

**TÉCNICA / MEDIO AMBIENTE / CLIMA / SOSTENIBILIDAD**  
*TECHNIQUE / ENVIRONMENT / CLIMATE / SUSTAINABILITY*

## Pautas, Estrategias y Principios Bioclimáticos: un Enfoque Accesible

Ana Laura Alfaro Murillo, Nancy Aymerich Uhlenhaut, Gina Blanco Laurito, Laura Bolaños Álvarez, Andrés Campos Monteros, Rolando Matarrita Ortiz.

Universidad de Costa Rica, Escuela de Arquitectura

Trabajo Final de Graduación, Modalidad Seminario.

Director: Lic. José Alí Porras, Arquitecto

analaura12@gmail.com

### PRESENTACIÓN :

La Guía de Diseño Bioclimático según Clasificación de Zonas de Vida de Leslie Holdridge, es un documento que pretende orientar el desarrollo del quehacer arquitectónico en la búsqueda del confort, así como de una verdadera correspondencia entre el proyecto y su entorno (interior - exterior) mediante la comprensión de los principios físicos por los cuáles funcionan los sistemas pasivos aplicables al diseño bioclimático, brindando un lenguaje constructivo único y autóctono.

**Palabras clave:** Arquitectura; confort; diseño bioclimático; Leslie Holdridge; zonas de vida.

### PRESENTATION :

Bioclimatic Design Guide as Life Zones Classification of Leslie Holdridge is a document intended to guide the development of architectural practice in the pursuit of comfort, as well as a true correspondence between the project and its environment (interior - exterior) by understanding the physical principles by which passive systems works applied to bioclimatic design, providing a unique and autochthonous constructive language.

**Key words:** Architecture; comfort; bioclimatic design; Leslie Holdridge; life zones

### DE LA HOMOGENEIDAD A LA HETEROGENEIDAD

Cada época humana ha sido caracterizada por fenómenos definitorios, y en la actualidad, la globalización se impone como un proceso que brinda la posibilidad del enlace instantáneo entre lugares remotos del planeta, difuminando las limitaciones espaciales que antes nos dividían. Ibelings explica que si bien el fenómeno se ha estudiado desde una gran variedad de puntos de vista, el asunto de homogenización ha sido evidente y puede ser claramente ejemplificado en la presencia de cadenas de negocios y anuncios de bienes de consumo disponibles en las cuatro esquinas del globo. La posibilidad de encontrar los mismos productos de Nike o McDonald's en polos opuestos, bajo contextos sociales y económicos diferentes, representa el plano homogéneo en el que nos ubicamos. (Ibelings, 1998)

Las consecuencias de estas circunstancias en la arquitectura, se han observado desde el movimiento moderno con su estilo aplicable internacionalmente hasta las cajas acristaladas que hoy en día encontramos, tanto en San José como en Japón. Estas situaciones resultan en implicaciones que van más allá de las consideraciones formales; la descontextualización de los espacios habitables lleva al uso innecesario de los recursos naturales y tecnológicos para alcanzar los ámbitos de confort adecuados y la estética homogénea deseada.

El gasto energético en los procesos de construcción, transporte de materiales, climatización o mantenimiento de los edificios llegan a ser excesivos, lo que puede traducirse incluso en repercusiones negativas en el cuadro climático mundial.

No obstante, un nuevo paradigma de adaptabilidad nace también del fenómeno de la globalización e influencia la concepción de la arquitectura. Este contempla procesos más complejos de intercambio que buscan nutrirse de las características de su entorno, generando respuestas coherentes a las diferentes condicionantes.

Fundamentándose en dicha perspectiva, en el Taller de Arquitectura Tropical de la Universidad de Costa Rica, los estudiantes Ana Laura Alfaro, Laura Bolaños,

Nancy Aymerich, Gina Blanco, Andres Campos y Rolando Matarrita, bajo la dirección del Arq. Jose Alí Porras, desarrollan la Guía de Diseño Bioclimático según Clasificación de Zonas de Vida de L. Holdridge, la cual se concibe como un documento de consulta de fácil comprensión, tanto para personas ligadas al campo arquitectónico y de la construcción, como para los usuarios de los espacios. De forma que el documento y las pautas bioclimáticas que en él se encuentran, tienen como finalidad orientar el desarrollo del quehacer arquitectónico en la búsqueda del confort y, a su vez, incentivar un lenguaje arquitectónico que corresponde a las características predominantes de cada contexto y, en consecuencia, a la caracterización de la arquitectura costarricense escasamente desarrollada hasta el momento.

Visualización de la Guía de Diseño Bioclimático según clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (Elaborado por los autores, 2013)

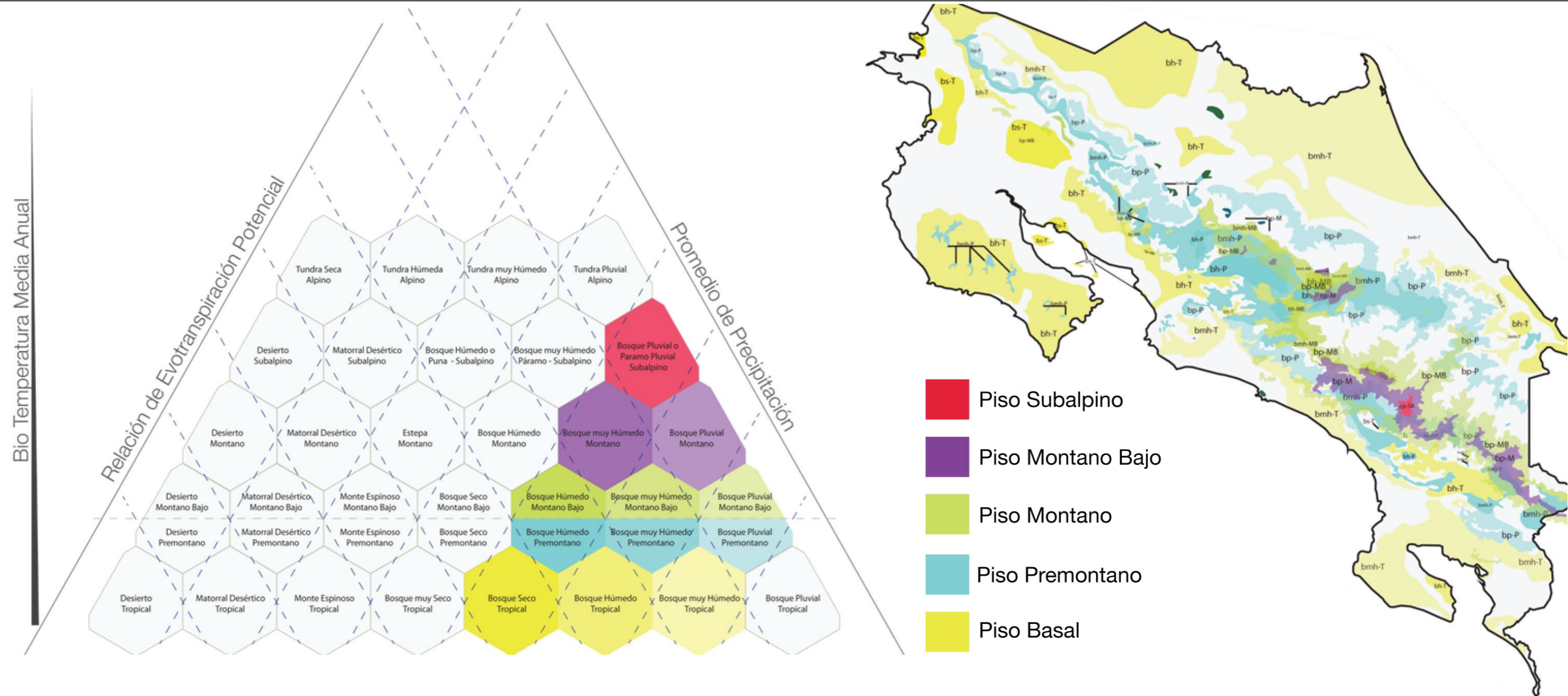


El documento resulta del análisis y traslape de las variables climáticas, personales y vernaculares; y utiliza la clasificación de Zonas de Vida, establecida por Leslie Ransselaer Holdridge para Costa Rica, como insumo teórico en la concepción y entendimiento del entorno y las relaciones entre sus componentes y factores climáticos. Cabe mencionar, que si bien ya se han realizado estudios pertinentes a la arquitectura bioclimática en Costa Rica, todavía no se ha establecido una relación directa con el ya mencionado sistema de clasificación de Holdridge que, más allá de una clasificación política, divide el territorio en zonas a partir de características climáticas y asociaciones vegetales según tipos de Bosque, lo que permite profundizar en las particularidades de cada Zona de Vida del país -estas, para efectos de la guía se agrupan en Pisos Altitudinales- reflejando su implicación en los rangos de confort higrotérmico de los espacios construidos, de forma que se traslada su comportamiento al diseño arquitectónico a través de la comprensión y aplicación de principios bioclimáticos, rompiendo con las

tipologías arquitectónicas uniformes mencionadas anteriormente y priorizando el confort de los habitantes del espacio particular.

Y es que la búsqueda del confort y el manejo de las variables que influyen para su optimización han sido una preocupación constante en la arquitectura bioclimática, ya que las necesidades de habitabilidad de un espacio varían según las condicionantes físico-ambientales del contexto y del balance térmico entre el espacio y el usuario. Este último depende en gran parte del tipo de actividad que se realice y del tipo de arropamiento del individuo. Es por esto que se le ha dado importancia a la existencia de ejemplos claros de arquitectura adaptada al clima en Costa Rica, presentes en las tipologías arquitectónicas pertenecientes a cada Zona de Vida, que, basándose en los materiales constructivos, orientación, configuración, volumetría y uso de los edificios, entre otros aspectos permiten identificar patrones positivos y/o negativos de aplicación climática en el país.

Pirámide de Zonas de Vida de Holdridge: agrupación en Pisos Altitudinales y ubicación en el mapa de Costa Rica. (Elaborado por los autores, 2013)



De esta manera, la Guía de Diseño Bioclimático según la Clasificación de Zonas de Vida de L. Holdridge, luego de brindar un recorrido por los conceptos primordiales de usuario y confort, las características de cada Zona de Vida y la arquitectura vernácula de Costa Rica, culmina con una sistematización de Pautas, que tienen como finalidad lograr una mayor comprensión de las estrategias aplicables al diseño bioclimático y, por ende, una mejor implementación de las mismas en su quehacer cotidiano, lo que corresponde a uno de los mayores aportes de la guía: permitir crear en lugar de dictar.

### ESTRUCTURA Y SISTEMATIZACIÓN

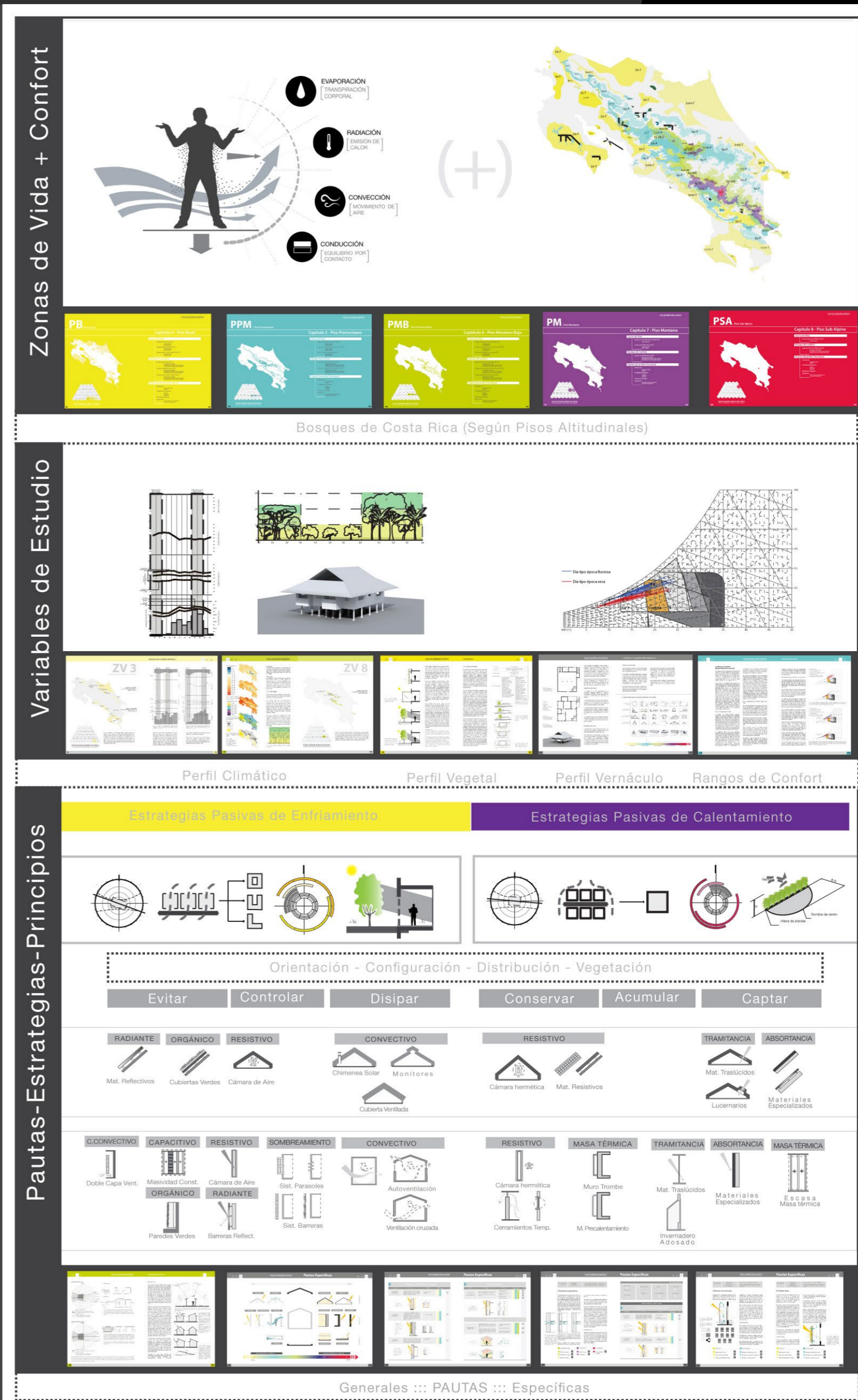
Una vez que el marco teórico de la investigación ha resultado en la sistematización de pautas, éstas se dividen en dos grandes vertientes: las pautas de Enfriamiento Pasivo, que corresponden a: 1- Evitar, Controlar y Disipar Calor, ubicadas en la franja de clasificación de las zonas de vida que contiene los pisos altitudinales más cálidos, y 2- las pautas de Calentamiento Pasivo, correspondientes a: Captar, Acumular y Conservar Calor, situadas con respecto a los pisos altitudinales más fríos.

Primero se introducen líneas guía, propias del diseño bioclimático tales como: Orientación, Configuración, Distribución espacial y por último, un apartado denominado Vegetación, el cual, basándose en el «Protocolo de Escogencia de especies Vegetales» elaborado por el Arq. Alberto Negrini, establece no solamente especies pertinentes para cada Zona de Vida, sino también, la función óptima que estas desempeñan, ya sean pantallas, barreras cubiertas, u otros.

Posteriormente se divide en cuatro partes:

**La primera** responde a las Estrategias Específicas, entendidas estas como el nombre del fenómeno que está interviniendo para permitir la ejecución de la Pauta. Tal es el caso de: aislamiento, enfriamiento, sombreado, entre otras.

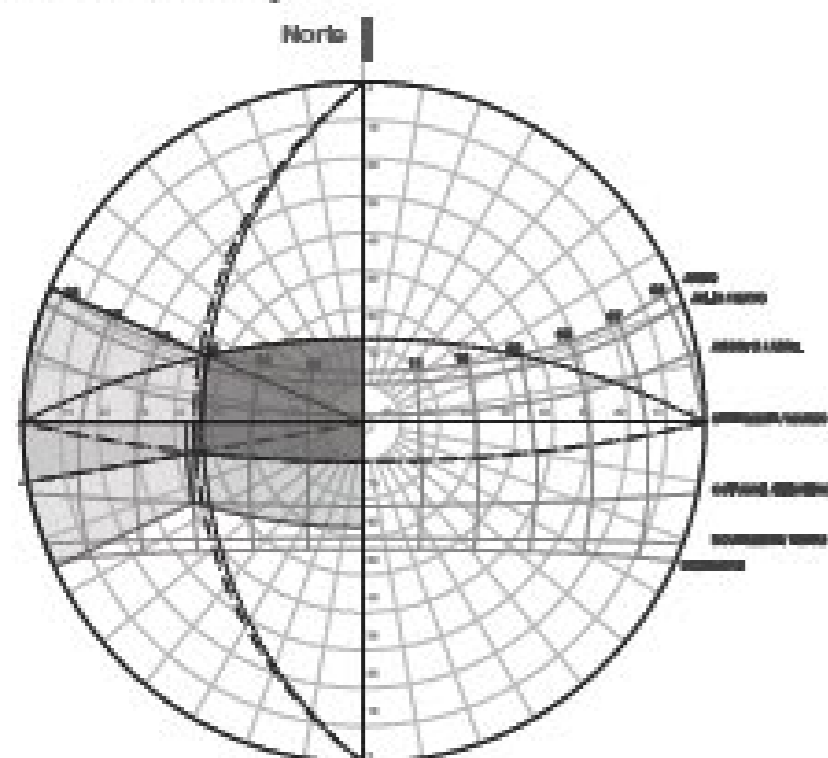
**La segunda**, corresponde al principio por el cual se desarrolla la Pauta, definido como un apartado explicativo, el cual busca que el usuario comprenda los procesos físicos que funcionan detrás de dicha Estrategia, y no se someta



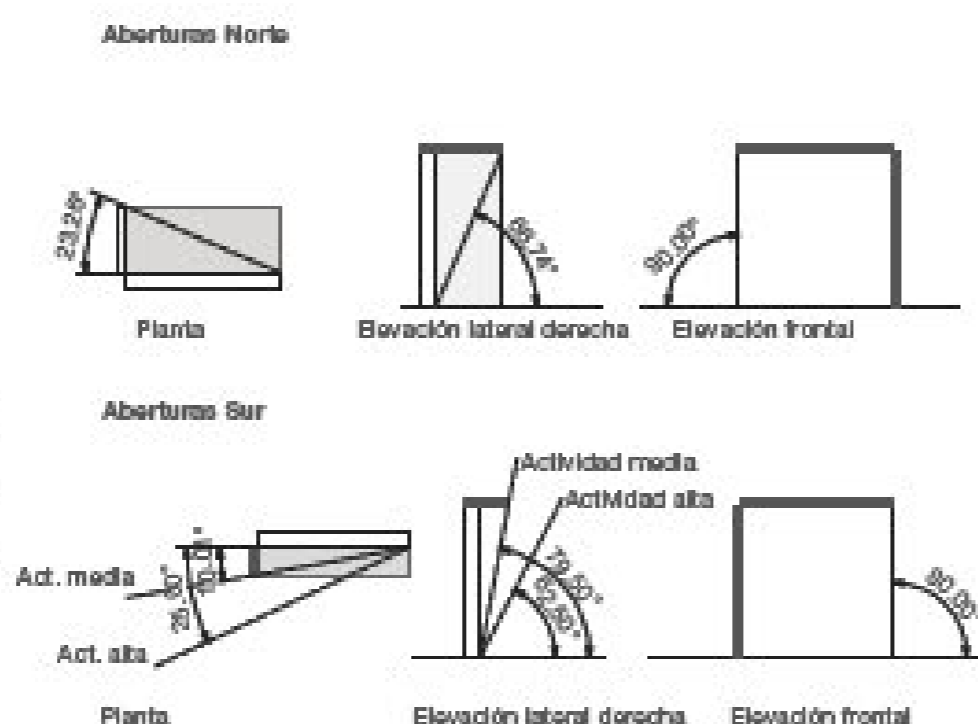
Cuadro resumen de la estructura de la guía. (Elaborado por los autores, 2013)



Carta solar Norte y Sur

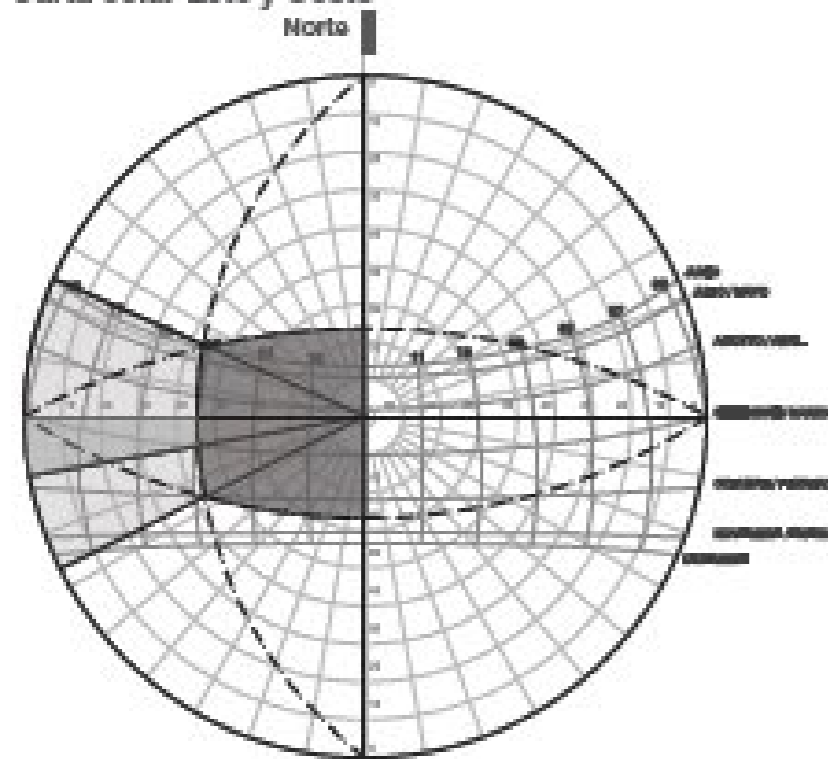


- Elementos horizontales
- Dimensiones para actividad de alta intensidad
- Dimensiones para actividad de media intensidad
- Elementos verticales
- Linea guía para cálculo en fachada Norte
- Linea guía para cálculo en fachada Sur

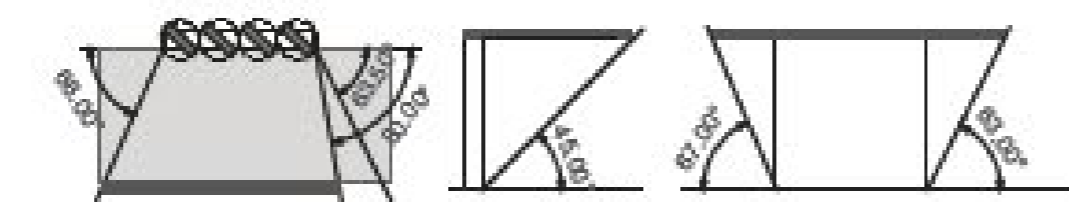


En el caso de la fachada Norte las mismas proporciones son validas para los espacios relacionados con actividades de media y alta intensidad. Tanto al sur como al norte en los espacio de descanso no se necesita tener control solar ya que el usuario tiende a tener frío por el tipo de actividad que desarrolla en dichos espacios.

Carta solar Este y Oeste



- Elementos horizontales
- Dimensiones para actividad de media y alta intensidad
- Elementos verticales
- Linea guía para cálculo en fachada Este
- Linea guía para cálculo en fachada Oeste



En el caso de la fachada Oeste las mismas proporciones de los elementos verticales son válidas para los espacios relacionados con actividades de media y alta intensidad. Las pantallas establecidas se recomienda sustituirlas por elementos móviles o semipermeables de manera que no obstruyan la captación solar cuando sea necesaria y que posean una escala y configuración más sencilla y efectiva.

Al Este ninguno de los espacios, independientemente de la actividad que alberguen, necesitan de control solar ya que esta zona presenta mañanas de tracas a frías.

Fig. 6.8.6. Cálculo de dispositivos de control solar para el piso Montano alto. Estas dimensiones se toman a partir de los rangos de necesidad de control solar establecidos en el capítulo de rangos de confort según la intensidad de la actividad que se desarrolla en cada espacio y partiendo de la orientación solar recomendada, en este caso su eje longitudinal que va de este a oeste. Para una mejor efectividad se deben de tomar en cuenta las sombras producidas por los edificios circundantes existentes sobre el edificio a diseñar (elaborado por autores).

6.8.3 Superior

La envolvente superior recibe la mayor cantidad de radiación con respecto a las otras envolventes debido a su posición, en el caso del piso Montano las bajas temperaturas, alta precipitación y humedad exigen configurarla como un elemento que responda efectivamente a los requerimientos de éstas zonas. Como primera medida, se recomienda una envolvente con disposición este-oeste de su eje longitudinal, siguiendo la misma lógica del edificio comentada en capítulo de orientación, de manera que se disponga la mayor área principalmente hacia el sur, para que reciba mayor radiación a lo largo del año (ver Fig. 6.8.7).

Basado en la observación de viviendas vernaculares, la configuración más utilizada es la plana inclinada. Se configuraban con dos o cuatro aguas que buscan protegerse de las lluvias del sitio. Se recomienda a su vez que se configuren con materiales translúcidos, pero herméticos para captar radiación e impedir las pérdidas de calor. Si se establecen aberturas que tengan una disposición hacia el sur, de esta forma recibe mayor radiación a lo largo del año. Estas deben de abrirse durante las horas de mayor posibilidad de captación solar y cerrarse una vez estos lapsos terminen de manera que el calor acumulado se conserve mejor en el interior (ver Fig. 6.8.8 a.1 y a.2). Por otro lado si la envolvente no desempeña el papel de captadora, sino que principalmente es aislante, el eje longitudinal debe de ir dirigida al Norte de forma que no constituya una barrera para la captación solar de otros elementos establecidos al sur que cumplen esa función (ver Fig. 6.8.8 b).

Las pendientes observadas, son muy variadas, van de un 20% hasta un 60% en la arquitectura colonial, esto responde al principio que establece que entre más perpendicular éste la superficie con respecto a los rayos del sol más calor puede absorber, o en el caso contrario repeler. Cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan entre un 10 a 15% de menor ganancia de calor (Salomón, 1982 citado por Gozáles, 2008).

Tomando en cuenta éstos principios de configuración observados, se recomienda el uso de cubiertas planas inclinadas, de configuraciones simples e inclinación

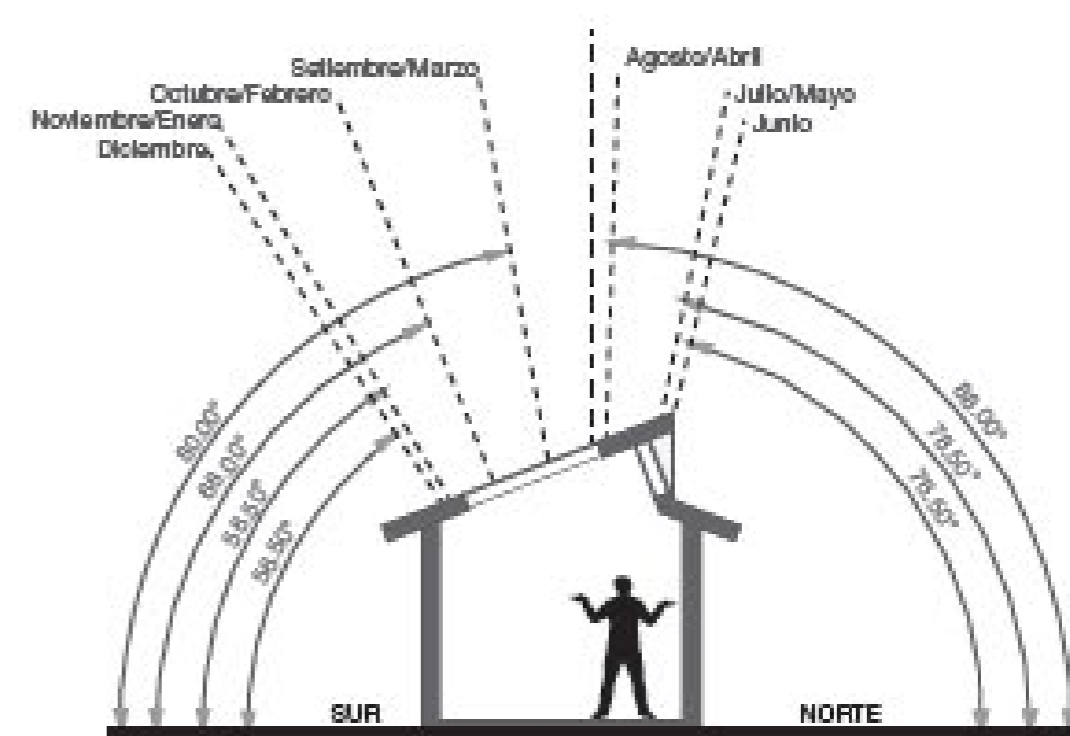


Fig. 6.8.7. Gráfico configuración de cerramiento superior: Corte transversal con trayectoria solar de todo un año. Ángulos de altitud solar del 1° de cada mes a las 12:00 mediodía (Elaborado por autores).

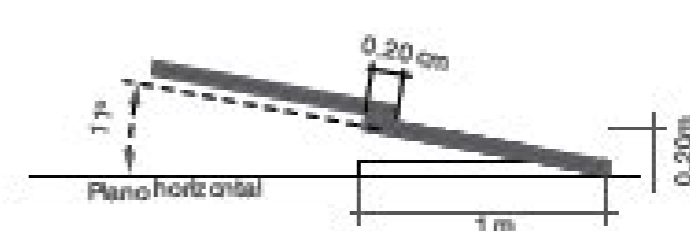
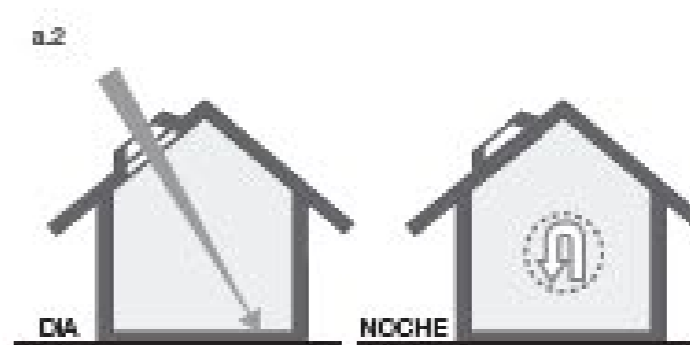
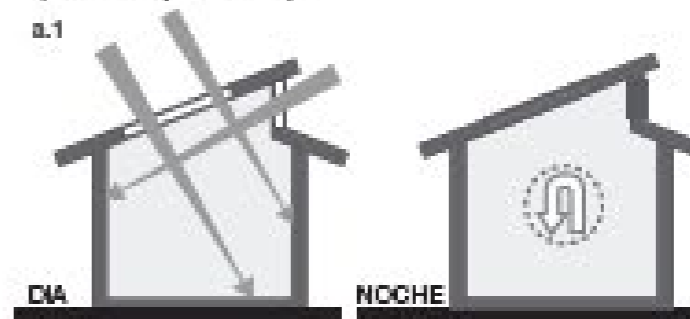


Fig. 6.8.8. Ejemplos de configuración del espacio superior efectivo para el bosque Montano Bajo (elaborado por autores).  
Figura a. Configuraciones que propician la captación de calor por estrategia de tramitancia y aislamiento relativo (ejemplos: a.1. Cubierta elementos translúcidos, a.2. Cubierta con lucernarios o tragaluces).  
Figura b. Configuraciones que propician la conservación de calor interno por estrategia de aislamiento relativo: b.1. Cámara de aire (también ver cubierta hermética y cubiertas verdes).

Fig. 6.8.9. Gráfico de absorción de calor del cerramiento superior, según su inclinación con respecto al sol. Cada 10° de inclinación del plano de la techumbre horizontal superior, representa de 10% a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. Trastape aproximado según pendiente para zonas lluviosas, el trastape es inversamente proporcional a la pendiente (elaborado por autores).

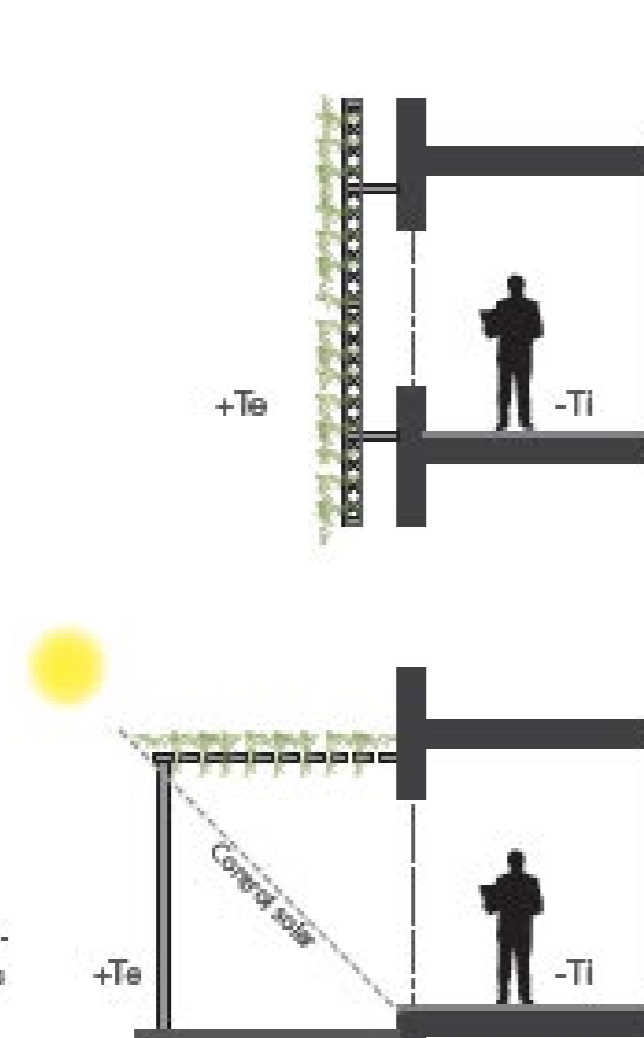


Fig. 4.10.4. Tipos de pantallas-verdes: verticales y horizontales (elaborado por autores).



Fig. 4.10.5. Sombreamiento por arboles. Uso de vegetación para protección solar en fachadas y ventanas de orientación norte (elaborado por autores).

Ambas estas conformadas por un panel estructural o bloque modular diseñados para ser el medio que le da el sustento a las plantas. En este tipo de estrategia la tierra no es un requerimiento esencial para el crecimiento de algunas especies; sin embargo, la luz, el agua y el dióxido de carbono si lo son para se mantenga siempre verde y lleve a cabo su proceso de fotosíntesis.

En este piso altitudinal convienen las pantallas con especies de hoja perenne y de poca porosidad para proteger y resistir la radiación incidente en verano, especialmente en el bosque seco Tropical. Las pantallas verticales dan mejor resultado orientándolas en el este y oeste, ya que el ángulo de sombra horizontal mide su eficacia. Por otro lado, los dispositivos horizontales; como las pérgolas verdes, se medirán por el ángulo de sombra vertical y funcionan en las orientaciones norte y sur. También se puede utilizar los dispositivos combinados; recomendados en cualquier orientación.

Otra manera de control solar es el sombreado por medio de árboles (ver Fig. 4.10.5). La vegetación funciona como elemento de control térmico, proporcionando sombra y minimizando los efectos del calor. En la sombra de mediodía de los árboles la temperatura puede ser casi 3°C más baja que en el sol en las mismas condiciones (Guimaraes, 2008). Si se tiene la posibilidad sombrear con arboles del entorno es preferible que estén orientados en el sur y en el norte. Las especies de hoja perenne son las recomendadas; este tipo de árboles funcionan como protección solar en verano justo cuando el sol tiene su inclinación máxima hacia el sur. De igual modo en invierno, funcionan para evitar la ganancia solar en el interior del volumen.

Consideraciones:  
Los árboles de hoja perenne pueden filtrar de un 80 a un 90% de la radiación solar mientras que los de hoja caducifolia reducen el soleamiento de un 20 a un 40 %.  
Algunas especies trepadoras y árboles recomendados no sólo cumplen la función de control solar, sino que también sirven como alimento por fructificación.  
Hay árboles mencionados que deben estar ubicados en cercas alejados de la propiedad ya que buscan agua y pueden dañar tuberías. Estos brindan sombreado a distancia.

4.10.3 Control de Vientos

El conocimiento de los efectos de la vegetación sobre la viento hace posible utilizarlos para controlarlos (ver Tabla 4.10.3). Anteriormente en orientación según vientos, se dijo que este piso altitudinal requiere de ventilación cruzada debido a su alta temperatura en la zona Pacífica y a la alta humedad en la zona Atlántica. Para lograr esta ventilación cruzada se debe recordar que se obtiene la mayor velocidad de aire en el interior si el viento incide perpendicular a la fachada; sin embargo Givoni encontró que si el viento incide a 45°, aumenta la velocidad media del aire interior.

Con el diseño de elementos vegetales como árboles, arbustos o pantallas puede crearse zonas de alta o baja presión alrededor de la vivienda con respecto a sus aberturas. Por las condiciones climáticas, la vegetación puede ayudar a canalizar e inducir el flujo del aire dentro de los espacios cuando así convenga. Se debe tomar en cuenta los ajustes pertinentes para que no eliminen las brisas frías deseables durante el periodo de sobrecalentamiento y crear movimientos de aire directos y acelerados sobre la zona habitable (García, 2005). Por ejemplo, el follaje masivo y denso de un árbol funciona como un bloque que el paso del aire constante, la velocidad del aire debajo de el se incrementa. También un arbusto tiene influencia en el patrón del flujo de aire, según su altura y su cercanía a las aberturas (ver Fig. 4.10.6).

En los casos donde el volumen este mal orientado con respecto al viento, se puede recurrir a la vegetación como pantallas para re direccionar e inducir el aire en el interior. La utilización de redireccionadores debe darse cuando se necesita controlar la dirección del viento con la finalidad de que éste circule efectivamente por los determinados espacios; eliminando el aire caliente acumulado. Esto se logra ya que se crean zonas de baja o de alta presión por medio de las barreras (ver Fig. 4.10.7). Las pantallas vegetales no sólo funcionan como estrategia para controlar y re direccionar el curso del viento; sino que también cumplen como estrategia para disipar el calor por medio del enfriamiento convectivo (ver en pautas específicas). Su correcta utilización eliminar hasta un 90% del calor solar, cumpliendo al mismo tiempo una doble función (Germer, 1983).

Pautas:		Control de Vientos	
Ejemplos:		Pantallas a 1,3m, un nivel y 2 niveles Barreras redireccionadoras de viento Árboles	
Características:		Siempre Verde Resistentes al viento Densos	
Condicionantes:		Sistema de riego	
Especies Sugradas:	Nombre Común	Nombre Científico	
	Achiote (árbol)	Bixa orellana	
	Amapolita (barrera)	Malvastrum arborescens	
	Bellísima (enredadera)	Antigonon leptopus	
	Bellísima (enredadera)	Antigonon guatemalensis	
	Café (barrera)	Coffea arabica	
	Caña india (barrera)	Dracaena deremensis	
	Capulín (barrera)	Muntingia calabura	
	Cenizaro (árbol)	Samanea saman	
	Clavelón (barrera)	Hibiscus rosa-sinensis	
	Garrobo (enredadera)	Syngonium podophyllum	
	Ipomoea (enredadera)	Ipomoea violacea	
	Jalapa (enredadera)	Allamanda cathartica	
Macadamia (barrera)	Macadamia integrifolia		
Morning Glory (enredadera)	Ipomoea indica		
Roble Sabana (enredadera)	Clystosoma callistegioides		
Ventana (enredadera)	Monstera adansonii		
		Monstera friedrichst hali	
		Monstera obliqua expilata	

Tabla. 4.10.3. Protocolo de escogencia para Control de Vientos (elaborado por autores).

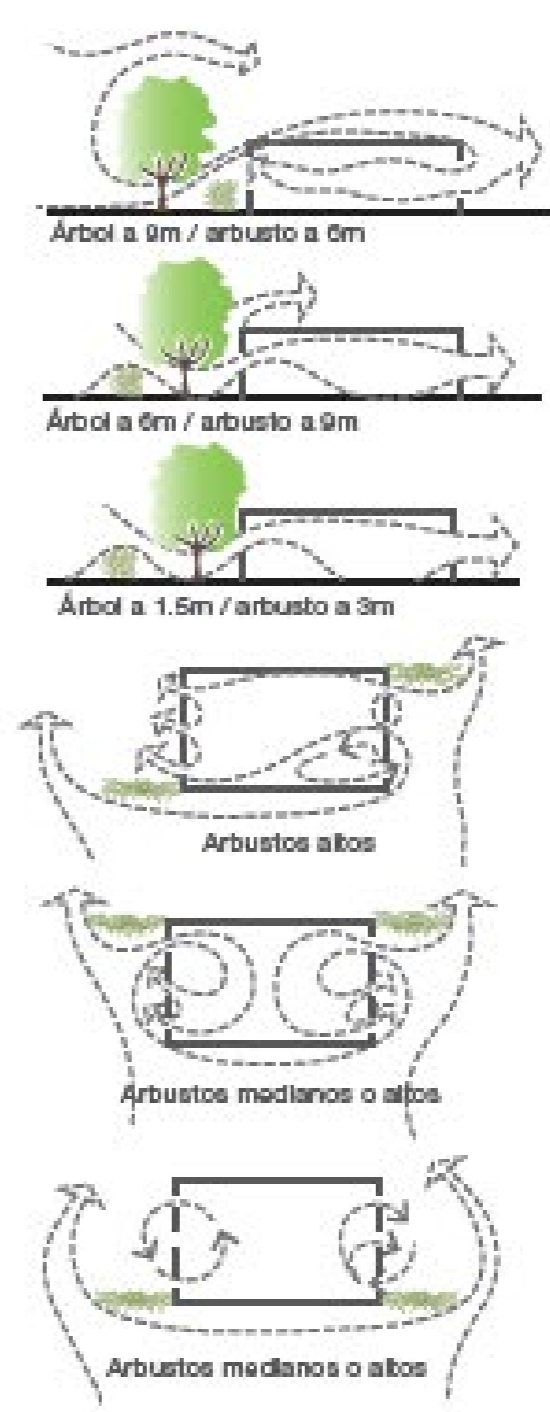


Fig. 4.10.6. Efecto del viento cuando se cuenta con arboles y arbustos (elaborado por autores).

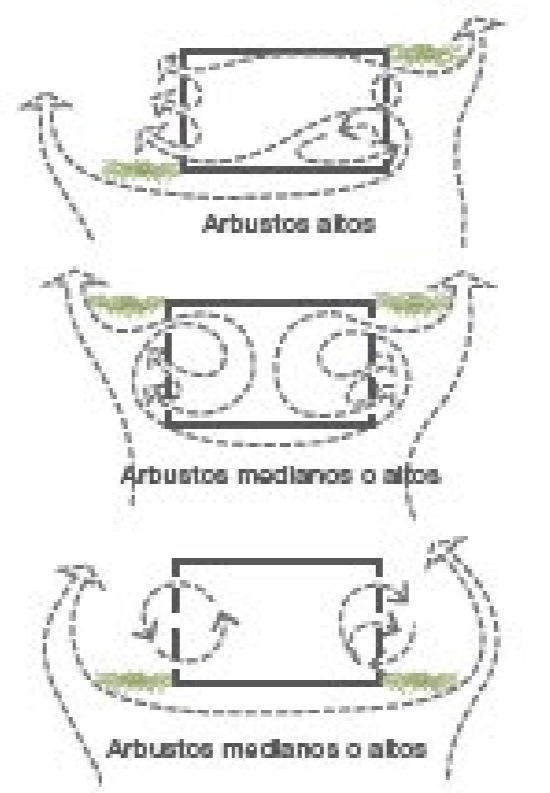


Fig. 4.10.7. Pantallas verdes como redireccionadores de viento (elaborado por autores).

únicamente a una aplicabilidad puntual. Facilitando de esta manera su entendimiento, de modo que el usuario podrá crear diferentes estrategias y en consecuencia sistemas, es decir, respuestas propias de diseño adaptadas bioclimáticamente a cada proyecto específico, para así contribuir al confort higrotérmico en el espacio.

Los Ejemplos constituyen **la tercera** parte de la sistematización. En ellos se dan casos puntuales de la aplicación de una estrategia, tal es el caso de: las paredes verdes, la doble cubierta ventilada, cámaras de aire, invernaderos adosados, etc. Es importante tomar en cuenta que dichos ejemplos obedecen a un principio o fenómeno, y no se definen por sí solos como una estrategia, sino que se utilizan como un respaldo explicativo de las mismas, brindando una base para la creación de cadenas de estrategias, puesto que una por sí sola es improbable que eleve considerablemente los rangos de confort del espacio tratado.

Cabe mencionar que dentro de éste mismo apartado, se incluye el funcionamiento específico y las consideraciones que se deben tener al implementar dicho ejemplo. Además, se amplía con una “Zona de Aplicación” que da pie al desarrollo de **la cuarta** parte; en la cual, como su nombre lo indica, se define la aplicabilidad o no aplicabilidad de cada estrategia por Piso Altitudinal y Zona de Vida. Es aquí donde se le indica al usuario en cuales zonas del país se puede implementar esta Estrategia, y bajo que “salvedades” o modalidades actúa.

#### APORTES Y CONCLUSIONES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Finalmente, cabe destacar que dicha guía, al basarse en un sistema de clasificación biológica, puede ser implementado no solamente en Costa Rica; sino que, da la posibilidad de extender su metodología incluso a nivel mundial. De igual manera, es importante destacar que no se pretende un listado de ejemplos a aplicar, por lo que se considera una investigación abierta, que propicia mediante la comprensión de sus principios, la creación de diferentes estrategias y sistemas de diseño bioclimático, que eleven los niveles de confort y que, para el caso de nuestro país, resulten en un lenguaje arquitectónico diferenciado,

correspondiente a las circunstancias en las que se localiza cada proyecto, y que permita el desarrollo de una arquitectura tropical característica de Costa Rica.

Por último, resulta importante mencionar que la guía ha sido creada como un proyecto de investigación académica para contribuir a la concepción de un bioclimatismo accesible y responsable; visto no sólo desde un enfoque económico, sino también uno informativo. Sin embargo, debido a la gran aceptación en los distintos foros en los que se ha presentado, busca medios para su publicación, sobre el entendido de que a través de su comprensión contribuye a una mejor aplicación del bioclimatismo, y por ende, un desarrollo responsable de cada proyecto con su entorno.

---

#### **Sobre el libro:**

- Cantidad total de páginas: 295
- Ciudad - País: San José, Costa Rica
- Aun no se ha publicado; es únicamente una publicación interna de la Universidad de Costa Rica. Disponible para consulta en sala en la biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica.
- Se han publicado artículos referentes a la Guía en la Revista Domus (Edición No. 17), en la revista de la Cámara de la Construcción de Costa Rica (por publicarse) y en el blog Ciudad Paralela, dirección web <http://www.laciudadparalela.com/guiadedisenobioclimatico/>

#### **Bibliografía:**

Ibelings, H., (1998), Supermodernism: Architecture in the age of globalization, NAI (Ed.), Rotterdam, Netherlands.





9.2.9 CONSERVAR CALOR

AISLAMIENTO RESISTIVO  
(Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento inferior aire como aislante, dada su alta resistencia térmica, evita la pérdida de calor hacia el exterior u otros espacios.

## 2. Reducción de puente térmico

Un puente térmico es una zona de la envolvente donde se transmite más fácilmente el calor, por ser de diferente material: diferente conductividad, o diferente espesor: transmitancia térmica. En todos los cambios de composición de los elementos de la envolvente nos encontramos puentes térmicos que incrementan el flujo de calor ocasionando mayores pérdidas térmicas y disminución local de las temperaturas superficiales, lo que provoca un aumento del riesgo de condensación superficial o crecimiento de hongos.

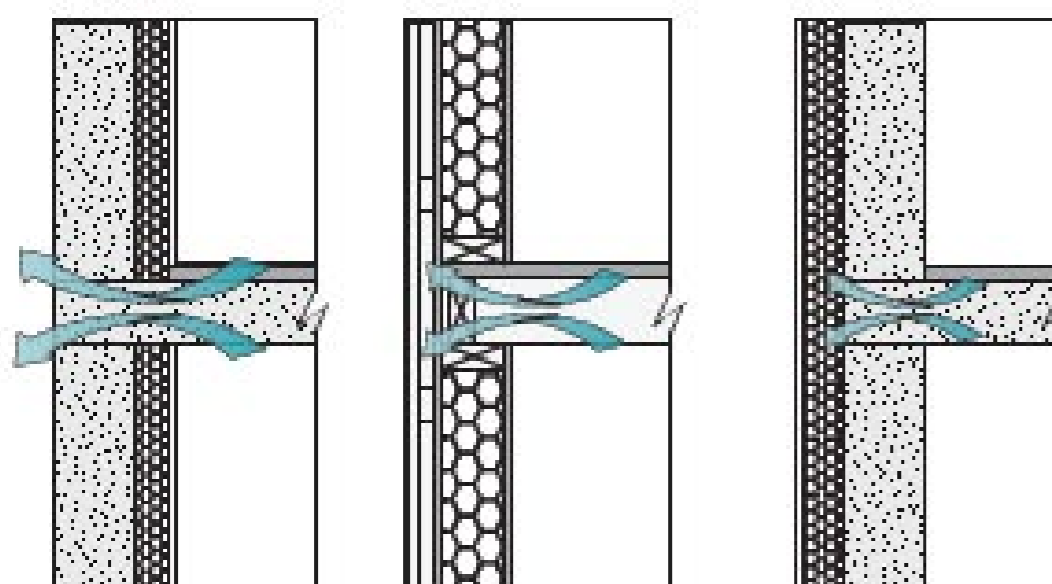


Fig. 9.2.10. Comportamiento de los puentes térmicos en encuentros de piso y muro según la posición del aislante: Aislación interior: puente térmico significativo. Muro panel de madera: puente térmico débil. Aislación térmica exterior: puente térmico despreciable (elaborado por autores).

Estos pueden ser debidos a la geometría, fallos en la ejecución o a la reducción o ausencia de aislamiento por una resolución no muy correcta de los encuentros entre distintos elementos de la construcción.

Algunos ejemplo de puentes térmicos constructivos son los encuentros de pisos y

y muros, así como marcos de ventanas ó puertas.

Por otra parte, los puentes térmicos geométricos se ven representados en las esquinas que, aún manteniendo los mismos materiales y espesores, potencian la pérdida de calor.

Para evitar la transmisión de calor, calor se debe asegurar el aislamiento de los potenciadores de puentes térmicos, como el caso de los marcos, sellos, tornillo, placas; utilizando la denominada rotura de puente térmico; que consiste en evitar que la cara interior y exterior tengan contacto entre sí, intercalando un mal conductor, con lo que se reducen mucho la pérdidas. En la Figura 9.2.10 se ejemplifica el comportamiento del puente térmico en la unión del cerramiento inferior con el vertical, de forma que la utilización y correcta posición del aislante colabora a llevar el efecto a un punto despreciable, ya que al colocarse externo se logra evitar la conducción de calor o frío al interior.

Consideraciones:

Algunas consecuencias de los puentes térmicos son grandes pérdidas de energía, reducción de la temperatura interior de la fachadas y por ende de confort. Así como de la eficacia aislante del resto de la fachada y formación de condensaciones internas o superficiales, que pueden afectar a los acabados y en casos extremos a la estructura del edificio.

Piso Montano Bajo	Piso Montano	Piso Subalpino
Bh Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>	Bmh Montano <input checked="" type="checkbox"/>	Páramo Pluvial Subalpino <input checked="" type="checkbox"/>
Bmh Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>	Bp Montano <input checked="" type="checkbox"/>	
Bp Montano Bajo <input checked="" type="checkbox"/>		

### Conceptos básicos

<p>Emanar Calor</p> <p>Disipar Calor</p> <p>Flujo de Calor</p>	<p>Radiación Directa</p> <p>Irradiación</p>	<p>Desface</p> <p>Proceso de Fotosíntesis</p>	<p>Convección de Aire</p> <p>Aire Estancado</p>
--	---	---	---

### ENVOLVENTE VERTICAL

#### EVITAR LA CAPTACIÓN DE CALOR

Estrategia	Principio	Ejemplos	Aplicación por Piso Altitudinal	Págs
AISLAMIENTO RESISTIVO (Aumentar Resistencia)	Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.	1. Cámara de Aire 2. Materiales Especializados (Aislantes)		Págs 225 Págs 226
Disminuir El calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior del espacio. Del 100% de radiación directa que incide sobre la envolvente vertical con alguna estrategia de aislamiento resistivo, solamente ingresa el 20% al interior del espacio. (Nota 2004)		(1) (2)		
AISLAMIENTO RADIANTE (Aumentar Resistencia)	Evitar que las superficies de la envolvente se calienten al reflejar la energía radiante que incide sobre ellas.	1. Materiales Reflectivos (color/ textura).		Págs 227
Reflejar la energía radiante que incide sobre la envolvente.		(1)		

9.3.1 EVITAR la captación de calor

AISLAMIENTO RESISTIVO (Aumentar Resistencia)

Utilizar en el interior del elemento vertical aire como aislante, dada su resistencia al paso del calor contribuye a disminuir el calentamiento por transferencia térmica entre el exterior y el interior.

2. Materiales especializados

El aislamiento, si bien no se recomienda para controlar la radiación solar, sí resulta eficiente contra la onda de calor que ingresa al espacio por conducción. Un cerramiento sin aislar, puede tener un factor de amortiguamiento de 0.8, de forma que al interior del espacio accede el 40% de la energía absorbida, mientras que el 60% rebota hacia el exterior. Si bien la amortiguación es elevada, la cantidad de calor que entra al espacio es significativa, lo que provoca un aumento de la temperatura interior; en cambio, si se aísla y se sitúa el aislamiento en el exterior de ese muro la cantidad de energía que

penetra se reduce al 20% (ver Fig. 9.3.2).

La colocación óptima del aislante es siempre próxima al ambiente exterior, ya que se incrementa de esta forma la inercia del local. De invertirse la colocación, no se denotará diferencia en la inercia térmica y deberá complementarse con estrategias de ventilación interna, puesto que el calor almacenado con el cerramiento sólo podrá disiparse hacia el interior (Koeningsberger y otros, 1997).

Los aislantes recomendados son aquellos que tienen una fina estructura de espuma, formando celdas de aire separado en membranas muy delgadas o burbujas, así como los materiales fibrosos con aire atrapado entre sus celdas. Algunos de los más conocidos son los extruidos o expandidos, como el poliestireno o el poliuretano, o aquellos fibrosos como la lana de vidrio o la lana natural (ver Fig. 9.3.3).

Por ejemplo, en una placa de hormigón de 100mm, la colocación de 40mm de aislante permite un desfase de 3 horas y un factor de reducción 0,450, mientras que, sobre la capa, el tiempo registrado de retardo es de 11.5 horas y un factor de reducción 0,046 (Koeningsberger y otros, 1997).

Consideraciones:

Si el aislamiento en la cara exterior se acompaña de un color claro que propicie la reflexión, el sobrecalentamiento se reduce notablemente.

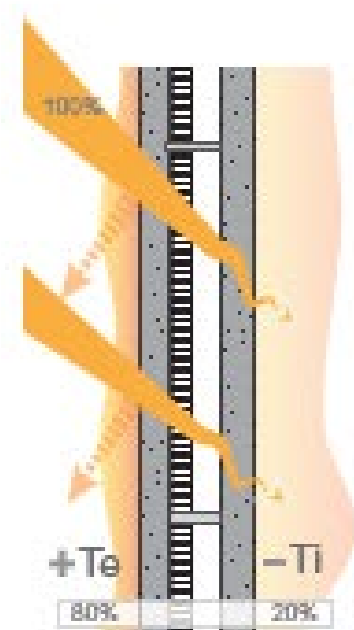
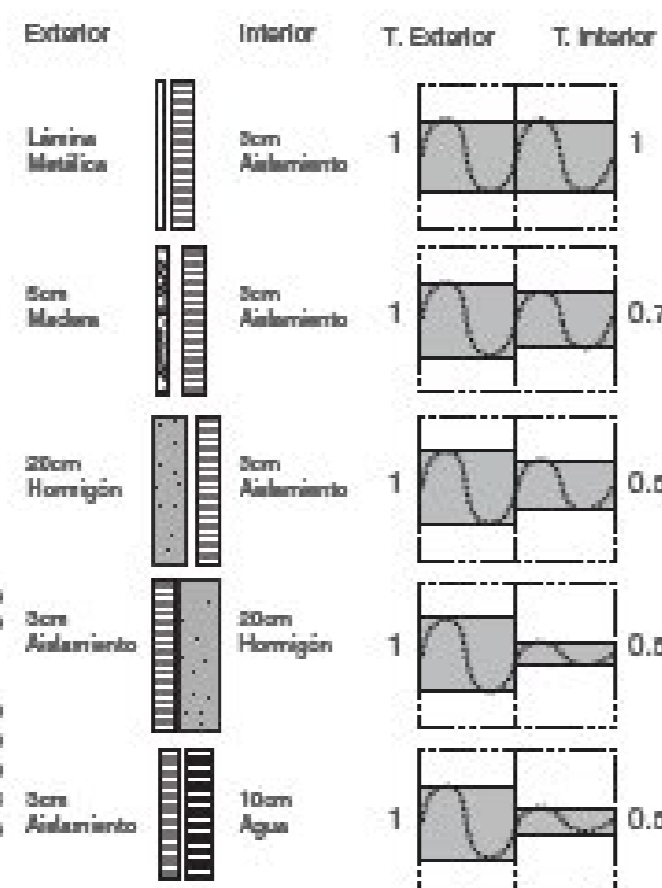


Fig. 9.3.2. Comportamiento de un cerramiento con aislante (elaborado por autores).

Fig. 9.3.3. Capacidad de atenuación del ciclo de temperatura exterior de diversos materiales, utilizados por su capacidad aislante (modificado por autores).



Piso Basal	Piso Premontano
Bosque seco Tropical ✓	Bosque húmedo Premontano ✓
Bosque húmedo Tropical ✓	Bosque muy húmedo Premontano ✓
Bosque muy húmedo Tropical ✓	Bosque pluvial Premontano ✓

9.3.1 EVITAR la captación de calor

AISLAMIENTO RADIANTE (Aumentar Reflectancia)

Evitar que las superficies de la envolvente se calienten al reflejar la energía radiante que incide sobre éstas.

2. Materiales reflectivos

La reflectancia representa la fracción de radiación incidente que es reflejada por un material, con valores que van de 0 a 1 (en términos de porcentaje, de 0% a 100%). Depende fundamentalmente del color y el acabado de los materiales. Este parámetro generalmente se usa para estimar la forma en que la radiación solar afecta el balance térmico de las superficies, exteriores e interiores, de los elementos constructivos.

Las superficies claras, lisas y brillantes suelen tener reflectancia elevada, por ejemplo, los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de radiación recibida, mientras que los negros solamente 15% o menos (Ordoñez y otros, 2012). Ver Fig. 9.3.4 y Tabla 9.3.1.

Se comprende entonces que los colores claros en la envolvente reflejan mayor cantidad de la radiación, disminuyendo la ganancia calórica al interior del espacio, debe considerarse que al tener mayor reflectividad, producen un destello que puede ser molesto en los espacios que rodeen a la edificación.

Consideraciones

Si se utilizan colores oscuros debe ser en los elementos menos expuestos al sol o en aquellos térmicamente aislados al exterior como corredores, atrios o galerías, ya que ellos absorben mayor radiación.

En el caso de la envolvente vertical deben

considerarse los cuerpos transparentes, para los que se recomiendan vidrios con bajo coeficiente de transmisión "U" y de Ganancia Solar (SHGC), así como de Coeficiente de Sombra (SC). Debe tomarse en cuenta la existencia de vidrios con capacidades reflectivas y aislantes.

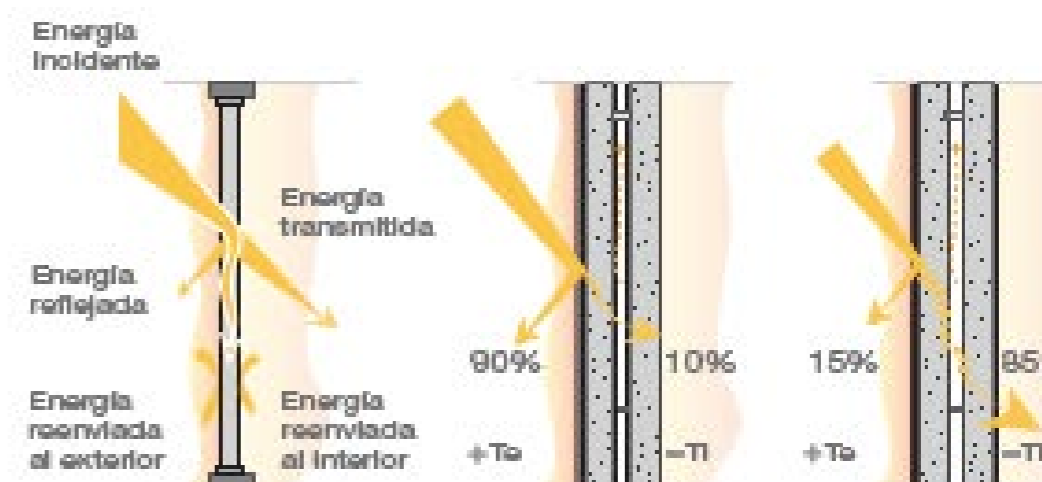


Tabla 9.3.1. Porcentaje de reflectancia y absorción

Material de paredes	Reflectancia (%)	Absorción (%)
Ladrillo	12	88
Madera	22	78
Concreto	35	65
Hoja de aluminio pulida	88	12
Pintura negra	5	95
Pintura gris oscura	9	91
Pintura marón	10	90
Pintura blanca brillante	75	25

Fig. 9.3.4. Los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de radiación recibida, mientras que los negros solamente 15% o menos. En el caso del vidrio, una parte es reflejada hacia el exterior, otra parte pasa directamente hacia el interior y la restante es absorbida por la masa del vidrio, de la cual las 2/3 partes son irradiadas hacia el exterior y el 1/3 restante pasa hacia el interior (elaborado por autores).

Tabla 9.3.1. Porcentaje de reflectancia y absorción de diversos materiales (elaborado por autores).

Piso Basal	Piso Premontano
Bosque seco Tropical ✓	Bosque húmedo Premontano ✓
Bosque húmedo Tropical ✓	Bosque muy húmedo Premontano ✓
Bosque muy húmedo Tropical ✓	Bosque pluvial Premontano ✓

---

#### AUTORES(AS)

Arq. Ana Laura Alfaro Murillo: Licenciada en Arquitectura por la Universidad de Costa Rica. Arquitecta- cofundadora de DOS Arquitectura y Diseño. Costa Rica. analaura12@gmail.com

Arq. Nancy Aymerich Uhlenhaut: Licenciada en Arquitectura por la Universidad de Costa Rica. Arquitecta en Camacho y Mora Ingenieros Consultores. nancyaymerich@gmail.com

Arq. Gina Blanco Laurito: Licenciada en Arquitectura por la Universidad de Costa Rica. Profesional independiente en el ámbito urbano y constructivo. gilaurito@gmail.com

Arq. Laura Bolaños Álvarez: Licenciada en Arquitectura por la Universidad de Costa Rica. Arquitecta- cofundadora de DOS Arquitectura y Diseño. Costa Rica. laura.bola@gmail.com

Andrés Campos Monteros: Licenciado en Arquitectura por la Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: andres.campos@icloud.com

Arq. Rolando Matarrita Ortiz: Licenciado en Arquitectura por la Universidad de Costa Rica. Profesional independiente en el ámbito urbano y constructivo. arq.matarrita@gmail.com

ESTA PUBLICACION FORMA PARTE DE:  
*THIS ARTICLE IS PART OF:*

# REVISTARQUIS

REVISTA DE LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.  
VOL 1-2014. NUMERO 5. ISSN 2215-275X

