



GUIA DE ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

JIMENA UGARTE

INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL



Fundación Príncipe Claus para la
Cultura y el Desarrollo

Esta guía, tiene como objeto cooperar con todos aquellos que tengan la buena intención de aplicar las variables bioclimáticas con miras a un desarrollo sostenible en su arquitectura. Tarea nada fácil, que representa cambiar el paradigma y que requiere un compromiso filosófico y ético del diseñador y para la cual hay que informarse, entender el funcionamiento y el comportamiento de muchos elementos, porque no basta con tener una larga lista de principios y aplicarlos. Es importante aclarar términos y conceptos que normalmente son mal usados y por ende son mal aplicados, tratar de explicar funciones, causas y consecuencias de los elementos naturales cuya comprensión ayudará a la correcta aplicación de los principios bioclimáticos. Como en todo, lo correcto es comenzar por el principio y conocer las bases del sistema, es necesario.

Por otro lado, hay que aclarar que cualquier desarrollo sostenible empieza por las personas y que todo esfuerzo que se haga es para ellos y con ellos, para el planeta. Quiero establecer que no puede haber desarrollo sostenible mientras no se combata enérgicamente la pobreza y se eviten los conflictos armados (matan tres veces más personas que las catástrofes naturales).

Una concepción bioclimática arquitectónica, actualiza soluciones que por siglos se han realizado en las construcciones rurales tradicionales, con la diferencia que actualmente se cuenta con nuevas tecnologías que permiten implementar y mejorar estas soluciones. Es indispensable trabajar a favor de los elementos naturales y no contra ellos.

En concreto, la arquitectura bioclimática consiste en abrir los recintos a la luz y al aire natural, aprovechando las brisas y hacer uso de captosres para aprovechan las energía naturales (solar, eólica) cuando la implantación y los medios lo permitan. El concepto de arquitectura bioclimática radica su fortaleza en su simplicidad, sin que esto signifique una desvalorización, todo lo contrario, entre la enorme parafernalia de formas y elementos, la arquitectura bioclimática es la más acertada para nuestra época. Surgida de la tradición, su discreción y compromiso con los problemas más acuciantes del planeta, la convierte en la más moderna, responsable y contemporánea.

Otra característica esencial de la arquitectura bioclimática es que si bien tiene una realización local su beneficio es universal. Esta óptica del planeta como un todo ayuda a globalizar estas "cruzadas contemporáneas" que tienen como meta revertir y controlar el daño que ocasiona la intervención humana a la Tierra. Los grandes arquitectos del siglo XX se preocuparon por estos conceptos, no es por tanto una novedad, pero sí una necesidad.

Podemos resumir el proceso de diseño de la arquitectura bioclimática como una sucesión de decisiones para optimizar la relación de la gente y el clima, a través del sitio, lo construido, la vegetación y el equipamiento.

"La Tierra: vasto territorio de juego financiero que beneficia a una minoría o capital a compartir equitativamente? El desarrollo sostenible indica una vía estrecha, la vía de la razón: una explotación responsable y solidaria de los recursos naturales, nuestro patrimonio común. Para luchar contra las desigualdades, para prevenir los conflictos, para preservar el planeta. Por una comunidad sostenible".¹

Algunos datos importantes: En el 2050 los países subdesarrollados serán el 85% de la población mundial; el agua contaminada es el primer factor de mortalidad en el mundo; 800 millones de personas, de las cuales 200 millones son niños, tienen hambre; 20% de la población mundial de más de 15 años es analfabeta; la guerra ejerce una acción destructiva sobre el desarrollo sostenible.

Después de estos datos, no podemos sentirnos orgullosos de nuestro desempeño y estamos obligados y apurados por remediarlos. Como arquitectos, podemos contribuir considerablemente a revertir o disminuir estos flagelos, considerando que nuestro quehacer es el responsable en gran parte del deterioro del planeta.

La Guía de arquitectura bioclimática tiene los siguientes capítulos que serán entregados mes a mes:

1. CONOCER LAS BASES
 - 1.1. La energía sobre la Tierra
 - 1.2. La arquitectura y los parámetros del clima
 - 1.3. El habitar y los parámetros de confort
 - 1.4. El comportamiento térmico
2. CONSTRUIR CON EL CLIMA
 - 2.1 Herramientas arquitectónicas
 - 2.2 Concepción bioclimática
 - 2.3 Escogencia de energías renovables
3. CONSTRUIR EN CLIMAS CALIDOS
 - 3.1. El contexto
 - 3.2. El bienestar
 - 3.3. El respeto al lugar
 - 3.4. El edificio
4. CONSTRUIR EN FORMA SOSTENIBLE
 - 4.1. La arquitectura y el desarrollo sostenible
 - 4.2. Habitar
 - 4.3. Actores
 - 4.5. Construcción verde
 - 4.6. Gestión armoniosa

La mayoría de los gráficos fueron elaborados en el Instituto de Arquitectura Tropical, por Julio Brenes, y los de los solsticios por Ronald Valverde, dirigidos por la arquitecta Jimena Ugarte.

Gran parte de la información fue tomada de Guide de l'architecture bioclimatique, la cual fue traducida, adaptada para el trópico y complementada por Jimena Ugarte.

El IAT autoriza reproducir parcialmente esta información, otorgando los créditos.

1. 1 LA ENERGIA SOBRE LA TIERRA
El sistema Tierra-Sol

La pareja Tierra-Luna, escribe una órbita ligeramente elíptica alrededor del sol. La inclinación del eje de rotación Norte-Sur de 23° grados 27´ en relación al plan elíptico, explica los ciclos estacionales.

El sol constituye nuestra fuente de energía fundamental. Las características del sistema solar someten la tierra a variaciones estacionales que afectan la evolución del soleamiento y las temperaturas.

Las estaciones están definidas como estados relativamente constantes del clima, hasta ahora. Es muy probable que con el calentamiento del planeta estas constantes se modifiquen. En zonas cálidas, los ciclos estacionarios varían en función de la posición relativa de la tierra en relación al sol con un cierto desfase debido a la inercia propia de la tierra. El calentamiento de la masa terrestre toma su tiempo, por lo que en algunos climas, las temperaturas medias externas máximas, se registran casi un mes después que el sol ha alcanzado su altura angular máxima, condición que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar.

Los movimientos de la Tierra al interior del sistema solar son muy complejos. La rotación terrestre (1.690 km/hr a la derecha del Ecuador), corresponde al ciclo día/noche, mientras que el recorrido alrededor del sol, que equivale a 1.710 km/hr, provoca las estaciones.

El ángulo de rotación de la tierra está inclinado en 23° grados 27´ en relación a la eclíptica (círculo máximo de la esfera celeste, que en la actualidad corta al Ecuador

en ángulo de 23° y 27 minutos). Esta inclinación, define los límites del trópico de Cáncer y el de Capricornio, es decir los solsticios, que es la época en que el Sol se halla en uno de los dos trópicos, lo cual sucede del 21 al 22 de junio para el de Cáncer y del 21 al 22 de Diciembre para el de Capricornio.

La geometría del sistema, define igualmente los círculos polares. En los equinoccios, en marzo y septiembre, el sol tendrá su zénith en el Ecuador y en todo punto de la tierra, la duración del día será igual a la duración de la noche.

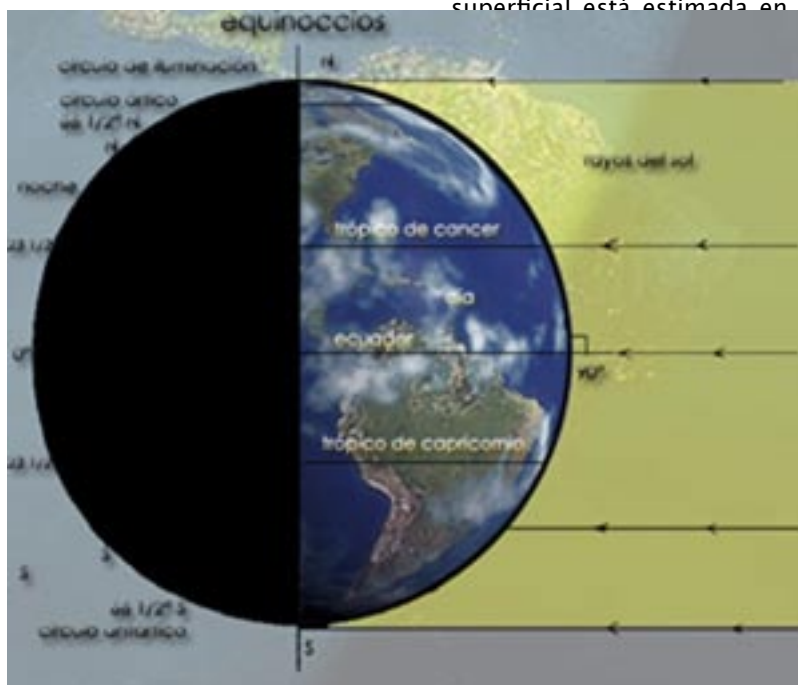
Los fenómenos más curiosos, se pueden observar en el Polo Norte, en el cual durante 6 meses el sol gira sobre el horizonte día tras día, sin ponerse nunca. Sigue en realidad una espiral elevándose gradualmente, hasta alcanzar su altura máxima en el solsticio de verano. Durante los otros 6 meses el Polo está sumido en la oscuridad.

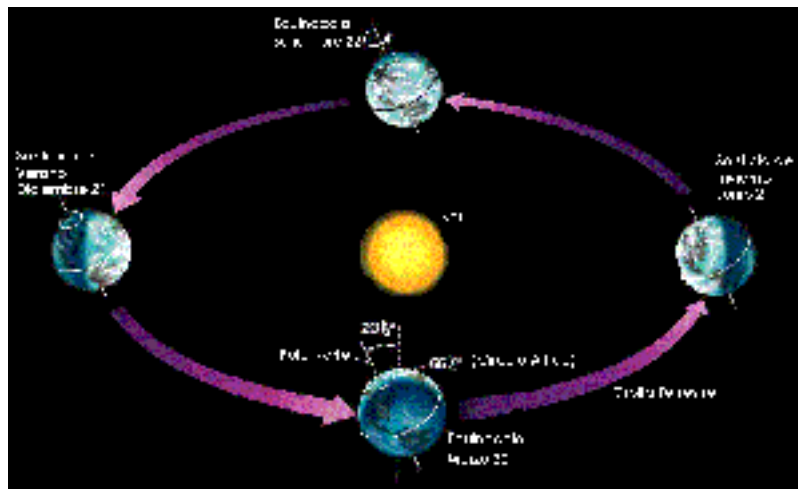
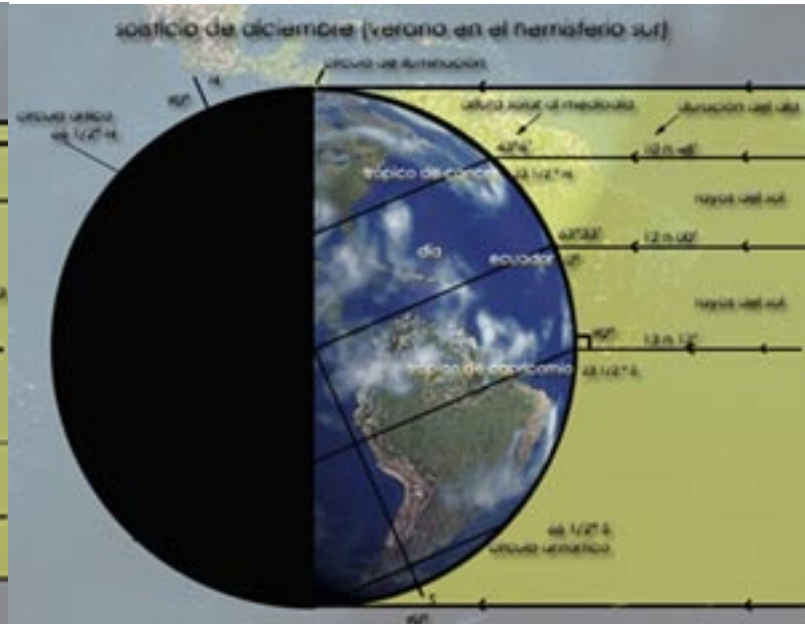
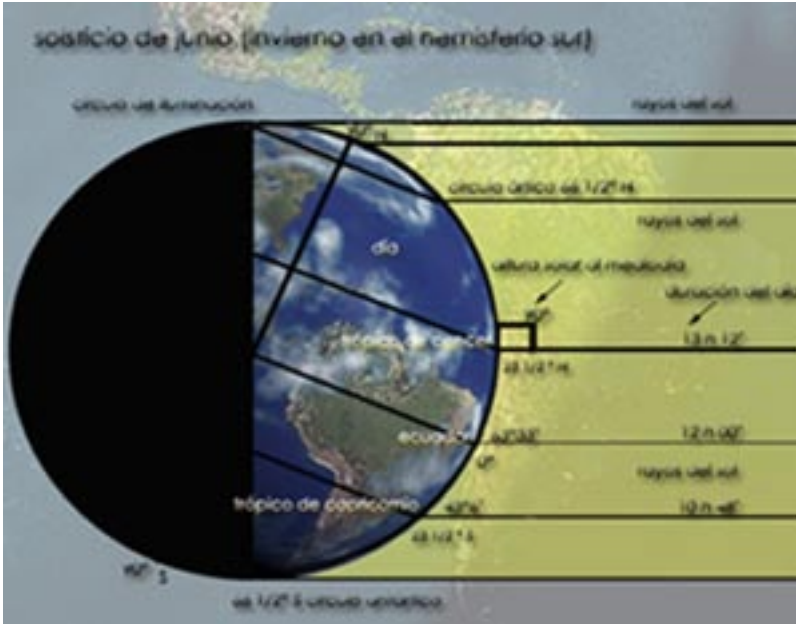
La traslación de la Tierra alrededor del Sol dura un poco menos de 365 días. La Tierra está acompañada de su satélite, la Luna, cuyo movimiento perturba el campo gravitacional Tierra-Sol (fenómeno de rotación). No es por tanto la Tierra, sino el centro de gravedad del sistema Tierra-Luna, que describe una órbita ligeramente elíptica alrededor del sol.

Estos factores de perturbación explican los fenómenos de tal manera que podemos entender el ligero desfase entre el tiempo universal y el tiempo de reloj o la necesidad de años bisiestos.

La Tierra recibe del Sol más de 10.000 veces el poder energético total instalado por el hombre actualmente. La energía solar es propia, intermitente y disponible.

El sol es un astro incandescente (su temperatura superficial está estimada en 5.750° C), el cual emite forma de luz y calor. Los





rayos del Sol son indispensables para mantener en la superficie terrestre, las condiciones de iluminación y calor que permiten las reacciones bioquímicas de la vida vegetal y animal.

La Tierra intercepta sólo 2 mil millonésimas partes de la energía emitida por el Sol. Esta cantidad equivale a más de 10.000 veces el poder energético total instalado por el hombre actualmente. En el límite de la atmósfera, la intensidad de los rayos es igual a la constante solar, es decir 1.350 W/m^2 . A mediodía y en día claro, los rayos solares alcanzan un poder del orden de 1.000 W sobre una superficie de 1 m^2 perpendicular al rayo. Para un sitio dado, la intensidad interceptada por la pared de un edificio, depende del ángulo de incidencia del rayo, en relación a la orientación y a la inclinación de la pared. Si para un rayo perpendicular a la pared, la energía transmitida vale 100, para un ángulo de incidencia de 60 grados valdrá 50 (equivalente a $\cos 60^\circ$) y 0 (equivalente a $\cos 90^\circ$) para un rayo rasante.

La energía solar está presente en todas partes (energía ambiente), es intermitente (ciclo diario y estacionario), limpia (sin desechos) y disponible (sin tarifas, ni intermediarios, ni redes). Sin embargo, requiere ciertas instalaciones para ser convertida en calor y electricidad.

De la energía interceptada por la Tierra, el 60% es reflejada por la atmósfera, el 16% contribuye a la evaporación de los océanos, al origen del ciclo del agua y de la energía hidráulica, el 11,5% es reflejada a la superficie de la Tierra (según su coeficiente de albedo), solamente un 9,5% es absorbido por la masa terrestre y las masas de aire y alrededor de un 3% alimenta la fotosíntesis (terrestre y acuática). Una ínfima parte participa en la reserva de energía fósil (0,02%). Todas las regiones del mundo no reciben la misma cantidad de sol, pues entre el Sol y la Tierra intervienen las nubes. La arquitectura bioclimática trata de aprovechar estas energías ambiente disponibles, bajo forma de luz y calor: más iluminación natural para acercar al hombre a su entorno y reducir el costo del

alumbrado artificial; más calor gratuito para frenar el consumo en energía comercial y limitar el atentado al ambiente.

Actualmente la energía solar es utilizada en el marco de la arquitectura solar pasiva (ventanales, invernaderos, calentadores de agua solares, celdas fotovoltaicas, bombillos con foto celdas, etc.) y activa (captadores solares destinados a sistemas de climatización interna). Las celdas solares fotovoltaicas, permiten la conversión de los rayos solares en electricidad (rendimiento de un 10 a un 12%) así como algunas aplicaciones interesantes para zonas aisladas o no conectadas como faros.

Los diferentes sistemas energéticos

El mantenimiento y el desarrollo de las actividades humanas sobre la Tierra reposan en la existencia de energías abundantes, disponibles y a buen precio. Estas energías se dividen en:

- energías renovables (ER), llamadas energías "flux"
- energías no renovables, llamadas fósiles o energías "stock".

Las energías renovables, engloban todas las energías inagotables las cuales desde siempre, nos llegan directamente por el sol, en forma de luz y calor, o indirectamente por los ciclos atmosféricos o de fotosíntesis. El sol dispensa rayos electromagnéticos que constituyen nuestra fuente luminosa y térmica.

Las energías renovables están abundantemente disponibles en la superficie terrestre y su empleo permite hoy en día, obtener instalaciones de potencia débil y media, apropiadas a la escala doméstica:

- el calor se puede captar directamente por las ventanas o por captadores solares y puede a la vez, ser transformado en energía eléctrica, gracias a las celdas fotovoltaicas.
- Los rayos del sol tienen que ver con los movimientos de las masas de aire, los cuales, por diferencias de temperatura y presión, producen la energía eólica.
- La energía hidráulica es alimentada por el agua, restituida al ciclo natural por las precipitaciones luego de la evaporación en la superficie del océano.
- La biomasa vegetal es el resultado de la transformación por fotosíntesis de los rayos solares: puede ser considerada como una energía flux (explotación con replantación) o como energía stock (deforestación sin replantación).
- La energía geotérmica, calor almacenado en la masa terrestre, puede igualmente, ser explotada para, entre otros fines, la calefacción de edificios.

Las energías no renovables son subproductos fósiles vegetales o animales de la energía solar (carbón, gas, petróleo), o yacimientos naturales (uranio). Estas energías están disponibles en cantidades limitadas,

pero su explotación permite obtener instalaciones de enorme potencia (centrales térmicas y nucleares) capaces de enfrentar las necesidades industriales.

El desarrollo económico occidental ha sido posible desde el siglo XIX, por la explotación intensiva de la energía y particularmente de la fósil, cuyo consumo se ha duplicado en dos siglos: a la leña le sucedió el carbón, y más tarde el petróleo. Después de la crisis petrolera, la energía nuclear ganó importancia. Actualmente este modelo de desarrollo está siendo cuestionado tanto por el agotamiento o disminución de las reservas energéticas, como por la polución que produce la combustión de estas energías o el almacenamiento de los desechos radioactivos que puede ser peligroso. Se estima que las reservas de energías fósiles conocidas, permitirán enfrentar las necesidades de consumo actuales durante 240 años para el carbón, 60 para el gas y 40 para el petróleo.

LA ENERGIA SOBRE LA TIERRA

Demografía y energía

Cuando la especie humana contaba solamente 10 millones de individuos, hace 10.000 años, no pesaba sobre el ecosistema. Recientemente, el hombre ha modificado su entorno profundamente y en muy corto tiempo.

Entre 1750 y 1980, el mundo experimentó una explosión demográfica. Gracias a la disminución de la mortalidad consecuencia de grandes avances científicos (agricultura, salud pública, medicina, buena alimentación), la población mundial llegó a 6 mil millones de habitantes y la escalada continúa.

Según Naciones Unidas, la Tierra tendrá 8,5 mil millones de habitantes en 2025 y más de 10,2 en 2100. 95% de estos individuos nacerán en países pobres, mientras que la población europea permanecerá estable y la de Unión Soviética y América del Norte aumentarán su población en 25%. La progresión será más sensible en Asia (+63%), en América latina (+77%) y en África (+250%) de aquí al 2025. Europa representaba el 15.6% de la población mundial en 1950, pero descenderá hasta representar apenas un 6% en 2025. En 2100, los países del Sur representarán el 85% de la población mundial, es decir 9 mil millones de habitantes, contra un 75% en 1990 equivalente a 3,8 mil millones.

Actualmente los países industrializados no representan más que el 25% de la población, pero consumen el 75% de la energía utilizada sobre la tierra, 79% del petróleo, 85% de la producción de madera y 72% de la producción de acero.

El consumo de energía por individuo en los países del sur es inferior en promedio en un factor de 10 en relación al de los países industrializados.

La energía eólica y la solar representan apenas un 11,5% de la producción energética actual en el mundo. La electricidad hidráulica es la fuente principal de energía renovable y representa un 14% .

En el 2020, el consumo eléctrico doblará a causa del desarrollo y de la industrialización de la India y la China. Sólo si se toman medidas preventivas urgentes, se podrá evitar que el consumo energético aumente de un 65% entre 1995 y el 2020. Lo paradójico de estos números es que 2.000 millones de habitantes en el mundo, no tienen acceso a la electricidad.

La evolución demográfica de los países del sur se conjuga en una mayor urbanización. En 1950, 17% de la población vivía en zonas urbanas, en 2025 esta cifra sobrepasará a 75% en América latina, 42% en África y 37% en Asia. En consecuencia, una quinta parte de las poblaciones urbanas vivirá en megalópolis de más de 4 millones de habitantes.

La presión sobre el ambiente de semejante población es enorme: consumo de agua, alimento, producción y evacuación de desechos, distribución de las fuentes energéticas, etc. Ya es posible vislumbrar la amplitud de la devastación que estamos sufriendo, que es provocada en bosques, praderas, cursos de agua y tierras arables y que trae como consecuencia deforestación, erosión, y cansancio de los suelos, disminución de la napas freáticas, contaminación por químicos aplicados a la agricultura, etc.

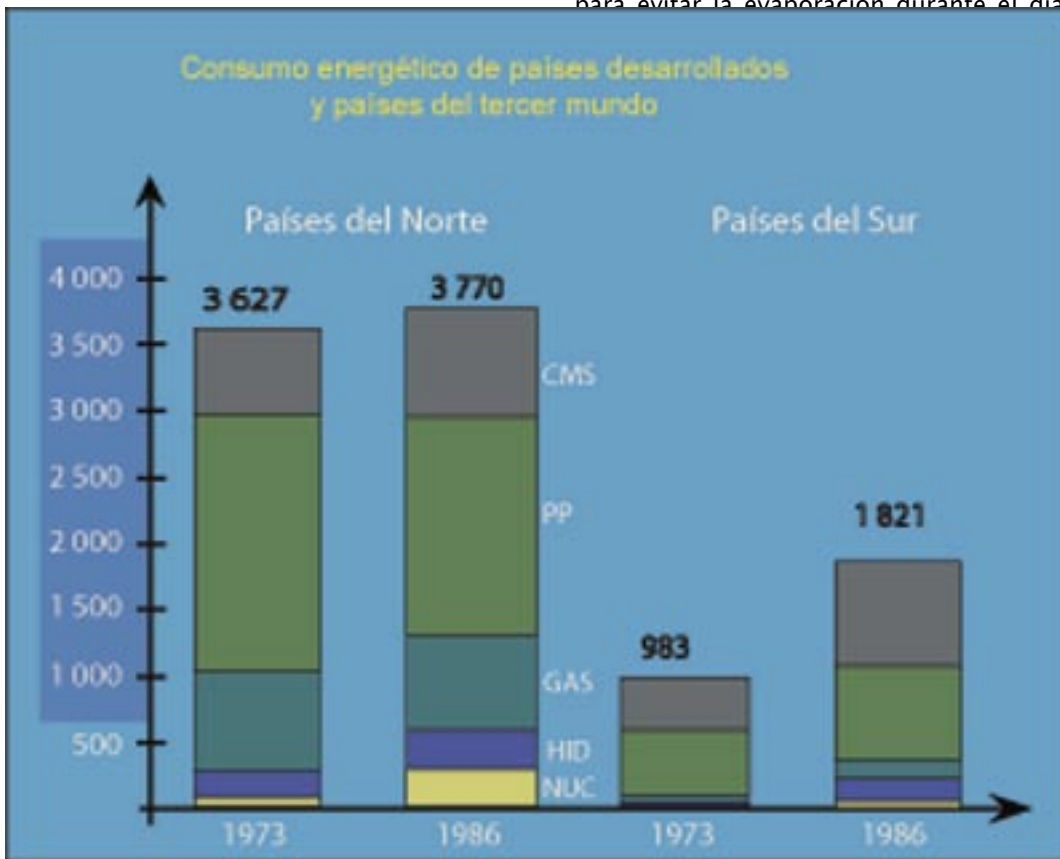
La cadena alimenticia es una secuencia nutricional que se extiende del sol a la humanidad. Cada organismo de

esta secuencia se alimenta, y deriva energía del anterior. La eficiencia de la transformación de la energía cuando un animal come una planta, es menor al 20%, es decir que sólo el 20% de la energía contenida en el alimento se incorpora al cuerpo del consumidor.

Los tres grupos nutricionales en nuestro ecosistema son: productores (plantas), los cuales sintetizan el alimento orgánico; consumidores, principalmente animales, y descomponedores: bacterias y hongos. Las actividades de los productores producen materiales orgánicos, que son ingeridas por los consumidores. Los materiales descompuestos producidos por ambos, productores y consumidores, aseguran un abasto continuo de materia prima para los productores.

Plantas, animales y todas las formas de materias orgánicas forman parte de la biomasa terrestre. Las plantas son parte del ciclo sostenible, porque tienen un balance positivo de carbono-dióxido. Esto significa que absorben más carbono que el que expelen una vez podridas. El carbón y el aceite absorbieron su carbono dióxido miles de años atrás, pero lo están expeliendo ahora, creando un desequilibrio en el ciclo del carbono, en la circulación del carbono en la biosfera.

Los animales se desarrollan para encajar en sus ecosistemas y crean mecanismos de defensa y estrategias de alimentación que les permiten sobrevivir. Sólo para citar dos ejemplos: el camello acumula calor para evitar la evaporación durante el día y de noche



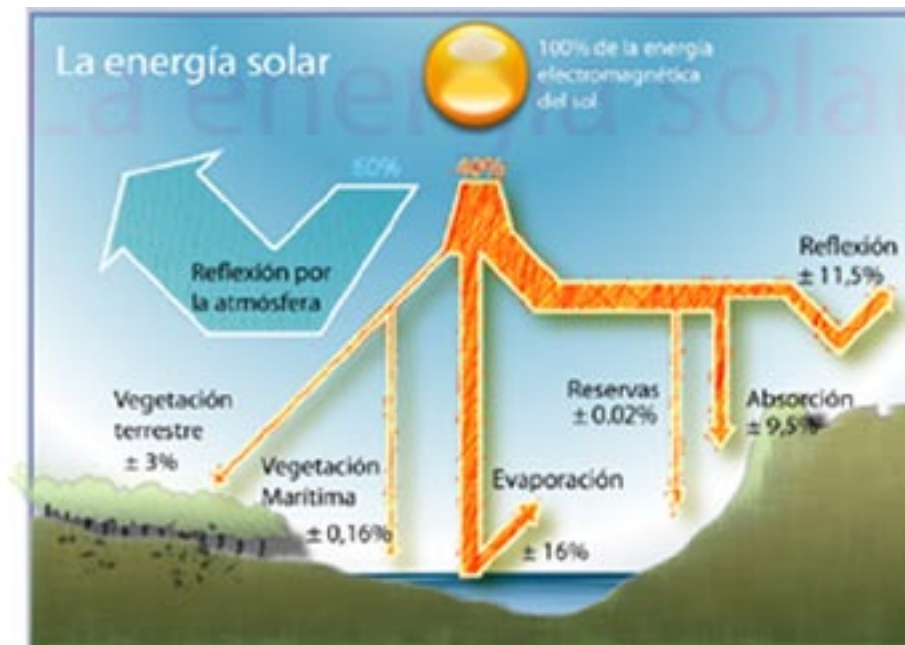
CONSUMO ENERGÉTICO MUNDIAL ENTRE 1973 Y 1986

CMS: carbón, y materiales sólidos; PP: productos petroleros; NUC: nucleares.

pierde el calor pero conserva el líquido y pierde su temperatura interna durante la noche para adaptarse al ambiente; el albatros, experto en aerodinámica, es capaz de reducir su consumo de energía aprovechando las corrientes de aire y turbulencias sobre el mar.

De la misma forma, el hombre ha sido capaz por siglos de acondicionar su vivienda a las inclemencias externas del clima, por medios naturales y en comunión con la naturaleza. Con la aparición del aire acondicionado y otras tecnologías, hemos olvidado los métodos sencillos y lógicos para adaptarnos a nuestro medio. Retomar los conceptos, complementarlos con nuevos y adecuarlos a la vida moderna, parece ser el camino más aconsejable.

La humanidad comenzó en África y en un clima de sabana. A medida que su cerebro aumentó, creció el consumo de energía, llegando a significar el 25% de las calorías en un adulto promedio. Como criatura de sangre caliente, el hombre debe mantener el cuerpo a la temperatura correcta, y el trabajo para mantenerlo a 35° lo ha obligado a emplear diversas técnicas como dejar enfriar primero las extremidades para mantener el cerebro, el corazón y otros órganos principales en buenas condiciones. La piel, realiza parte de la tarea, al generar transpiración (humedad) en la superficie externa del cuerpo, la cual actúa como un sistema natural de enfriamiento.



Lo que recibe la Tierra del Sol.

La exploración de nuevos territorios, obligó el desarrollo de nuevas formas para proveer bienestar y seguridad. La vestimenta y los edificios pueden ayudar a manejar la variación de temperatura y de condiciones, muy diversas en climas fríos o cálidos.

El calentamiento del planeta

Las emisiones masivas de productos de combustión provocan desequilibrios ecológicos y climáticos considerables: calentamiento del planeta, modificación de las precipitaciones.

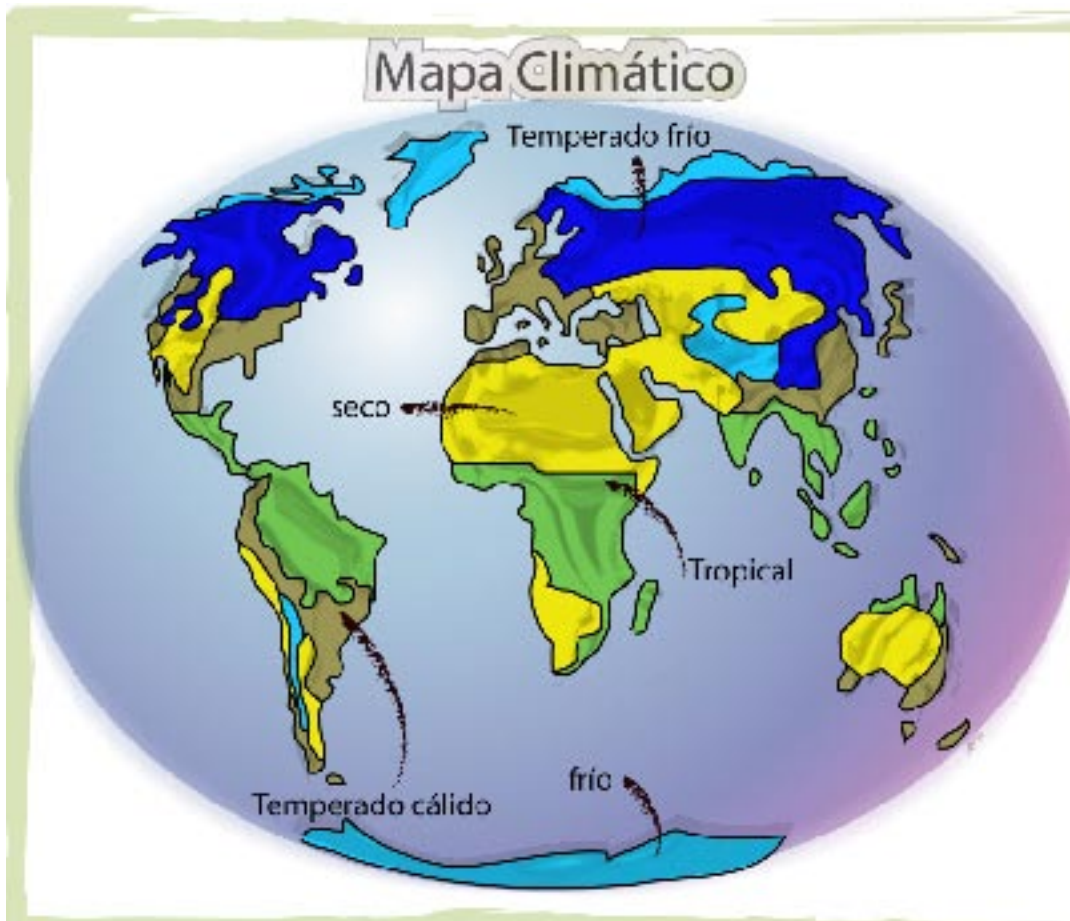
Las consecuencias ecológicas de la explotación de energías fósiles son evidentes. La contaminación de los grandes centros urbanos o de grandes zonas industriales habitadas (Europa Central), la contaminación radioactiva de regiones enteras (Tchernobyl), el problema de la eliminación de los desechos nucleares, el efecto de la lluvia ácida, (Nox y SO₂), el debilitamiento de la capa de ozono (bajo la acción del CFC) y la emisión excesiva de CO₂ son elementos que cuestionan nuestra práctica en materia de producción y consumo de energía. Es en este contexto, que Naciones Unidas organizó en 1992 en Río de Janeiro, la Conferencia sobre el Medioambiente y Desarrollo, donde se formuló por primera vez el principio de desarrollo sostenible que se define como aquel que permite satisfacer las necesidades inmediatas sin comprometer la capacidad de generaciones futuras a responder a sus propios requerimientos.

Una de las características de la contaminación contemporánea

es que no conoce fronteras. Las lluvias ácidas se forman a centenares de kilómetros de las regiones donde se derraman. En general la contaminación generada por el humo (desechos de combustión, desechos industriales), se desplazan a grandes distancias y se difunden por extensos territorios.

Las emisiones de gas carbónico (CO₂), producidas por oxidación del carbono en la combustión del gas, del carbón, de la leña y del petróleo, están relacionadas al consumo de energía. Las cantidades emitidas desde hace unas decenas de años, son muy elevadas (6.000 millones de toneladas por año más 1,6 mil millones, causadas por incendios de bosques, sobrepasa la capacidad natural de asimilación (absorción en los océanos: 2 mil millones de toneladas). Una modificación climática mayor como un alza en la temperatura es de esperar pues el CO₂ favorece el efecto invernadero y el calentamiento del planeta.

La hipótesis de un calentamiento global del planeta por efecto de invernadero remonta desde Arrhenius 1895. Actualmente, se estima que la temperatura promedio del globo podría aumentar, de aquí al 2100, entre 0,8° C a 3,5 ° C, lo que se traduciría en una elevación del nivel del mar de 10 a 80 cm. Se registra ya un retroceso generalizado de los glaciares y las temperaturas se deberían sentir más en el hemisferio sur que en el norte. Esta alza en las temperaturas podría generar inundaciones de un efecto devastador sobre las zonas más sensibles, como los deltas del Nilo, Ganges, Mékong, o Níger. Podría deteriorar la calidad del suelo (desertificación, salinización) y multiplicar las epidemias infecciosas sensibles a cambios mínimos de



temperatura. La multiplicación en número e intensidad de los huracanes en el Caribe es otra prueba de los efectos del calentamiento global.

Para paliar una parte de estos problemas, las energías renovables constituyen, con la utilización racional de la energía, un elemento importante de la política energética sostenible, que busca la reducción de emisiones de CO₂, un objetivo al cual se ha suscrito la Comunidad Europea y que debemos suscribirnos todos.

Las intervenciones del hombre en el medio urbano

Al concentrar sus actividades en la ciudad, el hombre modifica su microclima: temperatura media mayor, modificación de las precipitaciones, nubosidad debida a la contaminación del aire. Los problemas sanitarios se hacen agudos.

Los grandes centros urbanos han visto modificarse su microclima con el ritmo de la actividad humana: millones de desplazamientos en automóvil cotidianos, la climatización y la iluminación de los edificios y de los lugares públicos, la simple presencia de millones de seres humanos que son fuente de calor y de contaminaciones diversas que determinan el microclima urbano. Algunas ciudades como México o Santiago, son célebres por su tasa de contaminación: encajonadas en una depresión, al abrigo de los vientos, todos los subproductos de la actividad humana se acumulan en cantidades peligrosas, en forma de sólido, líquido y gas.

La petrificación urbana tiene una influencia considerable sobre el microclima. Los efectos de la contaminación del aire, de la impermeabilización y del asentamiento del suelo, así como la radiación excesiva sobre el suelo petrificado produce calentamiento.

Costa Rica ha visto su temperatura media aumentar en un siglo. Las construcciones y el sistema vial constituyen un formidable depósito térmico. Los suburbios normalmente presentan temperaturas inferiores a las de la ciudad. En las ciudades, las lluvias son rápidamente evacuadas por las alcantarillas y no tienen el tiempo de refrescar el ambiente, salvo en las cercanías de los grandes parques. Las ciudades tienen barrios más calientes que otros y el desplazamiento de las masas de aire se conforman ahí. Los barrios más calientes son los más contaminados porque atraen las brisas contaminadas. En general, la ciudad concentra todos los subproductos de las actividades humanas: polvo, hidrocarburos, productos de combustión (S=3, NO₂ y NO).

El ozono, (O₃), es un constituyente normal del aire. Hace cien años, su concentración media equivalía a 20 ug/m³. En numerosas ciudades alcanza 60ug/m³ y puede alcanzar picos de 250ug/m³. El ozono está formado por la transformación de contaminantes (Nox) emitidos por los motores a combustión. En altitudes altas, el ozono protege a la Tierra de los rayos UV, en bajas altitudes es un gas irritante y tóxico. En los períodos de alta contaminación, la afluencia a hospitales por

problemas respiratorios aumenta considerablemente.

Las intervenciones del hombre en el medio rural

El calentamiento del planeta y la modificación del paisaje rural (desaparición de los setos vivos, deforestación, almacenamiento de desechos) y de las técnicas agrícolas (abonos, químicos e irrigación) alteran profundamente la calidad del ambiente.

El medio rural sufre la influencia de las técnicas agrícolas y de las lluvias de contaminación producidas por otros sectores de la actividad humana. De manera general, el calentamiento del planeta puede inducir a la extensión de los desiertos y al retroceso de las tierras fértiles.

Las ciudades producen una cantidad desmesurada de desechos sólidos que normalmente son depositados en el campo, faltar de lugar en las zonas urbanas. Estos desechos son a menudo mal controlados y pueden poluir el suelo, el subsuelo y las napas freáticas. Los países ricos han desarrollado algunas iniciativas en el sentido que han creado centros de enterramiento técnico en los cuales sólo los residuos llamados "últimos", se pueden almacenar. Las humaredas generadas en las ciudades por los grandes centros industriales, se difuminan en el campo. Los desechos gaseosos producidos por la combustión de energías fósiles, provocan la formación de lluvias ácidas que envenenan la vegetación y empobrecen de manera sostenida, su sustrato nutritivo. La deforestación es en parte la consecuencia de este fenómeno, pero también resulta de la necesidad de combustible (África oriental), de madera de construcción o exportación (Malasia), o apunta hacia la extensión de explotaciones mineras o de haciendas de ganado (Brasil).

La modernización de las técnicas agrícolas, modifica igualmente el paisaje: los setos tradicionales de estacas, han sido reemplazados por postes de concreto y alambre. Su desaparición significa a la vez una merma considerable de la flora y la fauna (biodiversidad) y libera los suelos a la erosión. Una parte considerable del suelo arable se pierde cada año, lavado por las precipitaciones o por el viento. Los suelos se empobrecen progresivamente lo que incita a utilizar abonos químicos. Estos abonos (nitratos y fosfatos), junto a los desechos urbanos, los pesticidas y los desechos naturales del ganado, son responsables de la contaminación del suelo, que continúa a las napas acuíferas, a los ríos y al mar. La calidad del agua será el desafío mayor en este siglo.

Las necesidades de agua no cesan de aumentar tanto por las ciudades como por la agricultura (explotación de tierras naturalmente poco irrigadas, cultivos exigentes de agua, etc.). Por otro lado, proyectos de grandes presas o irrigación, destinados a remediar las necesidades en agua, terminan en una modificación radical del clima local. El ejemplo más célebre es el mar de Aral. El agua necesaria a la explotación del algodón fue bombeada de los ríos que alimentan el mar de Aral. El aporte de agua dulce fue en consecuencia disminuyendo y la concentración de sal pasó de 10 a

25%. El mar retrocedió, la tierra se esterilizó (efecto de los pesticidas y de la salinización), el clima se modificó (la amplitud de las diferencias de temperaturas medias alcanza hasta 100° C) y vientos polvorientos y violentos barren la región.

La noción de economía energética

Economizar energía consiste en obtener igual bienestar con menos energía. Es también echar menos contaminantes en la atmósfera y preferir las energías no renovables a las finitas.

Las perspectivas de agotamiento de los yacimientos petrolíferos y de gas, así como las nuevas políticas de impuestos, han producido un aumento en el precio de la energía y esta tendencia parece continuar debido a las guerras declaradas por USA. Además ya sea en medios urbanos o rurales, los efectos de la polución se hacen sentir. Estas consideraciones, deben conducir a comportamientos más económicos en energía con el fin de reducir la tasa de consumo tanto de la energía como de los residuos contaminantes. En este sentido, el reciclaje (que debe continuar), es un placebo al problema real. El problema real se resuelve consumiendo menos.

Las economías energéticas pueden ser muy representativas en los edificios, debido a que son un conjunto complejo de numerosos componentes heterogéneos. Su funcionamiento no puede asegurar un comportamiento térmico homogéneo. Un edificio mal diseñado representa un consumo innecesario de energía para climatizarlo e iluminarlo.

La arquitectura ha fallado en relacionar recursos y diseños y por lo tanto impacto ambiental. La buena arquitectura, tiene desde el principio, consideraciones ambientales y evita el despilfarro de los recursos. Los arquitectos deben asumir su cuota de responsabilidad y auto-exigirse más en el diseño, para lograr soluciones más amigables y sostenibles.

La noción de control energético

El mundo debe hacer frente al agotamiento de las reservas fósiles mientras las necesidades energéticas crezcan. El interés de los poderes públicos sobre la cuestión del control energético, se remonta a la crisis petrolera de 1973. Sin embargo, la fluctuación del curso petrolero no ha favorecido las iniciativas encaminadas a la utilización racional de la energía sobretodo en el sector terciario y en el transporte.

El control energético reposa en el control de las cantidades de energía consumida (economías de energía) y los tipos de energía utilizadas (dependientes del país que las provee). El uso racional de energía cubre todas las acciones que permiten obtener el bienestar necesario al habitat y al trabajo, utilizando mejor los recursos energéticos. Su buen uso implica tomar cuenta del consumo y su costo, los procesos organizativos, el comportamiento de los individuos, en el seno de las instituciones, los

perjuicios y los efectos contaminantes.

La evolución global de consumo de los países occidentales (sin incluir URSS) ha sido muy poco sensible entre 1973 y 1986 y el 88% de la energía primaria proviene de combustibles fósiles. En el mismo lapso, el consumo de los países del sur (los más pobres), muy inferior al de los países del norte, se duplicó.

La arquitectura y los parámetros climáticos

La Tierra conoce cinco tipos de climas clasificados según su temperatura y su humedad: clima tropical, seco, temperado caliente, temperado frío y frío. Esta clasificación puede ser afinada por la proximidad de océanos, altitud, bosques, estaciones, etc.

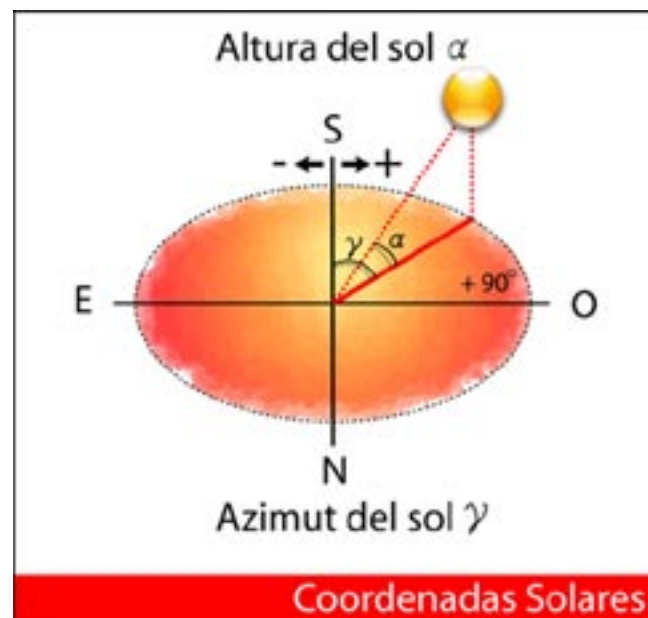
Los climas tropicales de bosques húmedos, de monsoones o de savana, se encuentran entre las latitudes 15 N y 15 S, se caracterizan por una fluctuación estacional débil, la temperatura varía entre 27 y 32° durante el día y 21 y 27 ° durante la noche; la humedad relativa rodea el 75% durante todo el año. Los rayos solares son importantes, aunque levemente atenuados por la cobertura nubosa; el viento es débil y las precipitaciones importantes.

El curso solar

El sol sigue un curso en el cual cada punto está determinado en un lugar, por la altura angular y su azimut. Esta altura es máxima durante el solsticio de verano y mínima durante el solsticio de invierno.

El soleamiento está caracterizado por la trayectoria del sol, así como la duración del soleamiento. Las condiciones geométricas del sistema Tierra-Sol, determina la posición relativa del Sol, que está señalada por su azimut y por la altura de su ángulo.

El azimut, es el ángulo horizontal formado por un



La temperatura es definida esencialmente por:

- el soleamiento
- el viento
- la altitud
- la naturaleza del suelo

El sol calienta la atmósfera indirectamente por intermediación de la superficie terrestre, pues ésta almacena y emite el calor por radiación y por convección. La propagación de este calor se hace por conducción o por difusión, con la ayuda del viento. La temperatura varía según la nubosidad. Las temperaturas máximas, curiosamente no ocurren cuando es el solsticio de verano, debido a que un desfase del orden de 3 a 4 semanas es observado y corresponde al tiempo necesario para calentar la masa terrestre (inercia de la Tierra).

La humedad relativa

La HR es la relación expresada en % entre la cantidad de agua contenida en el aire en forma de vapor a la temperatura ambiente y la cantidad máxima que puede contener a la misma temperatura. Depende de las precipitaciones, de la vegetación y del tipo de suelo, del régimen de vientos y de la radiación solar, que puede favorecer la disminución de la HR.

Las precipitaciones

El régimen de precipitaciones constituye un elemento clave del clima y de un lugar. Las precipitaciones cubren una realidad múltiple: lluvia, neblina y nieve son manifestaciones de un mismo proceso fundamental, el ciclo del agua. La tierra consta de 1.460 millones de kilómetros cúbicos de agua que se encuentran en un 97% en los océanos. El ciclo se cierra porque 40.000 km³ de agua regresan de la tierra al mar cada año. De esta cantidad, el hombre usa aproximadamente 9.000km³, lo cual debería satisfacer la subsistencia de 20 mil millones de seres humanos.

Sin embargo, estos recursos no están repartidos uniformemente. En Islandia por ejemplo, 65.000 m³ de agua por habitante y por año están asegurados, mientras que en el Golfo Pérsico es casi nula la precipitación.

Los consumos también varían considerablemente: un habitante del sur consume en promedio 40 litros diarios, contra 1.500 en Europa y 2.165 en USA.

CONSUMO DE AGUA (lt/día/hab) 2002

| | | |
|---------|--------------|------------|
| 600 USA | 250 Europa | 30 Africa |
| | 70 Palestina | 260 Israel |

Menos de diez países comparten el 60% de agua dulce disponible en la naturaleza: Brasil consume 5.670 Km³/año, Rusia 3.904, China 2.880, Canadá 2850, Indonesia 2.530, Estados Unidos 2.478, India 1.550, Colombia 1.112, y Zaire 1.020. El consumo de agua se ha multiplicado por 7 desde el principio del siglo y se ha duplicado en los últimos 20 años.



plan vertical, pasando por el sol y el plano meridiano del punto de observación. Por convención, se otorga al sur el valor cero.

La altura angular del Sol es el ángulo que tiene la dirección del Sol con el plano del horizonte.

Los rayos solares

El soleamiento está caracterizado por un componente directo y un componente difuso. El valor de la radiación varía según la estación, la latitud, la altitud y las condiciones locales de nubosidad.

El Sol emite sus rayos electromagnéticos que varían poco fuera de la atmósfera (constante solar: 1.350 W/m²). Por el contrario, los rayos disponibles en el suelo dependen de la composición atmosférica, al atravesarla, son absorbidos y reflejados por las moléculas del aire en todas direcciones. Estos rayos, que tocan el suelo, son los difusos. El resto de rayos que alcanzan a la Tierra directamente son los rayos directos. La suma de ambos es el rayo solar global G. El cálculo de estos rayos deben tener en cuenta el reflejo: no es lo mismo en un medio rural con grandes extensiones de agua, o en un medio urbano, por la reflexión del Sol sobre los edificios vecinos.

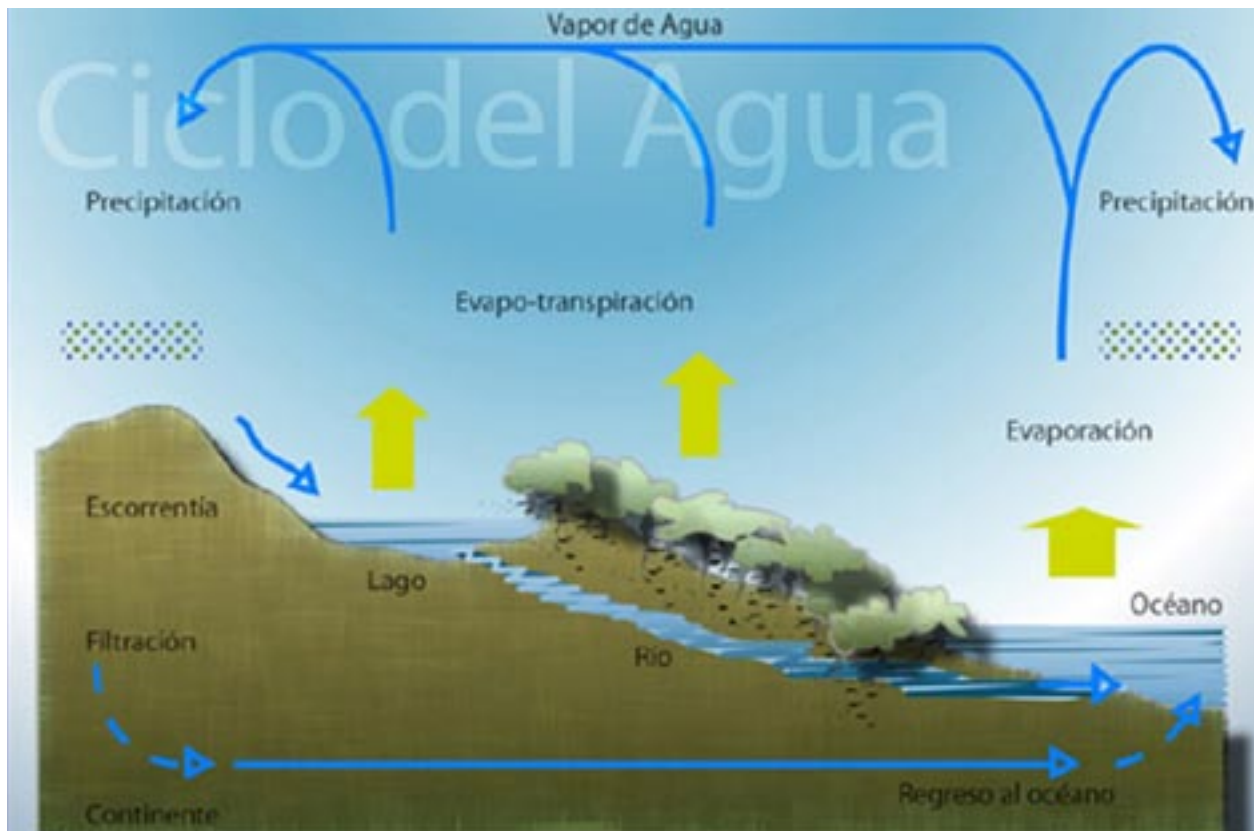
La nubosidad

La nubosidad característica del lugar determina el soleamiento efectivo y su frecuencia. Una nubosidad artificial producida por polución puede reducir los rayos solares hasta en un 25% (México).

Se han caracterizado tres tipos de cielos:

- cielo claro 80% de soleamiento disponible
- cielo mediano, entre 20 y 80%
- cielo cubierto menos de 20%

La temperatura



Actualmente 1.200 millones de hombres (de 6.000 millones) no disponen del mínimo elemental para sobrevivir (20 litros por día). En los países en desarrollo, 3 de cada 5 personas no tienen acceso al agua potable.

El viento

El viento es el desplazamiento de aire esencialmente horizontal, de una zona de alta presión (masa de aire frío), a una zona de baja presión (masa de aire caliente).

Las diferencias de temperatura entre las masas de aire resultan de la acción del sol. El régimen de vientos en un lugar está representado por una rosa de vientos que expresa la distribución estadística de los vientos siguiendo su dirección. Por definición, la dirección del viento corresponde a su origen.

Varios parámetros actúan sobre los vientos y su velocidad, la cual aumenta con la altitud y varía según la topografía y rugosidad de las superficies. Obstáculos como una barrera espesa de vegetación pueden frenar de manera significativa la velocidad del viento.

El viento es bienvenido en zonas cálidas-húmedas porque refrescan y aseguran la ventilación natural. Los obstáculos naturales o construidos pueden además de alterar la velocidad del viento, ocasionar corrientes de aire y turbulencias, razón por la cual es importante controlar sus efectos.

La luminosidad

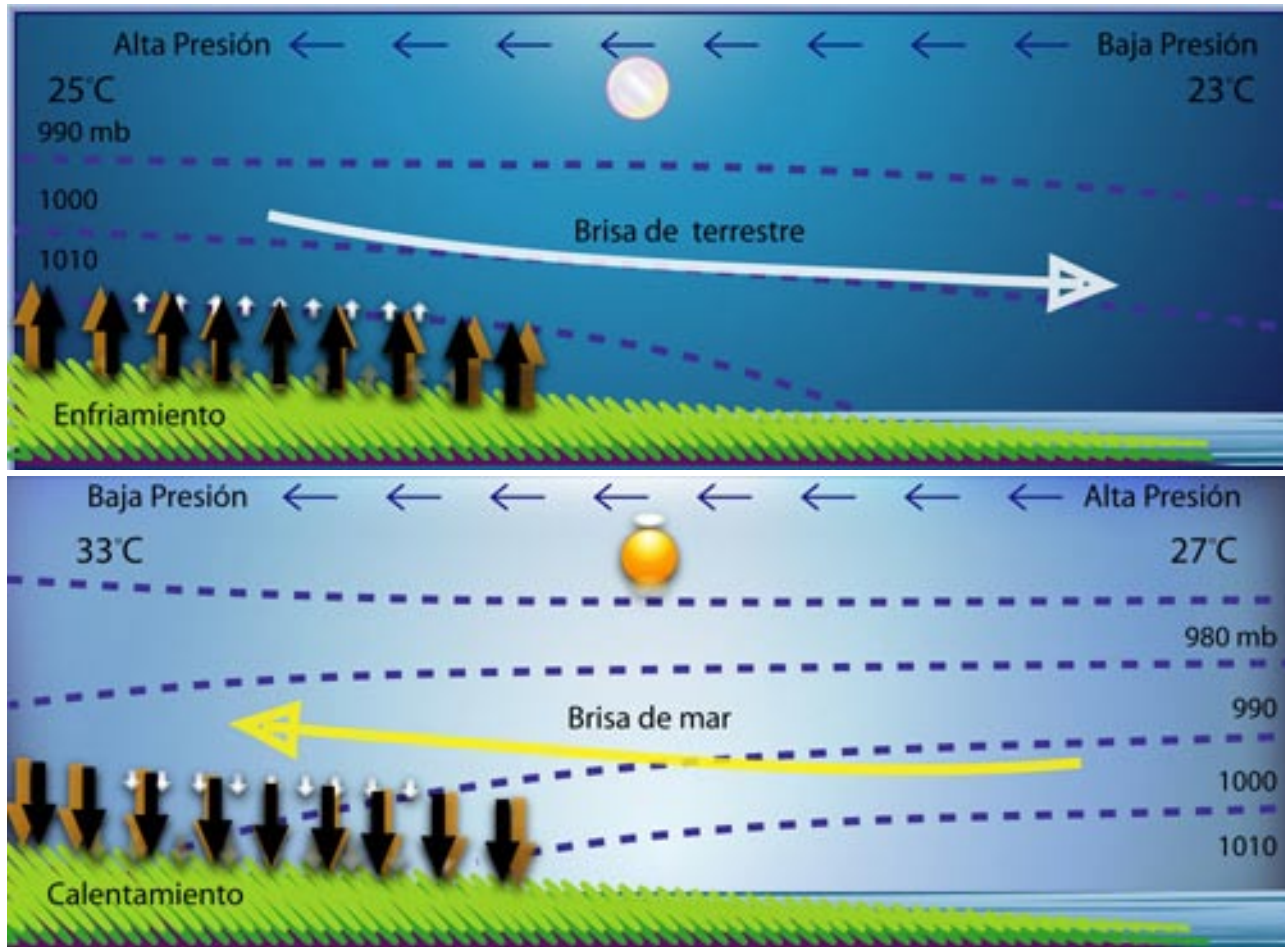
La luminosidad es un factor climático que varía según la época del año. La luz natural se compone de la suma de iluminancia debida al sol y al cielo.

Como fuente de iluminación natural, la luz y el soleamiento son los factores climáticos que permiten sacar más ventajas. Una buena concepción y una utilización juiciosa de un edificio reducen las necesidades de iluminarlo artificialmente, incluso en días nublados.

Es necesario conocer datos precisos para un día y una hora determinada. El estudio de la iluminación natural de un edificio se basa en datos con cielo cubierto y condiciones exteriores desfavorables. Los datos de cielo despejado constituyen datos suplementarios, los cuales contribuyen a evaluar las variaciones de luz natural en los locales.

La luz natural presenta un espectro visible (rayos con longitud de onda entre 380 y 760 nanómetros) en forma continua.

La cantidad de luz recibida en un lugar varía según el día y la hora. Está además influenciada por las condiciones meteorológicas y el grado de contaminación del aire. La luz natural del día con cielo despejado, se expresa por la suma de iluminancia debidas al cielo y al sol: es la iluminancia global.



La gran variación de iluminancia , medida en lux, tiene como consecuencia, basar los estudios de iluminación natural de los locales sobre condiciones mínimas de iluminancia.

La influencia del agua sobre el microclima

La presencia de agua ya sea a pequeña o gran escala, modifica localmente el aire. Por su inercia térmica, el agua juega el papel de tapón y atenúa las fluctuaciones de temperatura.

A escala de microclima, las superficies de agua temperan las fluctuaciones de temperatura: estanques, lagunas, etc. Desempeñan el papel de tapones térmicos, logrando que haga menos calor en verano y menos frío en invierno.

A gran escala, los océanos condicionan el clima del litoral. En términos generales, la gran capacidad térmica del agua, la hace poco sensible a las variaciones de temperatura de la atmósfera.

La influencia del relieve sobre el micro clima

El relieve influencia la repartición de temperaturas, las posibilidades de soleamiento así como los fenómenos de nubosidad y de regímenes de vientos.

El relieve altera la temperatura tanto por las

variaciones que induce durante el día por la irrigación de las pendientes (según su inclinación y orientación), como por su influencia en el régimen de vientos. Las caras expuestas al viento son más frescas que las escondidas y si bien el relieve protege a ciertos sitios, sobreexpone a otros.

Los valles normalmente son más cálidos durante el día que las cumbres, sin embargo en la noche el aire se enfría y se acumula en el valle y en las pequeñas depresiones. Se crea entonces una diferencia de T que favorece las pendientes en contacto directo y permanente con lo que se llama la cintura caliente. En los grandes valles, el fenómeno tiende a crear un movimiento de aire longitudinal tan poderoso como lo es su longitud y su T elevada.

La altitud también influencia la T. La presión disminuye con la altitud, el aire se descomprime y se enfría. Esta disminución es del orden de 0,7 grados por cada 100 m.

El gráfico expone los problemas de exposición (solana y vertiente), de sombra mutua y de cintura caliente. La topografía puede constituir una sombra importante, que debe ser considerada en el diseño y en la orientación del edificio.



Las variantes de soleamiento inducen a una variación de T entre la cumbre y los valles. Esta situación provoca fluctuaciones de presión y un movimiento de masas de aire. Las brisas remontan los valles durante el día mientras las cumbres se benefician del sol y un calentamiento superior al plano.

El gráfico muestra cómo la T del aire disminuye a medida que aumenta su altitud (fenómeno de Foehn).

Al punto de saturación, una buena parte del agua es abandonada en forma de lluvia (o nieve). Por las laderas, el aire no saturado desciende y se calienta por compresión para llegar al pie de la montaña con una humedad relativa débil a menudo inferior a 30% de su valor original, lo cual le otorga transparencia. Este efecto de Foehn, muy común, puede aumentar la T hasta en 20° C en un día.

La influencia de la vegetación en el microclima

La vegetación proporciona sombra, hace de pantalla contra los vientos, refresca el aire por evapotranspiración y filtra el polvo en suspensión.

La vegetación se distingue de los otros elementos por su aspecto eventualmente estacionario (puede perder hojas, tener flores) y por el hecho que su eficacia depende del crecimiento de la planta. También ofrece una protección parcial: filtra la radiación, aunque no la evita.

Los árboles son capaces de filtrar o fijar el polvo y absorben y producen vapor de agua. Una hectárea de bosque puede producir 5.000 toneladas de agua por año. Por el proceso de fotosíntesis, los árboles regeneran el aire y producen oxígeno. En las regiones boscosas, los árboles interceptan entre 60 al 90% de la radiación solar, impidiendo las alzas en la T del suelo. También reducen la radiación nocturna hacia el firmamento, el follaje constituye un "cielo" para el suelo bajo el árbol y su T radiante es superior a la del firmamento. El descenso de la T está por tanto limitada a la noche, pero las diferencias de T en el suelo son poco importantes en las regiones boscosas. Se ha registrado una diferencia de T promedio de 3,5° C entre un centro de ciudad y barrios vecinos a una banda de vegetación variable entre 50 y 100 metros de profundidad. La convección horizontal de masas frías (vegetación) hacia las masas más calientes (construcciones vecinas) permite este enfriamiento. La humedad relativa aumenta en un 5%.

La vegetación por lo tanto, ofrece una protección contra los vientos fuertes. Barreras vegetales, avenidas de árboles, enredaderas, hiedras aumentan la rugosidad para el desperdicio del aire: la velocidad del viento se reduce y el desperdicio por convección en los edificios disminuye.

En los sitios donde la biodiversidad haya sido alterada es recomendable restaurarla. Incorporar especies

ajenas a la zona es alterar el ecosistema. Investigar cuáles árboles se dan en la zona y reforestar con ellos es más ecológico que poner cualquier árbol. Hay árboles urbanos porque sus raíces no ocasionan daños y otros para fines diversos.

Impacto de las construcciones sobre el microclima

Las construcciones esconden la radiación solar, protegen del viento, conservan el calor y elevan la T exterior. También crean corrientes de aire o reflejan los rayos solares, causando más deterioro ambiental.

Las construcciones constituyen pantallas fijas para sus vecinos. Su influencia puede ser positiva si buscamos una protección contra el sol (villas mediterráneas tradicionales) o negativa si los edificios vecinos esconden el sol cuando se necesitan sus beneficios. En la concepción solar pasiva, es importante medir el impacto de este ocultamiento.

La naturaleza de las superficies construidas influyen igualmente el microclima acumulando calor. En medios urbanos, la T es superior que en el campo. La petrificación del suelo impide filtrar el agua hacia el subsuelo. Las construcciones pueden generar situaciones paradójicas. Reducir la velocidad del viento y forzarlo a rodearlas, lo cual multiplica las turbulencias y genera violentos ventoleros en sus bases.

El empleo de materiales reflectivos (vidrios) puede también influenciar la exposición efectiva de un edificio. Los edificios orientados al Norte en el hemisferio Norte y al Sur en el hemisferio Sur, dotado de grandes ventanales para aprovechar la luz natural, puede ver revertida su situación si le construyen un edificio de grandes ventanales reflectivos al frente, que le produciría artificialmente el soleamiento que quería evitar. Las condiciones de bienestar del primer edificio se verían seriamente alteradas con la construcción del segundo.

Construir en climas cálidos y húmedos

El clima por definición, está relacionado a las condiciones atmosféricas de temperatura, humedad, vientos, vegetación y una iluminación específica para cada localidad geográfica. Las fuerzas naturales de la Tierra, el mar, el Sol y el aire, conducen las condiciones globales del clima. En principio, es la energía solar la que provee la energía para crear los sistemas climáticos del mundo. En el trópico, el ángulo de incidencia del Sol es de 90°, mientras que en los polos es cero. La cantidad de radiación solar por tanto es mayor en el Ecuador y menor en los polos. El diferencial calórico produce diferencias de presión y circulación de aire en la superficie terrestre. Así, el aire frío de los polos, que es el de mayor presión, desciende y mueve el aire caliente de los trópicos.

El clima cálido recibe altos niveles de radiación solar y por lo tanto tiene superávit para casi todo el año. Estas altas T permiten al aire acumular más humedad y en consecuencia tener mayor humedad relativa. La selección de las estrategias para diseñar serán

decisivas en el resultado. Por ejemplo, cómo diseñar un edificio cuya ubicación hace que las mejores vistas estén hacia el oeste, y poder controlar el soleamiento de la tarde? Cómo integrar las estrategias con el edificio y el contexto del edificio, es parte de la ciencia. En los climas cálidos los métodos para reducir ganancia de calor son bienvenidos y para ello un conocimiento del sitio y su microclima es necesario.

En climas cálidos y húmedos, el bienestar se asegura con una construcción aislada, masiva o ligera, mientras que la ventilación sea importante y que las ventanas estén bien orientadas y sombreadas por grandes aleros. El movimiento del aire constituye el principal elemento para alcanzar el bienestar, pues la sombra se puede procurar por otros medios. Los emplazamientos más adecuados son aquellos que de alguna manera reciban corrientes de aire, considerando que el mejor método pasivo para enfriar es la ventilación, pero para lograrlo se requiere al menos, un diseño cuidadoso, y la planificación del sitio para la mejor orientación.

Estos climas, los encontramos en Africa central, en Asia, en el norte de Australia y en el Caribe. Es el clima más difícil para lograr una arquitectura pasiva con bienestar. Los niveles de bienestar logrados actualmente no permiten repetir las soluciones vernaculares.

Es un clima cálido, húmedo, de fuertes precipitaciones, concentradas en pocas horas, un alto grado higrométrico acompañado de una diferencia diaria de T inferior a 10 ° C y una T bastante elevada a lo largo de todo el año. Hace mucho calor durante todo el día y en la noche.

Situamos la zona de bienestar diurna entre 18 y 24 ° C y entre 12 y 18 ° C durante la noche (tabla de Mahomey). No existen por lo tanto motivos para almacenar el calor del día para utilizarlo en las noches, porque la noche es también calurosa. El empleo de materiales pesados de gran inercia térmica no haría más que empeorar la situación. La circulación de aire aparece como el factor esencial que permite disminuir el desagradable resultado del clima.

Los principales elementos arquitectónicos en el trópico son:

- orientación en un eje longitudinal este-oeste con el fin de reducir las fachadas expuestas al sol,
- edificaciones aisladas, separadas unas de otras, para que el aire circule entre ellas,
- aberturas generosas a través de las cuales los vientos dominantes puedan circular y penetrar en los edificios,
- una capa de aire y materiales ligeros y aislados en el techo pero que puedan hacer frente a las fuertes precipitaciones
- grandes aleros que puedan alejar el agua de la edificación y dar sombras a paredes y ventanas
- evitar la radiación solar que es la principal fuente de calor

Recientes estudios térmicos en Australia, han determinado que el problema de la masa térmica es más compleja actualmente por la introducción de materiales aislantes, pues duplica la masa térmica a la exposición solar.

El factor crítico es el movimiento del aire, debe ser constante para disipar las ganancias de calor solares e internas y la exposición de las ventanas que deben estar siempre protegidas del sol. El aislamiento sólo

representan el 35% de la factura, mientras que las pérdidas por contacto (conducción) son despreciables (<1%) . El cuerpo pierde 6% de su calor en calentar el alimento ingerido.

El bienestar térmico depende de 6 parámetros:

- el metabolismo es la producción de calor interno del cuerpo que permite mantenerlo a 36,7 grados C. Un metabolismo de trabajo



funciona si existe buena ventilación, porque de otro modo, los aportes solares e internos se acumulan al interior y si la sombra y orientación de las ventanas son correctas.

El bienestar térmico

El bienestar térmico está definido como un estado de satisfacción frente al ambiente térmico. Está determinado por el equilibrio dinámico establecido por el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente.

En condiciones normales, el hombre mantiene su T corporal alrededor de 36,7 grados C. Esta T es en permanencia superior a la del ambiente, por lo cual se debe buscar un equilibrio para asegurar su bienestar. Si bien es imposible encontrar una T que convenga a todos, se persigue un promedio aceptable.

La difusión entre el individuo y el ambiente se efectúa según diversos mecanismos: 50% de las pérdidas de calor del cuerpo se hace por convección con el aire ambiental (convección y evaporación por la respiración o en la superficie de la piel). Los intercambios por radiación en la superficie de la piel

correspondiente a una actividad particular se agrega al metabolismo base del cuerpo en reposo.

- La vestimenta representa una resistencia térmica a los intercambios de calor entre la superficie de la piel y el ambiente
- La T ambiente del aire (T_a)
- La T de las paredes (T_p)
- La humedad relativa del aire (HR) e su relación expresada en % entre la cantidad de agua contenida en el aire a la T_a y la cantidad máxima de agua contenida a la misma T.
- La velocidad del aire influencia los intercambios de calor por convección. En el habitat las velocidades del aire no sobrepasan 0,2m/s.

Los mecanismos de autorregulación del cuerpo humano dejan aparecer una zona donde la variación del bienestar térmico es débil: es la playa de bienestar térmico.

La temperatura

La temperatura puede variar alrededor de la T de confort, sin que el nivel térmico del individuo se vea afectado.

Las paredes son la piel del edificio, un separador que crea un clima artificial dentro del edificio y separa a los usuarios del ambiente exterior. La T de las paredes influencia los intercambios térmicos por radiación. La repartición de las temperaturas sobre una pared es un fenómeno complejo pero podemos admitir que T_p es igual a la media de temperaturas de las paredes que la circundan ponderadas por su superficie.

Para simplificar, definimos una temperatura de bienestar experimentada o temperatura resultante



