

3. DISEÑO

Los seres humanos llevan muchos milenios habitando la Tierra, y ninguno de los pueblos y culturas que nos han precedido ha necesitado esquilmar sus recursos naturales y los de las generaciones futuras para vivir de manera confortable. La receta ha sido siempre adaptación al clima y al lugar.

Esta receta en la actualidad se ha abandonado; se construye de espaldas al sol, al clima y al lugar y se sufre luego el desconfort que hemos creado con sistemas costosos de calefacción y aire acondicionado, llegando a un punto insostenible.

La construcción bioclimática trata de trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas, estudiando aquellas condiciones que deberemos tener en cuenta en el entorno que rodea al edificio: evitando los inconvenientes y aprovechando las ventajas, de forma que se consiga un ambiente confortable en el interior, con menor consumo energético que un edificio convencional.

Dichas condiciones son las que se van a analizar en este capítulo, aspectos pasivos a tener en cuenta para poder diseñar un edificio bioclimático.

3.1. ELEMENTOS NECESARIOS

La construcción bioclimática se caracteriza por estar adaptada al medio ambiente, para lo que tiene en cuenta:

1) La **ubicación**. La ubicación sobre el terreno del elemento arquitectónico es un parámetro clave en su comportamiento climático. El análisis pormenorizado de las condiciones climáticas es imprescindible para valorar su influencia en las condiciones de confort. Estas condiciones climáticas deben ser analizadas tanto desde el punto de vista macroclimático como desde el microclimático.

Condiciones macroclimáticas: Son consecuencia de la zona del planeta donde nos situemos y dependientes de factores como la latitud, longitud y la región climática. Se encuentran definidas por medio de:

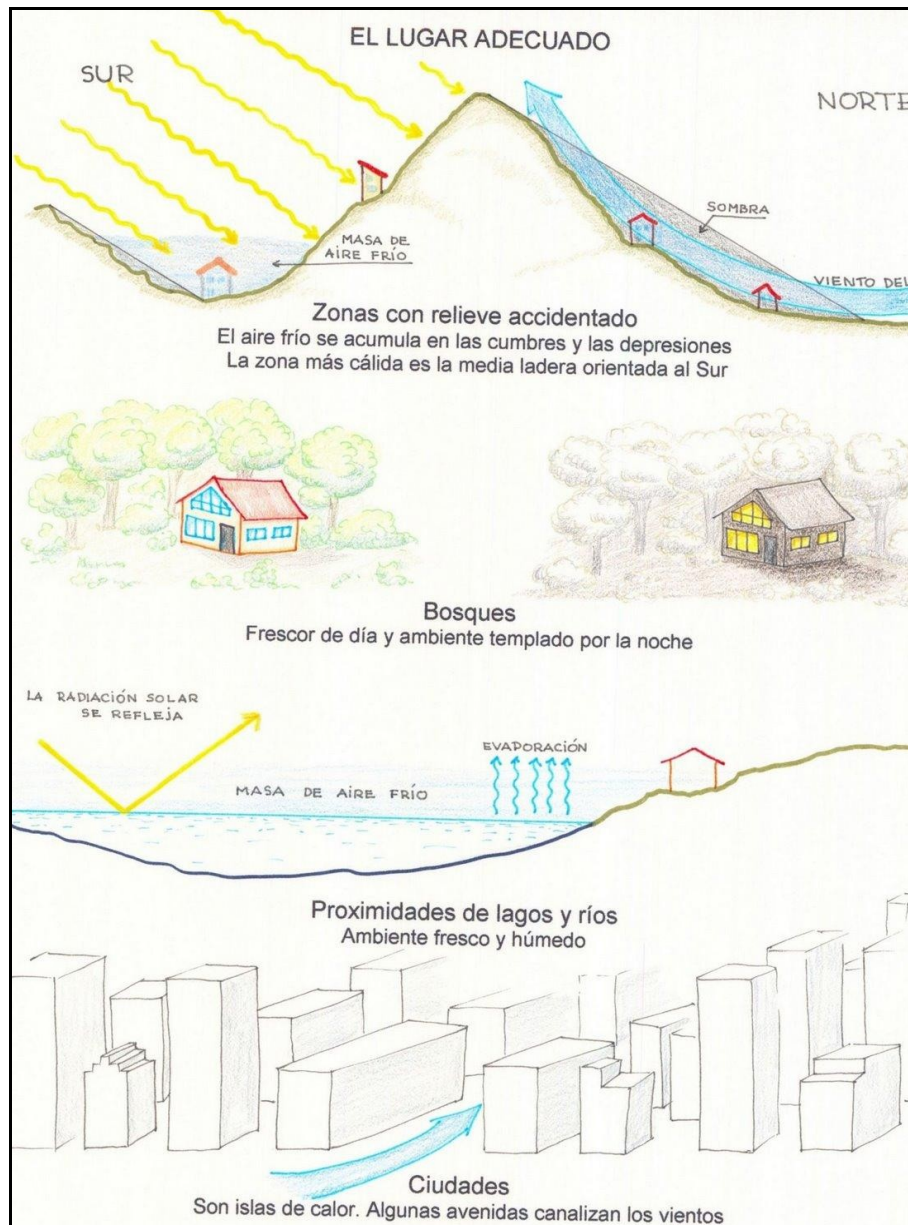
- Temperaturas medias, máximas y mínimas en invierno o verano. Diurnas y nocturnas.
- Régimen pluviométrico y grado de humedad.
- Índice de radiación solar, insolación directa o difusa.
- Dirección y velocidad media del viento dominante. Infiltraciones en invierno, aprovechamiento de corrientes de aire en verano.

Condiciones microclimáticas: Están influidas por la existencia de accidentes geográficos del entorno local inmediato y pueden modificar los factores macroclimáticos de forma significativa. Se puede tener en cuenta:

- La pendiente del terreno, por cuanto determina una orientación predominante de la vivienda.
- La existencia cercana de elevaciones, por cuanto pueden influir como barrera frente al viento o frente a la radiación solar.
- La existencia de masas de agua cercanas, que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la humedad ambiente.
- La existencia de masas boscosas cercanas.
- La existencia de edificios.



La elección de la ubicación más adecuada de los edificios, en base a parámetros macro y microclimáticos es fundamental y condicionante del proceso de diseño posterior de los mismos. No obstante, se debe tener en cuenta que siempre es posible actuar sobre el entorno (añadiendo o quitando vegetación o agua, por ejemplo), para modificar las condiciones microclimáticas ya mencionadas. Es lo que se llama corrección del entorno.



Así mismo, se debe buscar una ubicación adecuada evitando tanto la proximidad de fuentes emisoras de contaminación eléctrica, electromagnética, química y acústica (fabricas contaminantes, transformadores eléctricos, tendidos de alta tensión, grandes vías de comunicación, etc.), como el asentamiento sobre fallas geológicas, cauces de agua o zonas inundables o de deslizamiento. También deberán ser evitados aquellos lugares donde, por la actuación del hombre, puede ponerse en peligro algún determinado ecosistema. Y siempre evitar la modificación del campo magnético natural.

El estudio de las condiciones ambientales nos permite plantear las estrategias arquitectónicas necesarias para conseguir el objetivo de obtener los mayores beneficios bioclimáticos y la adecuada sensación de confort.

2) Los **datos climáticos**. El clima se puede definir como el conjunto de condiciones atmosféricas de carácter cíclico anual que caracterizan una zona o región. En la mayor parte de los casos sólo disponemos de datos de una estación meteorológica a unos kilómetros. Lo ideal sería disponer de datos microclimáticos, es decir en la zona donde vamos a construir, ya que a veces en menos de 1km cambia. A falta de estos, podemos orientarnos por los cultivos y vegetación de la zona, todos conocemos por ejemplo que en las laderas norte suele tener nieve durante más tiempo que las orientadas al sur.

Las condiciones atmosféricas a considerar para identificar un tipo de clima son: la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación solar recibida, la cantidad de precipitaciones y la dirección e intensidad del viento.

Se puede hacer una clasificación climática en tres grandes grupos o tipos de clima: cálidos, fríos y templados. Estas clasificaciones climáticas orientan sobre los parámetros ambientales de grandes áreas geográficas, pero es imprescindible analizar dentro de ellas el microclima del lugar que puede hacer variar las condiciones climáticas y en consecuencia el diseño del edificio, como hemos comentado anteriormente.

- Clima cálido: Temperaturas agradables incluso en los meses fríos pudiendo distinguir entre climas cálidos secos o húmedos, el primero con humedad muy baja y precipitaciones casi nulas (zonas desérticas cercanas al ecuador) y el segundo con un alto grado de humedad y precipitaciones fuertes e irregulares (zonas subtropicales marítimas). Otro problema asociado a estos climas es el deslumbramiento producido por el brillo que el cielo emite hacia todas las direcciones. Los intercambios de energía entre el edificio y el entorno son escasos, estas condiciones se mejoran mediante el sombreado y la ventilación.

- Clima frío: Sus parámetros característicos son la alta latitud, bajas temperaturas, reducida radiación solar y vientos desagradables procedentes de los polos. El factor más importante para habitabilidad del edificio es que pueda mantener el calor en su interior. Los mayores problemas son las elevadas pérdidas por convección, por tanto se busca reducir los intercambios entre el edificio y el entorno, esto se puede lograr mediante la construcción de edificios con bajo factor de forma y con cerramientos con gran inercia térmica. Además se debe favorecer la entrada de la radiación solar en el edificio evitando a su vez las pérdidas de calor por las superficies acristaladas.

- Clima templado: Es el tipo de clima más complejo por la variabilidad de sus parámetros, aunque en general la radiación solar es intensa, los veranos secos y los inviernos lluviosos y más fríos en el interior que en las zonas costeras. En invierno es necesario el aporte de la radiación solar y en verano debe evitarse por lo que las estrategias arquitectónicas son variables a lo largo del año. Dentro de este tipo de clima se incluye el clima mediterráneo. Nuestro país a causa de su geografía es una de las zonas mediterráneas con mayor variedad de climas.

Por lo tanto para que los arquitectos encargados del desarrollo de un proyecto arquitectónico y los usuarios finales del mismo puedan beneficiarse de los condicionantes climáticos relativos a su entorno, es necesario que estén dotados de una formación específica en arquitectura bioclimática y además dispongan de información concreta relativa al clima y entorno ambiental de su ubicación.

3) La **actividad** a realizar, es decir el uso de los edificios nos dará idea de las necesidades que van a tener. No es lo mismo un edificio de viviendas que un almacén. Así mismo interesa conocer el grado de ocupación del mismo.



Un estudio coherente debe tener en cuenta el clima, las necesidades para el bienestar: el confort (dependiendo del uso final del edificio, no es lo mismo un alojamiento de ganado que un almacén para alimentos) y que el diseño constructivo sea adecuado: seguridad estructural, frente a incendios, coste y durabilidad etc, el proyecto se centrará en las estrategias bioclimáticas.



3.2. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

- FORMA Y ORIENTACIÓN

La forma del edificio influye sobre:

- La *superficie de contacto* entre lo construido y el exterior, lo cual influye en las pérdidas o ganancias caloríficas. Normalmente se desea un buen aislamiento, para lo cual, además de utilizar los materiales adecuados, la superficie de contacto debe ser lo más pequeña posible. Para un determinado volumen interior, una forma compacta (como el cubo), sin entrantes ni salientes, es la que determina la superficie de contacto más pequeña. La existencia de patios, alas, etc. incrementan esta superficie.
- La *resistencia frente al viento*. La altura, por ejemplo, es determinante: un edificio alto siempre ofrece mayor resistencia que uno bajo. Esto es bueno en verano, pues incrementa la ventilación, pero malo en invierno, porque incrementa las infiltraciones. La forma del tejado y la existencia de salientes diversos, por ejemplo, también influye en conseguir un edificio más o menos "aerodinámico". Teniendo en cuenta las direcciones de los vientos predominantes, tanto en invierno como en verano es posible llegar a una situación en la cual se minimicen las infiltraciones en invierno y se incremente la ventilación en verano.

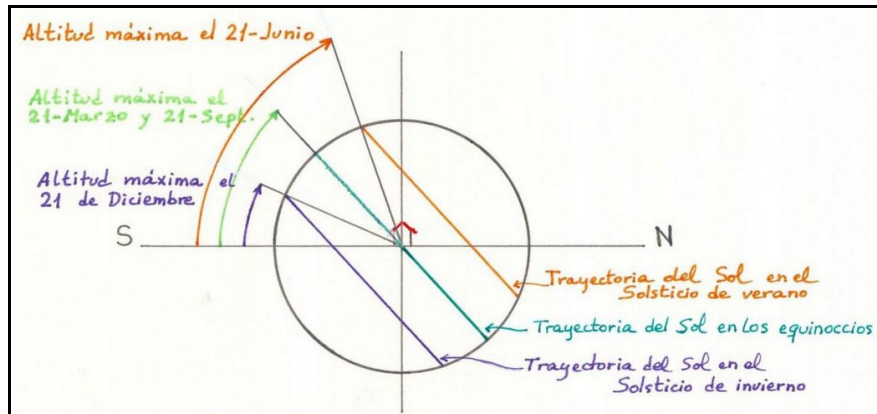


- La *captación solar*. En general, para climas templados, el edificio lineal en la dirección este-oeste es el más aconsejable, ya que permite un mayor aprovechamiento de la radiación solar recibida por la fachada sur. En algunos lugares donde las temperaturas son extremas (tanto de frío como de calor), puede ser conveniente que el edificio sea más compacto, mientras que, en zonas cálidas con mucha radiación, las fachadas con geometrías complejas (volúmenes añadidos, cuerpos salientes) proporcionan sombras suplementarias.

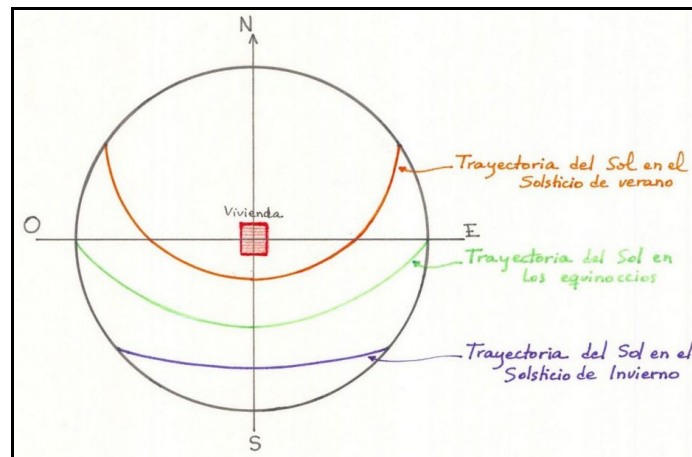
La orientación de la casa influye sobre:

- La *captación solar*. Normalmente interesa captar cuanto más energía mejor porque es fuente de climatización en invierno (en verano se utilizan sombreamientos y otras técnicas para evitar la radiación). En las latitudes del Sur de Europa conviene orientar siempre la superficie de captación (acristalado) hacia el Sur, de este modo se capta la energía del sol pasivamente. La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular, cuyo lado mayor va de Este a Oeste, y en el cual se encontrarán la mayor parte de los dispositivos de captación (fachada Sur), y cuyo lado menor va de Norte a Sur. Hay que reducir la

existencia de ventanas en las fachadas Norte, Este y Oeste, puesto que no son muy útiles para la captación solar en invierno (aunque pueden serlo para ventilación e iluminación) y, sin embargo, a través de ellas se producen muchas pérdidas de calor.



PROYECCIÓN ESFÉRICA ALTITUD MÁXIMA DEL SOL SEGÚN LA ÉPOCA DEL AÑO



PROYECCIÓN EN PLANTA DEL RECORRIDO DEL SOL

En algunos diseños, la fachada Norte se halla semienterrada para resguardarse del frío viento invernal y no tener pérdidas térmicas. Además esta fachada resguardada es un espacio fresco en verano, y permite un intercambio de aire con la fachada Sur, por convección, es un refrigerante natural para el verano y un acumulador de calor para el invierno.

- La *influencia de los vientos dominantes* sobre la ventilación y las infiltraciones.

- CAPTACIÓN SOLAR PASIVA

La energía solar es la fuente principal de climatización en una vivienda bioclimática. Su captación se realiza aprovechando el propio diseño de la vivienda, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos. Los materiales, calentados por la energía solar, guardan este calor y lo liberan posteriormente, atendiendo a un retardo que depende de su inercia térmica. Para un mayor rendimiento, es aconsejable disponer de sistemas de aislamiento móviles (persianas, contraventanas, etc.) que se

puedan cerrar por la noche para evitar pérdidas de calor por conducción y convección a través del vidrio.

Breve explicación de los tres tipos de mecanismos diferentes de transmisión del calor a través de los cuerpos:

- *Conducción*. La conducción es la manera de transferir calor desde una masa de temperatura más elevada a otra de temperatura inferior por contacto directo. El coeficiente de conducción de un material mide la capacidad del mismo para conducir el calor a través de la masa del mismo. Los materiales aislantes tienen un coeficiente de conducción pequeño por lo que su capacidad para conducir el calor es reducida, de ahí su utilidad.

- *Convección*. La transmisión de calor por convección es un intercambio de calor entre el aire y una masa material que se encuentran a diferentes temperaturas. El transporte del calor se produce por movimientos naturales debidos a la diferencia de temperaturas, el aire caliente tiende a subir y el aire frío baja, o bien mediante mecanismos de convección forzada.

- *Radiación Térmica*. Es un mecanismo de transmisión de calor en el que el intercambio se produce mediante la absorción y emisión de energía por ondas electromagnéticas mayores que las emitidas por la radiación solar, por lo que no existe la necesidad de que exista un medio material para el transporte de la energía.

Los sistemas de captación pueden ser definidos por dos parámetros: rendimiento, o fracción de energía realmente aprovechada respecto a la que incide, y retardo, o tiempo que transcurre entre el almacenamiento de la energía y su liberación. Hay varios tipos de sistemas:

- *Sistemas directos*. El sol penetra directamente a través del acristalamiento al interior del recinto. Es importante prever la existencia de masas térmicas de acumulación de calor en los lugares donde incide la radiación (suelo, paredes). Son los sistemas de mayor rendimiento y de menor retardo. (ventanales: su dimensionado y orientación)

- *Sistemas semidirectos*. Utilizan un adosado o invernadero como espacio intermedio entre el exterior y el interior. La energía acumulada en este espacio intermedio se hace pasar a voluntad al interior a través de un cerramiento móvil. El espacio intermedio puede utilizarse también, a ciertas horas del día, como espacio habitable. El rendimiento de este sistema es menor que el anterior, mientras que su retardo es mayor. (miradores, invernaderos, galerías, porches etc)

- *Sistemas indirectos*. La captación la realiza directamente un elemento de almacenamiento dispuesto inmediatamente detrás del cristal (a pocos centímetros). El interior de la vivienda se encuentra anexo al mismo. El calor almacenado pasa al interior por conducción, convección y radiación. El elemento de almacenamiento puede ser un paramento de material de alta capacidad calorífica, bidones de agua, lecho de piedras, etc., y puede ser una de las paredes de la habitación, el techo, o el piso. Un caso particular es el llamado muro trombe, que más tarde analizaremos en profundidad.

En el diseño de estos sistemas es importante considerar:

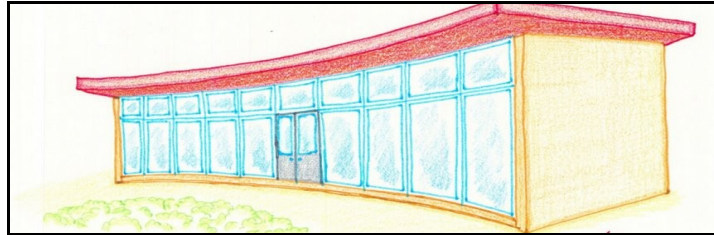
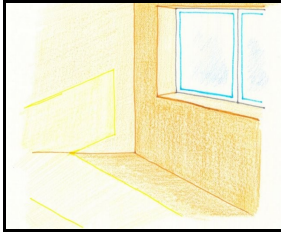
- La existencia de suficiente masa térmica para la acumulación del calor dispuesta en las zonas de incidencia de radiación;
- La existencia de cerramientos móviles para aislamiento (persianas, contraventanas, etc.);
- La orientación, obstáculos y sombreamientos de los espacios de captación, de tal manera que se maximice la captación de energía en invierno y se minimice la de



verano. Lo óptimo es la orientación al Sur de los sistemas de captación, o con una desviación de hasta 30°.

- VENTANALES:

Una simple ventana orientada hacia el Sol es el primer sistema de captación solar pasiva. Todos sentimos más confort un día de invierno en el que los rayos del sol entran por la ventana que un día nublado, aunque el termómetro marque la misma temperatura. Nuestra piel capta la radiación solar y eso nos hace sentir más confortables.



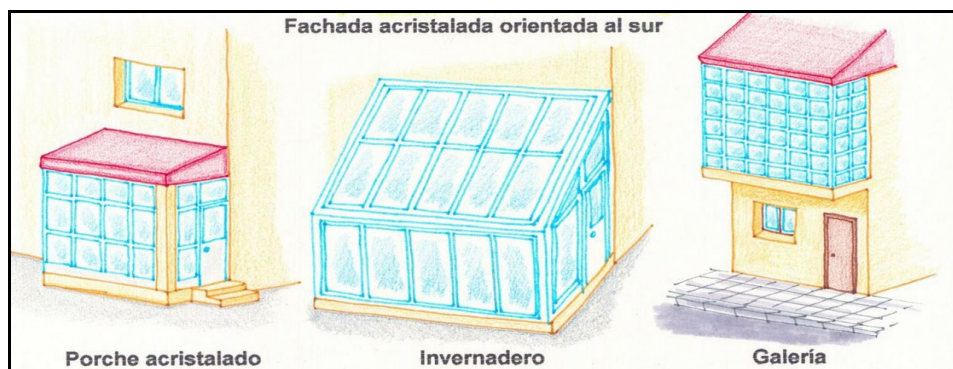
Hemos visto que los sistemas captadores directos consisten en exponer a la radiación solar el espacio constructivo que se desea caldear. Para lograrlo se interpone el vidrio de una ventana o fachada acristalada entre la radiación solar y el espacio a calentar.

Por último, a través de los huecos acristalados penetra una gran cantidad de energía, por tener un coeficiente de transmisión térmica mucho mayor que el del cerramiento y porque a través de ellos incide la radiación solar sin apenas obstáculos, como ya hemos visto. La orientación de los huecos también es una estrategia fundamental para controlar la radiación incidente.

- MIRADORES, INVERNADEROS, PORCHES, GALERÍAS, etc.:

La captación solar se puede hacer a través de un invernadero, galería o porche cubierto con vidrio. Estos espacios adosados o situados en la fachada sur del edificio son una solución muy utilizada cuando construimos con criterios bioclimáticos, ya que sirven de captadores de la energía solar y protectores del frío en invierno.

Un invernadero adosado y bien integrado en la vivienda supone un gran ahorro en calefacción, pero debe estar bien diseñado y provisto de buena ventilación y elementos de protección solar para evitar sobrecalentamiento en verano. Los miradores, las galerías y los porches son un buen ejemplo que a continuación se detalla su funcionamiento.



El vidrio que componen estas soluciones, permite el paso de la radiación solar (de menor longitud de onda) pero no de la radiación térmica o infrarroja (de mayor longitud de onda), es decir que es transparente a la luz visible (radiación solar) y prácticamente opaco a la radiación térmica. De este modo lo que se consigue es que durante el día, el aire que se calienta en el invernadero se distribuye por toda la casa gracias a las corrientes de convección para acumularlo en su interior durante un determinado tiempo muy valioso.

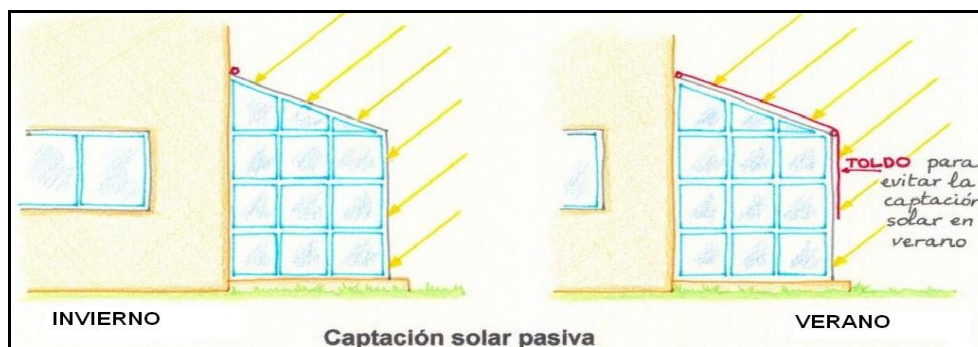
Aunque este sistema es sencillo, para que funcionen correctamente hay que tener en cuenta varios detalles:

Para el invierno, cuando ha de captar energía en forma de radiación;

- Debe tener un cierre en el hueco del muro para evitar pérdidas de energía por la vidriera en los días nublados y por la noche.
- Ha de abarcar parte de muro alrededor de hueco para que este acumule calor gracias a la inercia térmica del mismo y lo vaya soltando paulatinamente a lo largo de la noche.
- El suelo no ha de ser prolongación del forjado para evitar puentes térmicos.

Para el verano, cuando la radiación es más elevada;

- Se tiene que poder abrir para favorecer la pérdida de calor excesivo así como por ventilación.
- Conviene que cuente con elementos que controlen la entrada de radiación, en este caso los visillos, que reflejan la luz solar, al ser muy ligeros (muy poca masa), no acumulan calor.



Si se cultivan plantas en los invernaderos, la propia vegetación hace de acondicionador térmico suavizando las temperaturas para que no haya tanta diferencia entre el día y la noche y regulando la humedad ambiental.

- MURO TROMBE:

Un muro trombe es un muro colector de energía solar situado entre el exterior y el espacio a calentar. Es un elemento constructivo que conjuga la estrategia de captación solar y la de alta inercia térmica.

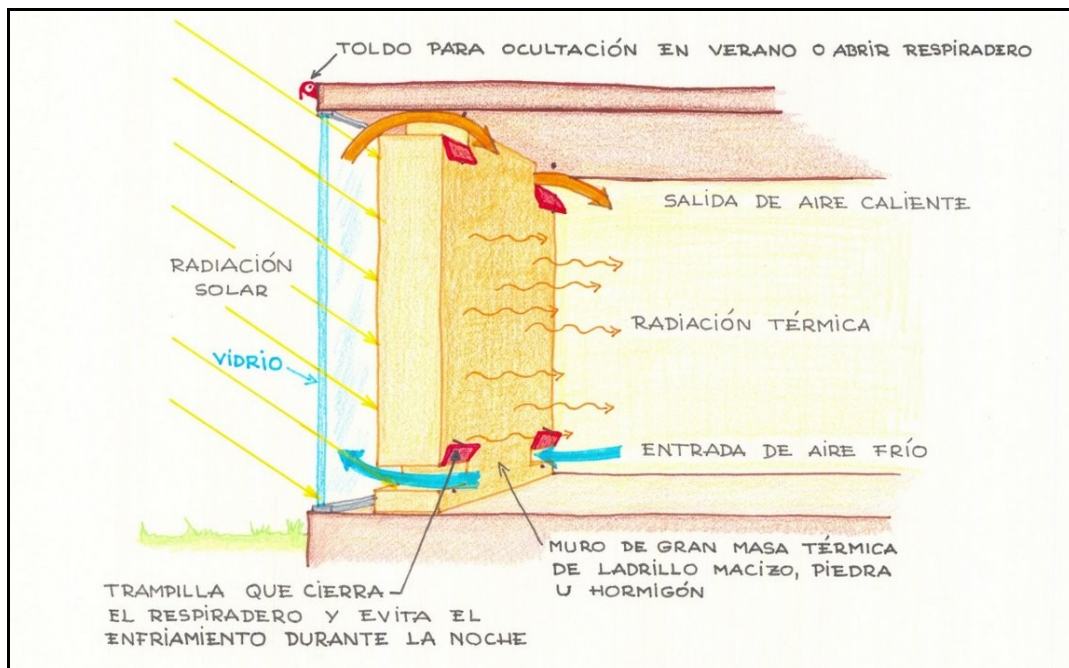
Está compuesto por una superficie vidriada o de plástico transparente, una cámara de aire de unos 10cm y una masa térmica (hormigón, piedra o tierra).

Además se sitúan orificios de ventilación en la parte superior e inferior del muro, para permitir el paso del aire caliente de unos espacios a otros.

Usualmente su cara exterior está pintada de negro para lograr una mayor absorción de la energía solar. Durante el día la radiación solar atraviesa el vidrio y se transforma en energía térmica, llegando a alcanzar la superficie exterior del muro 65°C .

Parte de este calor se absorbe e inicia un proceso de conducción hacia la cara interna del muro.

El aire calentado en la cámara circula por convección y se introduce al interior por las aberturas superiores del muro, mientras que por las aberturas inferiores sale el aire frío.



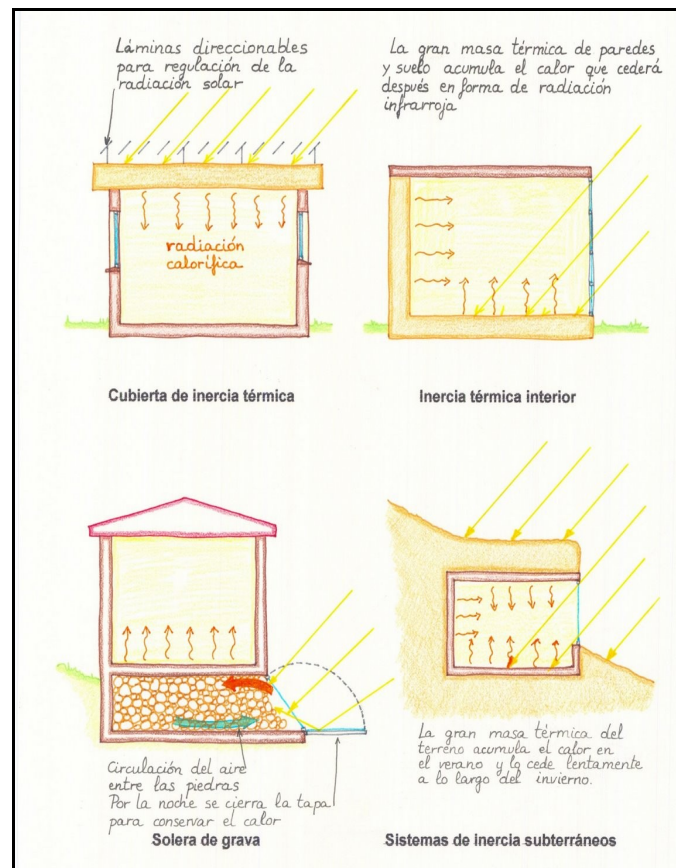
Durante la noche las aberturas se cierran para evitar pérdidas de calor.

Además el calor de conducción ya ha alcanzado la superficie interna y se distribuye al interior por radiación.

El muro trombe es una construcción de doble piel: la hoja interior está formada por hormigón, ladrillo tradicional o materiales pesados, con una superficie exterior oscura que actúa como absorbedor térmico y acumulador de calor; la piel externa es cristal, que a través del efecto invernadero produce el calentamiento del aire de la cavidad.

A parte del citado existen otros sistemas de captación indirecta de la radiación solar, haremos un resumen de ellos:

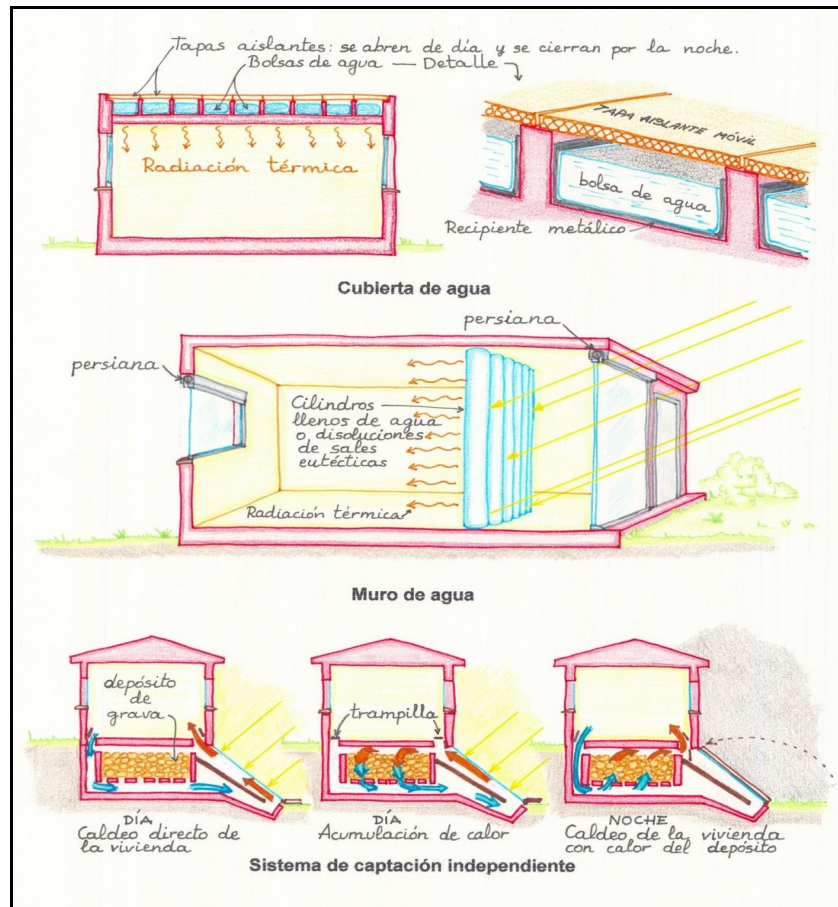
- Cubierta de inercia térmica: es una cubierta realizada con materiales de construcción de elevado peso específico. Su gran masa amortigua las oscilaciones térmicas.



- **Inercia térmica interior:** consiste en situar en las paredes y suelos del interior del edificio grandes masas térmicas que capten y acumulen la radiación solar. Deben situarse en lugares donde puedan captar la energía, cerca de ventanales, invernaderos, etc. Deben repartirse lo más posible por todo el edificio, no concentrar las masas térmicas solamente en una zona para amortiguar mejor los ciclos noche-día. El aislamiento del edificio debe ir por el exterior, para proteger el calor acumulado en muros y suelos.
- **Solera de grava:** consiste en disponer una solera de grava muy bien aislada que actuará de depósito acumulador. Hay que asegurarse de que la humedad del terreno no llegará a la grava. La captación se realiza a través de un vidrio como en la pared Trombe. La energía almacenada se conduce al interior del edificio, bien por radiación o bien haciendo circular aire por el interior de la solera.
- **Inercia subterránea:** Este sistema aprovecha la gran masa térmica del terreno para amortiguar las oscilaciones climáticas del exterior. Da muy buenos resultados en climas extremados y de montaña.

• *Sistemas de elementos captadores añadidos.* La captación y acumulación de la energía solar se realiza por medio de elementos que no pertenecen al edificio propiamente dicho.

- **MURO DE AGUA:** Muro similar al Trombe, formado por depósitos de agua entre los que se dejan huecos para favorecer las corrientes de convección y facilitar los intercambios de calor con el interior del edificio. Suelen colocarse 200 litros de agua por metro cuadrado de superficie de captación.



- **CUBIERTA DE AGUA:** Sobre una azotea pintada de color muy oscuro o negro se colocan bidones o sacos de plástico que se llenan de agua. Su eficacia aumenta si se cubren con vidrio o un material translúcido. En nuestras latitudes, por la inclinación de los rayos solares en invierno, deben ir sobre una superficie inclinada y cubrirse durante la noche invernal. En verano puede utilizarse este sistema para refrigerar, dejando destapados los depósitos de agua para que se enfríen durante la noche. Dan mejor resultado en refrigeración en clima continental con noches de verano frescas y días calurosos.

- **SISTEMA DE CAPTACIÓN INDEPENDIENTE:** Consta de un elemento captador adosado al edificio que aprovecha el efecto invernadero y mediante corrientes de convección de aire o agua transmite el calor a un depósito acumulador desde donde se transferirá al edificio. Estos elementos captadores pueden construirse "in situ" con materiales de construcción, por ejemplo ladrillos o cantos rodados y un recubrimiento de vidrio.

- INERCIA TÉRMICA

La inercia térmica es la dificultad que ofrecen los cuerpos para cambiar su temperatura. Una casa de pueblo, en invierno, tarda en alcanzar una temperatura agradable una vez que se enciende la calefacción. Cuando la apagamos, por la noche, la temperatura de la habitación todavía es buena y no se enfría inmediatamente. Si un edificio tiene poca inercia térmica, se calentará pronto durante el día en invierno, pero por la noche se enfriará más rápido. En cambio, si



el edificio tiene gran inercia térmica, no se producen diferencias drásticas de temperatura entre el día y la noche. Esto se basa en que la masa de un edificio tiene la capacidad de almacenar energía en forma de calor, ésta puede ser liberada nuevamente al ambiente, así se consigue evitar las variaciones de temperatura dentro del edificio.

La capacidad de acumulación de un cuerpo es función de la masa, la densidad y el calor específico.

El primero de los factores es el más sencillo de comprender. Hay que aportar más energía a una montaña que a un puñado de tierra para elevar en un grado su temperatura.

El segundo factor también es claro, ya que si eliminamos el aire que contiene una sustancia comprimiéndola, elevaremos su densidad, y la cantidad de energía necesaria para calentarla.

El tercer concepto es el más complejo, pues se refiere a la capacidad que tiene la materia para acumular energía en su unidad de masa. Esta capacidad se denomina calor específico, y depende de la sustancia, así el agua tiene 1 kcal/kg °C mientras el hormigón tiene 0'22 kcal/kg °C.

La inercia térmica tiene una vinculación directa con la acumulación de energía. Así los cerramientos o locales con mucha inercia (muros gruesos de piedra, por ejemplo en las construcciones tradicionales) acumulan mucha energía. Esa energía actúa como un amortiguador ante las fluctuaciones de la temperatura exterior. Así ante una bajada brusca de temperatura exterior, antes de enfriar el ambiente interior se enfría sólo la parte externa del muro. Dado que la temperatura exterior al cabo del tiempo vuelve a subir o el muro recibe de nuevo radiación solar, antes de que se note el efecto en el interior del local se habrá recargado el calor del muro.

Los locales dotados de gran inercia térmica son térmicamente muy estables.

Los valores altos de inercia térmica permiten conseguir uno de los objetivos más deseables en un edificio: la estabilidad térmica.

La inercia térmica produce un desfase de la onda de temperatura en el tiempo y una amortiguación de esta onda al atravesar un elemento constructivo.

Las soluciones constructivas basadas en colocar el material pesado al exterior y el más ligero al interior, separados por un material aislante, tienen poca capacidad de acumulación térmica.

La capacidad de acumulación térmica de los elementos constituyentes de la vivienda es un requisito clave en las técnicas bioclimáticas y fundamental para alcanzar un adecuado nivel de confort, evitando las incómodas oscilaciones de temperatura originadas por las diferencias térmicas entre el día y la noche, así como por la discontinuidad en el funcionamiento de los equipos de calefacción y refrigeración.

Un ejemplo de gran inercia térmica es el suelo, cuyo efecto climático puede ser utilizado ya que amortigua y retarda la variación de temperatura que se produce entre el día y la noche. Puede ser aprovechada climáticamente mediante algunos



mecanismos que se beneficien de la estabilidad de temperatura del mismo a cierta profundidad. La temperatura del suelo suele ser menor que la temperatura exterior en verano, y mayor que la exterior en invierno.

El semienterramiento de alguna fachada, preferiblemente la fachada norte que suele ser la más fría, o tubos de aire enterrados a la mayor profundidad posible en el suelo para aprovechar la diferencia de temperatura y las corrientes de convección, son algunas de las posibilidades bioclimáticas del terreno.

- PROTECCIÓN SOLAR

Afortunadamente en verano el sol está mas alto que en invierno, lo cual dificulta su penetración en las cristaleras orientadas al Sur. La utilización de un alero o tejadillo sobre la cristalera dificulta aún más la penetración de la radiación directa, afectando poco a la penetración invernal. También el propio comportamiento del vidrio es benéfico, porque con ángulos de incidencia de la radiación más oblicuos, el coeficiente de transmisión es menor. A pesar de estos beneficios, hay algunos inconvenientes:

- El solsticio de verano (21 de junio) no coincide exactamente con los días más calurosos del verano (entre el 15 de julio y el 7 de agosto). Esto significa que, cuando llega el calor fuerte, el sol ya está algo más bajo en el firmamento y puede penetrar mejor por la cristalera Sur.
- El día tiene mayor duración (hay más horas de sol) y los días son más despejados que en el invierno.
- Aunque se evite la llegada de la radiación directa, hay que considerar también la radiación difusa y reflejada, lo que puede suponer ganancias caloríficas apreciables.

Por ejemplo, en el caso que la radiación recibida por una fachada Sur sea de 2,43 Kwh/m² en enero y de 4,56 Kwh/m² en agosto, ello significa que se requieren dispositivos de sombreamiento que impidan a esta radiación llegar hasta la cristalera de la fachada Sur.

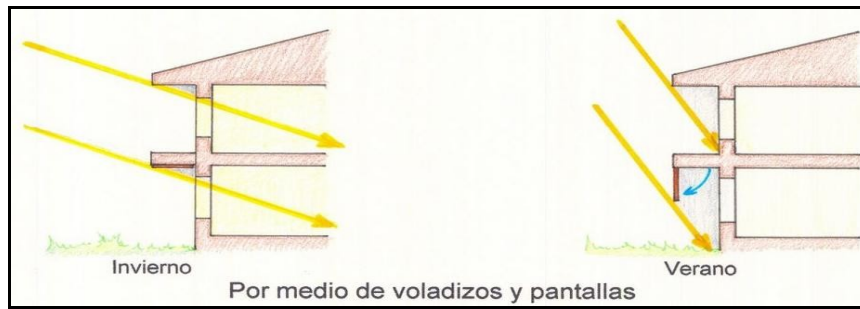
En verano, lo ideal sería permitir la entrada controlada de radiación solar reflejada y difusa, suficiente para proporcionar iluminación natural pero sin producir sobrecalentamientos no deseados.

El sobrecalentamiento es un fenómeno que se produce al transformarse, en un espacio cerrado, la energía solar incidente, en energía térmica. Este fenómeno provoca que en los edificios expuestos a la radiación solar se alcancen en su interior temperaturas bastante más elevadas que la ya de por sí elevada temperatura exterior.

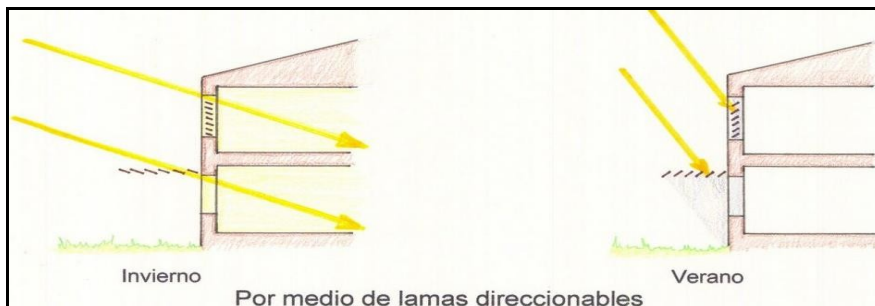
Lo primero que deberíamos es minimizar la radiación solar sobre el edificio, ya que es más fácil impedir el sobrecalentamiento que intentar eliminarlo una vez dentro de nuestro edificio. Por tanto, es preciso la utilización de algunos de los dispositivos que anteriormente se han mencionado:

- Alero fijo, con unas dimensiones adecuadas que impidan algo la penetración solar en verano y no estorben mucho en invierno; de esta manera, un tejadillo situado a 0,5 m por encima de la cristalera, y con 1,3 m de anchura, si la cristalera tiene 2 m de alto, hace que la radiación solar incidente sea de 2,24 Kwh/m² en enero (8% menor que sin alero) y de 2,71 Kwh/m² en agosto (41% menor), en promedio.

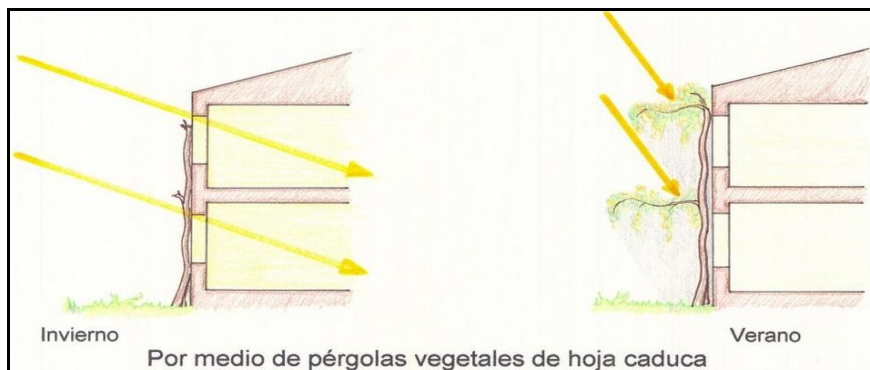




- Toldos y otros dispositivos externos, cuya ventaja es que son ajustables a las condiciones requeridas.

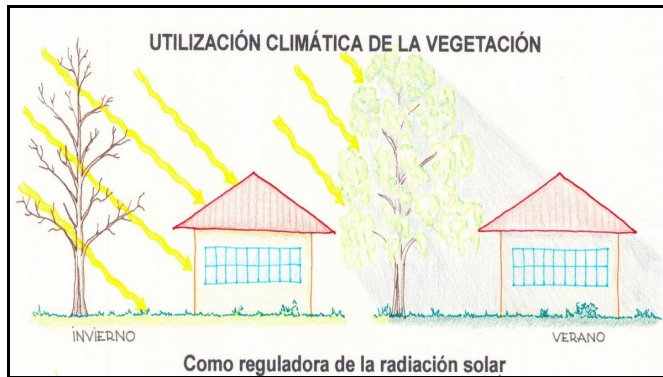


- Alero con vegetación de hoja caduca. Debe ser más largo que el alero fijo y con un enrejado que deje penetrar la luz. Tiene la ventaja de que las hojas se caen en invierno, dejando pasar la luz a través del enrejado, mientras que en verano las hojas lo hacen opaco. El ciclo vital de las plantas de hoja caduca coincide mejor con el verano real que con el solsticio de verano.



- Persianas exteriores. Las persianas enrollables sirven perfectamente para interceptar la radiación.
- Contraventanas. Son más efectivas, pero quizá bloquean demasiado la luz.
- Árboles. Podemos utilizar varias estrategias. Por una parte, cualquier tipo de árbol, colocado cerca de la zona Sur de la fachada, refrescará el ambiente por evapotranspiración. Por otra parte, se puede buscar que el árbol sombree la fachada Sur e incluso parte del tejado, si es suficientemente alto, pero se debe evitar que su sombra afecte en invierno. Para conseguirlo, si el árbol es suficientemente alto y está cerca de la fachada Sur, en invierno, al estar el sol más bajo, la única sombra que se proyectará sobre dicha fachada será la del tronco, mientras que en verano, será la sombra de la copa del árbol la que se proyecte

sobre la fachada Sur y parte del tejado. Por otra parte, un árbol de hoja caduca nos da mayor flexibilidad en cuanto a su posición relativa respecto de la casa, porque en invierno nunca podrá proyectar la sombra de una copa maciza. Siempre se elegirán especies vegetales autóctonas, para garantizar su correcto crecimiento de acuerdo con las condiciones climáticas locales.



PLANTAS Y ÁRBOLES:

Las plantas contribuyen notablemente a la vitalidad y salubridad del ambiente. Purifican el aire, aumentan en él la proporción de iones negativos, generan oxígeno, absorben el anhídrido carbónico y otros gases, regulan la humedad y las temperaturas ambientales, tienen un efecto sedante sobre las personas, reducen el ruido, retienen el polvo y tienen muchas otras cualidades, algunas de ellas específicas de cada planta y realmente sorprendentes.

Algunas de las técnicas anteriores son válidas en general para proteger también muros, y no sólo cristalerías, aunque quizá las mejores técnicas en este caso sean el disponer plantas trepadoras sobre los muros y la utilización de colores poco absorbentes de la luz solar (colores claros, especialmente el blanco). Así por ejemplo un día de verano una fachada realizada con fábrica de ladrillos cerámicos oscuros, orientada al sur, a las 12:00 horas puede alcanzar una temperatura de cerca de 43°C, mientras que en idénticas circunstancias si la pared hubiera sido de ladrillo blanco sólo se habría alcanzado alrededor de 31°C.

Relación entre el color y la absorción en los materiales

Color	Absortancia
Muy claro	0,10-0,20
Claro	0,50
Medio	0,80
Oscuro	0,90
Muy oscuro	0,92-0,95

Cuando el color es oscuro se obtienen los máximos porcentajes de absorción de la radiación incidente, situando al negro con el 100% (absortancia 1). En el extremo opuesto estarían los colores claros, con porcentajes por debajo del 50%. La absortancia del color blanco se situaría muy cerca del cero. No en vano el color predominante en los cerramientos de los pueblos andaluces es el blanco del enjalbegado de paramentos exteriores.

Las fachadas Este (al amanecer) y Oeste (al atardecer), así como la cubierta (durante todo el día), también están expuestas a una radiación intensa en verano. Se procurará que en estas zonas haya pocas aberturas (ventanas y claraboyas), o que sean pequeñas, puesto que no tienen utilidad para ganancia solar invernal, aunque se las puede necesitar para ventilación o iluminación. Si hay que proteger el muro, se pueden utilizar las técnicas comentadas anteriormente.

- AISLAMIENTO Y MASA TÉRMICA

La masa térmica provoca un desfase entre los aportes de calor y el incremento de la temperatura, el cual funciona a distintos niveles.



En ciclo diario: durante el invierno, la masa térmica estratégicamente colocada almacena el calor solar durante el día para liberarlo en la noche, y durante el verano realiza la misma función, sólo que el calor que almacena durante el día es el de la casa (manteniéndola, por tanto, fresca), y lo libera por la noche, evacuándose mediante la ventilación.

En ciclo interdiario: la masa térmica es capaz de mantener determinadas condiciones térmicas durante algunos días una vez que estas han cesado: por ejemplo, es capaz de guardar el calor de días soleados de invierno durante algunos días nublados venideros.

En ciclo anual: se guarda el calor del verano para el invierno y el fresco del invierno para el verano (sólo una ingente masa térmica como el suelo es capaz de realizar algo así).

La vivienda con elevada masa térmica se comporta manteniendo una temperatura sin variaciones bruscas, relativamente estable frente a las condiciones externas. El objetivo es conseguir que, mediante un buen diseño bioclimático y una adecuada elección de materiales, esta temperatura sea agradable.

En general, materiales de construcción pesados pueden actuar como una eficaz masa térmica: los muros, suelos o techos gruesos, de piedra, hormigón o ladrillo, son buenos en este sentido. Colocados estratégicamente para recibir la radiación solar tras un cristal, funcionan fundamentalmente en ciclo diario, pero repartidos adecuadamente por toda la casa, funcionan en ciclo interdiario. Si la casa está enterrada o semienterrada, la masa térmica del suelo ayudará también a la amortiguación de oscilaciones térmicas, en un ciclo largo.

Destacar que una elevada masa térmica es sólo aconsejable en viviendas de carácter permanente por su efecto de retardo y porque las viviendas de uso esporádico necesitan ser calentadas o enfriadas con carácter más inmediato.

El aislamiento térmico dificulta el paso de calor por conducción del interior al exterior de la vivienda y viceversa. Por ello es eficaz tanto en invierno como en verano. Una forma de conseguirlo es utilizar recubrimientos de materiales muy aislantes, como espumas y plásticos con poca masa. No conviene exagerar con este tipo de aislamiento, puesto que existe otra importante causa de pérdida de calor: las infiltraciones. De todas maneras siempre es necesario un mínimo de ventilación por cuestiones de salud, lo que supone un mínimo de pérdidas caloríficas a tener en cuenta. Para hacer eficaz el aislamiento, también es necesario reducir al máximo los puentes térmicos.

El puente térmico es una junta entre materiales de diferentes características que produce una discontinuidad en la capa aislante que puede producir pérdidas de calor.

En cuanto a la colocación del aislamiento, lo ideal es hacerlo por fuera de la masa térmica, es decir, como recubrimiento exterior de los muros, techos y suelos, de tal manera que la masa térmica actúe como acumulador eficaz en el interior, y bien aislado del exterior, aunque esta solución no siempre resulta la más adecuada a nivel constructivo.

También es importante aislar los acristalamientos. Durante el día actúan eficazmente en la captación de la radiación solar para obtener luz y calor, pero por



las noches se convierten en sumideros de calor hacia el exterior por conducción y convección (no por radiación, pues el cristal es opaco al infrarrojo). Un doble acristalado reduce las pérdidas de calor. De cualquier manera, nada tan eficaz como aislamientos móviles (contraventanas, persianas, paneles, cortinas) que se coloquen durante la noche y se quiten durante el día.

En verano, estos elementos pueden impedir durante el día la penetración de la radiación solar.

- ESPACIOS TAPÓN

Son espacios adosados o colindantes a los habitables dentro de la vivienda, de baja utilización, que térmicamente actúan como barreras aislantes entre la vivienda y el exterior. El confort térmico en estos espacios no está asegurado, puesto que, al no formar parte de la vivienda propiamente dicha (el recubrimiento aislante no los incluirá), no disfrutarán de las técnicas adecuadas de climatización, pero como son de baja utilización, tampoco importa mucho. Pueden ser espacios tapón los bajo-cubierta, los garajes, los trasteros, etc. La colocación adecuada de estos espacios puede acarrear beneficios climáticos para la vivienda.

- VENTILACIÓN

En climas cálidos, o en condiciones de verano es complicado encontrar una aportación de energía frigorífica, tal y como hacemos con el sol cuando necesitamos captar energía, por lo que las estrategias bioclimáticas consisten en eliminar el exceso de calor interior, o sobrecalentamiento.

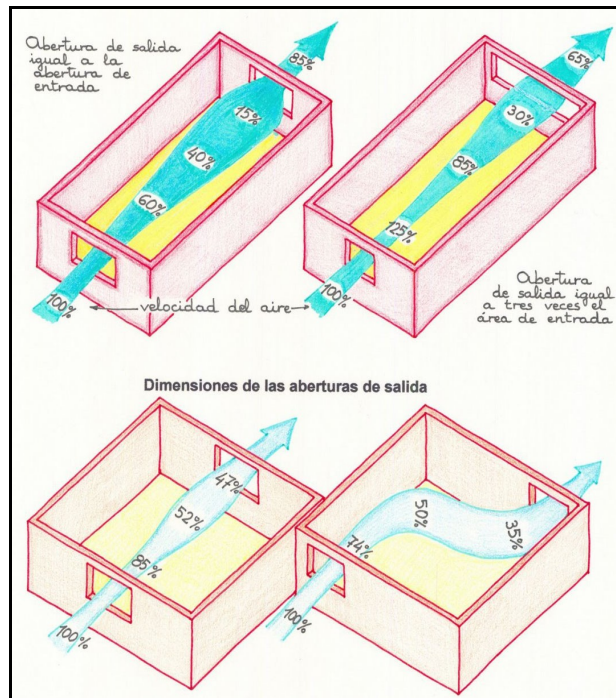
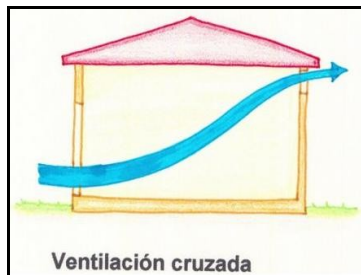
Junto con la protección solar, la estrategia fundamental en condiciones de verano es la ventilación. Esta tiene varios usos:

- Renovación del aire, para mantener las condiciones higiénicas.
- Incrementar el confort térmico en verano, puesto que el movimiento del aire acelera la disipación del cuerpo humano.
- Climatización. El aire en movimiento puede llevarse el calor acumulado en muros, techos y suelos por el fenómeno de convección. Para ello, la temperatura del aire debe ser lo más baja posible; esto es útil especialmente en las noches de verano, cuando el aire es más fresco.
- Infiltraciones. Corresponden a la ventilación no deseada. En invierno, pueden suponer una importante pérdida de calor. Es necesario reducirlas al mínimo.

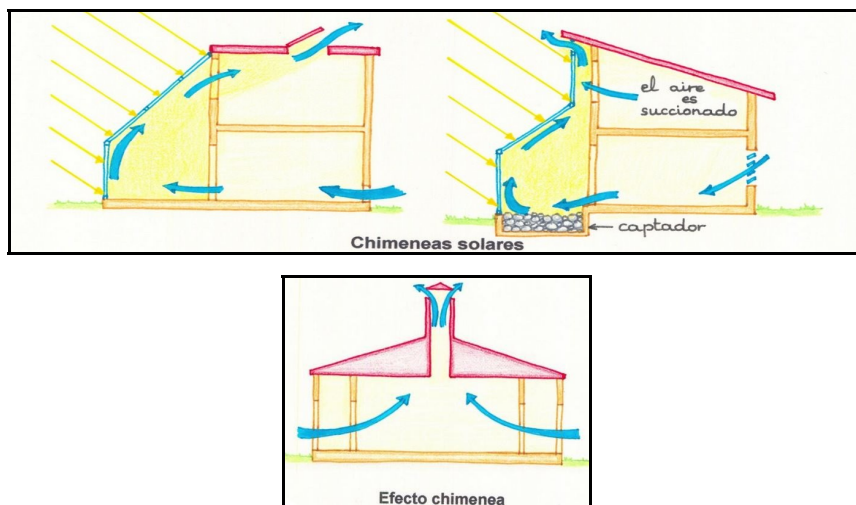
Dependiendo de la forma en la que se produzca la ventilación podemos distinguir varios tipos:

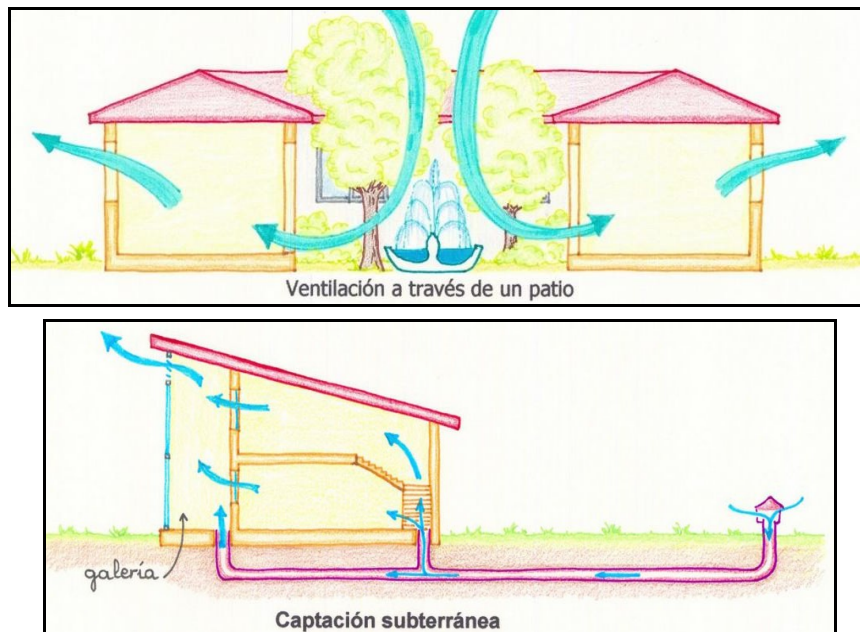
- Ventilación natural o cruzada. La ventilación natural es la generada de forma espontánea mediante corrientes de aire producidas por el viento al abrir los huecos existentes en el cerramiento de los edificios. Para que la ventilación sea lo más eficaz posible, las ventanas deben colocarse en fachadas opuestas, sin obstáculos entre ellas y en fachadas que sean transversales a la dirección de los vientos dominantes. En días calurosos de verano, es eficaz ventilar durante la noche y cerrar durante el día.





- **Ventilación convectiva o forzada.** Se basa en las diferencias de temperatura de las masas de aire. El aire caliente tiende a ascender y sustituye al aire frío generando corrientes de aire. Durante el día, en una vivienda bioclimática, se pueden crear estas corrientes de aire aunque no haya viento, realizando aperturas en las partes altas de la casa, por donde pueda salir el aire caliente. Si en estas partes altas se coloca algún dispositivo que caliente el aire de forma adicional mediante radiación solar (chimenea solar), el aire saldrá aún con más fuerza. Es importante prever de donde provendrá el aire de sustitución y a qué ritmo debe ventilarse. Una ventilación convectiva que introduzca como aire renovado aire caliente del exterior será poco eficaz. Por eso, el aire de renovación puede provenir, por ejemplo, de un patio fresco, de un sótano, o de tubos enterrados en el suelo. Nunca se debe ventilar a un ritmo demasiado rápido, que consuma el aire fresco de renovación y anule la capacidad que tienen los dispositivos anteriores de refrescar el aire. En este caso es necesario frenar el ritmo de renovación o incluso detenerlo, esperando a la noche para ventilar de forma natural.





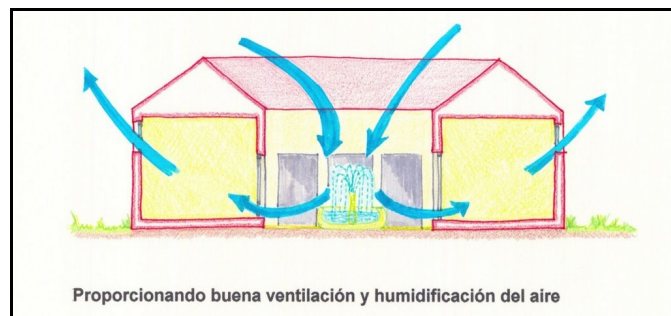
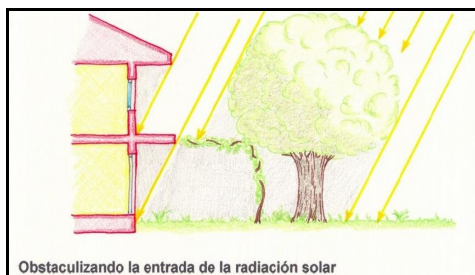
- Ventilación convectiva en desván. Un porcentaje importante de pérdidas de calor en invierno y ganancias de calor en verano ocurre a través del tejado de la vivienda. Disponer de un espacio tapón entre el último piso de la vivienda y el tejado (un desván) reducirá de forma importante esta transferencia de calor. En verano, se puede hacer que el desván esté autoventilado por convección. Es normal que este lugar se convierta en un horno donde el aire alcance una temperatura mayor que el aire exterior; si se abren registros en su parte alta y en su parte baja, es posible dejar escapar este aire caliente, que será renovado por aire exterior. En invierno, estos registros deben estar cerrados. Es importante diseñar el desván para que esta corriente de aire no sea obstruida.

- Fachada ventilada. En ella existe una delgada cámara de aire abierta en ambos extremos, separada del exterior por una lámina de material. Cuando el sol calienta la lámina exterior, esta calienta a su vez el aire del interior, provocando un movimiento convectivo ascendente que ventila la fachada previniendo un calentamiento excesivo. En invierno, esta cámara de aire, aunque abierta, también ayuda en el aislamiento térmico del edificio.

La ventilación debe realizarse de una manera controlada para procurar reducir al mínimo las pérdidas de calor por infiltraciones de forma admisible con la sensación de confort. Sin embargo, un mínimo de ventilación es necesaria, especialmente en ciertos espacios. En la cocina, por ejemplo, es necesaria una salida de humos, o registros de seguridad para la instalación de gas, o ventilar para eliminar los olores de la cocina. En el baño también es necesario ventilar. La pérdida de calor se verifica porque el aire viciado que sale es caliente, y el puro que entra es frío. Ciertas estrategias pueden servir para disminuir estas pérdidas, como disponer los espacios que requieren ventilación en la periferia de la casa, o tener la mayor parte de la instalación de gas en el exterior, o disponer de un electroventilador para forzar la ventilación sólo cuando sea necesario, etc.

- SISTEMAS EVAPORATIVOS DE REFRIGERACIÓN

La evaporación de agua refresca el ambiente. Si se utiliza la energía solar para evaporar agua, paradójicamente se estará utilizando el calor para refrigerar. Hay que tener en cuenta que la vegetación durante el día transpira agua, refrescando también el ambiente. Varias ideas son practicables. En un patio, una fuente refrescará esta zona que, a su vez, puede refrescar las estancias colindantes. El efecto será mejor si hay vegetación. La existencia de vegetación y/o pequeños estanques alrededor de la casa, especialmente en la fachada Sur, mejorará también el ambiente en verano. Sin embargo hay que considerar dos cosas: por una parte, un exceso de vegetación puede crear un exceso de humedad que, combinado con el calor, disminuirá la sensación de confort, por otra, en invierno habrá también algo más de humedad.



El agua durante el proceso de evaporación, paso de estado líquido a gaseoso, necesita absorber una cierta cantidad de calor de su entorno inmediato lo que resulta en un enfriamiento del mismo. El calor absorbido recibe el nombre de calor de vaporización. Un efecto parecido producen las plantas que transpiran permanentemente eliminando el agua en forma de vapor. El agua y las plantas por esta razón producen una sensación de frescor.

El riego esporádico alrededor de la casa, o la pulverización de agua sobre fachadas y tejado, también refrescará la casa y el ambiente.

- PROTECCIÓN FRENTE A LAS HUMEDADES

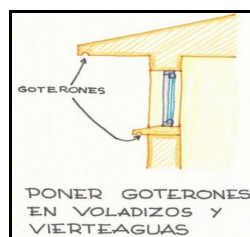
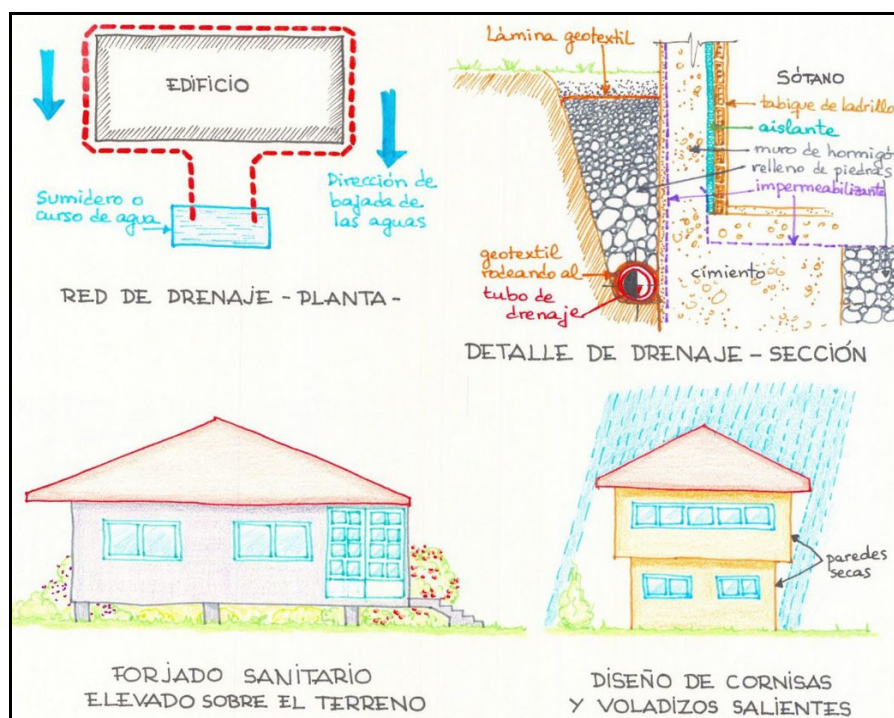
La humedad en los edificios se produce por:

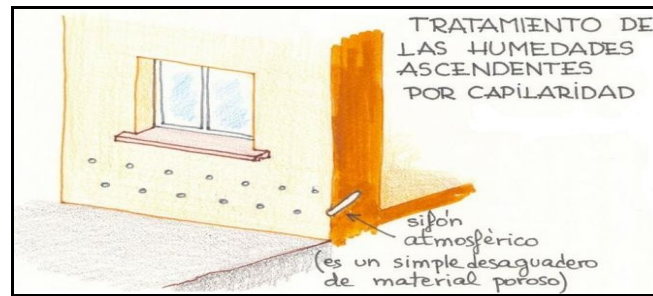
- Infiltración del agua procedente del exterior: agua de lluvia o filtraciones de la humedad del terreno.
- Agua generada en el interior de la vivienda: ropa tendida, cocinas, baños y vapor de agua expelido por las personas a través del sudor y la respiración.

Para evitar las humedades en los edificios atajaremos las causas que la producen. Se puede hacer lo siguiente:

Para frenar la entrada de agua procedente del exterior:

- Trazar un drenaje alrededor del edificio en el lado situado ladera arriba y laterales, por donde llega el agua. La misma zanja abierta para colocar el tubo de drenaje puede servir para pasar los tubos de ventilación en zonas cálidas. Si se desea ventilar la casa con aire más cálido, es mejor pasar la ventilación por el terreno de la zona sur de la casa, más soleada y con el terreno más caliente. En viviendas situadas en una ladera orientada al sur, el aire caliente ascenderá por sí mismo sin necesidad de impulsarlo con un ventilador.
- Diseñar en el proyecto un forjado sanitario (a medio metro sobre el suelo). Si no se desea esta solución, hacer una solera con piedras o piezas plásticas tipo "iglú" para que el agua que pueda filtrarse, circule a través de ella y salga ladera abajo. Sobre la solera impermeabilizar y aislar de manera concienzuda.
- Asegurarse de que no habrá humedades ascendentes por capilaridad, haciendo una barrera en los muros a unos 35 cm. sobre el suelo para evitar humedades por salpicaduras de la lluvia.
- Diseñar adecuadamente las cubiertas evitando grietas o fisuras por donde pueda entrar el agua. No dejar espacios de cubierta cerrados para permitir la dilatación, salida y ventilación del aire interior colocando algunas tejas de ventilación. Si fuese necesario se harán juntas de dilatación para evitar fisuras al permitir los movimientos naturales de contracción y dilatación de la cubierta que se producen con los cambios de temperatura. Instalar canalones.





- Diseñar cornisas y voladizos en la fachada donde suelen incidir las lluvias para evitar el choque directo de la lluvia en los muros.
- Colocar goterones en voladizos, cornisas, vierteaguas, y en cualquier superficie horizontal por la que pueda deslizarse el agua de lluvia.
- Vigilar la hermeticidad de la carpintería de puertas y ventanas para que no pueda filtrarse agua de lluvia a través de ella.

Para eliminar el vapor de agua del interior:

- Ventilar bien la casa para dejar salir el vapor de agua que respiramos las personas y el que se produce en cocinas, baños, etc.
- Utilizar materiales de construcción que "respiren", es decir, que dejen salir el vapor de agua que se genera en el interior de la vivienda. Esto implica la utilización de enfoscados, aislantes y pinturas de poro abierto.
- Emplear deshumidificadores. Hay que vigilar su mantenimiento ya que las bacterias se desarrollan muy fácilmente en los espacios húmedos y cerrados. También puede captarse la humedad mediante sales como el cloruro de calcio y evaporarse en el exterior en evaporadores solares, pero es necesario que luzca el sol.
- No generar vapor: no poner la ropa a secar en los radiadores.

- CARTAS BIOCLIMÁTICAS

Los diagramas bioclimáticos también denominados cartas bioclimáticas son sistemas de representación gráfica de las relaciones entre las diferentes variables térmicas que influyen en la sensación del confort térmico.

Básicamente se trata de diagramas psicrométricos, es decir relacionan temperatura y humedad, sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.

Una de las cartas bioclimáticas más habituales es la Carta Bioclimática de Olgyay. Esta carta es un diagrama de condiciones básicas donde el eje de abscisas representa la humedad relativa y el de coordenadas la temperatura. Dentro de este diagrama se localiza una zona denominada de confort con cuyos valores temperatura-humedad del cuerpo humano tiene una sensación térmica agradable.

Cada zona dispone de una carta bioclimática específica, dependiendo de las condiciones particulares de temperatura y humedad, representativa del clima. Sobre dicha carta se pueden estudiar las desviaciones respecto a la zona de confort y cómo actuar para volver a la misma.



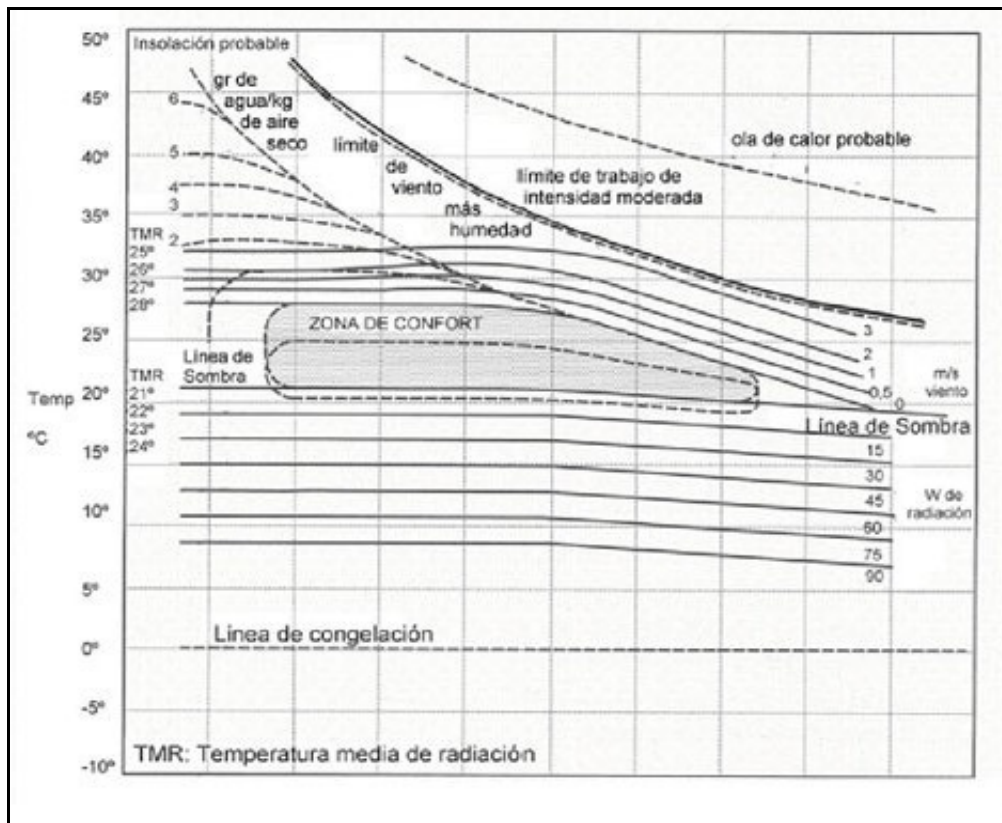


DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO

- CONFORT TÉRMICO

El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado.

Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservando de esta forma nuestra temperatura normal, es decir, se alcanza el equilibrio térmico.

A continuación se exponen algunos intervalos de valor de los parámetros de confort externos que interactúan entre sí para la consecución del confort térmico y que se encuentran representados en las Cartas Bioclimáticas:

- Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 26 °C.
- Temperatura radiante media superficie del local: entre 18 y 26 °C.
- Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s.
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65 %.

