



INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL

# GUIA BIOCLIMATICA CONSTRUIR CON EL CLIMA

Jimena Ugarte



Fundación Príncipe Claus para la  
Cultura y el Desarrollo

FUNDACION PRINCIPE CLAUS  
PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO



## Construir con el clima

El clima determina de manera considerable, la forma construida. La arquitectura vernacular refleja la comprensión y reflexión sobre las condiciones locales, antes de construir y habitar. Son el resultado de aplicaciones y tradiciones ancestrales, mejoradas con el transcurrir del tiempo y las necesidades de la época.

La arquitectura llamada moderna, señalaba desde su génesis, una corriente de pensamiento y acción que han marcado y condicionado nuestro ambiente natural. El mal dominio de los elementos naturales, fue compensado por el empleo sistemático del aire acondicionado y la iluminación de neón.



Nuevas tendencias positivas, están produciendo nuevas relaciones con la naturaleza y las búsquedas en este sentido son muy necesarias dado el estado de devastación y tragedias naturales en que se encuentra nuestro pequeño planeta. La arquitectura bioclimática, surge como una de ellas y pasa a formar parte incluso de los programas de los Ministerios de Energía en algunos países desarrollados. La necesidad de evaluar la cantidad de energía economizada resultado del diseño arquitectónico, se dificulta, porque es más fácil medir la cantidad de agua caliente que circula por un tubo, que el flujo solar que atraviesa un vidrio. Pero "arquitecturar" la economía en el dominio de la construcción es fundamental en el ahorro energético.

Las arquitecturas sabias, desde Vitruvio y la arquitectura vernacular, han buscado siempre integrarse al clima local y a sacarle partido. Si la arquitectura vernacular refleja la reflexión profunda sobre el habitat local, el clima no es el sólo motor de la construcción vernacular. Amos Rapoport lo demostró en "Pour une anthropologie de la maison", en 1972, el clima constituye un factor importante, el cual interviene junto a otros factores: culturales, sociales, y económicos.

La imagen de la arquitectura vernacular está modelada por:

- el clima (orientación, tipo de ventanales, etc. )
- los materiales disponibles
- la tecnología disponible
- la organización del trabajo
- las relaciones sociales

Algunas arquitecturas vernaculares permanecen y sorprenden por su adecuación entre las necesidades de vivienda y los parámetros locales. Los trogloditas, cavan sus viviendas en huecos bajo las montañas o utilizan cavidades naturales o artificiales para este fin. La condición principal de este tipo de vivienda radica en la presencia de una tierra de roca suave y exenta de humedad. El habitat enterrado se caracteriza por la desaparición de la fachada expuesta al exterior y por un aumento considerable de la inercia térmica de la envoltura.

En Mahatma, en Túnez, construyen alrededor de un pozo central de aproximadamente 10 metros de profundidad. Las habitaciones se construyen alrededor de este patio, en varios niveles. El acceso se resuelve con un túnel en pendiente. En este clima cálido y árido, las ventajas del patio son múltiples: inercia térmica del suelo,

reducción de la exposición al sol maximizando la sombra, estratificación del aire con reserva de aire fresco al fondo del patio, reducción de la exposición al viento, polvo, arena, etc.

En el trópico, las casas de patio central, cumplen con las mismas condiciones, permitiendo además ventilación cruzada y natural e iluminación natural en todo el perímetro.

Las casas de corredor perimetral y levantadas del suelo, de zonas inundables aprovechan las brisas, reducen o eliminan la humedad, mantienen alejados los animales ponzoñosos y mantienen todas sus ventanas en sombra, por lo tanto el interior es fresco.

La creación de zonas tapones, o intermedias, para mitigar el calor a su llegada y permitir la entrada de aire refrescado, es una estrategia necesaria en climas cálidos.

## La solución bioclimática

La arquitectura bioclimática, restablece la relación hombre-clima. Cada realización arquitectónica concretiza un microcosmos más o menos estrecho con su medio ambiente. El objetivo de la concepción o renovación de un edificio es realizar este microcosmos en condiciones óptimas y darle al clima su justo lugar entre las dimensiones fundamentales de toda intervención arquitectónica. La arquitectura definida en estos términos, incluye al clima y la dinámica que éste implica.

El ocupante es el protagonista de esta arquitectura, el objetivo de concederle y responder a sus exigencias de bienestar. La arquitectura bioclimática se preocupa de los parámetros que condicionan el bienestar del ocupante. La conducta del ocupante define "la marcha correcta" de una construcción bioclimática.



Es fundamental que el habitante tome consciencia de su desempeño y aprenda a vivir en simbiosis con su medio ambiente y al ritmo de los cambios del clima. En términos del arquitecto Bruno Stagno, “es una arquitectura pasiva, para gente activa”. Es decir los ocupantes tienen que participar e interactuar con el edificio.

La noción de medio ambiente es un concepto con doble significado: define el clima, pero a la vez implica la acción del hombre sobre su medio. Vivir en simbiosis con su medio ambiente es integrarse y respetarlo.

El clima es el elemento crítico en la concepción de una arquitectura bioclimática: la evolución del sol y las temperaturas, el régimen de vientos y precipitaciones, todo contribuye a determinar un ambiente físico al cual el arquitecto intenta responder.

El clima no ofrece condiciones que permitan habitar confortablemente todo el año y es necesario corregirlo con la capacidad del edificio de procurar este bienestar. El objetivo por lo tanto consiste en obtener la mejor adecuación entre el clima, el edificio y el ocupante.

Hablar de arquitectura bioclimática, más allá de los ahorros energéticos y protección del ambiente que pueda procurar, es antes que todo lograr el bienestar del ocupante.

## El clima

Los principales climas se definen en función de las temperaturas y de la humedad. Distinguimos 4 categorías de climas según estos parámetros:

- fríos para T promedio anuales de menos de 10 ° C
- templados para T promedio anuales comprendidas entre 10 y 20 ° C
- cálidos para T promedio anuales comprendidas entre 20 y 30 ° C
- muy calientes para T promedio anuales superiores a 30 ° C

Se clasifican dos categorías según la humedad

- seco, para una humedad relativa inferior a 55%
- húmedo, para una humedad relativa superior a 55%

Los climas cálidos señalan al clima mediterráneo y los seis regímenes climáticos tropicales:

- ecuatorial, se caracteriza por una fuerte humedad y precipitaciones importantes, temperaturas cálidas y una débil amplitud térmica, las estaciones son poco diferenciadas. Las T varían entre 22 a 32 ° C, las diferencias térmicas diurnas y anuales varían de 5 ° C en el día y 1 ° C en el año. Las T son elevadas y constantes. Las precipitaciones son del orden de 2.500mm y se reparten a lo largo del año, pueden alcanzar 70mm por hora en los grandes aguaceros.



Llueve regularmente después del mediodía y la humedad es próxima a la saturación.

La baja presión favorece el estancamiento de masas de aire y los vientos son débiles y provienen del Este. La cobertura de nubes es de 60 a 90 % y evoluciona poco a través del año. El cielo está frecuentemente nublado y cubierto.

La radiación solar directa es moderada, pero la difusa es importante.

El calor es excesivo, la inmovilidad del aire y la humedad elevada favorecen la presencia de una vegetación exuberante.

El suelo es húmedo y el nivel de la napa freática está cercana a la superficie.

- tropical húmedo, se caracteriza por una estación de fuertes lluvias y calor y otra seca y más fría. Cubre la zona ecuatorial de latitudes 20° norte a 20° sur.
- tropical seco, se caracteriza por tener tres estaciones: una cálida y seca, una muy cálida y otra cálida de lluvias
- tropical desértico, se caracteriza por una estación muy caliente y otra fría. Las diferencias de T entre el día y la noche son importantes y las lluvias raras
- tropical de monción, se considera un clima compuesto que consiste en una estación seca y cálida y otra cálida y muy húmeda: es la época de los monzones
- el clima subtropical, llamado mediterráneo, se caracteriza por un verano caliente y un invierno moderado.

Los límites entre las zonas no son precisos y existe entre dos zonas una de transición. Por esta razón, cada zona climática se divide en sub-zonas en función de ciertos criterios, como la duración de la estación seca.

Es importante para los arquitectos conocer las características de las sub-zonas donde va a trabajar e integrarlas en su diseño.

En Costa Rica el sistema para clasificar el clima más usado es el de Cohen, quien divide el clima como sigue:

1. Tierra caliente: desde el nivel del mar hasta 600 metros de elevación, presenta temperaturas promedios anuales superiores a los 22 ° C.
2. Tierra templada: elevaciones desde 600 hasta 2.000 metros, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 10° C y 22° C.
3. Tierra fría: elevaciones superiores a los 2.000 metros y temperaturas medias anuales inferiores a 10° C.

Cada uno de estos grupos, los subdivide de la siguiente manera:

Tierra caliente a: Abundan las lluvias del Atlántico. Cubre el Noroeste de Costa Rica, y los bosques lluviosos de las cuencas del río Colorado y San Juan, con un promedio de precipitación total superior a los 4 metros. Mese secos: junio, septiembre y diciembre.

Tierra caliente b: Abundan las lluvias del Pacífico y la influencia monzónica. Se encuentra en Golfito, con características similares al anterior grupo, siendo los meses más secos febrero, marzo y abril y los más húmedos septiembre y octubre.

Tierra caliente c: Limón, cuenca Norte río San Carlos hasta frontera con Nicaragua. Altas precipitaciones, presenta cada 5 años, un año seco. Muy nuboso en las mañanas y claro al mediodía.

Tierra caliente d: Provincia de Puntarenas y región Norte. Lluvioso con influencia monzónica. Precipitaciones superiores a 1.60 metros de abril a diciembre y estación seca de enero a marzo.

Tierra caliente e: Provincia de Guanacaste y península de Nicoya, hasta Alajuela. Es la zona más seca y cálida de Costa Rica. Mese secos de diciembre a mayo.

Tierra templada a: cubre las laderas de la Cordillera Central y la Cordillera de Talamanca, en la zona Atlántica. Elevaciones entre 600 y 1.600 metros. Nubosidad abundante durante todo el año, frecuentes nieblas y lloviznas, precipitación uniforme durante todo el año.

Tierra templada b: Cordillera de Talamanca en el lado Pacífico. Temperaturas moderadas y período seco benigno entre Junio y Abril.

Tierra templada c: La meseta central recibe influencias climáticas tanto del Pacífico como del Atlántico.

Tierra fría a: Cubre las cimas de las cordilleras de Talamanca y Central, sujetas a vientos alisios. Clima lluvioso de altura. Precipitación durante todo el año, temperaturas bajas.

Tierra fría b: Clima seco de altura, paralelo al anterior pero en las faldas del Pacífico. Estación seca de diciembre a abril, bastante nubosidad.

Existen múltiples variantes y microclimas, pero éstos son, a grandes rasgos, los más representativos.

Temperaturas promedio anuales según elevación

LOCALIDAD	ELEVACION	TM
	Metros	anual °C
Puntarenas	3	27.7
Zarcero	529	18.4
San Vito	1.018	23.3
Ochomogo	1.489	
18.4		
Pacayas	1.734	
17.1		
Sanatorio Durán	2.336	15.1
Villa Mills	3.000	7.3

Fuente: Estrategias pasivas para Costa Rica. Jerry Germer.

## ESTRATEGIAS PARA TRABAJAR CON EL CLIMA

La tecnología disponible, permite emplear diversas estrategias para “aprovecharse del clima”. Hacer uso del sol y del viento, fuentes de energía inagotables y gratuitas, es actualmente la decisión más inteligente y responsable.

### 1. La concepción solar pasiva

En climas fríos, la arquitectura solar pasiva se distingue por el desempeño de la piel del edificio que debe ser eficiente. El diseño solar pasivo debe ser bien concebido desde el punto de vista de la conservación de la energía, para lo cual deben intervenir varios parámetros:

- el nivel de aislamiento debe garantizarse en toda la piel del edificio evitando los puntos térmicos, como balcones, aislamiento, celosías, fundaciones, etc.
- La piel debe garantizar un hermetismo suficiente para impedir que entre aire y las infiltraciones inoportunas, cuando hace mucho frío o mucho viento. La renovación del aire debe contemplarse por un sistema de ventilación.
- La orientación del edificio debe escogerse para maximizar la exposición al sol. El Sur es la mejor exposición: el sol está disponible durante todo el día, y todo el año, y la altura del sol hace que las ganancias sean mayores en invierno que en verano, a la inversa que la orientación Este-Oeste.
- El trabajo del corte indica cuánto penetra el sol, el cual debe penetrar lo más profundo posible. La atención debe ponerse sobre las alturas angulares del sol, el trabajo de niveles, patios internos, iluminación cenital, etc.
- Inversamente, para evitar el recalentamiento, conviene limitar los

ventanales orientados al sur oeste, utilizar sombra estructural en la fachada (aleros, balcones, salientes) y ventilar el edificio.

- Conviene la utilización de materiales pesados que almacenen el calor y atenúen las fluctuaciones de temperatura (inercia térmica). Estas masas de alta capacidad térmica, serán dispuestas de manera que reciban directamente los rayos solares.
- En regla general, las casas solares pasivas, se distinguen por ganancias solares proporcionalmente más elevadas, lo que disminuye la necesidad de calentar. Debe tenerse en cuenta que las pérdidas brutas de estas mismas casas son superiores a las de una casa muy aislada. El promedio sin embargo es favorable a las solares pasivas.

### Sistemas solares pasivos, activos e híbridos

La utilización de la energía solar es posible en diversos niveles de integración: solar activo (tecnología integrada) a solar pasivo (concepción arquitectónica integrada) y solar híbrida (a veces pasiva, a veces activa).

Sistemas activos: la energía solar captada en fachada o en el techo por un panel solar, calienta un fluido portador de calor (aire, agua), el cual transfiere esta energía a un almacenador. La circulación del fluido necesita gastar energía (generalmente eléctrica), que representa una fracción de la energía captada. El calentador de agua solar con bomba de circulación es un sistema activo muy conocido, así como el piso solar directo y los captosres solares en general. El desempeño del sistema depende ante todo de su ajuste y de la calidad de sus componentes.

Sistemas híbridos: tienen un funcionamiento aleatorio, a veces pasivo, a veces activo, como los colectores ventana, con circuito de aire caliente o el captor de aire. El colector de ventana funciona de dos maneras: cuando el sol es débil se comporta como una ventana normal (ganancia directa); cuando el sol es intenso (>300 W/m<sup>2</sup>) una persiana veneciana baja en el espacio intermedio entre la ventana interna y la externa y un ventilador pulsa el aire en circuito cerrado del colector al almacenador (y de regreso). Estos sistemas son complejos, molestos y costosos.

Sistemas pasivos: los más usados son la ventana, la galería vidriada, invernadero, y el calentador de agua solar de termosifón.



La utilización pasiva de la energía solar se utiliza en realidad en todas las edificaciones con ventanas: consiste en dejar pasar los rayos solares por las aberturas transparentes, lo cual aporta luz y calor. La energía solar es captada y almacenada en las partes masivas internas del edificio, como (baldosas, cielos, paredes internas). El desempeño de los sistemas pasivos dependen de la calidad y precisión del concepto arquitectónico. El costo es limitado y las molestias nulas.

#### La implantación

Es la tarea más importante del arquitecto. Determina la iluminación, los aportes solares, los desperdicios, la ventilación, etc., pero también la calidad del habitat: comunicación, vistas, relación con los vecinos, etc.

#### La orientación

La orientación de un edificio responde a su destino: la necesidad de luz natural, el interés a utilizar la radiación solar para calentar el edificio o por el contrario, la necesidad de protegerlo para que no se caliente, la presencia de vientos que puedan enfriarlo o calentarlo, son parámetros cuantificables y que deben considerarse cuando se decide cómo orientar el edificio.

En arquitectura, podemos definir la orientación como la ciencia de combinar las demandas de sol, luz, viento y vistas. La orientación inteligente de la estructura y aberturas de tamaño apropiado son dos decisiones inevitables cuando se diseña un edificio. Para lograrlo, se debe tomar en consideración el ángulo solar a distintas horas del día y diferentes estaciones del año y los vientos que prevalecen. Para evaluar los efectos del viento en el edificio, en el bienestar humano, sus variaciones anuales y mensuales, velocidad y temperatura, deben ser analizadas por dirección. Una vez encontradas la mejor orientación al sol y al viento por separado, es fácil encontrar la orientación para ambos combinados.<sup>1</sup>

El sol interviene para dispensar luz y calor. La orientación adaptada permite reducir el consumo y gastos de calefacción o bien de aire acondicionado así como de iluminación. Una planificación correcta permite la conservación del ambiente y desarrolla sistemas de bajo riesgo.





### Vestir y desvestir los edificios

Se nos ha olvidado quitar y poner aditamentos, según la época del año: toldos, pantallas, postigos, puertas corredizas, puertas con mecanismos manuales para permitir o impedir la entrada del aire, ventanas regulables en diversas posiciones y aberturas, aleros, marquesinas, parrillas, pérgolas, vegetación. Otra manera de cooperar al bienestar en las viviendas en los climas cálidos, es designar espacios diferentes para diversas horas del día, de manera que el usuario se va trasladando al lugar más fresco, según pasan las horas. Es lo que Charles Correa ha llamado nomadismo en la arquitectura.

### Las herramientas arquitectónicas

#### Zonaje térmico y espacios tapones

Encerrar espacios en zonas diferentes permite crear espacios protectores y ambientes térmicos diferentes, más apropiados a su uso particular.

Permite también crear espacios tapones y protectores al Norte del edificio de manera que la concepción y la organización interna mantenga un bienestar térmico durante todo el día.



Una bodega, los baños, la cochera o un dormitorio que se usa solo de noche, pueden por ejemplo ubicarse en el lugar más asoleado y cálido, mientras que el estar y el comedor, o bien otros espacios más usados se ubican en las zonas mejor favorecidas. La zonificación permite además, en caso de utilizar aire acondicionado, excluir una zona importante y ahorrar así el consumo energético, porque disminuye el volumen climatizado.

La vegetación puede servir de espacio tapón al Sur, y proteger los ventanales, jugando un papel activo en la función del edificio. La zonificación replantea la relación entre los espacios.

#### La termocirculación

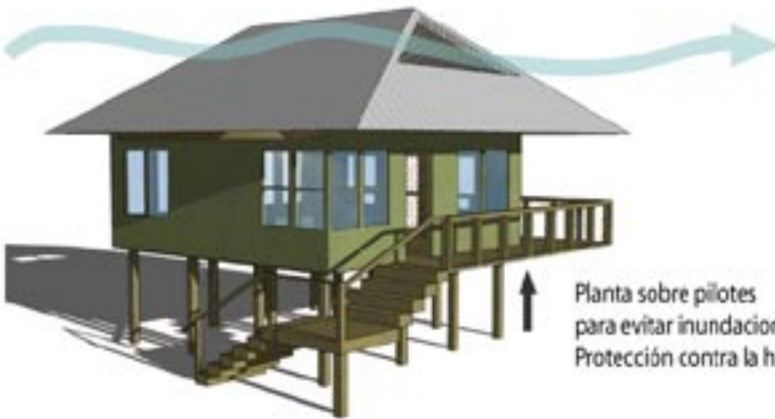
Es un modo de distribuir el calor que causa el asoleamiento. Cuando por efecto de radiación solar una pared interior se calienta, cede una parte del calor acumulado al aire del ambiente por convección. En ese momento, el aire adquiere un movimiento ascendente creando una necesidad de aire más fresco. Contrariamente al viento que crea un flujo de aire sensiblemente horizontal, los movimientos de aire debidos a gradientes de temperaturas, tienen un flujo más vertical. Por poco conectados que estén los espacios asoleados con los que no lo están, las masas de aire se elevan naturalmente y se establece en el edificio y una circulación de aire entre las zonas más frías con las más calientes; este movimiento se llama termocirculación del aire.

# Casa de zona del Caribe zonas bajas

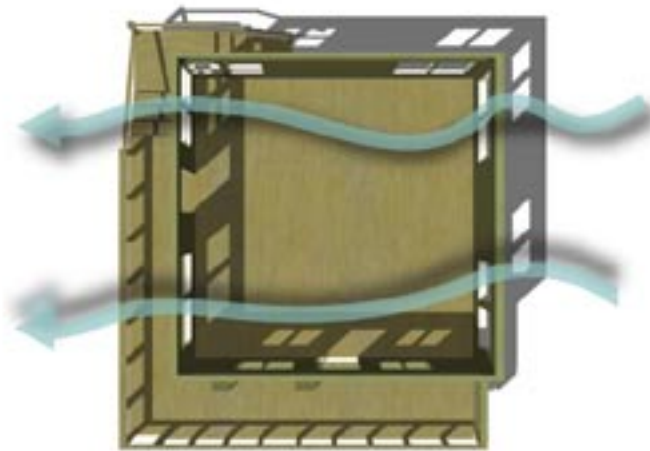
Estrategias de ventilación  
por el cielo y techo



## Arquitectura Vernacular



Planta sobre pilotes  
para evitar inundaciones y plagas  
Protección contra la humedad



Planta de Casa caribeña  
circulación del aire

La utilización de este fenómeno requiere una organización espacial mas bien abierta. Las diferencias de densidad en el origen del fenómeno es muy débil y debe disponer de grandes superficies de comunicación entre los espacios fríos y los calientes.

El usuario se transforma en un animador energético en función de las variaciones atmosféricas y de su ritmo de vida. La termocirculación del aire depende de su iniciativa o bien puede frustrarla: dejando una puerta cerrada, o bien abierta, produce un efecto contrario al deseado. El usuario es por lo tanto responsable de la buena gestión de los movimientos de aire al interior de su vivienda.

#### Las aberturas

Son los medios de comunicación del edificio: su posición, sus dimensiones y sus proporciones, regulan la entrada de aire, de luz y de sol.

Las aberturas juegan un papel fundamental en la relación del edificio y del usuario con su medio ambiente. Los intercambios de calor, los desperdicios térmicos, y los aportes de calor, así como los aportes solares provienen principalmente de las aberturas. Estas establecen el contacto entre el exterior y el interior y permiten mejorar el bienestar del usuario. Las aberturas y particularmente las ventanas, son un elemento mayor del edificio y siempre han sido objeto de atención de los arquitectos.

En los países cálidos, donde no tenemos problemas de desperdicios térmicos, no es necesario preocuparnos por este problema, basta con que cierren en los meses más fríos. Sin embargo de su altura, de la profundidad de los espacios, del ancho de los balcones, y de la cobertura de los aleros, va a depender en el calor, la función de la ventana.

Es importante anotar que las ventanas verticales orientadas al sur deben estar protegidas del sol. Hay que considerar a la vez, que cualquier elemento usado para atenuar la radiación: brise soleil, postigos, pantallas, persianas de madera, etc, implica una reducción en la iluminación natural interna.

#### Las ventanas

Son el elemento de captación más simple y usado: aporta a la vez calor, ventilación y luz. Es un elemento indispensable del edificio:

- Influye en la vista: Hacia qué lugar del paisaje abrirse o cerrarse?

- Define el factor térmico: orientación a privilegiar ? Qué factor solar escoger ?
- Define calidad de la iluminación natural: directa, difusa o reflejada? Qué transmisión luminosa escoger?
- Es la mayor responsable para la ventilación: Qué protecciones solares escoger y cómo funciona la ventana en el circuito de ventilación del edificio ?

Un ventanal puede ofrecer diversas opciones de regulación: arriba, vidrios fijos protegidos por un parasol exterior móvil; al centro ventanas que se abren, y los de abajo vidrios fijos y opacos.

Las protecciones solares son el complemento indispensable de las ventanas, para evitar el calentamiento y el exceso de radiación solar. Existen múltiples alternativas y opciones para mitigar estos elementos. Pantallas caladas, balcones, jardineras, aleros, persianas, postigos, cortinas, toldos, patios con árboles cercanos, etc

En Oriente, existe una tradición y una artesanía importante para estos elementos, así como la costumbre de manipularlos a diario, según el clima. Se suben y bajan esterillas de bambú enrollables, se instalan postigos de madera cuando es necesario protegerse contra tormentas o bien huracanes, se cierran o abren toldos de tela, se regulan las persianas de vidrio, metal o madera, se instalan telas que permiten el paso del aire pero no del encandilamiento, y se hace gala de muchos otros artificios para palear las inclemencias.

En Europa, se usa vegetación caduca para que en verano tenga hojas y produzca sombra y en invierno permita captar el sol al perder las hojas, sacan y ponen terrazas al aire libre protegidas por quitasoles, instalan paredes móviles y provisionales, para evitar la lluvia o el viento, incluso se eliminan temporalmente ventanales completos en los recintos públicos como restaurantes.

En el trópico, donde las variables de temperatura, anuales y diarias difieren poco, necesitamos los mismos instrumentos durante todo el año.

Las protecciones solares pueden venir del ambiente: edificios cercanos, arboledas, el relieve del terreno.

Las galerías, terrazas y corredores funcionan como espacios tapones que privilegian la relación entre el interior y el exterior. Estos espacios no pueden ser considerados como

100% habitables. Estos espacios, si se cierran con vidrios, la radiación solar es transformada en calor lo cual es benéfico para el invierno, pero fatal en verano. En el trópico no es necesario cerrar estos espacios.

La radiación solar atraviesa las superficies vidriadas y alcanza los interiores donde la gente vive o trabaja, aquí se acumula el calor en los elementos masivos de la construcción. Las protecciones solares externas permiten evitar el exceso de radiación y las cortinas internas previenen el encandilamiento, reflejando la luz hacia el cielo raso.

No es recomendable evitar las ventanas al Norte (sólo hay que reducir su tamaño) porque entonces hay que gastar en iluminación, así como no hay que sobredimensionar las ventanas al oriente porque se corre el riesgo de sobrecalentarse.

#### Utilización de la vegetación y del agua

La concepción de los espacios externos, forma parte de la misión del arquitecto. El concepto arquitectónico bioclimático integra el tratamiento de la vegetación y del agua en la concepción del habitat. La vegetación protege del viento y del sol. El agua tempera las variantes térmicas y permite refrescar el aire.

Por su masa térmica elevada, el agua atenúa las fluctuaciones de T. restando calor al aire, para pasar al estado de vapor, reduce la T ambiente. La vegetación produce sombra que es tal vez, el elemento más buscado en el trópico, y reduce por lo tanto el soleamiento directo de los edificios y los ocupantes. Incluso los árboles de hojas caducas, reducen el soleamiento efectivo en un 20% a 40%.

La vegetación como enredadera contribuye a mejorar el comportamiento energético del edificio. El vapor emitido por evapotranspiración de las hojas, permite refrescar el aire.

La vegetación también sirve de filtro al exceso de claridad natural. La luz difusa que asegura una cobertura vegetal, atenúa los efectos de reverberación o encandilamiento gracias a la presencia de sombra.

El empleo de espejos de agua favorece la creación de microclimas y disminuye las variaciones diarias de T. Los sistemas de aspersión refrescan igualmente el ambiente.

El agua encuentra en el aire, el calor necesario para pasar del estado de líquido a vapor; la T del aire se ve así reducida y la humedad relativa del aire aumenta. Para maximizar este efecto, conviene aumentar la superficie de contacto aire-agua y el movimiento relativo del aire en relación al agua. Existen numerosas soluciones que emplean el agua: paredes lloronas, techos piscinas, y/o ajardinados, cascadas de agua, que además introducen el ruido del agua como elemento de relajación, etc.

#### Los pisos o pavimentos

Los pisos absorben o reflejan la luz solar. La inercia del piso puede ser aprovechada para estabilizar el ambiente interior. La textura y naturaleza del piso determina una parte del ambiente exterior alrededor de los edificios e influyen sobre el ambiente interno.

El piso puede absorber parte de la radiación incidente y reflejar el resto; la radiación absorbida calienta el piso. En medios urbanos, las infraestructuras viales constituyen un excelente acumulador de calor, pudiendo alcanzar T hasta de 80 C a causa de su color oscuro y su horizontalidad. La impermeabilidad de su superficie impide que se enfríe por percolación de agua.

Los pisos pueden a la vez reflejar la radiación luminosa. Arreglos vegetales frente a las ventanas tendrán una influencia positiva sobre la distribución de luz al interior. Un espejo de agua puede reflejar una parte de la radiación al interior cuando sea necesario.

El piso tiene capacidad de inercia térmica y por esta razón en muchos países cubren los techos con una capa de tierra con hierbas para mantener la T.

El piso tiene inercia térmica y un sistema de ventilación puede ser implementado con una red de ductos subterráneos instalados a dos o tres metros de profundidad y cuyas entradas de aire sean próximas al edificio. El aire caliente se refrescará porque la T de la tierra es inferior a la T del aire. El arquitecto puede sacar partido de este fenómeno enterrando una parte del edificio.

## El factor solar

Representa el % de energía solar incidente, transmitida a través de una pared vidriada al interior de un local. Mientras mejor se controle la radiación en los vidrios, menos carga térmica se necesitará para la climatización interna del edificio, cuando sea necesario e ineludible el aire acondicionado. Esto depende del ángulo de incidencia de los rayos solares en el vidrio. Los parámetros a tomar en cuenta son:

- la latitud y la estación (posición del sol)
- la orientación e inclinación de la pared (geometría del edificio).
- propiedades del vidrio utilizado

Los vidrios claros tienen alta capacidad para dejar entrar la luz. Se fabrican a partir de silicio, cal y soda, mezclados y fundidos. El vidrio fundido se sumerge en un baño de estaño en fusión. Ambos materiales no se mezclan y la superficie de contacto es perfectamente plana y lisa.

Los vidrios absorbentes son tintados por óxidos metálicos, los cuales permiten al vidrio disminuir la fracción transmitida de radiación, en beneficio de la fracción absorbida. La energía absorbida será reemitida bajo forma de infrarrojos de ambos lados del vidrio, siguiendo una relación que depende de la velocidad del viento y de las condiciones de T internas y externas. La reducción real de energía solar transmitida está ligada por tanto a la fracción de infrarrojos reemitidos al exterior.

Los vidrios reflectivos se caracterizan por la presencia de una capa metálica muy fina reflectiva y transparente, la cual aumenta la parte de radiación solar reflejada y disminuye la fracción transmitida. La escogencia de metales u óxidos determina el color del vidrio.. este tipo de vidrios se utilizan para reducir las ganancias solares indeseables, especialmente para edificios de oficinas.

## La transmisión luminosa

La transmisión luminosa (TL) corresponde al % de luz transmitida a través de una pared vidriada al interior de un local. En consecuencia, mientras más elevada sea, mayor es la cantidad de luz que penetra en el edificio y menor la iluminación eléctrica que se necesite durante el día.

Como para el factor solar, es posible definir la TL por tres tipos de vidrios: claros, absorbentes y reflectivos. Para un vidrio claro corresponde un 90% de intensidad luminosa transmitida, un 8%

es reflejado y un 2% es degradado en calor.

Los vidrios claros son los que permiten la mayor entrada de intensidad luminosa; los absorbentes permiten disminuir la fracción transmitida en beneficio de la absorbida y los reflectivos, caracterizan por un crecimiento en la parte de radiación solar reflejada y una disminución de la fracción transmitida.

No hay que olvidar que la elección de vidrios reflectivos puede modificar el ambiente circundante y es un riesgo importante: encandilamiento de los ocupantes de edificios vecinos y para los peatones, recalentamiento de los pisos, reflejos molestos en otros edificios.

La elección del factor TL depende de la cantidad de luz que se pretende en el edificio. Hay que considerar que la claridad natural disponible varía de manera dinámica en una escala amplia: de 5000 lux con cielo cubierto a 100.000 lux a pleno sol. Es decir una relación de 1 a 20.

## La climatización

Es un procedimiento de regulación del bienestar a doble flujo (aire impulsado y aire evacuado) que funciona en forma independiente al clima. Estos sistemas se consideran energívoros.

Agrupar al conjunto de técnicas que pretende crear y mantener condiciones determinadas de T y de humedad relativa, independientemente del clima y sus fluctuaciones.

Las construcciones ligeras (madera) no permiten respuestas apropiadas a los cambios del clima y en Estados Unidos, se utiliza el aire acondicionado para paliar estos cambios.

La climatización aporta una corrección inmediata a los problemas de bienestar térmico aún cuando el consumo energético aumenta de manera considerable. La arquitectura bioclimática considera que una concepción adecuada del habitat debe tratar de evitar las situaciones de molestia (recalentamiento, humedad excesiva, etc), por medios naturales antes que resolverlo con la instalación de una tecnología de corrección mecánica y energívora. Sabemos que esto no siempre se logra y que hay lugares donde es extremadamente difícil conseguirlo por las condiciones extremas de humedad y calor.

la climatización se basa en el principio de doble flujo: un flujo de aire impulsado (limpio, fresco), reemplaza un flujo de aire evacuado (sucio, viciado). es un circuito de aire cerrado.

Las instalaciones de aire acondicionado administran la T del aire, la humedad relativa y eventualmente, la pureza del aire. El equilibrio de T entre el aire impulsado y la sensación de frío excesivo para los ocupante del local es complicado y puede provocar corrientes de aire.

**(Footnotes)**

<sup>1</sup> Kukreja, C.P. Tropical architecture. New Delhi, India, Tata McGraw-Hill, 1978, pages 5-6.

A continuación, un mostrario de adaptaciones felices al medio, en diversos lugares de la franja tropical y otras latitudes.

En el orden: Hawai; La Habana, Cuba; Río de Janeiro y Joanópolis, en Brasil, y las dos últimas en Singapur,









