

manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico

«El clima [...] presenta un desafío al arquitecto no satisfecho con la sustitución de un equipo mecánico por un buen diseño»

H. J. Cowan (1919-1997)

«Un doctor puede enterrar sus fallos, pero un arquitecto sólo puede aconsejar a sus clientes que planten viñedos»

Frank Lloyd Wright (1869-1959)

Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes

AUTORES

María Eugenia Sosa Griffin
Arquitecta, Profesora Investigadora
IDEC/FAU/UCV / msosa@idec.arq.ucv.ve

Geovanni Siem

Ingeniero Mecánico, Profesor Investigador
IDEC/FAU/UCV / gsiem@idec.arq.ucv.ve

REVISORA GENERAL DEL CONTENIDO

María Elena Hobaica
Arquitecta, Doctora, Profesora Investigadora
IDEC/FAU/UCV / mhobaica@idec.arq.ucv.ve

PRÓLOGO:

Ernesto C. Curiel Carías
Arquitecto, Profesor Investigador
IDEC/FAU/UCV

ESTA OBRA FUER REALIZADA EN EL MARCO DE LA INVESTIGACIÓN :

Técnicas de Reducción del Gasto
Energético en Edificaciones
Programa Agenda Ciudad - FONACIT
N° 98003396

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN:

COORDINACIÓN:
Arq. María Eugenia Sosa Griffin

INVESTIGADORES:

Arq. María Elena Hobaica
Ing. Geovanni Siem
Ing. Luis Rosales
IDEC/FAU/UCV

Ing. Nelson Hernández

Departamento de Hidrometeorología
FI/UCV

Ing. Ibelise Rojas

C.A. La Electricidad de Caracas
Ing. Carlos Reyes
C.A. La Electricidad de Caracas

ASISTENTES:

Br. Edwin Acacio
FAU/UCV

Br. Ernesto Lorenzo
FAU/UCV

APOYO FINANCIERO Y LOGÍSTICO DE LAS SIGUIENTES INSTITUCIONES:



Fondo Nacional de Ciencias
y Tecnología - FONACIT



Instituto de Desarrollo Experimental
de la Construcción
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
- IDEC/FAU/UCV



C.A. La Electricidad de Caracas

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES:

Arq. Marlene Pérez
FONACIT

Lic. Lunia Bentancour
IDEC/FAU/UCV

Arq. Milena Sosa Griffin
IDEC/FAU/UCV

Diseñadora Michela Baldi
IDEC/FAU/UCV

Lic. Carmen Barrios
IDEC/FAU/UCV

Caracas, 2004

El IDEC mantiene una política imparcial con respecto a cuestiones de política pública, con el fin de garantizar la libertad intelectual de sus investigadores. Por consiguiente, las interpretaciones o conclusiones contenidas en las publicaciones esta edición deben atribuirse a sus autores, y no al Instituto, a sus directivos, a su personal académico o a las instituciones que apoyan sus proyectos de investigación.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna ni por medio alguno, sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia, sin permiso escrito previo del editor.

Derechos exclusivos
Primera edición, 2004
© IDEC

Hecho el depósito de ley
Depósito legal: If17520047201851
ISBN: 980-00-2184-1

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Impressum c.a. / Laura Morales Balza

DISEÑO DE CARÁTULA:

Impressum c.a. / Laura Morales Balza

IMPRESIÓN:

C.A. La Electricidad de Caracas

TIRAJE:

500

www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/

Prólogo	4
Introducción	6
1. Fundamentación	8
1.1. Edificación y consumo de energía	8
1.2. Confort y clima	10
1.3. Estrategias de diseño	13
1.3.1. Mitigación de las cargas de calor solar	15
1.3.2. Aprovechamiento de la ventilación natural	17
1.3.3. Control de la iluminación natural	19
2. Recomendaciones de diseño arquitectónico	21
2.1. Implantación y forma	22
2.2. Espacios interiores	35
2.3. Techos	50
2.4. Paredes	66
2.5. Ventanas y otras aberturas	77
3. Recomendaciones de diseño de instalaciones y equipos	99
3.1. Instalaciones y equipos eléctricos	104
3.2. Instalaciones y equipos mecánicos	117
3.3. Instalaciones y equipos sanitarios	124
3.4. Otras instalaciones y equipos	126
4. Glosario	127
5. Referencias bibliográficas	138
6. Referencias bibliográficas en internet por país	141
7. Apéndices	145
Mapa de Zonas climáticas de Venezuela	145
Propiedades termofísicas de materiales y componentes constructivos	146

La progresiva especialización y disgregación que ha caracterizado la evolución del conocimiento ha dificultado el abordaje de ciertos problemas ambientales contemporáneos que son de carácter global. Los intentos realizados desde diversas disciplinas por superarlos se ven facilitados en aquellas profesiones con vocación integral, como es el caso de la arquitectura. Conforme a esto y aceptando el concepto de ambiente como sinónimo de totalidad, es fácil inferir la extrema consistencia de las relaciones ambiente-arquitectura. Este vínculo es tan estrecho y obvio que hablar de arquitectura contextualizada, como diría Mario Botta, es tan redundante como hablar de música fónica.

No obstante, el excesivo culto por las imágenes que ha prevalecido en ciertas etapas de la práctica profesional de la arquitectura –en detrimento de los conceptos acerca de lo que debe ser una edificación acoplada a su contexto– ha desvirtuado el gran potencial integrador de esta profesión. Ejemplo de ello es lo acontecido en el campo energético y, más específicamente, en el tema de las energías incorporadas al ciclo de vida de las edificaciones, donde el estudio de sus diversos aspectos (económicos, tecnológicos, de salud pública o impacto ambiental) ha carecido de una plataforma de conceptos comunes que faciliten su debida integración. Afortunadamente, existen también tendencias dentro de la arquitectura que bajo diversas denominaciones (arquitectura orgánica, arcología, arquitectura verde, cibertectura, arquitectura sostenible, arquitectura bioclimática, «baubiologie», etc.) han logrado preservar en el tiempo este carácter esencial del oficio. En el caso de la arquitectura bioclimática se le exige al diseñador el manejo de nociones tan disímiles como pueden ser las relativas a climatología, termodinámica o fisiología humana, así como sus necesarias vinculaciones con aquellas otras funciones con las cuales también debe cumplir una edificación (económicas, simbólicas, de contención y ordenamiento de actividades, etc.). Adicionalmente, la concreción del diseño requiere del manejo de tecnologías constructivas incorporadas a las grandes tendencias actuales que procuran des-materializar y des-energizar el entorno artificial, apoyándose para ello en el uso de técnicas intensivas en conocimiento.

La expresión más reciente y llamativa de estos esfuerzos la constituyen los llamados edificios inteligentes, gracias a su capacidad para adaptarse en forma automatizada a los cambios ambientales mediante el uso de sofisticadas tecnologías. No obstante, existen también edificaciones que gracias a sus características intrínsecas (orientación, configuración, disposición de aberturas, tratamiento de fachadas, etc.) logran un excelente comportamiento bioclimático a menores costos, menor consumo energético y menor dependencia tecnológica, a los cuales pudiera considerárseles igualmente inteligentes y, quizás, hasta sabias. Ejemplo de ello en nuestro país lo ha sido, entre otras, las obras de arquitectos como C. R. Villanueva, F. Vivas, T. y E. Sanabria, G. Legórburu y J. Alcock. Estas referencias locales, junto a los aportes en el plano teórico iniciados a mediados del siglo pasado por autores como D. Lee, G. Atkinson, J. Page, D. Oakley, O. Koenigsberger, B. Givoni, V. Olgyay y S. Szokolay en torno a los atributos que deben poseer las edificaciones en el trópico, influyeron notablemente en los primeros intentos hechos en nuestras escuelas de arquitectura por incorporar y sistematizar la enseñanza de estos importantes aspectos del diseño.

Todo lo anterior constituye, sucintamente, el marco dentro del cual se inscribe la presente obra. Ella es producto del esfuerzo sostenido durante años en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de arquitectura y Urbanismo UCV por contribuir a consolidar estas tendencias. Así, este **Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico** representa un valioso testimonio de ese esfuerzo, el cual ha contado para su materialización con el generoso respaldo del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la C. A. La Electricidad de Caracas.

Ernesto C. Curiel Carías
Profesor Asociado

El crecimiento de la población y el desarrollo tecnológico de nuestros tiempos han originado novedosas formas de confort para los habitantes, lo cual a su vez se traduce en mayor variedad de instalaciones y equipos, y, en consecuencia, en una demanda creciente de energía difícilmente satisfecha por la oferta convencional. Estudios y aproximaciones recientes —como las conclusiones de la Cumbre de Río en junio de 1992, el Protocolo de Kyoto en diciembre de 1997 y la Cumbre de Johannesburgo en 2002— han identificado la necesidad de reordenar y repensar el consumo de energía en el mundo, para reducir así las emisiones de gases al ambiente; también se ha concentrado la mirada en el tema de las edificaciones, responsables del consumo de alrededor de 40% de energía en las ciudades. En consecuencia, disciplinas como la Arquitectura e Ingeniería se han visto en la necesidad de repensarse en una mayor armonía con el medio ambiente y en consecuencia una reducción del consumo de energía.

Este cambio de paradigma mundial con respecto al consumo de energía tiene especial resonancia en Venezuela, donde comienzan a emerger dificultades para satisfacer la demanda. En los últimos años el diseño arquitectónico y tecnológico ha descuidado su condición de país con clima tropical húmedo. Por otra parte, la disminución progresiva de las lluvias interanuales ha producido una merma en la capacidad de generación hidroeléctrica, como consecuencia de la reducción del nivel de agua de la represa del Guri. Por ello es fundamental adoptar estrategias a corto, mediano y largo plazo, para enfrentar estos cambios y alcanzar el equilibrio entre la oferta y el consumo de energía en el país.

Una interacción adecuada entre la arquitectura y el medio ambiente debe extraer beneficios de las condiciones climáticas particulares y de los recursos naturales para elaborar soluciones propias, en función de un mayor ahorro de energía sin menoscabo de la calidad de vida. Los criterios de diseño para concebir edificaciones con alta eficiencia energética deben estar dirigidos a privilegiar el acondicionamiento pasivo y la iluminación natural, así como a usar racionalmente el acondicionamiento mecánico cuando las necesidades de uso así lo requieran.

El **Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico**, constituye una publicación idónea para el contexto antes descrito, está dirigido a arquitectos, ingenieros, diseñadores y constructores. Contiene recomendaciones para el diseño arquitectónico y la dotación de instalaciones y equipos de edificaciones residenciales y de oficinas, basados en criterios de eficiencia energética. Este objetivo se integra en cualquier etapa del proceso de diseño con el cumplimiento de las exigencias humanas fisiológicas, sociológicas, psicológicas y económicas, de tal manera que se preserve la calidad de vida de los usuarios y la productividad.

Por razones prácticas, el contenido del **MANUAL** se ha agrupado en tres capítulos interrelacionados entre sí; no obstante su aplicación dentro de un proyecto específico debe responder a una visión integradora, coherente y funcional

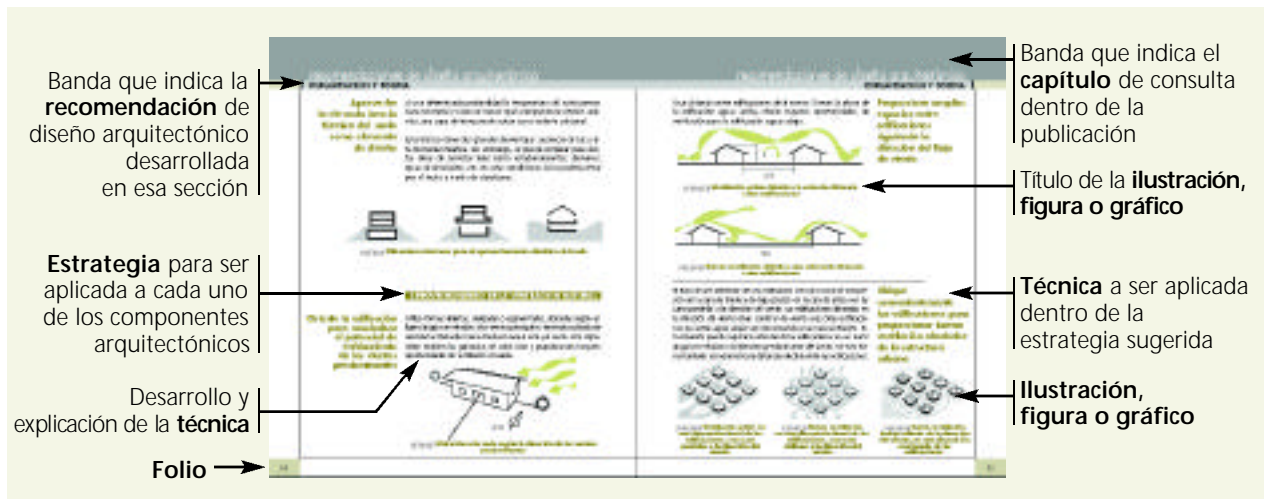
En el primer capítulo, **Fundamentación**, se presentan de manera compendiada los principales fundamentos del confort, características del clima tropical venezolano y las estrategias básicas para el diseño energéticamente eficiente en el trópico: mitigación del calor solar, aprovechamiento de la ventilación natural y control de la iluminación natural.

En el segundo se exponen las **Recomendaciones de diseño arquitectónico** agrupadas según los diferentes elementos de diseño de la edificación: implantación y forma, espacios interiores, techos, paredes, ventanas y otras aberturas, en función a las estrategias básicas.

Finalmente, en el tercero se introducen **Recomendaciones de diseño de instalaciones y equipos** agrupadas según las diferentes dotaciones: mobiliarios, equipos de oficinas y electrodomésticos, instalaciones y equipos eléctricos, mecánicos, sanitarios y otras instalaciones.

Para el desarrollo del contenido algunos datos y figuras se inspiraron en experiencias similares desarrolladas en Australia, Hawai, Filipinas, Singapur, India, Colombia y Brasil, países que poseen regiones climáticas semejantes a las de Venezuela.

Con el fin de facilitar el uso del **MANUAL**, las recomendaciones se presentan según el diseño gráfico que se muestra a continuación:



Como complemento a este **MANUAL** se desarrolló la **Guía del consumidor de energía eléctrica en viviendas y oficinas**, la cual permite orientar al público no especializado en la toma de decisiones para la adquisición, la remodelación, el uso y el mantenimiento de edificaciones y equipamientos, con criterios de eficiencia. Ambos instrumentos son el resultado práctico de la investigación «Técnicas de Reducción del Gasto Energético en Edificaciones» financiada por Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT), ejecutada por Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción IDEC/FAU/UCV con el apoyo logístico y de financiamiento a la publicación de C.A. La Electricidad de Caracas.

Gráfico 1
Repartición del consumo energético total por sectores económicos

Fuente: Caveinel, estadísticas del 2000

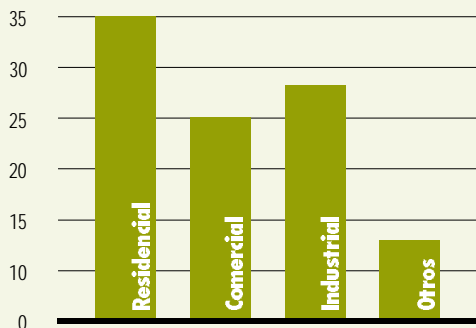


Gráfico 2
Consumo anual per cápita en KW-H

Fuente: Cier 1999

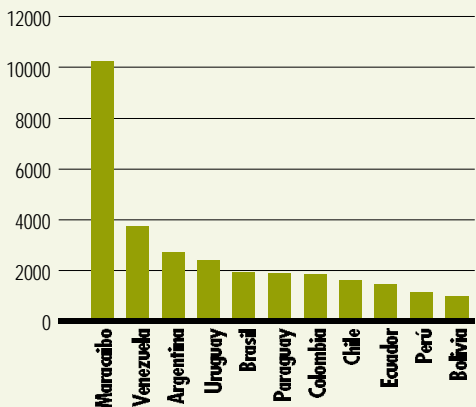
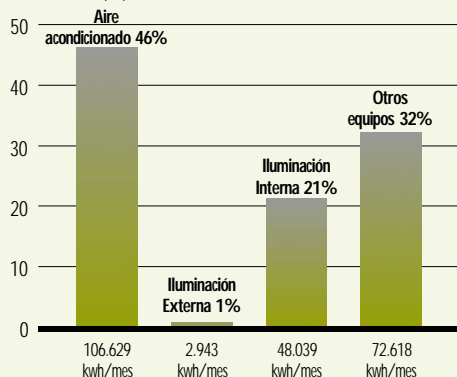


Gráfico 3
Distribución del consumo eléctrico en oficinas

Fuente: Elaboración propia IDEC basado en Caveinel 2000



Las edificaciones constituyen el escenario fundamental de las actividades humanas, a la vez que son grandes consumidoras de energía. Según estadísticas internacionales, alrededor del 40% de la energía total consumida se destina a ellas, y el resto está repartido entre la industria y el transporte. Este hecho hace relevante la necesidad de establecer criterios para diseñar edificaciones que hagan un uso racional de la energía. Tal como lo muestra el gráfico 1, el sector residencial y el comercial representan el 60% del consumo de energía eléctrica en Venezuela, por lo cual se hace necesario orientar las recomendaciones de diseño hacia estos sectores. En particular el sector residencial es el de mayor consumo de energía eléctrica per cápita en América Latina (ver gráfico 2).

El mayor porcentaje de consumo energético en una edificación se produce a través de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación. En oficinas, tal como se muestra en el gráfico 3, el consumo de energía generado por esos sistemas representa más del 60%, aunque este porcentaje puede variar ligeramente en otros usos: edu-

cional, residencial, médico-asistencial, recreacional, etc. En consecuencia, las estrategias de eficiencia energética deben estar dirigidas en primer lugar a reducir el consumo en los equipos de aire acondicionado e iluminación.

Se han identificado varias causas del aumento constante y sostenido del consumo de energía eléctrica en Venezuela:

Hábitos de consumo inadecuados:

estimulados por un costo muy bajo de la energía, debido a la condición de Venezuela como país productor de energía hidroeléctrica y termoeléctrica.

Arquitectura incompatible con las variables geoclimáticas:

la incorporación indiscriminada de criterios de diseño y tecnología que responden a tendencias foráneas ha dado como resultado una arquitectura que desatien- de los requerimientos climáticos culturales y tecnológicos.

Deficientes regulaciones en el sector construcción:

no existen normativas de habitabilidad o normativas energéticas que salvaguarden la calidad

térmica y lumínica de los ambientes construidos y su racionalidad en el consumo energético, y esta circunstancia favorece el incumplimiento de las orientaciones de eficiencia energética.

La contribución de este MANUAL está orientado a corregir las dos primeras causas del elevado consumo de energía apuntadas anteriormente.

Una razón para adoptar decididamente las proposiciones de este MANUAL es la preocupante reducción de las reservas hidrológicas –y la disminución de la

disponibilidad de energía eléctrica– ocasionada por los cambios climáticos que se han producido en los últimos años; así como la gran inversión que significaría para el país tener que aumentar la generación de energía termoelectrónica la cual impacta el ambiente por la emisión de gases. Esta situación ha obligado al gobierno a tomar medidas de emergencia, como en el caso del Programa Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica para Edificaciones Públicas, el cual estuvo enfocado a reducir 20% del consumo en las edificaciones públicas a lo largo del año 2002.

El confort térmico es un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico del individuo cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrolla.

Con base en la experiencia en el diseño de sistemas de aire acondicionado, se ha determinado que la mayoría de la gente se siente confortable cuando la temperatura oscila entre 21° C y 26° C, y la humedad relativa entre 30% y 70%. Estos valores se aplican cuando las personas están vestidas con ropa ligera, a la sombra y relativamente inactivas.

El exceso de calor, sea proveniente del ambiente o generado por el propio metabolismo, debe ser eliminado para mantener una temperatura constante en el cuerpo y asegurar el confort térmico.

Este intercambio de calor con el entorno se realiza a través de los siguientes mecanismos:

- Por enfriamiento convectivo, cuando el aire está más frío que el cuerpo que rodea.
- Por enfriamiento radiante, cuando el calor es irradiado desde la piel hacia el ambiente.
- Por evaporación y perspiración desde la piel y también por medio de la respiración.
- Por conducción por contacto directo con superficies a menor temperatura que la piel humana.

Recientes investigaciones —promovidas por la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)— indican que los usuarios de edificaciones ventiladas naturalmente se sienten confortables en un mayor rango de condiciones de temperatura y humedad, que la gente habituada al aire acondicionado. El confort percibido en edificios ventilados naturalmente se ve afectado por las expectativas climáticas locales y mayores niveles de control personal, debido a que los ocupantes tienen la opción de seleccionar la ropa apropiada, abrir las ventanas o encender los ventiladores, con un consumo mínimo de energía.

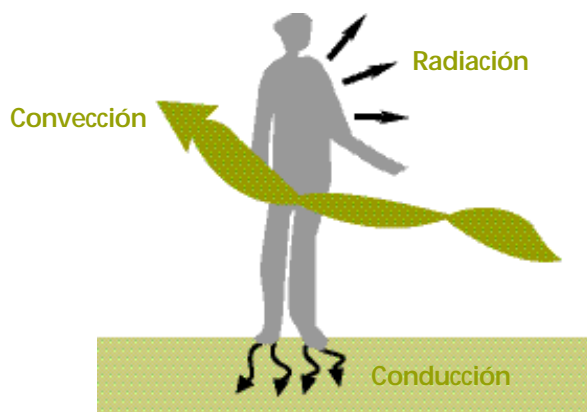


Figura 1 Intercambios de calor del cuerpo humano con el ambiente

En definitiva, las reacciones de confort o incomodidad térmica vienen dadas por las condiciones climáticas, por la producción de calor del metabolismo humano y por la transferencia de calor con el ambiente. Para una mejor comprensión de los requerimientos térmicos de las edificaciones debe estudiarse el balance térmico del cuerpo humano y de las edificaciones, así como las variables ambientales que participan en este proceso.

Las condiciones climáticas están dadas por la ubicación geográfica, y pueden categorizarse en condiciones macroclimáticas y microclimáticas.

Las condiciones macroclimáticas se originan por la pertenencia a una latitud y región determinada, y las variables ambientales más importantes son:

- Temperaturas medias, máximas y mínimas.
- Humedad relativa.
- Radiación solar.
- Dirección y velocidad del viento.
- Niveles de nubosidad.
- Pluviometría.

Las condiciones microclimáticas surgen de la existencia de accidentes geográficos locales que

pueden modificar las anteriores condiciones de forma significativa. Las más relevantes son:

- Pendiente del terreno.
- Montañas o colinas aledañas que actúan como barrera a la radiación solar o modifican la dirección y velocidad del viento.
- Masas de agua cercanas que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la humedad del ambiente.
- Masas boscosas cercanas.
- Contexto urbano, representado por edificios cercanos, calles, aceras, parques, etc.

La elección del sitio de la edificación constituye una decisión muy importante en el proceso de diseño sustentable, tan importante como el diseño de la edificación en sí misma. Además de seleccionar la ubicación más adecuada, se debe tener en cuenta que siempre es posible actuar sobre el entorno inmediato (añadiendo o quitando vegetación o agua, por ejemplo) para modificar las condiciones microclimáticas.

En general, las condiciones climáticas de Venezuela permiten construir edificaciones térmicamente confortables en forma natural.

Sin embargo, en ciertos casos que requieren sistemas mecánicos, una arquitectura adecuada al clima permitiría alcanzar el confort térmico con un uso racional de la energía.

Venezuela, localizada entre 1° y 12° latitud norte, en la zona intertropical de bajas presiones ecuatoriales, posee un clima que a grandes rasgos se caracteriza por escasas variaciones entre una estación de lluvia (de mayo a octubre) y otra seca (de noviembre a abril), con una humedad relativa alta a lo largo de todo el año.

Las temperaturas medias varían entre 23° C y 29° C, y presentan pocas variaciones entre el día y la noche. A manera de ejemplo, en las zonas costeras el salto térmico diario está por el orden de 6° C.

La amplitud térmica anual (diferencia entre el mes más frío y más cálido) es muy baja, en general me-

nor de 5° C, por lo que el clima del país puede calificarse de isotermo. No obstante, en las zonas montañosas se presentan fuertes gradientes de temperatura. Por ejemplo, en El Vigía (a 130 msnm) y Mucubají (a 3650 msnm) las temperaturas del mes más frío varían de 26,3° C a 5,4° C en una distancia horizontal menor de 100 Km.

La distribución de las temperaturas media, máxima y mínima en función de la altitud constituye el criterio básico que ha permitido establecer cuatro zonas climáticas en Venezuela.

Sin embargo, al introducir nuevas variables, tales como la humedad, la precipitación, el viento y fenómenos meteorológicos de orden local, que afectan una región en particular, se obtiene un conocimiento más completo que conduce a la definición de las subzonas climáticas. (ver Mapa de las zonas climáticas en Venezuela, Apéndices, pág. 143)

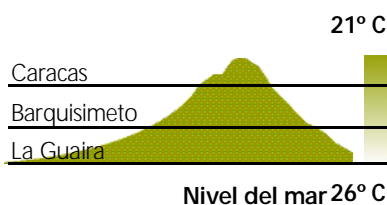


Gráfico 4 Variación de la temperatura en función de la altitud

Nivel	Intervalos de altitud en msmm
Zona I	Nivel del mar hasta 500 metros
Zona II	500 a 1000 metros
Zona III	1000 a 1500 metros
Zona IV	Mayores a 1500 metros.

Tabla 1 Zonas climáticas en función de la altitud

La obra arquitectónica debe concebirse en armonía con el clima y con las características socioculturales, económicas y tecnológicas del país, pues sus efectos se reflejan en la calidad de los espacios habitables, el uso racional de la energía y el impacto ambiental.

En materia ambiental, las tendencias mundiales exigen normas y patrones que respondan a políticas energéticas cada vez más restrictivas, con lo que se persigue una disminución en las emisiones de gases contaminantes.

Los criterios iniciales de diseño de una edificación definirán su comportamiento futuro, en relación a la demanda de energía. Tal como lo muestra el gráfico,

la potencialidad de establecer este comportamiento es mayor al inicio del proceso de diseño, disminuye a medida que se avanza en el proceso y se hace casi nula al finalizar la construcción y el equipamiento. En este último caso, las medidas para ahorrar energía estarán principalmente orientadas a actuar sobre la aplicación de tecnologías de uso y mantenimiento en equipos e instalaciones.

Una edificación de alta calidad arquitectónica puede representar una inversión importante durante el proyecto y la construcción, pero esos no son los únicos elementos a considerar en el costo global. Un criterio amplio de sostenibilidad también toma en cuenta los costos



Gráfico 5 Fases del proceso de diseño

de operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de la edificación.

Venezuela no cuenta actualmente con suficientes mecanismos legales y técnicos para responder adecuadamente a esta situación, por lo cual este MANUAL –a través de una serie de recomendaciones prácticas– constituye una respuesta parcial para solventar esta falta.

La edificación debe entenderse como una barrera selectiva entre las condiciones climáticas exteriores y las condiciones ambientales interiores deseadas. La envolvente de la edificación es por lo tanto un filtro que debe excluir las influencias indeseadas, mientras admite aquellas que son beneficiosas.

Las soluciones adecuadas deben por tanto considerar las condiciones climáticas, geofísicas y urbanas, las cuales se han agrupado en tres grandes estrategias para los propósitos de este MANUAL:

- **Mitigación de las cargas de calor solar**
- **Aprovechamiento de la ventilación natural**
- **Control de la iluminación natural**

Estas estrategias servirán de guía para ser aplicadas a cada uno de los diferentes componentes arquitectónicos y de las instalaciones, equipos y mobiliario. Sin embargo, su aplicación dentro del proyecto debe responder a una concepción integradora, coherente y funcional.

La envolvente de una edificación, al actuar como un filtro al paso de la radiación solar, el viento, la humedad y la lluvia, modula el intercambio de calor entre el exterior y el interior.

El calor que penetra en las edificaciones proviene de diversas fuentes:

- **El sol:** la radiación solar directa y difusa llega a la edificación desde el sol y del cielo, así como por reflexión de las superficies cercanas (albedo).
- **El aire:** en el día el sol aumenta la temperatura del aire exterior por intermedio del suelo y las partículas contenidas en él. En las noches, en ausencia del sol, el aire, por acumulación de calor, mantiene un nivel de temperatura exterior que en el trópico no presenta un gran salto térmico entre el día y la noche.
- **Otras fuentes de calor:** los usuarios, de acuerdo a su metabolismo y actividad, emiten calor al ambiente. Igualmente, las instalaciones, equipos y electrodomésticos generan calor en mayor o menor medida de acuerdo a su finalidad y su eficiencia.

En el clima tropical, la causa más importante de calentamiento en el interior de las edificaciones es el sol, el cual actúa esencialmente de dos maneras:

- Penetración directa por las aberturas y las superficies vidriadas.
- Calentamiento de los cerramientos exteriores opacos, y transmisión posterior al interior.

En el ambiente exterior tanto la radiación solar como la temperatura del aire obedecen a ciclos de 24 horas que se repiten constantemente. En el exterior, la temperatura del aire y de las superficies externas de la envolvente de la edificación se encuentra a su nivel mínimo antes del amanecer. A medida que el sol se eleva en el cielo la temperatura del aire exterior aumenta hasta que alcanza su valor máximo, y al mismo tiempo se almacena en la envolvente un flujo de calor originado por la radiación solar recibida en forma directa, difusa o reflejada.

La envolvente almacena calor en mayor o menor medida y luego lo transmite al interior; este proceso depende de las propiedades termofísicas y características superficiales de los componentes constructivos.

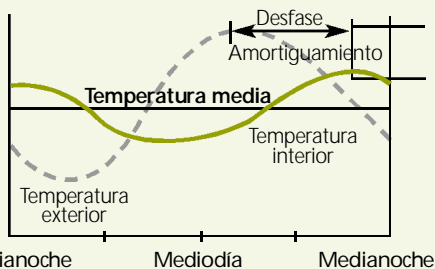


Gráfico 6 Mecanismo de inercia térmica

El mecanismo de transmisión de calor está asociado a dos conceptos muy importantes:

- **Amortiguamiento:** representado por la diferencia entre la temperatura máxima interior y la máxima exterior.
- **Desfase o retardo:** representado por la diferencia en unidades de tiempo, entre la máxima temperatura exterior e interior.

El concepto de masa térmica o inercia térmica de una edificación se refiere a la característica que tiene la edificación en su conjunto de amortiguar el calor que incide sobre ella y transmitirlo al interior con retardo.

- Si la inercia térmica es fuerte, el tiempo de retardo y el amortiguamiento son grandes y se dice que la edificación es pesada.
- Si la inercia térmica es débil, el tiempo de retardo y el amortiguamiento son pequeños y se dice que la edificación es liviana.

La inercia térmica fuerte es adecuada para edificaciones diseñadas para funcionar en horas diurnas con sistemas de aire acondiona-

do, por ejemplo para edificios gubernamentales y de oficinas.

La inercia débil y la media son más adecuadas para edificaciones de uso diurno y nocturno acondicionadas con ventilación natural.

Las edificaciones, de acuerdo a las necesidades de uso y de las características climáticas, pueden acondicionarse ambientalmente de manera activa o pasiva. En cualquier caso, una adecuada estrategia de diseño debe seguir los siguientes lineamientos:

- Adecuada implantación, forma y orientación de la edificación.
- Aprovechamiento del contexto urbano y del paisajismo para el sombreado.
- Utilización de protecciones solares y otras técnicas de bloqueo solar.
- Selección de los componentes constructivos opacos en función de su inercia térmica y características superficiales.
- Adecuada selección de tecnologías de ventanas y de fachadas de vidrios.

En el apéndice de este **Manual** se incluyen tablas con las propiedades termofísicas de materiales y componentes constructivos.

Se denomina ventilación natural al proceso de intercambio de aire del interior de una edificación por aire fresco del exterior, sin el uso de equipos mecánicos que consuman energía tales como acondicionadores de aire o ventiladores. El movimiento del aire se origina por la diferencia de presiones, la cual tiene dos fuentes: gradiente de temperaturas o efecto dinámico del viento al chocar contra la edificación.

En las regiones tropicales, el movimiento del aire de origen térmico puede ser despreciable, dada la poca diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior. Por el contrario, la fuerza dinámica provee mayor velocidad y remoción del aire a los ambientes interiores, factor de suma importancia para el confort térmico en climas cálidos.

La ventilación natural, utilizada en combinación con el aislamiento, la masa térmica y las protecciones

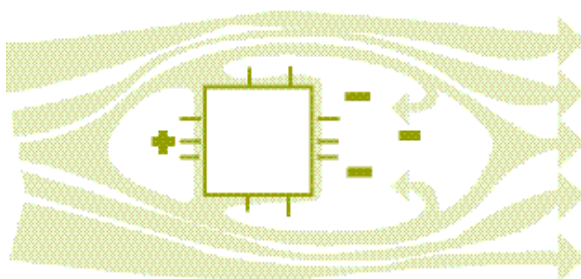
solares, puede reducir o eliminar la necesidad del aire acondicionado en los espacios interiores.

Para maximizar las oportunidades de ventilar naturalmente una edificación debe asegurarse un irrestricto acceso a los vientos exteriores. La velocidad del aire en un ambiente está condicionada por la velocidad del viento incidente y de los campos de presión que se generan alrededor de la edificación, los cuales están determinados por la implantación y forma de la edificación, la permeabilidad de las fachadas y la distribución interior de los ambientes.

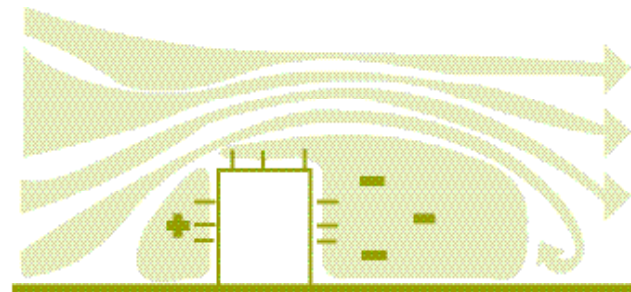
El comportamiento del aire alrededor y dentro de la edificación está regido por los siguientes principios:

- El movimiento del aire dentro de las edificaciones se basa en el principio básico del «equilibrio de presiones» entre los ambientes. En la

+ Presión positiva
- Presión negativa



Planta



Sección

Figura 2 Campos de presión y comportamiento del aire alrededor de la edificación

medida en que se mantenga una diferencia de presiones, se produce un proceso continuo de circulación del aire.

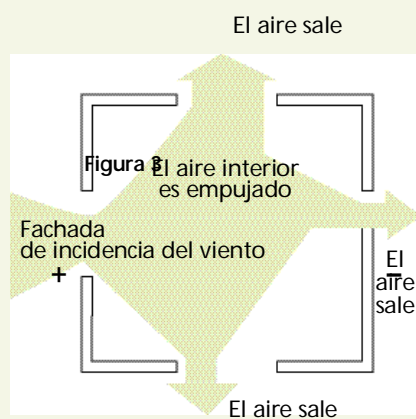
- Al chocar con la edificación el viento provoca diferencias de presión entre los lados. De esta manera, el aire se desplaza desde la zona de barlovento (presión +) a la de sotavento (presión -), a través de las aberturas.
- Una forma de la edificación que produzca mayores perturbaciones en el movimiento del viento creará mayores diferencias de presión.
- El aire tiende a entrar por las aberturas de cara a la incidencia del viento y a salir por las aberturas restantes, en función de las dimensiones, de la ubicación y del tipo de ventana.
- Si un ambiente tiene sólo un orificio hacia el exterior, allí se crea una zona neutral donde el aire entra por arriba y sale por debajo, con escasa renovación del mismo.

promuevan la ventilación cruzada en el interior de los ambientes.

En Venezuela, algunas regiones presentan condiciones de viento y de temperatura del aire que permiten acondicionar los espacios de forma natural sin usar equipos de aire acondicionado. Una apropiada respuesta arquitectónica debe tomar en cuenta además las características de la parcela y del contexto urbano.

Las estrategias de diseño pueden resumirse entonces, en las siguientes recomendaciones:

- Adecuada implantación y forma de la edificación para producir mayor movimiento del aire alrededor y dentro de las edificaciones.
- Utilización del paisajismo para canalizar el movimiento del aire dentro de la parcela.
- Ubicación y tamaños de ventanas y/o aberturas que estimulen la circulación y renovación del aire.
- Alta permeabilidad en las fachadas y en los cerramientos interiores.



+ Presión positiva
- Presión negativa

Para aprovechar eficientemente la ventilación natural, la edificación y los componentes constructivos deben orientarse convenientemente; también deben disponerse aberturas y ventanas que

El sol es la fuente natural de la iluminación diurna, y su efecto depende de la localidad geográfica, por lo cual las características lumínicas del cielo están determinadas por la latitud, la altitud y las condiciones climáticas de cada región.

Lo que percibimos como luz es el espectro visible de la radiación electromagnética proveniente del sol, comprendido entre 380 a 780 nm. Esta luz se recibe de manera directa en las fachadas orientadas en el eje este-oeste, y de manera difusa, debido a las múltiples reflexiones de la luz en la bóveda celeste en las otras orientaciones.

Un adecuado uso de la luz natural requiere un conocimiento de sus propiedades fundamentales, de transmisión y reflexión:

- **Transmisión:** los cuerpos denominados opacos, al ser expuestos a la radiación solar, bloquean el paso de la luz, por lo que producen sombras detrás de ellos. Otros cuerpos transmiten gran parte de la luz incidente, por lo que se denominan transparentes o translúcidos.

La luz incidente se distribuye de tres formas: reflectancia (r), absorbanza (a) y transmitancia (t),

las cuales definen las propiedades de los cuerpos, mediante la relación:

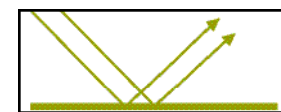
$$r + a + t = 1$$

En el caso de cuerpos opacos $t = 0$ y así $r + a = 1$

Los materiales translúcidos transmiten gran parte de la luz incidente, pero al interrumpir su trayectoria recta, ésta se dispersa en todas las direcciones y da lugar a la luz difusa.

- **Reflexión:** es una propiedad asociada al comportamiento de la luz al ser reflejada por una superficie. Si los rayos paralelos de la luz incidente al ser reflejados por una superficie continúan siendo paralelos, se denomina reflexión especular, y la superficie en este caso es un espejo plano. A este tipo de superficie se le aplican las reglas básicas de la óptica geométrica.

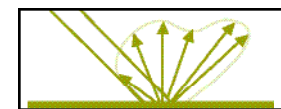
En una superficie mate, la luz incidente se refleja en todas las direcciones y produce luz difusa. Con frecuencia, y según el material y el color de la superficie, se producirá



Especular



Dispersa



Semidifusa



Difusa

Figura 4 Tipos de reflexión de la luz en función del material y color de la superficie

una mezcla de las reflexiones especular y difusas, por lo que se generan dos tipos de reflexiones denominadas semidifusa y dispersa.

Materiales y colores de una alta transmitancia y/o reflectancia son factores de diseño determinantes para el aprovechamiento de la iluminación natural y para racionalizar el consumo de energía. La propiedad de reflexión de los espejos permite su utilización práctica en la arquitectura para la conducción o redistribución de la luz natural, como en el caso de los ductos de iluminación y bandejas solares.

En Venezuela, por ser un país ubicado en el trópico, el criterio de diseño prevaleciente debe estar orientado a un buen aprovechamiento de la abundante luz natural con un buen control de la radiación térmica (calor) que la acompaña. Esta acción produce ambientes de mayor calidad térmica y, en el caso de acondicionamiento activo, menor consumo de energía de enfriamiento.

En resumen, una estrategia adecuada para el aprovechamiento controlado de la luz natural debe estar basada en las siguientes recomendaciones:

- Orientación y protección de las ventanas y otras aberturas, con parasoles, aleros, celosías, persianas u otro medio de bloqueo de las ganancias solares.
- Uso de cristales de alta tecnología que permitan una apropiada transmisión de luz natural con una controlada ganancia de calor solar.
- Ubicación y tamaños adecuados de las ventanas y otras aberturas en función del uso y proporciones volumétricas del ambiente.
- Utilización de acabados finales interiores de colores claros y reflectivos.
- Empleo de superficies reflectantes para reorientar la luz, y dotar los ambientes de mayor y mejor iluminación natural.
- Control del deslumbramiento exterior e interior de las edificaciones.

recomendaciones
de diseño
arquitectónico

La implantación en la parcela y la forma arquitectónica de la edificación pueden ser decisivas para aminorar las ganancias de calor por radiación solar y promover el movimiento del aire alrededor y dentro de los ambientes. Para ello es necesario considerar todas las posibilidades de la orientación solar, los vientos dominantes, los accesos, los árboles existentes y el contexto urbano, y valorar en cada caso las limitaciones impuestas por las características del terreno y la normativa vigente.

Es importante resaltar que en el caso de edificios cuyas exigencias de ocupación impongan el uso de aire acondicionado, la solución adecuada debe considerar volúmenes compactos y cerrados a las brisas.

MITIGACIÓN DE LAS CARGAS DE CALOR SOLAR

Implante la edificación en la parcela de forma que se aprovechen elementos del contexto urbano para bloquear las ganancias de calor

La presencia de elementos del entorno urbano o ambiental tales como desniveles topográficos, masas de vegetación o edificios cercanos puede arrojar sombras en la parcelas que pueden ser aprovechados como protectores solares.

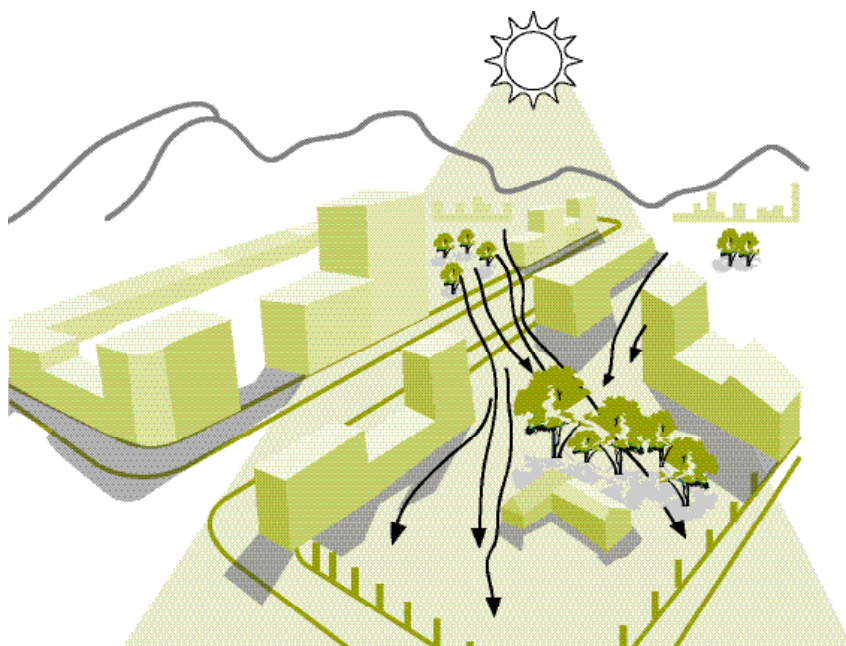


Figura 5 Aprovechamiento del contexto urbano y ambiental existente

La ganancias solares de calor tienen su mayor impacto en las superficies perpendiculares a los rayos del sol, es decir en los techos y las paredes este y oeste durante todo el año, y en la pared sur en los meses del invierno boreal (noviembre, diciembre, enero). En las edificaciones orientadas con las fachadas más estrechas hacia el este y el oeste se reduce la exposición al sol en su ángulo más bajo y se obtienen mejores posibilidades de sombreado.

Limite la asimilación de calor de la edificación orientando las fachadas más estrechas hacia el este y el oeste

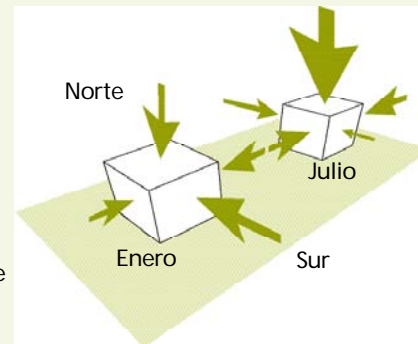
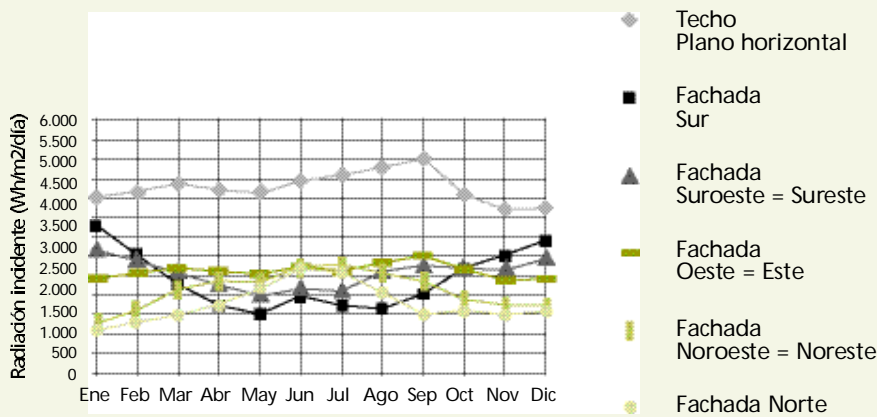


Gráfico 7 Ganancia solar mensual según la superficie para la orientación 10° latitud norte

Plantas alargadas con las fachadas más estrechas orientadas dentro de un ángulo de 15° a 20° este-oeste, reducirán las ganancias de calor en las mañanas y en las tardes cuando el sol actúa con sus ángulos más bajos. Aunque la fachada sur reciba alta insolación durante el invierno boreal, ésta puede reducirse con aleros de techo.

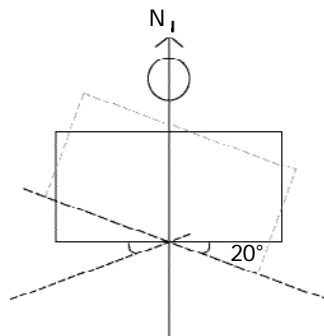


Figura 6 Ángulo de inclinación recomendada para reducir las ganancias de calor en las fachadas este y oeste

Utilice elementos de paisajismo para mejorar el microclima de la parcela y sombrear la edificación

Se puede mejorar el microclima de la parcela con la ayuda de masas de vegetación, espejos de agua, veredas, setos, jardineras y otros elementos. El sombreado de paredes y techos con arbustos, árboles frondosos y pérgolas puede reducir las ganancias de calor solar a través de estos cerramientos.

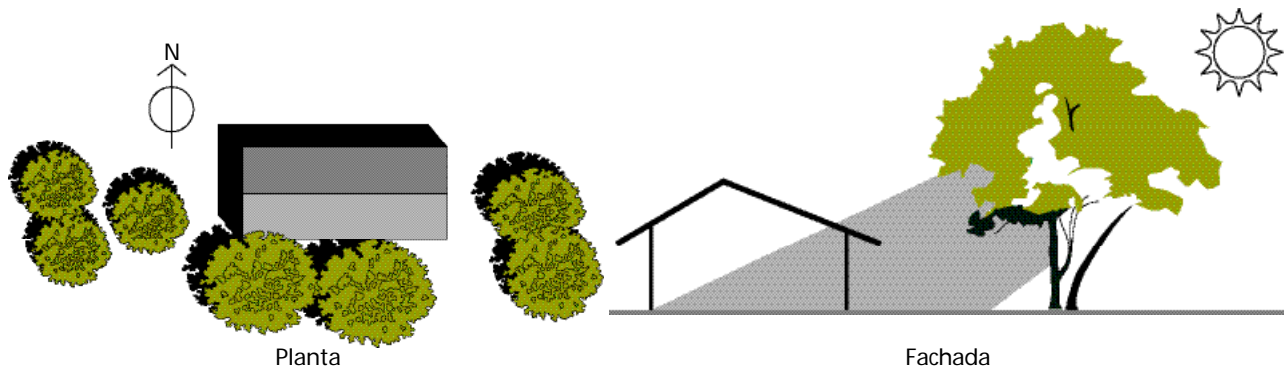


Figura 7 Uso del paisajismo para sombrear la edificación



Figura 8 Pérgolas integradas al paisajismo

La vegetación absorbe la radiación solar y sombrea el suelo, por lo que contribuye a bajar la temperatura de la superficie. Al mismo tiempo refresca el aire circundante mediante la transpiración del vapor de agua.

Los árboles y arbustos que están cerca de la edificación deben seleccionarse de manera que produzcan la sombra adecuada y al mismo tiempo permitan el paso del aire.

Utilice el sombreado en superficies pavimentadas exteriores para disminuir la temperatura

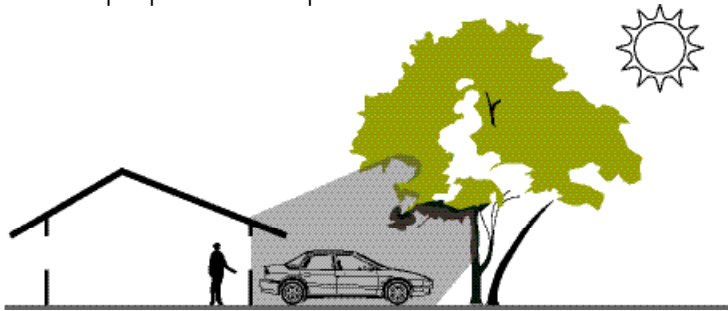


Figura 9 **Sombreado de superficies exteriores con vegetación**

Las superficies pavimentadas asoleadas aumentan la temperatura del entorno y afectan el confort visual.

Las temperaturas del aire encima de las áreas pavimentadas asoleadas, tales como estacionamientos, caminerías, patios y calles internas pueden ser hasta 7° C más altas que en las superficies no pavimentadas asoleadas, y hasta 14° C más altas que las áreas no pavimentadas sombreadas.

Los materiales de color oscuro tales como el asfalto, absorben, conducen y re-irradian calor. Los materiales de colores claros tales como el concreto, absorben, conducen y re-irradian significativamente menos calor pero causan deslumbramiento.

Limite las áreas exteriores pavimentadas para evitar la reflexión del calor superficial del entorno inmediato

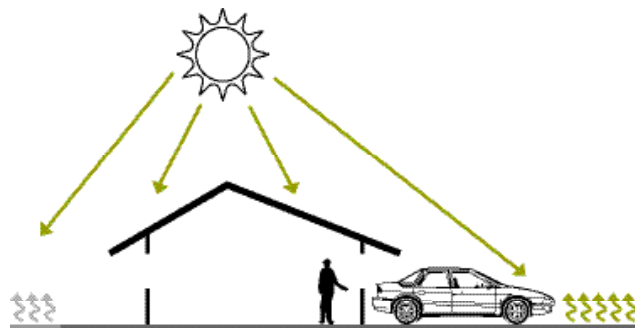


Figura 10 **Reflexión del calor en áreas pavimentadas**

Utilice como pavimento de tránsito exterior elementos livianos y de poca superficie pavimentada, para reducir las ganancias de calor solar y el deslumbramiento

Los adoquines calados permiten que la vegetación crezca en los espacios vacíos. Están fabricados en concreto o plástico, por lo cual son apropiados para áreas de tránsito liviano tales como caminerías, estacionamientos y garajes. Son un buen sustituto para el asfalto o el concreto pues disminuyen el área total de estos materiales sin eliminar la función como superficie rodante o de estacionamiento.

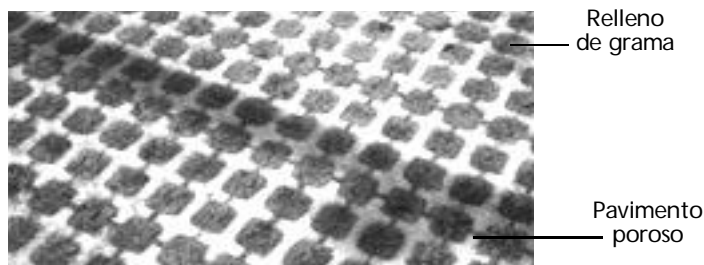


Figura 11 **Detalle de adoquín calado**

Elemento

Beneficios potenciales para el enfriamiento

Vegetación

Los árboles y arbustos convenientemente ubicados pueden proporcionar sombras y enfriamiento evaporativo, los cuales pueden reducir los requerimientos de aire acondicionado entre 10% y 50%.

Colores claros

Simulaciones por computadora han mostrado que las superficies exteriores de colores claros pueden reducir las necesidades de energía de enfriamiento entre 30% y 50%, en comparación con colores oscuros. EPA, 1992.

Superficies livianas

Los adoquines calados favorecen mayor disponibilidad de áreas verdes y contribuyen a una reducción adicional de energía de enfriamiento.

Tabla 2 **Comparación de los beneficios de los elementos de paisajismo en la reducción de aire acondicionado**

Volúmenes en diferentes planos, con salientes y entrantes, producen un conjunto de sombras propias, arrojadas por el edificio, que disminuye la asimilación de calor a través de la envolvente y favorecen ambientes interiores menos calurosos.



Utilice juego de volúmenes en las fachadas para crear sombras

Figura 12 Fachadas con juegos volumétricos que arrojan sombras propias

Fuente: Goldberg M., *Guía de Edificaciones Contemporáneas en Venezuela*. Caracas. Parte I. Edificio Altamira Suites, Altamira, Caracas. Arq. Tomas Stranky.

El volumen de las jardineras produce sombras, mientras su masa de tierra y concreto retiene las ganancias de calor solar. Al estar en la fachada de la edificación, las corrientes de aire contribuyen a evacuar por convección el calor almacenado. Al entrar en contacto con la vegetación, el aire mejora su temperatura y refresca el interior de los ambientes ventilados.



Utilice las jardineras como elementos de volumetría para el amortiguamiento de las ganancias de calor solar

Figura 13 Jardineras en fachadas, típica en la arquitectura tropical

Fuente: *Libro Anuario de Arquitectura en Venezuela*. Caracas. Tomo II. Residencias Oasis II y III. Arq. Helene de Garay.

Aproveche la elevada inercia térmica del suelo como elemento de diseño

A una determinada profundidad la temperatura del suelo permanece constante y suele ser menor que la temperatura exterior. Además, una capa de tierra puede actuar como aislante adicional.

Esta técnica tiene dos grandes desventajas: ausencia de luz y alta humedad relativa. Sin embargo, se puede emplear para ciertas áreas de servicios tales como estacionamientos, desvanes, áreas de circulación, etc. En estas condiciones la luz podría entrar por el techo a través de claraboyas.



Figura 14 Diferentes soluciones para el aprovechamiento climático del suelo

APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Oriente la edificación para maximizar el potencial de enfriamiento de los vientos predominantes

Utilice formas abiertas, alargadas o segmentadas, ubicadas según un ligero ángulo en relación a los vientos principales, teniendo cuidado de orientar las fachadas más estrechas hacia el este y el oeste. Esta disposición reducirá las ganancias de calor solar y proporcionará mayores oportunidades de ventilación cruzada.

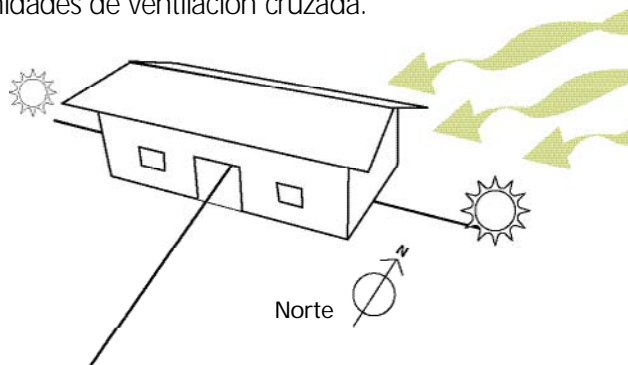


Figura 15 Ubicación adecuada según la dirección de los vientos predominantes

Una distancia entre edificaciones de al menos 5 veces la altura de la edificación aguas arriba ofrece mayores oportunidades de ventilación para la edificación aguas abajo.

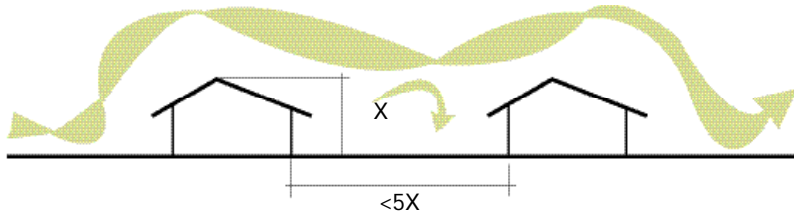


Figura 16 Ventilación pobre por la estrecha distancia entre edificaciones

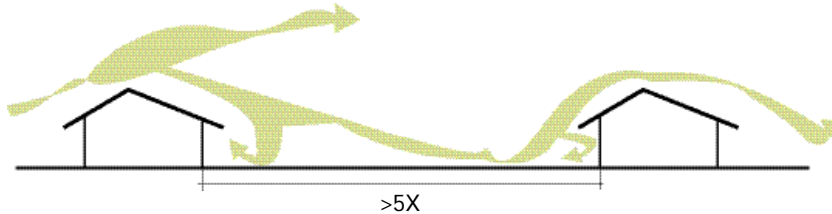


Figura 17 Buena ventilación por una adecuada distancia entre edificaciones

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

El flujo de aire alrededor de una edificación crea una zona de alta presión en la cara de frente y de baja presión en la cara de atrás y en las caras paralelas a la dirección del viento. Las edificaciones alineadas en la dirección del viento crean sombras de viento a las otras edificaciones que están aguas abajo y en consecuencia una mala ventilación. Esta situación puede mejorarse orientando las edificaciones en un cierto ángulo en relación a la dirección predominante del viento. De esta forma también se incrementa la distancia efectiva entre las edificaciones.



Figura 18 Ventilación pobre en una disposición lineal de las edificaciones, con caras paralelas a la dirección del viento



Figura 19 Buena ventilación en una disposición lineal de las edificaciones, con caras oblicuas a la dirección del viento

Ubique convenientemente las edificaciones para proporcionar buena ventilación alrededor de la estructura urbana



Figura 20 Buena ventilación independiente de la dirección del viento, en una disposición escalonada de las edificaciones

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

Utilice masas de vegetación para orientar las corrientes de aire

Muchas veces, la orientación de la edificación según la trayectoria solar está en contradicción con la de los vientos dominantes, pero una estudiada disposición de los elementos constructivos exteriores, de la volumetría y de la vegetación pueden cambiar la dirección del aire en movimiento.

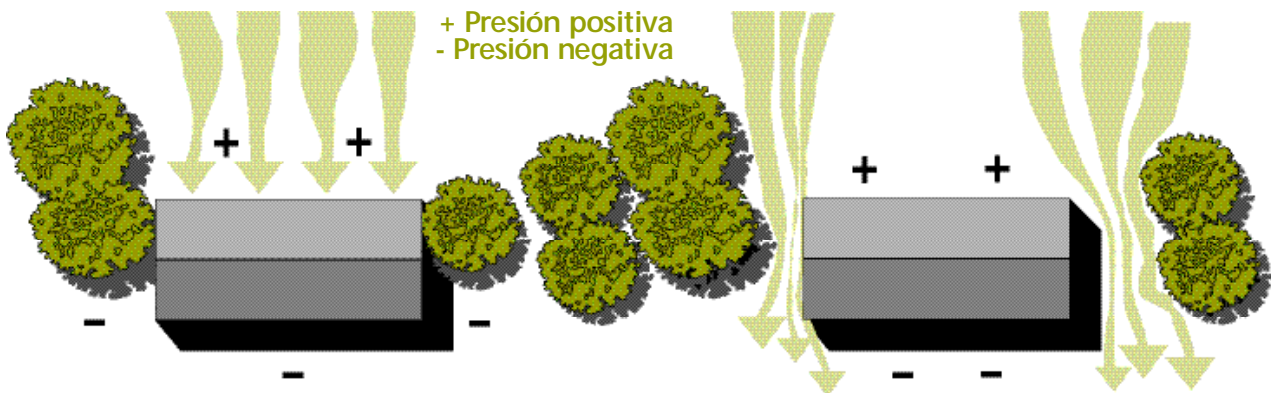


Figura 21 Vegetación ubicada para favorecer la ventilación natural

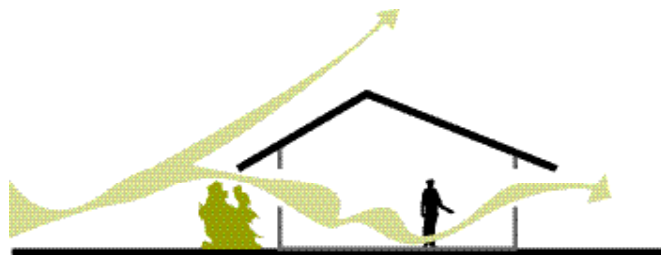


Figura 22 Cercas o arbustos que restringen y desvían el flujo de aire de su trayectoria hacia su interior



Figura 23 Cercas o arbustos situados convenientemente para permitir un buen flujo de aire hacia el interior de la edificación

Es conveniente un buen mantenimiento de la vegetación para permitir el libre flujo de aire hacia las ventanas. Un árbol bien seleccionado y adecuadamente mantenido y podado arroja sombras, lo cual reduce el calor radiante, proporciona vistas adecuadas y permite el paso de los vientos a su alrededor.



Figura 24 **Árbol convenientemente ubicado y mantenido permite buena ventilación, sombreado y vista**

Cuando la orientación solar óptima de la edificación plantea un conflicto con la orientación óptima del viento, se puede utilizar el juego de volúmenes en fachadas para orientar la trayectoria del viento a través de la edificación (ver **Aprovechamiento de la ventilación natural**, pág. 17). Esto es de especial importancia en el trópico, donde con frecuencia los vientos predominantes vienen del este; en este caso se aconseja orientación norte-sur para las fachadas con mayor área.

Utilice la volumetría de la edificación para estimular la circulación del aire en el interior de la edificación

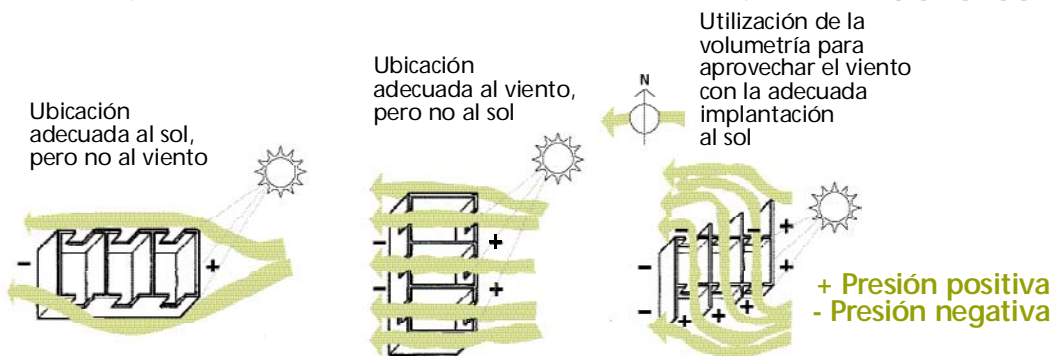


Figura 25 **Diseño adecuado para conciliar la orientación del sol y de los vientos**

Fuente: Basado en *Hawai and Design*.

La configuración externa de la edificación puede reforzar las diferencias de presión entre barlovento y sotavento, lo cual, combinado con la permeabilidad de las fachadas, impulsará un mayor flujo de aire hacia el interior de los ambientes.

Mientras mayor sea el desvío de la trayectoria del viento producido por el volumen del edificio, mayor será la zona de calma o sombra de viento. En la figura se muestran diversas configuraciones geométricas y la magnitud de la sombra de viento producida.

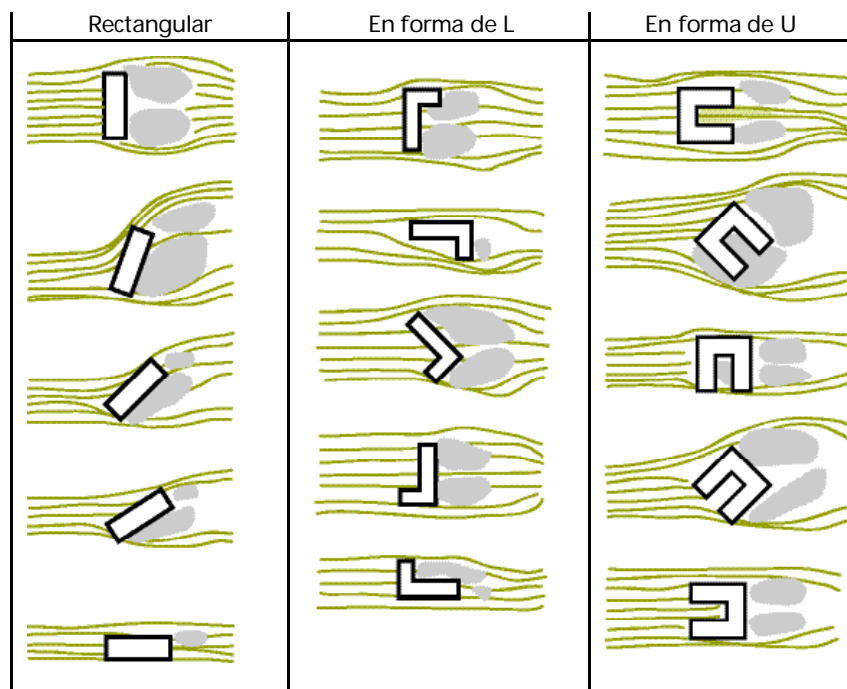


Figura 26 **Sombra de viento para diferentes geometrías**

Fuente: Basado en Poler, M. *Clima y Arquitectura*

El cierre de la separación entre dos edificaciones o dos volúmenes, con una pared alzada cara al viento, aumentará la presión positiva, lo cual acelera el aire dentro de la edificación.

En una fachada con ventanas, orientada 45° en relación al viento, la colocación de una pared o volumen saliente al final puede duplicar la presión positiva del viento. Si por el contrario se coloca la pared o volumen antes de las ventanas, se reduce la presión frente a éstas y se disminuye el caudal hacia el interior.

El ángulo de inclinación y la orientación de las aguas de un techo pueden emplearse para desviar la trayectoria original del viento, y de esta manera aprovechar mejor su fuerza dinámica para ventilar los ambientes. La figura 27 muestra el comportamiento del viento según diferentes configuraciones de techo.

Techos inclinados a favor del viento producirán mayor presión en la fachada de incidencia que techos planos, por cuanto la trayectoria del viento se desvía hacia arriba y produce una mayor masa de aire a presión negativa a sotavento. Mientras mayor es la pendiente mejor es el efecto.

Techos con pendientes opuestas a la incidencia de los vientos producen un efecto de presión negativa menor, debido a que el aire tenderá más rápidamente a restaurar su trayectoria original para volver a la superficie del suelo.

Los techos a dos aguas con orientación perpendicular a la incidencia de los vientos y con poca pendiente permitirán la restauración más rápida de la trayectoria del viento a sotavento, por lo tanto menor será la diferencia entre sobrepresión y depresión alrededor del volumen. Con techos a cuatro aguas el efecto es más evidente.

Techos planos con aleros tipo corredor perimetral disminuirán los campos de presión alrededor del volumen. Esta situación se puede mejorar creando remates ascendentes al perímetro de los aleros.

Utilice las formas y orientación de los techos para estimular la circulación del aire dentro de las edificaciones

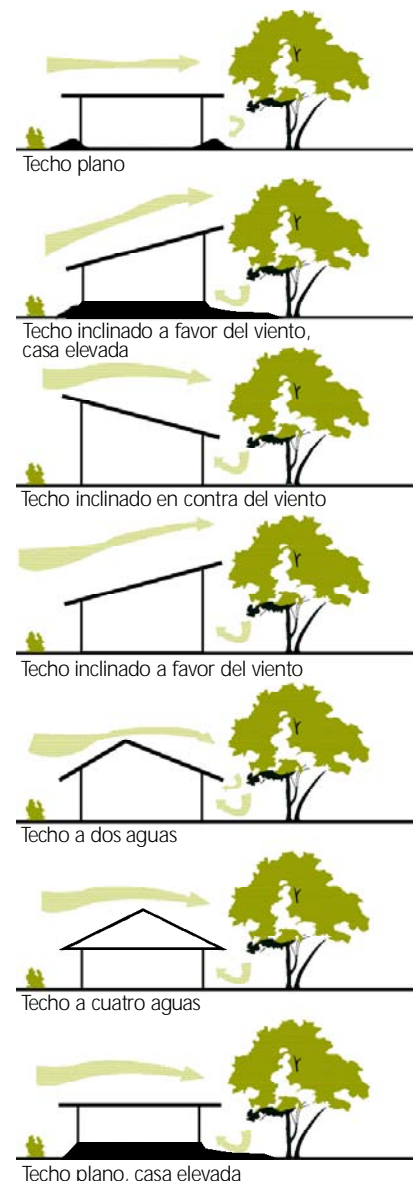


Figura 27 Influencia de la configuración del techo en la ventilación natural

Fuente: Basado en CSTB, Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat Tropical-Humide.

Eleve la edificación del suelo para estimular la circulación del aire alrededor y dentro de los ambientes.

El roce del viento contra el suelo reduce el movimiento del aire y hace necesario elevar la edificación o parte de la misma mediante pilotes o columnas, para que así la velocidad del aire que la atraviesa sea mayor. Esto permite a la envolvente desprender calor por convección. Es importante destacar que el espacio inferior libre puede ser usado como estacionamiento, sala de usos múltiples o como áreas de circulación.



Figura 28 Vivienda elevada del suelo para estimular la circulación del aire alrededor y dentro de los ambientes

Los ambientes interiores deben adecuarse para aprovechar la iluminación natural, aminorar las ganancias de calor por radiación solar y, al mismo tiempo, deben estimular la ventilación para asegurar una buena calidad del aire y la eliminación del calor por convección.

El proceso de diseño y ubicación de los espacios que conforman la edificación debe mantener un balance entre los requerimientos térmicos, de iluminación y de ocupación de cada ambiente. Desde el punto de vista de la calidad ambiental, las ganancias de calor por radiación solar pueden anular las ventajas de la iluminación natural, por lo cual la orientación y las protecciones solares en ventanas y aberturas son factores claves. Estos principios también son válidos cuando se requiere acondicionamiento activo, pues propicia la disminución de las cargas de enfriamiento y demanda menor potencia para los equipos de aire acondicionado.

MITIGACIÓN DE LAS CARGAS DE CALOR SOLAR

Para estimar las ganancias de calor por insolación en el interior de cada uno de los ambientes que conforman una edificación, deben tomarse en cuenta tanto la trayectoria solar diaria como la que se da a lo largo del año. Es importante considerar el tipo de actividad y las horas de ocupación de cada espacio, de manera que se integren racionalmente las necesidades de iluminación natural con las de temperaturas adecuadas, para lograr así una mejor utilización en cada momento del día.

Los ambientes que se utilizan por corto tiempo, tales como núcleos de circulación, áreas de servicios y garajes, pueden ubicarse en las zonas este y oeste de la edificación, donde actuarán como amortiguadores de las ganancias de calor solar.

Los ambientes con actividades de alta permanencia deberán ubicarse preferiblemente en fachadas norte o sur, dependiendo de su horario de ocupación. Estos ambientes serán de mayor calidad térmica y requerirán menos cargas de enfriamiento en caso de acondicionamiento activo.

Ubique los ambientes en función del tipo de actividad y del régimen de ocupación



Tabla 3 Identificación de las zonas según las temperaturas y las actividades recomendables de la edificación

Los ambientes interiores deben adecuarse a las necesidades de iluminación natural de los ocupantes. Así, las actividades con mayores requerimientos de iluminación deberían ubicarse en la periferia de la edificación, donde el acceso a la luz natural será mayor (cocina, oficinas, sala, etc.). Las actividades con menor demanda de iluminación natural (pasillos, depósitos, baños, clóset, etc.) pueden ser localizadas en el interior. Sin embargo, las soluciones adoptadas deben atender las necesidades particulares del usuario. En algunos casos la ocupación de un espacio se adapta mejor a la iluminación matutina (por ejemplo un cuarto de estudio, una sala comedor), lo cual permite su ubicación en la fachada este; sin embargo, esta solución podría ser inconveniente en el caso de dormitorios. Una orientación oeste para dormitorio nunca será adecuada en el trópico; según esta orientación, el dormitorio recibirá todo el sol de la tarde y los componentes constructivos acumularán calor que será trasladado en las horas nocturnas, por lo cual se producirán ambientes calurosos (ver Paredes, pág. 69).

Las normas vigentes en el país exigen una altura mínima de entrepiso libre de 2,40 m (uso residencial). Un aumento de esta altura produce un mayor volumen de aire contenido dentro del ambiente, por lo cual se distribuye mejor la cantidad de calor recibido del sol y el aire acepta una mayor cantidad de humedad producida internamente. Adicionalmente, una elevación de la altura de entrepiso permite incorporar cielo raso, el cual puede actuar como aislante del techo. En la gráfica se observa la disminución de la temperatura interior al variar la altura, con lo cual se logra disminuir la temperatura de 0,50° C hasta 1,50 °C con aumentos de 10 cm hasta 90 cm.

Aumente la altura entre piso acabado y techo, con lo cual se ganará mayor calidad térmica y lumínica en los espacios

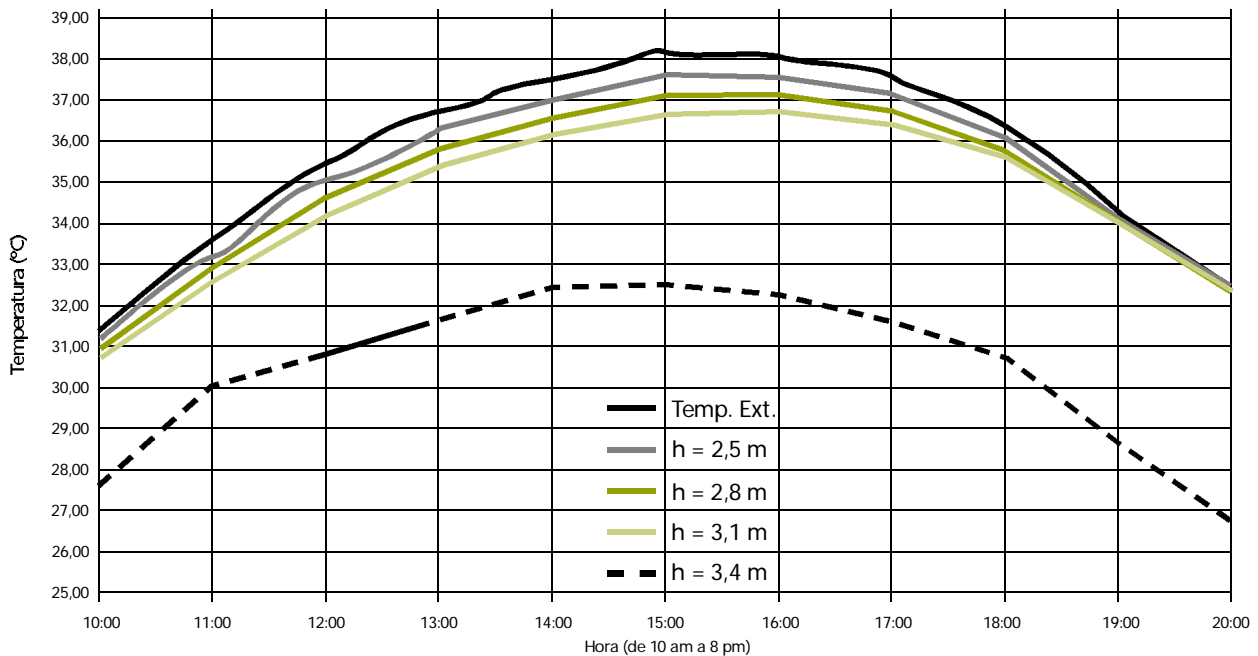


Gráfico 8 Variación de la temperatura en función de la altura libre (caso sin ventilación)

La decisión de aumentar la altura del entrepiso en los espacios puede acarrear un costo mayor en la construcción de la obra; sin embargo, esta inversión podría verse compensada con los costos de funcionamiento y mantenimiento de la edificación en todos los años de vida útil. Además, también redundaría en la producción de espacios de mayor habitabilidad y calidad espacial, térmica y lumínica.

APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Diseñe los ambientes interiores para facilitar una ventilación natural efectiva y una buena circulación de aire al nivel del cuerpo

Una adecuada ventilación requiere al menos dos (2) aberturas efectivas en cada ambiente (ventilación cruzada).

Las configuraciones más comunes se detallan en la siguiente figura: aberturas en paredes adyacentes (A) y aberturas en paredes opuestas (B). Cuando el ambiente posee una sola pared exterior, lo adecuado es diseñar dos ventanas en vez de una grande; para mejorar la ventilación se recomienda instalar una pared pantalla o deflector de aire entre las dos ventanas (C).

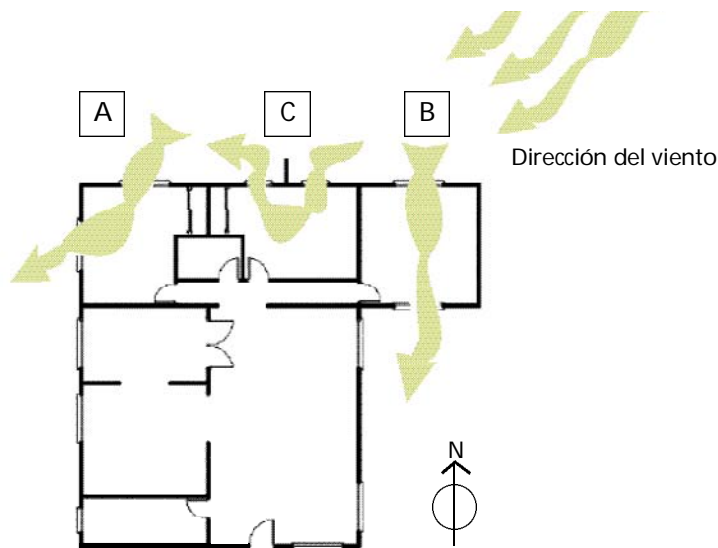


Figura 29 **Uso adecuado de aberturas para la ventilación natural.**

Las configuraciones escalonadas de los espacios y el uso de paredes sobresalientes en fachadas pueden favorecer la circulación del aire en los ambientes interiores.

Los ambientes caracterizados por producción interna de calor y humedad, tales como cocinas, lavaderos y salas de baño, deben estar bien ventilados y ubicados aguas abajo del flujo de viento; de esta manera se evitará que el aire húmedo y caliente, además de los olores, penetren a otros ambientes. En la figura 30, el diseño de los espacios permite que el calor fluya desde la cocina y el lavadero hacia el exterior.

Ubique los ambientes en los cuales se producen calor, humedad y/o olores a sotavento del flujo de viento

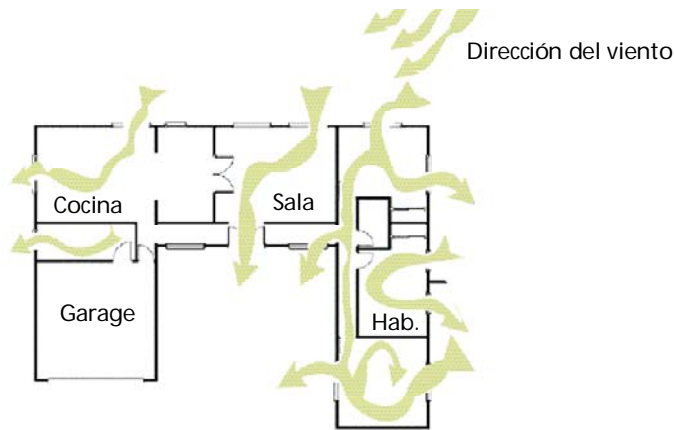


Figura 30 Ubicación adecuada de los espacios para aprovechar la ventilación cruzada

En la figura 31, la ubicación del garaje bloquea la incidencia del viento y la ubicación del área de servicio provoca que el calor y vapores producidos en la cocina y el lavadero se trasladen a otros ambientes.

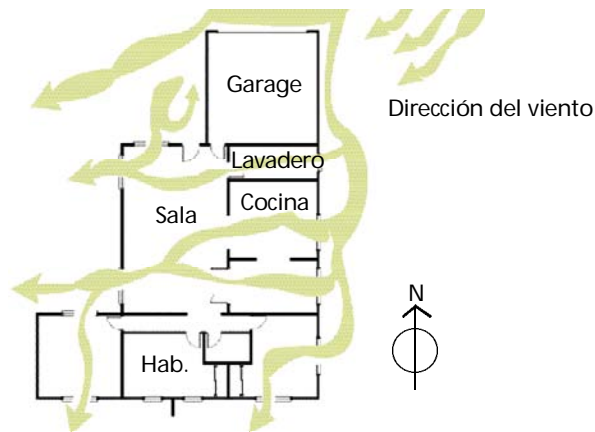


Figura 31 Diseño inadecuado para la ventilación cruzada

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

Oriente las fachadas de los ambientes con aberturas situadas en paredes opuestas, 45° respecto a la dirección del viento predominante

Esta configuración produce mayor turbulencia y un mejoramiento de 20% en el flujo de aire, en relación a la otra con la fachada perpendicular a la dirección del viento.

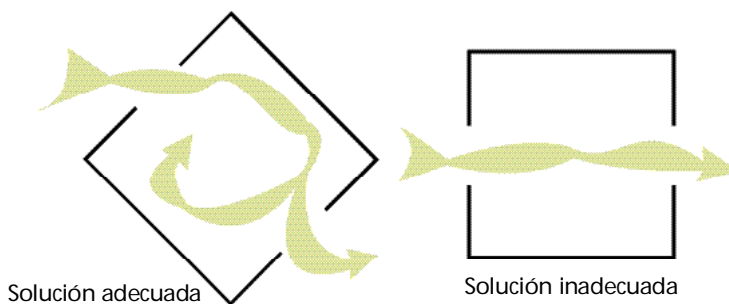


Figura 32 **Orientación adecuada de las fachadas en relación a la dirección del viento**

Diseñe la ventana de entrada ligeramente más pequeña que la de salida, en el caso de ventilación cruzada

La ventilación natural es óptima cuando el área de la abertura de entrada es ligeramente más pequeña que la correspondiente a la abertura de salida. En estos casos se considera que la proporción correcta es 1:1.25.

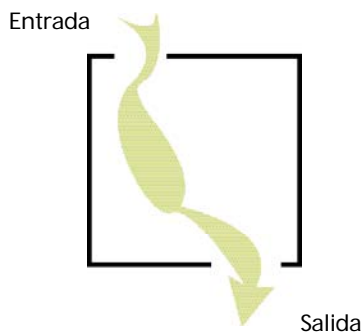


Figura 33 **Dimensión de la abertura de entrada en relación a la de salida**

La ventilación natural es más eficaz cuando hay un mayor recorrido del aire dentro del espacio antes de salir, lo cual puede lograrse ubicando las aberturas en los puntos más distantes entre sí en el caso de paredes adyacentes, expresados en una diagonal. En la figura se presenta el caso de un ambiente de planta cuadrada.

Sitúe las aberturas de paredes adyacentes con una separación máxima entre ellas, de modo que fomen una diagonal

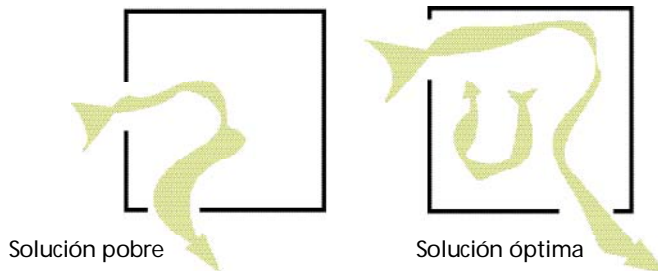


Figura 34 **Aberturas ubicadas en paredes adyacentes**

Cuando un espacio no se puede dotar de ventilación cruzada es aconsejable colocar dos ventanas en una misma pared. Las ventanas batientes son convenientes en estos casos, pues la hoja de vidrio actúa como una pantalla o deflector que impulsa el flujo de aire hacia el interior del ambiente. También es recomendable el uso de una pared deflectora o pantalla exterior ubicada entre las ventanas. Para una solución óptima se deben ubicar las dos ventanas lo más distantes entre sí sobre la misma pared, y hacer sobresalir dos paredes deflectoras (que pueden servir adicionalmente como parasoles), tal como se muestra en la figura.

Utilice ventanas batientes o dos ventanas con una pantalla deflectora entre ellas en ambientes con aberturas en una misma pared

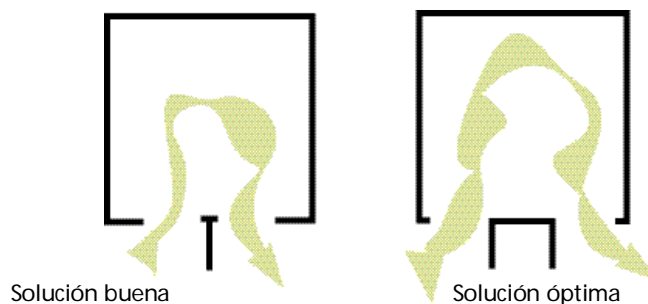


Figura 35 **Aberturas ubicadas en una misma pared**

Ubique las aberturas a una altura que asegure el confort de los usuarios

Es importante asegurar que los ocupantes de un espacio disfruten del movimiento del aire y de los intercambios de calor que se generan entre la piel y aire en renovación.

La altura de ubicación de la abertura de entrada del aire influye directamente en el patrón de flujo del mismo, mientras que la ubicación de las aberturas de salida no afectan significativamente el comportamiento del aire.

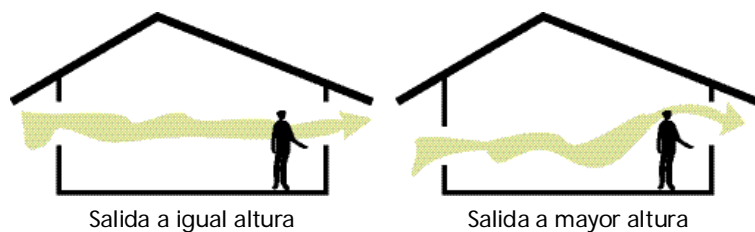


Figura 36 **Altura de ubicación adecuada de las aberturas**

Las aberturas de entrada ubicadas a mucha altura producen un movimiento del aire muy por encima del nivel del cuerpo de los usuarios. Este efecto no puede corregirse aun cuando la abertura de salida se coloque a baja altura.

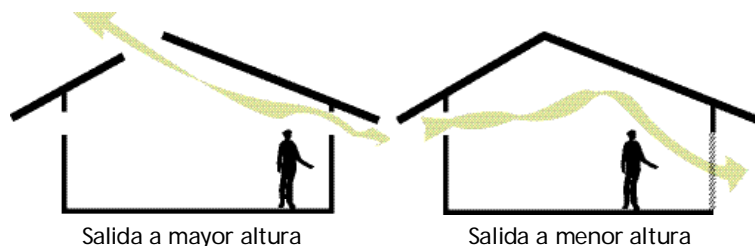


Figura 37 **Patrón de flujo del aire según la altura de ubicación de las ventanas**

La altura adecuada para ubicar ventanas o aberturas dependerá de las actividades dentro del ambiente. Por ejemplo, las aberturas en niveles bajos funcionan mejor en dormitorios y en aulas de estudio.

Los parasoles de las ventanas pueden emplearse para dirigir y aumentar la circulación del aire hacia el interior de los ambientes. Los parasoles horizontales separados de la pared constituyen una mejor solución, pues el aire que penetra por la separación empuja el flujo del aire a nivel de los ocupantes, debido a la diferencia de presión.

Utilice los parasoles para mejorar la ventilación natural

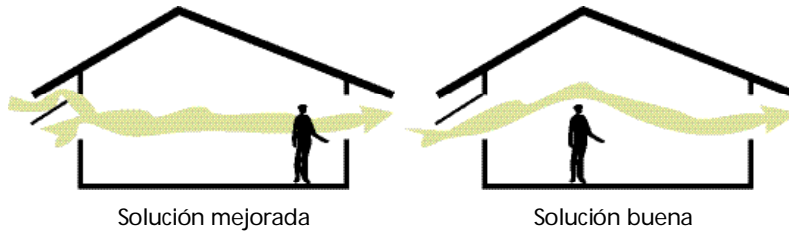


Figura 38 **Uso de parasoles para dirigir la ventilación natural en el interior de los espacios**

Promueva la integración de ambientes afines y/o la utilización de ambientes colectivos con tendencias a plantas abiertas, separadas por mobiliario o con un número mínimo de divisiones interiores. Así mejorará la circulación del aire a través de los espacios y se obtendrá un mejor aprovechamiento de la iluminación natural y artificial.

Integre ambientes para minimizar las divisiones interiores

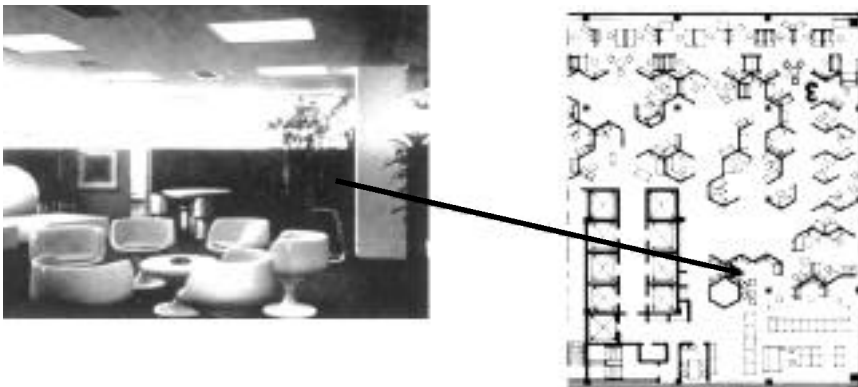


Figura 39 **Ejemplo de oficinas de planta abierta, separadas por mobiliario y/o tabiques interiores a media altura**

Utilice cerramientos interiores permeables

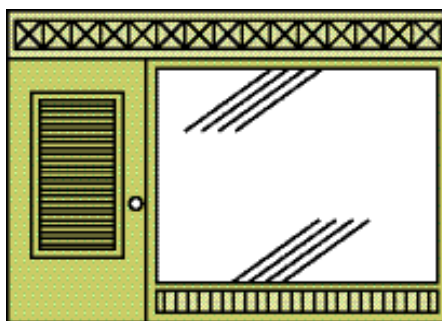
Las romanillas, celosías, bloques de ventilación, persianas y otros componentes permeables al aire utilizados en cerramientos, puertas o ventanas, permiten la libre circulación de éste y mantienen al mismo tiempo la privacidad visual.



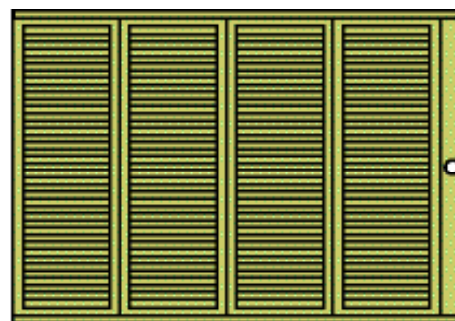
Las paredes interiores opacas deben ser paralelas al flujo transversal del aire



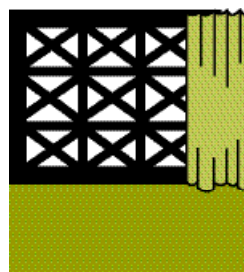
Las paredes interiores perpendiculares al flujo transversal de aire deben ser permeables



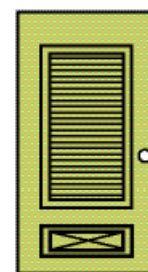
Celosías



Tabiques correderos con o sin romanillas regulables



Bloques de ventilación



Puertas con romanillas controlables

Figura 40 Cerramientos permeables para ambientes interiores

Fuente: Basada en CSTB. *Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat* en p. 97.

Aun cuando la edificación sea diseñada para acondicionamiento pasivo, los ventiladores constituyen una alternativa a la ventilación natural en períodos de ausencia de vientos o cuando la lluvia impide mantener las ventanas abiertas.

Los ventiladores actúan aumentando el movimiento del aire dentro de un ambiente y contribuyen a expulsar calor y humedad desde el interior.

Con un buen diseño, los ventiladores pueden ayudar a alcanzar los niveles de confort térmico; se estima una velocidad máxima de 7,5 metros por segundo. Velocidades mayores no producirán mayor enfriamiento y por el contrario pueden causar incomodidades y molestias.

Esta solución es económica en dinero y energía en relación a los sistemas de aire acondicionado, además de ser menos contaminante.

Utilice ventiladores mecánicos cuando las condiciones ambientales no favorezcan la ventilación natural

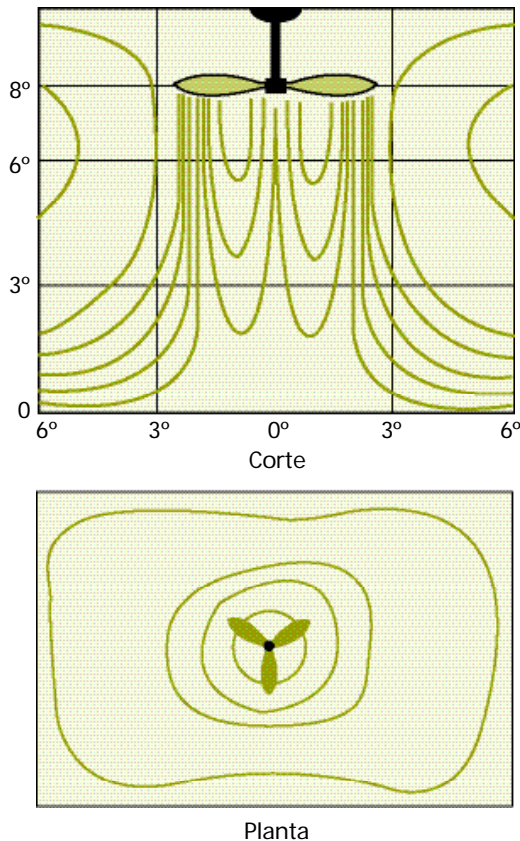


Figura 41 Patrón de velocidad y del flujo del aire producido por un ventilador de techo

CONTROL DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Organice los ambientes de forma que se promueva la iluminación cenital a través de atrios, patios interiores o pozos de iluminación

Los ambientes interiores pueden tener acceso a una mejor iluminación natural por medio de atrios, patios y pozos de iluminación. Así se logra reducir considerablemente el consumo de energía por iluminación artificial.



Figura 42 **Aprovechamiento de la iluminación natural a través de patios**

Los atrios, patios o pozos de iluminación deben estar abiertos al cielo, preferiblemente. Evite techar los patios con cerramientos transparentes fijos y sin ventilar (ver Techos, pág. 60), debido a que las ganancias de calor por radiación solar anulan las ventajas de la iluminación natural y desmejoran la calidad térmica, por lo que se requerirá mayor potencia del sistema de aire acondicionado en caso de acondicionamiento activo.

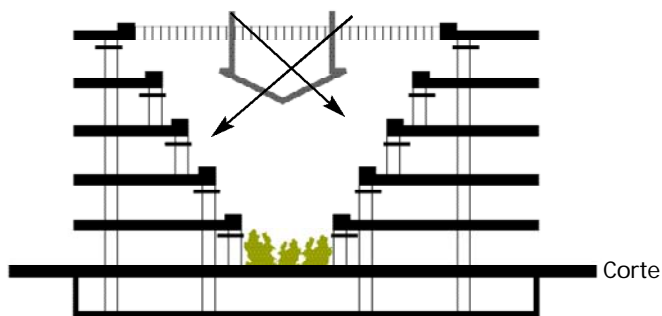


Figura 43 **Ejemplo de patio de iluminación adicionado con elementos especiales para redireccionar la luz disponible**

El efecto de la iluminación natural depende de las proporciones del espacio interior y del número, tamaño, ubicación y tipo de aberturas por donde penetra la luz solar (ver *Ventanas*, pág. 77). Un diseño apropiado debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Techos altos y edificaciones de formas alargadas y con aberturas en los lados facilitan una penetración efectiva de la luz natural.
- Diseño de plantas libres con pocas divisiones interiores favorecen la penetración de la luz natural, lo cual es muy importante en oficinas.
- Edificaciones de una sola planta se pueden iluminar más fácilmente que una de muchas plantas, pues permiten un mejor uso de claraboyas (ver *Techos*, pág. 63), o de abertura en techos.

Las proporciones de un espacio interior tienen particular importancia en la penetración de la luz. Una altura de techo de 2,4 m permite suficiente luz natural para las actividades normales hasta una distancia de 4,5 m hacia el interior. Entre 4,5 m y 9,0 se necesitará el aporte de la luz eléctrica para mejorar la iluminación. Más allá de los 9,0 m la luz eléctrica suministrará la mayor parte de la iluminación.

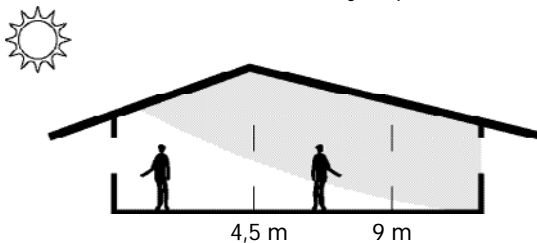


Figura 44 **Efecto de la penetración de la luz natural según la profundidad del espacio**

La profundidad de los ambientes iluminados sólo por un lado no debería ser mayor de 2,5 veces la altura de la pared que contiene la(s) abertura(s).

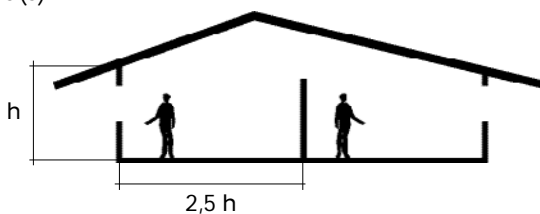


Figura 45 **Proporciones del ambiente interior adecuadas a la penetración de la luz**

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

Favorezca la penetración de la iluminación natural preservando las proporciones adecuadas de los espacios

Emplee colores claros en los acabados interiores

Los colores de los acabados interiores pueden afectar la distribución de la luz. Los colores claros y brillantes reflejan mejor la luz que los oscuros o mates, y mejoran su distribución en el espacio. En general los colores de los techos y paredes tienen una mayor influencia en la distribución de la luz que los del piso.

Aunque los colores claros y brillantes reflejan mejor la luz, deben usarse cuidadosamente para evitar el deslumbramiento. Las superficies claras y mates reflejan y difunden la luz, y crean un ambiente más controlado y armónico.

El nivel de iluminación sobre la superficie de trabajo proviene directamente de las fuentes luminosas (luz natural y/o artificial) y de las múltiples reflexiones en techo paredes y pisos. Según el color de las superficies, se puede aumentar la reflectividad y lograr un ahorro aproximado del 15% de la energía consumida en sistemas de iluminación artificial.

PAREDES	TECHOS	PISOS	
50%	30%	20%	(colores semioscuros)
80%	60%	40%	(colores claros)

Tabla 4 Porcentaje de reflectividad de paredes, techos y pisos según el color

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de *Guía de Ahorro Energético para Edificaciones Públicas* MEM/IDEC/UCV

En ambientes donde la naturaleza de la actividad y de privacidad lo permitan se pueden utilizar puertas, ventanas o tabiques translúcidos para favorecer la iluminación natural, tal como en oficinas, salas, cocinas y pasillos.

Emplee elementos de cerramiento interior translúcidos



Fotografía: Paul Downton

Figura 46 Ejemplo de iluminación natural de una cocina a través de puertas y ventanas translúcidas



Fotografía: Siem - Sosa

Figura 47 Cerramientos translúcidos para favorecer la iluminación natural

A través del techo puede penetrar gran cantidad de calor a los ambientes interiores. Debido a su posición recibe radiación solar en cualquier época del año, por lo cual alcanza temperaturas superficiales exteriores de hasta 65°C cuando la temperatura exterior del aire, a la sombra, es de sólo 27 °C.

El techo es la mayor fuente de calor en el caso de edificaciones de baja altura, pues la radiación solar que recibe puede alcanzar hasta un tercio (1/3) de las ganancias de calor de una casa y provocar altas temperaturas en el interior.

Debe prestarse una gran atención al diseño y los materiales del techo para garantizar el confort de los ambientes interiores y reducir el consumo de electricidad en el caso de acondicionamiento activo.

MITIGACIÓN DE LAS CARGAS DE CALOR SOLAR

Evite utilizar techos horizontales

En las zonas tropicales, próximas a la línea ecuatorial, las superficies horizontales reciben la máxima intensidad solar, puesto que el ángulo de incidencia es muy cercano a la perpendicular a la superficie durante un gran número de horas al día. Estos techos pueden recibir hasta 50% más de calor que los techos inclinados.

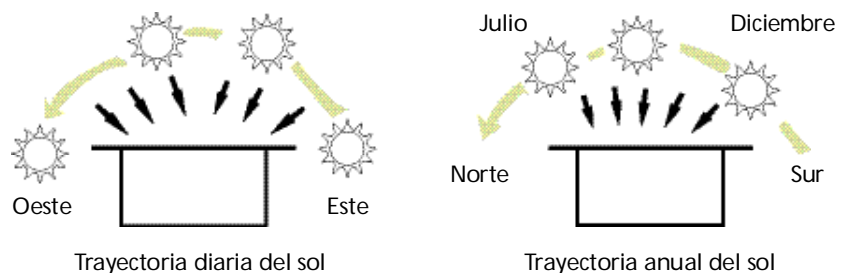


Figura 48 **Incidencia solar sobre un techo plano en el trópico, latitud norte**

Los techos de una sola agua deben inclinarse hacia el norte pues el sol incidirá con un ángulo muy pequeño la mayor parte del año, mientras que con dos aguas deben orientarse preferiblemente norte-sur. En todo caso la inclinación no debe exceder 30° y la orientación de la edificación puede oscilar alrededor de 20° en sentido este-oeste. La ubicación definitiva debe considerar la dirección del viento y la implantación del conjunto en la parcela.

Utilice techos inclinados preferiblemente orientados sur-norte

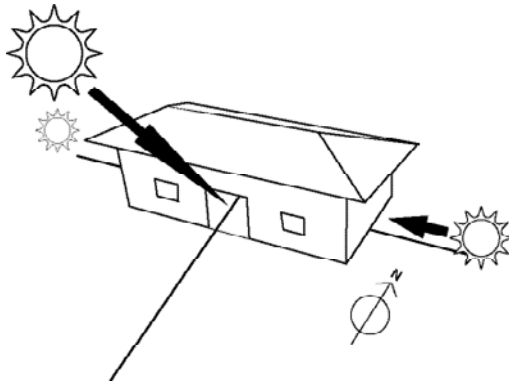


Figura 49 **Orientación de un techo a 4 aguas con las mayores superficies orientadas sur y norte**

Los aleros de techo, pérgolas y corredores perimetrales son una solución apropiada para minimizar las ganancias solares sobre paredes y ventanas.

Utilice los techos como protección solar de las superficies verticales de la edificación



Figura 50 **Utilización del techo como protección solar de la envolvente**

Utilice elementos de la volumetría para producir sombras sobre los techos

Proteja de la radiación solar los techos con plantaciones de árboles (ver *Implantación y forma*, pág. 24), o produzca juego de volúmenes techando los espacios a diferentes alturas, de forma tal que arrojen sombra propia.



Figura 51 **Techos a diferentes alturas para producir sombras propias**

Fuente: Revista *Entre Rayas*, No. 26, Sep. 98. Edificio Banco Provincial La Florida. Arq. Juan Carlos Parilli.

Use acabados exteriores de materiales y colores reflectantes

Los colores claros en el techo pueden reflejar entre 25% y 30% de la energía radiante del sol. Las superficies claras, lisas y brillantes suelen tener reflectancia elevada en relación a la superficie blanca teórica de perfecta reflectancia, la cual absorbe 0% y refleja el 100% de la radiación.

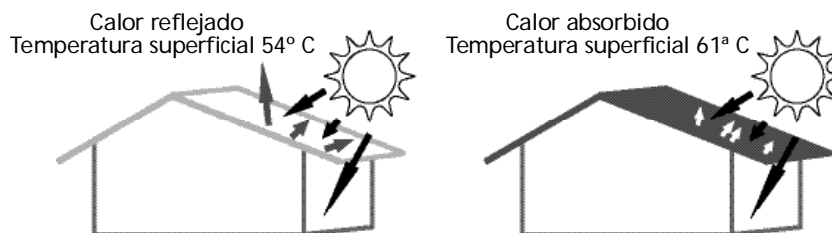


Figura 52 **Efecto de los materiales y color de techo en la absorción de calor**



Fotografía: Siem - Sosa

Figura 53 Ejemplo de color inadecuado para techo en clima calido-húmedo

Tanto el color como el tipo de material afectan la cantidad de calor reflejado, medido como reflectancia. A continuación se indican los valores de reflectancia para diferentes materiales de techo:

Material de techo	Reflectancia con acabado original %	Reflectancia con acabado blanco %
Capa de asfalto	5-15	31-35
Teja de arcilla	25-35	70-80
Teja de concreto	10-30	70-80
Capa o lámina de metal	70	70-80

Tabla 5 Reflectancia para diferentes materiales de techo

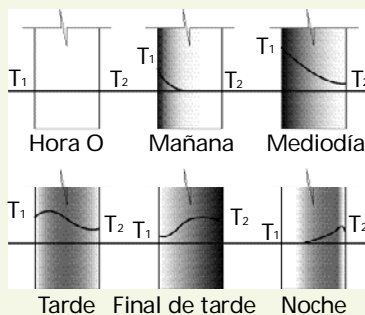
Fuente: Green Seal, Energy Star Home Project

Seleccione los componentes constructivos de techo en función de su inercia térmica

La modulación del calor a través del techo depende de las propiedades termofísicas de sus componentes constructivos. La inercia térmica es la capacidad de un componente para almacenar calor, amortiguar su efecto y transmitirlo con desfase hacia el interior de los ambientes, y puede expresarse como débil, media y fuerte (ver Mitigación de la carga de calor solar, pág. 15).

Composición (desde el ext. hacia el int.)	Espesor (cm)	Coefficiente de amortiguamiento	Desfase (horas)
Concreto	10	0,046	3 h
Lana de vidrio	4		
Lana de vidrio	4	0,45	11 h
Concreto	10		50 min
Concreto	15	0,30	4 h
			40 min
Concreto	20	0,20	6 h
Madera	10	0,23	5 h
			40 min
Madera	15	0,11	8 h

Tabla 6 Coeficientes de amortiguamiento y desfase para componentes y materiales de techo



T_1 = Temperatura superficial exterior

T_2 = Temperatura superficial interior

Figura 54 Mecanismo de inercia térmica en una pared

Fuente: Basado en Santamouris et al. *Passive cooling of Building*. James & James (1996).

La selección adecuada de los materiales deberá tomar en cuenta el horario de uso de la edificación y el tipo de acondicionamiento, de acuerdo a las siguientes reglas básicas:

En el caso de acondicionamiento pasivo:

- En edificaciones de uso diurno y nocturno, tales como residencias, son aconsejables componentes con inercia térmica débil o media que no acumulen calor en el día y presenten poco tiempo de desfase, para que así la onda de calor no se traslade a las horas de la tarde o de la noche cuando se produce la mayor ocupación de los espacios. En el primer caso es aconsejable la colocación de una capa de material aislante térmico colocado hacia la cara exterior.
- En edificaciones de uso diurno, tales como escuelas, son aconsejables componentes con inercia térmica media o fuerte que acumulen calor en el día y retarden la onda de calor para las horas de la noche, cuando la edificación está desocupada. En la noche el calor se evacuará por reirradiación hacia el cielo y por movimiento convectivo con la ayuda del viento.

En el caso de acondicionamiento activo:

- Para edificios de uso diurno, por ejemplo comercio u oficina, son aconsejables componentes con inercia térmica fuerte. Estos son materiales con una alta capacidad calórica que acumulan calor en el día, de forma tal que amortiguan la curva de temperatura interior y presentan un desfase de varias horas.



Figura 55 Ejemplo de diseño y materiales constructivos adecuados para el acondicionamiento pasivo en el trópico

Fuente: *Energy Efficient Building Design in Australia*.

Utilice materiales aislantes en techos para mitigar las ganancias de calor hacia el interior de los ambientes

Cuando se utilizan materiales aislantes en el techo se pueden reducir sustancialmente las ganancias de calor a través de estos componentes. El aislante puede ser instalado en el material del techo por el lado exterior (que es lo más efectivo para el clima cálido) o como cielo raso internamente; también puede utilizarse la combinación de ambas técnicas. Con 2 ó 3 cms de material aislante es suficiente, aunque dependerá del tipo de material utilizado. Los más adecuados son los que presentan las siguientes propiedades térmicas baja capacidad calorífica y alta resistencia térmica, es decir, con muy baja conductancia. También es importante que el material aislante mantenga indefinidamente su coeficiente de conductividad y que no sea higrospónico, es decir, que no absorba humedad, lo cual disminuye su propiedad de aislante con el paso del tiempo.

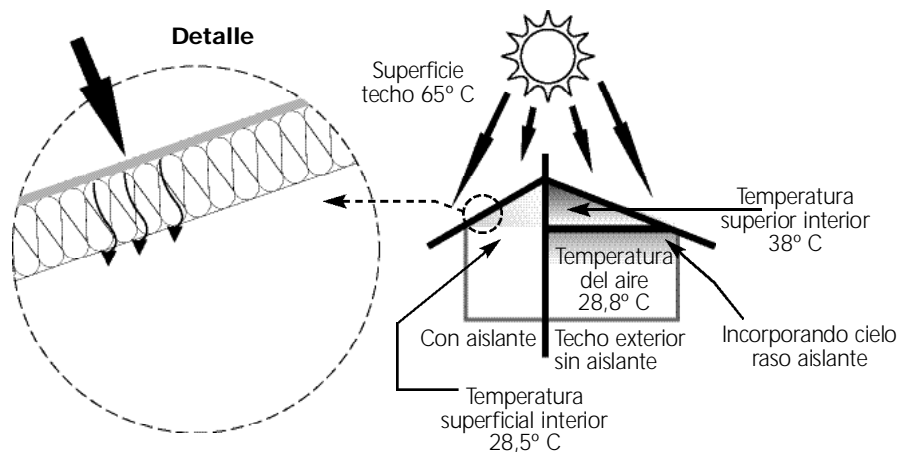


Figura 56 **Detalle de la colocación de material aislante en techo**

Los materiales aislantes son costosos, pero su utilización debe ser evaluada por sus buenos resultados para controlar los valores máximos de temperatura. En el caso de acondicionamiento activo permite disminuir los costos de instalación, uso y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado. En la gráfica se pueden comparar los valores de temperatura máxima y media para dos sistemas constructivos con y sin material aislante como cielo raso.

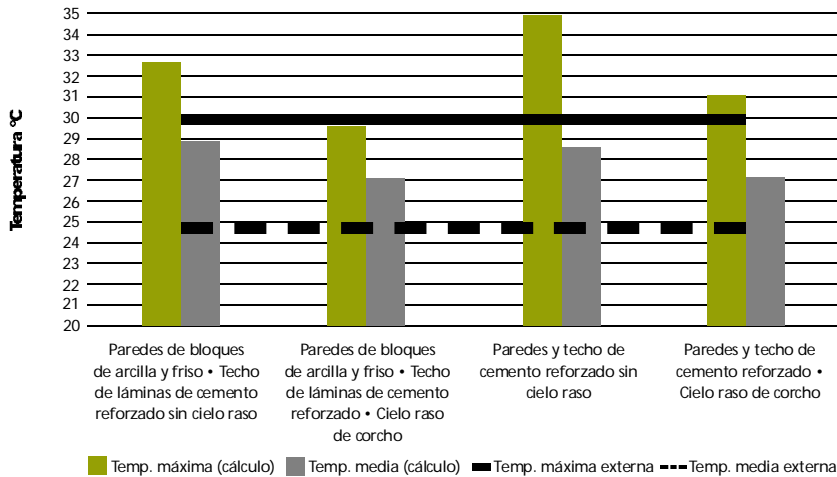


Gráfico 9 Valores de temperatura obtenidos analíticamente para diferentes sistemas constructivos sin y con material aislante

Fuente: Datos tomados de Hobaica-Sosa-Rosales

«Influencia de las características térmicas de los componentes constructivos en la temperatura del aire interior de viviendas»,
Revista *Interciencia*.

El empleo de cámaras de aire en los cerramientos constructivos es adecuado para mitigar las ganancias de calor, debido a que el aire es un material aislante con un coeficiente de conductividad térmico $K= 0,028$, igual al de la fibra de vidrio.

Las cámaras de aire pueden ser ventiladas o no ventiladas; las que funcionan mejor son las ventiladas, debido a que eliminan por convección las ganancias de calor rápidamente hacia el exterior. Esto se logra con un buen diseño, tal como se muestra en la siguiente figura.

Utilice cámaras de aire ventiladas en techos para mitigar las ganancias de calor al interior de los ambientes

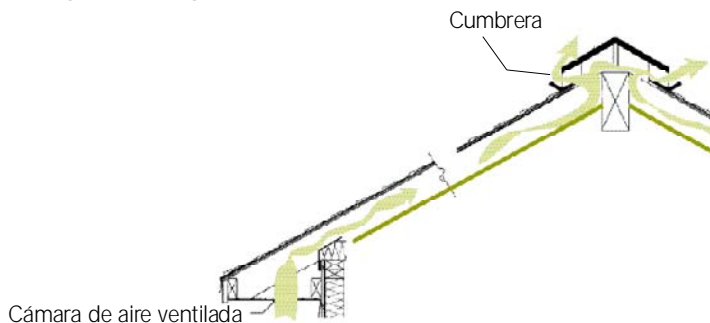


Figura 57 Detalle de techo con cámara de aire ventilada

Las cámaras de aire no ventiladas no son tan efectivas como las ventiladas o como la utilización de un material aislante. Aunque la sencillez del procedimiento constructivo y lo costoso de los materiales aislantes justifica su aplicación.

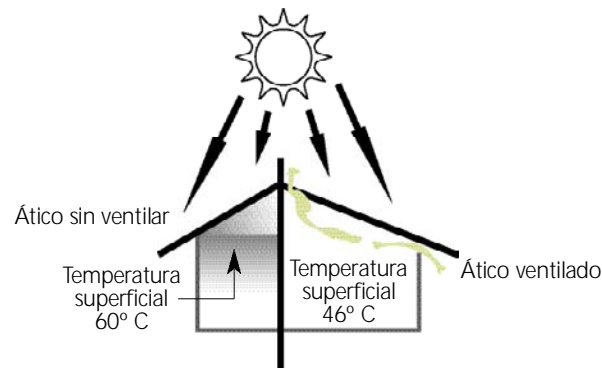


Figura 58 Comparación de los efectos de áticos ventilados y no ventilados en la temperatura del aire de los espacios interiores

En la práctica, las cámaras aislantes no ventiladas en techos horizontales o inclinados tienen mayor poder aislante que en cerramientos verticales (paredes). Asimismo, la cámara de aire más eficaz responde a unos 5 cms de espesor, ya que en espesores mayores los intercambios de calor convectivos y radiativos aumentan, y por lo tanto disminuyen los efectos de la propiedad de material aislante del aire.

El efecto de transmisión de calor por radiación dentro de las cámaras de aire se puede reducir aplicando sobre una o ambas caras materiales de bajo poder de emisión y de elevado poder reflector, como por ejemplo los metales, el aluminio entre ellos.

Las técnicas de barreras radiantes elimina en un 95% la ganancia de calor radiante del sol, por lo cual reduce la asimilación de calor del componente constructivo. También puede ser colocada en la cara externa antes del acabado final exterior.

Su utilización debe ser evaluada técnica y económicamente, debido a que en pruebas de laboratorio los efectos han sido interesantes y efectivos, pero en ciertas condiciones los resultados son poco duraderos por la vertiginosa oxidación del metal que hace aumentar rápidamente su coeficiente de radiación.

Mejore el funcionamiento de las cámaras de aire no ventiladas con barreras aislantes

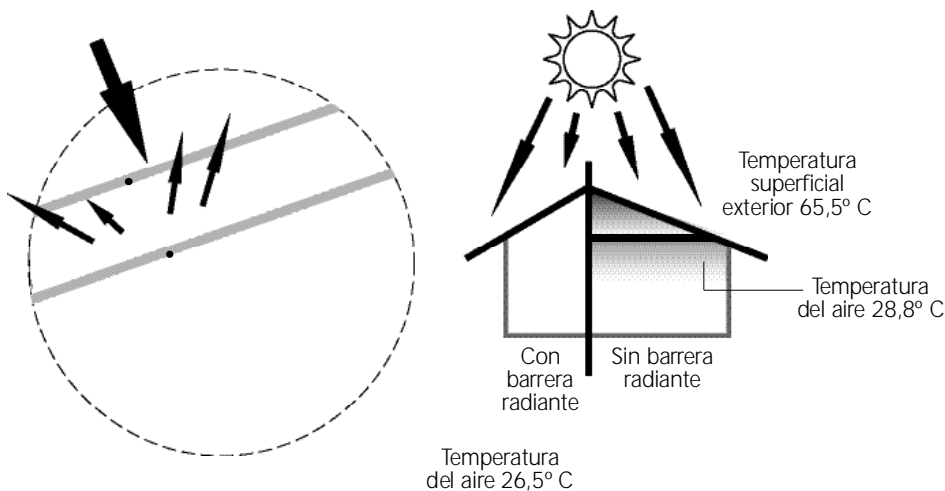


Figura 59 **Detalle de barreras radiantes en techos**

Evite el uso de techos o cerramientos horizontales de vidrio expuestos al sol

En el trópico, los techos de vidrio deben utilizarse con criterios adecuados, ya que los grandes aportes de calor al interior pueden opacar los beneficios por iluminación y calidad espacial.

En el caso de acondicionamiento pasivo se pueden utilizar techos translúcidos, combinados con una adecuada ventilación natural que permita evacuar las ganancias de calor al exterior.



Figura 60 **Ejemplo de techo translúcido combinado con ventilación y vegetación**

Para el acondicionamiento activo no es aconsejable utilizar cerramientos de techo de vidrio expuestos directamente al sol. Las propiedades termofísicas de este material permiten una gran transmisión de calor directo (ver *Ventanas*, pág. 77) por lo que requeriría una gran demanda de potencia del sistema de aire acondicionado.

Actualmente se utilizan técnicas como la quinta fachada, que no son más que techos transparentes pero permeables a la ventilación que arrojan otros techos opacos o translúcidos y que, eventualmente, tienen mecanismos para abrirse o cerrarse.

La vegetación absorbe la radiación solar, aísla térmicamente y sombrea los cerramientos de la envolvente, por lo cual, al colocarse sobre los techos, produce ambientes de una gran calidad térmica. Sin embargo, al representar una sobrecarga a la estructura portante se deberá evaluar económica y técnicamente su aplicación. Se recomienda principalmente para corredores, accesos, galerías, caminerías exteriores y garajes.

Utilice techos con vegetación



Figura 61 **Uso de la vegetación en los techos**



Figura 62 **Ejemplo de uso de vegetación en techos**
Caracas, Museo de Arte Contemporáneo Sofía Imber (MACCSI), Parque Central. Arq. Siso y Shaw Asociados.
Fuente: *Libro Anuario de arquitectura Venezuela*, Tomo 2.

Integre todas las estrategias de techo para el acondicionamiento pasivo

Usar una combinación o todas las estrategias de techo permite lograr ambientes interiores más confortables. Al utilizar materiales aislantes y técnicas de diseño indicadas para los techos se reduce la ganancia de calor y también puede reducirse o eliminarse la necesidad de sistemas de aire acondicionado.

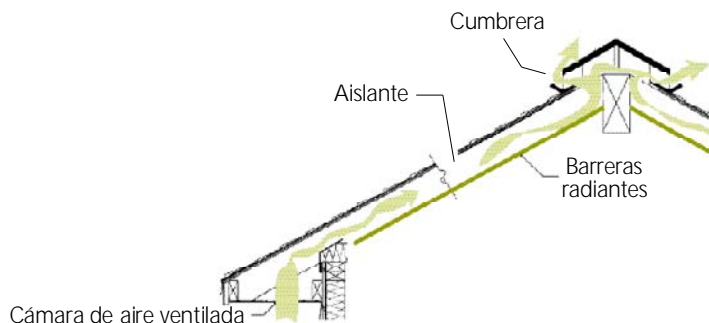


Figura 63 **Integrando estrategias de diseño en los techos**

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Promueva la ventilación natural alrededor del techo o a través de aberturas

La circulación del aire por las superficies exteriores e interiores del techo estimula las pérdidas de calor por convección. Una ventilación suficiente se alcanza frecuentemente a través de espacios de aire a lo largo de las cumbreras o con aberturas a ras del techo.

En la figura de la izquierda hay una efectiva ventilación natural que permite la evacuación del calor solar acumulado por los cerramientos hacia el exterior. En el otro caso la ventilación es ineficiente.

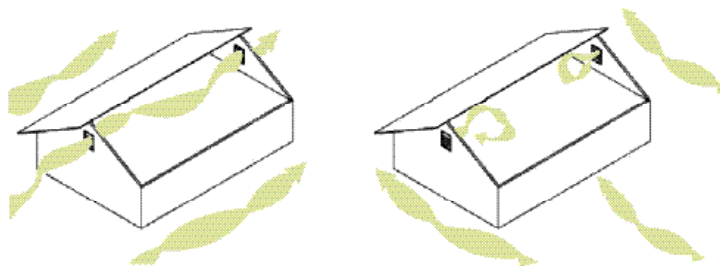


Figura 64 **Ejemplos de ventilación natural alrededor del techo**

Las aberturas podrán ser para entrada de aire a la edificación o para salida de éste desde los ambientes al exterior, permitiendo así la ventilación transversal (ver **Aprovechamiento de la ventilación natural**, pág. 17). Ahora bien, la ubicación de la abertura en techo, respecto a la volumetría y distribución interior, será clave para aumentar la eficiencia de la ventilación natural, tal como se demuestra en la siguiente figura.

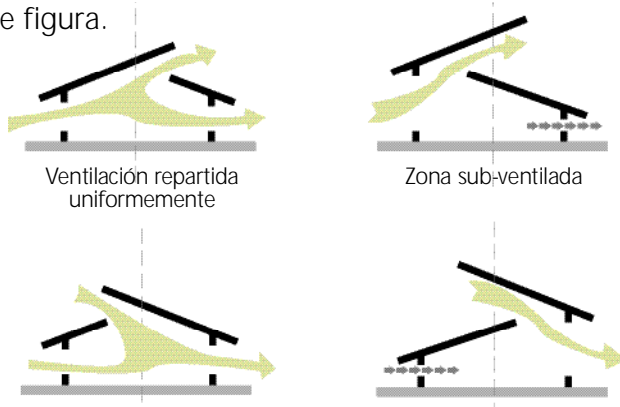


Figura 65 Influencia de la ubicación de las aberturas en techos

Fuente: Basado en CSTB. *Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat Tropical-Humide.*

Ubique aberturas en techos perpendiculares a la incidencia del viento, con esto logrará una ventilación natural más efectiva para los ambientes interiores

CONTROL DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

A través de aberturas en techo se pueden iluminar en forma natural los ambientes interiores. Se deben controlar las ganancias de calor con las propiedades termofísicas de los vidrios. Para aumentar la eficiencia de la iluminación natural se pueden utilizar superficies reflectivas, tal como se muestra en la figura.

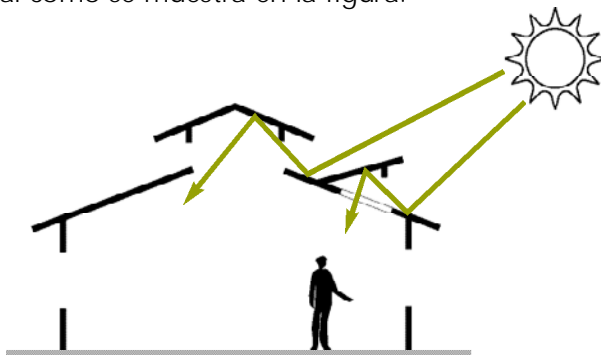


Figura 66 Aprovechamiento de la iluminación natural a través de aberturas en techo

Promueva la iluminación natural a través de aberturas en techo

Utilice claraboyas o cúpulas para iluminación cenital, controlando las ganancias de calor

Las claraboyas o cúpulas de techo pueden ser una vía para brindar iluminación natural al interior de los ambientes. Sin embargo, en el trópico estos dispositivos pueden ser causa de una gran ganancia de calor y de luz deslumbrante. Existen diferentes tipos de cúpulas que permiten minimizar estos efectos.

Las cúpulas de iluminación con dispositivos para ventilación permiten minimizar las ganancias de calor al contribuir a evacuar el aire caliente. Sólo deben ser utilizadas en caso de acondicionamiento pasivo de ambientes interiores. Para que funcionen adecuadamente, la instalación de la cúpula debe ser ubicada de forma tal que la brisas del viento contribuyan al movimiento del aire interior, evacuando el aire caliente hacia el exterior, tal como se muestra en la siguiente figura.

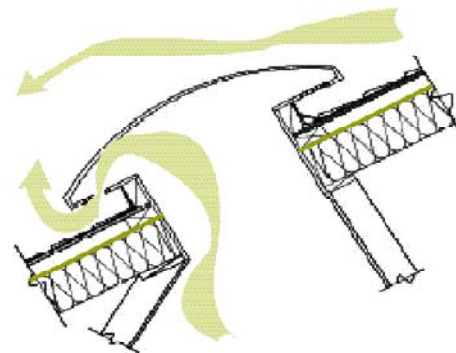


Figura 67 **Ubicación respecto al viento de cúpula para iluminación y ventilación**

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

Cuando utilice vidrios, seleccione un coeficiente de ganancia solar SHGC de 0.5 o menor. El SHGC mide la cantidad de calor admitida por el vidrio según sus propiedades termofísicas (ver *Ventanas*, pág. 84). Para disminuir el encandilamiento se ha incorporado el uso de materiales translúcidos, difusores y plásticos blancos. Otra opción para reducir el encandilamiento es reflejar y producir luz difusa utilizando deflectores o pantallas con espejos, tal como se indica en la figura.



Figura 68 Opciones de cúpulas cenitales con difusores y espejos

Evite el sobrecalentamiento y el deslumbramiento a través de claraboyas y cúpulas de techo expuestas al sol. Para ello seleccione el vidrio apropiado y limite el área de las mismas

Se han desarrollado tecnologías basadas en los principios físicos de reflexión y transmisión de la luz (ver *Control de iluminación natural*, pág. 19). Estas tecnologías se acoplan al proyecto arquitectónico para dirigir y hacer más eficiente la iluminación, o para proveer de luz natural ambientes interiores sin ventanas hacia el exterior.



Figura 69 Ejemplo de iluminación natural a través de ductos

Utilice ductos de iluminación en techos para iluminar de forma natural ambientes interiores

Las paredes están expuestas a altos niveles de radiación solar, con mayor influencia en el caso de edificaciones de gran altura. Las fachadas este y oeste pueden tener ganancias de calor de hasta 3000 w/m²/día, al percibir en forma perpendicular los rayos solares durante una buena parte del día. Parte de la ganancia de calor es absorbida por los componentes opacos y reirradiada a los ambientes interiores.

Las técnicas utilizadas para controlar el acceso de calor a través de las paredes deben darle prioridad a la orientación, a los elementos de protección solar y a los materiales constructivos. Estas acciones concebidas en forma coherente podrán garantizar una buena calidad térmica en el caso de acondicionamiento pasivo, y un uso racional de la energía cuando se empleen sistemas de aire acondicionado.

MITIGACIÓN DE LAS CARGAS DE CALOR SOLAR

Proteja las paredes con elementos de paisajismo

La vegetación colocada en elementos verticales absorbe la radiación solar y sombrea los cerramientos. Al mismo tiempo refresca el aire que circunda la envolvente, mediante la transpiración del vapor de agua.



Figura 70 **Ejemplo de uso de mata enredadera en cerramientos verticales**

Fuente: Landscaping for Energy Efficiency FD OE/GO 10095-046-FS 220-abril 1995.

En algunos casos los elementos estructurales y/o volumétricos tales como balcones, techos, galerías, atrios, corredores, pantallas y columnas pueden concebirse para actuar adicionalmente como protectores solares, al proyectar sombra sobre las fachadas.



Figura 71 Gran atrio central que tamiza el calor y la luz en fachadas

Edificio Procter & Gamble, Caracas. Arqts. Diqez, González y Rivas.



Fotografías: Siem - Sosa

Figura 72 Mitigación de las ganancias solares con proyección del techo sobre paredes y galería de acceso

Edif. Centro Rio de Janeiro. Av. Rio de Janeiro. Caracas.

Proteja las paredes exteriores de la radiación solar destacando elementos estructurales y/o volumétricos

Una estrategia para disminuir las cargas de enfriamiento en edificios de oficinas es el uso de doble fachada, una exterior permeable al aire y que filtre el sol al cerramiento interior de vidrio. Otra técnica es el uso de elementos permeables en áreas de circulación y acceso de manera que ventilen en forma natural, mientras el resto de los espacios funcionan con aire acondicionado, racionalizando de esta manera el uso de la energía eléctrica.

Utilice elementos permeables en fachadas para disminuir las cargas de enfriamiento



Figura 73 Uso de bloques calados para permitir la ventilación natural en ciertas áreas

Edificio sede de La General de Seguros, Caracas. Diqez, González y Rivas Arquitectos. Fuente: *Guía de edificaciones contemporáneas en Venezuela*, Caracas. Parte I.



Fotografía: Laura Morales

Figura 74 Combinación de acondicionamiento pasivo y activo mediante fachada permeable

Urbanización Prados del Este, Caracas.

Utilice acabados finales de paredes de alta reflectancia

Los tonos y materiales oscuros absorben mayor cantidad de calor, por lo cual el revestimiento exterior de las paredes debe ser de una alta reflectancia. Para lograr esto, las pinturas blancas son las más recomendables, pues reflejan entre un 70% y 80% de la radiación solar incidente. Si se requiere combinar materiales o tonos de colores oscuros, úselos en los elementos menos expuestos al sol o aislados térmicamente del exterior, ya sea en corredores, atrios o galerías.



Figura 75 Los colores claros en paredes permiten rechazar parte del calor incidente

Las propiedades de reflectancia y absorción para diferentes materiales y acabados de paredes se indican en la tabla a continuación:

Material de paredes	Reflectancia %	Absortancia %
Ladrillo rojo	12	88
Madera lisa	22	80
Concreto	35	65
Hoja de aluminio pulido reflectora	88	12
Pintura negra	5	95
Pintura gris oscura	9	91
Pintura marrón media	16	84
Pintura blanca semi-brillante	43	57
Pintura blanca brillante	75	25

Tabla 7 Datos de reflectancia y absorción para diferentes materiales y pinturas de paredes

La inercia térmica es la capacidad de un componente para almacenar calor, amortiguar su efecto y transmitirlo con desfase hacia el interior de los ambientes; puede expresarse como débil, media y fuerte (ver **Mitigación de las cargas de calor solar**, pág. 15). La selección adecuada de los componentes deberá tomar en cuenta la orientación, el horario de uso de la edificación y el tipo de acondicionamiento. Por ejemplo, una pared de inercia fuerte, caracterizada por elevada resistencia y gran capacidad calorífica, transmitirá la máxima temperatura al interior con un tiempo de retardo de 8 a 10 horas, con una importante amortiguación de la temperatura externa; mientras que una pared de inercia débil, de baja resistencia y poca capacidad calorífica producirá una temperatura interna máxima muy cercana a la temperatura exterior con un desfase de aproximadamente 2 horas.

Seleccione la inercia térmica en función del tipo de acondicionamiento y del horario de ocupación de la edificación

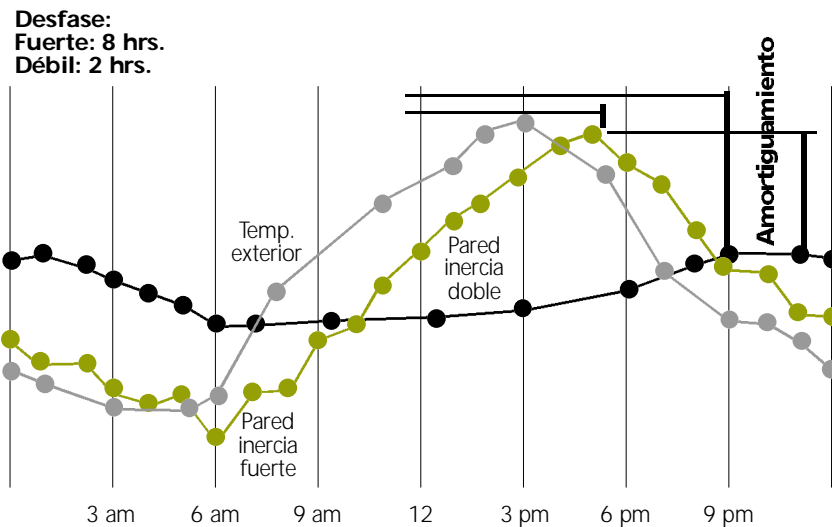


Gráfico 10 **Esquema del mecanismo de inercia en paredes**

Composición (desde el ext. hacia el int.)	Espesor (cm)	Coefficiente de amortiguamiento	Desfase (horas)
Friso	2,5	0,10	8 h
Bloque hueco			
Terracota	10		
Friso	2,5		
Adobe	15	0,073	10 h
Cámara de aire			
Adobe	15		
Concreto	15	0,30	4 h 40 min
Concreto	20	0,20	6 h
Madera	10	0,23	5 h 40 min
Madera	15	0,11	8 h

Tabla 8 Datos de propiedades termofísicas de materiales y componentes de techo

Según el mecanismo de inercia térmica, un diseño adecuado deberá seguir las siguientes reglas básicas:

Acondicionamiento pasivo

- En edificaciones de uso diurno y nocturno tales como residencias, es aconsejable utilizar paredes con inercia débil o media, que no acumulen calor en el día y de poco desfase, de forma que no se traslade la onda de calor para las horas de la noche cuando los usuarios estén descansado.
- En edificaciones de uso diurno tales como escuelas, es aconsejable utilizar paredes con inercia media o fuerte, de manera que acumulen calor en el día y retarden la onda de calor para las horas de la noche, cuando se evacuará con la ayuda del movimiento del aire y por reirradiación al cielo.

Acondicionamiento activo

- En edificaciones de uso diurno tales como comercios y oficinas es aconsejable utilizar paredes con inercia media a fuerte, de forma que se amortigüe el comportamiento de la curva de temperatura interior y se traslade el pico de la onda de calor hacia la noche, cuando el edificio está desocupado. Una estrategia básica complementaria para este caso es la ventilación natural nocturna.



Figura 76 Ejemplo de diseño y materiales constructivos adecuados para el acondicionamiento activo en el trópico

Fuente: Hawaii in Design.

Los materiales aislantes presentan propiedades termofísicas de baja capacidad calórica y alta resistencia térmica. En paredes con alta insolación se puede amortiguar la temperatura interior utilizando 2 o 3 cm de aislantes en la cara exterior antes del acabado exterior, como se muestra en la siguiente figura:

Utilice materiales aislantes y/o barreras aislantes en paredes opacas expuestas al sol

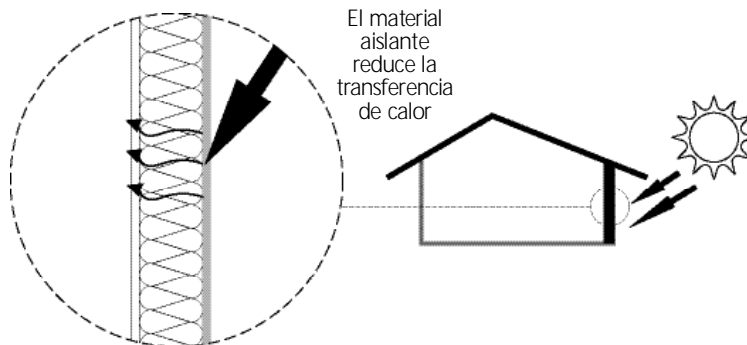
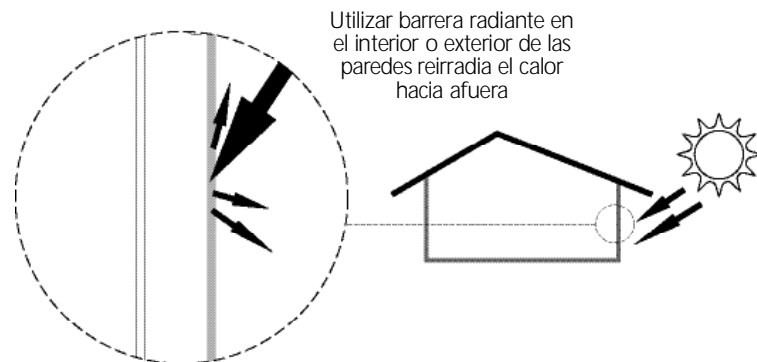


Figura 77 Detalle de pared con material aislante

Fuente: Basado en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

Utilizar barrera radiante contribuye a reirradiar el calor hacia fuera en paredes con alta insolación. Consiste en la colocación de una lámina liviana metálica con bajo poder de emisión y elevado poder reflector (por ejemplo, una hoja de aluminio) en la cara exterior, antes del acabado final. Esta solución debe ser evaluada técnicamente, debido a que en ciertas condiciones la vertiginosa oxidación del metal produce una rápida disminución de su propiedad de reflector de la radiación solar.



Utilizar barrera radiante en el interior o exterior de las paredes reirradia el calor hacia afuera

Figura 78 **Detalle de pared con barrera radiante**

Racionalice el uso de fachadas de vidrio (*curtain wall*) sobre todo en las orientaciones este-oeste

Las fachadas de vidrios son tecnologías muy costosas y deben ser utilizadas racionalmente en climas cálidos. Dependiendo de la tecnología de vidrio, éste puede dejar pasar o absorber una gran cantidad del calor incidente del sol y reirradiarlo hacia el interior (ver Ventanas, pág. 77). Debería ser utilizado sólo en fachadas norte y eventualmente en fachadas sur. Su uso indiscriminado y sin protecciones solares no es adecuado para países tropicales; provoca altos costos energéticos y económicos por instalación, uso y mantenimiento de equipos de aire acondicionado.

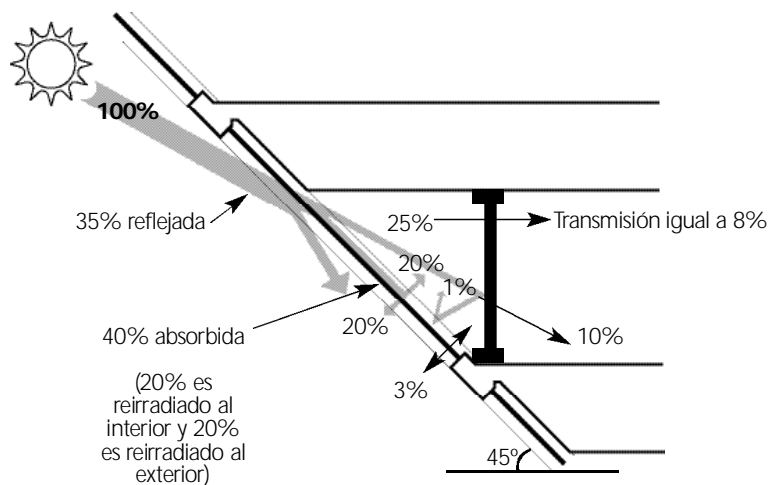


Figura 79 **Ejemplo de sistema estructural realizado enteramente en fachadas de vidrio, tecnología adecuada para climas templados**

Fuente: www.cistaledo.com

Al inclinar los vidrios se atenúa notablemente las irradiaciones solares transmitidas por los cristales. Con ángulos de inclinación de 15° respecto a la vertical (hacia adentro), se obtiene una reducción de las ganancias solares del 14% para ventanas en fachada norte, 28% para orientación este-oeste y 32% para vidrios al sur (Nedianni, 1997). Para obtener atenuaciones del 50% en las fachadas más críticas (este-oeste), se podrían diseñar fachadas de vidrio (*curtain wall*) con ángulos de 35° respecto a la vertical (135° de la horizontal).

Varíe el ángulo de inclinación de las fachadas de vidrio (*curtain wall*) para reducir la irradiación admitida de calor



Fotografía: Siem - Sosa

Figura 80 Ejemplo arquitectónico de la inclinación de fachadas
Edificio Mirador del Campo de Carabobo, Edo. Carabobo.

Utilice la doble fachada de vidrio ventilada para disminuir las ganancias de calor y exigir menos energía del sistema de aire acondicionado

Entre las innovaciones para reducir la ganancias de calor al interior a través fachadas de vidrio se encuentra el doble vidrio convectivo. Sistema de enfriamiento pasivo que se combina adecuadamente con los sistemas de acondicionamiento activo para disminuir la potencia y el consumo de energía del aire acondicionado. Consiste en una fachada doble de vidrios ventilada por la parte inferior y superior (como muestra la figura); esto permite que flujos convectivos de aire ascendentes se lleven parte del calor reirradiado.

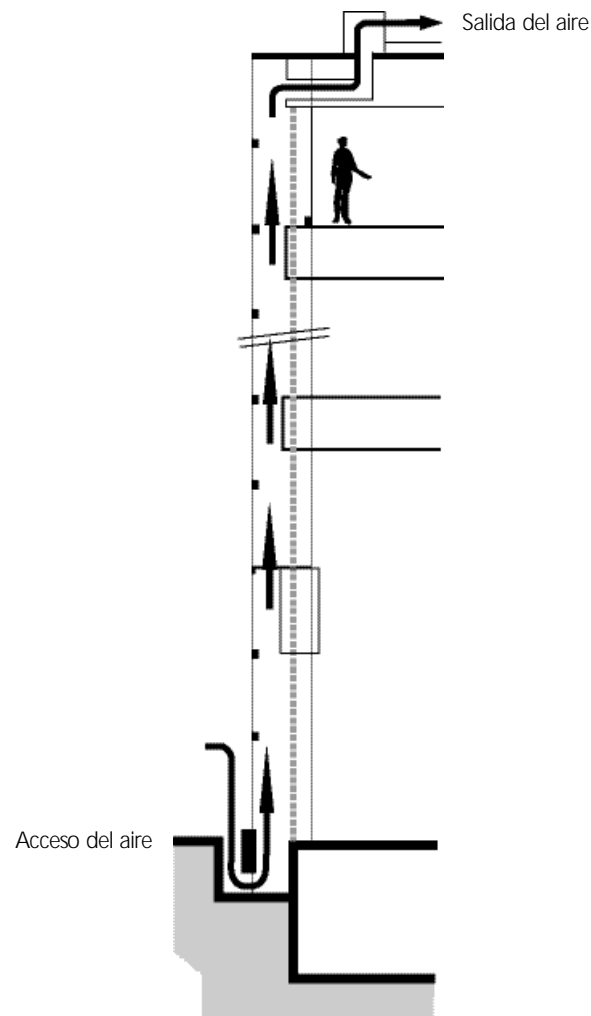


Figura 81 Esquema de doble fachada ventilada

APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Los cerramientos exteriores verticales (bloques de ventilación, celosías, enrejillados, calados, etc.) favorecen la ventilación natural de los ambientes interiores y permiten el paso controlado de la iluminación natural.



Fotografía: Siem - Sosa

Figura 82 Combinación de fachadas y cerramientos exteriores permeables

Edificio Residencial Alta Florida, Caracas.

Utilice fachadas permeables para estimular la ventilación natural

CONTROL DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Los ambientes interiores pueden ser iluminados naturalmente a través de componentes translúcidos y/o permeables en fachadas tales como ventanas, vitrales, aberturas, bloques de vidrios y calados. De esta manera se producen espacios de mayor calidad lumínica y se logra mayor racionalidad energética al combinar luz natural y artificial.



Figura 83 Elemento translúcido en fachada

Vitral, UCV. Arq. Carlos Raúl Villanueva.

Promueva entradas de luz natural a través de las fachadas

Para la ubicación de estos elementos en la envolvente deben considerarse las recomendaciones de orientación y protección solar, de forma tal que las ganancias de calor a través de ellos no eleven inadecuadamente la temperatura del aire interior (ver *Ventanas*, pág. 77).

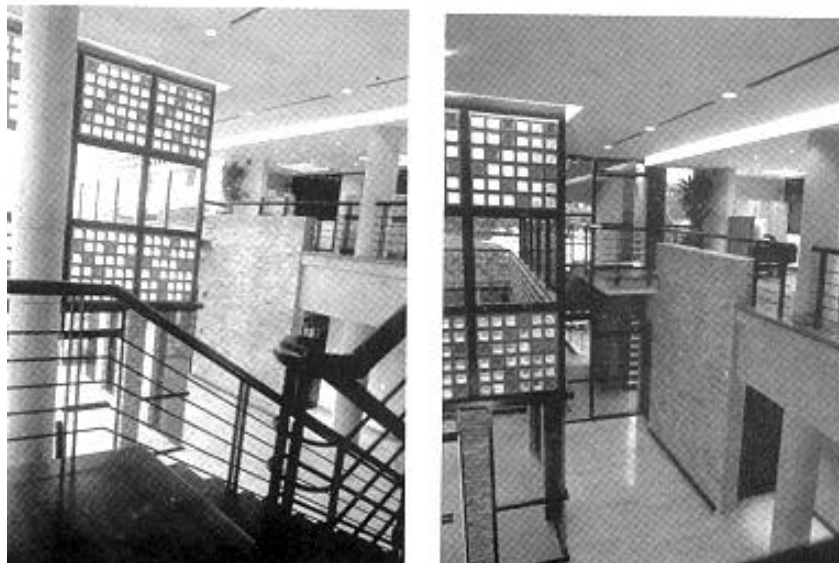


Figura 84 Fachadas translúcidas

Sede de Bodegas Pomar. Arq. Carlos A. Remers Fuente: Revista *Entre Rayas*, N° 26, Sept. 98.

Las ventanas y otras aberturas ofrecen vista al paisaje y permiten el paso de luz y ventilación natural. En contraposición, la luz solar con entrada directa a través de las ventanas puede representar una alta ganancia de calor hacia el interior de los ambientes. Esto puede significar más de la mitad de las cargas de energía de enfriamiento en una edificación con aire acondicionado.

Las técnicas de mitigación de las ganancias solares relacionadas con el sombreado, ubicación y orientación de las aberturas o ventanas y con la calidad de los vidrios, deberán estar en armonía con las decisiones de implantación y distribución de los espacios interiores. El uso de estas estrategias, o la combinación de ellas, es la forma más efectiva de alcanzar el confort térmico y lumínico en forma natural, o de reducir significativamente el consumo de energía del sistema de aire acondicionado.

MITIGACIÓN DE LAS CARGAS DE CALOR SOLAR

La radiación solar que entra a través de una ventana sin protecciones solares respresenta un gran aporte calorífico a los ambientes. Esta radiación es espectralmente muy cercana a la radiación infrarroja, por lo que este calor podría aumentar muy por encima la temperatura interior respecto a la temperatura del aire exterior, debido al denominado efecto invernadero. Los vidrios simples de las ventanas son transparentes a la radiación infrarroja (RI) de onda corta, por lo que ésta es absorbida y reirradiada entre las superficies y objetos interiores en forma de radiación infrarroja (RI) de onda larga. El vidrio resulta opaco para la radiación de onda larga, por lo cual este calor radiante quedará atrapado dentro del ambiente. Este es el mismo proceso de generación de calor que ocurre cuando se deja un carro expuesto al sol con los vidrios cerrados.

Limite el uso de ventanas y fachadas de vidrios claros simples sin protección solar en orientación este y oeste

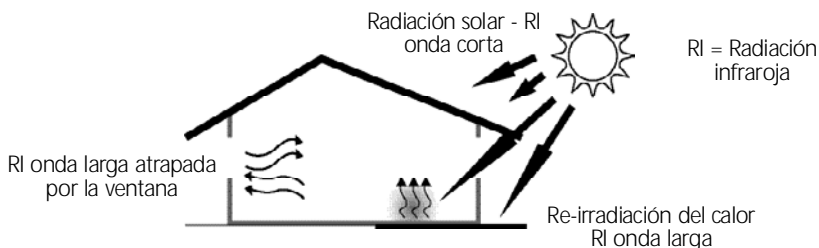


Figura 85 Esquema del efecto invernadero

Fuente: Elaboración propia en base a datos en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawai Home*.

Según las características del vidrio, la radiación solar que llega a una ventana es reflejada, transmitida y/o absorbida, y luego re-irradiada. El vidrio simple claro transmite más del 80% de la radiación incidente.

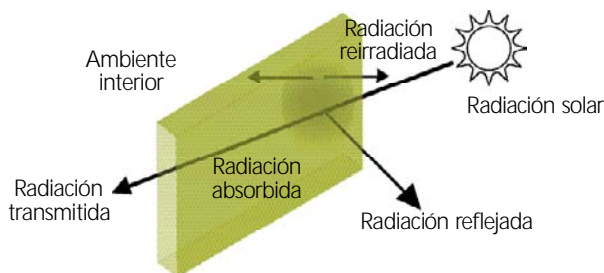


Figura 86 **Comportamiento térmico del vidrio**

El área total de las aberturas con vidrios afectará de manera determinante la cantidad de luz y calor solar transmitidos hacia el interior de las edificaciones. La mejor técnica para favorecer la calidad térmica y lumínica de los ambientes –y para reducir la carga de enfriamiento del sistema de acondicionamiento activo– es proteger las ventanas y fachadas de vidrios de la radiación solar. Se debe limitar el área de ventanas y vidrios sin parasoles, especialmente en las fachadas este y oeste; otra opción puede ser utilizar cristales de alta tecnología.

Utilice protectores solares exteriores en ventanas

Los protectores solares exteriores son el método más efectivo para reducir las ganancias de calor a través de las aberturas y ventanas. Esta reducción puede estimarse hasta en 80% en el caso de ventanas con vidrios claros simples (ASHRAE 1989).

Los protectores solares deben adaptarse a la latitud del sitio, es decir, a la trayectoria y ángulo solar a lo largo del año, así como a la orientación de las ventanas en cada fachada. Estos factores definirán el tipo de protector solar más conveniente; los parasoles fijos más utilizados son horizontales, verticales y frontales.

Las protecciones horizontales y los aleros de techo funcionan bien para ventanas y aberturas en fachadas norte y sur. En la orientación sur y para la latitud de Venezuela, el alero horizontal debe ser mas largo, tal como se indica en la figura. Para ángulos elevados de incidencia del sol, es decir, a las horas del

mediodía, las protecciones horizontales protegen para todas las orientaciones.

La figura que se presenta a continuación representa un ejemplo práctico para calcular –según la ruta solar de la ciudad de Caracas– aleros como protectores solares horizontales en fachadas norte y sur, para bloquear así elevados ángulos de incidencia solar (1:00 pm).

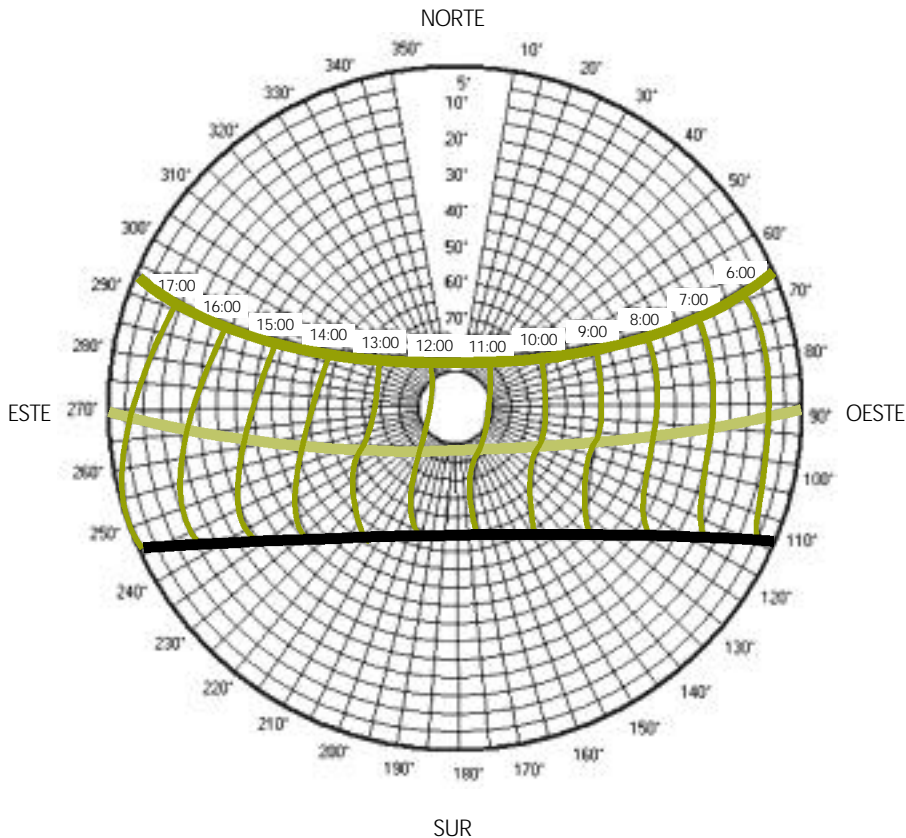


Figura 87 Localización: Caracas • Latitud: 10,6° N • Longitud: 67,0° Este • Hora: 2:00 pm
Junio 21 • Marzo 21 • Septiembre 21 • Enero 1 • Diciembre 31 • Diciembre 21
Fuente: Elaboración propia en base al software Programa IES, Sunpath.

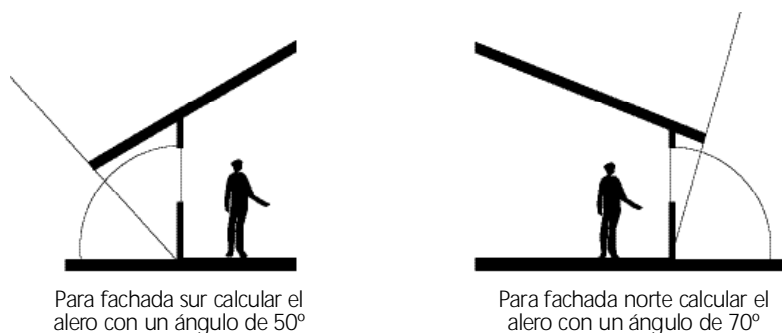


Figura 88 **Detalle de aleros y/o protecciones horizontales en fachadas sur y norte**

Para ángulos bajos de incidencia del sol, es decir, en las horas del sol poniente al este y al ocaso en el oeste, los protectores solares verticales y frontales son adecuados para ventanas en fachadas este, oeste, noreste, noroeste, sureste y suroeste.



Figura 89 **Detalle de planta e isometría de protector solar vertical para bloquear ángulos bajos del sol en fachadas este y oeste**

El diseño y dimensionamiento preciso de los protectores solares deberá tomar en cuenta la latitud del lugar, la orientación y la altura de la ventana. Existen programas de simulación para evaluar la eficiencia de los protectores en el bloqueo solar y en la disminución de las cargas de enfriamiento en el caso de acondicionamiento activo. En la tabla que aparece a continuación se muestra la eficiencia de protectores solares tipo según la posición del sol y la orientación de la fachada.

recomendaciones de diseño arquitectónico

VENTANAS Y OTRAS ABERTURAS

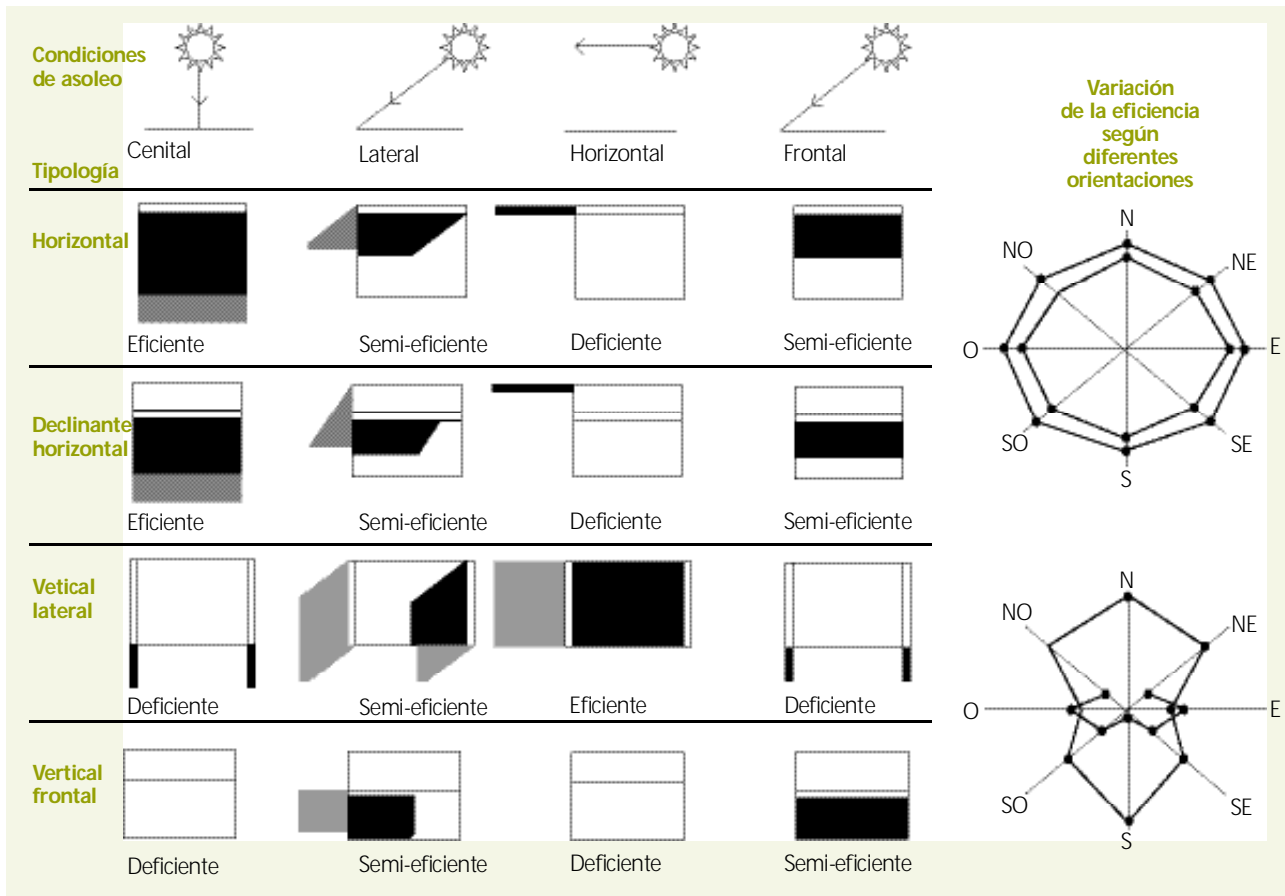


Tabla 9 Eficiencia de protectores solares tipo según la posición del sol y la orientación de la fachada

Fuente: Recomendaciones para mejorar la calidad térmica de las edificaciones. Comisión para el mejoramiento de la calidad térmica de las edificaciones y el espacio urbano. Maracaibo, 1999.

Una buena solución para el trópico, en donde el sol es fuerte todo el año y lo que varía es el ángulo de incidencia, son los parasoles solares móviles exteriores. Éstos presentan mecanismos de adaptación, por lo cual se pueden ir ajustando a las necesidades de protección solar en las diferentes épocas del año. En la siguiente figura se presenta un ejemplo de parasol móvil que además de proteger de la incidencia del sol favorece la ventilación natural, esto debido a que es de romanillas.



Fotografía: Siem - Sosa

Figuras 90 y 91 **Detalle de protecciones solares ajustables en fachada este**

Edificio de Ingeniería Sanitaria UCV. Arq. Carlos Raúl Villanueva

Instale toldos, romanillas o persianas exteriores en ventanas expuestas al sol

Los protectores solares fijos en ventanas son elementos que requieren una importante inversión económica inicial, por lo cual en muchos casos se descarta su aplicación. Sin embargo, es recomendable realizar una evaluación técnica y económica, debido a que este tipo de protectores reporta altos beneficios en la calidad térmica de los ambientes y en la disminución de la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado.

Para las ventanas expuestas al sol se puede disponer de elementos individuales de protección solar ligeros, como toldos, estructuras tensibles, romanillas o persianas exteriores, los cuales permiten controlar –a requerimiento de la ocupación del espacio– la cantidad de luz solar con entrada directa hacia el interior de los espacios; además, estos elementos reducen las ganancias de calor interno.

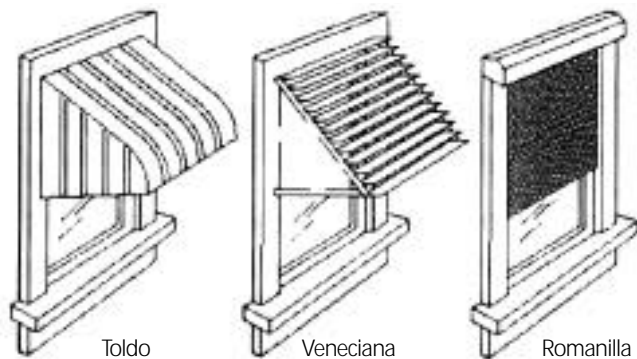


Figura 92 **El sistema estructural todo realizado enteramente en fachadas de vidrio, tecnología adecuada para climas templados**

Fuente: Basado en Cooling your Home Naturally - Energy Efficiency and Renewable Energy.

Arreglos interiores en ventanas –tales como cortinas, persianas, mallas y pantallas– reducen las ganancias de calor al disminuir la cantidad de luz solar directa hacia el interior de los espacios. Sin embargo, estos elementos no trabajan tan eficientemente como las protecciones exteriores, debido a que el aire que circula entre el vidrio y el protector se calienta y, eventualmente, se transmite al interior del ambiente.

Instale protecciones solares interiores en ventanas expuestas al sol

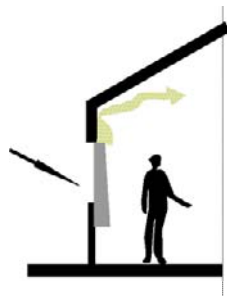


Figura 93 **Esquema del comportamiento térmico del calor en una ventana con cortina**

Adicionalmente, las protecciones interiores pueden reducir la temperatura interior, pues evitan el contacto de los rayos solares con los materiales de elevada masa térmica, tales como los pisos de concreto. Las protecciones solares interiores protegen los muebles de la radiación directa.

Emplee cristales de alto rendimiento en ventanas expuestas al sol y en fachadas de vidrio (curtain wall)

La radiación solar que penetra a través de ventanas o de fachadas de vidrio aporta luz y calor. La luz visible admitida a través de una ventana se registra por el Coeficiente de Transmisión de Luz Natural **VLTC** (*Visible Light Transmisión Coefficient*). Un valor alto de **VLTC** representa una alta transmisión de luz.

La ganancia de calor solar admitida a través de una ventana es medida por el Coeficiente de Ganancia de Calor Solar **SHGC** (*Solar Heat Gain Coefficient*) que incluye la cantidad de calor transmitido y absorbido por el vidrio. Un valor bajo de **SHGC** representa una menor ganancia de calor.

Los cristales de alto rendimiento o espectralmente selectivos reducen la cantidad de calor transmitido a través de las ventanas, a la vez que permite el paso de altos niveles de luz visible. De esta manera puede reducirse la necesidad de energía para enfriamiento y, al mismo tiempo, se reducen las necesidades de luz eléctrica. Adicionalmente, este tipo de cristales reduce el deterioro de los muebles debido a la radiación ultravioleta.

Se han desarrollado vidrios espectralmente selectivos y de baja emisividad (*Low-e*). No todos son adecuados para climas tropicales; algunos sistemas de vidrio (*Low-e*) han sido diseñados para climas templados y funcionan manteniendo los espacios fríos en verano y cálidos en invierno. Para climas tropicales el vidrio debe comportarse como indica la figura:

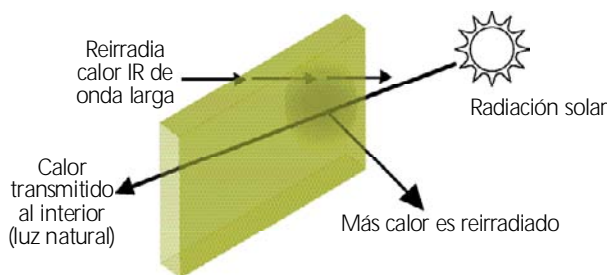


Figura 94 **Comportamiento adecuado de cristales de alto rendimiento en el trópico**

A continuación se presentan algunos indicadores para seleccionar las características termo físicas de vidrios adecuados para el clima de Venezuela:

recomendaciones de diseño arquitectónico

VENTANAS Y OTRAS ABERTURAS

- Un valor bajo de Coeficientes de Ganancia Solar **SHGC** es la propiedad más importante en climas cálidos. Seleccione ventanas con un **SHGC** de 0,40 o menos.
- Seleccione ventanas con un valor alto de Coeficiente de luz visible **VLTC** de 0,7 o más, para maximizar la luz natural y las visuales.
- La tasa de flujo de calor a través de la unidad de área del vidrio (W/m^2 grado C) es otra propiedad que debe considerarse. Un factor U bajo es útil cuando resulta importante mantener el calor fuera, pero es menos importante que el **SGHC** en climas cálidos. Seleccione ventanas, claraboyas y ventanas con un factor U menor a 4,00

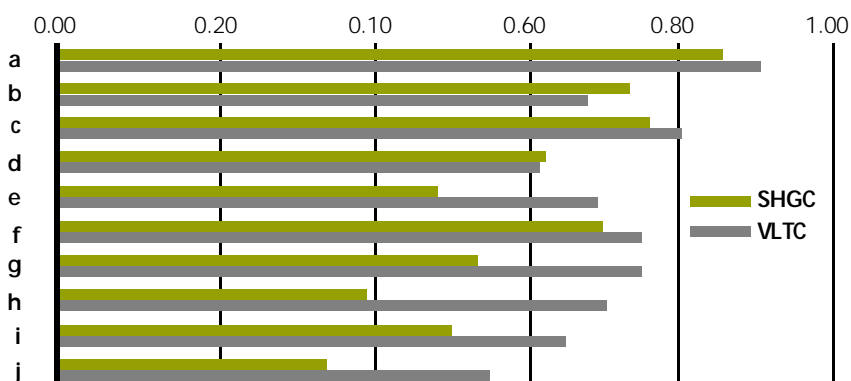


Gráfico 11 Coeficiente de ganancia solar (SHGC) y Coeficiente de transmisión de luz natural (VLTC)

Código	Ventana con vidrio	Características		
		SHGC	VLTC	Factor U
A	Simple claro	0,86	0,9	6,59
B	Simple bronce/gris	0,73	0,68	2,09
C	Doble claro	0,76	0,81	4,48
D	Doble bronce/gris	0,62	0,62	3,41
E	Doble alta tecnología Low E	0,48	0,69	2,04
F	Doble alta ganancia solar Low E	0,71	0,75	1,82
G	Doble moderada ganancia solar Low E	0,53	0,75	
H	Doble baja ganancia solar Low E	0,39	0,7	
I	Triple moderada ganancia solar Low E	0,5	0,65	
J	Triple baja ganancia solar Low E	0,33	0,56	

Tabla 10 Datos de Coeficiente de Transmisión de Luz Natural VLTC (Visible Light Transmision Coefficient) y Coeficiente de Ganancia de Calor Solar SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) para diferentes tipos de vidrios de ventanas

Fuente: Datos de SGHC y VLTC tomados de www.efficientwindows.org/glazing_double.html

Otra tecnología de ventana desarrollada a fin de reducir las ganancias de calor es la de doble cristal con cámara de aire u otro gas, tal como argón. A continuación se indican las propiedades:

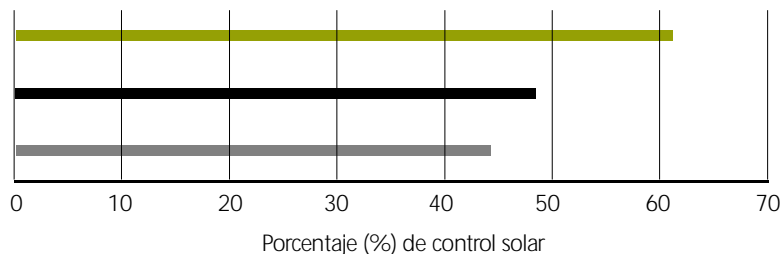
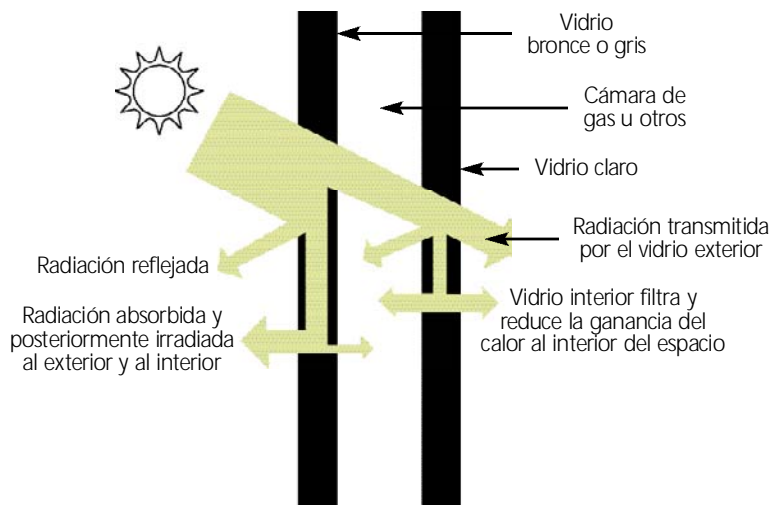


Figura 95, Gráfico 12 Comportamiento térmico de ventana de doble cristal con cámara de gas

Fuente: Datos tomados de www.efficientwindows.org/glazing_double.html

Desafortunadamente, las tecnologías de vidrios espectralmente selectivos y de doble vidrio con gas son muy costosas en Venezuela, sobre todo si se compara con el precio y la eficiencia de vidrios simples con protectores solares exteriores.

Es importante no confundir vidrios espectralmente selectivos y *Low-e* con el color del vidrio. Los vidrios con tinte no reflejan la radiación infrarroja, por el contrario, la absorben. Al absorber la radiación se acumula calor que eventualmente puede ser reirradiado al interior como energía calórica. Algunos tintes oscuros admiten más calor que luz visible. Por ejemplo, un cristal con tinte color gris oscuro puede tener un alto **SHGC** de 0,58 y un bajo **VLTC** de 0,30. Adicionalmente, el color del cristal puede producir ambientes en penumbra y mayor consumo de energía y costos por iluminación. Los vidrios espectralmente selectivos y *Low-e* de colores verdes y azules transmiten mejor la luz solar. A continuación se presentan datos del Coeficiente de Ganancia Solar (**SHGC**) y Coeficiente de Trasmisión de Luz Visible (**VLTC**) para diferentes tipos y colores de cristales.

Seleccione adecuadamente el color de los cristales de fachadas de vidrio y ventanas expuestas al sol

Tipos de vidrios	Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC)	Coeficiente de transmisión de luz natural (VLTC)
Hoja de vidrio simple-estándar		
Claro	0,85	0,90
Bronce	0,72	0,67
Gris	0,68	0,60
Gris Oscuro	0,58	0,30
Hoja de vidrio simple-espectralmente selectivo		
Estándar tinte verde	0,70	0,83
Alta tecnología tinte verde	0,61	0,76
Alta tecnología tinte azul	0,57	0,77
Doble hojas de vidrios		
Claro	0,76	0,81
Estándar Low-e	0,65	0,76
Espectralmente selectivo Low-e	0,38	0,71

Tabla 11 Comparación del comportamiento térmico y lumínico de diferentes tipos y colores de cristales

Fuente: Elaboración propia en base a datos en *Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Home*.

Disminuya la demanda de energía y costos de los sistemas de aire acondicionado con una adecuada orientación y tecnología de las ventanas y/o fachadas de vidrio

El área y la orientación de las ventanas y/o fachadas de vidrios (*curtain wall*), así como la tecnología de los cristales y la presencia o no de protecciones solares, pueden tener un gran impacto en los costos económicos y energéticos de las edificaciones (ver **Instalaciones de aire acondicionado**, pág. 103).

Una técnica tradicional para reducir las ganancias de calor interno y la carga de enfriamiento del sistema de aire acondicionado es aquella por medio de la cual se reduce el área total de superficies de vidrio claro simple sin protección solar, en especial en las orientaciones este y oeste.

En las zonas cálidas –con latitudes similares a la de Venezuela– lo ideal es ubicar la mayor área de ventanas o fachadas de vidrios hacia el norte, donde es mínima la radiación directa, o en el sur, en donde pueden ser diseñadas con protecciones solares horizontales para resguardarlas de la radiación solar que incide de noviembre a marzo. Los parasoles en fachadas este y oeste no protegen todo el año los ángulos de incidencia del sol. En este caso, la mejor técnica es no proponer fachadas de vidrio en las fachadas este y oeste.

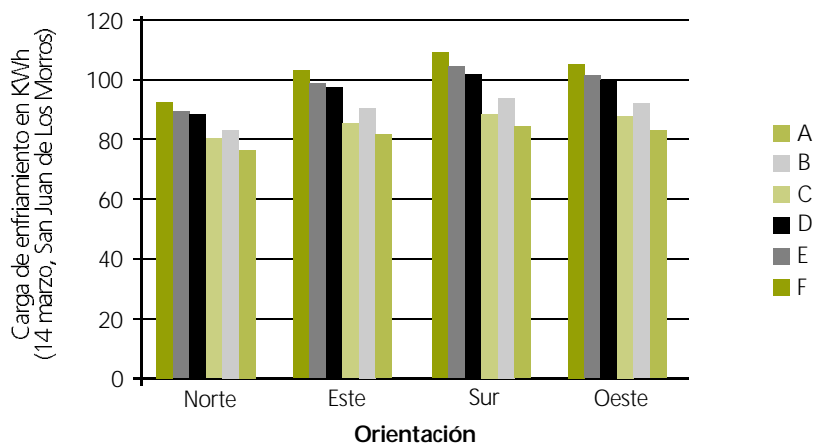
En el cuadro expuesto a continuación se presentan los resultados de una simulación realizada en el sector residencial, que demuestra el efecto en la demanda de la carga por enfriamiento de aire acondicionado para diferentes cristales de ventanas y para diferentes orientaciones de las mismas. Los datos fueron obtenidos con el programa de simulación APACHE para el mes de marzo del año 2003.

Se simuló una casa de construcción convencional de aproximadamente 178 m², de forma rectangular, con áreas de ventanas de 25,5 m² (15% del área del piso) sin protecciones solares. Una de las fachadas largas se dejó ciega, mientras que en la otra se contempló el 10% del área de ventanas. Esta última fachada –la cual constituyó el caso de estudio– se rotó en los cuatro puntos cardinales: norte, sur, este y oeste, modificando sucesivamente los tipos de vidrios. La simulación se realizó para las condiciones climáticas de la ciudad de San Juan de Los Morros, estado Guárico, Venezuela, para el día 14 de marzo a la 1 pm. Los resultados reflejaron:

recomendaciones de diseño arquitectónico

VENTANAS Y OTRAS ABERTURAS

- Disminución en la carga de enfriamiento como resultado de utilizar ventanas con cristales de alta tecnología.
- Influencia de la orientación de la fachada con ventanas en el aumento de las cargas de enfriamiento del sistema de AA (aire acondicionado). Es importante destacar los resultados para la fachada sur que corresponden, por la fecha de la simulación, con la época del año en el cual el sol está inclinado hacia el sur para la latitud de Venezuela.



	Ventana A	Ventana B	Ventana C	Ventana D	Ventana E	Ventana F
Vidrios	Simple Claro	Simple Bronce o Gris	Doble Claro	Doble vidrio Ganancia solar Media	Doble vidrio Ganancia solar Alta	Doble vidrio Ganancia Solar Baja

Gráfico 13, Tabla 12 **Impacto de diferentes cristales y orientaciones de ventanas en la carga de enfriamiento en kw/h**

A continuación se muestra el resultado de simulaciones para demostrar el impacto del área de ventanas y tipos de cristales en los costos anuales del consumo eléctrico. Para ello se aumenta el área cristalizada al doble, es decir 30% del área del piso. Las ventanas se repartieron equitativamente en las cuatro orientaciones (para descartar la influencia de las mismas).

Las ventanas con vidrios simples claros o con tintes grises o bronce presentan un significativo impacto en la carga de enfriamiento cuando se duplica el área de cristales. El análisis indica que el incremento del área cristalizada aumenta el uso de energía en climas cálidos, pero tiene un menor impacto en el consumo cuando se usan cristales de alta tecnología (ejemplo: vidrio doble con baja ganancia solar).

Porcentaje de aumento del costo anual del consumo eléctrico			
30% del área del piso de ventanas	Vidrios claros simple	Vidrios gris o bronce simple	Vidrio doble con baja ganancia solar
	50%	40%	33%

Tabla 13 **Porcentaje de aumento del costo anual de consumo eléctrico al aumentar el área de ventana 30% del área del piso**
Fuente: Elaboración propia, inspirado en el estudio www.efficientwindows.org/orlando_c.html

Estime los costos asociados al sistema de aire acondicionado en función del tipo de protección solar

Un estudio comparativo del porcentaje de reducción de las ganancias de calor interno en el que se aplicaron diferentes técnicas a una ventana fija de vidrio simple claro de 1/4" expuesta al sol, indica los siguientes resultados (ASHRAE: 1989):

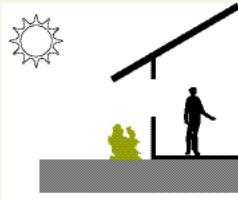
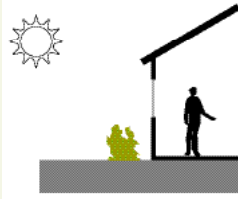
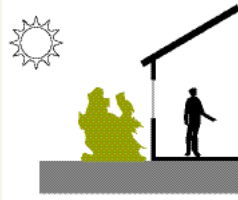
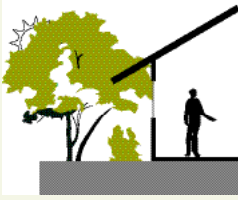
Sistema o técnica	Reducción de la Ganancia Solar vs. una ventana de vidrio claro simple de 1/4"
Protector solar exterior	80 %
Papel o capa reflectiva en vidrio	37 - 68 %
Cristal espectralmente selectivo	37 - 58 %
Cristal de tinte bronce o gris	26 - 37 %
Persiana interior de color claro	30 %
Persiana interior de color medio	22 %
Cortina interior translúcida	54 %
Cortina interior opaca de color blanco	59 %
Cortina interior opaca de color oscuro	15 %

Tabla 14 **Cuadro comparativo de la reducción de la ganancia solar de una ventana de vidrio claro simple al aplicar cristales eficientes y protectores solares**
Fuente: Datos tomados de *ASHRAE Handbook of fundamentals*, 1989.

recomendaciones de diseño arquitectónico

VENTANAS Y OTRAS ABERTURAS

Un criterio importante a tomar en cuenta es el consumo eléctrico requerido para el sistema de aire acondicionado, por cuanto representa los costos de funcionamiento de la edificación a lo largo de su ciclo de vida.

Protector solar	Porcentaje de reducción anual del consumo eléctrico
 <p>Protectores solares horizontales</p>	13%
 <p>Protectores solares interiores</p>	15%
 <p>Protección parcial con vegetación exterior</p>	20%
 <p>Protección solar máxima aleros y vegetación exterior</p>	30%

Nota: El estudio se realizó para una casa típica de 180 mt², con ventanas que representan el 95% del área de piso. Las ventanas se repartieron equitativamente en las 4 fachadas orientadas N, S, E, O.

Tabla 15 Porcentaje de reducción del consumo anual por la presencia de diferentes protectores solares respecto a ventanas con vidrio simple sin protección

Fuente: Elaboración propia en base al estudio www.efficientwindows.org/orlando_c.html

APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Seleccione el tipo de ventana que se adapte mejor a los requerimientos de ventilación e iluminación

La capacidad de renovación del aire de cada modelo de ventana está indicada por el Índice de Eficiencia de Ventilación Natural. Sin embargo, éste no es el único criterio válido de selección, pues deben tomarse en cuenta otras exigencias de diseño, relacionadas con el uso de los espacios, la estética, seguridad, calidad térmica, calidad lumínica, costos de construcción y mantenimiento, además de otros requerimientos particulares del usuario.

En las normas venezolanas se establece para el área de ventana el 15% del área del piso, pero este criterio no es garantía de buena calidad de iluminación, pues dependerá de la ubicación, de las proporciones del espacio habitable, del modelo de ventana y tipo de vidrio. De la misma manera, la ventilación natural no está garantizada puesto que, tal como se muestra en la gráfica, la eficiencia depende tanto del modelo de ventana como de la ubicación y las alturas de las aberturas. Por ejemplo, una ventana tipo corredera presenta una eficiencia para la iluminación natural del 100% del área, en el caso de vidrio simples claros, mientras su eficiencia para la ventilación natural es de aproximadamente un 50% respecto a su área total, por cuanto mantiene un paño fijo.

El modelo de ventana más eficiente para la ventilación natural es el de hojas batientes con un índice de eficiencia de 90%; aunque en Venezuela el modelo de romanillas, de una eficiencia de 75%, resulta más aconsejable por su funcionalidad en caso de lluvias.

En el caso de acondicionamiento activo las ventanas deben asegurar cierre hermético para reducir las infiltraciones; pero al mismo tiempo deben contemplar la posibilidad de su apertura eventual por seguridad y mantenimiento, así como también para efectos de renovación del aire (por razones de higiene) y para entrada de aire natural en el caso de fallas en el sistema de aire acondicionado.

Un buen diseño arquitectónico debe incorporar la selección adecuada de las ventanas, al integrar exigencias de ventilación, iluminación, seguridad y mantenimiento.

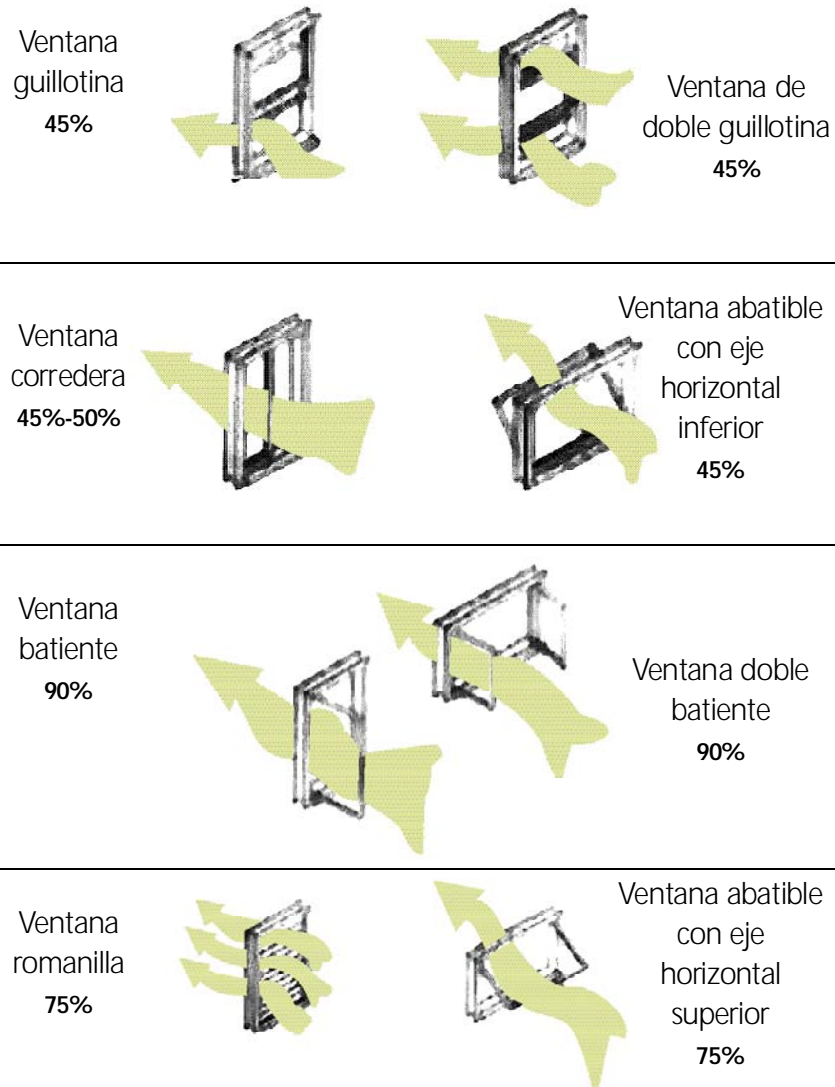


Figura 96 **Índices de efectividad para la ventilación natural de diferentes modelos de ventana**

Fuente: Elaboración propia en base al estudio www.efficientwindows.org/orlando_c.html

Ubique las ventanas de modo que favorezca un adecuado patrón de flujo interno del aire dentro del ambiente

En el caso de ventilación cruzada, la altura de la ventana de entrada definirá el patrón de flujo interno del aire. Ventanas de entrada ubicadas muy altas producen un movimiento del aire muy pobre a nivel del usuario. Sin embargo, una ventana de salida a baja altura no corrige el mal flujo de aire, la ubicación de las ventanas de salida no afectan significativamente el patrón de flujo de aire dentro del ambiente (ver *Ambientes interiores*, pág. 40-42).

Cuando no pueda colocar dos ventanas en paredes opuestas asegure la ventilación cruzada con aberturas en techos o con cerramientos permeables, como puertas con romanillas.

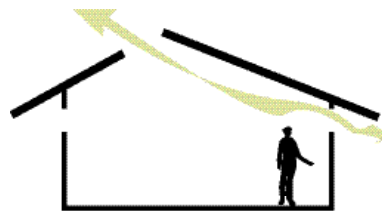


Figura 97

cho.

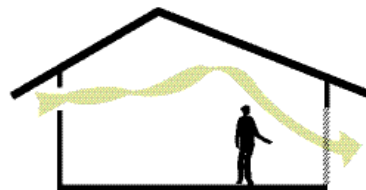


Figura 98 **Asegure la ventilación cruzada con puertas de romanilla.**

En ventanas y aberturas es factible desarrollar diseños innovadores y aerodinámicos que hagan más efectiva la ventilación natural. Se pueden combinar técnicas tales como vidrios fijos con romanillas o celosías, pérgolas verticales y/o bloques calados.

A manera de ejemplo, en la siguiente figura se presenta un diseño innovador de ventana.

Utilice ventanas de diseños innovadores que permitan una mejor ventilación natural

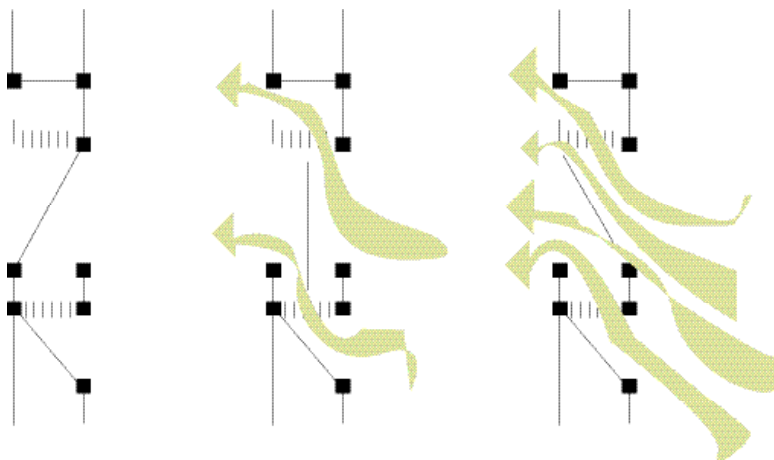


Figura 99 **Detalle de ventana innovadora**

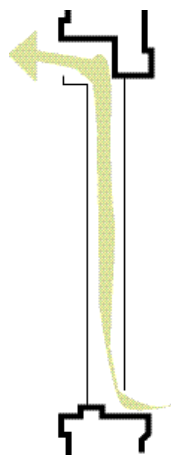


Figura 100 **Detalle de ventana doble vidrio ventilada**

CONTROL DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Emplee bandejas de luz para dirigir convenientemente la iluminación natural hacia el interior

Una bandeja de luz es un reflector horizontal empleado para conducir la luz natural hacia el interior de una edificación, la cual puede además servir como protector solar de ventanas y paredes.

Una bandeja de luz en una ventana reduce las ganancias de calor a través de la sección inferior y permite el paso de la luz reflejada a través de la superior.

Si se integra este concepto al diseño de las instalaciones se logra reducir parcialmente el consumo de energía, debido a la iluminación artificial y al sistema de aire acondicionado de la edificación.



Figura 101 **Ejemplo de bandeja de luz en ventanas**

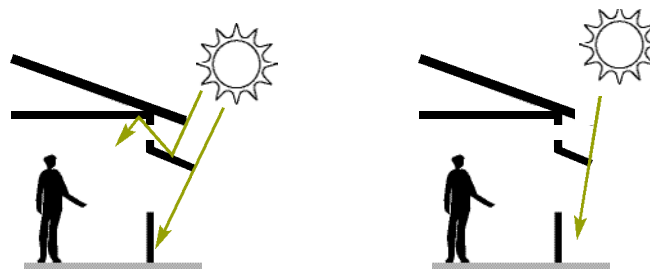


Figura 102 **Detalle de coordinación de aleros y bandejas de luz**

El uso de diversos materiales, elementos y técnicas como cerramientos de ventanas y aberturas en paredes, ofrece muchas posibilidades al diseñador para crear matices y tonalidades de iluminación natural, al tiempo que se respetan las exigencias de habitabilidad. Entre las opciones deben considerarse los bloques de iluminación, vitrales, claraboyas, espejos, etc. Esto –en combinación con el diseño y la ubicación de la abertura en proporción al espacio, y con una estudiada iluminación artificial– produce ambientes confortables y energéticamente eficientes.

Aplique técnicas no tradicionales para cerramientos de ventanas y aberturas, como bloques de iluminación y vitrales para una mayor calidad lumínica de los espacios interiores



Figura 103 **Detalles de bloques de iluminación**



Figura 104 **Ejemplo de cerramientos translúcidos en fachadas**

Sede de Bodegas Pomar. Arq. Carlos A. Reimers.

Fuente: Revista *Entre Rayas* No. 26, Sept. 98.

recomendaciones
de diseño
de instalaciones
y equipos

En Venezuela el diseño arquitectónico de edificaciones ha desatendido el aspecto climático como criterio de diseño. Este factor, erróneamente, es considerado posteriormente, y la solución más expedita a este problema constituye, en la mayoría de los casos, la instalación de potentes sistemas de aire acondicionado que vienen a suplir la carga de enfriamiento (que seguramente hubiera podido ser menor). La omisión del aspecto climático es también común en el diseño arquitectónico de edificaciones en las que no se prevé enfriamiento con aire acondicionado, por lo que el problema de calidad térmica en estos casos queda sin solución.

De la misma forma, ignorar los criterios arquitectónicos destinadas a aprovechar el potencial de la luz natural del cielo para iluminar los espacios, eleva considerablemente la necesidad posterior de iluminar por medio de luz artificial.

Las instalaciones de una edificación no deben ser concebidas como un aditamento ulterior al diseño arquitectónico, sino como parte integral del mismo.

Las instalaciones, tecnologías, mobiliario y equipos no deben ser una solución para remediar un diseño arquitectónico inadecuado a las condiciones ambientales; por el contrario, en el diseño arquitectónico deben estar implícitas las soluciones de instalaciones y equipamientos. De esta forma se logran altos niveles de calidad de vida con eficiencia energética.

El adecuado diseño de los ambientes y de sus instalaciones, y la dotación de mobiliario y equipos adecuados, puede reducir la demanda de energía eléctrica en el hogar y en la oficina, lo cual redundará en niveles apropiados de calidad de vida.

Las paredes interiores y la distribución del mobiliario deben aprovechar las entradas de luz natural a través de ventanas y/o de cerramientos translúcidos como bloques de iluminación, vitrales, etc.

Se recomienda el uso de tabiques y separaciones interiores a media altura. No coloque bibliotecas, archivos u otro mobiliario contra las ventanas y/o translúcidos.

Ubique el mobiliario y tabiques internos para aprovechar la iluminación natural



Figura 105 Ejemplo de tabiques interiores a media altura y translúcidos en oficinas

Fotografía: Claudia Uribe Tauri. Revista *Axxis Arquitectura-Diseño-Decoración*. Marzo 2000, Nº 89. Bogotá, Colombia.

Durante el anteproyecto arquitectónico es indispensable realizar la distribución espacial del mobiliario, instalaciones y equipos. De esta forma se determina con precisión el número y ubicación de los usuarios y los requerimientos de energía; esto se traduce en un uso balanceado de cargas eléctricas, iluminación artificial y de climatización.

En la fase de anteproyecto, planifique adecuadamente los requerimientos de instalaciones y equipos, y su ubicación para un mejor aprovechamiento de la energía

Proponga espacios de servicios integrados en edificios de oficinas

En el funcionamiento de las edificaciones es frecuente la proliferación sin control –y a veces innecesaria– de equipos como fotocopiadores, impresoras, hornos de microondas, cafeteras eléctricas, neveras ejecutivas, etc., los cuales sobrecargan la línea de suministro eléctrico en forma excesiva.

En la fase de diseño es conveniente definir las necesidades reales de los futuros usuarios y realizar un inventario de los ambientes y equipos de servicios requeridos. Es beneficioso proponer, desde el inicio del proyecto arquitectónico, espacios integrados organizados por zonas o áreas de actividades para servicios complementarios que sirvan a todos los usuarios.

Es importante considerar que los equipos de neveras y refrigeración deben ubicarse en un lugar fresco, alejado de otros equipos que generen calor; también debe evitarse la exposición directa del sol a través de ventanas o aberturas.

Ubique los ambientes con requerimientos de baja temperaturas alejados de la exposición directa del sol

Los ambientes como salas de computación, quirófanos, laboratorios, etc., que requieren acondicionamiento con bajas temperaturas, deben estar ubicados en espacios interiores y nunca en fachadas orientadas al oeste; esto con el fin de mitigar las ganancias solares a través de los componentes constructivos.

recomendaciones de diseño de instalaciones y equipos

MOBILIARIO, EQUIPOS DE OFICINAS Y ELECTRODOMÉSTICOS

En el mercado existe una gran oferta de equipos de oficina y electrodomésticos eficientes energéticamente. Algunos de estos equipos poseen la etiqueta «Energy Star» y pueden tener la opción de apagado automático.

Los equipos eficientes energéticamente requieren una mayor inversión inicial, pero sus costos son recuperados en poco tiempo debido a la disminución del consumo de energía eléctrica en el funcionamiento de la edificación. Por ejemplo, un fax eficiente energéticamente, en modo de reposo (*standby*), puede ahorrar alrededor del 75% de la energía total respecto a un modelo tradicional.

Utilice equipos de oficina y electrodomésticos eficientes energéticamente



Figura 106 Ejemplos de etiquetados de eficiencia energética

Se puede disponer de sistemas automáticos para apagar los equipos de oficina cuando el edificio no esté en operación (por las noches, los fines de semana y durante largos períodos de inactividad). Esta es una solución adecuada en especial para equipos tales como computadoras, impresoras, equipos audiovisuales, fotocopiadoras, máquinas expendedoras de alimentos, cafeteras, etc. Estos equipos consumen «energía de espera», cuando están conectados al servicio eléctrico aunque estén apagados.

Utilice sistemas automáticos para encendido y apagado de los equipos de oficina



Figura 107 Sistemas automáticos para encendido y apagado de equipamientos

Fuente: www.almaluz.com/catalogo

Para el mejor aprovechamiento de las instalaciones y de los equipos eléctricos, el diseño arquitectónico debe considerar y promover los siguientes aspectos:

- Aprovechamiento óptimo de la iluminación natural y de la iluminación artificial.
- Utilización de tecnologías novedosas comprobadas.
- Buena distribución espacial de las fuentes de luz y de los tomacorrientes.
- Adecuación de las instalaciones y equipos eléctricos a las tareas que se llevarán a cabo en cada uno de los espacios.
- Uso de equipos energéticamente eficientes.

Proyete el sistema eléctrico y la acometida eléctrica con suficiente capacidad y flexibilidad para la vida útil de la edificación

El proyecto del sistema eléctrico de una edificación debe concebirse bajo una óptica amplia de sostenibilidad que incluya la racionalidad energética. Se deben cubrir los requerimientos del proyecto arquitectónico y contemplarse reservas eléctricas para modificaciones y cambios de uso tecnológico o en los años de vida útil de la edificación. De esta manera se evitan picos de demanda y sobrecargos de las líneas o circuitos de suministro eléctrico.

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Tableros con espacio de reserva para futuros desarrollos, ampliaciones, remodelaciones o cambios de tecnologías, como por ejemplo un cambio en el sistema de aire acondicionado.

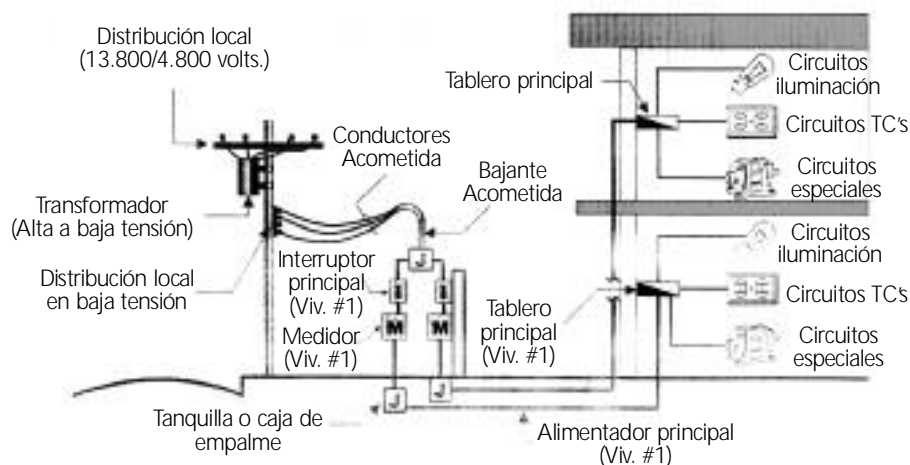


Gráfico 14 **Acometida y sistema eléctrico para vivienda bifamiliar**

Fuente: Guías Docentes del Profesor Juan Cámara UCV.

- Circuitos con suficiente capacidad para la demanda actual y una proyección de la demanda futura.
- Número suficiente de tomacorrientes y otras salidas colocados estratégicamente. Es necesario contemplar puntos de reservas. Por cada tomacorriente se debe conectar un sólo aparato, porque enchufar varios equipos de oficina o electrodomésticos a un mismo tomacorriente contribuye al desperdicio de energía eléctrica; utilizar enchufes múltiples y extensiones puede provocar sobrecalentamientos y cortocircuitos.
- Balanceo de las cargas.
- Canalización de reserva para circuitos que se puedan requerir en el futuro (tuberías libres por donde pasar otros circuitos).
- Instalar bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia del sistema eléctrico del edificio.

Los sistemas inteligentes, aunque requieren una alta inversión inicial, son una opción a considerar en edificios de oficinas y comerciales. Ellos permiten la coordinación entre el consumo eléctrico, el horario de ocupación de los espacios y la racionalidad en el uso del sistema eléctrico y del sistema de aire acondicionado; esto contribuye notablemente a que los costos de funcionamiento y mantenimiento del edificio disminuyan considerablemente.

Estudie incorporar sistemas inteligentes para encendido y apagado automático del sistema eléctrico según el horario de ocupación de la edificación

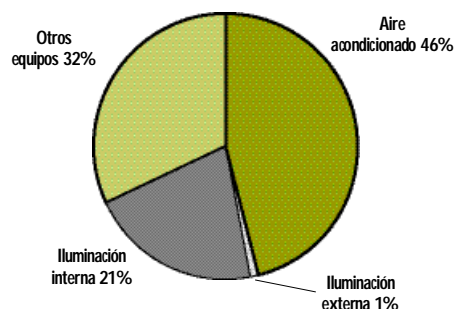


Gráfico 15 **Repartición típica del consumo en edificaciones de oficinas**

Fuente: Elaboración propia IDEC basado en Caveinell 2000

Estimule la iluminación mixta, combine iluminación natural con iluminación artificial

El diseño y la ubicación adecuada de las ventanas y aberturas en los ambientes permite el acceso a la iluminación natural, controlando al mismo tiempo las ganancias de calor solar. En el diseño y la construcción de edificios debe estimularse una eficiente iluminación natural complementada con luz artificial, sobre todo en espacios de ocupación diurna como viviendas, oficinas y escuelas. El objetivo es obtener los niveles requeridos para uso diurno con iluminación natural o combinando iluminación artificial y natural (iluminación mixta).

Para aprovechar y controlar la calidad de la iluminación natural que penetra a los espacios interiores, deben contemplarse técnicas como el uso de patios interiores, aberturas entre techos, cerramientos interiores translúcidos, ductos de iluminación y bandejas solares (ver *Ventanas y otras aberturas*, pág. 77; y *Espacios interiores*, pág. 35).



Figura 108 Aprovechamiento de la iluminación natural en ambientes de uso diurno

Fotografía: Claudia Uribe Tauri. Revista *Axxis Arquitectura-Diseño-Decoración*. Marzo 2000, Nº 95. Bogotá, Colombia.

El nivel de iluminación sobre la superficie de trabajo proviene directamente de las fuentes luminosas y de múltiples reflexiones en techo y paredes. Por ello, la utilización de colores claros, cuyo índice de reflexión sea cercano a uno (1), permite la reflexión de una mayor porción de la luz incidente en estas superficies.

Al utilizar colores claros en los cerramientos se logra aumentar la reflectividad entre paredes-techos-pisos desde 50%-30%-20% (común) a 80%-60%-40%. Con ello se logra elevar el llamado «Coeficiente de utilización» del sistema de iluminación de 0,53 a 0,63. Estos datos indican que con colores claros, preferiblemente de la gama de los blancos, se puede ahorrar cerca de un 15% de la energía consumida en sistemas de iluminación (ver **Espacios interiores, pág. 35**).

Use colores claros en acabados finales de las paredes, pisos y techos interiores



Figura 109 Utilización de colores claros en cerramientos interiores para aumentar la reflectividad de la luz natural

Fotografía: Claudia Uribe Tauri. Revista *Axxis Arquitectura-Diseño-Decoración*. Marzo 2000, N° 95. Bogotá, Colombia.

Utilice sistemas de iluminación localizada por áreas cuando no requiera un nivel de iluminación homogéneo por ambiente

Las luminarias se ubican sobre un área destinada a alguna tarea específica, por lo que generan un nivel de iluminación menor en las zonas circundantes y/o en las áreas de circulación. Pueden utilizarse lámparas de pared y/o de techo para el alumbrado local del área de trabajo. Esta nueva tendencia de iluminación localizada por tarea es conveniente cuando no se requiere un nivel de iluminación homogéneo para todo el ambiente, además de dotar al espacio de mayor contraste y calidad lumínica.



Figura 110 Oficinas con iluminación localizada por áreas de trabajo

Fotografía: Claudia Uribe Tauri. Revista *Axxis Arquitectura-Diseño-Decoración*. Marzo 2000, N° 89. Bogotá, Colombia.

recomendaciones de diseño de instalaciones y equipos

INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS

La Norma COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO», regula los niveles de iluminación requeridos de acuerdo a la dificultad visual de las tareas, tal como se muestra en las siguientes tablas extraídas de la mencionada norma.

Ajuste los niveles de iluminación del espacio de acuerdo a las actividades y tareas

Áreas o tipo de actividad	Iluminancias (Lux)			Tipo de Iluminancia
	Bajo	Medio	Alto	
Áreas públicas con alrededores	20	30	50	General en toda el área (G)
Simple orientación para visitas cortas periódicas	50	75	100	
Áreas de trabajo donde las tareas visuales se realizan sólo ocasionalmente	100	150	200	
Realización de tareas visuales con objetos de tamaño grande o contraste elevado	200	300	500	Local en el área de la tarea (L)
Realización de tareas visuales con objetos de tamaño pequeño o contraste medio	500	750	1.000	
Realización de tareas visuales con objetos de tamaño muy pequeño o contraste bajo	1.000	1.500	2.000	
Realización de tareas visuales con objetos de tamaño muy pequeño y bajo contraste, por períodos prolongados	2.000	3.000	5.000	Combinación de general y localizada sobre la tarea (G+L)
Realización de tareas visuales que requieren exactitud por períodos prolongados	5.000	7.500	10.000	
Realización de tareas visuales muy especiales, con objetos de tamaño muy pequeño y contraste extremadamente bajo	10.000	15.000	20.000	

Tabla 16 Tipos generales de actividad en áreas interiores

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO».

Áreas o tipo de actividad	Iluminancias (Lux)			Tipo de Iluminancia
	Bajo	Medio	Alto	
Áreas de oficinas	500	750	1.000	Localizada
Áreas de reuniones	100	150	200	General
Salas de conferencias	200	300	500	General
Áreas de estacionamiento (accesos)	540	S/I	S/I	S/I
Áreas de estacionamiento (rampas y esquinas)	110	S/I	S/I	S/I
Áreas de estacionamiento (áreas generales)	54	S/I	S/I	S/I
Áreas de servicio (sanitarios públicos)	100	150	200	General
Áreas de circulación (pasillos y escaleras)	100	150	200	General

Tabla 17 Tipos particulares de actividad en áreas interiores

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO».

Las diferentes tablas de la norma están estructuradas de la siguiente forma:

- **Área o actividad:** clasifica diversas actividades de acuerdo a la dificultad visual.
- **Iluminancia (Lux):** se refiere a la cantidad de luz que se requiere sobre la superficie de trabajo, se clasifica en nivel bajo (A), nivel medio (B) y nivel alto (C). A fines de hacer los ajustes en los niveles de iluminación se recomienda el nivel bajo (A), a menos que existan condiciones anormales en los usuarios tales como:

Edad del usuario: mayor de 50 años, las exigencias lumínicas aumentan.

Velocidad relativa observador-objeto: aumentan los requerimientos de iluminación a altas velocidades.

Horas de trabajo: supone jornadas de 8 horas; para una menor o mayor duración de la tarea debe disminuirse o aumentar la iluminancia, respectivamente.

- **Tipo de iluminancia:** se refiere a la forma en que se distribuyen las luminarias con respecto al espacio:


General (G): Las luminarias se disponen de forma que el nivel de iluminación sea homogéneo en todo el espacio iluminado, generalmente extenso. Se utiliza cuando en el espacio coexisten tareas diferentes pero con los mismos requerimientos lumínicos, o cuando la ubicación de la tarea es variable en el tiempo.

Localizada (L): Las luminarias se ubican en la cercanía de los objetos que se iluminarán. Se caracteriza por ser una iluminación de alto nivel en un área reducida, debido a la precisión de la tarea, sin contribuir a la iluminación general.

La eficacia de los sistemas de iluminación artificial se mide en lúmenes por vatio de consumo (lm/W). A su vez, los proyectistas deben diseñar los sistemas de iluminación para que en cada ambiente se produzcan los adecuados lúmenes por m² (lux), mientras que los rendimientos energéticos de los sistemas de iluminación se miden en W/m². Con las modernas y eficientes luminarias de hoy en día se han logrado reducir los consumos por concepto de iluminación desde los anteriores índices de 30 W/m² hasta 15-10 W/m².


Proponga lámparas, balastos magnéticos y luminarias energéticamente eficientes


En el mercado existe una gran gama de equipos para iluminación como lámparas, balastos y luminarias eficientes energéticamente, los cuales permiten los mismos niveles de iluminación con un bajo consumo de energía. Estos equipos son más costosos que los tradicionales, pero su inversión se justifica por su gran ahorro energético y mayor año de vida útil que presentan.


LF Convencional Electrónica circular	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente sustituída (W)	Ahorro de energía
	18W	1000	56	75W	76%
	24W	1450	60	100W	76%
	32W	2000	63	156W	78,6%


recomendaciones de diseño de instalaciones y equipos


INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS

LF Convencional Electrónica circular	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente Sustituida (W)	Ahorro de energía
	5W	200	40	255W	80%
	7W	400	57	40W	82,5%
	9W	400	44	40W	77,5%
	11W	600	55	60W	82%
	15W	900	60	60 y 75W	75 y 80%
	20W	1200	60	100W	80%
	23W	1500	65	100W	77%

LF Convencional Electrónica circular	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente Sustituida (W)	Ahorro de energía
	9W	450	50	40W	77,5%
	13W	650	50	60W	78%
	18W	900	50	75W	76%
	25W	1200	48	100W	75%

LF Convencional Electrónica circular	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Incandescente Sustituida (W)	Ahorro de energía
	11W	500	45	60W	81,6%
	15W	800	53	60W	75%
	20W	1100	55	100W	80%
	23W	1350	59	100W	73%

LF Convencional Electrónica circular	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con Balastro Convencional (lm/W)	Eficacia con Balastro Electrónico (lm/W)
	5W	250	50	30	33
	7W	400	57	36	33
	9W	600	67	46	50
	11W	900	82	63	64

LF Convencional Electrónica circular	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)	Eficacia con Balastro Convencional (lm/W)	Eficacia con Balastro Electrónico (lm/W)
	10W	600	60	42	50
	13W	900	69	52	64
	18W	1200	67	53	60
	26W	1800	69	54	64
	32W	2400	75	--	69

Fuente: Siem Et al. *Guía de Operaciones de Ahorro de Energía Eléctrica en Edificaciones Públicas. MEM - 2002.*

Las lámparas fluorescentes tubulares de ahorro energético con la misma emisión de flujo luminoso de una convencional consumen aproximadamente 10% menos de energía:

Lámpara tubular convencional

20 Watts

40 Watts

Lámpara de ahorro energético

17 Watts

32 Watts

Las lámparas o luminarias eficientes energéticamente usualmente están dotadas de reflectores especulares o espejos.

Los reflectores especulares son elementos que redirigen el haz luminoso. Generalmente se construyen de metal pulido y alcanzan una reflectancia de hasta un 99%, por lo que se logran niveles de iluminación apropiados con un menor consumo energético. Según el ángulo bajo el cual se encuentra el valor máximo del flujo luminoso, los reflectores pueden ser:

Ángulo del máximo flujo luminoso

De 0° a 10°

De 10° a 20°

De 20° a 30°

De 30° a 40°

De 40° a 50°

De 50° a 60°

De 60° a 70°

De 70° a 90°

Tipo de reflector

Hiperintensivo

Superintensivo

Intensivo

Semi-intensivo

Dispersivo

Semi-extensivo

Extensivo

Hiperextensivo

Utilice espejos o reflectores especulares para incrementar la eficiencia de la iluminación artificial

Nota: Para evitar el deslumbramiento, sólo deben utilizarse reflectores semi-extensivos, extensivos o hiperextensivos

Instale atenuadores de luz (*dimmers*) electrónicos y controladores con la finalidad de ajustar la luz artificial con la luz natural y/o con los requerimientos de ocupación y actividad del espacio

Esta técnica permite ahorrar en el uso de luz artificial cuando se dispone de fuentes importantes de luz natural (ver **Ventanas y otras aberturas**, pág. 77). Sin embargo, deben tenerse en cuenta las recomendaciones de iluminancias por actividad contenidas en las Normas COVENIN.

Los atenuadores de luz permiten, adicionalmente, ajustar la iluminación artificial a los requerimientos de ocupación y de actividad de los espacios.



Figura 111 Ejemplos de *dimmers* para ajustar los niveles de iluminación

Fuente: www.almaluz.com/catalogo/

Promueva el uso de temporizadores y sensores de presencia para encendido eventual

Los sensores de presencia son principalmente de dos tipos: rayos infrarrojos y ultrasonidos. Ambos sirven para detectar la presencia de personas en los ambientes donde están instalados y se pueden aplicar, de acuerdo a las características, en: pasillos de circulación, baños, garajes, áreas exteriores, áreas de uso común, etc.



Figura 112 Ejemplos de luminarias con sensores de presencia

Fuente: www.almaluz.com/catalogo/

Cuando se toman decisiones relacionadas con el alumbrado de las áreas exteriores de viviendas y edificaciones en general, debe pensarse también en la seguridad; por esto es necesario considerar el tipo de luminaria adecuado y seleccionar las opciones más convenientes que permitan lograr la mejor iluminación al menor costo posible. Para lograr esto pueden utilizarse reflectores exteriores con detectores de presencia.

Para el diseño de las instalaciones eléctricas es adecuado sectorizar la edificación de acuerdo al horario de ocupación futura de los espacios, para independizar así los circuitos. Podrán existir circuitos propios de las áreas de trabajo, los correspondientes a los pasillos de circulación y otros para los ambientes de uso poco frecuente (salas de reunión, auditorios, depósitos, sanitarios, etc.). Esto permite un uso más racional de la iluminación artificial.

Para las áreas de circulación vertical y horizontal puede diseñarse un circuito vigía que en horas no laborables suministre luz sólo con fines de vigilancia y control.

El Código Eléctrico Nacional y la norma ASHRAE 90.1 contemplan especificaciones y el número de circuitos de control que deben existir en un área determinada.

Separe los circuitos de iluminación artificial en función del horario de ocupación de los espacios



Figura 113 Ejemplos de ambientes con circuitos de iluminación independientes: salas de reuniones y áreas de circulación

Fotografía: Claudia Uribe Tauri. Revista *Axxis Arquitectura-Diseño-Decoración*. Marzo 2000, Nº 89. Bogotá, Colombia.

Utilice iluminación monumental para destacar el valor arquitectónico de la edificación o por razones de seguridad

El uso de reflectores exteriores resalta las fachadas del edificio y al mismo tiempo elimina la práctica muy extendida de dejar encendido el sistema de iluminación interior durante las noches.



Fuente: www.deconews.net/dn23/23.iluminacion.html



www.almaluz.com/catalogo/



Figura 114 **Reflectores exteriores para iluminación exterior de las edificaciones. Iluminación Monumental**

Las instalaciones mecánicas comprenden el conjunto de instalaciones, obras, equipos y/o ductería que se incorpora a la edificación para el traslado vertical de los usuarios (ascensores); para mantener por medios mecánicos las condiciones ambientales y la renovación del aire (aire acondicionado y ventilación forzada) y otros requerimientos dinámicos de la edificación (motores de puertas). El uso adecuado de estas instalaciones debe tomar en cuenta los horarios de uso, las características de las actividades y el número de usuarios.

Se debe adaptar el diseño, la ubicación y la selección de los equipos de ascensores y/o montacargas a las necesidades de uso de la edificación bajo una óptica de funcionalidad y eficiencia energética. Esto es importante pues en muchos casos los edificios se diseñan suponiendo un nivel de ocupación notablemente superior o inferior al uso real. En términos generales los ascensores deben manejar alrededor de un 12% de la población del edificio en sólo cinco minutos.

Seleccione los equipos de ascensores y/o montacargas según las necesidades de uso real de la edificación



Figura 115 Dotación de unidades de ascensores en función al uso y horario de ocupación

Fuente: www.acae.es/acae1/t/tke1/tke1.html

Instale sistemas automáticos que controlen el funcionamiento de los ascensores de acuerdo a los requerimientos de servicio

La automatización permite establecer programas de funcionamiento de acuerdo a las necesidades de uso y evita los picos de demanda, lo cual ocurre cuando varios ascensores arrancan al mismo tiempo. También controla el uso durante los períodos de baja demanda (horas nocturnas, fines de semana y días de asueto).



Figura 116 **Programa los tiempos de arranque y abertura de los ascensores**

Fuente: www.acae.es/acae1/t/1ke1/1ke1.html

Proponga unidades de ascensores basados en sistemas eficientes energéticamente

Existen modelos de ascensores basados en sistemas eficientes energéticamente, tales como los de velocidad variable y controles mediante tiristores (scr), u otras tecnologías adecuadas a los requerimientos de uso. La inversión inicial en estos equipos puede ser importante pero puede justificarse por su impacto en el ahorro energético y en los costos de funcionamiento de las edificaciones durante su ciclo de vida.

Las nuevas tecnologías de ventanas, cristales y marcos (ver **Ventanas y otras aberturas**, pág. 77) no sólo reducen los picos de demanda eléctrica y los costos económicos anuales de electricidad, sino que influyen en la reducción del tamaño del sistema de aire acondicionado y en la disminución en la emisión de gases al ambiente.

Los requerimientos de cargas de enfriamiento determinan la potencia del equipo, y tamaño de ventiladores, bombas, ductos y del resto de las instalaciones, por lo cual se disminuyen los costos iniciales de inversión, además de disminuir los costos por uso y mantenimiento del sistema de aire acondicionado de la edificación.

Reduzca la demanda de energía eléctrica y los costos de instalación y funcionamiento del sistema de aire acondicionado utilizando tecnologías de ventanas y cristales

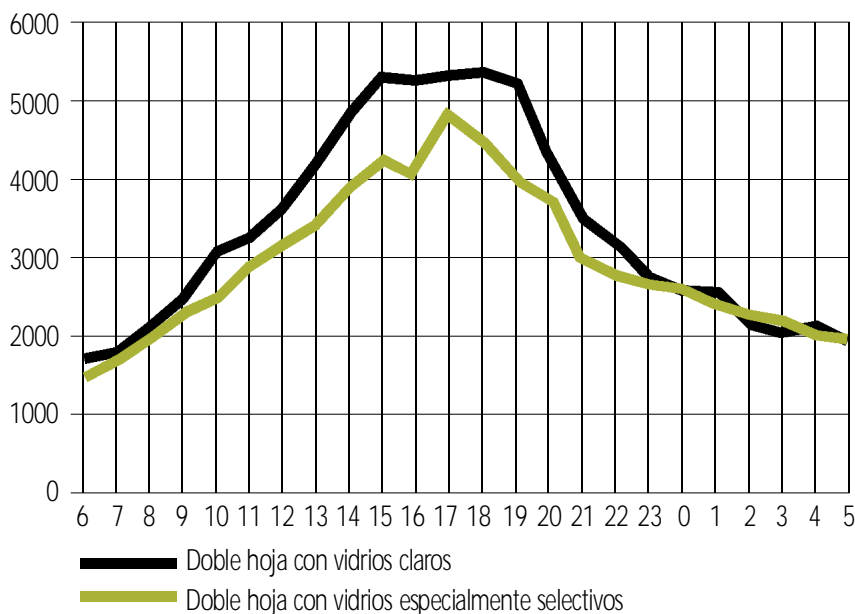


Gráfico 16 Requerimientos de potencia total del sistema de aire acondicionado con vidrios dobles claros y especialmente selectivos

Fuente: DOE Building America Program / National Renewable Energy Laboratory.

Evalúe la eficiencia energética de los diferentes sistemas de acondicionamiento activo existentes en el mercado

La eficiencia de uso de los sistemas de aire acondicionado en Venezuela generalmente se expresa en m²/ton, equivalente al área de construcción acondicionada por tonelada de refrigeración instalada. Es común conseguir edificaciones que trabajan con índices de 20 m²/ton, mientras que en otros países, en los cuales se aplican adecuadas normas energéticas, se logra diseñar edificaciones con índices de aproximadamente 40 m²/ ton.

Es aconsejable realizar un estudio técnico y económico de las diferentes ofertas del mercado en sistemas de aire acondicionados, que incluya: costo inicial, costo de uso y mantenimiento, potencia, consumo eléctrico, impacto ambiental, etiquetado de eficiencia, garantías, uso de fluidos contaminantes, etc.

Otros aspectos a considerar acerca de la instalación para lograr su óptimo rendimiento son: condiciones generales de la acometida eléctrica, ubicación del sistema de aire acondicionado y protección de la radiación solar directa.

Establezca las temperaturas internas de confort recomendadas entre 22°C y 25°C para edificios con sistemas de aire acondicionado

Este rango de temperatura es adecuado como temperatura de diseño y funcionamiento para el sistema de acondicionamiento activo. Por debajo de las temperaturas de las franjas de confort de uso internacional se requiere más potencia del sistema de aire acondicionado. Es importante resaltar que por cada grado °C por debajo de estas temperaturas, el sistema de aire acondicionado consume aproximadamente 3% más de energía.

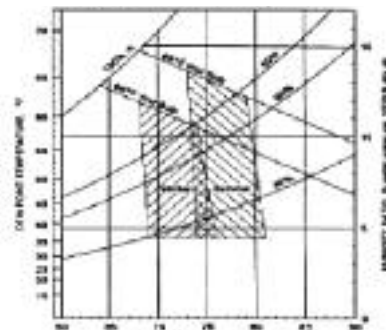


Gráfico 17 Zona de confort en verano e invierno según ASHRAE

Fuente: Siem Et al. Guía de Operaciones de Ahorro de Energía Eléctrica en Edificaciones Públicas. MEM - 2002.

Para sistemas de acondicionamiento central, según el tamaño y uso de la edificación, son recomendables sistemas que permitan una atención individual a cada ambiente o grupos de ambientes, de acuerdo a sus exigencias particulares; estos sistemas deben posibilitar un uso más racional de acuerdo a las tareas, horarios de uso y cantidad de personas de los diferentes espacios.

Es recomendable sectorizar la edificación en función de las actividades y horarios de ocupación de los espacios, para así acondicionar cada sector por medio de sistemas centrales de aire acondicionado. Se pueden reducir los flujos de aire acondicionado en ambientes de baja ocupación como por ejemplo, pasillos de circulación, hall de ascensores, accesos, depósitos, etc.

Es importante disponer de equipos de aire acondicionado independientes en los espacios de usos eventuales, como por ejemplo salas de usos múltiples, anfiteatros, salas de conferencia y ciertas oficinas gerenciales. De esta manera se racionaliza el consumo de energía en áreas desocupadas y el sistema central trabaja más eficientemente al verse aliviado de estas cargas térmicas de usos temporales.

Instale el sistema de aire acondicionado por sectores, según la ocupación de la edificación



Figura 117 **Ejemplos de diferentes componentes de sistemas de aire acondicionado**

Fuente: www.almaluz.com/catalogo/

Disminuya las cargas térmicas en los ambientes para racionalizar el uso de aire acondicionado

Se debe aprovechar la luz natural, proteger la edificación de la radiación solar, e incorporar instalaciones, equipos y accesorios energéticamente eficientes, los cuales producen menos calor, para reducir así las exigencias al sistema de aire acondicionado. Por cada kW ahorrado en el sistema de iluminación se reduce la capacidad del sistema de aire acondicionado en aproximadamente 0,28 toneladas de refrigeración.

Verifique la calidad de ejecución del sistema de aire acondicionado para garantizar su eficiencia

La calidad en el diseño y en la construcción es un factor clave para la racionalidad energética. Durante la construcción se deben disponer las instalaciones y equipos del sistema de aire acondicionado de acuerdo con las indicaciones del proyecto: potencia de los equipos, tamaño y trayectoria de la ductería, tamaño y ubicación de las rejillas, etiquetado de eficiencia energética de los equipos y otras especificidades.

Deben evitarse infiltraciones a través de los ductos de suministro del aire, así como a través de las ventanas y los marcos que conforman los cerramientos de la edificación

Verifique que el proyecto de ventilación forzada se ajuste a las necesidades reales de ocupación del edificio

El sistema de ventilación forzada generalmente se diseña para un determinado nivel de ocupación máximo que en general sólo ocurre durante un corto período. Esa posible sobre-estimación del número de ocupantes conduce a un sobre-diseño del sistema de inyección de aire fresco, lo cual afecta notablemente la capacidad y consumo energético del sistema. Debe resaltarse que generalmente se recomienda que la extracción sea inferior a la inyección, esto para que la edificación sea presurizada positivamente reduciendo así posibles infiltraciones.

Un método económico para renovar el aire es la utilización de ventiladores para estimular el movimiento del aire en ambientes acondicionados en forma natural. Un ventilador de techo puede contribuir de manera determinante a mejorar el confort térmico de los espacios. Los ventiladores presentan bajo consumo de energía, son económicos y no producen emisiones de gases al ambiente.

Utilice ventiladores para estimular el movimiento del aire

En la combinación de un buen diseño que incluya protecciones solares y aberturas, los ventiladores pueden contribuir con el adecuado refrescamiento de las viviendas y espacios acondicionados en forma pasiva en países de clima tropicales como el de Venezuela. Son artefactos que por su bajo consumo o potencia no requieren una instalación especial. Sin embargo, como norma de seguridad, deben poseer un enchufe con conexión a tierra. Al usar alargador de corriente es importante recordar que también debe poseer conexión a tierra.



Figura 118 **Ejemplo de diversos modelos de ventilador**

Fuente: www.almaluz.com/catalogo/

Ubique el calentador eléctrico de agua alejado de ventanas o aberturas

Es inadecuado colocar el calentador eléctrico de agua cerca de las corrientes de aire (ventanas o aberturas), ya que se producen pérdidas de calor por convección hacia el ambiente, generando un mayor consumo de energía.

Un desperdicio de energía se presenta cuando se ubica una cocina eléctrica o un calentador de agua en un lugar fresco y ventilado, o un refrigerador en un lugar caluroso. En estos casos el entorno inmediato contrarresta la función del equipo, lo que estimula una mayor demanda energética.

Existen forros térmicos para envolver el calentador y disminuir la transferencia de calor.



Figura 119 **Ubicación inadecuada y adecuada de calentadores eléctricos**

Fuente: Peter Burberry, *Ahorro de Energía*. Madrid - España, 1983. 1ra Edición.

Se debe evitar la práctica generalizada de sobredimensionar el sistema de bombeo de aguas blancas y verificar que se ajuste a las necesidades reales del edificio. La potencia del motor debe corresponder a las indicaciones del proyecto, para así preservar una mejor uso y mantenimiento de las instalaciones y un uso más racional de la energía eléctrica.

Adecúe el sistema de bombeo de aguas blancas a las necesidades reales del edificio

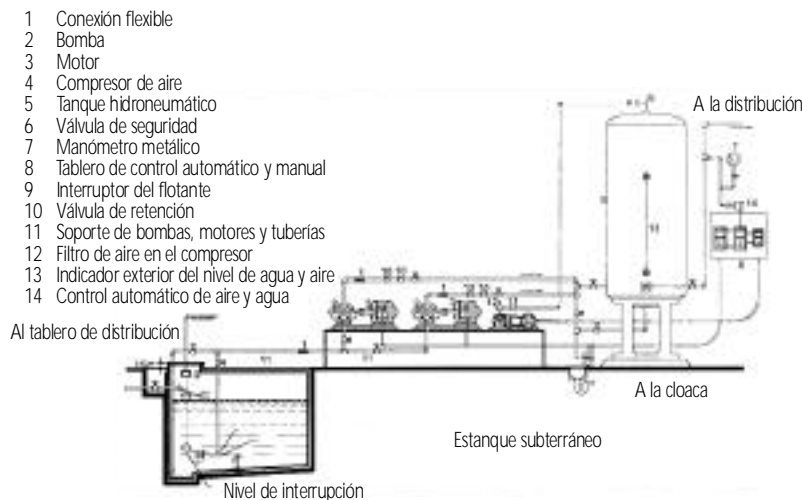


Figura 120 Sistema de bombeo de aguas blancas

Fuente: Normas Sanitarias publicadas en Gaceta Oficial N°. 4.044 para el 8 de septiembre de 1988. Caracas, Venezuela.

Los sistemas de bombeo con variadores de frecuencia y controladores digitales suelen ser más eficientes energéticamente en el caso de edificaciones de gran ocupación. Aunque representan una considerable inversión inicial, su adquisición debe tomar en cuenta su impacto en el ahorro y consumo de energía, así como también en los costos de funcionamiento y mantenimiento de las edificaciones en su ciclo de vida.

Utilice equipos ahorradores de energía para el sistema de bombeo de aguas blancas

En el mercado existen sistemas y grifería para las piezas sanitarias y de riego que permiten no sólo el ahorro de energía, sino también el uso racional de otro recurso tan importante como el agua. Entre estos sistemas podemos mencionar:

- Grifos con sensores infrarrojos. Se activan colocando las manos bajo el grifo. Se consiguen ahorros de agua entre el 70% y 80%.
- Grifos con pulsador temporizador. Se cierran después de un tiempo establecido.

Utilice grifería especial de ahorro de energía y de agua para las piezas sanitarias

Incorpore instalaciones y equipos que funcionen con energías alternativas

Las fuentes de energía alternativas a la electricidad permiten al usuario mayor autonomía de adaptación a los futuros cambios en la tecnología y en la reglamentación sobre emisiones de gases y ahorro de energía.

Es conveniente tomar esta previsión en la etapa inicial del proyecto, pues de esta manera se incorporan a la estructura las facilidades y seguridad para su futura instalación, lo cual se reflejará en los costos de inversión.

Entre las opciones disponibles, el gas es una de las más económicas y de mayor sencillez de instalación y mantenimiento. Su uso abarca calentadores de agua, cocinas y calderas.



Figura 121 Puntos de gas para calentadores de agua

Fuente: www.ifecgaspereira.com/imaxes/fotos/quent.jpg

A

Absorción: es la transformación de la energía radiante a una forma diferente por interacción con la materia.

Absortividad (también conocida como absorbanza): es la razón entre la radiación térmica absorbida por una superficie y la que incide sobre ella.

Acondicionamiento activo: ver Climatización activa.

Acondicionamiento pasivo: ver Climatización pasiva.

Acometida eléctrica: la acometida es una derivación desde la red de distribución de la empresa de servicio eléctrico hacia edificación. Termina en el interruptor principal de servicio instalado después del medidor de energía eléctrica que es el punto de entrega de la energía. Este es el punto donde comienza las instalaciones internas.

Admitancia: la proporción de energía calórica por unidad de superficie, producida por la diferencia de la temperatura entre el aire (temperatura envolvente) y la superficie. Es la medida de la capacidad que tiene una superficie para reducir la temperatura.

Aire fresco: aire exterior que se debe inyectar al interior del edificio para controlar los niveles de CO² y otros gases contaminantes por debajo de ciertos niveles máximos. Este aire está reglamentado mediante la aplicación obligatoria de la Norma Sanitaria.

Aire húmedo: mezcla de aire seco y vapor de agua. Aire interior: se trata del aire que las personas respiran en el interior de las edificaciones.

Aire seco: aire atmosférico una vez eliminados tanto el vapor de agua como los contaminantes presentes.

Aislamiento térmico: material que presenta una resistencia térmica relativamente alta al paso del calor.

Albedo: flujo radiactivo que se origina de la reflexión del suelo.

Almacenamiento de calor: proceso mediante el cual un material almacena calor aumentando su temperatura. Para una cantidad de calor suministrada, el grado de calentamiento de un material depende de su calor específico y su densidad.

Ambiente: el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Amortiguamiento térmico: cociente entre la amplitud de la onda de temperatura que llega a un lado de un cerramiento y la amplitud de la onda de temperatura en el lado antepuesto. Por extensión, cociente entre la amplitud de la temperatura interior y la temperatura exterior de una edificación. El amortiguamiento (junto con el desfase) traduce la influencia de la inercia térmica del cerramiento o de la edificación.

Ángulo de incidencia: ángulo que forma un rayo luminoso con la perpendicular a un plano; sirve para determinar la iluminancia de una superficie.

Áreas de oficinas: espacios de uso restringido dispuestos como áreas de trabajo colectivas o individuales.

Áreas de reuniones: espacios de uso eventual; incluye salas de reuniones, usos múltiples y conferencias.

Áreas de circulación: superficie de una edificación destinada al uso de los ocupantes para la circulación tanto vertical como horizontal, así como para el acceso a oficinas o servicios (áreas de distribución, pasillos, escaleras, ascensores, etc).

Áreas de estacionamiento: corresponden a las áreas del edificio, techadas o al descubierto donde se guardan vehículos automotores, destinados al transporte de personas o de carga que pertenecen a los usuarios de los edificios.

Áreas exteriores y jardines: patios, caminerías y áreas verdes de terreno generalmente abierto, cuyo uso está determinado a la recreación o a la ventilación e iluminación natural de otros espacios en la edificación.

Áreas de servicios: corresponden a los espacios destinados a servicios de apoyo de los ocupantes, tales como: sanitarios, lavamopas, cocinas, etc.

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Azimut: ángulo horizontal entre uno de los ejes cardinales (generalmente el sur) y la proyección horizontal de una recta dada (que pudiera ser la proyección horizontal de la normal a una superficie o la proyección horizontal de la recta que une a un observador con el disco solar).

B

Balance térmico: balance de las entradas y salidas de calor de un cerramiento o una edificación. El resultado es positivo si el cerramiento o la edificación se calienta y negativo si se enfría.

Barlovento: dirección de donde viene el viento (ver sotavento).

Barrera radiante: sistema que restringe la transferencia de radiación infrarroja de onda larga a través de un espacio de aire con uno de sus límites funcionando como barrera radiante, al reflejar la radiación que le llega y al mismo tiempo al no irradiar energía.

Bienestar térmico: rango de condiciones bioclimáticas consideradas aceptables en el interior de una edificación. Implica una ausencia de cualquier sensación de incomodidad o malestar térmico producido por exceso de frío o calor (ver Confort Térmico).

C

Calentamiento: transferencia de energía calórica hacia un cuerpo o hacia el aire, producto de un gradiente térmico entre la fuente de calor y el cuerpo o el aire. La transferencia se lleva a cabo mediante conducción y/o convección y/o radiación.

Calidad ambiental: capacidad relativa de un medio ambiente para satisfacer las necesidades o los deseos de un individuo o sociedad.

Calor: forma de energía que aparece como movimiento molecular en las sustancias o como calor radiante, una banda de longitudes de onda de radiación electromagnética en el espacio, se mide en unidades de energía julios (J).

Calor basal: cantidad de calor que produce el ser humano en estado de reposo, cuyo promedio en el adulto es de 88 W/h.

Calor latente: cantidad de energía calorífica absorbida, por unidad de masa de una sustancia, durante un cambio de estado (de sólido a líquido, de líquido a gas) sin que haya un cambio de temperatura. Para el caso específico del aire, se refiere a la cantidad de energía debido al vapor de agua presente.

Calor específico: cantidad de calor que se requiere para aumentar en una unidad de temperatura una unidad de masa de un material.

Calor radiante: cantidad de calorías que lleva una radiación de una cierta longitud de onda y es transmitida de un material a uno receptor.

Calor sensible: cantidad de energía calorífica que absorbe una sustancia, por ejemplo un fluido, al elevar su temperatura sin cambiar su estado físico.

Caloría: unidad que se emplea para evaluar las cantidades de calor. Una caloría permite elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua, de 14,5 °C a 15,5 °C a una presión atmosférica normal.

Cámara de aire: espacio de aire delimitados por dos planos, el cual puede estar ventilado o no.

Cambio de estado: cambio de una fase (sólido, líquido o gas) a otra.

Cambio de aire: forma de expresar la cantidad de aire que se desaloja o entra en un recinto, en términos de las renovaciones del volumen de aire de dicho recinto.

Candela: es la unidad básica reconocida en el Sistema Internacional a partir de la cual se originan las demás unidades fotométricas. Se define como la intensidad de un cuerpo negro emisor uniforme de 1/60 cm² a la temperatura de fusión del platino.

Capacidad calorífica (Ca): cantidad de calor que se debe suministrar a un cerramiento o a la envolvente en su conjunto (de manera uniformemente repartida)

para aumentar su temperatura la cantidad de 1°C. Se mide en J/°C.

Carga de enfriamiento: Es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica

Carta bioclimática: instrumento gráfico que permite, al conocer las condiciones climáticas, proporcionar los principios básicos para el diseño de edificaciones térmicamente confortables, o sea ubicados dentro de la zona de bienestar térmico.

Caudal másico (Qm): cantidad de aire renovado por ventilación y expresado en unidad de peso por unidad de tiempo (kg/s o kg/h).

Caudal volumétrico (Qv): cantidad de aire renovado por ventilación y expresado en unidad de volumen por unidad de tiempo (m³/s o m³/h).

Cerramiento: delimitación o cubrimiento perimetral, parcial o total de un área dada de una edificación, originalmente abierta, para que deje de estarlo. División hecha con tabique en una estancia o pieza.

CFM: cubic feet per minute (pies cúbicos por minute)

Ciencias del ambiente: estudio de los procesos naturales que conforman los sistemas del aire, de la tierra, del agua, de la energía y de la vida de su interacción entre sí y con el ser humano.

Circulación horizontal: desplazamiento entre ambientes de un mismo nivel a través de pasillos, corredores, etc.

Circulación vertical: desplazamiento entre dos planos situados a diferente alturas, a través de escaleras, ascensores, montacargas, etc.

Claraboya: panel transparente o translúcido situado sobre una cubierta para que penetre la luz solar dentro de una edificación.

Clima: condiciones meteorológicas prevalecientes y hasta cierto punto predecibles de un área geográfica. Los principales elementos que lo identifican son la temperatura del aire, la humedad, la radiación solar, el viento, la nubosidad y las precipitaciones.

Climatización: proceso fisiológico mediante el cual un organismo se adapta a su nuevo ambiente.

Climatización pasiva: procedimiento de diseño o de técnica suplementaria que da como resultado edificaciones en las que el consumo de electricidad o de carburantes o de cualquier otro tipo de energía no renovable a los efectos de climatizar los espacios sea nulo (o casi) y cuya finalidad es que las edificaciones cumplan con los requerimientos de confort térmico.

Climatización activa: procedimiento de diseño o técnica que utiliza equipamiento electro-mecánico para climatizar los espacios, tal como el caso del aire acondicionado.

Coefficiente de absorción: cociente entre el flujo radiante absorbido por un cuerpo y el flujo que incide sobre él.

Coefficiente de transmitancia térmica: transmisión de calor en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de un material y capa de aire en contacto, inducido por la unidad de diferencia de temperatura entre los contornos de cada lado.

Coefficiente superficial: relación de intercambio de calor en estado estacionario entre la superficie y su medio externo o la diferencia de temperatura entre la superficie y su medio circundante.

Coefficiente de Ganancia de Calor Solar SHGC (Solar Heat Gain Coefficient): la radiación solar que penetra a través de una ventana o de fachadas de vidrio aporta luz y calor. La ganancias de calor solar admitido través de una ventana es medido por el Coeficiente de Ganancia de Calor Solar SHGC (Solar Heat Gain Coefficient). Un bajo SHGC representa una menor ganancia de calor solar a través del vidrio.

Coefficiente de Transmisión de Luz Natural (Visible Light Transmisión Coefficient): la luz visible admitida a través de una ventana o fachada de vidrio se registra a través del VLTC. Un valor alto de VLTC representa una alta transmisión de luz.

Condiciones ambientales interiores: síntesis de todas las variables ambientales que al interior de las edificaciones afectan la salud o el confort de los ocupantes (temperatura, humedad, radiación, velocidad de aire, etc.)

Conducción: transferencia de calor desde una molécula a otra a modo de impacto inelástico en el caso de los fluidos, a modo de oscilaciones en el caso de los sólidos no conductores de electricidad y a modo de movimiento de electrones en el caso de los sólidos conductores de electricidad (caso de los metales). Es el único mecanismo de transporte de calor en el interior de los sólidos opacos.

Conductividad térmica (λ): cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de extensión infinita y caras plano-paralelas y de espesor unidad, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de un grado.

La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierre el material. Se expresa en Unidades: kcal/m h °C (W/m °C)

Conductancia térmica (C): cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor L, dividida

por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría, en condiciones estacionarias.

Cuando las caras caliente y fría no constituyan dos superficies planas paralelas es necesario aclarar en qué condiciones se da la conductancia térmica. La conductancia térmica depende del espesor L del material, mientras la conductividad se refiere a la unidad de espesor del material. Se expresa en kcal/h m² °C (W/m² °C).

Confort en edificaciones: grado de aceptación de un ambiente con referencia a diversos parámetros ambientales relativos a la temperatura, la velocidad del aire, la iluminación, el ruido, etc.

Confort térmico: se define generalmente como la situación en la cual los individuos expresan estar complacidos con las condiciones climáticas que los rodean. En vista de que ello involucra cierta subjetividad, los diseñadores se plantean como meta satisfacer al mayor número de personas (generalmente más del 80%). El malestar puede resultar de ambientes fríos o calientes o puede expresarse como molestia en alguna parte específica del cuerpo (inconfort local).

Contaminación: la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrios ecológicos o discontinuidad de los procesos naturales.

Convección: transferencia de calor entre un fluido en movimiento y una superficie en contacto con él. El movimiento del fluido puede generarse por diferencias de temperatura (convección natural) o puede inducirse en forma mecánica (convección forzada).

COP (Coefficient of Performance): medida de la eficiencia instantánea de un equipo de calentamiento o enfriamiento. Representa el cociente de la energía de salida sobre la energía de entrada en estado estacionario, expresada en unidades consistentes (watts/watts o Btu/hr / Btu/hr), por lo cual el resultado es adimensional.

Cuerpo negro: cuerpo emisor y absorbedor ideal de la radiación térmica. Emite y absorbe energía radiante en cada longitud de onda a la máxima razón posible como una consecuencia de su temperatura y absorbe toda la radiación incidente.

Curtain wall: pared exterior que no soporta cargas. Puede estar fija a columnas, piso u otras paredes pero no necesariamente construidas entre elementos estructurales. Las fachadas de vidrio son representativas de este componente.

D

Deflectores: son planos, generalmente metálicos, situados dentro de la luminaria, con acabados absor-

bentes de la luz. Se utilizan para reducir o eliminar el deslumbramiento directo o para recortar la porción del haz luminoso.

Demanda eléctrica: requerimiento de electricidad de un usuario, área o sistema.

Densidad de flujo energético: cantidad de energía (ej: calor) que pasa a través de una superficie por unidad de área y de tiempo ($J/s.m^2 = W/m^2$).

Densidad superficial: peso por metro cuadrado de un cerramiento (Kg/m^2).

Desarrollo sustentable: el proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Desfase térmico: diferencia horaria entre los valores pico de las ondas de temperatura en ambas caras de un cerramiento o entre las temperaturas exterior e interior de una edificación. Junto con el amortiguamiento, traduce el efecto de la inercia térmica del cerramiento o de la edificación.

Deshumidificación: proceso mediante el cual se disminuye la humedad de una masa de aire con la finalidad de aumentar su capacidad evaporativa.

Diferencia de presión: diferencia de presión (en el aire) entre dos zonas de una edificación o el interior de la edificación y el exterior. Es la fuerza motriz de los movimientos de aire.

Diferencia de temperatura: diferencia entre las temperaturas del espacio exterior y el interior.

Difusión térmica: cociente entre la conductividad térmica y la capacidad calorífica. Capacidad calorífica es el producto de la densidad por el calor específico.

Difusores: actúan sobre el flujo luminoso de la fuente de luz, ampliando la superficie y por consiguiente reduciendo la luminancia. Para ello se utilizan superficies translúcidas que presenten una superficie luminosa homogénea. También se denominan así a las rejillas de suministro de aire acondicionado.

Difusividad: parámetro que rige la propagación del calor al interior de los materiales (conducción + almacenamiento). Relaciona la variación de la temperatura en el tiempo con la variación de la temperatura en el espacio en el interior de un material. La difusividad es directamente proporcional a la conductividad e inversamente proporcional al calor específico y a la densidad. Se mide en m^2/s .

DISC: del inglés, *discomfort*. Índice de confort que toma como referencia el grado de sudoración de la persona y el potencial evaporativo del ambiente.

E

Ecología: ciencia que estudia las relaciones existentes entre los organismos y el medio; se define como el estudio de la estructura y función de la naturaleza.

EER (Energy Efficiency Ratio): capacidad de enfriamiento (en Btu/hr) dividida por la potencia eléctrica (en vatios) de una unidad de aire acondicionado a 95° de acuerdo al Conditioning and Refrigeration Institute's (ARI).

Efecto de chimenea: la ventilación natural y la infiltración son producidas por diferencia de presión causadas por el viento o las diferencias de temperaturas entre el aire del interior y el aire del exterior.

Efecto invernadero: se origina porque la energía que llega del sol, al proceder de un cuerpo de muy elevada temperatura, está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera con gran facilidad. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra, al proceder de un cuerpo mucho más frío, está en forma de ondas de frecuencias más bajas, y es absorbida por los gases, resultando en una elevación de la temperatura del aire. Se aplica esta expresión para las edificaciones con techos o paredes de materiales translúcidos que no tienen un adecuado sistema de expulsión del calor.

Eficiencia energética: obtener el mayor rendimiento con el menor consumo de energía. Por ejemplo, bombillos que producen el mismo nivel de iluminación con menor consumo de electricidad.

Eficiencia luminosa: relación entre el flujo luminoso emitido por la fuente luminosa y la potencia absorbida por la lámpara. Se expresa en Lm/W .

Emitancia: cociente entre el flujo radiante emitido por una muestra y el medio por un cuerpo negro a la misma temperatura y bajo las mismas condiciones.

Emisividad: capacidad de una sustancia para emitir energía radiante. Se expresa como la relación del flujo de energía que emite un cuerpo con respecto al que emite un cuerpo negro ideal a la misma temperatura.

Energía eléctrica: potencia eléctrica producida, transmitida o consumida en un período de tiempo. Se mide y se expresa en Kilovatio hora (Kwh), Megavatio hora (Mwh), Gigavatio hora (Gwh) o Teravatio hora (Twh).

Energía neta generada: energía generada una vez descontado el monto consumido por los equipos auxiliares y otras pérdidas en las centrales de generación.

Enfriamiento: transferencia de energía desde un sólido, líquido o gas, generada por un gradiente de temperatura que va desde ese sólido, líquido o gas hacia su entorno o hacia un sumidero de calor, el cual se encuentra a menor temperatura.

Enfriamiento convectivo: enfriamiento producido por el cambio de aire interior por aire exterior, si este último está a una temperatura más baja que la del aire interior.

Enfriamiento de aire: reducción de la temperatura del aire causada por la extracción del calor, como resultado de su contacto con un medio que se mantiene a una temperatura menor que el aire. El enfriamiento puede estar acompañado por adicción de humedad (evaporación) o reducción de la misma (deshumidificación), o bien puede realizarse sin cambio de humedad.

Enfriamiento evaporativo: proceso que involucra el intercambio adiabático entre el aire y una superficie húmeda o agua esperada. El agua adquiere la temperatura de bulbo húmedo del aire, la cual permanece constante a lo largo del intercambiador.

Energía: capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc.

Energía radiante: aquella que a partir del punto de origen se manifiesta en todas direcciones.

Energía renovable: energía obtenida de fuentes naturales inagotables como el sol, el viento, etc.

Energía solar: energía producida por el sol y captada por un dispositivo receptor que concentra los rayos solares, convirtiéndolos en flujo constante de electricidad.

Energía alternativa: sistema de generación de energía con base en el aprovechamiento de luz solar, de la energía de las mareas, viento o la incineración de basura.

Entalpía: propiedad termodinámica de una sustancia definida como la suma de sus energía interna más la cantidad Pv/J , donde P = presión, v = volumen, J = equivalente mecánico del calor.

Envolvente de la edificación: conjunto de componentes que representan la frontera entre la edificación y su entorno y a través del cual se transfiere el calor, la luz, la humedad, el aire y los sonidos.

Equipamiento: componente de la estructura de un asentamiento humano que está formado por el conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones, mobiliario, edificios y espacios, en los que se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo, o bien, en lo que se proporcionan a la población servicios de bienestar social y de apoyo a las actividades económicas, culturales y recreativas.

Equilibrio ecológico: la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Espectro visible: parte de la energía radiante que puede ser detectada por el ojo humano. Es una franja de

radiaciones comprendida entre 380 y 780 nm. de longitud de onda, pasando por el azul, verde, amarillo y rojo. Por debajo de los 380 nm. se ubica la radiación ultravioleta y, por encima de los 780 nm. la radiación infrarroja, ambas invisibles para el ojo humano.

Estratificación de la temperatura: tendencia de los fluidos, como aire y agua para formar capas cuando se calientan uniformemente. El fluido más caliente se eleva a la parte alta del recinto y el fluido frío baja al fondo.

Espacio abierto: espacio o área de una edificación, no techado, ya sea de carácter público o privado.

Espacio techado: espacio o parte de una edificación cubierta con un techo construida con cualquier clase de material.

Espacios de almacenaje: áreas destinadas a guardar, cosas u objetos de cualquier índole.

Estacionamiento descubierto: espacio que permite dejar inmóviles a los vehículos y que se encuentran en lotes sin ningún tipo de cubierta.

Estacionamiento techado: lugar o área donde se estacionan los vehículos, que dispone de una estructura techada.

Estar: sala de estar, o sector de estar cuando la misma habitación cumple dos o más cometidos.

Estructura: conjunto de elementos convenientemente dispuestos para soportar distintas cargas de una construcción. Forma y manera en que han sido distribuidas los apoyos de un edificio para soportar el peso.

Evaporación: proceso a presión y temperatura constante mediante el cual una sustancia pasa de la fase líquida a la fase gaseosa.

Evapotranspiración: suma total del agua que se evapora del suelo y la transpiración de las plantas que en él crecen.

F

Factor de potencia: el factor de potencia es un indicador de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica, para producir un trabajo útil. Es la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (KVA) que se obtiene de la compañía eléctrica. Varía entre 0 y 1.

Fenómeno hidrometeorológico: fenómeno natural relacionado con la presencia de vientos muy fuertes que se mueven en rotación como un torbellino, describiendo grandes círculos, su diámetro aumenta a medida que se avanza apartándose de la zona tropical en donde tienen su origen (huracanes, trombas, chubascos, etc.).

Flujo de ventilación: movimiento de aire natural o artificial.

Flujo de aire: desplazamiento de un volumen de aire entre dos puntos, dos superficies o dos ambientes.

Flujo de aire inter-zona: flujo de aire que se genera entre diferentes ambientes de una edificación.

Flujo de calor: cantidad de calor que pasa por un determinado perímetro en una unidad de tiempo ($J/s=W$).

Flujo luminoso: cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en una unidad de tiempo (segundo). Su unidad de medida es el Lumen (lm). El lumen se definió en la IX Conferencia de Pesas y Medidas en el año 1948 como: «Flujo Luminoso emitido dentro del ángulo sólido unidad (un estereorradián), por una fuente luminosa puntual uniforme, que tiene una intensidad luminosa de una candela».

G

Grifos con sensores infrarrojos: poseen un sensor que se estimula al colocar las manos debajo del grifo, permitiendo así el paso del agua.

Grifos con pulsador temporizador: poseen un sistema que al pulsarlo permite el paso del agua y cierra automáticamente después de un tiempo establecido.

H

Habitación: cada una de las piezas o estancias en que se divide un departamento habitable, excluyendo la cocina, pasillos y los servicios higiénicos.

Hábitat: sitio específico en un medio ambiente físico, ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado.

Hp: caballos de fuerza (Medida de Potencia). Un hp equivale a 746 W.

Humedad: medida del grado de vapor de agua contenido en el aire.

Humedad absoluta: cantidad de agua presente en la unidad de masa o de volumen de aire expresada en gramos por kilogramo (g/kg) o gramos por metro cúbico (g/m³).

Humedad relativa: relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la cantidad máxima que es capaz de contener a la misma temperatura y a la misma presión atmosférica. Se expresa en porcentaje.

Humidificación: proceso en el que se aumenta el vapor de agua contenido en el aire.

I

Impacto ambiental: modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Índices de confort: parámetros que valoran la conjunción de las variables que intervienen en los intercambios térmicos entre el cuerpo humano y el ambiente ante las respuestas fisiológicas y sensoriales de las personas. Se determinan generalmente por medio de encuestas basadas en una escala de valores que las personas deben contestar mientras se someten a diversas combinaciones de dichas variables.

Inercia o masa térmica: concepto que expresa la capacidad de un cerramiento o de la envolvente de una edificación de almacenar calor y transmitirlo con retardo. Dependiendo de qué tan grande sea la inercia térmica, se habla de edificaciones o componentes livianos, medianos o pesados.

Infraestructura: conjunto de obras mayores de ingeniería y fuentes de energía que dan soporte a la movilidad y funcionamiento de las actividades productivas, haciendo posible el uso del suelo, la accesibilidad, el transporte, el saneamiento, el encauzamiento y distribución de agua y energía, las comunicaciones telefónicas, etc; fuera de asentamientos humanos.

Infiltración: flujo de aire no controlado a través de grietas, intersticios y otras aberturas no intencionales. Infiltración, exfiltración y flujo de ventilación natural son causados por diferencias de presión debido al viento, diferencia de temperatura interior-exterior y operaciones de aplicaciones o dispositivos.

Infrarrojo: gama de radiaciones invisibles con unas longitudes de onda que van de 0,7 a 2,5 micras para el infrarrojo próximo y de 2,5 micras a 1 mm para el infrarrojo lejano.

Insolación diaria: cantidad de horas de un día en que la radiación solar directa alcanza el suelo.

Insolación: magnitud de energía solar que incide sobre un componente de la edificación (W/m^2). Se incluye tanto la radiación solar directa como la difusa.

Instalaciones eólicas: son aquellas que producen electricidad a partir de la energía del viento.

Intensidad luminosa (I): intensidad del flujo luminoso proyectada en una determinada dirección. Se expresa en candelas (cd). Es una cantidad fotométrica de referencia. Las curvas fotométricas expresan la distribución de las intensidades luminosas en los distintos planos del espacio y según las diferentes direcciones en que cada uno de estos planos pasa por el centro fotométrico de la fuente luminosa.

Interruptor mecánico de caudal: dispositivo sencillo que se cierra o abre al pulsar una palanca con las manos o los objetos que se sitúan debajo del grifo.

J

Joule (J): medida de trabajo o de energía (Fuerza x distancia). $1J = 1N.m.$ ($1J = 0,24cal$).

K

kW: kilovatios ($1 kw = 1000$ vatios).

kWh: kilovatios hora (Medida de energía).

Kilocalorías: cantidad de calor necesaria para elevar un kilogramo masa de agua a $1\text{ }^{\circ}C$ de temperatura.

L

Lámparas de descarga: son aquellas que producen luz mediante el proceso de electroluminiscencia, que consiste en la emisión de radiaciones electromagnéticas por electrones previamente excitados. Dentro de este grupo de lámparas se ubican las lámparas de descarga de alta intensidad como vapor de mercurio y sodio. Las lámparas de descarga de alta intensidad generan luz por electroluminiscencia, átomos de un vapor metálico excitados por el paso de una corriente eléctrica.

Lámparas de halógeno: lámparas dicroicas que reducen el consumo de energía en 30%, debido a una capa de material reflejante de radiaciones infrarrojas en el interior de la cápsula de halógeno.

Lámparas de inducción: lámpara de inducción fluorescente sin cátodos, con distribución puntual o de forma cuadrada.

Lámparas fluorescentes: las lámparas fluorescentes generan la luz por fotoluminiscencia, sustancias fluorescentes excitadas por radiaciones electromagnéticas.

Lámparas fluorescentes compactas: lámparas con dos niveles de intensidad luminosa, o con capacidad de atenuación. Con balastos mucho más reducidos en tamaño y con características muy deseables de calidad de energía.

Lámparas incandescentes: producen luz mediante un mecanismo llamado termo radiación, que consiste en la generación de radiaciones por elevación de la temperatura de un cuerpo, la incandescencia de un filamento contenido en una ampolla de vidrio al vacío o llena de algún gas. Incluyen las lámparas halógenas.

Ley de fourier de la conducción de calor: Establece que la rapidez de flujo por conducción en un sentido dado es proporcional al gradiente de temperatura en ese sentido y al área normal a la dirección del flujo de calor.

Lumen (lm): unidad de flujo luminoso equivalente al flujo emitido por una fuente luminosa de una cande-

la de intensidad e interceptado por una superficie esférica de un centímetro de radio.

Luminancia (L): intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa (fuente primaria de luz) o reflejada por una superficie iluminada (fuente secundaria). Se designa con la letra L. Su unidad de medida es la Candela/m₂ (cd/m₂) o Candela/cm₂ (cd/cm₂).

Luminaria: aparato de iluminación fijo o móvil que incluye una o más fuentes de luz y que sirve para orientar el flujo luminoso, reducir o eliminar el deslumbramiento y dar terminaciones estéticas del conjunto. La luminaria comprende también todos los elementos para fijar y proteger las lámparas para conectarlas con una red de alimentación.

Lux: unidad de intensidad luminosa, equivale a 1 lumen/m^2 .

Luz visible: angosta franja del espectro completo de radiación, constituido por longitudes de onda entre $0,4\text{ }\mu$ y $0,7\text{ }\mu$.

M

Materiales aislantes: materiales que poseen baja conductividad, por lo que son malos conductores de calor.

Modos de ocupación: patrón de actividad de los ocupantes de las edificaciones, incluyendo el número de personas, su distribución, las actividades que realizan, el tiempo que permanecen adentro, así como la forma en que interactúan con los componentes, servicios y funciones, como la ventilación, las ventanas, etc.

O

Ocupación: tiempo en el que una edificación está ocupada (horas/día).

Opaco: que impide el paso de los rayos luminosos. Oscuro, sombrío.

P

Pared de ladrillo hueco: pared conformada por ladrillo macizo o perforado, posee menor costo, mejor aislamiento térmico y acústico, menor peso propio, pero tiene como inconveniente su menor resistencia a la compresión y el que facilita la entrada de humedad al interior de la obra.

Pared opaca: elemento estructural o divisor que sirve para cerrar un espacio que no da paso de luz.

Pared translúcida: división que permite el paso de la luz pero no deja ver lo que hay detrás.

PMV: del inglés, *predicted mean vote*. Índice de confort que consiste en una ecuación estadística basada en encuestas realizadas a un gran número de personas variando los parámetros básicos que afectan el confort y cuyo resultado, el cual varía de -3 a $+3$, se coteja con una tabla que indica la sensación térmica correspondiente.

Polución lumínica: puede definirse como la luz que no se aprovecha con la finalidad de iluminar distintas zonas de la ciudad como calles, edificios, rutas, carteles, etc... y se difunde en la atmósfera, generando una iluminación deficiente y un gasto energético inútil.

Potencia de la ventilación: cantidad de calor evacuado con el aire interior de un local mediante ventilación natural. Se mide en W o en W/m³.

Potencia: cantidad de trabajo o de energía desplegada por unidad de tiempo. Se mide en Vatios (W).

Potencia eléctrica: capacidad de producir, transmitir o consumir electricidad en forma instantánea que se mide generalmente en Kilovatios (Kw) o Megavatios (Mw).

Potencia de arranque: potencia eléctrica disponible en unidades de generación, que tienen como características común la de poder efectuar un arranque independiente para dar inicio al proceso de restablecimiento del servicio eléctrico de un área o sistema.

Potencia reactiva: parte de la potencia aparente que no produce trabajo y corresponde al intercambio de energía entre los campos eléctricos y magnéticos de un circuito. Se expresa en Voltio amperio reactivo (Var), Kilo voltio amperio reactivo (KVAR) o Mega voltio amperio reactivo (MVAR).

Precipitación: término colectivo que se utiliza para lluvia, nieve, rocío y escarcha, o sea para todo tipo de agua que se deposita (precipita) de la atmósfera.

Presión de aire (P): fuerza por unidad de área que el aire ejerce sobre cualquier superficie en contacto con él. Se mide en N/m² (Newton por metro cuadrado) o en Pa (Pascal).

Principio de conservación de energía: la energía no puede crearse o destruirse, sólo transformarse (por ejemplo, de energía electromagnética a calor).

Propiedades termodinámicas: propiedades básicas que definen el estado de una sustancia (presión, temperatura, volumen, entalpía, entropía).

Puente térmico: elemento o parte de la pared que por su naturaleza o su aplicación se revela como punto débil del aislamiento y no ofrece el mismo coeficiente de resistencia térmica.

R

Racionalidad energética: aplicación de medidas para el ahorro de energía sin afectar el funcionamiento

normal de las operaciones, ni disminuir la calidad de vida y la productividad.

Radiación: transmisión de calor de una superficie a otra mediante la propagación de ondas electromagnéticas. Esta transferencia no necesariamente calienta el espacio que separa a las dos superficies. La radiación no requiere de un medio de transporte, pudiéndose efectuar en el vacío.

Radiación difusa: radiación solar difundida por la atmósfera (por lo que no llega directamente del sol).

Radiación directa: radiación solar que llega directamente del disco solar.

Radiación solar: principal fuente de calentamiento de las edificaciones en regiones de clima tropical. La radiación emitida por el sol es parcialmente absorbida por los cerramientos expuestos, calentándose y transmitiendo el calor absorbido al interior. La radiación solar puede así mismo penetrar directamente por las aberturas. La cantidad de radiación solar que llega a la edificación depende sobre todo de la latitud, la época del año, la orientación, el ángulo de la superficie receptora y las condiciones de la atmósfera.

Radiación térmica: ondas caloríficas emanadas por los cuerpos, que se diferencian de las ondas luminosas por su mayor longitud y menor frecuencia.

Reflectores: elementos que redirigen el haz luminoso. Entre los reflectores podemos mencionar dos tipos: los reflectores especulares y los reflectores difusores.

Reflexión: fenómeno físico en el cual una onda electromagnética que incide sobre una superficie que separa dos medios es devuelta total o parcialmente hacia el medio de donde provino.

Reflectividad: propiedad del material que indica su habilidad de resistir el flujo calórico.

Régimen tarifario: conjunto de normas y reglas aplicables para la fijación o modificación de las tarifas.

Rendija: intersticio en los alrededores de las puertas, las ventanas u otro componente de la edificación y a través del cual se produce una transferencia de aire.

Resistencia térmica: medida del grado de oposición que ofrece un cerramiento al paso de calor por convección, radiación y conducción. Resulta de sumar todas las resistencias térmicas parciales superficiales y conductivas. Se mide en m²°C/W.

Retardo: desfase de la onda de calor entrante y saliente de un cerramiento con inercia térmica (horas).

Rueda de entalpía (Energy recovery wheel): sistema que permite aprovechar la energía del aire acondicionado de salida de un ambiente para enfriar o deshumidificar el aire de entrada. Una rueda entálpica está dividida en dos semicírculos. El primero recibe aire fresco del exterior el cual se acondiciona a me-

didada que pasa a través de la rueda por disminución de la temperatura o por deshumidificación. El segundo semicírculo recibe aire de retorno, creando un contraflujo. Al mismo tiempo la rueda rota lentamente (aprox. 20 RPM).

Rugosidad: coeficiente entre el área real y la aparente de una superficie, que influye en la convección.

S

Sala: área o ambiente principal de dimensiones relativamente grandes, limitada por cuatro paredes. La sala puede tener carácter social, administrativo o recreativo, público o privado.

SHGC (Solar Heat Gain Coefficient): ver Coeficiente de Ganancia de Calor Solar.

Síndrome de edificio enfermo: conjunto de patologías o defectos ambientales de un edificio que perjudica la salud o comodidad de sus ocupantes.

Sistema de enfriamiento pasivo: son aquellos en los cuales la edificación en sí misma funciona como moderadoras del clima exterior, así como las técnicas destinadas a evacuar por medios pasivos el sobrante de calor que pudiera presentarse al interior de una edificación. La evacuación del calor se realiza hacia sumideros de calor como el aire exterior, la bóveda celeste, el suelo, etc.

Sistema eléctrico nacional: conjunto de instalaciones para la generación, transmisión y distribución de electricidad en el territorio nacional y sus equipos y bienes asociados, destinados a realizar intercambios de potencia y energía eléctrica dirigidos a la presentación del servicio eléctrico.

Sistema independiente: parte del sistema eléctrico nacional conformado por una o más centrales de generación e instalaciones para transporte y consumo de energía eléctrica, que opera aislada del sistema Interconectado Nacional.

Sistema interconectado nacional: parte del sistema eléctrico nacional constituida por las instalaciones eléctricamente conectadas, directa o indirectamente, a las líneas de transmisión de mayor nivel de tensión ubicadas en el territorio nacional.

Soleamiento: cantidad de luz y calor que percibe una edificación determinada o un elemento configurativo de la misma (paredes, techos y ventanas) en un espacio de tiempo dado, teniendo en cuenta la sombra eventual proyectada por obstáculos naturales y/o construidos.

Sostenibilidad o sustentabilidad: satisfacción de las necesidades de la generación presente sin afectar la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer

sus propias necesidades. La sostenibilidad se basa en tres componentes: el económico, el social y el ambiental. Los aspectos económicos comprenden, entre otros, el rendimiento financiero, la remuneración de empleados y las contribuciones a la comunidad. Como ejemplos de los aspectos sociales están las políticas de beneficio público, las normas de equidad laboral y el trato justo de empleados. En los aspectos ambientales se incluyen los efectos en el aire, agua, tierra, recursos naturales y salud de los humanos.

Sotavento: dirección hacia donde va el viento (ver barlovento).

T

Tabique: elemento clásico de distribución interior de los espacios de cualquier tipo de edificación. Normalmente se elaboran con ladrillo hueco, su campo de aplicación se extiende a naves industriales, despachos, oficinas, locales de negocios, etc. El empleo de baldosas de vidrio se hace necesario cuando se quiere obtener una buena luminosidad del espacio.

Tarea visual: la selección del tipo y el nivel de iluminación está relacionado con el aseguramiento de la realización de un trabajo específico, para evitar errores que pueden ser catastróficos, y no solamente tomando en consideración la seguridad del entorno. En otras palabras, es importante que el diseñador considere la cantidad de luz requerida, y cómo debe de ser proporcionada.

Techo: cubierta de una casa, tejado, casa, morada, habitación, de Togo, etc. Parte superior de una edificación, lo que cubre o cierra. Vivienda o domicilio. Acabado o revestimiento superior interno de una habitación que, a menudo, oculta la cara inferior del forjado o cubierta superior

Temperatura: propiedad de los cuerpos que determina la cantidad de calor que tienen y la dirección de los flujos de calor. Se mide bien sea mediante una escala empírica basada en una propiedad conveniente de un material o instrumento (caso de los grados Celsius (°C), basados en la dilatación del mercurio con respecto a los estados del agua) o mediante la escala absoluta (grados Kelvin). ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$).

Temperatura de bulbo húmedo (TBH): temperatura que se mide con un termómetro envuelto en material saturado (generalmente algodón). La evaporación del agua produce un enfriamiento que depende de la capacidad evaporativa del aire, lo que da una medida de la humedad.

Temperatura del aire o temperatura de bulbo seco (TBS): temperatura que se mide mediante un ter-

mómetro protegido del viento y la radiación electromagnética del entorno.

Temperatura efectiva (TE): índice de confort que toma en cuenta únicamente los intercambios de calor radiativos y latentes.

Temperatura efectiva estándar: índice de confort que toma en cuenta los efectos de la radiación electromagnética y las transferencias de calor latentes.

Temperatura radiante media (TRM): temperatura que traduce el efecto promedio de calentamiento de la radiación electromagnética de un entorno. Se obtiene indirectamente al medir la temperatura de bulbo negro $TBN=(TBS+TRM)/2$.

Temperatura de bulbo negro (TBN): temperatura que comprende los efectos combinados de la temperatura radiante media y la temperatura de bulbo seco. Se mide mediante un termómetro inserto en una bola negra y opaca, de modo de que a la temperatura del aire registrada se agrega el efecto de calentamiento de la radiación del entorno.

Temperatura máxima media mensual: es un promedio aritmético de las temperaturas máximas diurnas registradas durante un mes por un lapso de varios años.

Temperatura mínima media mensual: es un promedio aritmético de las temperaturas mínimas diurnas registradas durante un mes por un lapso de varios años.

Temporizador: dispositivo eléctrico o electrónico que sirve para prender y apagar equipos eléctricos y electromecánicos, de acuerdo a un horario determinado previamente.

Termografía: fotografía en la que se visualiza por medio de colores el calor que una superficie emite bajo la forma de energía electromagnética. Se le usa para estudiar la distribución de la temperatura a lo largo y ancho de una superficie.

Trabajo o energía: producto de una fuerza por la distancia recorrida en dirección de esa fuerza. Se mide en Joules (J).

Transferencia de calor latente: calor que se gana o se pierde durante un cambio de fase de una sustancia, sin que haya cambio de temperatura en esa sustancia (de sólido a líquido o gaseoso o viceversa).

Transferencia de calor radiativa: transferencia de calor que se genera por emisión de ondas electromagnéticas entre dos superficies que se encuentran a diferente temperatura y están expuestas la una a la otra, pero sin tocarse.

Transferencia de calor sensible: cantidad de calor que absorbe o transfiere una sustancia produciendo un cambio de temperatura y sin que se produzca un cambio de fase.

Transferencia de calor: cantidad de calor que se transfiere de un cuerpo a otro siguiendo las siguientes modalidades: conducción, convección o radiación. El calor sólo puede transferirse si existe una diferencia de temperatura y únicamente se transfiere en el sentido de caliente a frío.

Transferencia térmica: flujo de calor por conducción, convección y/o radiación en estado estacionario desde o hacia un cuerpo a través de un aislante térmico con los medios circundantes externos. Es expresado como la relación de tiempo de flujo de calor por unidad de área de la superficie del cuerpo entre la diferencia de temperatura unitaria de la superficie del cuerpo con su medio circundante.

Transmisión de calor: cantidad de calor que fluye a través de la unidad de área debido a cualquier modo de transferencia de calor inducidas por las condiciones prevalecientes.

Transmisión: proceso mediante el cual la radiación atraviesa un medio material translúcido.

Trópico: son las regiones situadas entre las latitudes 23 27' Norte (trópico de Cáncer) y 23 27' (trópico de Capricornio). Aquí se ubican las regiones donde el calor es dominante. «Venezuela se encuentra entre los paralelos 1 y 12 de latitud Norte. Su clima se caracteriza por temperaturas medias elevadas. Valores máximos de temperatura no muy altos. Poca oscilación de temperatura entre el día y la noche. Ausencia de enfriamiento nocturno. Humedad relativa elevada. Brisas limitadas a la zona costera. Elevada intensidad de radio solar directa y /o difusa».

U

UMA: unidad de manejo de aire en determinados sistemas activos de acondicionamiento ambiental.

Unidad de generación: conjunto de equipos capaz de producir potencia y energía eléctrica y de entregarlas de manera individual a un sistema eléctrico para su transporte o consumo.

Usuario: persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio eléctrico bien como titular de un contrato de servicio o como receptor directo del mismo, sujeto a los derechos y obligaciones que establece la ley y sus reglamentos.

V

Válvulas antirretorno: válvulas que evitan que el agua utilizada vuelva al circuito de agua potable. También conocidas con el nombre de válvulas check.

Velocidad de aire: velocidad del aire relativa a los objetos de su entorno.

Ventilación forzada: es intencional, es un intercambio de aire propulsado por un ventilador y con ventanillas de toma y descarga o escapes que son especialmente designadas e instaladas para ventilación.

Ventilación natural: es aquella que se obtiene mediante fenómenos naturales, sin necesidad de emplear ningún dispositivo mecánico. Es activada por presiones de viento, diferencias de temperatura y densidad, entre el interior y el exterior de un recinto.

VLTC (Visible Light Transmisión Coefficient): ver Coeficiente de Transmisión de Luz Natural.

Volumen de local por hora (Vol/h) o cambios de aire por hora (CAH): caudal de aire renovado mediante ventilación y referido al volumen del local.

W

Watt o vatio (W): medida de potencia. Trabajo o energía desplegada por unidad de tiempo. $1W=1J/s$.

Z

Zona de confort: rango de condiciones ambientales y (eventualmente) condiciones relativas al individuo definidas por determinados parámetros y con respecto al cual la mayoría de las personas manifiesta agrado o conveniencia en concordancia con la actividad que llevan a cabo.

referencias bibliográficas

Libros

Allard, F. (1980): *Introducción a luminotecnia*. Institut National Des Sciences Appliquées de Lyon.

Andrews, F.T.(1977): *Building Mechanical Systems*. USA: McGraw-Hill Book Company.

Blachère, G. (1974): *Saber construir*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.

Blachère, G. (1975): *Technologies de la Construction Industrialisée*. Paris: Eyrolles Éditeur

Caveinel (2000): Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica. *Estadísticas Consolidadas 2000*. Caracas: Ediciones Impregraf.

Curiel E. (1982): *La arquitectura en regiones de Venezuela* (Trabajo de Ascenso a la categoría de asistente). Caracas: Facultad de Arquitectura FAU, Universidad Central de Venezuela.

Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB) (1992): *Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide. Tome 1: Methodologie de prise en compte des paramètres climatiques dans l'habitat et conseils pratiques*. Paris: 75782 Cedex 16 (4 Av. du Recteur Poincaré).

COTEDI'98 (1998): *Memorias del 1er. Simposio venezolano de confort térmico y comportamiento térmico de edificaciones: Confort térmico y comportamiento térmico de edificaciones*. Caracas: Instituto del Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, (IDEC-FAU-UCV).

Chemillier, P. (1980): *Industrialización de la construcción. Los procesos tecnológicos y su futuro*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.

Dreyfus J. (1960): *Le confort dans l' habitat en pays tropical*. París: Editions Eyrolles.

Dubin, F.S. y C.G Long (1978): *Energy Conservation Standards for Building Design, Construction and Operation*. USA: McGraw-Hill Book Company.

Freile A.J. (1969): *Meteorología y climatología tropical de Venezuela*. Caracas: FAN. (Public. Sección geográfica).

Givoni B. (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Building*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold edition.

Givonni B. (1978): *L'Homme L'Architecture et le Climat*. París: Editions du Moniteur.

González, E.M. (1997): *Etude des matériaux et des techniques du bâtiment pour la conception architecturale bioclimatique en climat chaud et humide* (Tesis de Doctorado). París: Ecole de Mines de Paris.

Instituto Facultad de Arquitectura IFA-Universidad del Zulia-LUZ, (2000): *Recomendaciones para mejorar la calidad térmica de las edificaciones*. Maracaibo: Comisión para el mejoramiento de la calidad térmica de las edificaciones y el espacio urbano.

Hinz, González, et al (1981): *Proyecto Clima y Arquitectura*, volúmenes 2 y 3. Maracaibo: Instituto Facultad de Arquitectura (IFA), Universidad del Zulia (LUZ).

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Instituto de Urbanismo (IU), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV) (2002): *Código de habitabilidad para la vivienda y su entorno inmediato-1era. parte*. Caracas: Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI).

Koenigsberg, I. y S. Mayhew (1977): *Viviendas y edificios en zonas tropicales*. Madrid: Paraninfo S.A.

Krenz, J (1976): *Energy Conservation and Utilization*. Allyn and Bacon, Inc.

Payá, M. (1973, sexta edición): *Aislamiento térmico y acústico*. Enciclopedia CEAC de construcción. Barcelona: Ediciones CEAC.

Poler, M. (1968): *Clima y arquitectura*. Caracas: UCV.

Neira, A. E. (1975): *Diseño de viviendas populares en el trópico húmedo*. Colección Espacio y Forma No. 14. Caracas: UCV, Arquitectura Extensión Cultural.

Siem, G., M. E. Sosa, M. E. Hobaica, G. Nediani y E. Villalobo (IDEC-FAU-UCV) (2002): *Guía operativa de ahorro de energía eléctrica para edificaciones públicas*. (Financiado y a ser publicado el Ministerio de Energía y Minas MEM).

Serra Florenza, R. y H. Coch Roura (1995): *Arquitectura y energía natural*. Politext. Área de Arquitectura y Urbanismo. Cataluña: Ediciones UPC, (Universidad Politécnica de Cataluña).

Sosa, M. E. (1999): *Ventilación natural efectiva y cuantificable. Confort térmico en climas cálidos-húmedos*. Colección Monografías No. 62. Caracas: UCV, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.

Steadman, P. (1978): *Energía, medio ambiente y edificación*. Blume Ediciones.

Stein, B. y J. Reynolds (1992, octava edición): *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*. Jhon Wiley and Sons.

Artículos en revistas

Allard F. y M. E. Hobaica (1993): «Concepto de Confort térmico y predicción del comportamiento». *Tecnología y construcción*, vol. 9, Caracas: IDEC, FAU, UCV, IFA, LUZ.

Hobaica, M.E (1992): «Validación experimental de un modelo de térmica de edificaciones en clima tropical húmedo». *Tecnología y Construcción*, N°. 7/8. Caracas: IDEC, FAU, UCV, IFA, LUZ.

Hobaica, M. E., M. E.Sosa y L. Rosales (2000): «Influencia de los componentes constructivos en la temperatura del aire interior de viviendas». *Interciencia*. mayo-junio 2000, vol. 25, N°. 3, Caracas.

Siem G. y M. E. Sosa (2001): «Revisión de las normas venezolanas referentes a las exigencias térmicas, acústicas y de iluminación bajo una perspectiva de sostenimiento». *Tecnología y Construcción*, vol. 17-II, mayo-agosto 2001. Caracas: Instituto del Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC). Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV.

Entre Rayas, septiembre 98, No. 26. Caracas.

Informes e investigaciones

Centro de Estudio del Espacio Arquitectónico (CEEA), Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Instituto de Urbanismo (IU), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV) (1999): Normas de habitabilidad, seguridad y colectividad en relación a la vivienda y su entorno. Inventario y diagnóstico. Caracas: Investigación Financiada por Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI).

referencias bibliográficas

Nediani G., M. E. Sosa y G. Siem (2000): Las normativas energéticas para edificaciones y sus posibles aplicaciones en Venezuela; Conferencia internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico (del 21 al 23 de junio de 2000). Maracaibo: COTEDI.

Normas

Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, 4040 (1988).

ASHRAE Energy Efficiency Manual. USA.

ASHRAE Energy Systems Analysis and Management Manual. USA.

Nota docentes

Rosales, L. (1999): CD Notas docentes, Materia física de las edificaciones IDEC, FAU, UCV.

Documentos de apoyo al I Taller de capacitación en ahorro de energía eléctrica para funcionarios públicos; Caracas: Universidad Simón Bolívar, Universidad Central de Venezuela (IDEC) y Ministerio de Energía y Minas (USB, UCV (IDEC, MEM), abril-junio 2002.

referencias bibliográficas en internet por país

Australia

The Communications Manager Australian Greenhouse Office GPO Box 621, Canberra ACT 2601
Feasibility study - a national approach to energy efficiency measures for houses

© Commonwealth of Australia 2000

<http://www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/buildings>

The Australian Greenhouse Office by CSIRO Division of Building, Construction and Engineering.
Minimum Energy Performance Requirements for Incorporation into the Building code of Australia.
March 1999

http://www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/building/publications/pubs/s_study.pdf.

George wilkenfeld and associates Pty Ltd energy policy and planning consultants 92 Spencer Road, Killara
NSW 2071 Sydney Australia.

Regulatory Impact statement: minimum energy performance standards and alternative strategies for
fluorescent lamp ballasts.

Febrero 2001.

Tel: +612 9418 2405. Fax: +612 9418 2406

e-mail: geosanna@ozemail.com.au

Energy Efficient Australian Housing

Energy efficient building design in Australia

1997

<http://www.fridge.arch.uwa.edu.au/>

<http://www.wpcorp.com.au/smarthome>

www.env.gld.gov.au

PART A REGULATORY PROPOSAL (Regulation Document RD 2002-1)

Australian Greenhouse Office.

Australian Building Energy Council.

Australian Council of Building Design Professions.

Australian Institute of Building Surveyors.

Australian Institute of Refrigeration, Air-conditioning and Heating.

Australian Local Government Association.

Australasian Window Council.

Building Designers Association of Australia.

Cement and Concrete Association of Australia.

Concrete Masonry Association of Australia.

Clay Brick and Paver Institute.

Department of Industry, Science and Resources.

Earth Building Association of Australia.

Facility Management Association.

Housing Industry Association.

Illuminating Engineering Society of Australia & New Zealand.

Institution of Engineers, Australia.

Manufacturers Association of Australia.

Masters Builders Australia.

Plantation Timber Association of Australia.

Property Council of Australia.

Royal Australian Institute of Architects.

Standards Australia.

Sustainable Energy Industry Association Australia Ltd.

referencias bibliográficas en internet, por país

The Australian Greenhouse Office wishes to acknowledge the authors of the reports outlined in these Executive Summaries. The Office of the Australian Building Codes Board author of the International Survey of Building Energy Codes.

CSIRO Building, Construction and Engineering author of Feasibility Study - A National Approach to Energy Efficiency Measures for Houses.

Energy Research for the Building code of Australia
Julio, 2000.

<http://www.greenhouse.gov.au>

Queensland Government
Department of Mines and Energy
Energy efficient home design
<http://www.env.qld.gov.au>

Australian greenhouse office
Scoping study of minimum energy performance requirements for incorporation into the building code of Australia

Noviembre, 1999.

<http://www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/building/susthouse/index.html>

Colombia

GRUPO EMAT.

Grupo de Investigación en Energía Medio Ambiente y Tecnología.
Arquitectura y naturaleza.

<http://www.unalmed.edu.co>

UPME Unidad de Planeación Minero – Energética

El congreso de Colombia

Diario oficial. Año CXXXVII. No. 44573. 5, octubre, 2001.

http://www.upme.gov.co/energia/eficiencia/ley697_2001.htm

MINISTERIO DE MINAS REPÚBLICA DE COLOMBIA

(UPME) Unidad de Planeación Minero Energética

Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia

Colombia, Energía y Desarrollo.

Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia, diciembre, 1999.

Grupo de Investigación en Energía Medio Ambiente y Tecnología

Hábitat, impacto ambiental y el paradigma de la sostenibilidad

<http://www.unalmed.edu.co>

Costa Rica

Arquitectura tropical en Costa Rica arraigados al clima

© 1998. LA NACION S.A.

(El contenido de La Nación Digital no puede ser reproducido, transmitido ni distribuido total o parcialmente sin la autorización previa y por escrito de La Nación S.A.)

webmaster@nacion.co.cr

Cuba

Un encuentro para discutir problemas energéticos, ecológicos, sociales y de la cooperación internacional de forma integral.

Noviembre, 2003.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia03/HTML/articulo03.htm>.

referencias bibliográficas en internet, por país

Filipinas

Agency for International Development (USAID). Administrative matters were attended to by the Philippine Council for Industry, and Energy Research and Development (PCIERD) while the technical work was, performed by the P6 – Policy, Assessment and Analysis group, under the supervision of the Energy Efficiency Division of the Department of Energy (DOE)

The market for energy efficiency technology and services in the philippines.

Philippine counterpart, and the Lawrence Berkeley Laboratory, California, U.S.A.

Hawai

Hawaii ian Design

<http://mand.iscd.hawaii.gov/dbedt/crt/hawaiiindesign> (pdf)

Field Guide for Energy performance confort and value in Hawaii home

www.hawaiigov/dbed/crt/fieldguide/fieldguide (pdf)

Hawaii Advanced Building Industry Technologies (HABIT)

State of Hawaii energy - Efficient Building Programs

Enero, 1999.

http://www.naseo.org/energy_sectors/buildings/hawaii.html

Hong Kong

Department of Architecture, The university of Hong Kong, Pokfulam Road, China.

Climatic data for building energy design in Hong Kong and mainland China

World Renewable energy congress VI, 1-7, Julio, 2000.

ltlee@emsd.gov.hk

India

Tata Energy Research Institute

Ministry of Non-conventional Energy Sources

Representative designs of energy-efficient buildings in India.

Ministry of Non-conventional Energy Sources and Tata Energy Research Institute 2001.

Darbari Seth Block, Habitat Place

Lodhi Road, New Delhi-110 003, India.

Tel: +91 11 468 2100, 468 2111

Fax: +91 11 468 2144, 468 2145

e-mail: mailbox@teri.res.in

<http://www.teriin.org>

Indonesia

Department of Architecture

Faculty of Engineering.

Petra Christian University

Surabaya, Indonesia.

Passive Design in Warm-Humid?

A case in climatic Design of a School Building in Surabaya.

1994, 1995 and 1996.

www.hdm1th.se

referencias bibliográficas en internet, por país

México

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)
Berkeley National Laboratory (LBNL)
Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).
Estudios para la elaboración de normas de eficiencia energética en edificaciones
Christopher Heard y Fernando Hernández Pensado
(1995 -1999)
www.conae.gob.mx

Singapur

Energy Audit for Buildings Assoc. Prof. Wong Yew Wah
School of Mechanical and Production Engineering
Nanyang Technological University.
BCA Seminar on Energy Efficiency in Building Design 18 abril, 2001.
Singapore 639798 Tel: 790-5543. Fax: 792-4062
Email: mywwong@ntu.edu.sg

África del Sur

Criteria for the thermal performance of buildings
Copyright. Agrément South Africa, October 2002
<http://www.agrement.cd.za>.

USA

Texas Building Energy Code Compliance Form For Residential
Buildings in Unincorporated Areas.
©2002 TEES, This form may be reproduced but not modified
Energy Systems Laboratory.
Texas A&M University, College Station, Texas 77843
Tel: Toll Free - 877-AnM-CODE (877-266-2633), Fax: 979-862-8687
<http://eslsb5.tamu.edu>

Sitios en internet:

Venezuela:

www.edc.ven.com
www.smartpower.com
www.electriahorro.com/HTML/

México:

www.conae.gob.mx.wb
www.lfc.gob.mx/ahorro.htm

Australia:

www.greenhouse.com

EEUU:

www.eren.doc.gov.building

Hawaii:

www.hawaii.gov

PROPIEDADES TERMO FÍSICAS DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Denominación	Conductividad W/m°C	Densidad Kg/m ³	Calor específico J/kg°C	Cap. Calorífica KJ/m ³ C	Difusividad 10 ⁻⁶ m ² /s
METALES					
Acero	60	7860	460	3616	16.59
Aluminio	206	2700	970	2619	78.66
Bronce	26	8660	340	2944	8.83
Cobre	396	8930	380	3393	116.70
Hierro	79	7800	450	3510	22.51
Latón	111	8520	390	3323	33.41
Plomo	34.9	11340	130	1474	23.67
Zinc	110	7130	388	2766	39.76
MADERAS					
Maderas livianas (pino, cedro, etc.)	0.14	420	2720	1142	0.12
Maderas pesadas (roble, encina, etc.)	0.2	800	2400	1920	0.10
Contrachapado ligero	0.15	560	2500	1400	0.11
Contrachapado pesado	0.15	700	1420	994	0.15
Aglomerado	0.15	800	2100	1680	0.09
CONCRETO					
Concreto armado	1.8	2400	1080	2592	0.69
Concreto celular	0.16	500	840	420	0.38
Concreto con arcilla expansiva	0.5	1250	1000	1250	0.40
Concreto refractario	0.25	1050	837	879	0.28
MAMPOSTERÍA					
Bloque hueco de concreto	0.5	1200	1000	1200	0.42
Bloque hueco de arcilla	0.47	1000	930	930	0.51
Bloque de agregado liviano (Alivén)	0.19	600	1000	600	0.32
Ladrillo macizo	0.84	1700	800	1360	0.62
Ladrillo holandés	1.8	1800	940	1692	1.06
Bloque de concreto celular	0.24	760	1000	760	0.32
Ladrillo refractario	0.84	1800	880	1584	0.53
PASTAS Y MORTEROS					
Mortero de cemento	0.87	1600	1000	1600	0.54
Enlucido de yeso	0.3	800	780	624	0.48
Enlucido de cemento y cal o yeso	0.87	1800	1000	1800	0.48
Mortero sintético	1	1900	1000	1900	0.53
Mastique de pared	0.5	1300	1000	1300	0.38
Pasta de arcilla y materia vegetal	1.18	1800	1250	2250	0.52
SUELOS Y ROCAS					
Arena seca	0.7	1800	790	1422	0.49
Grava	0.36	1840	840	1546	0.23
Arcilla	1.41	1900	1000	1900	0.74
Granito	2.9	2650	900	2385	1.22
Mármol	2.8	2600	800	2080	1.35
Roca porosa en general	2.3	2200	710	1562	1.47
Piedra caliza	3.5	2700	840	2268	1.54

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE MATERIALES Y COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

Denominación	Conductividad W/m°C	Densidad Kg/m ³	Calor específico J/kg°C	Cap. Calorífica KJ/m ³ °C	Difusividad 10 ⁻⁶ m ² /s
PANELES COMUNES					
Panel de fibrocemento	0.12	1161	1512	1058	0.11
Panel de asbesto cemento	0.36	700	1050	735	0.49
Panel de cartón yeso	0.16	950	840	798	0.20
Panel de cartón yeso con perlita	0.18	800	817	654	0.28
Panel de fibra de vidrio	0.035	25	1000	25	1.40
Panel de corcho	0.042	120	1500	180	0.23
MATERIALES AISLANTES					
Fibra vegetal	0.1	500	1000	500	0.20
Fibra de vidrio	0.04	200	670	134	0.30
Fibra de coco	0.05	100	612	61	0.82
Corcho granulado	0.06	100	1500	150	0.40
Fibra mineral	0.06	300	610	183	0.33
Perlita expandida	0.06	170	610	104	0.58
Perlita, vermiculita sueltas	0.07	100	610	61	1.15
Poliestireno expandido (baja densidad)	0.042	15	1400	21	2.00
Poliestireno expandido (densidad mediana)	0.038	24	1400	34	1.13
Poliestireno expandido (alta densidad)	0.036	40	1400	56	0.64
Poliestireno extruido	0.036	30	1400	42	0.86
Poliuretano	0.03	50	1400	70	0.43
Algodón	0.06	50	1750	88	0.69
Tejido de lana	0.05	240	1340	322	0.16
MATERIALES BITUMINOSOS					
Asfalto	0.5	1700	1000	1700	0.29
Fieltro bituminoso	0.5	1700	1000	1700	0.29
Paños de asfalto y asbesto	0.55	1900	837	1590	0.35
Impermeabilizante de mastique y asfalto	1.15	2325	837	1946	0.59
OTROS MATERIALES SINTÉTICOS					
P.V.C	0.16	1379	1004	1385	0.12
Silicón	0.18	700	1004	703	0.26
Goma	0.163	1200	1380	1656	0.10
Goma porosa	0.1	400	1360	544	0.18
Acrílico	0.14	1400	1000	1400	0.10
Caucho	0.13	950	2090	1986	0.07
REVESTIMIENTOS HOMOGÉNEOS					
Teja de arcilla	0.84	1900	800	1520	0.55
Baldosas de gres	1.4	2400	1100	2640	0.53
Baldosas de pizarra	2	2700	753	2033	0.98
Baldosas plásticas	0.5	1950	837	1632	0.31
Baldosas de goma sintética	0.3	1600	2000	3200	0.09
Alfombra sintética	0.06	160	2500	400	0.15
VIDRIOS					
Vidrio en general	0.77	2500	670	1675	0.46
Vidrio de espejo	0.78	2950	738	2177	0.36

Fuente: Elaboración propia con base a estas diferentes fuentes:

CS TB (1979) MEMOSOL Memento d heliotechnique. Energies nouvelles

IFA-Luz (2000) Recomendaciones para mejorar la calidad termica de edificaciones. Comisión para el mejoramiento de la calidad.

KOENIGSBERBE; INGERSOLL, MAYHEW y SZOKOLAY (1977) Viviendas y edificios en zonas Tropicales. Ediciones Paraninfos S.A Madrid

Zielinsky J. (1984) Principios térmico de ingeniería ambiental Apuntes del profesor recopilado por los ingenieros mecánicos Luis Ossa y Armando Rodríguez, FI-UCV

PROPIEDADES SUPERFICIALES DE ACABADOS,
MATERIALES Y COMPONENTES OPACOS

Denominación	Absortividad	Reflectividad	Transmisividad
CERRAMIENTOS OPACOS			
Vidrio negro	1	0	0
Concreto negro	0.91	0.09	0
Ladrillo azul Stafford	0.89	0.11	0
Fieltro bituminoso	0.88	0.12	0
Pizarra azul grisácea	0.87	0.13	0
Cubierta verde	0.86	0.14	0
Concreto marrón	0.85	0.15	0
Pavimento de asfalto	0.82	0.18	0
Madera lisa	0.78	0.22	0
Concreto	0.65	0.35	0
Mármol blanco	0.58	0.42	0
Azulejos blancos	0.58	0.42	0
Ladrillos de brillo claro	0.55	0.45	0
Tejado blanco	0.5	0.5	0
Fieltro bituminoso aluminizado	0.4	0.6	0
Acero galvanizado blanco	0.26	0.74	0
Ladrillo blanco vidriado	0.25	0.75	0
Hoja de aluminio pulido reflectora	0.12	0.88	0
Película aluminizada de mylar	0.12	0.88	0
Superficie de latón	0.05	0.95	0
PINTURAS			
Pintura negra	0.95	0.05	0
Laca negra	0.92	0.08	0
Pintura gris oscuro	0.91	0.09	0
Laca azul oscuro	0.91	0.09	0
Pintura de aceite negra	0.9	0.1	0
Laca azul o verde oscuro	0.88	0.12	0
Pintura marrón oscuro	0.88	0.12	0
Pintura azul grisácea oscuro	0.88	0.12	0
Pintura marrón media	0.84	0.16	0
Pintura marrón media claro	0.8	0.2	0
Laca marrón o verde	0.79	0.21	0
Pintura de óxido media	0.78	0.22	0
Pintura de aceite gris claro	0.75	0.25	0
Pintura de aceite roja	0.74	0.26	0
Pintura verde media opaca	0.59	0.41	0
Pintura anaranjada media	0.58	0.42	0
Pintura amarilla media	0.57	0.43	0
Pintura azul media	0.55	0.45	0
Pintura verde kelly media	0.51	0.49	0
Pintura verde claro	0.47	0.53	0
Pintura de aluminio	0.4	0.6	0
Pintura blanca semi brillante	0.3	0.7	0
Pintura blanca brillante	0.25	0.75	0
Pintura plateada	0.25	0.75	0
Laca blanca	0.21	0.79	0

Fuente: IFA-LUZ, *Recomendaciones para mejorar la calidad térmica de las edificaciones*. Comisión para el mejoramiento de la calidad térmica de las edificaciones y el espacio urbano, Maracaibo, 2000.

PROPIEDADES TERMICA DE VIDRIOS

Denominación	Absortividad	Reflectividad	Transmisividad
VIDRIOS			
Vidrio plano (flotado) de 4 mm	0.11	0.07	0.82
Vidrio plano (flotado) de 6 mm	0.15	0.07	0.78
Vidrio plano (flotado) de 10 mm	0.23	0.07	0.7
Vidrio plano (flotado) de 12 mm	0.27	0.06	0.67
Vidrio plano (flotado) ahumado gris de 4 mm	0.4	0.05	0.55
Vidrio plano (flotado) ahumado gris de 6 mm	0.53	0.05	0.42
Vidrio plano (flotado) ahumado gris de 10 mm	0.71	0.04	0.25
Vidrio plano (flotado) ahumado gris de 12 mm	0.77	0.04	0.19
Vidrio plano (flotado) ahumado bronce de 4 mm	0.36	0.06	0.58
Vidrio plano (flotado) ahumado bronce de 6 mm	0.49	0.05	0.46
Vidrio plano (flotado) ahumado bronce de 10 mm	0.67	0.04	0.29
Vidrio plano (flotado) ahumado bronce de 12 mm	0.73	0.04	0.23
Vidrio plano (flotado) ahumado azul o verde de 6 mm	0.49	0.05	0.46
Vidrio reflectivo plano (flotado) plata de 6 mm ("Suncool classic" 10/23)	0.6	0.32	0.08
Vidrio reflectivo plano (flotado) plata de 10 mm ("Suncool classic" 10/23)	0.62	0.3	0.08
Vidrio reflectivo plano (flotado) bronce de 6 mm ("Suncool classic" 10/24)	0.73	0.21	0.06
Vidrio reflectivo plano (flotado) bronce de 10 mm ("Suncool classic" 10/24)	0.76	0.19	0.05
Vidrio reflectivo plano (flotado) azul de 6 mm ("Suncool classic" 20/33)	0.64	0.21	0.15
Vidrio reflectivo plano (flotado) azul de 10 mm ("Suncool classic" 20/33)	0.66	0.19	0.15
Vidrio reflectivo claro tipo Stopsol de 4mm	0.22	0.25	0.53
Vidrio reflectivo claro tipo Stopsol de 6mm	0.25	0.25	0.5
Vidrio reflectivo claro tipo Stopsol de 8mm	0.28	0.25	0.47
Vidrio reflectivo claro tipo Stopsol de 10mm	0.31	0.24	0.45
Vidrio reflectivo plata tipo Stopsol de 6mm	0.37	0.2	0.43
Vidrio reflectivo bronce tipo Stopsol de 4mm	0.38	0.27	0.35
Vidrio reflectivo bronce tipo Stopsol de 6mm	0.45	0.26	0.29
Vidrio reflectivo bronce tipo Stopsol de 8mm	0.51	0.26	0.23
Vidrio reflectivo bronce tipo Stopsol de 10mm	0.56	0.26	0.18
Vidrio laminado corriente (PVB) claro de 6.38 mm	0.17	0.07	0.76
Vidrio laminado corriente (PVB) claro de 8.38 mm	0.2	0.07	0.73
Vidrio laminado corriente (PVB) gris de 6.38 mm	0.44	0.05	0.51
Vidrio laminado corriente (PVB) gris de 8.38 mm	0.47	0.05	0.48
Vidrio laminado corriente (PVB) bronce de 6.38 mm	0.43	0.05	0.52
Vidrio laminado corriente (PVB) bronce de 8.38 mm	0.45	0.05	0.5
Vidrio laminado corriente (PVB) verde de 6.38 mm	0.3	0.06	0.64
Vidrio laminado corriente (PVB) verde de 8.38 mm	0.33	0.06	0.61

Fuentes: Elaboración propia con base a estas diferentes fuentes:

Base de datos del software de computación APACHE (2002) IES Integrated Environmental Solutions LTD – Glasgow
www. Efficient window.org/glazing

EMISIVIDAD DE DIVERSOS MATERIALES Y ACABADOS

Denominación	Emisividad	Denominación	Emisividad
Acero inoxidable pulido	0.27	Laca negra brillante sobre hierro	0.82
Acero niquelado pulido	0.05	Laca negra mate	0.9
Acero oxidado	0.7	Ladrillo	0.92
Alquitrán	0.8	Ladrillo refractario	0.59
Aluminio bruto	0.05	Latón mate	0.21
Aluminio pulido	0.07	Latón pulido	0.05
Arcilla	0.9	Madera blanca	0.75
Arcilla cocida	0.6	Madera lisa	0.72
Arena	0.6	Mampostería en general	0.91
Barniz de aluminio sobre superficie áspera	0.4	Marmol blanco pulido	0.6
Asbesto cartón	0.96	Mármol gris pulido	0.93
Asbesto papel	0.93	Mortero rugoso	0.88
Barniz blanco	0.9	Pared de ladrillos frisados	0.94
Cal áspera	0.35	Piedra calcárea	0.6
Calcio cal	0.78	Pintura de aceite mate	0.76
Concreto rugoso	0.92	Pintura de aluminio	0.5
Enlucido de yeso liso	0.6	Pintura de cromo verde	0.7
Enlucido de yeso rugoso	0.74	Pintura de óleo de distintos colores	0.95
Esmalte blanco en superficie de hierro	0.9	Pintura de vcoalto azul	0.75
Fundiciones de hierro	0.8	Pizarra	0.66
Granito	0.43	Porcelana	0.94
Hierro brillante corroído	0.16	Porcelana blanca brillante	0.75
Hierro cubierto con óxido rojo	0.7	Vidrio	0.9
Hierro estirado en caliente	0.77	Vidrio mate	0.96
Hierro lámina cubierta con zinc brillante	0.23	Yeso	0.85
Laca negra brillante	0.89	Zinc mate	0.12

Fuente: Elaboración propia con base a estas diferentes fuentes:

CSTB (1979) MEMOSOL Memento d heliotechnique. Energies nouvelles

IFA-Luz (2000) Recomendaciones para mejorar la calidad termica de edificaciones. Comisión para el mejoramiento de la calidad.

Zielinsky J. (1984) Principios térmico de ingeniería ambiental Apuntes del profesor recopilado por los ingenieros mecánicos Luis Ossa y Armando Rodríguez, Escuela de Ingeniería Mecánica FI-UCV

DESFASE Y AMORTIGUAMIENTO DE MATERIALES Y CERRAMIENTOS HOMOGÉNEOS

Denominación	Espesor (cm)	Desfase			Coef. de amortiguamiento
		(horas)	(min)	(seg.)	
METALES					
Acero	0.5	0	2	42	0.99
Aluminio	0.5	0	1	47	1.00
Hierro	0.5	0	1	27	0.99
Latón	0.5	0	1	12	0.99
Zinc	0.5	0	1	6	1.00
MADERAS					
Maderas livianas (pino, cedro, etc.)	1	0	39	25	0.84
	2.5	1	39	33	0.65
	5	3	17	6	0.42
Maderas pesadas (roble, encina, etc.)	1	0	43	45	0.83
	2.5	1	47	54	0.63
	5	3	34	47	0.39
Contrachapado ligero	1	0	42	10	0.83
	2.5	1	45	24	0.63
	5	3	31	48	0.40
Contrachapado pesado	1	0	36	31	0.86
	2.5	1	29	49	0.68
	5	2	58	37	0.46
Aglomerado	1	0	46	11	0.82
	2.5	1	55	28	0.61
	5	3	51	55	0.37
CONCRETO					
Concreto armado	5	1	23	48	0.70
	10	2	46	36	0.49
	15	4	8	24	0.34
	20	5	31	12	0.24
	30	8	17	48	0.12
Concreto celular	5	1	52	48	0.62
	10	3	44	35	0.38
	15	5	35	23	0.23
	20	7	27	10	0.14
	30	11	11	45	0.05
Concreto con arcilla expansiva	5	1	49	6	0.62
	10	3	38	12	0.39
	15	5	27	18	0.24
	20	7	16	24	0.15
	30	10	55	35	0.06
Concreto refractario	5	2	9	22	0.57
	10	4	19	45	0.32
	15	6	28	7	0.18
	20	8	37	29	0.11
	30	12	56	14	0.03

Fuentes: Elaboración propia con base a los datos de la tabla *Propiedades termofísicas de materiales constructivos*. p. 146, 147

DESFASE Y AMORTIGUAMIENTO DE CERRAMIENTOS HOMOGÉNEOS

Denominación	Espesor (cm)	Desfase (horas) (min) (seg.)			Coef. de amortiguamiento
MAMPOSTERÍA					
Bloque hueco de concreto	6	2	8	16	0.57
	10	3	34	47	0.39
	15	5	21	41	0.25
	20	7	8	35	0.16
Bloque hueco de arcilla	6	1	56	28	0.60
	10	3	14	7	0.43
	15	4	51	11	0.28
	20	6	28	14	0.18
Bloque de agregado liviano (Alivén)	10	4	5	14	0.34
	15	6	8	51	0.20
	20	8	10	28	0.12
Ladrillo macizo	6	1	45	21	0.63
	10	2	56	36	0.47
	15	4	23	23	0.32
	20	5	51	11	0.22
Bloque de concreto celular	10	4	6	34	0.34
	15	6	8	22	0.20
	20	8	11	9	0.12
Ladrillo refractario	6	1	54	42	0.61
	10	3	10	30	0.44
	15	4	44	15	0.29
	20	6	19	0	0.19
PANELES COMUNES					
Panel de fibrocemento	2	1	22	58	0.70
Panel de asbesto cemento	2	0	39	26	0.84
Panel de cartón yeso	2	1	2	38	0.76
Panel de cartón yeso con perlita	2	0	53	36	0.80
Panel de fibra de vidrio	2	0	23	20	0.90
Panel de corcho	2	0	57	8	0.78
Panel de junco	2	0	44	4	0.83
Panel de concreto prefabricado	2	0	35	53	0.86
MATERIALES AISLANTES					
Poliestireno expandido (baja densidad)	5	0	49	47	0.81
Poliestireno expandido (densidad mediana)	5	1	5	53	0.75
Poliestireno expandido (alta densidad)	5	1	26	3	0.69
Poliuretano	5	1	45	24	0.63
MATERIALES ASFÁLTICOS					
Fieltro bituminoso	1	0	25	27	0.90
VIDRIOS					
Vidrio corriente	0.6	0	12	13	0.95

Fuentes: Elaboración propia con base a los datos de la tabla *Propiedades termofísicas de materiales constructivos*. p. 146, 147

AMORTIGUAMIENTO Y DESFASE DE CERRAMIENTOS HETEROGÉNEOS DE TECHOS Y PAREDES

Tipo de componente	Composición (Ext._ Int.)	Espesor de cada capa (cm)	Desfase	Coefficiente de amortiguamiento	Clasificación (*) Inercia Térmica
Techo	Fibra de vidrio	4	11 h 50'	0,046	fuerte
	Concreto	10			
Techo	Concreto	10	3 h	0,45	media
	Fibra de vidrio	4			
Techo	Lamina de Zinc	0.5	0 h 16'	1,00	débil
Pared	Yeso		10 h	0,073	fuerte
	Concreto macizo	1,5			
	Cámara de aire	10			
	Concreto macizo	10			
Pared	Yeso	1,5	10 h 50'	0,056	fuerte
	Concreto poroso	10			
	Cámara de aire	10			
	Concreto poroso	1,5			
Pared	Yeso	1,5	8 h 45'	0,10	fuerte
	Bloques huecos	10			
	Cámara de aire				
	Bloques huecos	10	10 h	0,073	fuerte
Pared	Adobe	15			
	Cámara de aire		10 h	0,073	fuerte
Pared	Adobe	15			
	Friso	2,5			
	Bloque hueco terracota	10	8 h	0,10	fuerte
	Friso	2,5			
Pared	Concreto	15	4 h 40"	0,30	fuerte

(*)Se establecieron los rangos de la siguiente manera:

Baja (desfase entre 0 h a 1h 30')

Media (desfase entre 1h 35' a 3h 30') y **Fuerte** (desfase mas de 3h 35')

Fuentes: Cálculo propio con base a datos de propiedades térmicas de estas fuentes:

Dreyfus J. (1960) Le confort dans l'habitat en pays tropical, Editions Eyrolles Paris.

KOENIGSBERBE; INGERSOLL, MAYHEW y SZOKOLAY (1977) Viviendas y edificios en zonas Tropicales. Ediciones Paraninfos S.A Madrid

TRANSMITANCIA Y RESISTENCIA TÉRMICA DE COMPONENTES DE PAREDES

	Transmitancia (W/m ² °C)	Resistencia (m ² °C/W)
PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA		
Pared de bloques de arcilla de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	2.45	0.41
Pared de bloques de arcilla de 15 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.94	0.51
Pared de bloques de arcilla de 20 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.61	0.62
Pared de bloques de arcilla de 15 cm Revestimiento exterior de lajas de ladrillos de arcill Friso interior de yeso	1.85	0.54
Pared doble de bloques de arcilla de 10 cm Cámara de aire de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.25	0.80
Pared aislante doble de bloques de arcilla de 10 cm Panel de poliuretano de 6 cm embutido Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.26	3.78
PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO		
Pared de bloques de concreto de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	2.53	0.40
Pared de bloques de concreto de 15 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	2.02	0.50
Pared de bloques de concreto de 20 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.68	0.60
Pared de bloques de concreto de 20 cm Revestimiento exterior de piedra natural Friso interior de yeso	1.67	0.60
Pared de bloques de arcilla de 15 cm Revestimiento exterior de lajas de ladrillos de arcill Friso interior de yeso	1.92	0.52
Pared doble de bloques de concreto de 10 cm Cámara de aire de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.29	0.78
Pared aislante doble de bloques de concreto de 10 cm Panel de poliuretano de 6 cm embutido Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.25	3.93

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE MATERIALES Y COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

	Transmitancia (W/m ² °C)	Resistencia (m ² °C/W)
PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO DE AGREGADO LIVIANO (ALIVÉN)		
Pared de bloques Alivén de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.39	0.72
Pared de bloques Alivén de 15 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.02	0.98
Pared de bloques Alivén de 20 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.80	1.25
Pared de bloques Alivén de 15 cm Revestimiento exterior de lajas de ladrillos de arcill Friso interior de yeso	0.99	1.01
Pared doble de bloques Alivén de 10 cm Cámara de aire de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.70	1.43
Pared aislante doble de bloques Alivén de 10 cm Panel de poliuretano de 10 cm embutido Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.22	4.58
PAREDES DE LADRILLOS MACIZOS DE ARCILLA		
Pared de ladrillos macizos de arcilla de 6 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	3.75	0.27
Pared de ladrillos macizos de arcilla de 10 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	3.18	0.31
Pared de ladrillos macizos de arcilla de 12 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	2.96	0.34
Pared doble de ladrillos macizos de arcilla de 6 cm Cámara de aire de 6 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.63	0.61
Pared aislante doble de ladrillos de arcilla de 6 cm Panel de poliuretano de 5 cm embutido Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.48	2.10
PAREDES DE PANELES DE CONCRETO PREFABRICADO		
Pared de paneles de concreto prefabricado de 3 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	4.62	0.22
Panel de paneles de concreto prefabricado de 5 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	4.33	0.23

	Transmitancia (W/m ² °C)	Resistencia (m ² °C/W)
Pared doble de paneles de concreto prefabricado de 3 cm c/u Cámara de aire de 5 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	2.39	0.42
Pared doble de paneles de concreto prefabricado de 5 cm c/u Cámara de aire de 5 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	2.24	0.45
Pared doble aislante de paneles concreto prefabricado de 3 cm c/u Panel de poliuretano de 5 cm embutido Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.27	3.67
PAREDES DE PANELES DE FIBROCEMENTO		
Pared de paneles de fibrocemento de 1,1 cm	3.53	0.28
Pared doble de paneles de fibrocemento de 1,1 cm c/u Cámara de aire de 5 cm Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	1.15	0.87
Pared doble aislante de paneles de fibrocemento de 1,1 cm c/u Panel de poliuretano de 5 cm embutido Friso exterior de cemento y cal Friso interior de yeso	0.19	5.19
PAREDES DE MADERA		
Pared de madera pesada de 3 cm	3.43	0.29
Pared de madera pesada de 5 cm	2.26	0.44
Pared de madera liviana de 3 cm	2.99	0.33
Pared de madera liviana de 5 cm	1.82	0.55
Doble pared de madera liviana de 2 cm cada capa Cámara de aire de 5 cm	1.52	0.66
Doble pared de madera liviana de 2 cm cada capa Filtro de fibra mineral embutido de 2 cm	1.23	0.81
Doble pared aislante de madera liviana de 2 cm cada capa Panel de poliuretano de 5 cm embutido	0.47	2.14
PAREDES DE VIDRIO		
Pared de vidrio laminado convencional (PVB) claro o coloreado de espesor de 8 a 10 mm.	5.9	0.17
Pared de vidrio plano (flotado) claro de espesor de 10 a 15 mm	5.7	0.18
Pared de vidrio plano (flotado) claro de espesor 12 mm	5.6	0.18
Pared de vidrio plano (flotado) coloreado de espesor 20 mm	6.1	0.16
PAREDES DE CARTÓN YESO		
Pared de cartón yeso de 3 cm	2.64	0.38
Pared de cartón yeso de 5 cm	1.98	0.50
Pared de cartón yeso de 10 cm	1.22	0.82
Doble pared de cartón yeso de paneles de 3 cm c/u con cámara de aire de 5 cm	1.34	0.75
Doble pared de cartón yeso de paneles de 3 cm c/u con panel de poliuretano embutido de 5 cm	0.56	1.79

Fuentes: Elaboración propia con base a los datos de la tabla *Propiedades termofísicas de materiales constructivos*. p. 146, 147

TRANSMITANCIA Y RESISTENCIA TÉRMICA DE COMPONENTES DE DE TECHOS

	Transmitancia (W/m ² C)	Resistencia (m ² C/W)
TECHOS A BASE DE CONCRETO VACIADO		
Losa maciza de concreto de 10 cm obra limpia	4.53	0.22
Losa maciza de concreto de 15 cm obra limpia	4.03	0.25
Losa maciza de concreto de 20 cm obra limpia	3.62	0.28
Losa maciza de concreto de 25 cm obra limpia	3.29	0.30
Losa maciza de concreto de 20 cm	3.07	0.33
Machihembrado de madera de 0.8 cm		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Impermeabilizante asfáltico	3.05	0.33
Machihembrado de madera de 0.8 cm		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Teja criolla	3.25	0.31
Friso interior		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Con revestimiento de pliego asfáltico o teja asfáltica	3.33	0.30
Friso interior		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Teja criolla	1.61	0.62
Pliego de fibra mineral de 2 cm		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Teja criolla	1.06	0.95
Panel de poliuretano de 2 cm		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Teja criolla	0.51	1.95
Panel de poliuretano de 5 cm		
Losa maciza de concreto de 20 cm		
Teja criolla	0.68	1.46
Cámara de aire de 10 cm y cielo raso de poliuretano de 2 cm		
Losa nervada o reticular de concreto de 20 cm		
Teja criolla	2.32	0.43
Tabelones de arcilla de 6 cm		
Friso interior		
Losa nervada o reticular de concreto de 25 cm		
Teja criolla	1.59	0.63
Bloques de arcilla de 15 cm		
Friso interior		
Losa nervada o reticular de concreto de 25 cm		
Teja criolla	0.48	2.08
Tabelones de arcilla de 6 cm		
Panel aislante de poliuretano de 5 cm		

	Transmitancia (W/m ² °C)	Resistencia (m ² C/W)
Losa nervada o reticular de concreto de 25 cm		
Teja criolla	0.92	1.09
Bloques de concreto de agregado liviano de 15 cm		
Friso interior		
Losa nervada o reticular de concreto de 25 cm		
Teja criolla	0.37	2.73
Bloques de concreto de agregado liviano de 15 cm		
Panel aislante de poliuretano de 5 cm		
Losa nervada o reticular de concreto de 25 cm		
Teja criolla	0.34	2.91
Bloques de concreto de agregado liviano de 15 cm		
Cielo raso de poliuretano de 5 cm y cámara de aire de 10 cm		
Losa nervada o reticular de concreto de 25 cm		
Teja criolla	0.76	1.32
Bloques de concreto de agregado liviano de 15 cm		
Machihembrado de madera de 1 cm		

TECHOS A BASE DE PANELES DIVERSOS Y TABELONES

Techo de paneles de concreto prefabricado de 3 cm		
Teja criolla	4.28	0.23
Impermeabilizante asfáltico		
Friso interior		
Techo de paneles de concreto prefabricado de 3 cm		
Lámina asfáltica	4.47	0.22
Impermeabilizante asfáltico		
Friso interior		
Techo de paneles de fibrocemento de 1.1 cm		
Impermeabilizante asfáltico	3.65	0.27
Cubierta de lámina asfáltica		
Friso interior de mastique		
Techo de paneles de fibrocemento de 1.1 cm		
Teja criolla	3.51	0.28
Impermeabilizante asfáltico		
Friso interior de mastique		
Techo de paneles de fibrocemento de 1.1 cm		
Teja criolla	0.79	1.27
Impermeabilizante asfáltico		
Paneles de poliuretano de 3 cm		
Techo de paneles de fibrocemento de 1.1 cm		
Teja criolla	0.69	1.45
Impermeabilizante asfáltico		
Cielo raso de paneles de poliuretano de 3 cm con cámara de aire de 10 cm		

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE MATERIALES Y COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

	Transmitancia (W/m ² °C)	Resistencia (m ² °C/W)
Techo de paneles de fibrocemento de 1.1 cm Capa vaciada de mortero de 1.5 cm Friso interior	3.40	0.29
Techo de paneles de fibrocemento de 1.1 cm Capa vaciada de mortero de 1,5 cm Teja criolla Friso interior	3.23	0.31
Techo de tabelones de 6 cm Impermeabilizante asfáltico Cubierta metálica de aluminio	3.37	0.30
Techo de tabelones de 6 cm Impermeabilizante asfáltico Cubierta de lámina asfáltica	3.35	0.30
Techo de tabelones de 6 cm Impermeabilizante asfáltico Cubierta de lámina asfáltica Capa de aislante de poliuretano de 3 cm	0.77	1.30
Techo de tabelones de 6 cm Impermeabilizante asfáltico Cubierta de lámina asfáltica Capa de aislante de poliuretano de 3 cm dejando cámara de aire de 10 cm	0.68	1.48
TECHOS DE MADERA		
Techo de madera pesada de 3 cm Fieltro bituminoso Teja criolla	2.86	0.35
Techo de madera liviana de 3 cm Fieltro bituminoso Teja criolla	2.42	0.41
Techo de madera pesada de 3 cm Fieltro bituminoso Lámina de aluminio	2.99	0.34
Techo de madera pesada de 3 cm Fieltro bituminoso Lámina asfáltica	2.99	0.34
Techo de madera liviana de 3 cm Pliego asfáltico Capa de mortero de 2 cm Paneles de poliuretano de 3 cm	0.71	1.41
Techo de madera liviana de 3 cm Pliego asfáltico Teja criolla Capa de mortero de 2 cm Paneles de poliuretano de 3 cm	0.70	1.42

	Transmitancia (W/m ² °C)	Resistencia (m ² °C/W)
Techo de madera liviana de 3 cm		
Pliego asfáltico		
Teja criolla	0.63	1.60
Capa de mortero de 2 cm		
Paneles de poliuretano de 3 cm dejando cámara de aire de 5 cm		
TECHOS LIVIANOS		
Techo de lámina de aluminio	6.06	0.17
Techo de lámina de zinc	6.06	0.17
Techo de lámina asfáltica	5.99	0.17
Techo de lámina de aluminio	0.86	1.17
Panel de poliuretano de 3 cm		
Techo de lámina de aluminio	0.74	1.35
Panel de poliuretano de 3 cm dejando cámara de aire de 10 cm		

Fuentes: Elaboración propia con base a los datos de la tabla *Propiedades termofísicas de materiales constructivos*, p. 146, 147