIÓN
SOLAR

Patio

○ ○ ○

-

Color claro

○ ○ ○

-

Geometría curva

○ ○ ○

-

Huecos pequeños y protegidos

○ ○ ○

-

Cerramientos tamizados

● ○ ○

e nº 10

Voladizos / toldos

○ ○ ○

-

Trama irregular

○ ○ ○

-

CAPTACIÓN
SOLAR

Hueco orientados a sur

● ○ ○

e nº 11

PROTECCIÓN
CONTRA EL
VIENTO

Patio

○ ○ ○

-

Geometría

○ ○ ○

-

Adaptación al terreno

○ ○ ○

-

Arbolado hoja perenne

○ ○ ○

-

Trama irregular

○ ○ ○

-

Estacias altas contra el viento

○ ○ ○

-

PROTECCIÓN
CONTRA LA
LLUVIA

Cubierta inclinada

○ ○ ○

-

Materiales impermeables

● ● ●

e nº 12

Elevación respecto del suelo

○ ○ ○

-

Base compactada

● ○ ○

e nº 13

Aleros

○ ○ ○

-

TRANSPORTABILIDAD

Materiales ligeros

● ● ○

e nº 14

Facilidad de montaje

● ○ ○

e nº 15

3.2. DESARROLLO DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

1. PRESENCIA DE AGUA

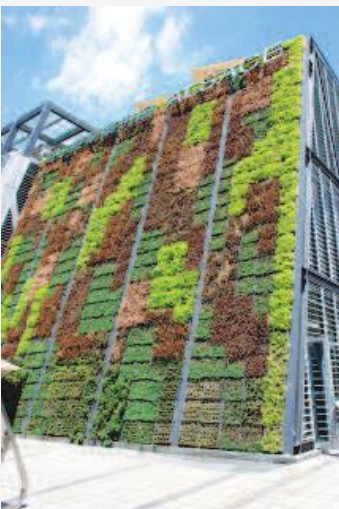


PABELLÓN GRAN BRETAÑA EXPO SEVILLA 1992

El pabellón de Reino Unido para la Expo de Sevilla es un paralelepípedo en el que cada una de sus caras responde a los requerimientos climáticos de su orientación. Es por ello que el alzado este, debido al sol matutino, consta de una pared de vidrio suspendida, de 18 metros de altura, enfriada por un flujo continuo de agua que se desliza por su superficie y cae en un lago que se extiende por toda su longitud. La electricidad, generada por paneles solares situados en la parte superior, hace funcionar las bombas para la pared de agua. Se trata de un movimiento del agua en contraposición a la manera en la que se presentaba en la arquitectura popular, donde permanecía estática.

Figura 2.1. Fachada este

2. PRESENCIA DE VEGETACIÓN



PABELLÓN ALSACE EXPO SHANGHAI 2010

La región francesa de Alsacia, junto con las ciudades de Estrasburgo y Mulhouse y Electricité de France (EDF), presentó este pabellón en la Expo de Shanghái. A parte de incorporar sistemas novedosos de paneles solares, lo que aquí interesa es su fachada vegetal, la cual puede parecer a simple vista un jardín vertical como por ejemplo el del Caixa Fórum en Madrid. Sin embargo, en este caso está modulado. Se trata de sistemas de sustrato donde las especies vegetales crecen a través de perforaciones practicadas en los paneles contenedores, estos a su vez se anclan o cuelgan de una base de perfilaría metálica. El sustrato utilizado está formado por un elevado porcentaje de materiales retenedores de agua. Se asemeja a un sistema prefabricado donde solamente se ha de montar en obra. La evolución se basa en un cambio en el sistema constructivo, en el cual está añadido la vegetación.

Figura 2.2. Fachada principal

3. TRANSPIRACIÓN



Figura 2.3. Patio interior

PATIO 2.12. (SOLAR DECATHLON MADRID 2012)

Cada uno de los módulos prefabricados que forman esta casa están contruidos con una estructura de madera, pero el cerramiento es una fachada ventilada con capa exterior de paneles cerámicos, con unos canales que permiten un riego por goteo. La idea no es otra que la de hacer funcionar la piel exterior de los módulos como la de un botijo: en verano, cuando el agua de las fachadas se evapora, provoca que la cerámica se enfríe, y por tanto hace que la temperatura de la cámara de aire disminuya, reduciendo la carga térmica de la casa. Sin embargo, cuando la fachada está seca en invierno, ayudará a conservar el calor interior.

4. USO DE MADERA/PIEL/PAJA/NIEVE

	Difusividad térmica $\times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)}$
Madera	0,112
Agua	0,139
Glicerina	0,094
Goma dura	0,070
Poliestireno	0,125

Figura 2.4. Tabla

MATERIALES DE BAJA DIFUSIVIDAD TÉRMICA

Los materiales utilizados en la arquitectura popular tales como la madera, la paja, las pieles o el hielo tienen en común no sólo que son locales como se ha demostrado anteriormente, sino que tienen una baja difusividad térmica. Éste es un índice que expresa la velocidad de cambio, y flujo de temperaturas, en un material hasta que alcanza el equilibrio térmico. Se adjunta por ello, una tabla indicativa con otros materiales que tienen incluso un valor más bajo pudiendo ser utilizados como revestimiento.

5. CUBIERTA VEGETAL

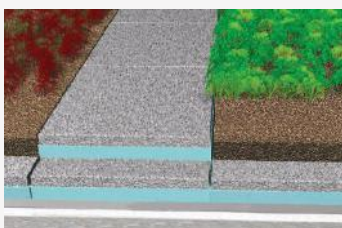


Figura 2.5. Detalle constructivo

SISTEMA INTEMPER® TF ECOLÓGICO

El sistema Intemper® TF Ecológico es un sistema de cubierta invertida con una superficie vegetal ligera que precisa un mantenimiento mínimo. No se utiliza la doble capa vegetal de la arquitectura tradicional sino que la más interior se sustituye por una losa flitrón (pavimento aislante y drenante compuesto por una base de poliestireno extruido y una capa de hormigón poroso de altas prestaciones) para mejorar el aislamiento. Además se añadirá una membrana impermeabilizante y una capa antipunzonante de fieltro sintético.

6. PAREDES DOBLES Y CÁMARAS DE AIRE



Figura 2.6. Aislante mineral

AISLAMIENTO

La necesidad de conservar la energía en el interior de las viviendas se solventa hoy en día en prácticamente la totalidad de edificios con una capa de aislamiento térmico, evitando en la mayor medida posible los puentes térmicos. Ejemplos de estos aislantes térmicos específicos pueden ser las lanas minerales (lana de roca y lana de vidrio), las espumas plásticas derivadas del petróleo (poliestireno expandido, polietileno expandido, PUR, poliuretano inyectado), reciclados como los aislantes celulósicos a partir de papel usado y la lana de oveja, vegetales (paja, virutas de madera, fardos de paja, corcho natural, etc); entre otros. De esta manera se consigue reducir el espesor de los muros para conseguir el mismo objetivo.

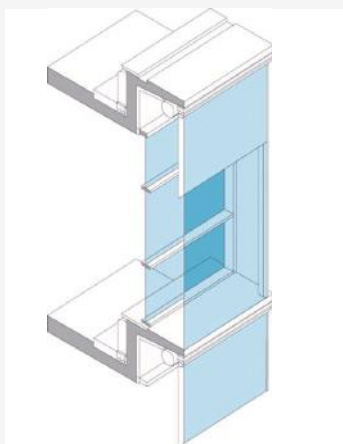


Figura 2.7. Aislante mineral

ACRISTALAMIENTO

Aislar térmicamente el interior de los edificios a la hora de abrir huecos era una tarea difícil, la cual ha evolucionado notablemente. Hoy en día, no sólo existen las ventanas de doble o triple hoja con una cámara interior (las cuales ya funcionan bien), sino que se han incorporado avances tales como sustituir el aire de la cámara por gas argón, utilizar vidrios de baja emisividad o emplear aerogeles como sistemas de aislamiento. Además, tal como se muestra en la *figura 2.7*, los edificios que están diseñados como muro cortina cuentan con una doble piel de vidrio, cada una de las cuales es probable que posea alguna de características que se han mencionado anteriormente.

7. HERMETICIDAD



Figura 2.8. Fachada este

JUNTAS ESTANCAS

La hermeticidad en las ventanas ha evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo. Así pues el aislamiento térmico se suple con las estrategias anteriores, sin embargo el problema de los huecos se hacía patente en las juntas. La marca Lumeal® o Hueck®, entre otras, han sustituido las felpas por juntas TPE entre las dos hojas aislando así las estancias del frío y el calor. La clasificación obtenida a la permeabilidad al aire es de clase 4 (600Pa de presión y filtración $<3 \text{ m}^2/\text{h}$) y a la estanqueidad al agua de 7A (45m con presión de 300Pa). $U=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

8. MUROS GRUESOS



Figura 2.9. Fachada exterior sur



Figura 2.10. Fachada interior sur

INCORPORACIÓN DEL AGUA EN EL MURO

Los muros gruesos utilizados en la arquitectura vernácula buscaban conseguir una inercia térmica que generase confort en el interior de la vivienda. Uno de los pioneros en desarrollar esta estrategia fue Steve Baer y su *drumwall* (muro bidón), en su residencia en Corrales, Nuevo México. Este tipo de muro se utiliza como una de las estrategias de diseño para amortiguar la variación de la onda térmica interior respecto al exterior. Son sistemas simples que acumulan calor y luego lo ceden al interior, cuando la temperatura baja. Se trata de una fachada expuesta al sur compuesta por bidones de metal pintados de negro y rellenos de agua, apilados sobre un entramado metálico (figura 2.9). Además, los bidones dejan pasar la luz difusa hacia el interior de la casa. Sin embargo, debido a su peso y a su dificultad para armonizarlo con el interior ofrece demasiadas limitaciones para difundirlo en un futuro aunque se hayan desarrollado sistemas similares como por ejemplo el prototipo presentado por la universidad de Arizona para el Solar Decathlon 2009 (figura 2.10.), donde se utilizaron botellas de plástico recicladas en vez de bidones.



Figura 2.11. Exterior Magic Box

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE

Los materiales de cambio de fase se caracterizan porque para cambiar de fase, de líquido a sólido, por ejemplo, necesitan una gran cantidad de calor y son una de las formas más eficientes de almacenamiento térmico. El interés de este tipo de materiales está en que, durante el cambio de fase, la temperatura se mantiene constante mientras que el material absorbe energía. Aun cuando el agua es el medio más habitual para el almacenamiento de energía, como se veía anteriormente, debido a sus propiedades térmicas y su bajo coste, pequeñas cantidades de PCM¹⁵ pueden provocar una mejora significativa del rendimiento del sistema. Es por ello que el prototipo diseñado por la Universidad Politécnica de Madrid para el Solar Decathlon de Washington en 2005 (figura 2.11.) plantea la utilización de materiales de cambio de fase para conseguir conservar energía. La sustancia elegida para ello fue un hidrocarburo en forma de parafinas combinadas que cambia de estado a 23°C. Es seis veces más eficaz que acumular en forma de calor sensible en un muro de ladrillo macizo un incremento de 20°C. La dificultad de la integración constructiva y arquitectónica se resolvió integrándolo en un faso suelo a modo de suelo técnico, en dos capas de cápsulas de plástico con un separador de 2 cm entre ellas.

¹⁵ PCM. Acrónimo inglés de materiales de cambio de fase (Phase change material)

9. MATERIALES DE LUGAR



Figura 2.12. Pared interior de hormigón translúcido



Figura 2.13. Interior de un aula



Figura 2.14. Casa de Marie Short

BAMBÚ

Cabe destacar al arquitecto vietnamita Vo Trong Nghia, quien ha construido un *Water and Wind* café, un domo gigante, en la provincia de Binh Duong, entre otros. No sólo lo realizó con bambú, una madera versátil, fuerte, renovable y de rápido crecimiento, sino que lo construyó sin clavos ni maquinaria moderna. El bambú se entrelaza con técnicas de tejido tradicional vietnamita.

Creo que el bambú y el bambú laminado reemplazarán a otros materiales y se volverán el ‘acero verde’ del siglo XXI. ⁽⁴⁾

El domo tiene 30 metros de altura y cuenta con una abertura en la parte superior de la cúpula que además de permitir la entrada de rayos de luz, descarga el aire caliente que se acumula en esa zona. Al igual que muchas estructuras de la región, está cubierto con un arbusto local.

TIERRA

La construcción con tierra se ha desarrollado en los últimos tiempos en los siguientes campos: la prefabricación del tapial y la introducción en taller de sistemas de instalaciones dentro de los muros; las nuevas técnicas antisísmica por ejemplo la quinchá metálica; el desarrollo de la técnica de la extrusión para la realización de bloques y paneles de tierra; los nuevos materiales de construcción en tierra que aportan nuevas soluciones; etc. La figura 2.13. muestra uno de los numerosos ejemplos construidos actualmente con tierra, en este caso empleando BTC (bloque de tierra comprimida). Se trata de una escuela infantil en Cataluña.

MADERA

Uno de los arquitectos que trabaja principalmente con madera sin dejar de lado la sostenibilidad es Glenn Murcutt.

La sostenibilidad se ha transformado en una frase hecha. Todo el mundo habla de la arquitectura sostenible y a la mayoría no le importa dónde está el sol y menos de dónde viene el viento. ¿Cómo pueden hablar de eco arquitectura si no saben en qué latitud y altitud van a trabajar? [...] La mayoría de la arquitectura llamada ecológica es horrible, y esto ocurre porque no está integrada verdaderamente la ecología al pensamiento del que construye, y de ecoarquitectura solamente lleva el nombre. ⁽⁵⁾

En la figura 2.14. se puede observar una de sus obras: Casa de Marie Short en Nueva Galés del sur (Australia).

⁽⁴⁾ Vo Trong Nghia, entrevista personal. *Dezeen magazine*, traducido. 16 Julio 2014

⁽⁵⁾ Glenn Murcutt, entrevista personal. *Diario La Nación*, traducido. 20 Agosto 2008

10. CERRAMIENTOS TAMIZADOS



Figura 2.15. Pared interior de hormigón translúcido

MATERIALES TRANSLÚCIDOS

Hoy en día se han conseguido hormigones translúcidos utilizando dos estrategias diferentes: por un lado tenemos los hormigones translúcidos de fibra óptica¹ (figura 2.15.) y por otro lado los hormigones translúcidos poliméricos. Los primeros, llevan incorporados filamentos de fibra óptica orientados en la misma dirección, por la cual se transmite la luz siendo opaco el sentido transversal. En los segundos, se sustituye la mayor parte del cemento del hormigón por polímeros por tener propiedades conglomerantes, adhesivas, consiguiendo una transmisión de luz de hasta el 80%.



Figura 2.16. Fachada MI



Figura 2.17. Masrabiya

CELOSÍAS

La incorporación de celosías a la arquitectura actual se ha realizado de múltiples formas como forma de protección solar. Uno de los ejemplos representativos más recientes es el *Masdar Institute* (MI) de Norman Foster, donde a pesar de ser una obra en donde el cambio de escala es significativo, a la hora de protegerse contra el sol se hace uso de celosías como reinterpretación de un *masrabiya*, un mirador cerrado con madera tallada a modo de celosía, tradicional de la arquitectura árabe (figura 1.17.). Además, los edificios tienen fachadas auto-sombreado y están orientados para proporcionar la máxima sombra, al igual que las calles peatonales irregulares y estrechas (figura 1.16.).

11. HUECOS ORIENTADOS A SUR



Figura 2.18. Maqueta (E)co House

EFFECTO INVERNADERO. (E)CO HOUSE (SOLAR DECATHLON MADRID 2012)

(E)co House reduce el consumo de energía utilizando la piel exterior como una máquina de climatización, pero sin consumo. En invierno funciona como un invernadero, acumulando calor, y en verano los módulos solares producen sombra en el interior y también permiten la ventilación natural cruzada. La casa reduce hasta un 50% del consumo energético mediante el aprovechamiento total de los sistemas bioclimáticos. La captación de sol se ve aumentada gracias al doble cerramiento en donde uno de ellos trabaja en su totalidad.

¹ Hilos de vidrio o de plástico que transmiten la luz

12. MATERIALES IMPERMEABLES



Figura 2.19. Impermeabilizante

LÁMINA IMPERMEABILIZANTE

Existen variedad de sistemas de impermeabilización a la hora de impermeabilizar. Los más destacados son las láminas asfálticas, PVC¹, EPDM¹ y productos líquidos de poliuretano o caucho acrílico. La durabilidad de la impermeabilización depende de la calidad y del tipo de sistema utilizado, la correcta aplicación por parte de los operarios, el buen uso de la zona impermeabilizada, el mantenimiento...

13. BASE TIERRA COMPACTADA



Figura 2.20. Casa tipo elevada

HORMIGÓN POROSO

Como solución a las consecuencias del devastador huracán Katrina en un barrio de nueva Orleans (EE.UU.), se puso en marcha una acción para construir 150 casas sostenibles para familias sin hogar. Para ello, se utilizó hormigón poroso en la pavimentación de las calles y aceras de la ciudad mejorando los conceptos de una urbanización responsable y manteniendo el espacio público más fluido, por lo tanto. Se trata de un material semipermeable que permite que el agua de lluvia se filtre a través de la pavimentación, permitiendo el flujo natural del agua en el subsuelo. Por otro lado, las casas están construidas en un nivel más alto, por encima del nivel del agua sobre pilotes y plataformas, con el fin de evitar la inundación de las mismas en caso de nuevas inundaciones.

14. MATERIALES LIGEROS



Figura 2.21. Casa móvil

DE MARKIES (ARQUITECTURA MÓVIL)

De markies es una casa móvil de 2 x 4,5 metros pudiendo triplicar su superficie cuando los dos toldos se extienden. Uno de ellos es opaco para la zona privada y el otro más transparente para la zona pública y puede ser transportada por cualquier vehículo. Gracias al aislamiento desarrollado en la era contemporánea, los cerramientos pueden reducir su espesor de tal manera que el transporte de estos refugios sea menos costoso, además del desarrollo de los vehículos, como el lógico.

¹ Policloruro de vinilo

¹ Etileno Propileno Dieno tipo M

15. FACILIDAD DE MONTAJE



Figura 2.22. Heliotrón (Sevilla)

ARQUITECTURA HINCHABLE . JOSE MIGUEL DE PRADA POOLE

Prada Poole fue el precursor de las estructuras neumáticas y ténsales en España elaborando construcciones como parte de esa arquitectura efímera propia de congresos ferias o exposiciones pasando desde la tradicional membrana unitaria en forma de cúpula hasta los grandes conjuntos con las más variadas formas utilizadas para cubrir entre otros, grandes superficies como plazas y campos deportivos. La *figura 1.22.* corresponde a una de sus obras: el hielotron de Sevilla en 1975, una cubierta para una pista de patinaje sobre hielo de 10.000m².

4. GLOSARIO

ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Es aquélla que tiene en cuenta el medio ambiente y que valora, cuando proyecta los edificios, la eficiencia de los materiales y de la estructura de construcción, los procesos de edificación, el urbanismo y el impacto que los edificios tienen en la naturaleza y en la sociedad. Pretende fomentar la eficiencia energética para que esas edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los recursos de su entorno para el funcionamiento de sus sistemas y no tengan ningún impacto en el medio ambiente. Todo ello con el objetivo de asegurar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.

EFFECTO CHIMENEA

La corriente de aire se genera a partir de los gradientes térmicos originados por la radiación solar al calentar el aire contenido en un recinto (denominado chimenea solar) en lo que se conoce como efecto chimenea. Este efecto consiste en que el aire caliente, de menor densidad, tiende a ascender y salir al exterior, forzando a la creación de una corriente de aire fresco del exterior que penetra en el edificio para reemplazarlo, con lo que se va sustituyendo el aire interior por aire exterior a menor temperatura.

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

Consiste en hacer circular una corriente de aire en contacto con una masa de agua, de modo que la evaporación del agua produce una disminución de las temperaturas de ambos. La efectividad del enfriamiento evaporativo es muy alta pero tiene grandes limitaciones: es necesario un ambiente suficientemente seco y exponer el agua a una corriente de aire. La temperatura menor que puede alcanzarse por este procedimiento es igual a la temperatura del bulbo húmedo del aire, que varía en función de la humedad relativa del aire. Esta técnica de enfriamiento puede materializarse de muy diversas formas: estanques y fuentes interiores o en patios, cubiertas inundadas, aspersión de agua en las cubiertas, etc.

ENFRIAMIENTO RADIANTE

El enfriamiento radiante puede obtener una fuente de enfriamiento natural por medio de la transferencia de calor por radiación. Puede producirse mediante techos fríos, cubiertas húmedas, patios y fachadas radiantes.

ENFRIAMIENTO CONDUCTIVO

Se produce cuando los cuerpos pierden calor por conducción, para ello es necesario contar con superficies frías en torno a alguno de los cerramientos, como por ejemplo en construcciones enterradas ya que la temperatura del terreno está sometida a la influencia de las condiciones climáticas exteriores en las primeras decenas de metros y a la temperatura del centro de la tierra en las capas profundas.

INERCI A TÉRMICA

Es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo de esta forma la necesidad de aportación de climatización. Depende de su masa, su densidad y su calor específico. Edificios de gran inercia térmica tienen variaciones térmicas más estables ya que el calor acumulado durante el día se libera en el período nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica. Además conlleva dos fenómenos, uno de ellos es el de la amortiguación en la variación de las temperaturas y otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior. El semienterramiento de edificios puede llegar a aprovechar la capacidad de acumulación calorífica del suelo.

VENTILACIÓN CRUZADA

Se produce mediante la apertura de huecos practicables en fachadas opuestas que dan a espacios exteriores. Es conveniente que éstas se orienten en el sentido del viento dominante, según las características de éste. El efecto también se consigue si las fachadas reciben radiación solar de forma no simultánea, de manera que haya una diferencia térmica en su superficie y en aire próximo a ellas.

5. CONCLUSIONES

1. Cuando se habla sobre sostenibilidad, arquitectura ecológica o edificios verdes entre otros conceptos del estilo, inmediatamente uno se suele imaginar algo novedoso, moderno y con visión de futuro. Sin embargo, la arquitectura sostenible es aquella que tiene en cuenta el medio ambiente y que valora, cuando proyecta, los edificios, la eficiencia de los materiales y de la estructura de construcción, los procesos de edificación, el urbanismo y el impacto que los edificios tienen en la naturaleza y en la sociedad, es decir, pretende fomentar la eficiencia energética para que esas edificaciones no generen un gasto innecesario de energía. Todas estas consideraciones están presentes desde los primeros cobijos que hizo el ser humano, por lo que todos estos conceptos existen desde que se empezó a crear arquitectura.

2. Tradicionalmente las estrategias bioclimáticas empleadas son pasivas, es decir, se basan únicamente en el diseño a todos los niveles del edificio. Esto es debido al escaso desarrollo tecnológico del que sí se dispone a día de hoy. Aun así, la arquitectura era sostenible, razón por la cual la base que se debería seguir manteniendo es la misma: las estrategias pasivas. Lógicamente, todas las activas benefician de manera notable pero no se ha de dejar atrás el diseño para evitar hacer un uso excesivo de las mismas, y en ocasiones, innecesario.

3. Las estrategias bioclimáticas pasivas son lógicas. Es fácilmente demostrable ya que antiguamente sin las comunicaciones existentes hoy en día, diferentes arquitecturas en sitios diversos pero con el clima en común consiguen unas estrategias similares, claro está, con el mismo fin. Así pues, no se necesitan sistemas complejos ni una tecnología altamente desarrollada para conseguir los correspondientes objetivos, basta con analizar el entorno y abastecer los problemas con los recursos disponibles.

4. A la hora de conseguir un edificio bioclimático, muchas de las estrategias presentes en la arquitectura popular se han mantenido constantes. Se puede observar perfectamente en los prototipos de vivienda del Solar Decathlon de los diferentes años, donde el deseo de conseguir un edificio de energía cero hace que se recurra al empleo de numerosas estrategias. Éstas no se han desarrollado porque tal y como se plantearon hace muchos años funcionan francamente bien. Esto es, toda estrategia permite sus cambios siempre y cuando no desaparezca el objetivo principal para el cual se plateó.

5. Es cierto que gracias al avance de la tecnología muchas de las estrategias han podido evolucionar para que sin perder de vista el objetivo funcionen de manera más eficiente. Centrándose solamente en estrategias pasivas de diseño, en esta evolución se han visto involucrados de manera notable el campo de los materiales. Algunos casos son debidos al empleo de materiales de distinta manera a como se hacía anteriormente (diferente posición o tratamiento, facilidad de construcción, adición a sistemas...) y otros gracias a los nuevos materiales, estén ya totalmente integrados en la vida cotidiana como en proceso de estudio y desarrollo en un futuro no muy lejano.

6. REFERENCIAS

LIBROS Y REVISTAS

- AA.VV. *1 Sol, 2 Mundos, 3 Casas, Solar Decathlon: La universidad Politécnica de Madrid en el concurso Solar Decathlon EEUU 2005-2007-2009*. Munilla-Lería. Madrid, 2010. Pág. 18-39.
- AA.VV. *Expo'92 sevilla: Arquitectura y Diseño*. Electa. Milano, 1992. Pág. 70-75.
- AA.VV. *Mimar houses*. Concept Media. Singapur, 1987. Pág. 114-191.
- AA.VV. *Norman Foster: In the 21st century*. A&V. Monografías. Nº 163-164. Arquitectura viva. Madrid, Septiembre-Diciembre, 2013. Pág. 310-315.
- AA.VV. *Sevilla Expo*. A&V. Monografías de Arquitectura y vivienda. Nº 34-35. AviSa. Madrid, Marzo-Junio, 1992. Pág. 301-306.
- DAHE, Torben. *Climate and architecture*. The royal danish academy of fine arts school of architecture. 2008.
- EL-KHORYE, Rodolphe & Andrew Payne. *States of Architecture in the twenty-first century: New directions from the Shanghai world Expo*. Thames & Hudson. China, 2010.
- KAHN, Lloyd. *Cobijo*. Hermann Blume. Madrid 1999.
- NEILA GONZÁLEZ, Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Lería. Madrid, 2004. Pág. 7-129.
- MARZO, Jose María y Carlos Quintáns. *Energía (II)*. Tecntónica: Monografías de arquitectura, tecnología y construcción. Nº 31. ATC Ediciones. Madrid, Febrero 2010.
- MENDLER, Sandra F. *The guidebook to sustainable desing*. John Wiley & sons, INC. New York, 2000.
- MINGUET, Josep María. *Ultra low tech architecture*. Monsa. Barcelona, 2011. Traducción: BabyI traducciones.
- VEGA SÁNCHEZ, Sergio. *Solar Decathlon Europe 2012: Improving energy Efficient Buildings*. España, 2013. Pág. 88-97, 148-157.

TESIS DOCTORALES

GATTI, Fabio. *Arquitectura y construcción en tierra: Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Septiembre 2012.

MASELLI, Paolo. *Las aplicaciones arquitectónicas de los materiales con cambio de fase en los cerramientos exteriores*. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Septiembre, 2011.

OLIVIER RAMÍREZ, Alicia. *Integración de materiales de cambio de fase en placas de yeso reforzadas con fibras de polipropileno: aplicación a sistemas de refrigeración y calefacción pasivos para almacenamiento de calor latente en edificios*. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior Técnica de Arquitectura de Madrid. Junio, 2009.

PIEDECAUSA GARCÍA, Beatriz. *La vivienda tradicional excavada: Las casas cueva de Crevillente. Análisis tipológico y medidas de calidad del aire. Tomo 1*. Universidad de Alicante, Escuela Politécnica Superior de Alicante. Julio, 2012.

ARTÍCULOS

GUAN JIAQING, Hu Yiqun. "The Application and Research of Green Design in the Pavilions of Shanghai Expo". Wuhan University. Wuhan, China. IEEE. Noviembre, 2010. Pag. 161-164.

NEILA GONZÁLEZ, Javier, C. Acha Román, E. Higuera García y C. Bedoya Frutos. "Los Materiales de Cambio de Fase (MCF) empleados para la acumulación de energía en la arquitectura: Su aplicación en el prototipo Magic Box". Universidad Politécnica de Madrid. Julio-Septiembre, 2008.

DE PRADA POOLE, José Miguel y Fabián López Ulloa. "José Miguel de Prada y las estructuras neumáticas en España, 1960-1980". Geometría y proporción en las estructuras - Ensayos en honor de Ricardo Aroca. Campreave. Septiembre, 2010. Pag. 375-387.

ROTONDARO, Rodolfo. *“Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos”*. Vol. 20, Núm. 2. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. 2007.

RUIZ, Diego, Rocío Carabaño y César Bedoya. *“Integración de criterios ambientales en el diseño de los módulos Naturpanel aljibe® para fachadas vegetadas”*. Universidad Politécnica de Madrid. 2014.

RECURSOS DE INTERNET

(E)co House - Solar Decathlon 2012 http://www.sdeurope.org/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LR_ES.pdf; consultado el 29-12-2015

Aislamiento térmico <http://www.grupounamacor.com/?p=1147>; consultado el 4-01-2016

Catálogo comercial Intemper® <http://myslide.es/documents/intemper-soluciones-para-cubiertas-dagd.html>; consultado el 29-12-2015
http://www.globalconstroi.com/images/stories/directorio_empresas/EMPRESAS_ADERENTES/INTEMPER/2011/Catalogo_intemper.pdf; consultado el 20-12-2015

Construcciones con bambú <http://www.arkiplus.com/domo-gigante-construido-con-bambu>; consultado el 4-01-2016

Datos climatológicos <http://www.weatherbase.com/>; consultado el 4-01-2016
<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/CambioClimatico/ClasificacionesClimaticas.htm>; consultado el 4-01-2016

Diccionario de Arquitectura <http://www.parro.com.ar/definiciones.php>; consultado el 17-12-2015

Euskal® <http://www.euskalventanas.com/ventanas-pvc-vidrios-ventanas-climalit/>; consultado el 20-12-2015

Fundación Make it right <http://ecoemas.com/make-it-right-casas-saludables/>; consultado el 3-01-2016

Hormigón translúcido <http://hablemosunpocodetodo.blogspot.com.es/2010/04/hormigon-translucido.html>; consultado el 21-12-2015

Impermeabilizante	http://www.rehabilitaciondefachadas.net/impermeabilizacion-de-cubiertas.php ; consultado el 4-01-2016
Jardines verticales	http://www.urbanarbolismo.es/blog/comparativa-entre-sistemas-constructivos-de-jardines-verticales/ ; consultado el 15-12-2015
Lumeal®	http://www.technal.com/es/es/profesional/Producto/Ventanas-Correderas/LUMEAL/Descripcion-Lumeal/ ; consultado el 20-12-2015
Materiales ligeros	http://trecool.es/2012/08/de-markies-caravana-extensible.html ; consultado el 15-12-2015

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

DAHE, Torben. *Climate and architecture*. The royal danish academy of fine arts school of architecture. 2008.

En este libro se puede encontrar algunos ejemplos de construcciones populares típicas de algunas regiones destacadas. Se analizan bioclimáticamente sacando conclusiones que luego se desarrollan para ver cómo han evolucionado hasta nuestros días. Se ponen ejemplos de ello, sin embargo, algunas de las estrategias señaladas siguen intactas y solamente han cambiado adaptándolo a otras culturas o cambiando de aspecto o forma. Aun así, el resto, ha sido de gran utilidad para distinguir estrategias pasivas a la orden del día. El único problema encontrado es que está escrito en inglés.

NEILA GONZÁLEZ, Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Lería. Madrid, 2004.

En este libro se desarrollan en el primer capítulo, un amplio estudio de casos de arquitectura vernácula clasificados dependiendo del clima al que pertenecen, (según la clasificación de A. N. Strahler). De cada uno de ellos se ha realizado una especie de ficha indicando la situación, el clima, los condicionantes medioambientales y socioeconómicos, la descripción forma y constructiva, y el aprovechamiento medioambiental y estrategias bioclimáticas, que han sido muy útiles a la hora de realizar las de este trabajo.

PROCEDENCIA DE LAS IMÁGENES

- Fig. 1.1. Elaboración propia a partir de los datos de <http://www.weatherbase.com/>
- Fig. 1.2. <http://www.iraac18.com/wp-content/uploads/2012/07/%D8%B5%D9%88%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B1%D8%A7%D9%82-84-15ox15o.jpg>
- Fig. 1.3. <http://es.slideshare.net/erhardrohmer/arquitectura-popular-42899183>
- Fig. 1.4. http://photo.faircompanies.com.s3.amazonaws.com/users/nicolas.boullosa/photos/5079932783_3d93c9e79c.jpg
- Fig. 1.5. <http://newsinphoto.ru/puteshestviya/tainstvennye-goroda-jemena/>
- Fig. 1.6. <https://losprofesdelmaiz.files.wordpress.com/2013/08/stork.jpg?w=300&h=225>
- Fig. 1.7. <http://2.bp.blogspot.com/-Sv9SemVg6ks/UXSWOgBYdI/AAAAAACFY/OZaFMCWznaw/s640/windcatchers1938.jpg>
- Fig. 1.8. <https://afrikapasifika.files.wordpress.com/2013/06/afrika-pasifika-fali-11.jpg?w=442&h=330>
- Fig. 1.9. http://blog.shiito.es/wp-content/uploads/2011/08/palafitos_panama.jpg
- Fig. 1.10. http://blue.ap.teacup.com/oinarisama/timg/middle_1283207560.jpg
- Fig. 1.11. <http://www.gaytoursmexico.com/images/casa%20maya%20gay%20tours%20mexico.jpg>
- Fig. 1.12. <http://us.123rf.com/450wm/pius99/pius991008/pius99100800028/7606325-un-cluster-de-tongkonan-casas-de-barco-tradicional-del-pueblo-de-tana-toraja-de-sulawesi-indonesia.jpg>
- Fig. 1.13. <http://66ecb7ba6doaff463054-8ce1937a0eo741d8d43dc6c8139bided.r37.cfi.rackcdn.com/4/2/large.jpg>
- Fig. 1.14. http://imagenes.publico.es/resources/archivos/2011/3/8/1299581800211G_Suiza1gd.jpg
- Fig. 1.15. http://img.europapress.net/fotoweb/fotonoticia_20140616175336-609339_800.jpg
- Fig. 1.16. <https://hyttefeber.no/wp-content/uploads/2015/10/hyttefeber30.jpeg>
- Fig. 1.17. <http://k37.kn3.net/taringa/1/2/7/1/6/7/45/larsburns/973.jpg?805>
- Fig. 1.18. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Pall_oza_en_O_Cebreiro_\(Lugo\).JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Pall_oza_en_O_Cebreiro_(Lugo).JPG)

- Fig. 2.1. PIEDECAUSA GARCÍA, Beatriz. La vivienda tradicional excavada: Las casas cueva de Crevillente. Análisis tipológico y medidas de calidad del aire. Tomo 1. Universidad de Alicante, Escuela Politécnica Superior de Alicante. Julio, 2012. Pág. 84.
- Fig. 2.1. AA.Vv. *Expo'92 sevilla: Arquitectura y Diseño*. Electa. Milano, 1992. Pág. 74. Imágen escaneada.
- Fig. 2.2. <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQzglFFSzI-G2en2jYNb85y7PzlH1wkbrFrNMMoMqkTTD16e8zA>
- Fig. 2.3. https://c1.staticflickr.com/9/8455/7992242590_82e4c71393_b.jpg
- Fig. 2.4. Elaboración propia a partir de los datos de:
<http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp>
- Fig. 2.5. https://masteredificacioneficienteyrehabilitacion.files.wordpress.com/2012/05/intemper_tf-ecologico.jpg
- Fig. 2.6. http://www.insulationweb.co.uk/wp-content/uploads/2012/03/iStock_000017108684XSmall-LianeM.jpg
- Fig. 2.7. http://www.scielo.cl/fbpe/img/arq/n84/art15_img04.jpg
- Fig. 2.8. <https://bimobject.com/es/content/showproductimage?id=50d5f9c4-93e5-46a0-9133-0817a0e0b55a&imageId=13329&size=default&ver=20151008144011>
- Fig. 2.9. http://1.bp.blogspot.com/-pwtlc84AmwE/VKzzdSbjsII/AAAAAPiY/Nl_qdxQSHzc/s1600/tumblr_nhoglbjnwGirhoiet03_1280.jpg
- Fig. 2.10. <http://images.nrel.gov/viewphoto.php?imageId=6315075&albumId=207383>
- Fig. 2.11. <http://www.domoticaviva.com/noticias/065-290406/magicbox.jpg>
- Fig. 2.12. <http://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2013/11/domo-en-bambu3.jpg>
<http://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2013/11/Water-and-Wind-caf%C3%A9.jpg>
- Fig. 2.13. <http://www.construction21.org/espana/case-studies/es/escuela-bioconstructiva-el-rieral-santa-eulalia-de-roncana.html>
- Fig. 2.14. http://catalogo.artium.org/sites/default/files/imagenesbody/10/2013/marie_01_john_gollings.jpg
- Fig. 2.15. http://3.bp.blogspot.com/_BWxh-5GBWTA/S8NPS062EXI/AAAAAAABTc/zKYwz-uLAKI/s400/Paredde.LitraCon%28HormigonTranslucidoFibraOptica%29.jpg
- Fig. 2.16. http://www.energate.com/uploads/pics/ENERGATE-MASDAR6_01.jpg

- Fig. 2.17. <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/00/50/fa/0050fab12180b5e716262fb98e923c4f.jpg>
- Fig. 2.18. <http://www.gris.cat/blog/wp-content/uploads/2012/09/UPC-Solar-Decathlon.jpg>
- Fig. 2.19. <http://www.rehabilitaciondefachadas.net/img/impermeabilizacion-de-cubiertas.jpg>
- Fig. 2.20. <http://ecoesmas.com/wp-content/uploads/2015/04/Mark-Gstohl.jpg>
- Fig. 2.21. <http://www.mypinkadvisor.com/wp-content/uploads/2012/08/De-Markies-Eduard-Bohtlingk-5.jpg>
- Fig. 2.22. <https://skfandra.files.wordpress.com/2009/11/3-hielotron111.jpg>

Imágenes consultadas por última vez el 29-31-2015

Gráficos (1.1-1.18) Elaboración propia a partir de los datos climatológicos de:
<http://www.weatherbase.com/>

Esquemas (1-18) Elaboración propia a partir de:
 DAHE, Torben. *Climate and architecture*. The royal danish academy of fine arts school of architecture. 2008.
 NEILA GONZÁLEZ, Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Lería. Madrid, 2004.