

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123it.com

## **Vivienda Ecológica Sustentable** **CA 73**

### **Sustentabilidad en la Edificación**

**Mtra. en Arq. Rosalía Manríquez Campos**

**01 al 10 de agosto de 2011**

**Vivienda y el Clima**

Presenta

Mtra. en Arq. **Rosalía Manríquez Campos**

*Sociedad de Arquitectos Electrónicos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

*Sociedad de Arquitectos Electrónicos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Fuentes de Energía**

*Sociedad de Arquitectos Electrónicos de México, A.C.*

---

---

---

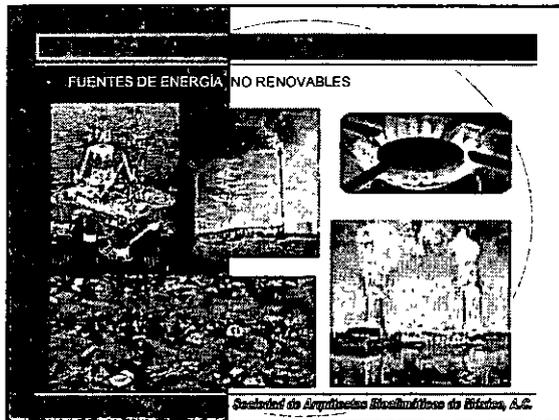
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

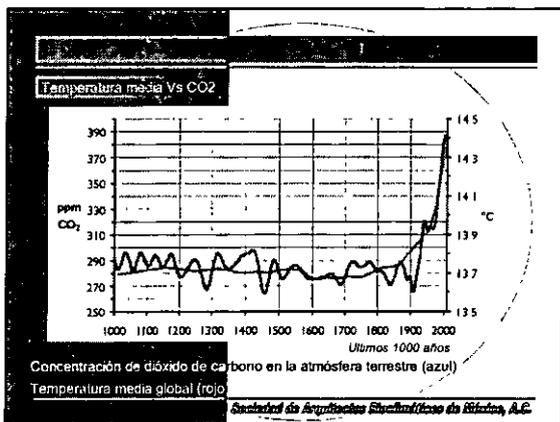
---

---

---

---

---




---

---

---

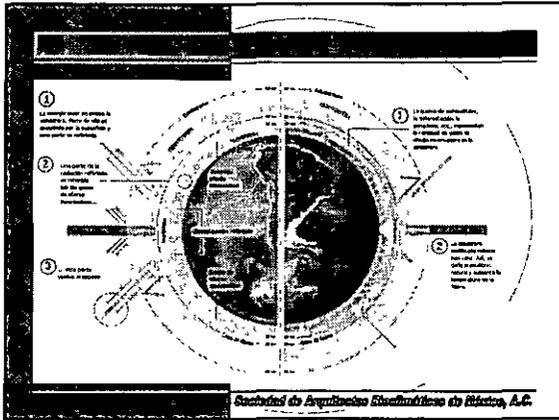
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

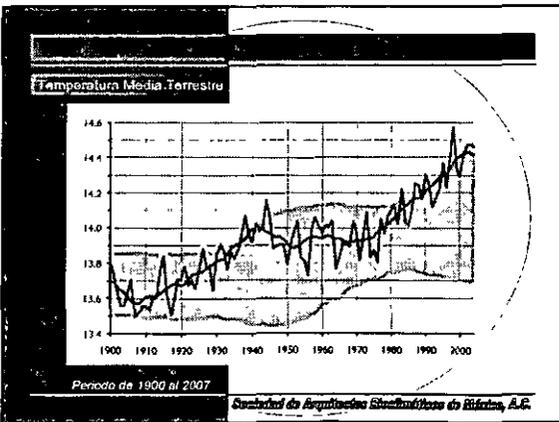
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

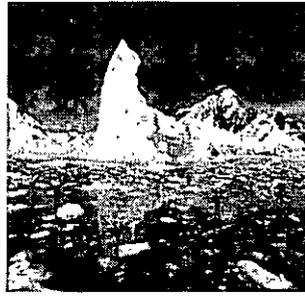
---

### Derretimiento de los polos

La pérdida de glaciares y de los casquetes polares durante este siglo puede ser responsable de hasta un 80% de la subida del nivel del mar, lo que supone entre 10 y 25 centímetros.

Si llegasen a fundirse completamente, el aumento del nivel del agua sería de un metro.

Mark F. Meier  
University of Colorado  
USA



Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

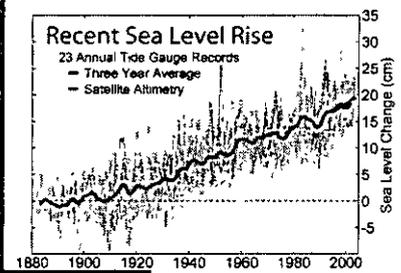
---

---

---

---

### Elevación del nivel del mar



Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Consumo final de Energía

#### Consumo de Energía por Sectores



Residencial Transporte Agropecuario Industria

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

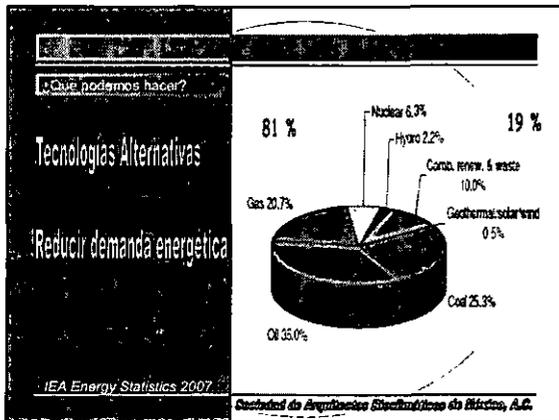
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

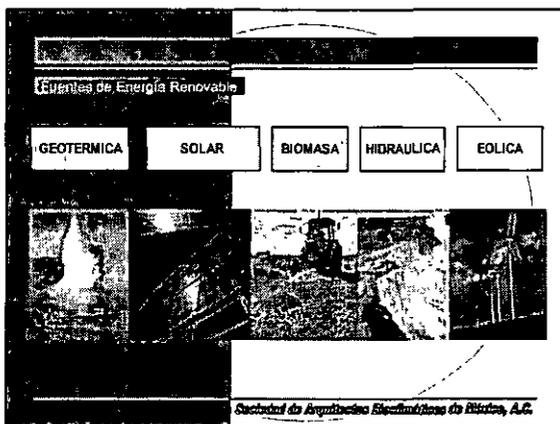
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

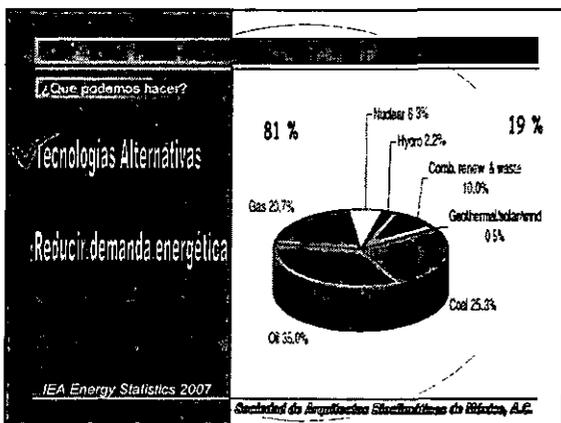
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

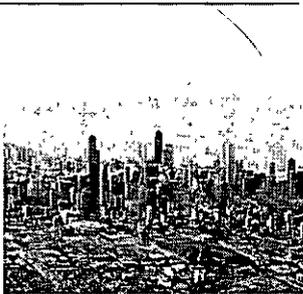
**Antecedentes**

Los Edificios consumen:

- 40% de la energía
- 70% de la electricidad
- 88% del agua potable

Los Edificios contribuyen:

- 40 a 50 % de emisiones de GI
- 65% de los desechos sólidos



Source: www.USGBC.org  
From Metropols website. Data from Ed. Marz

**Sociedad de Arquitectos Bioconstruccionistas de México, A.C.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

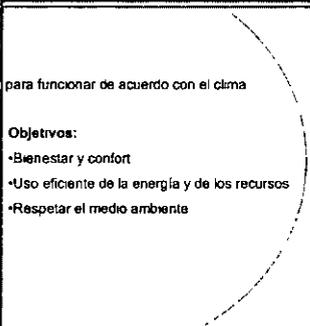
---

**Arquitectura Bioclimática**

Es la Arquitectura proyectada para funcionar de acuerdo con el clima

**Objetivos:**

- Bienestar y confort
- Uso eficiente de la energía y de los recursos
- Respetar el medio ambiente



**Sociedad de Arquitectos Bioconstruccionistas de México, A.C.**

---

---

---

---

---

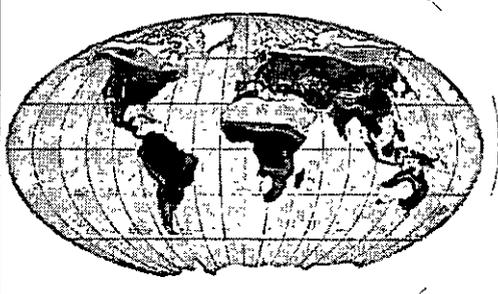
---

---

---

---

---



**Sociedad de Arquitectos Bioconstruccionistas de México, A.C.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**CLIMA**

Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una zona geográfica.

El Clima es uno de los factores más importantes en el diseño

*Sociedad de Arquitectos Sociocriticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

*Sociedad de Arquitectos Sociocriticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Clima: Polar**

**POLAR**

*Sociedad de Arquitectos Sociocriticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

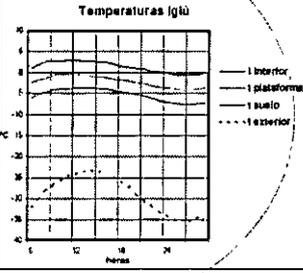
---

**Clima Polar**



igloos en Alaska, Estados Unidos

**Temperaturas Igloù**



Horas	Interior (C)	plataforma (C)	suelo (C)	exterior (C)
1	5	2	0	-15
2	5	2	0	-15
3	5	2	0	-15
4	5	2	0	-15
5	5	2	0	-15
6	5	2	0	-15
7	5	2	0	-15
8	5	2	0	-15
9	5	2	0	-15
10	5	2	0	-15
11	5	2	0	-15
12	5	2	0	-15
13	5	2	0	-15
14	5	2	0	-15
15	5	2	0	-15
16	5	2	0	-15
17	5	2	0	-15
18	5	2	0	-15
19	5	2	0	-15
20	5	2	0	-15
21	5	2	0	-15
22	5	2	0	-15
23	5	2	0	-15
24	5	2	0	-15

Sociedad de Arquitectos Electrónicos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Clima Frio de Montaña**



Sociedad de Arquitectos Electrónicos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Tundra**



Yurta, Afganistan

Sociedad de Arquitectos Electrónicos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

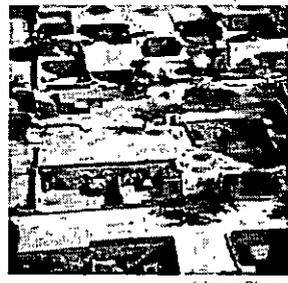
---

---

---

**Clima Continental**





Viviendas Traquelet's Boljin e Irán

Loess, China

Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Clima Mediterráneo**

•Pórtico




Vivienda, Italia

Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

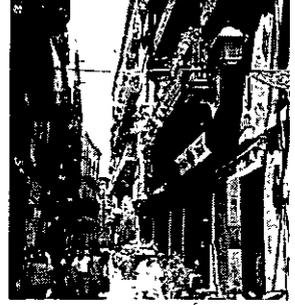
---

---

---

**Clima Mediterráneo**

•Densidad y Masa

Barcelona, España

Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Clima Mediterráneo

Masa Térmica




Santorini, Grecia

Sociedad de Arquitectos Españoles de México, A.P.

---

---

---

---

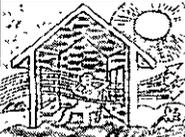
---

---

---

---

Clima Subtropical




New Orleans, USA

Sociedad de Arquitectos Españoles de México, A.P.

---

---

---

---

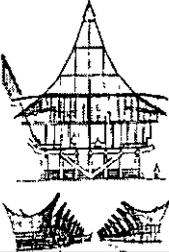
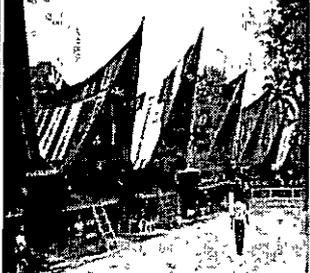
---

---

---

---

Seta Tropical

Viviendas de la Tribu Batak, Sumatra

Sociedad de Arquitectos Españoles de México, A.P.

---

---

---

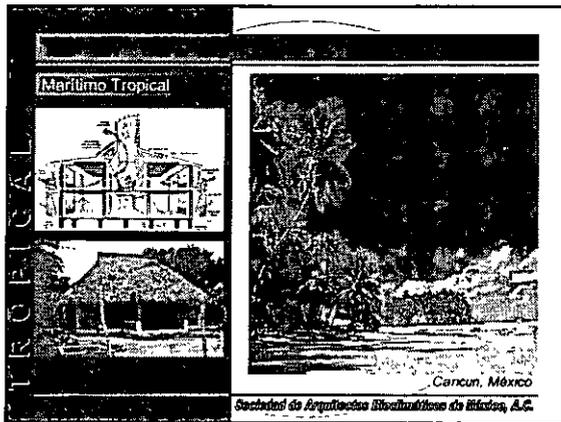
---

---

---

---

---




---

---

---

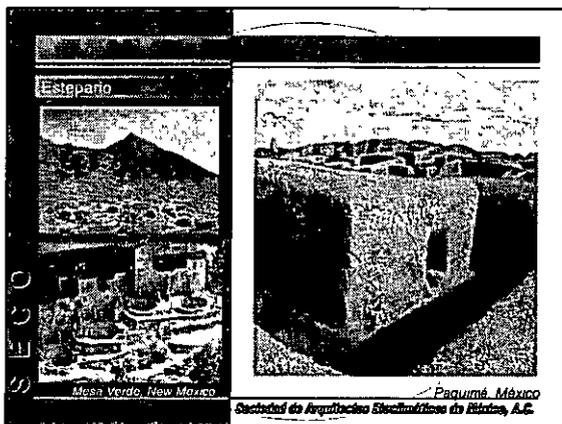
---

---

---

---

---




---

---

---

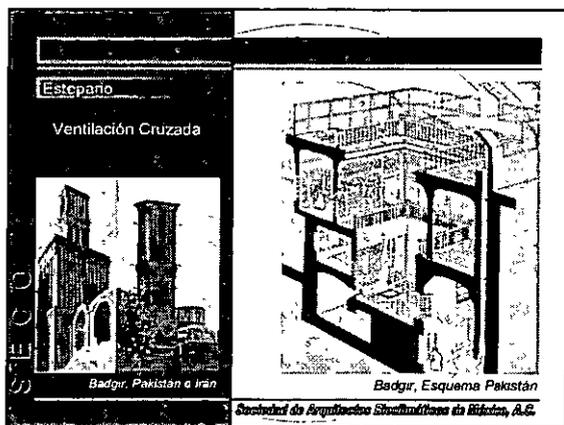
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Desierto

Egipto

Desierto Negov, Israel

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Desierto

Marruecos

Kasbah Marruecos

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Desierto

Sook, Marruecos

Patio, Fez

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Herramientas Bioclimáticas**  
 \*Geometría Solar

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Dispositivos de control Solar**

**Celosia**

*Institut du Monde Arabe Jean Nouvel*  
*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Dispositivos de control Solar**

*Menil Collection Museum, Houston, Texas*  
*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

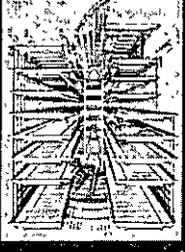
---

---

---

---

Dispositivos Solares




Hongkong and Shanghai Bank, Norman Foster  
 Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

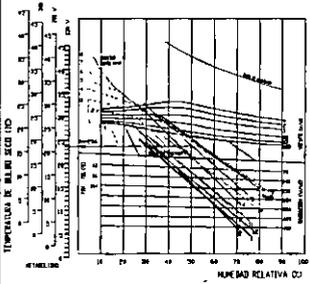
---

---

---

Herramientas Bioclimáticas

• Carta Bioclimática



Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

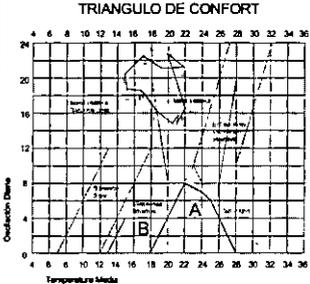
---

---

---

Herramientas Bioclimáticas

• Triángulo de Confort



TRIANGULO DE CONFORT

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

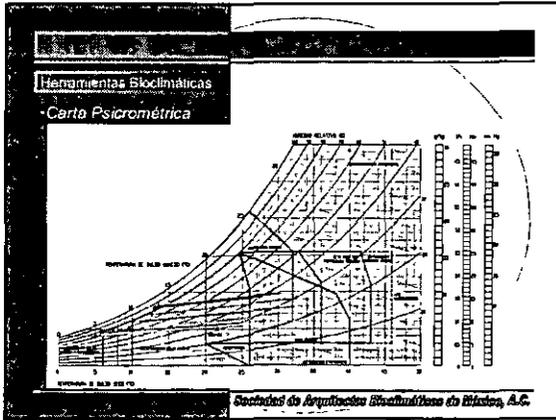
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---






---

---

---

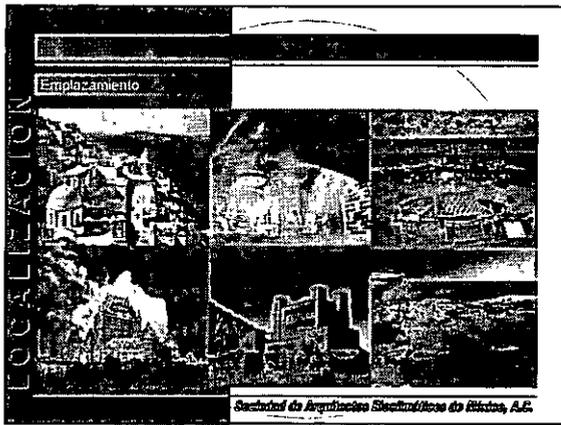
---

---

---

---

---




---

---

---

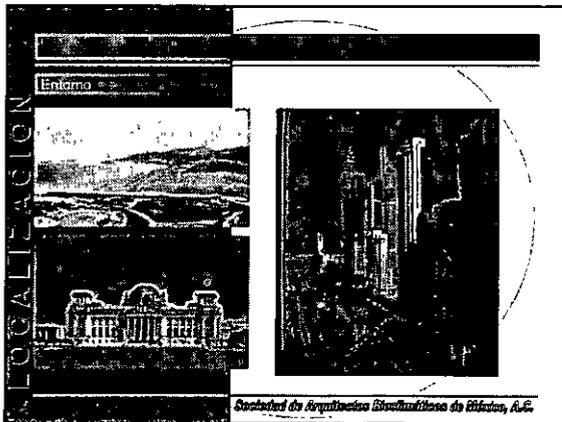
---

---

---

---

---




---

---

---

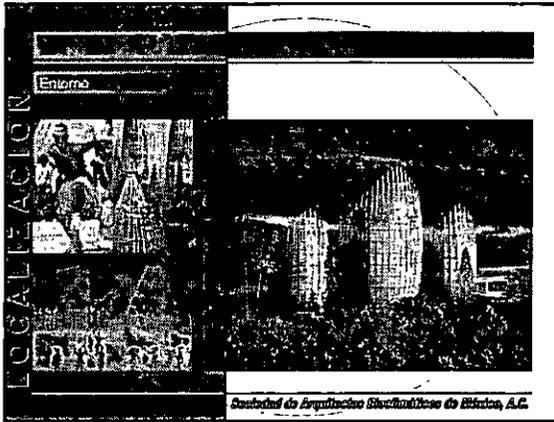
---

---

---

---

---



---

---

---

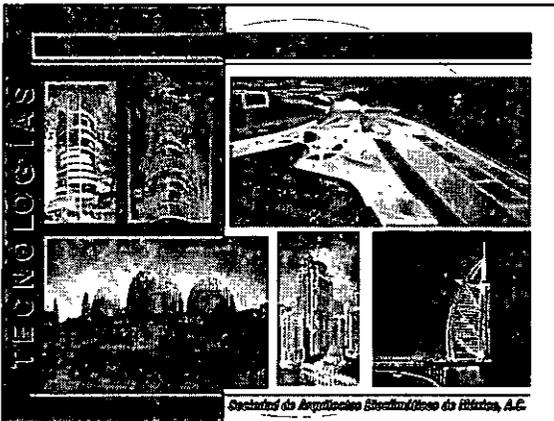
---

---

---

---

---



---

---

---

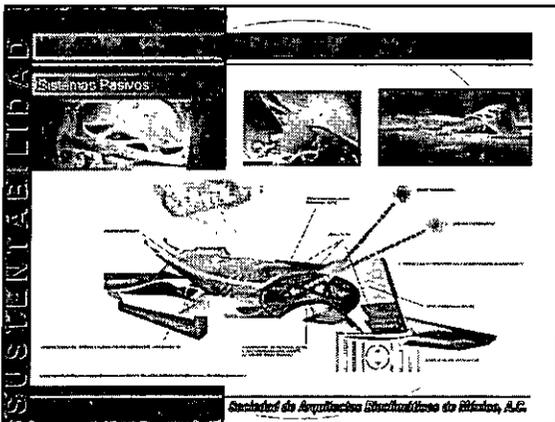
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



**Ciudades Sustentables**

- Condiciones climáticas
- Sitios adecuados
- Reutilización de edificios
- Proteger áreas naturales

**Agrupación Bioclimática**

21°C a 26°C

1000 mm a 650 mm

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ciudades Sustentables**

- Reducción del automóvil
- Transporte público limpio

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Materiales y Recursos**

- Construcción
- Operación
- Mantenimiento

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Materiales y Recursos**

- Reutilización de materiales
- Uso de madera certificada
- Separación de residuos



*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

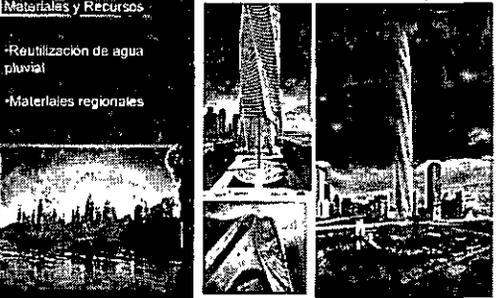
---

---

---

**Materiales y Recursos**

- Reutilización de agua pluvial
- Materiales regionales



*Chicago Spire - Santiago Calatrava*

*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**CONCLUSIONES**

**Desarrollo Sustentable**

El desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.



*Jean René Tjebou Naurée      Renzo Piano*

*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Conclusiones**

- Rescatar de los sistemas constructivos tradicionales.
- Aprovechar los materiales constructivos propios de la región.
- Hacer Uso eficiente de la energía y los recursos.
- Mejorar y preservar del medio ambiente.

*"Aunque con frecuencia es económico convertir edificios existentes para obtener mejor eficiencia energética, siempre será más económico hacerlos eficientes, en el momento de ser diseñados y contruados"*

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Gracias por su atención**

Mtra en Arq. Rosalia Manriquez Campos  
 Directora de Actividades Profesionales  
 Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México  
[www.sabdemexico.org](http://www.sabdemexico.org)  
 actividadesprofesionales@sabdemexico.org  
 Tel. 5373 5317.

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

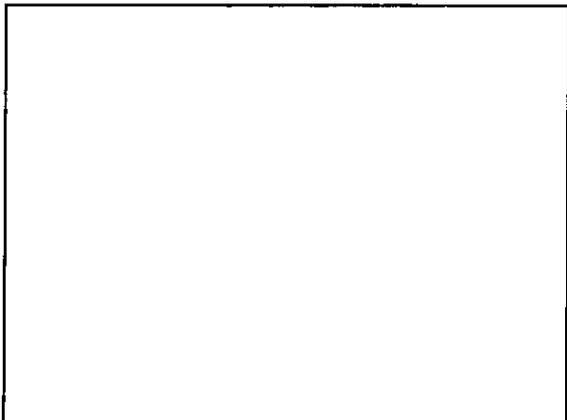
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123H.com

# **Vivienda Ecológica Sustentable**

## **CA 73**

### **Estrategias Bioclimáticas**

**Mtra. en Arq. Rosalía Manríquez Campos**

**01 al 10 de agosto de 2011**

# **Recomendaciones Bioclimáticas para viviendas**

## Recomendaciones bioclimáticas para el diseño urbano

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
Agrupamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaciamiento entre edificios en sentido SE-NO, 1:7 veces la altura del edificio</li> <li>• Otras orientaciones lo más próximo posible para aprovechar las sombras proyectadas</li> <li>• Espacios exteriores diseñados como recintos donde se generen microclimas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo tablero de ajedrez</li> <li>• Espaciamiento entre viviendas</li> <li>• Mínimo 1 altura de las viviendas</li> <li>• En sentido de los vientos dominantes 3 alturas de la vivienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo: tablero de ajedrez</li> <li>• Espaciamiento entre edificios</li> <li>• Mínima: una vez la altura de los edificios</li> <li>• En el sentido de los vientos dominantes tres veces la altura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que deje circular el viento dominante</li> <li>• Tipo tablero de ajedrez</li> <li>• Espaciamiento entre viviendas en el sentido de los vientos dominantes, tres veces la altura de las viviendas</li> <li>• Mínima, una vez la altura, perpendicular a los vientos</li> </ul>
Orientación de los edificios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía SE</li> <li>• Doble crujía N-S, con dispositivos de control solar en ambas fachadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De una y doble crujía al SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía: al eje eólico</li> <li>• Doble crujía: N-S no recomendable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía al SE</li> <li>• Doble crujía N-S, no se recomienda</li> </ul>
Espacios exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: densamente arboladas con vegetación caducifolia</li> <li>• Vegetación perenne como control de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas sombreadas</li> <li>• Andadores angostos y sombreados</li> <li>• Acabados de piso permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: densamente arboladas con vegetación perenne</li> <li>• Andadores: Mínimas dimensiones, mínimo pavimento; sombreados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas amplias, sombreadas en verano, soleadas en invierno, abiertas a los vientos dominantes, como barreras vegetales</li> </ul>

	<b>Bioclima cálido seco</b>	<b>Bioclima cálido semihúmedo</b>	<b>Bioclima cálido húmedo</b>	<b>Bioclima templado húmedo</b>
<b>Espacios exteriores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: densamente arboladas con vegetación caducifolia</li> <li>• Vegetación perenne como control de vientos fríos</li> <li>• Andadores: mínimas dimensiones, mínimo pavimento sombreado en verano; soleados en invierno</li> <li>• Acabados de piso: permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas sombreadas</li> <li>• Andadores angostos y sombreados</li> <li>• Acabados de piso permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: densamente arboladas con vegetación perenne</li> <li>• Andadores: Mínimas dimensiones, mínimo pavimento; sombreados todo el año</li> <li>• Acabados de piso: permeables, que dejen pasar el agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: amplias, sombreadas en verano; soleadas en invierno, abiertas a los vientos dominantes; como barreras vegetales al suroeste, oeste y noroeste</li> <li>• Andadores cubiertos, sombreados en invierno</li> <li>• Acabados de piso, antideslizantes, buena pendiente</li> </ul>
<b>Vegetación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja caduca, en plazas y andadores. De hoja perenne en estacionamientos</li> <li>• Distancia entre árboles que den sombra continua</li> <li>• Arbustos: barreras de viento frío en plazas y andadores</li> <li>• Cubresuelos con mínimo requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja perenne para plazas, plazoletas, andadores y estacionamientos</li> <li>• Arbustos como canalizadores de viento en plazas y plazoletas</li> <li>• Cubresuelos, especies con menor requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles: de hoja perenne en plazas, andadores y estacionamientos. Distancia entre árboles que den sombra continua: Como barreras de nortes</li> <li>• Arbustos: como conductores de vientos</li> <li>• Cubresuelos: bajos en la dirección de los vientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles en plazas y plazoletas como protección solar y canalizadores de vientos, hoja caduca al noreste, sur, perennes al noroeste-sureste y protección de estacionamiento.</li> <li>• Arbustos en plazas y plazoletas, como canalizadores de viento</li> <li>• Cubresuelos, no hay requerimientos particulares</li> </ul>

Recomendación	Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
<b>Agrupamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar edificios más altos al N del conjunto, más bajos al S</li> <li>• Espaciamiento entre edificios 1.7 veces la altura de los edificios en el eje térmico</li> <li>• Mínimo una vez la altura de los edificios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar sombreado entre viviendas en orientación norte-sur</li> <li>• Ubicar viviendas altas al norte y de menor altura al sur</li> <li>• Viviendas alineadas con los vientos</li> <li>• Espaciamiento entre viviendas, óptimo 1.7 veces la altura de la vivienda</li> <li>• Mínima una vez la altura de la vivienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar sombreado entre viviendas en orientación norte-sur</li> <li>• Ubicar viviendas más altas al norte del conjunto y más bajas al sur</li> <li>• Viviendas alineadas</li> <li>• Espaciamiento entre viviendas 1.7 veces la altura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar sombreado entre edificios en orientación NS</li> <li>• Ubicar edificios más altos al N del conjunto y más bajos al S</li> <li>• Espaciamiento entre edificios al eje térmico 1.7 veces la altura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viviendas más altas al norte del conjunto, las más bajas al sur</li> <li>• Agrupadas entre sí para evitar pérdidas de calor y protegerse de vientos fríos</li> <li>• Espaciamiento entre las viviendas: Óptima en sentido norte-sur, 1.7 veces la altura de la vivienda</li> <li>• Mínima, una vez la altura</li> </ul>
<b>Orientación de los edificios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía SE</li> <li>• Doble crujía NE-SO (con dispositivo de control solar para las tardes en primavera)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía S-SE</li> <li>• Doble crujía NE-SO, con dispositivos de control solar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía S-SE</li> <li>• Doble crujía NE-SO, no se recomienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía rango S-SE</li> <li>• Doble crujía NE-SO, no se recomienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía S-SE</li> <li>• Doble crujía este y oeste, no recomendable</li> </ul>
<b>Espacios exteriores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: Sombreados en verano, despejados en invierno</li> <li>• Conformarlas con elementos naturales y construidos con fuertes de agua y con barreras vegetales para los vientos</li> <li>• Andadores: sombreadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas, plazoletas y andadores, sombreados en verano</li> <li>• Acabados de piso, porosos que absorban y retengan la humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas despejadas en invierno, sombreadas en verano</li> <li>• Andadores amplios, despejados en invierno, sombreados en verano</li> <li>• Estacionamientos sombreados en verano</li> <li>• Acabados de piso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: despejadas en invierno, sombreados en verano</li> <li>• Andadores: amplios, despejados en invierno, sombreados en verano</li> <li>• Estacionamientos: sombreados invierno y verano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: Espacios cerrados por las viviendas y barreras vegetales contra vientos</li> <li>• Andadores: Protegidos con aleros o pasillos cubiertos</li> <li>• Acabados de pisos: Pesados.</li> </ul>

	Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
<b>Espacios exteriores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: Sombreados en verano, despejados en invierno</li> <li>• Conformarlas con elementos naturales y construidos con fuertes de agua y con barreras vegetales para los vientos</li> <li>• Andadores: sombreadores en verano, despejados en invierno</li> <li>• Acabados de piso: Materiales porosos y permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas, plazoletas y andadores, sombreados en verano</li> <li>• Acabados de piso, porosos que absorban y retengan la humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas despejadas en invierno, sombreadas en verano</li> <li>• Andadores amplios, despejados en invierno, sombreados en verano</li> <li>• Estacionamientos sombreados en verano</li> <li>• Acabados de piso permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: despejadas en invierno, sombrados en verano</li> <li>• Andadores: amplios, despejados en invierno, sombreados en verano</li> <li>• Estacionamientos: sombreados invierno y verano</li> <li>• Acabados de piso permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: Espacios cerrados por las viviendas y barreras vegetales contra vientos</li> <li>• Andadores: Protegidos con aleros o pasillos cubiertos</li> <li>• Acabados de pisos: Pesados</li> </ul>
<b>Vegetación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles: de hoja caduca para plazas y andadores</li> <li>• De hoja perenne para estacionamientos</li> <li>• Arbustos: como barreras de vientos fríos</li> <li>• Cubresuelos: especies con menor requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja caduca en plazas, plazoletas y andadores</li> <li>• De hoja perenne para estacionamientos</li> <li>• Arbustos de hoja perenne, como barreras de vientos fríos en plazas, plazoletas y andadores</li> <li>• Cubresuelo de mínimo requerimiento de agua en plazas y plazoletas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja caduca en plazas, plazoletas y andadores</li> <li>• De hoja perenne como barreras de vientos fríos y en estacionamiento</li> <li>• Arbustos de hoja perenne como barrera de vientos fríos</li> <li>• Cubresuelos con menor requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles: de hoja caduca en plazas, plazoletas y andadores</li> <li>• De hoja perenne: como barrera de vientos fríos y en estacionamiento</li> <li>• Arbustos de hoja perenne: como barrera de vientos fríos</li> <li>• Cubresuelos: con menor requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja caduca: Para plazas y andadores</li> <li>• De hoja perenne: Para estacionamientos y como barreras de vientos</li> <li>• Arbustos en plazas y plazoletas, como barreras de vientos</li> <li>• Cubresuelos: no hay requerimientos particulares</li> </ul>

## Recomendaciones bioclimáticas para el proyecto arquitectónico

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
Ubicación en el lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muro a muro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separada de las colindancias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aislada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separada de las colindancias</li> </ul>
Configuración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compacta, con patio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abierta, alargada</li> <li>Óptima de una crujía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abierta, alargada, con remetimientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abierta, máxima exposición a los vientos</li> </ul>
Orientación de la fachada más larga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al eje térmico</li> <li>De una crujía: SE</li> <li>Doble crujía: N-S con dispositivos de control solar en ambas fachadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachada frontal a los vientos dominantes a una crujía y doble crujía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al eje eólico SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una crujía: SE</li> </ul>
Localización de las actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estar, comer, dormir: SE</li> <li>Cocinar: N, NE</li> <li>Circulaciones, aseo: NO</li> <li>Sala, comedor y recamaras al SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de aseo, circulaciones, cocina, al norte</li> <li>Guardarropa y circulaciones al oeste, como colchón térmico</li> <li>Estar, comer, dormir: al eje eólico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cocinar: norte</li> <li>Aseo, circulaciones opuestas al eje eólico</li> <li>Sala, comedor, recamaras al sureste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guardarropa, cocina, áreas de aseo y circulaciones al noroeste</li> <li>Estar, dormir, comer: SE</li> <li>Cocinar: norte</li> </ul>
Tipo de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano con poca pendiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doble plano con fuerte pendiente</li> <li>Doble cubierta con ventilación entre arribos</li> <li>Dos aguas con aislante</li> <li>Plano con pretil alto de celosía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinado o diferentes niveles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinado, cubierta con fuerte pendiente</li> </ul>

**Bioclima cálido seco****Bioclima cálido semihúmedo****Bioclima cálido húmedo****Bioclima templado húmedo**

<b>Localización de las actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar, comer, dormir: SE</li> <li>• Cocinar: N, NE</li> <li>• Circulaciones, aseo: NO</li> <li>• Sala, comedor y recamaras al SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de aseo, circulaciones, cocina, al norte</li> <li>• Guardarropa y circulaciones al oeste, como colchón térmico</li> <li>• Estar, comer, dormir: al eje eólico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocinar: norte</li> <li>• Aseo, circulaciones opuestas al eje eólico</li> <li>• Sala, comedor, recamaras al sureste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guardarropa, cocina, áreas de aseo y circulaciones al noroeste</li> <li>• Estar, dormir, comer: SE</li> <li>• Cocinar: norte</li> </ul>
<b>Tipo de techo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano con poca pendiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doble plano con fuerte pendiente</li> <li>• Doble cubierta con ventilación entre arribos</li> <li>• Dos aguas con aislante</li> <li>• Plano con pretil alto de celosía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclinado o diferentes niveles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclinado, cubierta con fuerte pendiente</li> </ul>
<b>Altura de piso a techo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óptima 2.70 m, aceptable 2.50 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.5 m como mínimo</li> <li>• 2.7 m como bueno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.70 m como mínimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima posible: 2.7 m</li> </ul>

Recomendación	Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
Ubicación en el lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separada de las colindancias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separada de las colindancias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muro a muro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muro a muro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muro a muro</li> </ul>
Configuración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compacta, forma óptima: cubo con patio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compacta con patio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compacta</li> <li>Forma óptima: el cubo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compacta, forma óptima: el cubo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compacta</li> <li>Forma óptima: el cubo</li> </ul>
Orientación de la fachada más larga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doble crujía: NE-SO (Con dispositivos de control solar para las tardes en primavera)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-SE evitando los vientos fríos de invierno</li> <li>Doble crujía NE-SO, no se recomienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-SE evitando los vientos fríos de invierno</li> <li>Doble crujía NE-SO, evitarlas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De una crujía S-SE</li> <li>Doble crujía este y oeste, evitar</li> </ul>
Localización de las actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Circular, aseo: NO-O</li> <li>Comedor, sala y recamaras al SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cocina, áreas de aseo y circulaciones al NO</li> <li>Corredor, sala y recámara S-SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cocina al norte</li> <li>Circulaciones y áreas de aseo al norte, NO y NE</li> <li>Comedor, sala, recamaras: al S-SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cocinar: al norte</li> <li>Circular, aseo: al N, NO, NE</li> <li>Sala, corredor, recamaras al S-SE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cocina, guardarropa al norte</li> <li>Áreas de aseo y circulaciones al NO, oeste y SO</li> </ul>
Tipo de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano con relleno</li> <li>Poca pendiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinado</li> <li>Con rápido desalajo de agua</li> </ul>

Bioclima templado

Bioclima templado seco

Bioclima semifrío seco

Bioclima semifrío

Bioclima semifrío húmedo

Localización de las actividades

- Circular, aseo: NO-O
- Comedor, sala y recámaras al SE

- Cocina, áreas de aseo y circulaciones al NO
- Corredor, sala y recámaras S-SE

- Cocina al norte
- Circulaciones y áreas de aseo al norte, NO y NE
- Comedor, sala, recámaras: al S-SE

- Cocinar: al norte
- Circular, aseo: al N, NO, NE
- Sala, comedor, recámaras al S-SE

- Cocina, guardarropa al norte
- Áreas de aseo y circulaciones al NO, oeste y SO

Tipo de techo

- Plano

- Plano con relleno
- Poca pendiente

- Plano

- Plano

- Inclinado
- Con rápido desalojo de agua

Altura de piso a techo

- 2.40 m

- 2.4 m

- Entre 2.3 y 2.4 m

- Mínimo posible 2.30m, 2.40m

- 2.3 m, mínima posible

## Recomendaciones para el control solar

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
Remetimientos y saliente en fachada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos en el edificio</li> <li>• Ventanas remetidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que sombreen fachadas y den máxima exposición al viento</li> <li>• En todas las orientaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En todas las orientaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos</li> </ul>
Patios interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sombreados, con fuentes, espejos de agua y vegetación de hoja caduca para enfriamiento y humidificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>
Aleros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En todas las fachadas</li> <li>• Fachada sur, grande para evitar el soleamiento por las tardes, dominado con parteluces</li> <li>• SE, calentamiento directo en invierno y control en verano</li> <li>• SO, NO, combinados con vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En todas las fachadas</li> <li>• Al sur de mayor dimensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En todas las fachadas según gráfica solar. Para control solar de 9 a 15 hrs.</li> <li>• S-SE de mayor dimensión</li> <li>• SO-O-NO: Combinado con parteluces y vegetación</li> <li>• Este: con control de ángulos solares bajos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En todas las fachadas; proteger del sol y la lluvia</li> <li>• Fachada sur para protección solar en primavera y verano</li> <li>• Fachada norte, control solar de 9 a 15 horas; dejando pasar vientos.</li> <li>• Al SO, oeste y NO completar con árboles de hoja perenne.</li> </ul>
Pórticos, balcones, vestíbulos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corro protección del acceso</li> <li>• Pórticos, pérgolas con vegetación al sur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre zonas habitables y el exterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fachadas al eje eólico</li> <li>• Orientación: E, S, y SE, pórticos de control solar todo el año</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomiendan en accesos</li> <li>• Pórticos en fachadas donde da el viento</li> </ul>

<p><b>Pórticos, balcones, vestíbulos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como protección del acceso</li> <li>• Pórticos, pérgolas con vegetación al sur</li> <li>• Vestíbulos al norte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre zonas habitables y el exterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fachadas al eje eólico</li> <li>• Orientación: E, S, y SE, pórticos de control solar todo el año</li> <li>• NO-O-SO: combinados con parteluces, celosías, vegetación, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recorriendan en accesos</li> <li>• Pórticos en fachadas donde da el viento</li> </ul>
<p><b>Tragaluces</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientados al sur con control solar en verano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación norte: operables con dispositivos de control solar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientados al norte con protección solar en verano</li> <li>• Evitar los horizontales</li> </ul>
<p><b>Parteluces</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fachada N para control solar en las tardes, en verano</li> <li>• En fachadas E, NE, O, NO, SO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En ventanas en orientación sureste, oeste, suroeste, combinados con aleros, persianas, pórticos, celosías, vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fachadas E, O, SO, NO, combinados con vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuidando de no obstruir vientos</li> </ul>
<p><b>Vegetación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca en todas las orientaciones: Muy densa en NE, E, SO, NO como control de ángulos solares muy bajos: SO, NO: árboles altos y densos</li> <li>• De hoja perenne: en orientación oeste y como barrera de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles altos, de follaje perenne para sombrear las vivienda y pavimentos en todas las orientaciones</li> <li>• De follaje denso en orientación suroeste, oeste, noroeste</li> <li>• Arbustos para control de ángulos de incidencia solar muy bajos evitando obstruir los vientos dominantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja perenne, altos, densos para sombrear edificios y espacios exteriores durante todo el año en todas las orientaciones. En el eje eólico: que filtren el viento y no lo interrumpian</li> <li>• Arbustos para control de ángulos solares bajos al SO, O, NO, E, NE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja caduca para sombrear en verano y asolear en invierno, de hoja perenne al suroeste, oeste y noroeste</li> <li>• Arbustos para protección solar</li> <li>• No bloquear vientos</li> </ul>

Recomendación	Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
Remetimientos y saliente en fachada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarlos</li> </ul>
Patios interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con fuentes o espejos de agua y vegetación de hoja caduca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con vegetación y fuentes o espejos de agua</li> <li>• Invernaderos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como invernaderos con ventilación en primavera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como invernaderos con ventilación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requiere</li> <li>• Invernaderos secos adosados, S-SE, con ventanas operables a los espacios interiores</li> </ul>
Aleros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fachadas sur para evitar ganancias directas en primavera y verano</li> <li>• En otras orientaciones combinados con parteluces y vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinados con parteluces y remetimientos en ventanas</li> <li>• E-SE dimensión que deje pasar el sol por las mañanas</li> <li>• SO-oeste-NO dimensión que no deje pasar el sol todo el año</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En ventanas de fachada sur para evitar sobrecalentamiento en verano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En aberturas de fachada sur para evitar sobrecalentamiento en verano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>
Pórticos, balcones, vestíbulos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio de transición entre espacios exterior e interiores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios de transición entre el exterior y los espacios cubiertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios de transición entre el exterior y los espacios cubiertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios de transición entre el exterior y los espacios cubiertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio de transición entre el exterior y los espacios cubiertos</li> <li>• Vestíbulos</li> </ul>

Bioclima templado

Bioclima templado seco

Bioclima semifrío seco

Bioclima semifrío

Bioclima semifrío húmedo

Pórticos, balcones, vestíbulos

- Control solar en verano y primavera

- Con dispositivos de control solar y ventanas operables

- Sólo en espacios de uso diurno en orientación SE

- Sólo en espacios de uso diurno en orientación SE

- No se recomienda

Parteluces

- Combinados con aleros y vegetación en fachadas NE, E, NO, O

- En ventanas con orientación SO-O-NO

- En fachadas SO para evitar calentamiento en las tardes en primavera y verano

- En fachadas SO para evitar calentamiento en las tardes en primavera y verano

- No se requiere en ninguna orientación

Vegetación

- Árboles de hoja caduca en rango S o NO
- Árboles: de hoja perenne en orientación N
- Arbustos: para controlar ángulos solares bajos

- Árboles de hoja caduca al este-sur-oeste
- De hoja perenne en orientación norte
- Arbustos para controlar ángulos de altura solar muy bajos

- Árboles de hoja caduca al NO-O-SO y sur
- De hoja perenne al norte
- Para protección solar
- Árboles de hoja caduca: NO, O, SO y sur

- De hoja perenne: norte y dirección vientos fríos y nocturnos
- Control de ángulos de altura solar muy bajos

- Evitar que se sombreen los muros en todas las orientaciones

## Recomendaciones para la ventilación

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
Unilateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renovación del aire para condiciones higiénicas</li> <li>• Controlar los vientos fríos de invierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aperturas operables a ambos lados</li> <li>• Organización lineal de los espacios con ventanas en el mismo eje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es recomendable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A cualquier orientación</li> </ul>
Cruzada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con ventanas operables que den a patios interiores y reciban los vientos de primavera y otoño</li> <li>• Controlar los vientos fríos de invierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrar los espacios abiertos de ventilación natural a la dirección de huracanes, ciclones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óptima: en espacios habitables entre doble cubierta y entre piso y suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con ventanas a los vientos dominantes, operables a arribos lados</li> <li>• Que el aire pase a nivel de los ocupantes</li> <li>• Proveer de canalizaciones de vientos en los espacios que no abren</li> </ul>
Otras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chirreneas eólicas</li> <li>• Turbinas eólicas (cebollas)</li> <li>• Captadores eólicos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inducida sifónica</li> <li>• Techumbre de succión</li> </ul>	

Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con ventanas operables de buen sellado</li> <li>• Aberturas hacia patios interiores</li> <li>• Que el aire pase a nivel de los ocupantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renovación de aire para condiciones higiénicas</li> <li>• Evitar vientos fríos de invierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con protección de vientos fríos de invierno y nocturnos</li> <li>• Ventanas operables de buen sellado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con control de vientos fríos, nocturnos y de invierno</li> <li>• Con ventanas operables de buen sellado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay requerimientos de orientación</li> <li>• Ventanas operables de buen sellado</li> <li>• Evitar vientos fríos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requiere</li> <li>• Control de los vientos nocturnos y de invierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con ventanas operables de buen sellado, orientadas para captar los vientos de verano, para enfriamiento y humidificación</li> <li>• La brisa pase a nivel de los ocupantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínima, que el aire pase por encima de los ocupantes</li> <li>• Evitarla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínima: el aire pase por encima de los ocupantes</li> <li>• Evitarla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitarla</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirecta por invernaderos secos</li> </ul>

## Recomendaciones para las ventanas

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
Ubicación en fachada según dimensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimas necesarias: en todas direcciones, Al S-SE para ganancia solar directa en invierno</li> <li>• Evitar pérdidas de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima para captar los vientos</li> <li>• Mínimas para ventilación e iluminación en todas las fachadas</li> <li>• Evitar ventanas al SO, O y NO</li> <li>• Si se requiere acelerar la velocidad del aire, la salida debe ser 25% mayor que la entrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima: al eje eólico</li> <li>• Mínimas: opuestas al eje eólico</li> <li>• Fachadas SO, O, NO, cerradas o vanos muy pequeños con control solar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima, de donde viene el viento</li> <li>• Operables</li> <li>• De la mayor dimensión posible</li> <li>• El área de la ventana de salida 25% de entrada</li> <li>• Mínima en fachadas noroeste, oeste y suroeste</li> </ul>
Ubicación según nivel de piso interior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la parte media y baja del muro a nivel de los ocupantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la parte media y baja del muro</li> <li>• Brisa sobre los ocupantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al eje eólico en la parte media, baja del muro a nivel de ocupantes</li> <li>• Opuestas al eje eólico: en la parte alta del muro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la parte media baja del muro</li> <li>• Que el aire pase a nivel de los ocupantes</li> </ul>
Formas de abrir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operables en espacios que den a patios y jardines de buen sellado</li> <li>• No deben usarse persianas en ninguna orientación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operables en todas las fachadas</li> <li>• Persianas, de abrir, pivote, celosías, de proyección o resbalón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abatibles de proyección, banderolas, personas, celosías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abatibles, corredizas de proyección, persianas</li> </ul>

**Ubicación según nivel de piso interior**

- En la parte media y baja del muro a nivel de los ocupantes

- En la parte media y baja del muro
- Brisa sobre los ocupantes

- Al eje eólico en la parte media, baja del muro a nivel de ocupantes
- Opuestas al eje eólico: en la parte alta del muro

- En la parte media baja del muro
- Que el aire pase a nivel de los ocupantes

**Formas de abrir**

- Operables en espacios que den a patios y jardines de buen sellado
- No deben usarse persianas en ninguna orientación

- Operables en todas las fachadas
- Persianas, de abrir, pivote, celosías, de proyección o resbalón

- Abatibles de proyección, banderolas, personas, celosías

- Abatibles, corredizas de proyección, persianas

**Protección**

- Mosquiteros, postigos exteriores

- Mosquiteros

- Mosquiteros: persianas, celosías

- Mosquiteros

Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima: orientación E, SE, S para ganancia directa.</li> <li>• Menor 80% de superación de muro</li> <li>• Mínimas: orientación N, NE, NO, O, SO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máximas (menor del 80 % de superficie del muro) en las orientaciones E-S-SE para ganancia solar directa.</li> <li>• Mínima dimensión al N, NE, NO, O y SO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima al S-SE para ganancia solar directa</li> <li>• Mínimas en fachadas N, NE, NO y O, para evitar vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima: (menor 80% de superficie de muro) Al eje térmico S-SE para ganancia solar directa.</li> <li>• Mínimas: en fachadas N, NE, NO y O. En dirección a vientos fríos nocturnos de invierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderadas al S-SE, sin sombreados, 30 % superficie del muro</li> <li>• Mínimas en la orientación N y NE</li> <li>• Evitar grandes ventanales</li> <li>• Recomendables de doble vidrio o aislante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación E, SE, S en la parte media y baja del muro</li> <li>• Que el aire pase a nivel de los ocupantes</li> <li>• Orientación N, NE, NO, O, SO; en la parte alta del muro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-SE-S a la altura del plano de las actividades</li> <li>• Norte y dirección de vientos fríos, por encima del plano de las actividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizontal en la parte alta del muro para iluminación y ventilación</li> <li>• Las partes operables por encima de los ocupantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizontales en la parte alta del muro para iluminación y ventilación</li> <li>• Las partes operables por encima de los ocupantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la parte alta del muro para iluminación y ventilación</li> <li>• Que el aire pase por encima de los ocupantes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abatibles, corredizas, de proyección, etc. de buen sellado</li> <li>• No se recomiendan las persianas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En orientación E-SE-S abatibles, corredizas de proyección</li> <li>• Norte-noreste-noeste banderolas, etc.</li> <li>• En ambos casos de buen sellado y fácilmente operables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corredizas, abatibles, de proyección; con buen sellado</li> <li>• Persianas no recomendables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corredizas, abatibles, de proyección; de buen sellado</li> <li>• Persianas no recomendables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abatibles, corredizas, etc.; de buen sellado</li> <li>• Evitar persianas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mosquiteros</li> <li>• Cortinas gruesas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortinas gruesas</li> <li>• Persianas, postigos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar pérdida de calor</li> <li>• Cortinas gruesas, postigos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar pérdidas de calor</li> <li>• Cortinas gruesas, postigos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mosquiteros resistentes a la hurriedad</li> <li>• Cortinas gruesas, postigos, contra ventanas</li> </ul>

## Recomendaciones para materiales y acabados

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
<b>Techumbre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas, lo más ancho posible</li> <li>• Cara exterior con materiales de baja densidad y conductividad térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con aislante térmico</li> <li>• Con ventilación, masivos</li> <li>• Sin ventilación y sombreados, ligeros de baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De poca densidad y baja conductividad</li> <li>• Doble cubierta con paso de aire entre ambas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos con aislamiento térmico en la cara exterior</li> </ul>
<b>Muros exteriores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas, con cámaras de aire o baja densidad</li> <li>• Cara exterior con materiales de poca conductividad térmica</li> <li>• Son recomendables los taludes y espacios semienterrados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con aislante térmico</li> <li>• Con ventilación, masivos</li> <li>• Sin ventilación y sombreados, ligeros y de baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De poca densidad y baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> </ul>
<b>Muros interiores y entepiso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con aislantes térmicos</li> <li>• Con ventilación, masivos</li> <li>• Sin ventilación y sombreados, ligeros de baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligeros, los muros de espesores mínimos son suficientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> </ul>

**Muros interiores y entrepiso**

- Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas

- Con aislantes térmicos
- Con ventilación, masivos
- Sin ventilación y sombreados, ligeros de baja conductividad

- Ligeros, los muros de espesores mínimos son suficientes

- Masivos

**Pisos exteriores**

- Porosos que permitan la infiltración del agua al subsuelo

- Masivos
- Deben permitir el paso del agua al subsuelo

- Porosos

- Antiderrapantes con buena pendiente
- Cerámicos, pétreos

**Color y textura de acabados exteriores**

- Techos y muros de alta reflectancia
- Colores: blanco y aluminio
- Textura lisa

- Muros y techos de alta reflectancia
- Color, blanco, o aluminio brillante
- Textura lisa

- Techos y muros con alta reflectancia
- Colores claros
- Textura lisa

- No hay requerimientos especiales

**Bioclima templado**

- Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas, así como con baja conductividad para evitar las ganancias de calor

- Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas

- Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas

**Bioclima templado seco**

- De alta inercia térmica
- Masivos con relleno

- De alta inercia térmica
- Masivos, ciegos en las orientaciones SO-O-NO

- Masivos

**Bioclima semifrío seco**

- Masiva, horizontal con relleno

- Masivos de alta inercia térmica

- Masivos de alta inercia térmica

**Bioclima semifrío**

- Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas

- Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas

- Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas

**Bioclima semifrío húmedo**

- Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad

- Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad

- Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos de alta inercia térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales porosos que retengan humedad</li> <li>• Porosos, que permitan el paso del agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosos que absorban y retengan la humedad, permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permeables que permitan la infiltración de agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosos que permitan la infiltración de agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros en orientación E, S, O, de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros en orientación E-S-O de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros del E-S-O con color y textura de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros en el E-S-O con color y textura de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos de baja reflectancia, oscuros, tejas de barro</li> <li>• Muros de baja reflectancia</li> <li>• Colores medianos</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>

## Recomendaciones para el uso de la vegetación

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
<b>Arboles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja caduca: de fronda densa y continua para sombrear edificios y pavimentos, obstruir el viento, enfriar e incrementar la humedad del aire</li> <li>• Árboles de hoja perenne: como control de vientos fríos y sol del oeste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perennes</li> <li>• Como dispositivos de protección solar en todas las orientaciones</li> <li>• Como canalizadores del viento</li> <li>• Que no obstruyan los vientos dominantes</li> <li>• Que sombreen viviendas y piso exteriores incluso en invierno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles de hoja perenne: altos, densos, que sombreen edificios, en todas las fachadas y los espacios exteriores</li> <li>• Al eje eólico: que dejen pasar vientos dominantes, como catalizadores de vientos, como barreras contra nortes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca para sombrear en verano y asolear en invierno</li> <li>• De hoja perenne en orientación suroeste, oeste, noroeste</li> <li>• Como canalizadores de viento</li> <li>• Que no obstruyan los vientos dominantes</li> </ul>
<b>Arbustos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja caduca: en todas las orientaciones</li> <li>• Como control de vientos fríos</li> <li>• Como control de ángulo solares bajos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perennes</li> <li>• Ubicados que no obstruyan el viento, ni incrementen la humedad</li> <li>• Como canalizadores de viento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perennes: para control de ángulos solares bajos, como conductores de vientos</li> <li>• Que no obstruyan los vientos dominantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como protección solar</li> </ul>
<b>Cubresuelos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies con el mínimo requerimiento de agua</li> <li>• Enredaderas: sobre muros, pérgolas y pórticos al E y S, de hoja caduca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies con el menor requerimiento de agua</li> <li>• En la dirección donde vienen los vientos y todas las orientaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos, en la dirección del viento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay requerimientos particulares</li> </ul>

Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca: en rango S-NO como control de soleamiento</li> <li>• De hoja perenne: al norte como barrera de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca al oeste, suroeste, sur, para sombrear en verano y canalizar vientos en meses cálidos</li> <li>• De hoja perenne al norte, como barreras de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca al noroeste, oeste, suroeste, sur</li> <li>• Como control de soleamiento</li> <li>• De hoja perenne al norte y como barreras de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca: NO, O, SO, S</li> <li>• Como control de asoleamiento</li> <li>• De hoja perenne al norte y como barrera de vientos fríos y nocturnos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca, que no sobreen viviendas ni fachadas</li> <li>• De hoja perenne, como barreras de vientos fríos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como control de ángulos solares muy bajos y de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca en patios interiores</li> <li>• Al norte como barreras de vientos fríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hojas caduca</li> <li>• Como protección solar al sureste a suroeste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoja caduca</li> <li>• Como control de ángulos solares muy bajos, en rango SE a SO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como barreras contra vientos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies con menor requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En patios y jardines especies con mínimo requerimiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies con el menor requerimiento de agua, SE a SO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies con el menor requerimiento de agua SE a SO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay requerimientos particulares</li> </ul>

## Recomendaciones para el uso de sistemas complementarios de climatización

Recomendación	Bioclima cálido seco	Bioclima cálido semihúmedo	Bioclima cálido húmedo	Bioclima templado húmedo
Equipos auxiliares de climatización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De calentamiento convencional que complemente el diseño bioclimático</li> <li>• Sistemas de enfriamiento mecánico para las épocas más cálidas del verano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación mecánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extracción mecánica del aire y humedad, para los momentos de máximo calor (verano)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventiladores eléctricos de plafón</li> </ul>
Bioclima templado	Bioclima templado seco	Bioclima semifrío seco	Bioclima semifrío	Bioclima semifrío húmedo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se requieren</li> </ul>

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.1231.com

## **Vivienda Ecológica Sustentable** **CA 73**

### **Confort Ambiental**

**Mtra. en Arq. Rosalía Manríquez Campos**

**01 al 10 de agosto de 2011**

**CONFORT AMBIENTAL**

Presenta

Mtra. en Arq. **Rosalía Manríquez Campos**

*Sociedad de Aplicaciones Electroclimáticas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**La Organización Mundial de la Salud**

**Salud:** Aquel estado de bienestar físico, psicológico y social del individuo en relación a su entorno

Cuando el cuerpo ofrece menor esfuerzo para mantener sus condiciones de equilibrio y mantener en óptimo funcionamiento todos sus órganos, se dice que está en condiciones de confort



**Confort:** Es el estado físico y mental en el cual el individuo expresa bienestar o satisfacción con el medio ambiente circundante

*Sociedad de Aplicaciones Electroclimáticas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**CONFORT AMBIENTAL**

- Confort Térmico
- Confort Higrométrico
- Confort Luminico
- Confort Acustico
- Confort Olfativo
- Confort Psicológico

*Sociedad de Aplicaciones Electroclimáticas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Confort Térmico**

El confort térmico se refiere a la percepción del medio circundante que se da principalmente a través de la piel



*Sociedad de Arquitectos Especialistas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

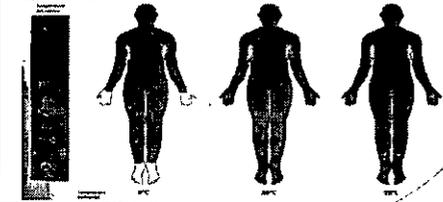
---

---

**Condiciones del Confort**

**Temperatura Corporal**

El cuerpo humano reacciona a los estímulos térmicos tratando de mantener la temperatura media del organismo ( $t_c = 37^\circ\text{C}$ )



*Sociedad de Arquitectos Especialistas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Condiciones del Confort**

**Vestimenta**

La ropa cumple la función de aislar térmicamente al cuerpo del exterior CLO

DESNUDO	0,0
BIKINI	0,01
HERMUDAS	0,1
ROPA TROPICAL	0,2
ROPA VERANO LIGERA	0,5
ROPA INVERNAL	1,0
ROPA PESADA	1,5
ROPA DE TRABAJO INVERNAL	2,2
ROPA POLAR	4,0



*Sociedad de Arquitectos Especialistas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

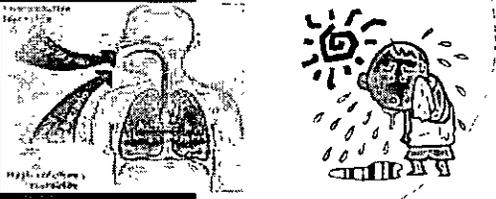
---

---

---

**Confort Higrométrico**

La humedad desempeña un papel importante en los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo tanto en la sudoración como en la evaporación e intercambio térmico a través de la respiración.



*Sociedad de Arquitectos Electricistas de México, A.E.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Condiciones del Confort**

**Metabolismo**

La producción de calor del cuerpo aumenta con el nivel de actividad.  
(Calor Metabólico) MET

1 MET = 58 W/m<sup>2</sup>c



*Sociedad de Arquitectos Electricistas de México, A.E.*

---

---

---

---

---

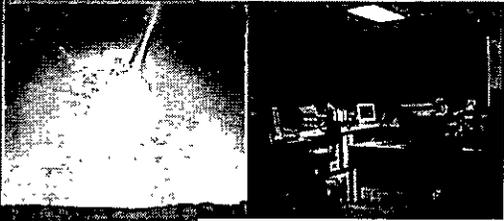
---

---

---

**Confort Lumínico**

Para desarrollar cualquier tipo de actividad es necesario contar con los niveles de iluminación adecuados.



*Sociedad de Arquitectos Electricistas de México, A.E.*

---

---

---

---

---

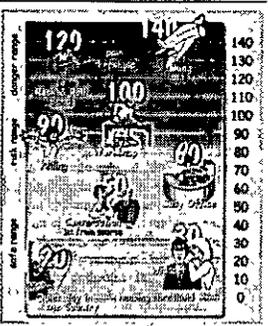
---

---

---

**Confort Acústico**

El ruido es un elemento sumamente nocivo que provoca alteraciones en el sistema circulatorio y puede provocar la pérdida total o permanente de la audición, perturbación del sueño, estrés, neurosis e interferencia en la comunicación.



*Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.E.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Confort Olfativo**

El confort olfativo está relacionado directamente con la calidad del aire, existen muchos elementos contaminantes, no solamente por su olor sino también por sus efectos nocivos sobre el organismo.



*Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.E.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Confort Psicológico**

Se refiere a la percepción global que tiene el cerebro de toda la información que recibe del medio ambiente, incluyendo la percepción espacial, visual, información auditiva, etc.



*Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.E.*

---

---

---

---

---

---

---

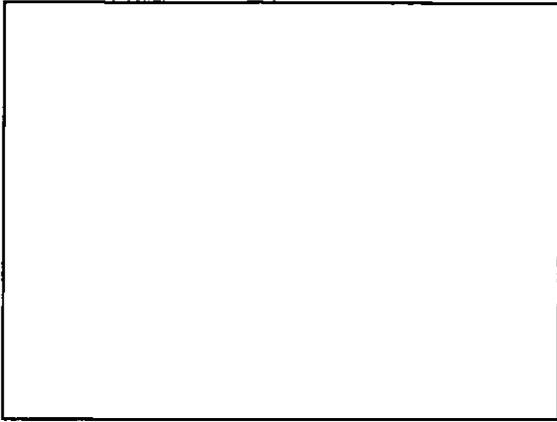
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123d.com

**Vivienda Ecológica Sustentable**  
**CA 73**

**Metodología de Arquitectura**  
**Bioclimática**

**Mtra. en Arq. Rosalía Manríquez Campos**

**01 al 10 de agosto de 2011**

**Metodología de Arquitectura Bioclimática**

Presenta

Mtra. en Arq. **Rosalía Manriquez Campos**

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**ANÁLISIS DEL SITIO**

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**CLIMA**

Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una zona geográfica

El Clima es uno de los factores más importantes en el diseño

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Factores del Clima**

Condiciones físicas que identifican a una región o a un lugar en particular.

- Naturales:
  - Latitud
  - Altitud
  - Relieve
  - Hidrológicos
- Artificiales

*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

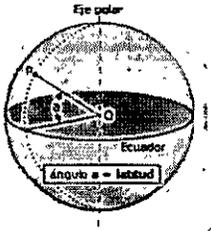
---

---

**Factores del Clima**

**•Latitud**

La distancia angular de un punto sobre la superficie terrestre al ecuador. Se mide en grados, minutos y segundos.



*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

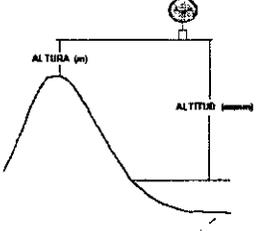
---

---

**Factores del Clima**

**•Altitud**

La distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar (msnm).



*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Factores del Clima**

**•Relieve**

Es la configuración superficial de la tierra. Es un factor clave para el clima, ya que determina las corrientes de aire, la insolación de un lugar, su vegetación, el contenido de humedad del aire, etc.



*Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

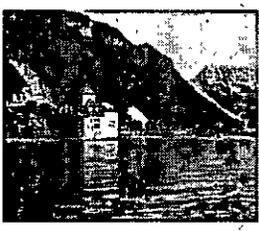
---

---

**Factores del Clima**

**•Hidrológicos.**

Se refieren a las grandes masas de agua, como océanos, golfos, ríos y lagos que producen una serie de fenómenos climatológicos característicos, tales como la brisa y la disminución de la oscilación térmica.



*Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

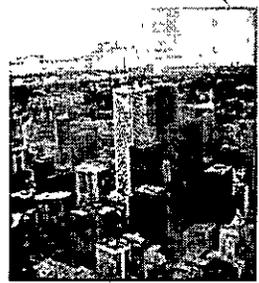
---

---

**Factores del Clima**

**•Artificiales.**

Son los antropogénicos.

*Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Elementos del Clima**

Son propiedades físicas de la atmósfera.

- Temperatura
- Humedad
- Precipitación
- Radiación
- Nubosidad
- Visibilidad

*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Elementos del Clima**

**• Temperatura**

Es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala.

Escala	°C	°K	°F
Ebullición del agua	100	373	212
Fusión o Congelamiento del agua	0	273	32

*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Elementos del Clima**

**• Humedad**

Es el contenido de agua en el aire.

*Sociedad de Arquitectos Estructurales de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Elementos del Clima**

**-Precipitación**

Es el agua procedente de la atmósfera, en forma líquida o sólida se deposita sobre la superficie de la tierra



*Sociedad de Arquitectos Especialistas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

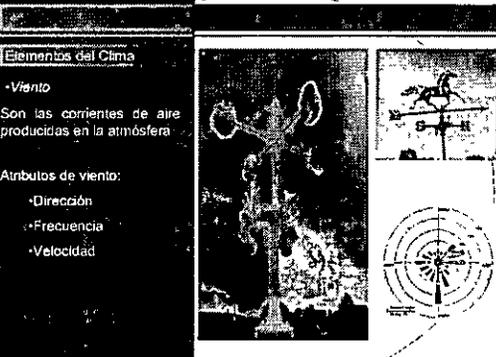
**Elementos del Clima**

**-Viento**

Son las corrientes de aire producidas en la atmósfera

Atributos de viento:

- Dirección
- Frecuencia
- Velocidad



*Sociedad de Arquitectos Especialistas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

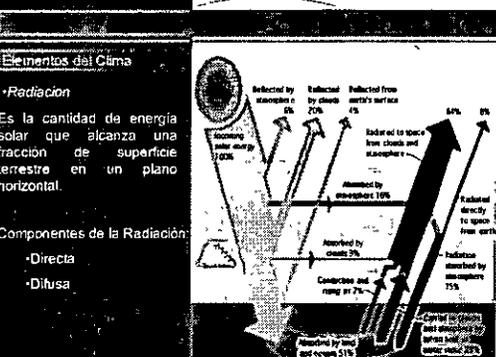
**Elementos del Clima**

**-Radiación**

Es la cantidad de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal.

Componentes de la Radiación:

- Directa
- Difusa



*Sociedad de Arquitectos Especialistas de México, A.C.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Elementos del Clima**

**Nubosidad**

Es el conjunto de partículas de agua líquida, sólida o gaseosa suspendidas en la atmósfera.

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Elementos del Clima**

**Visibilidad**

Es la distancia de percepción visual a la cual un observador puede ver e identificar un objeto.

Escaleta de visibilidad y distancia

Escaleta de Visibilidad	Objetos no visibles
0. Niebla Densa	50 m
1. Niebla Compacta	200 m
2. Niebla y Mala Visibilidad	500 m
3. Mala Visibilidad	1000 m
4. Muy Escasa Visibilidad	2000 m
5. Escasa Visibilidad	4000 m
6. Visibilidad Moderada	10000 m
7. Buena Visibilidad	20000 m
8. Muy Buena Visibilidad	50000 m
9. Visibilidad Excelente	Siguen siendo visibles a 50 000 m

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Análisis Climático**

Sociedad de Arquitectos Escandinavos de México, A.C.

---

---

---

---

---

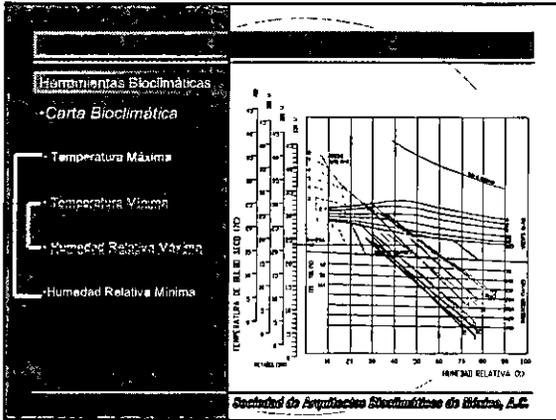
---

---

---








---

---

---

---

---

---

---

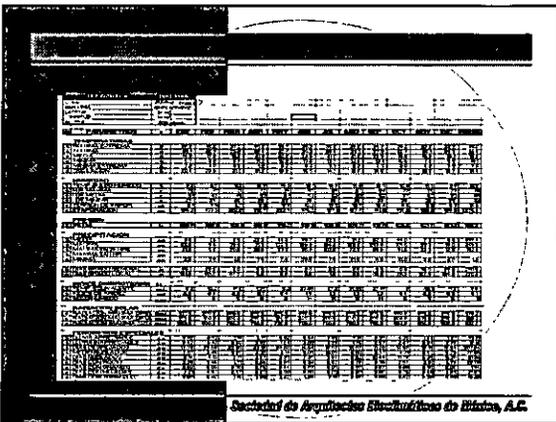
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

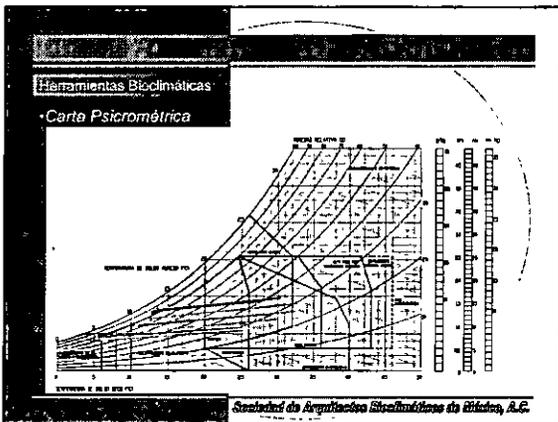
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

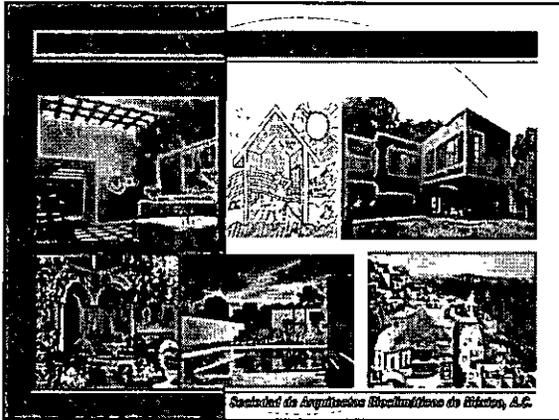
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**Gracias por su atención**

Mtra en Arq Rosalia Manriquez Campos  
Directora de Actividades Profesionales  
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México  
[www.sabdemexico.org](http://www.sabdemexico.org)  
actividadesprofesionales@sabdemexico.org  
Tel. 5373 5317

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

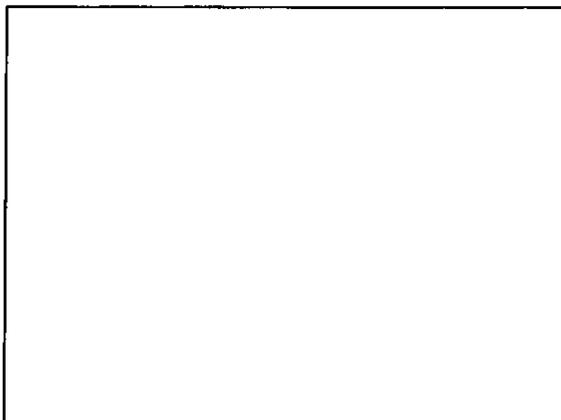
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123it.com

## **Vivienda Ecológica Sustentable**

**CA 73**

### **Ventilación**

**Dr. Víctor Fuentes Freixanet**

**01 al 10 de agosto de 2011**

El concepto arquitectónico está íntimamente relacionado con los parámetros ambientales y al uso que se hace de ellos. El viento es uno de los parámetros ambientales más importantes a manejar en la arquitectura, ya sea para captarlo, para evitarlo o controlarlo. El viento es un elemento de climatización pasiva que ha sido utilizado de manera muy importante en la arquitectura de todos los tiempos y en todo lugar.

La ventilación es la principal estrategia de climatización en los climas cálidos, tanto secos como húmedos. Pero también en los climas fríos lo es, ya que es necesario protegerse del viento, y controlar las infiltraciones. Por otro lado, en los climas templados habrá épocas con necesidades de ventilación y otras de control.

Para lograr una adecuada ventilación en la arquitectura es necesario comprender como se comporta el viento y de que manera pueden aprovecharse los patrones que sigue en su recorrido a través de las edificaciones. De esta manera, a continuación se presentan los principios básicos de ventilación, empezando por una descripción del comportamiento general (planetario) y local (regional) del viento. El objetivo principal es mostrar el comportamiento del viento en relación con la arquitectura y como éste puede ser utilizado como sistema pasivo de climatización natural.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Vientos Generales-

El viento es una forma de energía solar. El viento es aire en movimiento generado por las diferencias de temperatura y presión atmosférica que son causadas por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre, ya que mientras el sol calienta el aire, agua y tierra de un lado de la tierra, el otro lado es enfriado por la radiación nocturna hacia el espacio.

Este desigual calentamiento de la atmósfera origina movimientos compensatorios que tienden a reducir la diferencia horizontal de temperatura y por lo tanto, las diferencias de densidad y presión.

Suponiendo un caso hipotético donde la superficie de la tierra fuera uniforme, que la tierra no rotara y que el calentamiento alrededor del ecuador también fuera uniforme, el aire calentado en el ecuador subiría hasta cerca de la tropopausa a un nivel de la misma densidad del aire y se desplazaría hacia el norte y sur moviéndose hacia los polos, en las regiones polares se enfriaría, descendería y empezaría a moverse superficialmente de regreso al ecuador.

En este caso hipotético la transferencia de calor tendría lugar por una simple CIRCULACIÓN CONVECTIVA, y en la superficie de la tierra habría permanentemente zonas de baja presión alrededor del ecuador y zonas de alta presión en cada polo. Pero como la tierra sí rota y el sol es la única fuente de energía, este simple patrón convectivo no puede existir.

Los patrones reales de circulación son resultado de un desigual calentamiento combinado con el efecto de rotación de la tierra. En el movimiento del aire, la velocidad y dirección están gobernadas por una combinación de cuatro fuerzas básicas:

1. FUERZA GRADIENTE DE PRESIÓN. El aire siempre se mueve de una presión alta hacia una presión baja.
2. FUERZA CORIOLIS. La dirección del viento sufre una deflexión debido a la rotación de la tierra: (Ley de Farrel): Cualquier objeto o fluido moviéndose libre y horizontalmente en el hemisferio norte tiende a ser desviado a la derecha de su patrón de movimiento, mientras que en el hemisferio sur, la deflexión será hacia la izquierda; este efecto es ausente en el ecuador y se incrementa en los polos.

3. FUERZA CENTRIFUGA. El aire se mueve en un patrón curvo. En el hemisferio norte, la dirección del flujo es en sentido de las manecillas del reloj en las zonas de alta presión (*anticiclón*) y en sentido inverso en las zonas de baja presión (*ciclón*).

4. FUERZA DE FRICCIÓN. La velocidad (y dirección) del viento se ve alterada cerca de la superficie de la tierra, dependiendo del grado de rugosidad superficial.

Debido a la acción de estas cuatro fuerzas, el patrón general del viento, a escala global, es el que se muestra en la (*fig. 1*)

El aire calentado en el ecuador sube y se desplaza hacia el polo norte bajando aproximadamente en la latitud 30° N y regresa hacia el ecuador con una dirección NE debido al efecto Coriolis (*vientos alisios*). (Nota: convencionalmente la dirección del viento señala de donde viene y no hacia donde va) Entre la latitud 30° N y 55° N se presentan los "*vientos del oeste*" mientras que los vientos polares son de dirección NE. (*fig. 2*)

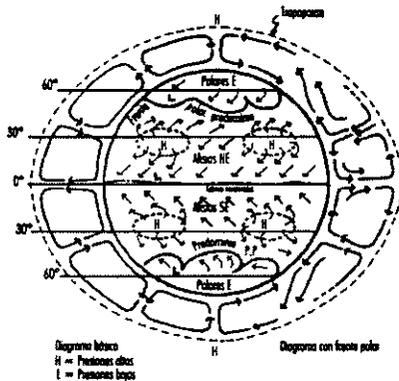


fig.1 Patrón general de viento

fig.2 Patrón general de vientos (vientos alisios)

### 1.2 Vientos Locales.

Los vientos de gran escala generalmente dominan; sin embargo, ellos pueden ser alterados o modificados por los vientos locales o convectivos. Los principales vientos convectivos son: los vientos de valle, los vientos de ladera, y las brisas de mar-tierra. El fenómeno de estos últimos, que son los más característicos y notorios, es el siguiente: Un océano será calentado más lentamente que la tierra adyacente debido a que el agua tiene una gran capacidad calorífica; asimismo el océano se enfriará más lentamente que la tierra.

Estas diferencias de calentamiento y enfriamiento traerán como consecuencia grandes movimientos de aire. Durante el día, la tierra calentada provocará una corriente ascendente en el aire, el cual será reemplazado por la brisa de aire fresco del mar. Durante la noche, la tierra se enfría más rápido que el agua, lo que origina que el flujo de las corrientes de aire se invierta, circulando el aire de la tierra hacia el mar. (*fig. 3*).

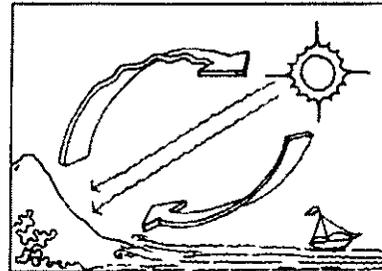


fig.3a. Brisa

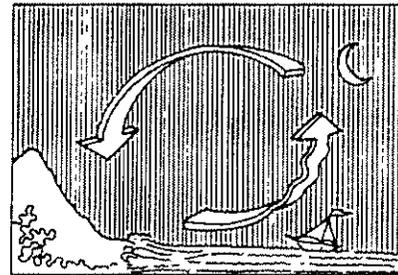


fig.3 b. Terral

Otro ejemplo de modificación de corrientes generales de aire por condiciones locales se da en el ámbito urbano, en donde se presentan más complicaciones de dirección y velocidad en los movimientos de aire, originadas por factores tales como morfología, tamaño y textura de las superficies, orientación y materiales expuestos a la radiación solar, actividad y densidad de edificios y personas e incluso los niveles de contaminación, ya que puede producirse el efecto de domo térmico causado por el sobrecalentamiento del aire debido a las partículas en suspensión, originando cambios importantes en los patrones del flujo de aire.

### 1.3 Turbulencia.

Para analizar los vientos locales es necesario saber que el grado de rugosidad y morfología del terreno, además de reducir la velocidad, también puede cambiar la

dirección del flujo de aire canalizándolo o desviándolo a través de sus depresiones o salientes, además de producir turbulencia.

La turbulencia puede ser de dos tipos: turbulencia térmica, asociada con la inestabilidad y actividad convectiva y la turbulencia mecánica que esta determinada por la rugosidad y forma de la superficie u objeto que interfiere con el flujo de aire. El tamaño y tipo de la turbulencia dependen básicamente de la forma y tamaño del obstáculo y prácticamente no se ve afectada por la velocidad del viento; por ejemplo, en una casa con techo a dos aguas, la turbulencia, en el lado de sotavento, tendrá una longitud de acción aproximadamente de 5 veces la altura de la casa, mientras que una casa con techo plano causará una turbulencia de 7 veces su altura.

#### 1.4 Necesidad de Aire.

El primer requerimiento en términos de necesidad humana y de vida de plantas y animales es el adecuado abastecimiento de oxígeno a través de "aire fresco".

La cantidad de aire requerida por una persona dependerá básicamente del tipo de actividad que esté desarrollando y de la calidad del aire disponible. Un aire puro contiene aproximadamente una proporción de 0.03% de CO<sub>2</sub>, pero en zonas urbanas esta concentración puede elevarse hasta 0.07 o 0.1%. Los efectos nocivos se empezarán a presentar al rebasar esta última cifra. Considerando que un adulto en reposo emite aproximadamente 0.015 m<sup>3</sup>/h de CO<sub>2</sub> tendremos que una persona requerirá 30 m<sup>3</sup>/h de aire puro, pero esta cifra se puede elevar hasta 50 m<sup>3</sup>/h si el aire es de tipo urbano.

#### 1.5 Confort.

Si bien es cierto que la renovación de aire es de vital importancia, en términos de confort los cambios de aire no nos ayudan en casi nada. El confort se logra cuando el flujo de aire pega sobre el cuerpo (piel) de los usuarios.

El análisis y manejo apropiado de las formas espaciales y aberturas de un edificio pueden controlar favorablemente los flujos externos de aire así como la ventilación interior inducida (sobre la zona habitable)

## 2. VIENTO Y ARQUITECTURA

### 2.1 Comportamiento del viento alrededor de una construcción.

Cuando el viento pega contra un edificio se crea una zona de presión alta en la cara frontal, en viento rodea al edificio y crea zonas de baja presión en las caras laterales y en la cara posterior. (fig. 4)

Naturalmente el aire tiende a entrar al edificio por las zonas de alta presión y a salir por las zonas de baja presión.

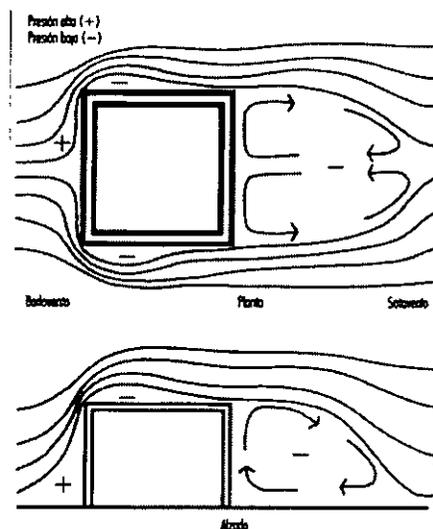


fig. 4 Comportamiento del viento

### 2.2 Comportamiento del viento dentro del edificio

1. La localización y tipo de abertura de entrada determina el patrón del flujo de aire a través de un edificio.

Al tener una abertura localizada al centro de un muro, tendremos igual presión a ambos lados de dicha abertura, por lo que el viento entrará de frente a la habitación. Si la abertura no está al centro, la presión a ambos lados del muro será desigual, lo que originará que el flujo de entrada sea diagonal con el sentido que provoca la zona de mayor presión. (fig. 5)

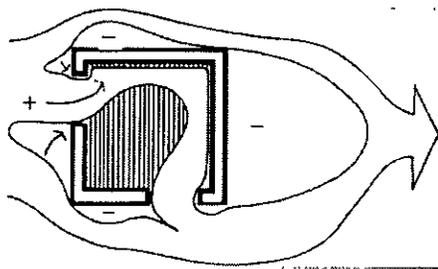


Fig. 5 Resultado de presiones

Todas las variaciones en los patrones del flujo de aire son causadas por la desigual presión alrededor de las aberturas de entrada, como un resultado de su localización con respecto a la superficie de muro sólido que las rodea.

El tipo de abertura también es muy importante, existen muchos tipos de ventanas en el mercado que al usarse en aberturas de entrada nos dan una gran variedad de patrones de flujo de aire. Debemos conocer las ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de ventanas para poder emplearlos inteligentemente en cada caso particular. Por ejemplo, es necesario considerar que una tela mosquitero de nylon reduce la velocidad del viento hasta en un 30%.

2. La localización y tipo de abertura de salida tienen poca influencia en los patrones internos del flujo de aire, sin embargo entre más cambios de dirección (en el interior) sufra el aire, más se reducirá su velocidad.

### 3. Relación *entrada-salida*.

Cuando la abertura de entrada es más pequeña que la abertura de salida se incrementa la velocidad del flujo interno.

La cantidad de aire que pasa por una abertura de una habitación, depende directamente del área de abertura, la velocidad del viento, la dirección del viento con respecto al plano de la abertura, y la relación que existe entre el área de la abertura de entrada y el área de la abertura de salida de la habitación.

$$Q = r v A \sin \theta$$

donde:

Q = Tasa de ventilación o cantidad de aire (m<sup>3</sup>/s)

r = relación entre abertura de entrada y salida  
(r = 0.60 x fr (factor de relación de aberturas))

v = velocidad del viento (m/s)

A = área de la abertura de entrada (m<sup>2</sup>)

θ = ángulo que forma la dirección del viento y el plano de la abertura

### RELACIÓN DE VENTANA (fr)

Área de salida / área de entrada		fr
5:1	5	1.38
4:1	4	1.37
3:1	3	1.33
2:1	2	1.26
1:1	1	1.00
3:4	0.75	0.84
1:2	0.50	0.63
1:4	0.25	0.34

De acuerdo con el autor<sup>1</sup>, el factor de relación de aberturas (fr) se puede obtener a través de la siguiente ecuación:

$$fr = (Rv / (1 + Rv^2)^{0.5}) / \text{seno } 45^\circ$$

donde:

fr = Factor de relación de aberturas

Rv = As / Ae (Relación entre la ventana de salida y la de entrada)

As = Área de la abertura de salida de aire (m<sup>2</sup>)

Ae = Área de la abertura de entrada de aire (m<sup>2</sup>)

Por lo que la relación de aberturas será:

$$r = 0.6 ((Rv / (1 + Rv^2)^{0.5}) / \text{seno } 45^\circ)$$

El flujo de aire que pasa a través de una habitación o un edificio también se puede establecer en función de las diferencias de presión en los entre el lado de barlovento y sotavento de la construcción. La presión del viento en barlovento se puede estimar mediante<sup>2</sup>:

$$pw = 0.612 v^2$$

donde:

pw = Presión (Pa)

v = Velocidad del viento (m/s)

En el lado de barlovento del edificio se pueden presentar presiones entre 0.5 y 1 pw (la presión máxima, 1 pw, se presenta generalmente a 2/3 de la altura), mientras que en sotavento, la presión negativa estará entre -0.3 y -0.4 pw; ambas dependiendo del punto de ubicación en la fachada, de la dirección de

<sup>1</sup> Fuentes F Víctor. *Fórmulas básicas para cálculos de ventilación natural*. en Estudios de Arquitectura Bioclimática. Rodríguez V., Manuel Anuario 2002 Limusa- UAM, México, D.F. 2002.

<sup>2</sup> Szokolay, Steven y Docherty, Michael. *Climate Analysis*. PLEA & The University of Queensland. Australia 1999.

viento y de los efectos aerodinámicos particulares de la edificación debidos a su forma. La tasa de ventilación se estima de la siguiente manera:

$$Q = 0.827 A (\Delta p)^{0.5}$$

donde:

Q = Tasa de ventilación o cantidad de aire (m/s)

A = Área de la abertura de ventilación (entrada) (m<sup>2</sup>)

$\Delta p$  = Diferencia de presiones entre las dos aberturas de ventilación cruzada (Pa)

#### 4. Divisiones dentro de la habitación.

El flujo de aire pierde gran parte de su energía cinética cada vez que es desviado alrededor o sobre un obstáculo. Varios recodos en ángulo recto tales como paredes o muebles dentro de una habitación pueden detener una corriente de aire de baja velocidad. Por ello debemos evitar poner muros que obstaculicen nuestro flujo de aire y procurar ponerlos en el sentido que lleva el viento.

#### 5. Orientación de la ventana con respecto al viento.

Se genera la máxima presión del viento a barlovento de un edificio cuando la facha es normal (perpendicular) a la dirección del viento. Un viento que incide a 45° reducirá la presión en un 50%. Parece evidente que se consiga la mayor velocidad del aire en el interior si el viento entra en forma perpendicular a la fachada; sin embargo, B. Givoni encontró que si el viento incide a 45° aumentará la velocidad media del aire interior. Esto se puede explicar si sabemos que cuando un edificio se encuentra a 45° se crea una mayor velocidad a lo largo de las fachadas de barlovento. Por consiguiente la "sombra" del viento será más ancha, la presión negativa (efecto de succión) aumenta y el flujo del aire interior se ve incrementado.

### 2.3 Flujo de aire alrededor de los edificios

En un arreglo de unidades paralelas, el viento tiende a "brincar" sobre los edificios. Los edificios planeados en fila provocan una "sombra" de viento sobre las subsiguientes unidades, la cual es reforzada por la tendencia del viento a canalizarse a través de los espacios libres, sin pasar por las unidades posteriores.

Un arreglo de unidades escalonadas (damero) tiene la ventaja de que habrá fuertes patrones de viento desde las construcciones directas al flujo, hacia las subsiguientes unidades, por lo que el esquema de corrientes es mucho más uniforme, quedando casi eliminadas las zonas de aire estancado (fig. 6)

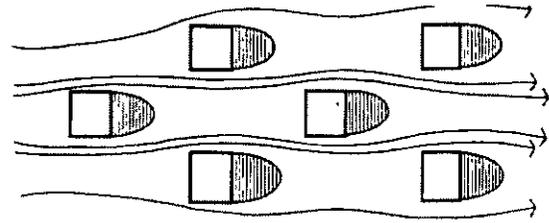


fig. 6 Edificios en acomodo de "damero"

#### Sombra de viento o zona de turbulencia.

Cuando el viento incide perpendicularmente sobre la cara de barlovento de un edificio de altura H, largo W, y ancho L, define un patrón del viento particular basado en las relaciones de la dimensión R<sup>3</sup>:

$$R = B_s^{0.67} * B_L^{0.33}$$

donde:

B<sub>s</sub> = dimensión menor entre H y W

B<sub>L</sub> = dimensión mayor entre H y W  
cuando B<sub>L</sub> > 8 B<sub>s</sub>, B<sub>L</sub> = 8B<sub>s</sub>

Las sombras de viento o de turbulencia quedan definidas de acuerdo a:

$$Hc = 0.22 R$$

$$Xc = 0.50 R$$

$$Lc = 0.90 R$$

$$Lr = 1.00 R$$

La primera zona de turbulencia en la techumbre (Z1) queda definida por Hc y Lc. La segunda zona de alta turbulencia (Z2) se define a partir de Hc con una relación 1:10 (5.7°)

La tercera zona (Z3), de turbulencia generada por el edificio queda definida por:

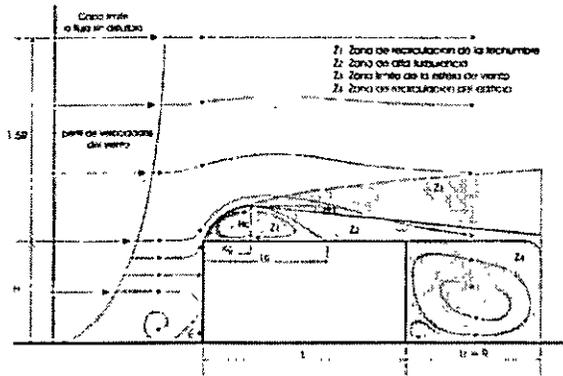
$$Z3 / R = 0.28 (X/R)^{0.33}$$

donde:

X es la distancia a partir del vértice del edificio donde se forma la turbulencia.

La capa límite de falta de afectación se da aproximadamente a 1.5 R, dependiendo de la pendiente de la techumbre.

<sup>3</sup> ASHRAE Handbook, Fundamentals. Atlanta. USA. 2001



## 2.4 Efecto de la vegetación en los vientos locales

La vegetación forma parte de la rugosidad y, por lo tanto, de la fricción superficial, la cual determina el flujo del viento cerca de la superficie.

Particularmente grandes áreas arboladas pueden tener un marcado efecto en el flujo del viento. Mediciones hechas en verano en densas áreas forestadas indican que 30 metros dentro de la arboleda la velocidad del viento puede ser reducida en un 20 a 40%; a 60 metros puede ser reducida en un 50% y a 120 metros puede reducirse hasta en un 93%. Desde luego hay muchas variables que intervienen, como son tipo y especie de árboles y matorrales que encontremos como barrera, densidad de los mismos, velocidad del viento, etc. Por ejemplo, en vientos de velocidades bajas, la forestación puede tener sólo pequeños efectos en la velocidad del viento; un viento a 1.8 m/s en un lugar abierto puede bajar su velocidad a 1.1 m/s al entrar a una zona boscosa a la misma altura. Pero un viento de gran velocidad en lugar abierto será detenido por la forestación en una mayor proporción; un viento de 8.9 m/s puede reducirse a 1.8 o 2.2 m/s.

## 2.5 Efecto de la vegetación en los edificios

Todos los elementos circundantes a un edificio, como los vegetales, definitivamente tienen un efecto en los patrones del flujo de aire y en la velocidad del viento.

A través del diseño de elementos vegetales, como plantas, árboles, arbustos, setos, etc., incluyendo cercas y bardas, podemos crear zonas alta o de baja presión alrededor de una casa y con respecto a sus aberturas podemos provocar corrientes de aire dentro del edificio. Este criterio es muy útil sobre todo en

casas ya construidas que tienen una orientación desfavorable con respecto a los vientos locales predominantes.

Durante el período de sobrecalentamiento debemos diseñar la vegetación a fin de inducir el flujo de aire al interior del edificio, y principalmente sobre la zona habitable, creando movimientos directos y acelerados. Durante el período de bajo calentamiento podemos utilizar la vegetación como barrera contra el viento frío.

Los patrones del flujo de aire pueden variar considerablemente con el solo hecho de acercar o alejar un arbusto o un árbol de la abertura de entrada. La combinación de arbustos y árboles nos darán todavía más patrones de viento de los cuales podemos sacar ventaja para nuestros proyectos arquitectónicos y por lo tanto, esto se traducirá en términos del confort para los usuarios.

## 2.6 La Vegetación

La vegetación tiene otras muchas funciones además de canalizar, desviar y disminuir la velocidad del viento. La vegetación tiene la función vital de regeneración de oxígeno ya que durante el día, gracias a la acción clorofílica y de fotosíntesis, el gas carbónico se absorbe y el oxígeno se desprende.

Otra función de los vegetales es la humidificación del aire, ya que la vegetación despiden vapor de agua a través de su follaje debido a la transpiración fisiológica. Este aumento de humedad en el ambiente traerá consecuentemente una disminución sensible de temperatura.

También podemos utilizar la vegetación como elemento "vivo" de control solar, obstruyendo la radiación en verano y dejándola pasar en invierno.

Podemos utilizarla también como filtro acústico y lumínico ya que a través de la vegetación podemos amortiguar ruidos y controlar la reflectividad evitando deslumbramientos.

Otra función importante, sobre todo en zonas urbanas, es el efecto de fijación de motas de polvo.

Por todo lo anterior podemos darnos cuenta que la vegetación en la arquitectura solar bioclimática desempeña un papel fundamental.

### 3. VIENTO INDESEABLE.

Dentro del diseño solar bioclimático, el análisis y manejo del aire y del viento es sumamente importante ya que en un clima frío, por ejemplo. El viento puede llegar a ser indeseable, mientras que en un clima tropical, cálido-húmedo, lo más seguro es que sea la principal estrategia de diseño.

Un viento puede ser indeseable:

- Cuando es muy frío (temperatura del aire inferior a la zona de confort.)
- Cuando es muy cálido (generalmente cuando la temperatura del aire es superior a 35 °C.)
- Cuando está contaminado (de polvo, smog, olores, CO<sub>2</sub>, etc.)
- Cuando es superior a 1.5 m/s (en términos funcionales de confort)
- Y desde luego cuando se presenta bajo condiciones especiales como: tornados, ciclones o huracanes (arriba de 20 m/s)

Los parámetros de estudio deben contemplar la velocidad, dirección, frecuencia y turbulencia a escala local y particular.

El uso de la vegetación en el diseño bioclimático es sumamente importante, desde el punto de vista mecánico en su relación con el viento, desde el punto de vista biotérmico y también sensorial.

### CASOS DE ESTUDIO

A través de los siguientes casos de estudio se pretende mostrar la importancia que tiene la ventilación como estrategia de climatización natural; y como se ha utilizado en casos concretos en diferentes épocas y diferentes partes del mundo con condiciones climáticas diversas, enfatizando las soluciones que se están dando en la arquitectura bioclimática contemporánea.

El objetivo principal es resaltar como el concepto arquitectónico, en todas sus vertientes, está íntimamente relacionado con el medio ambiente. De tal forma que se presentan elementos tipológicos claros en función de las variables ambientales que se manejan en algunos proyectos. De esta forma se pretende dar un acercamiento a las nuevas formas de entender la arquitectura, a los nuevos materiales, sistemas y dispositivos de climatización natural que caracterizan

esta arquitectura que aplica el viento como concepto de diseño. A través de estos ejemplos se podrán conocer nuevos criterios con el fin de lograr edificaciones confortables, que hagan un uso eficiente de la energía y los recursos naturales.

#### Arquitectura vernácula

Estudiando la arquitectura vernácula encontramos como el hombre ha encontrado formas ingeniosas para manejar el viento. Por ejemplo, en los climas cálidos y secos, donde es necesario captar el viento y enfriarlo naturalmente antes de introducirlo a las edificaciones, el hombre diseñó torres eólicas o bagdirs. En todo Medio Oriente, encontramos una gran variedad de torres: de inyección o succión, unidireccionales o multidireccionales, aisladas o adosadas al edificio, con ducto enterrado o sin él, con humidificación o sin ella, etc. Sin embargo, en todas sus variantes, el principio utilizado es el mismo. Se aprovechan las fuerzas y presiones del viento para dirigirlo de manera controlada al interior del edificio.

Desde luego el concepto de torre eólica funciona de manera integral con el diseño del edificio. En este tipo de arquitectura los principales esquemas de diseño son la masividad de la construcción y el patio central, el cual puede ser abierto o cerrado por medio de una bóveda, la cual, casi siempre cuenta con abertura en su ápice. El patio crea un microclima interior, basado de manera importante en las corrientes de aire provenientes de la torre eólica. Las cubiertas abovedadas, provocan una disminución de presión al paso del viento, generando una fuerza de succión que extrae el aire caliente del interior del edificio y que favorece a las corrientes de aire de la torre eólica, estableciéndose un flujo convectivo constante. A través de este sencillo sistema se alcanzan disminuciones de temperatura de hasta 20 °C con respecto de la temperatura exterior.

Por otro lado, en los climas cálidos húmedos es necesario aprovechar al máximo la ventilación, En estos climas el viento no es tan caluroso, por lo que se puede introducir de manera directa sin necesidad de pre-enfriarlo. De esta manera, la vivienda es totalmente permeable al viento. La ventilación se logra a través de todos los elementos constructivos: por debajo del piso, por los muros y por la cubierta. A diferencia de los climas cálidos secos donde las edificaciones son masivas para aprovechar la inercia térmica, en los climas cálidos húmedos se utilizan generalmente materiales naturales aislantes.

Por el contrario, en los climas fríos es indispensable evitar al máximo la ventilación. Se debe lograr el aislamiento y la protección. El iglú es un buen ejemplo del control del viento, éste se logra con cambios de nivel y cámaras esclusas. La misma forma semiesférica ayuda a conseguir este control. La esfera es el cuerpo geométrico que ofrece un mayor volumen con la menor superficie, de tal forma que el espacio se aprovecha al máximo, con una exposición mínima al ambiente circundante adverso. Al mismo tiempo se utiliza un sistema constructivo sencillo que utiliza el único material disponible. Los bloques de hielo funcionan como un excelente aislamiento, el cual es reforzado en ocasiones con pieles animales. fig.7

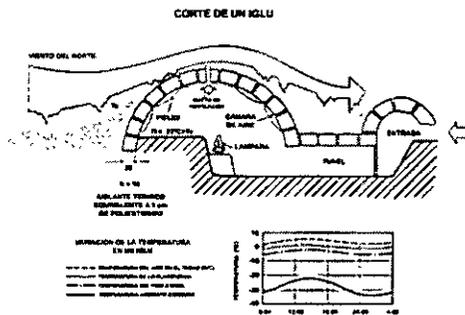


Fig.7 Iglú

En este tipo de arquitectura extrema se logra aumentar la temperatura interior hasta en 30 °C con respecto a la exterior, a pesar de las bajas temperaturas y fuertes vientos; lo que la ubica en una de las soluciones arquitectónicas-energéticas más eficientes.

### Arquitectura Contemporánea

Un ejemplo significativo a finales de los años 50's es el edificio de Reidy, el pabellón de laguna Rodrigo de Freitas en Río de Janeiro. Se trata de un edificio tipo palafito con muros celosía para permitir el máximo flujo de viento en el interior y con máximo control solar. Sin embargo lo más interesante del concepto utilizado es la utilización de una doble cubierta (techo escudo), que permite un excelente control de la radiación solar, aunado a la disipación de calor por medio de la ventilación cruzada. Este concepto de doble cubierta es una estrategia de climatización muy utilizada hoy en día.

El Edificio "Torre Turbina" de Richard Rogers es un buen ejemplo de la estrategia de torre eólica aplicada en un edificio contemporáneo. Se trata de un edificio en la

ciudad de Tokio que cuenta con un sistema de torres eólicas de captación y extracción. El viento se capta por medio de una torre inferior y es canalizado hacia unos intercambiadores de calor en cisternas de agua fría. El aire, una vez climatizado, se introduce a los locales del edificio a través de los distintos entrepisos. El aire caliente del interior es canalizado a una gran torre de succión, que aprovecha el efecto stack (efecto de tiro), el cuál es incrementado por captadores solares en lo alto de la torre.

Por el contrario que las mezquitas islámicas tradicionales de clima cálido seco, en la Mezquita del Sultán Abdul Aziz Shah de Kuala Lumpur se utiliza la ventilación natural cruzada. El edificio se abre al viento a través de sus bellas celosías, las cuales, al mismo tiempo proporcionan protección solar. El clima caluroso húmedo de Malasia permite una solución abierta de sus edificaciones en donde la ventilación cruzada se convierte en la principal estrategia de diseño bioclimático.

Como ejemplo de un clima cálido húmedo tenemos uno de los edificios de Renzo Piano, la distintiva forma del Centro Cultural de Nueva Caledonia, en Noumea fue generada por la necesidad de maximizar la ventilación en este tipo de clima. El edificio se encuentra ubicado en una colina boscosa a la orilla de un lago. El concepto de diseño permite la canalización del aire fresco de la parte baja y arbolada del terreno. Por estratificación térmica el aire sube y sale por las torres de extracción que se ubican en la parte más elevada del edificio y del terreno. El edificio cuenta también con patios interiores abiertos. El edificio cuenta con muchos muros de celosía que permiten una alta permeabilidad al viento. El diseño de las torres es versátil ante las condiciones de los vientos locales y del flujo de aire del edificio. Conjuntamente con el manejo de los materiales y el diseño total del edificio, se permite el paso constante del aire.

Otro ejemplo de edificios que utilizan torres eólicas como estrategia de ventilación es el edificio de la escuela de ingeniería y manufactura «Edificio de la Reina» de la Universidad de Monfort en Gran Bretaña, del arquitecto Ford y asociados. Este edificio cuenta con talleres y maquinaria que producen grandes cantidades de calor. La climatización se logra casi totalmente de manera natural a través de ventilación cruzada y por efecto stack, aprovechando torres eólicas de extracción y extractores convectivos en los ápices de las cubiertas, mientras que el aire fresco es introducido

por las partes bajas del edificio. De esta forma se consiguen condiciones adecuadas de confort en el interior de los talleres.

El edificio de la Sede de la compañía de telecomunicaciones «Iónica» en Cambridge utiliza de manera importante la ventilación natural, además de masa térmica, iluminación natural, enfriamiento nocturno y otros sistemas y dispositivos controlados por computadora. La ventilación natural se logra por el efecto stack formado en un atrio central e incrementado por captadores solares dispuestos en la parte más elevada del edificio, formando parte de los extractores eólicos. Los calentadores solares incrementan la diferencia térmica entre el aire fresco que entra y el aire caliente que es extraído, de tal manera que el efecto stack se intensifica creando una corriente de aire constante durante el día.

Un buen ejemplo de manejo de la ventilación a través del diseño arquitectónico es el edificio del Parque de Ciencia y Tecnología en Gelsenkirchen, Alemania, del arquitecto Kiessier and Partner. Este edificio presenta una fachada acristalada inclinada orientada hacia el poniente. La fachada es deslizable con un atrio a triple altura para obtener la estratificación térmica y efecto stack. Durante el invierno la fachada permanece cerrada para propiciar el calentamiento de los espacios interiores. Durante el verano la fachada se abre tanto en su parte inferior como superior para permitir la circulación del aire. La abertura inferior de la fachada es controlada a voluntad para permitir mayor o menor flujo de aire. El sistema es apoyado por calentadores solares de aire que permiten un mayor calentamiento en el invierno.

El Pabellón Bioclimático de la Expo Sevilla 92 es un excelente ejemplo para mostrar las posibilidades de climatización natural en espacios abiertos y semi abiertos. En este caso, el espacio semi abierto climatizado naturalmente aprovecha el efecto stack y el flujo de aire fresco de zonas jardinadas. El efecto se logra por medio del diseño de la cubierta (lonaria) La misma forma canaliza al viento forzándolo a circular desde las áreas jardinadas hacia el interior. El sistema es complementado con microaspersores para incrementar la humedad y ionizadores. A pesar de ser un espacio semi-abierto se consiguen disminuciones de temperaturas cercanas a los 10 grados centígrados.

### ***Edificios con doble fachada ventilada***

La nueva sede del Banco de Comercio de Frankfurt de Sir Norman Foster es el primero de una nueva generación de edificios (rascacielos) que no dependen de la climatización artificial para proveer confort a los ocupantes. Hasta ahora los edificios altos y rascacielos, dependían del aire acondicionado para su climatización. Esto se debía por varias razones, pero una de ellas es que a grandes alturas es difícil controlar al viento para introducirlo al interior de los espacios.

El concepto básico del diseño de Foster, es el de lograr la ventilación natural a través de ventanas operables y un atrio central que disipa el aire caliente por estratificación o efecto stack. Este edificio aprovecha una doble fachada acristalada, la cual forma una cavidad ventilada que permite controlar el viento a grandes alturas. Las fachadas acristaladas utilizan materiales de control térmico de baja conductividad, Son vidrios especiales que ofrecen una buena transmitancia de la luz natural y evitan el paso del calor; por lo que la fachada funciona adecuadamente tanto en verano como en invierno.

El control del viento se logra por medio de un ingenioso diseño de la manguetería de la fachada. La cavidad también cuenta con micropersianas para el control solar y lumínico. La fachada interior cuenta con ventanas operables que permiten introducir el aire controlado de la cavidad.

Este sistema de fachada esta acompañado por el esquema de patio central. El edificio de 60 pisos tiene una planta de forma triangular con un enorme espacio central que sirve como tiro para extraer el aire caliente del interior. El efecto stack provoca una corriente ascendente que crea una circulación constante de aire.

De manera alternada, en cada una de las fachadas, y cada ocho niveles se cuenta con un área jardinada con una altura de cuatro niveles. Este espacio permite que desde el interior, sea cual sea la ubicación de los ocupantes, ellos siempre vean un área verde. Desde el punto de vista de diseño esto es muy importante ya que los espacios se abren visualmente y se amabilizan, pero también estos espacios jardinados ayudan al esquema global de ventilación natural, ya sea para la extracción o introducción de aire, además de la aportación de oxígeno que generan de las plantas.

El edificio ARAG, de Norman Foster, también emplea el mismo sistema de control. Igualmente el edificio RWE en Essen, Alemania, del Arquitecto Ingenhoven

Overdiek utiliza el mismo principio de cavidad ventilada para introducir ventilación natural al interior de los espacios, aunque el diseño varía ligeramente del de Foster, éste también utiliza micropersianas para el control solar y de iluminación natural. La cavidad entre las dos fachadas acristaladas es de 50 cm. A este tipo de sistema se le ha llamado: *fachada climática*.

El diseño del edificio de Sistemas Futuros para un Edificio Verde, proyecto del arquitecto McCarthy también juega con la idea de una segunda "piel", o cavidad ventilada, además del concepto de atrio central de gran altura. En este caso se trata de un edificio elevado sobre el nivel del piso, tipo palafito. En el centro del edificio se tiene un área jardinada en el patio central, este espacio funciona como atrio de ventilación. El viento entra por la parte baja del edificio pasando a través de los jardines y por lo tanto refrescándose, el aire es extraído en la parte más elevada del edificio. Además de la doble fachada ventilada, otro esquema que se está utilizando es el de aprovechar la estratificación térmica natural del aire y extraerlo en la parte alta de la cubierta. En este caso las cubiertas son inclinadas o de bóveda de cañón corrido para favorecer la salida del aire.

Otro caso es el Liceo Polivalente Frejus en Francia, proyecto de N. Foster. El edificio utiliza la ventilación cruzada y el efecto stack. El esquema se basa en un atrio central donde se produce la estratificación térmica del aire, el cual es sacado por aberturas localizadas en la parte superior de la cubierta.

De manera similar funciona el Centro de Convenciones y Exposiciones de Linz, Austria del arquitecto Thomas Hersog. El edificio cuenta con una cubierta totalmente acristalada, la cual consiste en un elemento de doble cristal con micro-prismas o micro-persianas en su interior. Los micro prismas se pueden usar para reflejar o redireccionar la luz solar directa y sólo permitir el paso de la luz difusa. Esta tecnología de primera generación ha progresado suficientemente para permitir producir materia extruído de placas microprismáticas de bajo costo, las cuales se pueden usar tanto horizontal como verticalmente. Aunque el principal concepto de diseño de este edificio se basa en la utilización de la iluminación natural, el edificio cuenta con los principios elementales de la extracción por estratificación térmica en la parte superior de la cubierta. La entrada de aire se da de manera controlada por aberturas de inyección en el piso.

## CONCLUSIONES

A través de este texto se han presentado ejemplos de arquitectura contemporánea que utiliza la ventilación natural como principal estrategia de diseño. Los conceptos que en ellos se aplican son prácticamente los mismos que se han utilizado en la arquitectura popular y vernácula a través de la historia.

Vemos como muchos de los edificios actuales están utilizando torres eólicas, tanto de inyección como de extracción. Este es un principio alta mente probado en la arquitectura de Medio Oriente que esta siendo retomado por la arquitectura contemporánea mundial.

El esquema de patio central como atrio de ventilación también es retomado en muchos proyectos, ya que es un elemento arquitectónico importantísimo de control microclimático.

Elevar el edificio del nivel del suelo, tipo «palafito» es una estrategia que favorece la climatización pasiva y la ventilación natural principalmente en climas cálidos húmedos.

Una de las principales estrategias que se están empleando hoy en día es la utilización de doble envolvente constructiva. Ésta puede ser en la cubierta, tipo «techo escudo» o en los muros de las fachadas, «fachada climática».

Utilizado en las cubiertas se convierten en un elemento importante de protección solar. Usado en las fachadas funciona como un elemento de protección en el verano, aislante en el invierno, y como cavidad de ventilación controlada para edificios de grandes alturas donde el viento incide con mucha fuerza.

Por otro lado es importante mencionar que la nueva tecnología, tanto en sistemas constructivos, materiales, de control, etc. está ofreciendo nuevas posibilidades de aplicación, y de hecho, esta expandiendo la utilización de conceptos de diseño tradicionales, desde luego reinterpretados y aplicados en la nueva arquitectura bioclimática contemporánea.

En su dibujo conceptual del edificio «molino de viento», Richard Rogers trata de expresar como un edificio puede aprovechar de manera integral las energías y recursos naturales. El esquema muestra de manera importante el aprovechamiento del viento y la energía solar en la edificación.

Este es un esquema visionario de lo que en adelante deberán hacer todos los edificios construidos. Ya que no se puede seguir construyendo bajo los esquemas derrochadores de energía que imperan en la actualidad. Los nuevos edificios deben tener como premisa fundamental el bienestar y confort de los ocupantes y el uso eficiente de la energía.

## BIBLIOGRAFÍA

Allard, Francis, et al.  
*Natural Ventilation in Buildings, A Design Handbook.*  
James & James. London. England. 1988

*ASHRAE Handbook, Fundamentals.*  
American Society of Heating, Refrigerating and Air-  
Conditioning Engineers Inc. Atlanta. USA. 2001

Boutet, Terry.  
*Controlling Air Movement.*  
Mc Graw Hill, New York 1987.

Bowen, Arthur.  
*Wind Environments in Buildings and Urban Areas*  
University of Miami, U.S.A. 1978.

Buck, Charles.  
*Fire Weather, Agriculture handbook 360 U.S.*  
Department of Agriculture & Forest Service U.S.A., 1970

Catherine Slessor  
*Eco-Tech*  
Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España, 1997.

Croome, Derek & Roberts, Brian.  
*Air-Conditioning and Ventilation of Buildings.*  
Pergamon Press. Oxford, U.K. 1981.

García., Roberto y Fuentes F. Víctor.  
*Viento y Arquitectura*  
Editorial Trillas, México, DF. 1995.

Izard, Jean Louis y Guyot, Alain.  
*Arquitectura Bioclimática,*  
Gustavo Gili. México, D.F. 1983

Lawson, Tom.  
*Building Aerodynamics*  
Imperial College Press. London. England 2001.

Olgay, Victor.  
*Design With Climate*  
Princeton University Press. U.S.A., 1963

PLEA'84 . México (proceedings)  
Pergamon Press, New York, USA. 1984.

Rodriguez V, Manuel, et al.  
*Estudios de Arquitectura Bioclimática. Anuario 2002*  
Limusa- UAM, México, D.F. 2002.

Santamouris, M. & Asimakopoulous, D.  
*Passive Cooling of Buildings*  
James & James, London, England 1996

Sophia and Stefan Behling  
*Sol Power, The evolution of Solar Architecture.*  
Prestel, Munich, Alemania. 1996.

Strahler, Arthur N.  
*Modern Physical Geography*  
Editorial. Wiley & Sons, New York, U.S.A., 1983

Szokolay, Steven y Docherty, Michael.  
*Climate Analysis.*  
PLEA & The University of Queensland. Australia 1999.

Thomas Herzog.  
*Solar Energy in Architecture and Urban Planning*  
Prestel, Munich, Alemania. 1996

Tudela, Fernando.  
*Ecodiseño*  
U.A.M.- Xochimilco, México, D.F. 1982

Watson, Donald  
*Climatic Design*  
McGraw Hill Book Company. New York, U.S.A. 1983

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123it.com

**Vivienda Ecológica Sustentable**  
**CA 73**

**Control Térmico**

**Dr. Víctor Fuentes Freixanet**

**01 al 10 de agosto de 2011**

# Mecanismos de Transferencia de Calor

## CONTROL TÉRMICO EN EDIFICACIONES

Víctor Fuentes Freixanet

### INTRODUCCIÓN

Antes de tratar el tema específico que nos ocupa, es necesario comprender las implicaciones generales del diseño de espacios y el ambiente. Esto resulta importante, porque en la actualidad es común hablar de ecología, de forma que la raíz *eco* se usa en un gran número de términos empleados un tanto demagógicamente, sin comprender su verdadero significado.

Sin tratar de dar definiciones concretas, sino conceptos personales acerca de este problema, se empezará por establecer la relación ambiente - arquitectura. Así, por ambiente se entiende todo aquello que nos rodea, es decir, todos aquellos factores naturales, bióticos y abióticos, factores artificiales y sociales que tienen lugar en un espacio y tiempo determinados. Dentro de ese término tan amplio, la arquitectura interviene en todas las direcciones donde se encuentre establecido un ser humano; sin embargo, para el presente tema cabe particularizar la acción de la arquitectura entre los factores naturales del ambiente.

Si se define al ecosistema como las relaciones e interrelaciones de todos los seres vivos con el ambiente, se entenderá que el hombre es importante modificador de este medio, desafortunadamente, en la mayoría de los casos, esta modificación es negativa, lo cual desequilibra al ecosistema en su totalidad. Precisamente ante tal preocupación, surge el ecodiseño como la disciplina creadora de objetos o espacios que tiende a armonizar la presencia del hombre con su ambiente, y trata de conciliar las necesidades humanas con los sistemas energéticos naturales, al mantener o restablecer el equilibrio vital del sistema en particular y de la biosfera en general. De lo anterior se infiere que la arquitectura ambiental, específicamente la bioclimática, tiene la función de crear espacios que cumplan con una finalidad funcional y expresiva, concebidos y basados ecológicamente en los objetivos siguientes:

- a) Crear espacios física y psicológicamente saludables y confortables, que propicien el desarrollo integral del hombre y sus actividades.
- b) Usar de manera eficiente la energía y los recursos, prefiriendo aquellos naturales y renovables. Propiciar la autosuficiencia de las edificaciones y con ello optimizar los recursos humanos y económicos.
- c) Preservar y mejorar el ambiente.

En resumen, se debe integrar al hombre a su ambiente natural por medio de la arquitectura (sin olvidar, desde luego, los conceptos socioeconómicos, funcionales y estéticos tradicionalmente considerados por ésta)

Uno de los puntos importantes en el diseño bioclimático es el manejo adecuado de la energía solar y de los materiales y sistemas constructivos como elementos básicos de climatización natural. De hecho, la experiencia en este campo es muy vasta, pues desde hace mucho tiempo civilizaciones antiguas utilizaron la geometría solar y las propiedades termo-físicas de los materiales constructivos, a fin de lograr condiciones ambientales adecuadas en sus habitaciones. En la actualidad, la arquitectura vernácula conserva, como testimonio, los conocimientos legados de generación en generación, a veces un tanto intuitivos, de la manera correcta de construir. Por lo contrario la arquitectura contemporánea parece olvidar su relación con el ambiente natural y sacrifica el bienestar de los usuarios a cambio de una expresión formal mal entendida que obedece a modas transitorias, importadas irracionalmente de un medio distinto de aquel donde se halla el sitio del proyecto. Incluso en muchas regiones, la transculturización ha deformado los conceptos constructivos tradicionales a tal grado que sistemas y materiales regionales son abandonados y sustituidos por otros, industrializados e importados, que ofrecen mayor *status* aparente, pero que en realidad desintegran a sus ocupantes y a la vivienda de su medio natural.

Ejemplos de lo anterior se ven cotidianamente en viviendas rurales que sustituyen el techo de palma por lámina de cartón asfáltico o de asbesto-cemento. Esto no quiere decir que toda la arquitectura indígena o vernácula sea buena y responda de modo favorable al medio circundante, ni que se deba construir como antes, sino simplemente que se deben retomar las experiencias positivas de las generaciones pasadas y hacer una arquitectura moderna racional pensada para el hombre que la ha de habitar y en su ambiente. Aún hay mucho que aprender del iglú, del palafito y de la humilde casa de adobe... de la arquitectura natural.

## PRINCIPIOS GENERALES

El flujo de energía en una estructura o un espacio se basa en los principios de la termodinámica. La primera ley establece que la energía se transforma, no se crea ni se destruye, mientras que la segunda dice que la energía calorífica siempre viaja de un cuerpo con mayor temperatura a otro con menor temperatura. La transferencia directa de calor se puede dar a través de los tres mecanismos de transferencia de calor, como son: conducción, convección y radiación.

### Conducción

Conducción es la transferencia de calor por actividad molecular que ocurre básicamente entre la materia sólida. Cuando las primeras moléculas se calientan, su energía se transfiere a las moléculas adyacentes.

Cuando se aplica calor en un punto de una barra metálica, aumenta la actividad molecular y la temperatura en el lugar de aplicación de calor. Este aumento de actividad es transferido a las moléculas adyacentes, de forma que la temperatura subirá progresivamente a lo largo de la barra.

Algunos materiales (como el cobre) son buenos conductores de calor, mientras que otros (como la madera) son malos conductores de calor. El grado con el cual se trasmite calor a través de un material depende de la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el material que es calentado, o entre uno y otro punto de un mismo material, de la conductividad térmica de éste, de su espesor y del área expuesta.

Cuando otro objeto es puesto en contacto físico con un material caliente el calor se transfiere directamente al objeto por conducción, mientras que el flujo de calor se detiene cuando ambos objetos alcanzan la misma

temperatura interna<sup>1</sup>.

El flujo de energía calorífica por conducción se puede calcular a través de la ecuación siguiente:

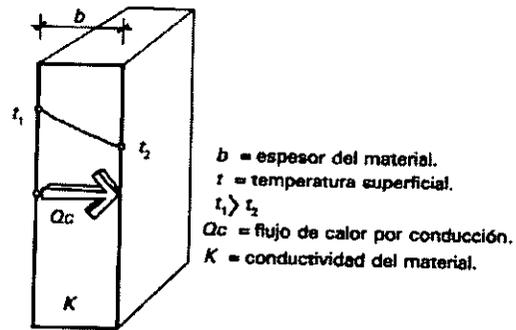


Figura 1. Conductividad en un cuerpo homogéneo.

$$Q_c = C A \Delta t$$

donde:

$Q_c$  = flujo de energía calorífica por conducción (W)

$C$  = conductancia del material  $C = k/b$  (W/m<sup>2</sup> °C)

$k$  = conductividad del material (W/m °C)

$b$  = espesor del material (m)

$A$  = área expuesta al flujo de calor (m<sup>2</sup>)

$\Delta t$  = diferencia de temperatura entre dos puntos (°C)

Para elementos constituidos por varios materiales, deberán sumarse las resistencias individuales de cada material, es decir:

$$Rt = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$Rt = b_1/k_1 + b_2/k_2 + b_3/k_3 + \dots + b_n/k_n$$

De forma que la conductancia será igual al recíproco de la resistencia total:

$$C = 1/Rt.$$

### Convección

Convección es la transferencia de calor entre líquidos y gases, lo cual da como resultado el movimiento del fluido. Además, la convección es más rápida que la conducción.

<sup>1</sup> Como cada sustancia tiene diferente estructura molecular, la misma cantidad de calor aplicada a masas iguales de materiales distintos causará que una obtenga mayor activación molecular que la otra; en otras palabras, todas ellas tienen distinta *capacidad calorífica*.

Cuando se aplica calor a un recipiente con agua, la porción de agua que se halla en contacto con el fondo del recipiente es calentada por conducción, se expande y se vuelve menos densa que el agua superior, por lo cual tiende a subir. El fluido más denso y frío reemplazará al más caliente y menos denso que sube, con lo cual se crea una circulación convectiva.

El grado o magnitud del flujo depende principalmente de las diferencias de densidad producidas por las diferencias de temperatura. Debido a esta circulación convectiva, eventualmente se calentará toda el agua del recipiente, de modo que se producirá un calor uniforme; por tanto, la convección implica también un proceso de mezclado (lo mismo sucede con el aire o con cualquier otro fluido)

En un primer caso, la convección se refiere a la transferencia de calor que ocurre entre la superficie de un material y un fluido (en este caso el aire). La magnitud del flujo de energía calorífica por este tipo de convección depende del área superficial expuesta, de la diferencia de temperatura entre la superficie y el aire, y de un coeficiente de convección, que a su vez depende de la viscosidad, de la velocidad del aire y de la configuración física y textura de la superficie, la cual determinará si el flujo del aire será laminar o turbulento. En términos generales, el coeficiente de convección entre el aire y las superficies de edificaciones es como sigue:

Para superficies interiores:

$hc = 3.0$	Para superficies verticales ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )
$hc = 4.3$	Para superficies horizontales con intercambio hacia arriba (del piso hacia el aire o del aire hacia el techo)
$hc = 1.5$	Para superficies horizontales con intercambio hacia abajo (del aire al piso o del techo al aire)

Para superficies expuestas al viento (exteriores):

$$hc = 5.8 + 4.1v$$

donde:

$v$  = velocidad de viento (m/s).

El flujo de energía calorífica por convección se puede calcular por medio de la ecuación siguiente:

$$Q_v = hc A \Delta t$$

donde.

$Q_v$  = flujo calorífico por convección superficial (W)

$hc$  = coeficiente de convección ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

$A$  = área superficial expuesta ( $m^2$ )

$\Delta t$  = diferencia de temperatura entre la superficie y el aire ( $^\circ C$ )

En segundo término, la convección se refiere también a la ventilación, es decir, a las pérdidas o ganancias de energía calorífica por intercambio de aire entre el exterior de un espacio, ya sea por infiltración o por ventilación deliberada. La magnitud de flujo de energía calorífica por ventilación se establece mediante:

$$Q_v = 1,200 V \Delta t$$

donde:

$Q_v$  = flujo calorífico por ventilación (W)

1,200 = calor específico volumétrico del aire ( $J/m^3 \text{ } ^\circ C$ )

$V$  = tasa ventilación ( $m^3/s$ )

$\Delta t$  = diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior ( $^\circ C$ )

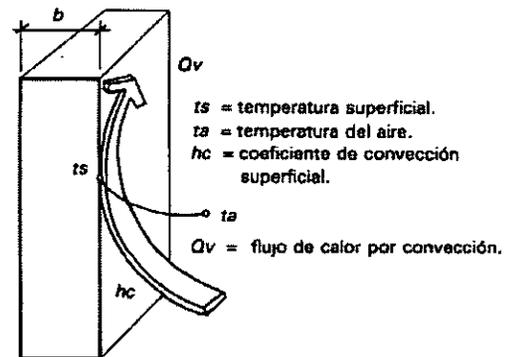


Figura 2. Coeficiente de convección superficial.

### Radiación

La radiación es la transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas. Este proceso, a diferencia de la convección, no requiere la presencia o intervención de materia para su transporte.

Dado que la transferencia de energía por radiación ocurre dentro de un amplio espectro de longitud de onda, se hará referencia a la *radiación térmica* como aquella que es emitida por cualquier cuerpo cuyas moléculas han sido excitadas por energía térmica.

La transferencia de calor por radiación se establece por la conversión de energía térmica en radiante. La energía radiante viaja hacia afuera del objeto emisor y conserva su identidad, hasta que es absorbida y reconvertida en energía térmica por un objeto receptor.

La energía radiante reflejada por un objeto no contribuye a su ganancia de calor. Por otra parte, la intensidad y la longitud de onda de radiación dependen principalmente de la temperatura y naturaleza del cuerpo radiante.

La intensidad de radiación emitida por un objeto es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura, es decir, si la temperatura '(Kelvin) del cuerpo emisor se incrementa al doble, la intensidad de radiación aumentará 16 veces. La intensidad de energía radiante recibida por un objeto depende de lo siguiente:

- De la distancia de la fuente de energía: la intensidad de radiación recibida varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente y el receptor ( $I = 1/d^2$ )
- Del ángulo de incidencia de la radiación; la cantidad de energía radiante recibida por unidad de área será mayor si la radiación incide perpendicularmente sobre una superficie.

c)

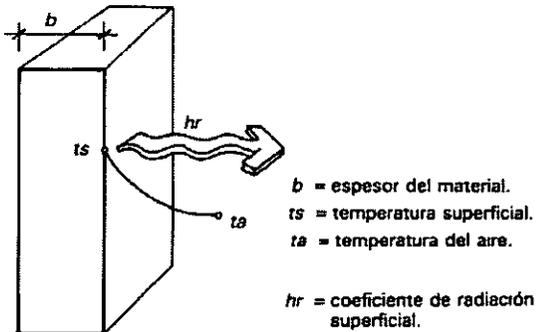


Figura 3. Coeficiente de radiación superficial.

- De la temperatura del cuerpo radiante y del receptor; al cumplir con la segunda ley de la termodinámica; si ambos cuerpos tienen la misma temperatura no habrá transferencia de energía.
- De las cualidades de absorptancia ( $\alpha$ ) y emitancia ( $\epsilon$ ) de las superficies.

El flujo de calor por radiación queda definido por.

$$Q_r = hr A \Delta t$$

donde:

$Q_r$  = flujo de calor por radiación (W)  
 $hr$  = coeficiente de radiación ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

Para superficies de construcción normales.

$hr = 5.7 \epsilon$  (para temperatura superficial de  $20 \text{ } ^\circ C$ )  
 $hr = 4.6 \epsilon$  (para temperatura superficial de  $0 \text{ } ^\circ C$ )

donde

$\epsilon = 0.9$  para materiales de construcción comunes  
 $\epsilon = 0.2$  para aluminio opaco,  
 $\epsilon = 0.05$  para aluminio pulido

$A$  = área expuesta ( $m^2$ )

$\Delta t$  = diferencia de temperatura ( $^\circ C$ )

Si se conoce la densidad del flujo radiante incidente ( $G$ ) el calor absorbido por la superficie será:

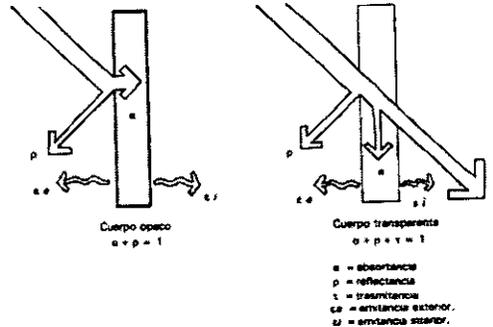
$$Q_r = G A \alpha$$

Para superficies vidriadas (translúcidas o transparentes)

$$Q_r = G A fg$$

donde:

$Q_r$  = flujo de calor por radiación (W)  
 $G$  = densidad de la energía radiante incidente ( $W/m^2$ )  
 $A$  = superficie expuesta ( $m^2$ )  
 $\alpha$  = absorptancia del material  
 $fg$  = factor de ganancia solar



Cuando la radiación solar incide sobre una superficie transparente, parte de esta energía es reflejada, parte transmitida, y otra parte absorbida por el material. Así la relación entre estos tres factores de la energía es:

$$\alpha + \tau + \rho = 1.$$

donde:

$\alpha$  = absorptancia  
 $\tau$  = transmitancia  
 $\rho$  = reflectancia

El calor absorbido por el vidrio o el material transparente será re-emitido como sigue:

Una parte hacia el interior y otra hacia el exterior. El factor de ganancia solar es igual a la suma de la radiación transmitida, más la proporción de energía absorbida que se re-emite al interior:

$$fg = \tau + \epsilon i$$

aunque en términos generales se puede considerar como:

$$fg = \tau + (\alpha/2)$$

### Trasmisión aire a aire

Al analizar la transferencia de calor entre el aire y un cuerpo, o viceversa, es conveniente combinar las componentes convectivas superficial y radiantes en un sólo coeficiente de conductancia superficial:

$$f = hc + hr \text{ (W/m}^2\text{ }^\circ\text{C)}$$

Por ejemplo, para superficies ordinarias a 20 °C:

a) Superficies verticales interiores:

$$\begin{aligned} hr &= 5.7 \times 0.9 = 5.13 \\ hc &= 3.00 \\ fi &= 8.13 \end{aligned}$$

b) Superficies verticales exteriores:

$$\begin{aligned} hr &= 5.7 \times 0.9 = 5.13 \\ hc &= 5.80 + 4.1 v \\ fe &= 10.93 + 4.1 v \end{aligned}$$

El recíproco de la conductancia superficial es la resistencia superficial ( $1/f$ ), de forma que si se suman estas resistencias a la resistencia total de un elemento, se obtendrá la resistencia total aire a aire; así:

$$Ra = 1/fi + Rt + 1/fe$$

$$Ra = 1/fi + b_1/k_1 + b_2/k_2 + b_3/k_3 + \dots b_n/k_n + 1/fe$$

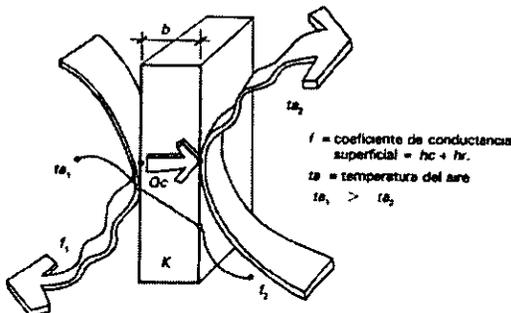


Figura 4.

donde:

$$\begin{aligned} Ra &= \text{resistencia aire a aire. (m}^2\text{ }^\circ\text{C/W)} \\ 1/fi &= \text{resistencia superficial interna.} \\ Rt &= \text{resistencia del objeto o elemento} \\ 1/fe &= \text{resistencia superficial externa.} \end{aligned}$$

El inverso de la resistencia (aire a aire) es la transmitancia (aire a aire) o comúnmente conocido como coeficiente de trasmisión-U. Bajo este nuevo concepto de transmitancia, el flujo de energía calorífica por conducción a través de muros u otros elementos constructivos es:

$$Qc = U A \Delta t.$$

donde,

$$\begin{aligned} \Delta t &= te - ti \\ te &= \text{temperatura del aire exterior (}^\circ\text{C)} \\ ti &= \text{temperatura del aire interior (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

Nótese que aquí la diferencia de temperaturas corresponde a la del aire, y no a la de las superficies.

### Control térmico

Es muy importante analizar los flujos de energía en una estructura, porque con ello se pueden controlar las condiciones térmicas de los espacios interiores y, por tanto, obtener condiciones de confort térmico, en las que el cuerpo ejerza un mínimo esfuerzo para mantener su equilibrio interno. De esta forma se propiciará el bienestar físico de los habitantes y les permitirá ser más eficientes y tener un óptimo desarrollo de sus actividades.

Lo más conveniente es lograr un control térmico natural (pasivo) de manera que se evite al máximo emplear sistemas artificiales electromecánicos (activos) para el acondicionamiento del aire. Sin embargo, en condiciones ambientales severas, se deberán utilizar sistemas híbridos; es decir, aprovechar hasta donde sea posible los sistemas pasivos, combinados con sistemas activos complementarios.

### Balance térmico

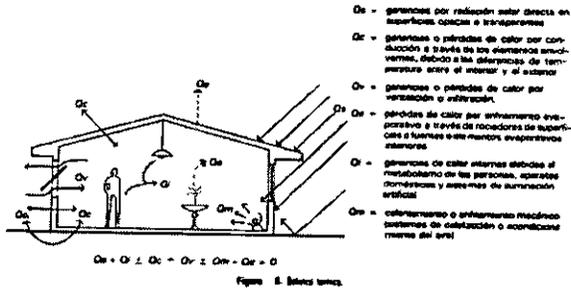
Existe balance térmico cuando la suma de todos los flujos de calor es igual a cero:

$$Qs + Qi \pm Qc \pm Qv \pm Qm - Qe = 0$$

donde:

$$\begin{aligned} Qs &= \text{ganancia solar} \\ Qi &= \text{ganancias internas} \\ Qc &= \text{ganancias o pérdidas por conducción} \\ Qv &= \text{ganancias o pérdidas por ventilación} \\ Qm &= \text{ganancias o pérdidas por sistemas mecánicos} \\ Qe &= \text{pérdidas por enfriamiento evaporativo.} \end{aligned}$$

Cuando la suma sea mayor que cero la temperatura interior se incrementará; pero cuando sea menor que cero o con signo negativo la temperatura interior decrecerá.



### Ganancia Solar (Qs)

Este flujo de energía sólo puede ser positivo y se refiere a la aportación de calor por radiación solar. Como ya se ha definido anteriormente la ganancia de calor absorbido por la superficie de un material es:

$$Q_s = G A \alpha$$

Sin embargo esta cantidad de calor será afectada por la relación de la transmitancia del elemento entre la resistencia superficial externa, así la energía calorífica por radiación que pasa a través del material al espacio interior es:

$$Q_s = G A \alpha (U/fe)$$

La radiación solar incidente ( $G$ ) está determinada por la cantidad de energía radiante solar que se recibe a nivel extra-terrestre sobre una superficie normal a los rayos solares (esta cantidad de energía se halla en función del grado de actividad solar y de la distancia entre el Sol y la Tierra en un momento determinado) por el espesor de la capa de atmósfera que debe atravesar la energía radiante, por el grado de turbiedad atmosférica y contenido de humedad y por el ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a una superficie dada.

La siguiente tabla muestra los datos teóricos de la energía directa ( $I$ ) recibida al ras del suelo suponiendo que el Sol estuviera en el cenit en las fechas indicadas, sin embargo para aplicaciones arquitectónicas, en las cuales no se requiere excesiva precisión o cuando no se cuenta con datos más precisos, se puede emplear como constante una intensidad de  $930 \text{ W/m}^2$  como la energía susceptible de captar un metro cuadrado de superficie

teóricamente negra, en posición horizontal, con el Sol en el cenit y considerando una atmósfera limpia con un grado de turbiedad bajo. También se muestran los valores teóricos de la proporción de radiación difusa para las mismas fechas<sup>2</sup>.

### Radiación teórica al ras del suelo (I)

Fecha	Radiación directa (W/m <sup>2</sup> )	Rad. difusa/Rad. directa
21 de enero	1,067	0.058
21 de febrero	1,051	0.060
21 de marzo	1,015	0.071
21 de abril	948	0.097
21 de mayo	907	0.121
21 de junio	886	0.134
21 de julio	882	0.136
21 de agosto	905	0.122
21 de septiembre	964	0.092
21 de octubre	1,016	0.073
21 de noviembre	1,052	0.063
21 de diciembre	1,070	0.057

Desde luego, tal cantidad de radiación teórica está en función de la posición real del Sol para un lugar y tiempo determinados. Para precisar la posición del Sol y el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre cualquier superficie se debe recurrir a la geometría solar y a la trigonometría esférica.

### Determinación de la posición solar

A fin de determinar la posición solar primero se debe establecer la declinación para el día específico de análisis. Esto se puede hacer mediante la ecuación de Cooper:

$$\delta = 23.45 \text{ sen } 360 ((284 + n) / 365)$$

donde:

- $\delta$  = declinación del sol
- $n$  = número del día del año

La altura solar y el acimut se pueden obtener si se aplican las ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{sen } h &= (\cos \lambda \cos \delta \cos \tau) + (\text{sen } \lambda \text{ sen } \delta) \\ \cos z &= (\text{sen } h \text{ sen } \lambda - \text{sen } \delta) / (\cos h \cos \lambda) \end{aligned}$$

<sup>2</sup> Manuel A. de Anda, *Cálculo térmico*. Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, México, D.F. 1981

donde:

- $h$  = altura solar
- $\lambda$  = latitud del lugar
- $\delta$  = declinación solar
- $\tau$  = ángulo horario
- $\tau = (12 - \text{hora}) * 15$
- $z$  = acimut solar

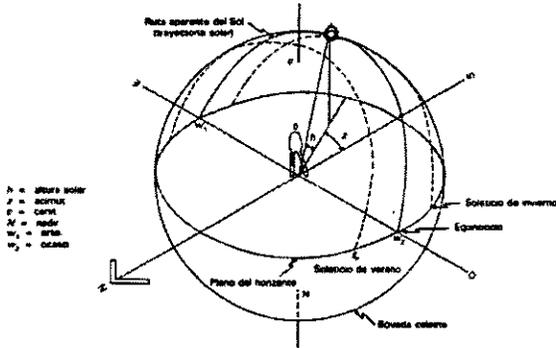


Figura 7. Declinación solar.

### Determinación del ángulo de incidencia

El ángulo de incidencia, formado por el rayo solar y la normal de una superficie cualquiera, que no sea horizontal, se puede obtener mediante la fórmula siguiente:

$$\cos \theta = (\cos h \cos c \sin s) + (\sin h \cos s)$$

donde:

- $\theta$  = ángulo de incidencia
- $h$  = altura solar
- $c$  = ángulo formado entre el acimut del rayo solar y la proyección horizontal de la normal de la superficie (orientación de la fachada)
- $s$  = inclinación de la superficie con respecto al plano horizontal.

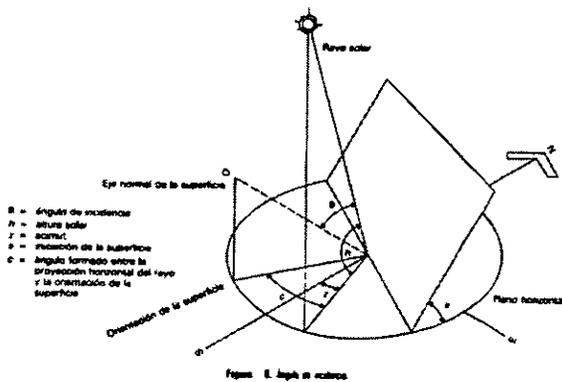


Figura 8. Ángulo de incidencia.

Si la superficie es vertical:

$$\cos \theta = \cos h \cos c$$

De esta forma la intensidad de radiación solar cuando el sol tiene un ángulo de altura ( $h$ ) sobre el horizonte es:

$$G = I (\sin h)^{1/3}$$

Cuando la radiación incide sobre una superficie no horizontal, se puede calcular mediante la fórmula que sigue:

$$G = I (\sin h)^{1/3} \cos \theta$$

### Ganancias internas (Qi)

Este flujo de energía sólo puede ser positivo y se refiere al calor que aportan las personas debido a su grado de actividad metabólico, a los sistemas de iluminación artificiales y a los aparatos domésticos electro-mecánicos.

El metabolismo se define como el proceso químico biológico por medio del cual el cuerpo genera su energía y mantiene el funcionamiento de sus sistemas vitales. El desprendimiento de calor que se produce por metabolismo puede ser de dos tipos:

- a) Por metabolismo basal es decir, por la energía mínima que se requiere para mantener la temperatura del cuerpo en estado de absoluto reposo (vegetativo)
- b) Por metabolismo muscular, es decir el desprendimiento de calor por actividad muscular al desarrollar un trabajo.

La tabla siguiente muestra las tasas metabólicas promedio para hombres adultos.

Actividad	Metabolismo (Watts)		
	basal	muscular	Total
Sueño profundo	70	-	70
Acostado	88	-	88
Sentado/en descanso	92	23	115
Actividad ligera	92	58	150
Caminar lento	92	68	160
Trabajo de escritorio	93	142	235
Trabajo medio	93	172	265
Trabajo pesado (8 hr)	94	346	440
Trabajo pesado (max. 0.5 hr)	94	1,404	1,498

### Ganancias o pérdidas por conducción ( $Q_c$ )

Como ya estableció, la conducción de calor aire-a-aire a través de un elemento es:

$$Q_c = U A \Delta t \text{ (Watts)}$$

Si un espacio está delimitado por elementos diferentes (techo, piso, ventanas, etc.) el flujo de calor total por conducción será:

$$Q_c = \Sigma (UA) \Delta t$$

### Ganancias o pérdidas por ventilación ( $Q_v$ )

El flujo de calor por ventilación es:

$$Q_v = 1,200 V \Delta t \text{ (Watts)}$$

$V$  es la magnitud o tasa de ventilación, volumen de aire por unidad de tiempo ( $m^3/s$ ), y se puede expresar en función del número de cambios de aire por hora:

$$V = (N vo) / 3,600$$

donde:

$V$  = Ventilación ( $m^3/s$ )

$N$  = número de cambios de aire

$vo$  = volumen de la habitación ( $m^3$ )

La cantidad de ventilación que pasa por una ventana (siempre y cuando exista ventilación cruzada) queda expresada por la fórmula (según Olgyay)

$$V = A v r (\text{sen } \theta_v)$$

donde:

$V$  = ventilación ( $m^3/s$ )

$A$  = área de la ventana ( $m^2$ )

$v$  = velocidad del viento ( $m/s$ )

$\theta_v$  = ángulo de incidencia del viento con respecto al plano de la ventana.

$r$  = relación entre la abertura de entrada y la de salida.

$$r = 0.6 fr$$

$fr$  = factor de relación entre las aberturas de entrada y salida.

Factor de relación entre aberturas

$As/Ae$	$fr$
5:1 = 5	1.38
4:1 = 4	1.37
3:1 = 3	1.33
2:1 = 2	1.26
1.1 = 1	1.00
3:4 = 0.75	0.84
1:2 = 0.63	0.63
1:4 = 0.25	0.34

Cuando se habla de infiltración, es decir, la ventilación no intencional de magnitudes pequeñas es válida la ecuación siguiente:

$$V = 0.827 A (\Delta p)^{1/2}$$

donde:

$V$  = Tasa de ventilación ( $m^3/s$ )

$A$  = Área de aberturas de infiltración ( $m^2$ )

$\Delta p$  = Diferencia de presión entre el interior y el exterior

La presión del viento se puede estimar mediante la fórmula que sigue:

$$pw = 0.612 v^2$$

donde:

$v$  = velocidad del viento ( $m/s$ )

$pw$  = Presión del viento arriba de la presión atmosférica

$pw$  se puede considerar como  $\Delta p$  (Pa) en barlovento.

Para infiltraciones en barlovento actuarán presiones entre 0.5  $pw$  y 1.0  $pw$ , mientras que en sotavento las presiones estarán entre -0.3  $pw$  y -0.4  $pw$ , lo cual dependerá de las condiciones aerodinámicas particulares.

### Ganancias o pérdidas por sistemas mecánicos ( $Q_m$ )

Este concepto se refiere a los sistemas de calefacción, refrigeración o de aire acondicionado, aunque como ya se ha mencionado estos dispositivos de climatización artificial se deben usar lo menos posible y sólo como complemento a los sistemas pasivos. Esto se debe a que tales sistemas producen problemas adicionales como resequedad del ambiente, condensación o saturación y cambios bruscos de temperatura entre los espacios interiores y exteriores, lo cual perjudica la salud de los ocupantes pues se fuerza al cuerpo a mantener su estado de equilibrio.

### Pérdidas por enfriamiento evaporativo ( $Q_e$ )

Este concepto sólo puede ser negativo. Al respecto, la evaporación de agua absorbe gran cantidad de calor y el calor sensible es convertido en latente. El calor latente de evaporación del agua es de 2,400 kJ/kg, es decir, se absorben 2,400 kJ al evaporarse 1kg de agua a 20 °C

$$Q_e = e (2'400,000/3600) \text{ ( J/s)}$$

$$Q_e = e 666.66 \text{ (W)}$$

donde:

- $Q_e =$  energía calorífica perdida por evaporación (W)
- $e =$  tasa de evaporación (kg/h)

### Retardo térmico y amortiguación

Los flujos de calor que se presentan en una estructura varían constantemente, pues según la segunda ley de la termodinámica, las temperaturas interiores y exteriores tienden a equilibrarse. El flujo de calor ocurrirá mientras exista una diferencia de temperatura.

Sin embargo, dicho paso de energía no es instantáneo, o sea, si se aplica calor a un muro, la conducción de este calor de un lado al otro se conseguirá en cierto tiempo, lo cual dependerá de las características termo-físicas del material.

Además, se debe considerar que en la realidad, la aplicación de calor no es constante, sino que existen variaciones en la intensidad de la radiación solar a lo largo del día y, evidentemente, también diferencias de temperatura entre el exterior y el interior. Por ello, generalmente se dice que los muros de una casa son calentados durante el día y que por la noche desprenden el calor acumulado.

Si se hace una gráfica de las temperaturas exteriores e interiores diarias, se obtendrán dos curvas sinusoidales similares, pero con crestas desfasadas y con amplitud diferente

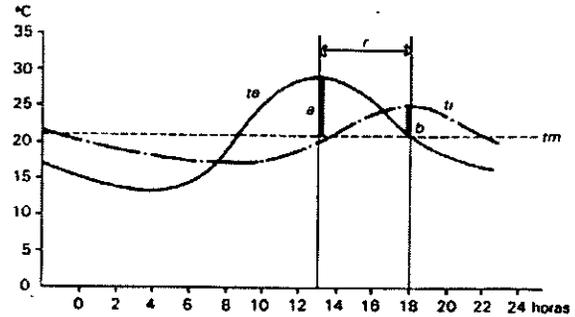
El desfase horario entre los dos máximos o los dos mínimos se conoce como retardo térmico, mientras que la relación entre las dos amplitudes se llama amortiguación. Se dice que un material tiene más o menos inercia térmica cuanto mayores o menores son su retardo y amortiguación.

El retardo térmico se puede calcular de manera aproximada. Mediante la determinación de la difusividad térmica del material como sigue:

$$D = k / ce \rho$$

donde:

- $D =$  difusividad ( $m^2/h$ )
- $k =$  conductividad térmica (W/m K)
- $ce =$  calor específico (Wh/kg K)
- $\rho =$  densidad ( $kg/m^3$ ).



- $r =$  retardo térmico
- $b/a =$  amortiguación
- $t_e =$  temperatura exterior
- $t_i =$  temperatura interior
- $t_m =$  temperatura media

Figura 8. Inercia térmica

De esta forma, el retraso térmico es:

$$\phi = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{24}{\pi \cdot D}}$$

como:  $\phi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{24}{\pi}} = 1.382$

entonces:

$$\phi = 1.382 \cdot b \sqrt{\frac{1}{D}}$$

donde:

- $\phi =$  retardo térmico (h)
- $b =$  espesor del material. (m)
- $D =$  difusividad ( $m^2/h$ )

Si  $ce =$  calor específico está es J/kg K, entonces:

$$\phi = 0.02303 \cdot b \sqrt{\frac{1}{D}}$$

### AMORTIGUAMIENTO

De acuerdo con Steve Szokolay, [PLEA'84] "para cualquier edificación se puede suponer que en ausencia de ganancias de calor solar e internas, la temperatura media diaria interior y exterior serán idénticas. La ganancia de calor extra, puede calcularse y promediarse para las 24 horas del día ( $Q$ ). Esta ganancia provocará un incremento de la temperatura media interior y con ello se presentará un flujo de calor hacia el exterior de la construcción. El incremento de la temperatura media interior se puede determinar por":

$$\Delta t = Q / q$$

donde

q =	qc + qv	(tasa de pérdidas de calor)
qc =	$\Sigma (A * U)$	(W/K)
qv =	$0.33 * V * N$	(W/K)
A =	área	(m <sup>2</sup> )
U =	Trasmittancia de cada elemento	(W/m <sup>2</sup> K)
V =	volumen de la habitación	(m <sup>3</sup> )
N =	número de cambios de aire por hora	(c/h)

Si se conoce el retardo térmico y el factor de amortiguamiento de cada elemento constructivo, la desviación del flujo de calor medio diario (Q) puede calcularse. Esta desviación de la ganancia calorífica con respecto a la media es absorbida por todos los elementos constructivos o es removida por la ventilación.

La *admitancia* (Y) es una medida de la capacidad de absorción de la ganancia de calor periódico de los elementos constructivos, donde la admitancia para un material sólido se puede encontrar por la siguiente fórmula<sup>3</sup>:

$$Y = \sqrt{k \cdot \rho \cdot ce \cdot \omega}$$

donde

Y =	admitancia del material (W/m <sup>2</sup> °C)
k =	conductividad térmica (W/m °C)
ce =	calor específico (J/kg °C)
$\rho$ =	densidad (kg/m <sup>3</sup> ).
$\omega$ =	velocidad angular de la onda de temperatura diurna

$$\omega = 2 \cdot \pi / 24$$

si el calor específico ce está en J/kg K, entonces:

$$Y = 0.0085277 \sqrt{k \cdot \rho \cdot ce}$$

De tal forma, la desviación de la temperatura ambiente interior con respecto a la media diaria se puede determinar por:

$$Ti = Q / [\Sigma (A * Y) + qv]$$

## CONCLUSIONES

Aunque en el método de balance térmico expuesto aquí de manera simplificada se considera un cálculo instantáneo, es bastante útil para manejar las variables implicadas y traducirlas en decisiones concretas de diseño.

En términos generales, se puede decir que cuando se hace referencia a las ganancias solares es importante considerar las variables siguientes: la forma del espacio y de la estructura, su relación superficie - volumen, su orientación, las aberturas y los dispositivos de control solar (de sombreado). Por otra parte, si se habla de ganancias por conducción, se deben destacar la relación superficie - volumen, las características termo-físicas de los materiales y sistemas constructivos y la inercia térmica. Para ganancias o pérdidas por ventilación, la orientación, ubicación, forma y tamaño de las aberturas es determinante; así como controlar adecuadamente las infiltraciones (o fugas). Al estudiar las ganancias internas, además de analizar el uso del espacio, la actividad y el arropamiento de los ocupantes, se deben evaluar los sistemas de alumbrado, la óptima ubicación y la disposición de los equipos electrodomésticos.

Cabe destacar que la mayoría de las veces, las variables están interrelacionadas de tal forma que al variar una de ellas las demás se verán afectadas.

Quizá a muchos de los lectores les parezca complicado y engorroso el balance térmico; sin embargo, con un poco de comprensión y práctica, descubrirán que es sencillo de aplicar y sobre todo, que es sumamente útil para la toma definitiva de decisiones de diseño. Incluso, con el tiempo, basados en una metodología general para definir las estrategias de diseño, manejarán los conceptos básicos implicados en el balance térmico de manera natural desde los primeros esbozos del proyecto; de esta forma, el cálculo se convertirá sólo en un medio para verificar conceptos definidos y para depurar algunos detalles.

<sup>3</sup> Cf. Szokolay, Steven V. Introduction to Architectural Science- The basis of Sustainable Design. Architectural Press. Elsevier. London. UK, 2004

**ADMITANCIAS TÍPICAS PARA ALGUNOS ELEMENTOS  
CONSTRUCTIVOS.**

Descripción:	espesor (mm)	Admitancia Y (W/m <sup>2</sup> °C)		Admitancia Y (W/m <sup>2</sup> °C)
<i>Muros exteriores:</i>			<i>Acristalamientos:</i>	
Tabique sólido:			Vidrios:	
1. tabique	105	4.2	15. vidrio sencillo	5.6
2. tabique	220	4.7	16. sencillo con persiana interior	5.4
3. tabique	335	4.7	17. doble con persiana interior	2.7
Con recubrimiento:			18. sencillo con persiana exterior	4.8
4. tabique	105			
recubrimiento yeso	16	4.1		
5. tabique	220 o 335			
recubrimiento yeso	16	4.5		
Con Cavidad:				
6. tabique	105 o 220			
cavidad	275			
tabique	105			
recubrimiento yeso	16	4.4		
Concreto sólido:				
7. concreto	150	5.2		
8. concreto	200	5.4		
Sandwich de concreto				
9. concreto	75			
poliestireno expandido	25			
concreto aligerado	150	3.8		
<i>Muros Interiores:</i>				
Tabique:				
10. recubrimiento yeso	15			
tabique	102			
recubrimiento yeso	15	3.3		
Concreto:				
11. recubrimiento yeso	15			
concreto	65			
recubrimiento yeso	15	1.8		
<i>Techumbre:</i>				
Concreto:				
12. asfalto	19			
concreto ligero	75			
concreto denso	150			
recubrimiento yeso	15	5.1		
<i>Piso:</i>				
Concreto:				
13. Concreto colado sobre el terreno	150	5.7		
13. firme pulido concreto	50 150	4.3		
Madera				
14. madera o alfombra firme pulido concreto	25 50 150	2.9		

## EJEMPLO

Determinense las ganancias o pérdidas de calor que sufrirá una habitación (aislada) ubicada en la ciudad de México el 21 de junio a las 15:00 hr.

Datos de diseño:

### DATOS DEL LUGAR Y DEL CLIMA

latitud = 19° 24'  
longitud = 99° 12'  
altitud = 2,308 msnm

Temperatura exterior ( $t_e$ ) = 23 °C (TBS)  
Temperatura interior ( $t_i$ ) = 21 °C (TBS)  
Velocidad del viento ( $v$ ) = 1.5 m/s,  
Dirección del viento = norte.  
Radiación teórica para el cenit  $I = 886 \text{ W/m}^2$ .

### DATOS DEL LOCAL Y DE LA ESTRUCTURA

Dimensiones:

Ancho 4.00 m  
Largo 5.00 m  
Alto 2.50 m

### Materiales:

#### Muros

	b Espesor (m)	k Conductividad (W/m °C)
Aplanado exterior de mortero	0.02	0.63
Tabique de barro rojo recocido	0.14	0.65
Aplanado interior de yeso	0.02	0.46

Absortancia  $\alpha = 0.60$   
Admitancia:  $Y = 3.3$   
Conductancia superficial interior:  $f_i = 8.13 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$   
Conductancia superficial exterior:  $f_e = 10.93 + 4.1 v$   
 $f_e = 17.08 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

Resistencia total de los muros:

$$Ra = (1/8.13) + (0.02/0.46) + (0.14/0.65) + (0.02/0.63) + (1/17.08)$$
$$Ra = 0.4721581 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$$

Coefficiente de transmisión:  
 $U = 1/Ra = 2.12 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

### Losa:

	b Espesor (m)	k Conductividad (W/m °C)
Entortado de mortero	0.04	0.63
Relleno de tezontle	0.10	0.19
Losa de concreto armado	0.10	1.80
Aplanado interior de yeso	0.02	0.46

Absortancia  $\alpha = 0.65$   
Admitancia:  $Y = 5.10$   
Conductancia superficial interior:  $f_i = 6.63 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$   
Conductancia superficial exterior:  $f_e = 17.08 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

Resistencia total:

$$Ra = (1/6.63) + (0.02/0.46) + (0.10/1.80) + (0.10/0.19) + (0.04/0.63) + (1/17.08)$$
$$Ra = 0.898 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$$

Coefficiente de transmisión.  
 $U = 1/Ra = 1.11 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

### Ventana:

	b Espesor (m)	k Conductividad (W/m °C)
Vidrio	0.004	1.11

Trasmisancia  $\tau = 0.81$   
Absortancia  $\alpha = 0.11$   
Reflectancia  $\rho = 0.08$   
Reemisión  $\epsilon_i = 0.03$   
Admitancia:  $Y = 5.60$   
Conductancia superficial interior:  $f_i = 8.13 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$   
Conductancia superficial exterior:  $f_e = 17.08 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

Resistencia total:

$$Ra = (1/8.13) + (0.004/1.11) + (1/17.08)$$
$$Ra = 0.185 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}$$

Coefficiente de transmisión.  
 $U = 5.4 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

### Puerta (1/2 tambor):

	b Espesor (m)	k Conductividad (W/m °C)
Triplay de madera de pino	0.006	0.14

Absortancia  $\alpha = 0.60$   
Admitancia:  $Y = 5.60$   
Conductancia superficial interior:  $f_i = 8.13 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$   
Conductancia superficial exterior:  $f_e = 17.08 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$

Resistencia total:

$$Ra = (1/8.13) + (0.006/0.14) + (1/17.08)$$

$$Ra = 0.224 \text{ (m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W)}$$

Coefficiente de transmisión:

$$U = 4.46 \text{ (W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

### Datos del interior

Dos personas

Dos focos de 100 W c/u

Una televisión en colores

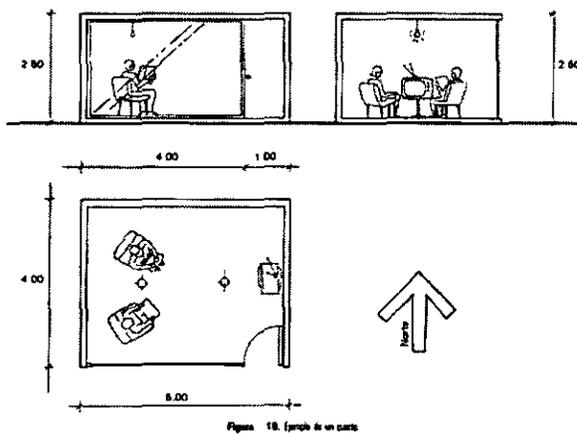


Figura 10. Perfil de un cuarto.

### Paso 1. Qs - ganancia solar-

#### DETERMINACIÓN DE LA ENERGIA RADIANTE (G) PARA CADA SUPERFICIE

- Posición solar el 21 de junio a las 15:00 hs.

Latitud: 19° 21'

Longitud: 99° 12'

- Cálculo de la declinación

$$\delta = 23.45 \text{ sen } [360 \text{ ((284 + 172)/365)}]$$

$$\delta = + 23.45^\circ$$

- Cálculo de la altura solar

$$\text{sen } h = (\text{cos } 19.4 \text{ cos } 23.45 \text{ cos-45}) + (\text{sen } 19.4 \text{ sen } 23.45)$$

$$\text{sen } h = 0.7440565$$

$$h = 48.08^\circ$$

- Cálculo del acimut

$$\text{cos } z = (\text{sen } 48.08 \text{ sen } 19.4 - \text{sen } 23.45) / (\text{cos } 48.08 \text{ cos } 19.4)$$

$$\text{cos } z = -0.239295982$$

$$z = 103.85^\circ$$

- Determinación de ángulos de incidencia

Muro norte:

$$\text{cos } \theta_1 = \text{cos } 48.08 \text{ cos } 76.15$$

$$\text{cos } \theta_1 = 0.159928504$$

$$= 80.79^\circ$$

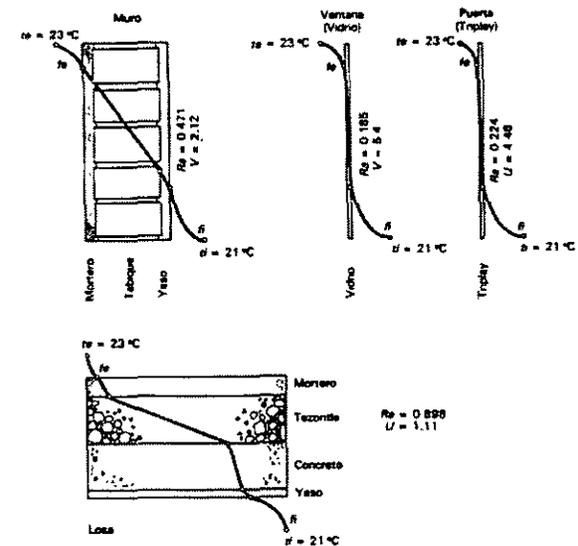


Figura 11. Vista gráfica del comportamiento térmico de los materiales constructivos.

Muro oeste:

$$\text{cos } \theta_2 = \text{cos } 48.08 \text{ cos } 13.85$$

$$\text{cos } \theta_2 = 0.648668045$$

$$= 49.56^\circ$$

- Determinación de la energía solar incidente:

(donde:  $I = 886 \text{ W/m}^2$ )

Losa:

$$G_1 = 886 (\text{sen } 48.08)^{1/3}$$

$$G_1 = 802.86 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Muro norte:

$$G_2 = 886 (\text{sen } 48.08)^{1/3} \text{ cos } 80.79$$

$$G_2 = 128.50 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Muro Oeste:

$$G_3 = 886 (\text{sen } 48.08)^{1/3} \text{ cos } 49.56$$

$$G_3 = 520.78 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

- Los muros este y sur no reciben radiación solar directa.

$$Q_{s_1} = G A \alpha (U/fe)$$

$$Q_{s_1} = 802.86 \cdot 20 \cdot 0.65 (1.11/17.08)$$

$$Q_{s_1} = 678.29 \text{ (W)}$$

$$Q_{s_2} = 128.50 \cdot 12.5 \cdot 0.6 (2.12/17.08)$$

$$= 119.62 \text{ (W)}$$

$$Q_{s_3} = 520.78 \cdot 10 \cdot 0.6 (2.12/17.08)$$

$$= 387.84 \text{ (W)}$$

$$Q_s \text{ total} = 678.29 + 119.62 + 387.84$$

$$= 1,185.75 \text{ (W)}$$

### Paso 2. $Q_i$ - ganancias internas-

Dos personas	115 W c/u	230 W
Das focos	100 W c/u	200 W
Una televisión en colores	250 W	250 W
	$Q_i \text{ total} =$	680W

### Paso 3. $Q_c$ - ganancias o pérdidas por conducción –

$$Q_c = \Sigma (U A) \Delta t$$

Losa	20.0	1.11	= 22.2
Muros	32.5	2.12	= 68.9
Vidrio	10.0	5.40	= 54.0
Puerta	3.50	4.46	= 15.6
		$\Sigma(UA)$	= 160.7

$$Q_c = 160.7 \times 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_c = + 321.45 \text{ (W)}$$

### Paso 4. $Q_v$ - ganancias o pérdidas por ventilación

Para lograr un flujo importante de aire dentro de una habitación, debe existir ventilación cruzada, es decir, una abertura en barlovento a en presión positiva por la cual entre el aire, y otra abertura de salida en sotavento o en presión negativa. En el presente ejercicio se supone que existe ventilación unilateral en sotavento, por lo cual el flujo de ventilación es despreciable. (Más adelante se asumirá la posibilidad de generar ventilación cruzada como estrategia para disipar el calar interno.)

Infiltración, suponiendo 10 ml de rendija, aproximadamente  $0.05 \text{ m}^2$  como área de infiltración.

$Q_v$  = infiltración

$$V = 0.827 A (\Delta p)^{1/2}$$

$$p_w = 0.612 (1.5)^2$$

$$p_w = 1.377 \text{ Pascales}$$

La presión en barlovento será:  $p = 1.0 \text{ pw}$ .

La presión en sotavento será:  $p = -0.4 \text{ pw}$ ,

$$\Delta p = 1.377 - (-0.5508)$$

$$\Delta p = 1.9278$$

$$v = 0.827 \cdot 0.05 \cdot 1.9278^{1/2}$$

$$v = 0.0574 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_v = 1,200 \cdot 0.0574 \cdot 2 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$Q_v = + 137.79 \text{ (W)}$$

### Paso 5. $Q_m$ - ganancias o pérdidas por equipos de climatización-

En este ejercicio no se consideran equipos de climatización artificial.

### Paso 6. $Q_e$ - pérdidas por evaporación-

En este ejercicio no se consideran sistemas evaporativos.

## RESUMEN

$$Q_s + Q_i + Q_c + Q_v \text{ inf.} = \text{ganancia de calor.}$$

$$1,186.75 + 680 + 321.45 + 137.79 = +2,326 \text{ (W)}$$

### Estimación de la temperatura interior

$$T_i = Q / [\Sigma(A \cdot Y) + qv]$$

Losa	$(20.0 \cdot 5.10) =$	102.00
Muros	$(32.5 \cdot 3.30) =$	107.25
Ventana	$(10.0 \cdot 5.60) =$	56.00
Puerta	$(2.5 \cdot 5.60) =$	14.00
Piso	$(20.0 \cdot 5.00) =$	100.00
Total		379.25

$$T_i = 2,326 / (379.25 + 137.79)$$

$$T_i = 4.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Si la temperatura interior de diseño es  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ , entonces:

$$\text{Temperatura: } 21 + 4.5 = 25.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Esta cantidad de energía indica que la temperatura interior se incrementará debido a las aportaciones consideradas. Para disipar esta energía calorífica, se puede hacer por media de las variables no consideradas, es decir, por ventilación natural cruzada, por sistemas artificiales de climatización o por sistemas de enfriamiento evaporativo.

Si se supone que la disipación se hará sólo por ventilación no permitiendo que la temperatura interior sobrepase los 25 °C, entonces:

$$Q_s + Q_i + Q_c + Q_v \text{ inf.} = Q_v$$

$$Q_v = -2,326 \text{ (W)}$$

$$\text{Si } Q_v = 1,200 \text{ V (23 - 25),}$$

entonces:

$$-2,326 = -2,400 \text{ V}$$

$$V = -2,326 / -2,400$$

$$V = 0.97 \text{ m}^3/\text{s}.$$

En número de cambios de aire:

$$V = N \text{ vo } / 3,600,$$

$$N = (V/\text{vo}) 3,600$$

$$N = (0.97 / 50) 3,600$$

$$N = 69.84 \text{ cambios de aire por hora.}$$

El área de la ventana es:

$$V = A v r \text{ sen } \theta,$$

$$A = V / v r \text{ sen } \theta,$$

$$A = 0.97 / 0.6 \cdot 1.5 \text{ sen } 90^\circ = 1.08 \text{ m}^2,$$

En la que se considera la ventilación cruzada con aberturas de entrada y salida con igual área y viento perpendicular a la ventana (90°).

### Carga térmica vs. Costos de Refrigeración

Los equipos de aire acondicionado generalmente se adquieren en función de las "toneladas de refrigeración" que ofrecen. Una tonelada de refrigeración es la unidad de medida empleada en Estados Unidos para medir la capacidad de extracción de carga térmica de los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Equivale a una potencia capaz de extraer 12,000 BTU de calor por hora, es decir que en Sistema Internacional equivale a 3.5168 kW, que es la cantidad de energía necesaria para derretir una tonelada inglesa de hielo.

De tal forma:

$$1 \text{ TR} = 12,000 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ TR} = 3.5168 \text{ kW}$$

En Aire acondicionado se adopta como generalidad que una tonelada de refrigeración es suficiente para enfriar una habitación de 400 ft<sup>2</sup> o 37 m<sup>2</sup>, aunque esto es muy variable en función de las condiciones climáticas y de la carga térmica de la edificación.

Los equipos de aire acondicionado se fabrican en capacidades de ½ toneladas de refrigeración, es decir que podemos encontrar equipos de ½, 1, 1½, 2, 2½, etc. Esto significa que si tuviéramos una carga de 2,326 W requeriríamos de:

$$2,326 \text{ W} / 3,516.8 \text{ W} = 0.661 \text{ TR}$$

Pero estaríamos obligados a comprar un equipo de 1 TR

El consumo eléctrico de los equipos de aire acondicionado depende de su eficiencia energética, la cual es muy variable dependiendo del tipo de equipo, marca, etc. Para poder evaluar a los equipos se les ha calificado en función de su eficiencia. En Estados Unidos con el "Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)", en México se usa su equivalente en unidades métricas "Relación de Eficiencia Energética Estacional (REEE)". Cada equipo de aire acondicionado debe traer, por norma, una etiqueta especificando su eficiencia SEER o REEE

El SEER o REEE equivale a la carga térmica de enfriamiento en un periodo de tiempo determinado entre el consumo eléctrico del equipo en ese mismo periodo, es decir:

$$\text{SEER} = \text{BTU} / \text{Watts (eléctricos)}$$

$$\text{REEE} = \text{Watts (térmicos)} / \text{Watts (eléctricos)}$$

Entre más elevado es este parámetro mayor eficiencia energética. Actualmente los sistemas de aire acondicionados deben tener un SEER mínimo de 13, o un REEE de 3.81 (según las normas mexicanas). 1 BTU = 0.2930711 W, por lo tanto:

SEER	REEE
10	2.93
11	3.22
12	3.52
<b>13</b>	<b>3.81</b>
14	4.10
15	4.40
16	4.69

El consumo eléctrico de los equipos de aire acondicionado se puede estimar dividiendo la carga térmica de refrigeración entre el REEE. Por ejemplo un equipo de 1.5 TR con un REEE de 3.81, proporciona una carga de refrigeración de:

$$1.5 \text{ TR} \times 3.5168 \text{ kW} = 5.2752 \text{ kW}$$

Por lo tanto su consumo eléctrico será:

$$5.2752 \text{ kW} / 3.81 = 1.3845 \text{ kW/h}$$

Para obtener el costo de operación del equipo basta con saber las horas de operación (estacional) y multiplicarlo por el costo de la energía (\$/kW)

Por ejemplo, si el equipo va a operar 8 horas diarias durante 3 meses del año:

$$8 \times 120 \text{ días} = 960 \text{ horas de operación al año}$$

Siguiendo el ejemplo de arriba, si el equipo tiene un consumo de 1.498 kW /h entonces:

$$1.3845 \text{ kW/h} \times 960 \text{ h} = 1,329.18 \text{ kW en los tres meses}$$

Si el costo de la energía eléctrica es de \$1.761 / kW, entonces el costo de operación del equipo en los tres meses de operación es de:

$$1,329.18 \text{ kW} \times 1.761 \text{ \$/kW} = \$2,340.69$$

nota: La tarifa eléctrica en México varía en función del consumo total (verificar tarifas CFE)

#### Consumo estimado de energía eléctrica en sistemas de Aire Acondicionado (kW/h)

Toneladas de Refrigeración

SEER	REEE	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
10	2.93	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80
11	3.22	0.55	1.09	1.64	2.18	2.73	3.27	3.82	4.36
12	3.52	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
13	3.81	0.46	0.92	1.38	1.85	2.31	2.77	3.23	3.69
14	4.10	0.43	0.86	1.29	1.71	2.14	2.57	3.00	3.43
15	4.40	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20
16	4.69	0.37	0.75	1.12	1.50	1.87	2.25	2.62	3.00

## BIBLIOGRAFÍA

Auliciems Andris & Szokolay, Steven.

*Thermal Comfort*

PLEA & The University of Queensland., Australia. 1997

*ASHRAE Handbook, Fundamentals.*

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. Atlanta. USA. 2001

De Anda, Manuel.

*Ganancias solares*, Memorias del segundo curso de Arquitectura Bioclimática y Energía Solar. no. 4.

U.A.M.-Azcapotzalco, 1987.

Docherty Michael & Szokolay, Steven.

*Climate analysis*

PLEA & The University of Queensland., Australia. 1999

Koenigsberger, et al.

*Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales.* Editorial Paraninfo. 1977.

Lacomba, Ruth, et al.

*Manual de Arquitectura Solar.*

Editorial Trillas, México, 1991.

Olgay, Víctor.

*Design With Climate.*

Princeton University Press. Princeton, U.S.A. 1963.

Puppo, Ernesto y Giorgio.

*Acondicionamiento Natural y Arquitectura.*

Marcombo Boixareu Editores. 1979.

Szokolay, Steven V.

*Environmental Science Handbook.*

The Construction Press, Lancaster, England, 1980.

Szokolay, Steven V.

*Passive and low energy design for thermal and visual comfort.* PLEA'84 México. Vol.1

Pergamon Press. New York. 1984.

Szokolay, Steven.

*Solar Geometry*

PLEA & The University of Queensland., Australia. 1996

Watson, Donald.

*Climatic Design.*

McGraw Hill Book Co. New York, 1983.

Zöld, András & Szokolay, Steven.

*Thermal Insulation*

PLEA & The University of Queensland., Australia. 1997

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



**Vivienda Ecológica Sustentable**  
**CA 73**

**Conceptos Básicos de Iluminación**

**Dr. Víctor Fuentes Freixanet**

01 al 10 de agosto de 2011

## CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN NATURAL

---

---

---

---

---

---

---

---

### Objetivos de la Iluminación Natural:

1. Ofrecer los niveles adecuados de iluminación de acuerdo a la función del espacio
2. Reducir o evitar el deslumbramiento
3. Reducir o evitar altos contrastes en áreas de trabajo
4. Reducir o evitar reflejos
5. Difundir la luz mediante reflexiones múltiples en plafones y muros

---

---

---

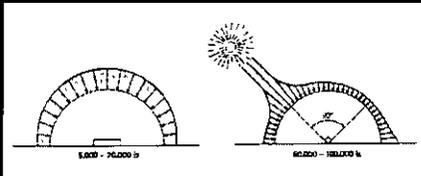
---

---

---

---

---



#### La Iluminación natural puede ser directa o difusa.

- En día nublado, la claridad (iluminación) en el cenit es alrededor tres veces mayor que la iluminación del horizonte
- En un día despejado, la claridad es diez veces mayor en dirección del sol que en la parte menos clara de la bóveda celeste. (90°)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

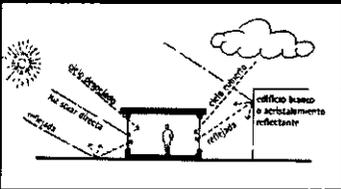
---

---

---

---

---



The diagram illustrates the sources of natural light. It shows a sun on the left emitting rays labeled 'luz directa' (direct light). A cloud on the right is labeled 'nube dispersa' (diffuse cloud). A person is shown inside a building with a window. Light rays from the sun are labeled 'luz directa' and 'luz difusa' (diffuse light). A box on the right is labeled 'edificio blanco o acristalamiento reflectante' (white building or reflective glazing). The diagram also shows 'reflexión' (reflection) from the ground and 'reflexión' from the building's interior surfaces.

**La luz natural puede provenir de distintas fuentes.**

- **Componente celeste.** Es la porción de luz que proviene directamente de la bóveda celeste, ya sea en forma directa o difusa.
- **Componente reflejada** es aquella que proviene de la reflexión de cualquier superficie. Esta componente puede ser interior o exterior.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

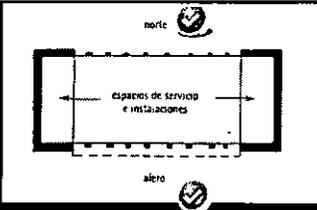
---

---

---

---

---



La orientación ideal para mejor aprovechamiento de la iluminación natural es la Norte-Sur

- La orientación **Norte** provee una iluminación uniforme y con poco deslumbramiento.
- La orientación **Sur** recibe una gran cantidad de luz durante todo el día en la mayoría de los meses del año

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

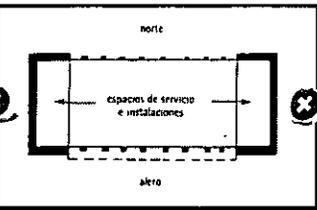
---

---

---

---

---



La orientación ideal para mejor aprovechamiento de la iluminación natural es la Norte-Sur

- Las orientaciones **Este y Oeste** reciben luz sólo la mitad del día por lo que la iluminación es muy variable, pero el mayor inconveniente es que los rayos solares son muy bajos y crean problemas de deslumbramiento

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

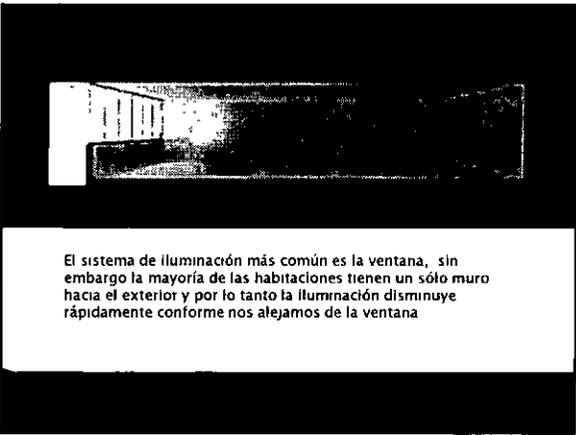
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

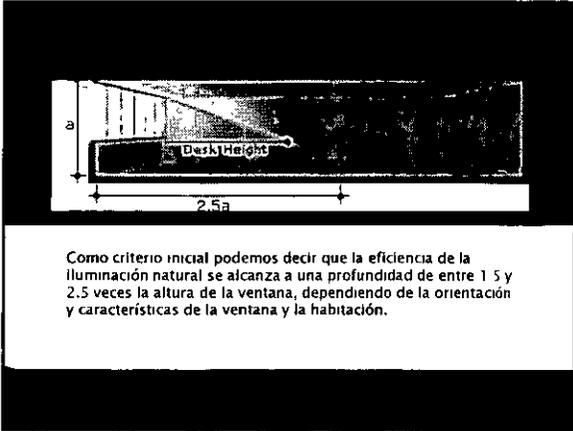
---

---

---

---

---



Como criterio inicial podemos decir que la eficiencia de la iluminación natural se alcanza a una profundidad de entre 1.5 y 2.5 veces la altura de la ventana, dependiendo de la orientación y características de la ventana y la habitación.

---

---

---

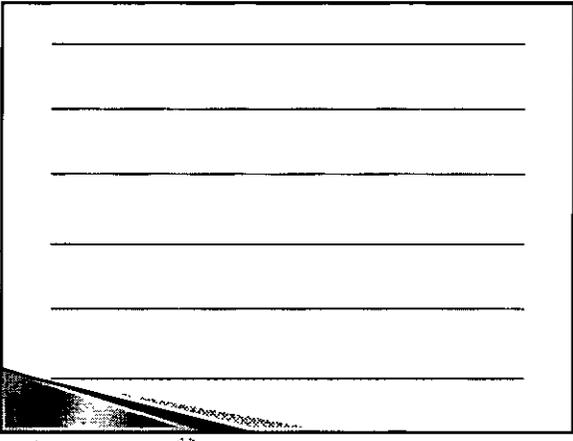
---

---

---

---

---



---

---

---

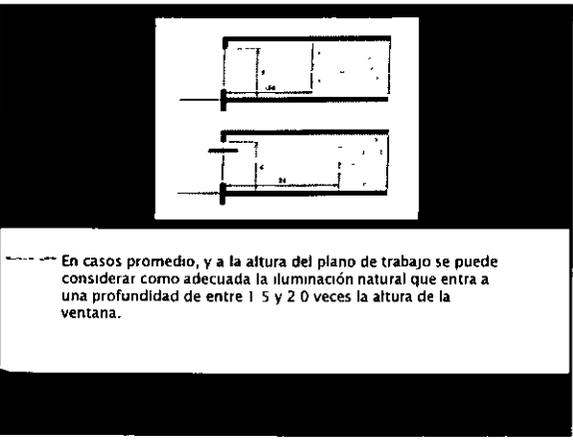
---

---

---

---

---



En casos promedio, y a la altura del plano de trabajo se puede considerar como adecuada la iluminación natural que entra a una profundidad de entre 1.5 y 2.0 veces la altura de la ventana.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

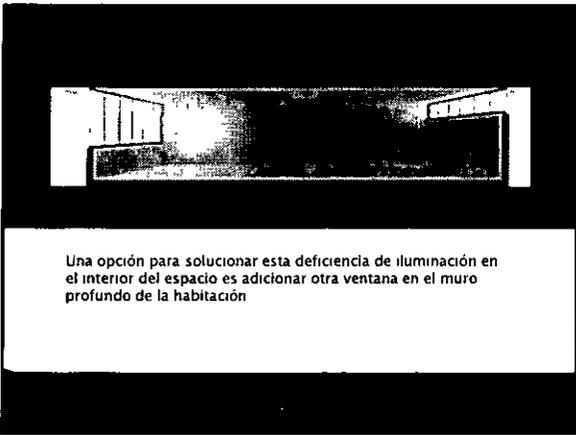
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

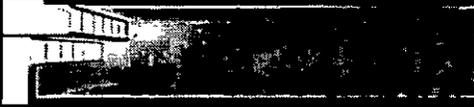
---

---

---

---

---



Como esto no es posible la mayoría de las veces, podemos optar por agregar una repisa reflectora en la ventana que nos permita introducir la luz natural a una mayor profundidad dentro de la habitación.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

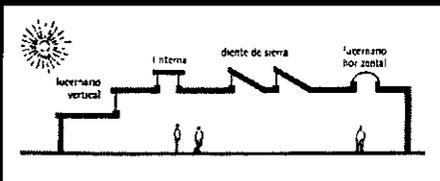
---

---

---

---

---



La iluminación cenital ofrece altos niveles de iluminación, buena distribución y uniformidad, sin embargo, es necesario contar con dispositivos de control solar que regulen el paso de radiación solar directa. Por otro lado, debido a la estratificación de la temperatura, los sistemas cenitales pueden significar pérdidas térmicas importantes durante la noche y principalmente en invierno

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Los domos o claraboyas horizontales son los más desprotegidos, ya que es difícil controlar la radiación directa sobre áreas de trabajo

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

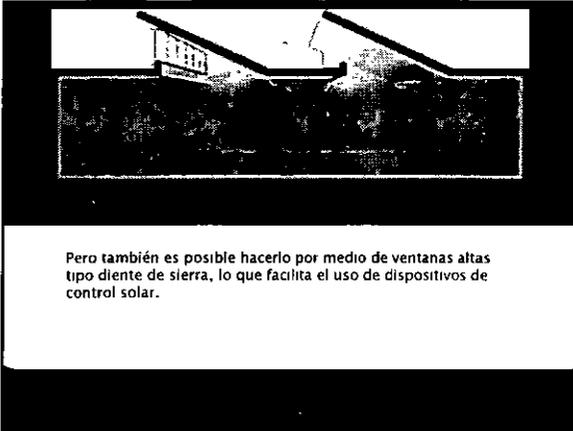
---

---

---

---

---



Pero también es posible hacerlo por medio de ventanas altas tipo diente de sierra, lo que facilita el uso de dispositivos de control solar.

---

---

---

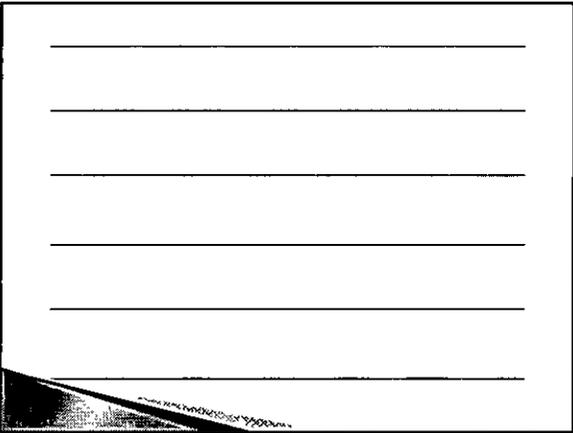
---

---

---

---

---



---

---

---

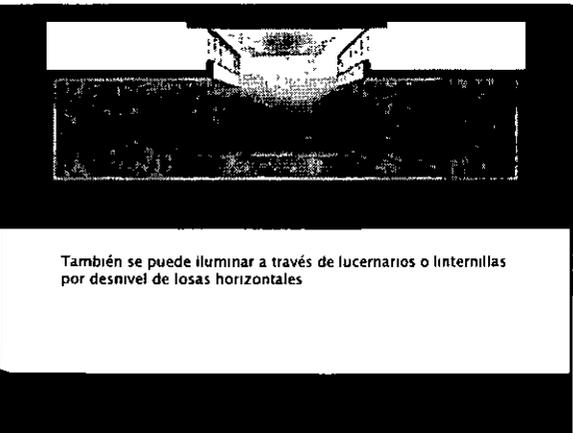
---

---

---

---

---



También se puede iluminar a través de lucernarios o linternillas por desnivel de losas horizontales

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

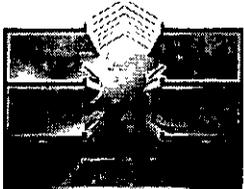
---

---

---

---

---



En el caso de los atrios, los pisos superiores estarán mejor iluminados que los inferiores, y los espacios estarán más oscuros a mayor distancia del atrio. En todo caso también será necesario controlar la penetración solar directa.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

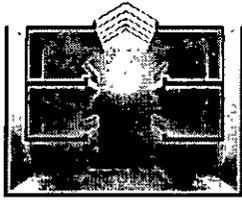
---

---

---

---

---



Los atrios funcionan de manera muy adecuada cuando se puede introducir luz natural por ambos lados. Ya que en este caso funcionaría como un sistema de iluminación bilateral.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Todas estas funciones deben considerarse de manera integral. Por ejemplo, los dispositivos de control solar pueden afectar de manera significativa los niveles de iluminación, el comportamiento del viento y la comunicación visual. Del mismo modo que una ventana sobredimensionada con fines de iluminación puede permitir demasiado asoleamiento y sobre calentar el espacio.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



El dimensionamiento de las ventanas debe calcularse cuidadosamente en función de las características climáticas del lugar. En general las ventanas en un clima muy frío deberán ser medianas al sur y pequeñas al norte. En un clima muy caluroso deberán ser pequeñas. Las ventanas en un clima cálido húmedo serán amplias para favorecer la ventilación, mientras que en un lugar templado deberán ser de mediano tamaño.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

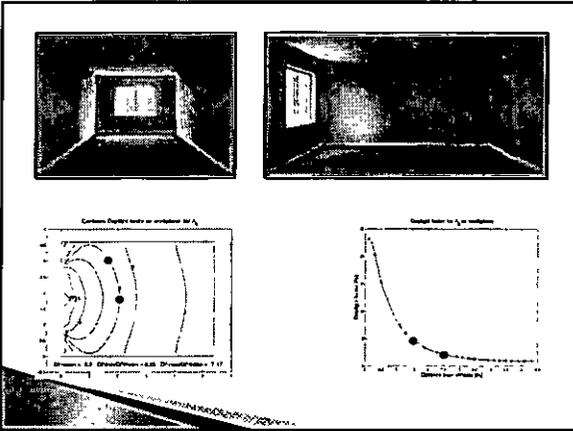
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

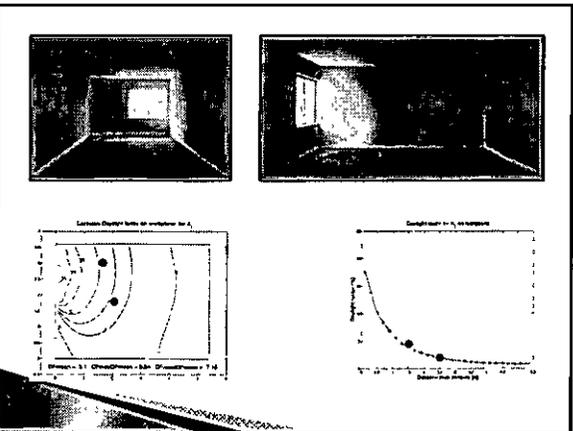
---

---

---

---

---




---

---

---

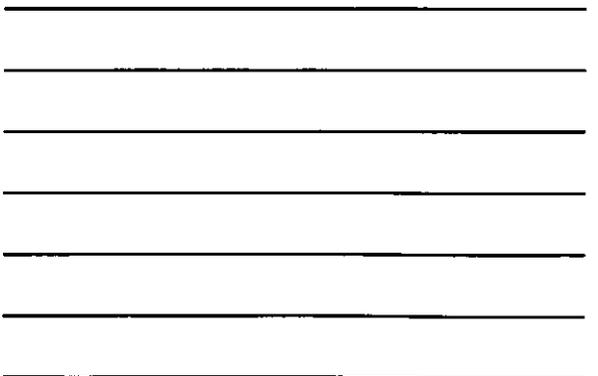
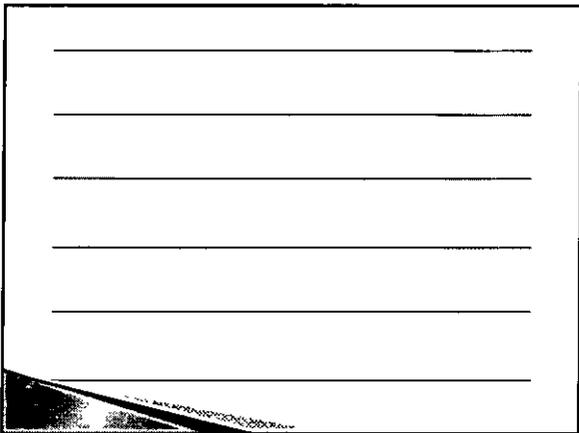
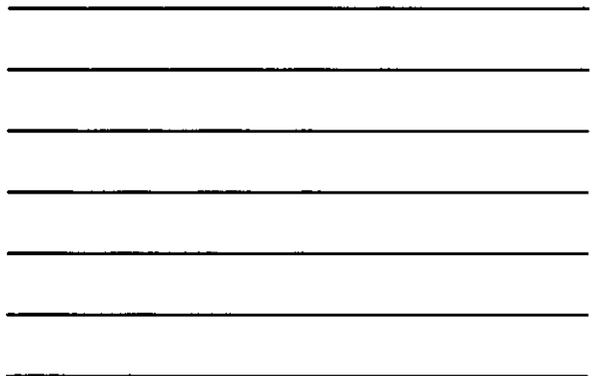
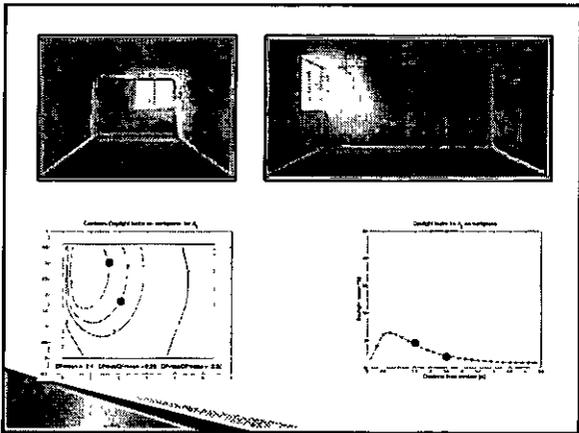
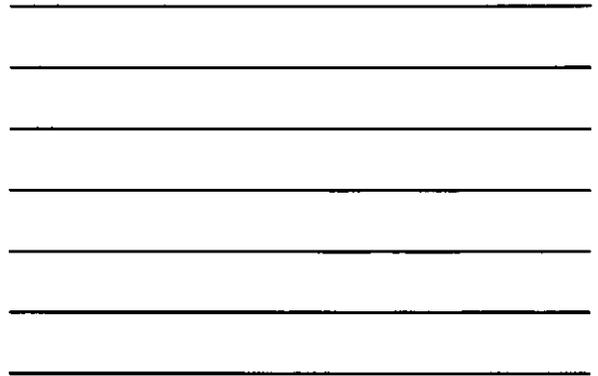
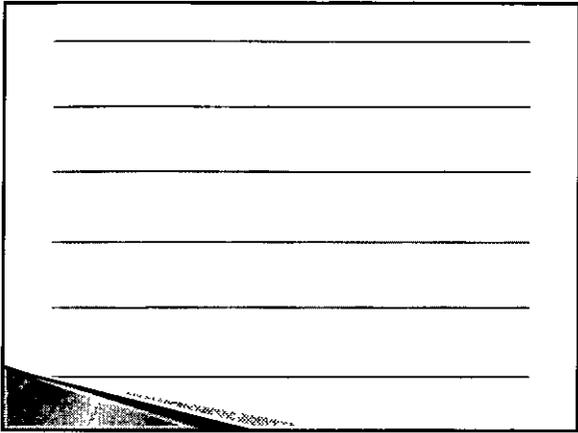
---

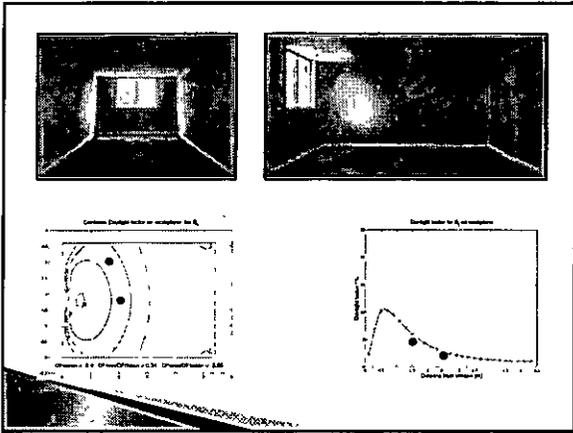
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

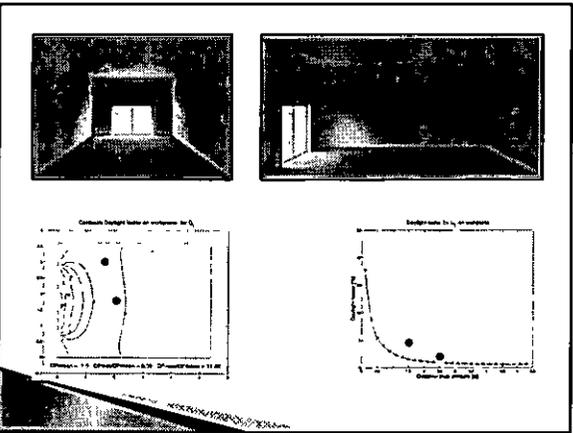
---

---

---

---

---




---

---

---

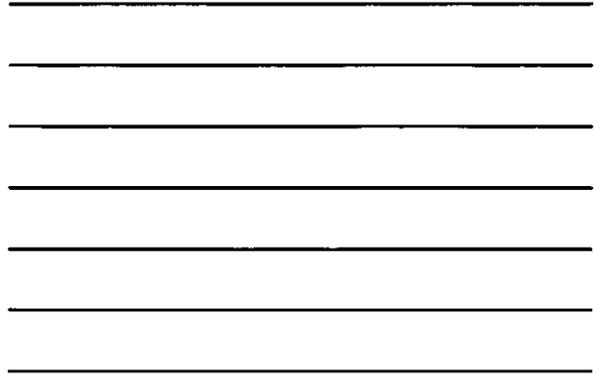
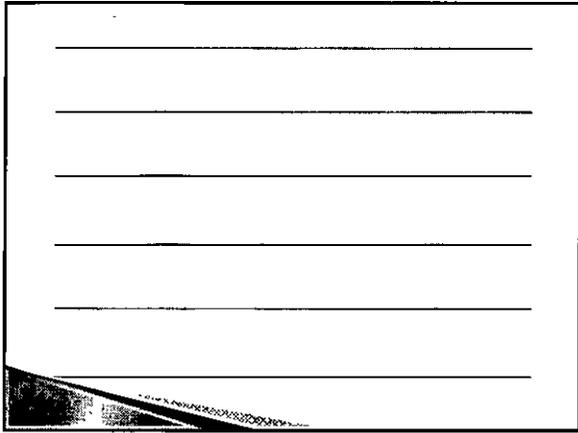
---

---

---

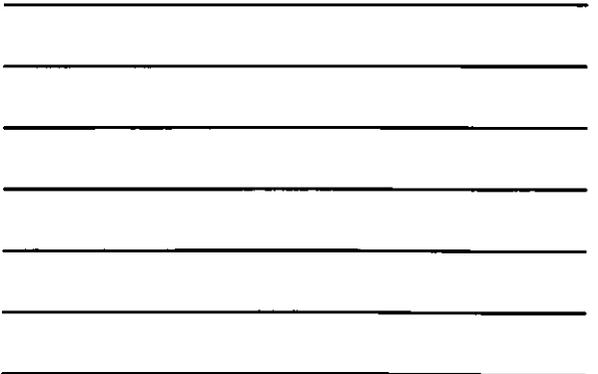
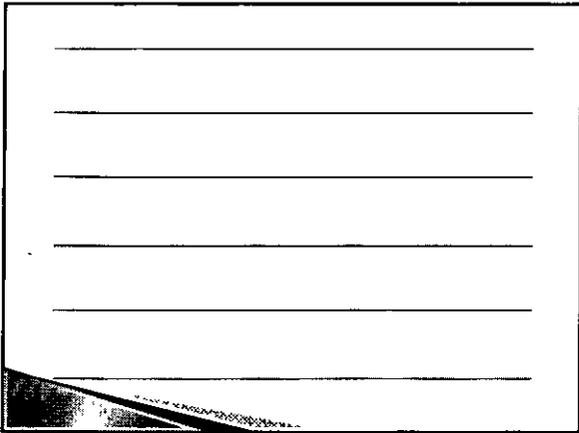
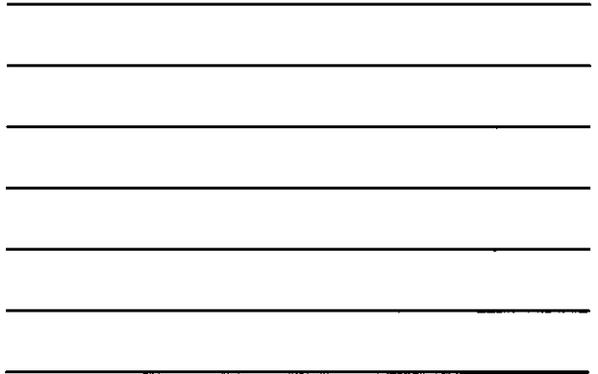
---

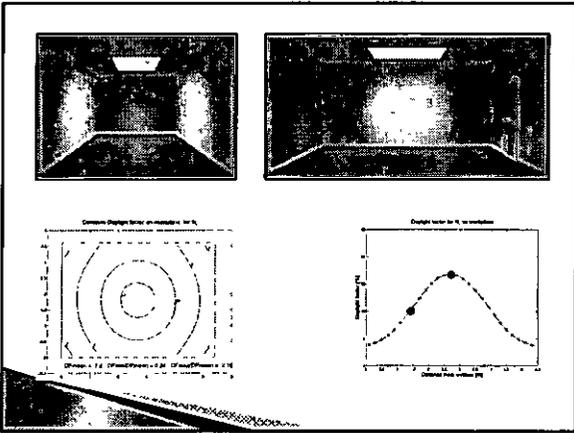
---



Constant Depth

Depth






---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

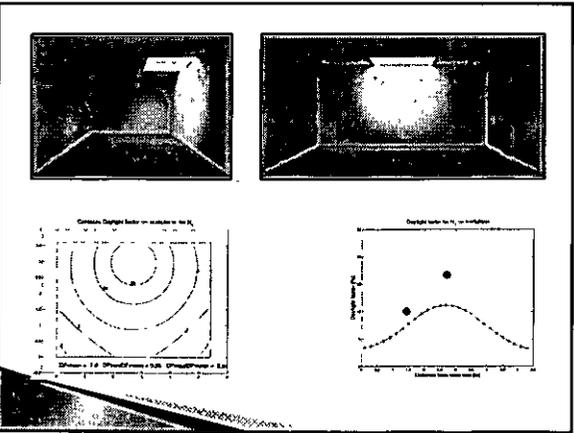
---

---

---

---

---




---

---

---

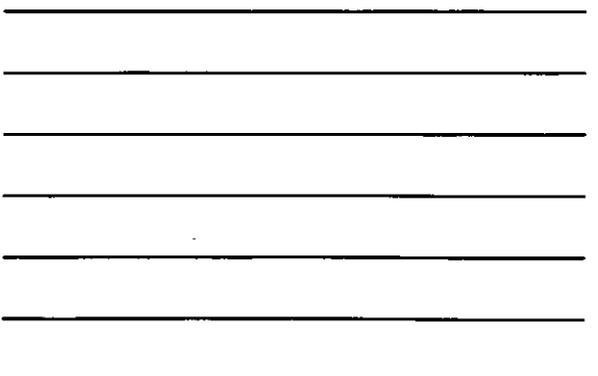
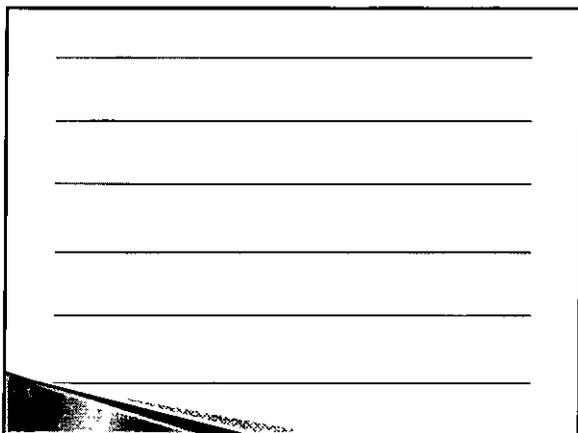
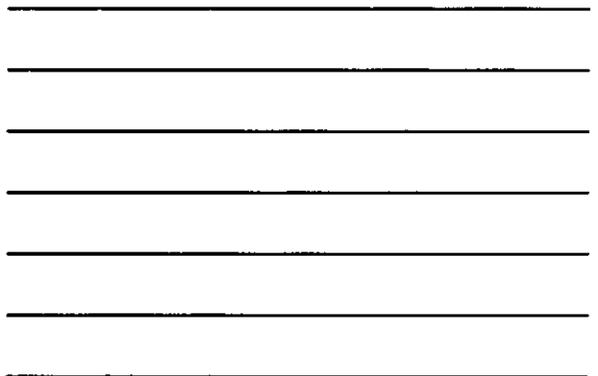
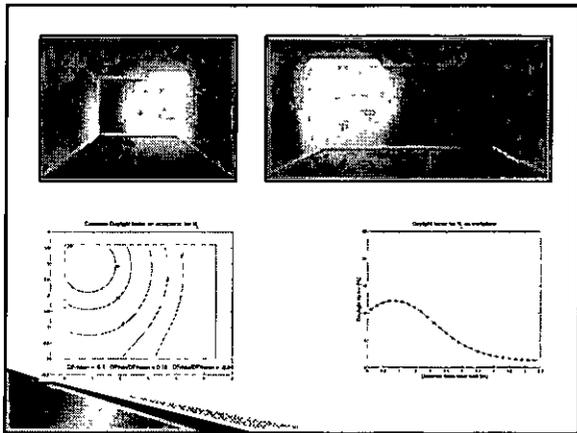
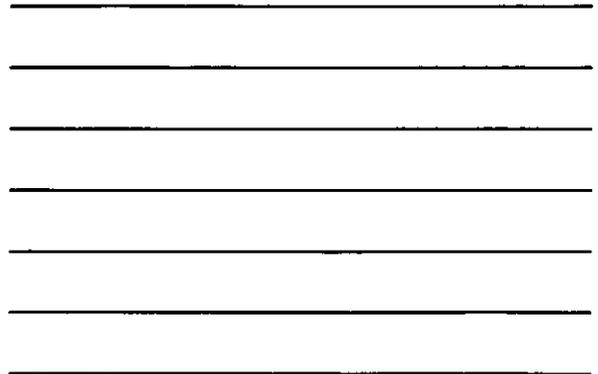
---

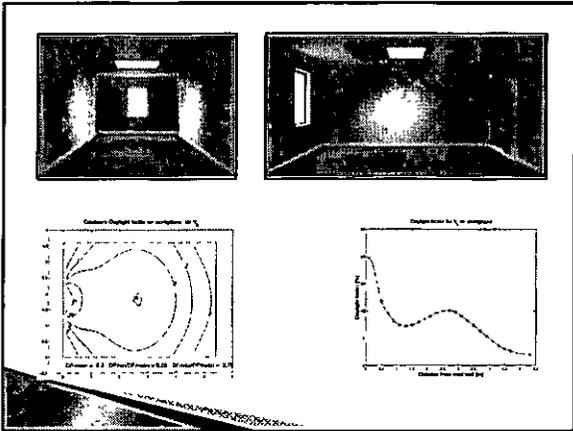
---

---

---

---






---

---

---

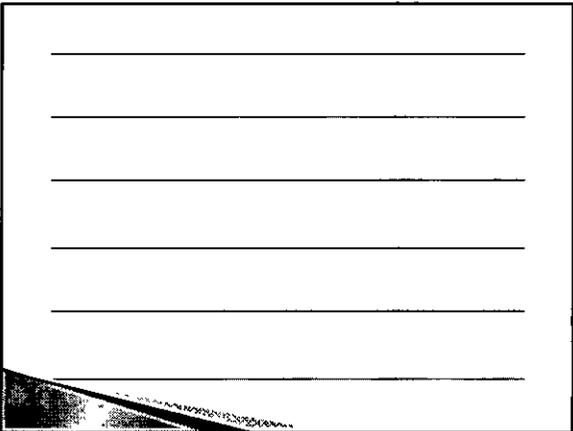
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Diagram illustrating the effect of window height on interior lighting. The top diagram shows a tall window with a person standing below it. The bottom diagram shows a shorter window with a person standing below it. Light rays are shown entering the rooms. The taller window allows light to reach higher levels of the room, while the shorter window creates a shadowed area near the sill.

En general las ventanas altas permitirán mayores niveles de iluminación en el interior de los espacios , pero pueden provocar áreas de sombra junto al pretil de la ventana. Sería preferible disponer dos secciones de ventana, una baja y otra alta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

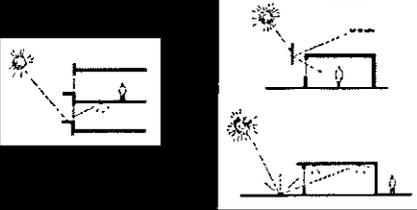
---

---

---

---

---



Es importante buscar elementos reflectores (claros) para introducir mayor cantidad de luz al interior de los espacios.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

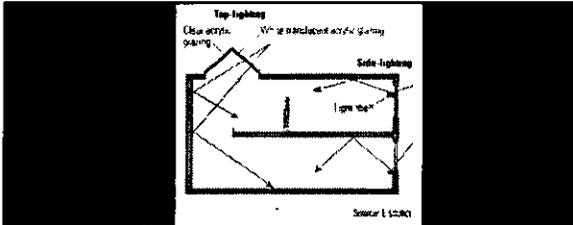
---

---

---

---

---



Introducir la mayor cantidad de luz aprovechando elementos reflectores

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

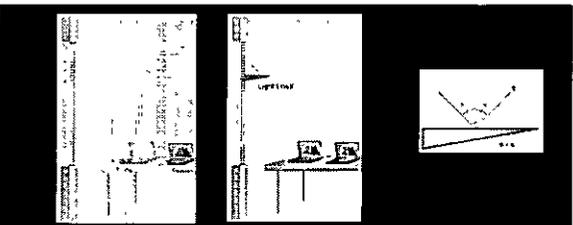
---

---

---

---

---



Las replisas reflejantes tienen por objetivo el de introducir mayor cantidad de luz a la parte profunda del local. Pero también ayudan a mejorar los índices de uniformidad

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

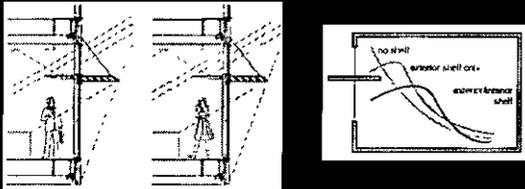
---

---

---

---

---



Las repisas reflejantes deben diseñarse de acuerdo a los requerimientos particulares de cada proyecto. En ocasiones se requiere aplicar simultáneamente dispositivos de control solar y dispositivos reflectores, pero es necesario estudiar que el efecto no sea desfavorable en algún punto específico del local.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Las repisas reflejantes deben diseñarse de acuerdo a los requerimientos particulares de cada proyecto. En ocasiones se requiere aplicar simultáneamente dispositivos de control solar y dispositivos reflectores, pero es necesario estudiar que el efecto no sea desfavorable en algún punto específico del local.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Las particiones interiores total o parcialmente acristaladas permiten llevar luz a los espacios interiores

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



The diagram on the left shows a cross-section of a glass block window with arrows indicating light rays being blocked or filtered. The photograph on the right shows a modern interior space with a large glass block window, a desk, and a chair.

El block de vidrio es otra opción a utilizar en ventanas en donde se requiere de privacidad visual, pero debe tenerse cuidado con posibles deslumbramientos si incide la radiación solar directa sobre ellos

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

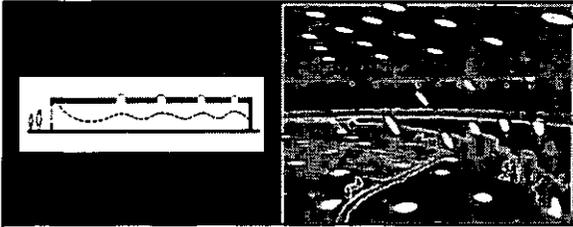
---

---

---

---

---



Una trama de domos dispersos permite una distribución de luz relativamente homogénea.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

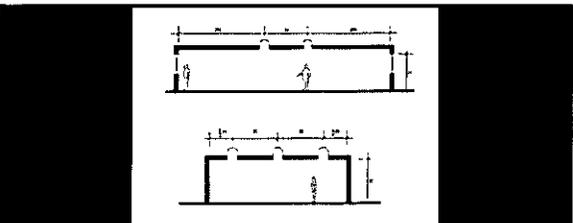
---

---

---

---

---



En general, la disposición de domos sigue las reglas de la distribución de luminarias.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

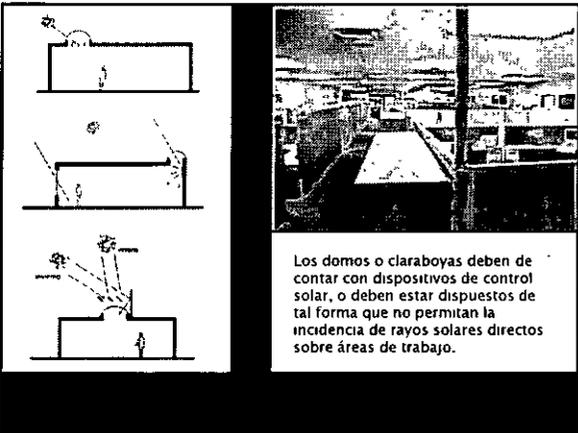
---

---

---

---

---



The image contains three diagrams on the left showing different skylight control mechanisms: a simple skylight, a skylight with a manual control device, and a skylight with a complex control system. On the right is a photograph of a large industrial or agricultural building with a central skylight. Below the photograph is a text box.

Los domos o claraboyas deben de contar con dispositivos de control solar, o deben estar dispuestos de tal forma que no permitan la incidencia de rayos solares directos sobre áreas de trabajo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

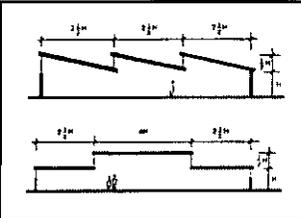
---

---

---

---

---



Disposición de ventanas "diente de sierra" y lucernarios

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

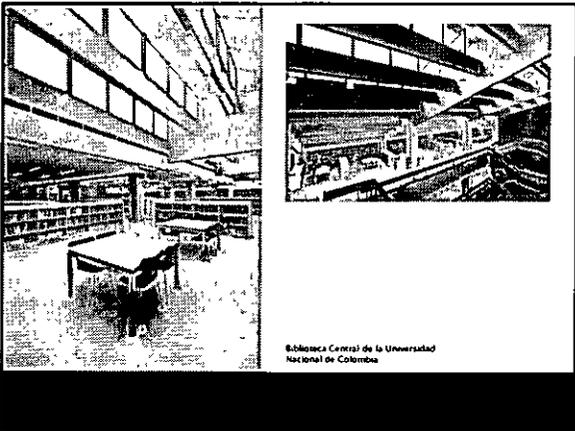
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Las ventanas "diente de sierra" y lucernarios también deben controlar el paso de la radiación solar directa

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

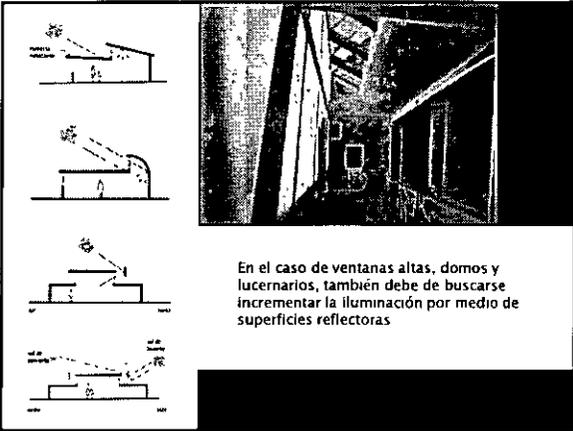
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

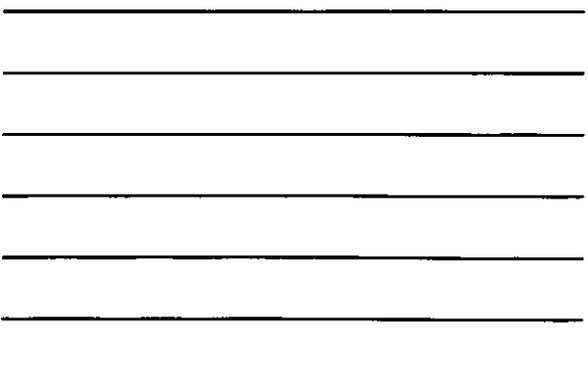
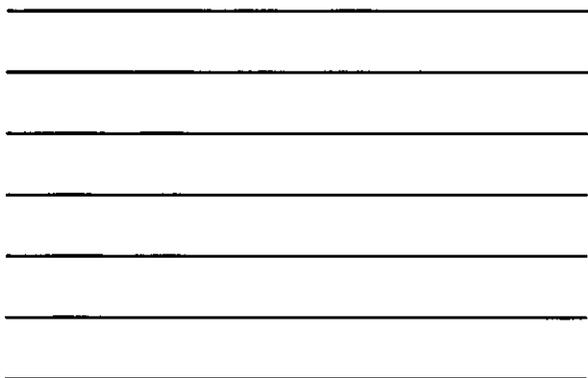
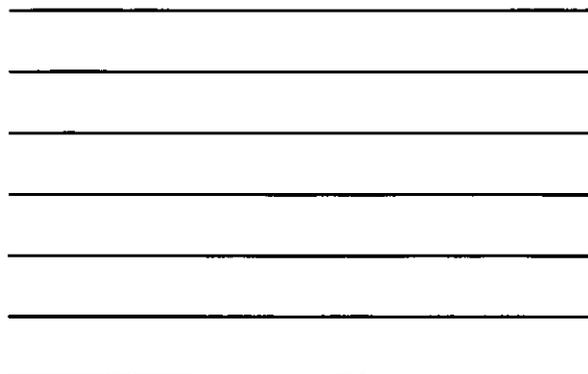
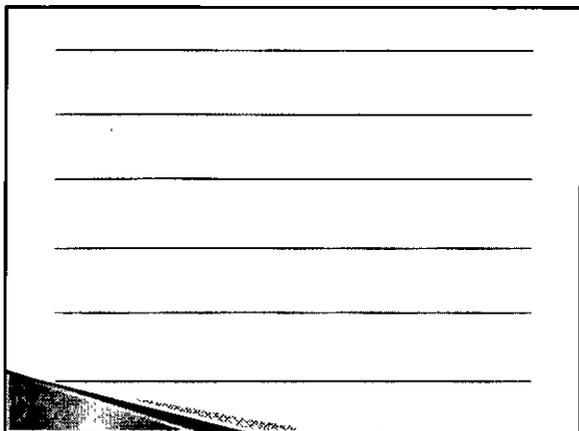
---

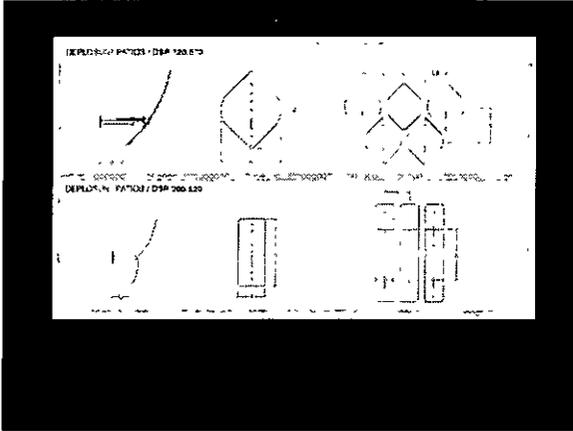
---

---

---

---





---

---

---

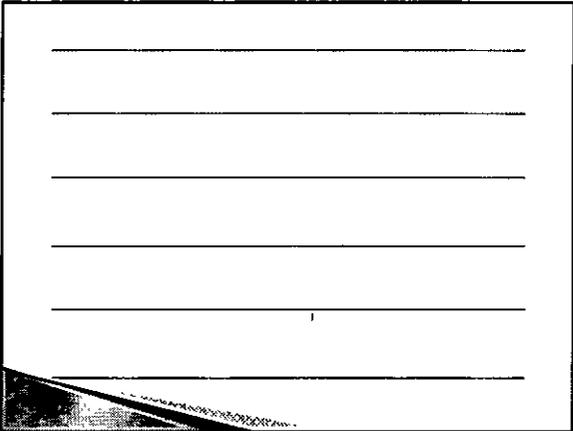
---

---

---

---

---



---

---

---

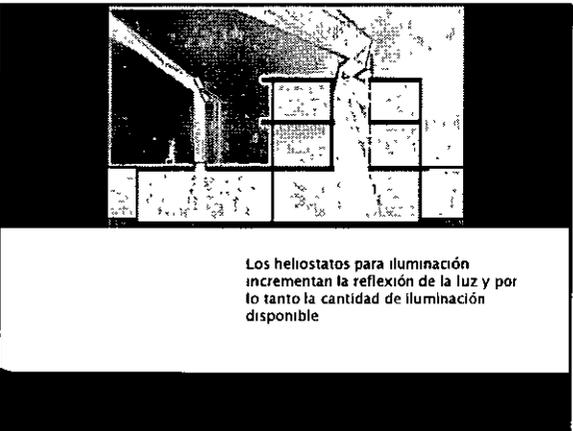
---

---

---

---

---



Los heliostatos para iluminación incrementan la reflexión de la luz y por lo tanto la cantidad de iluminación disponible

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

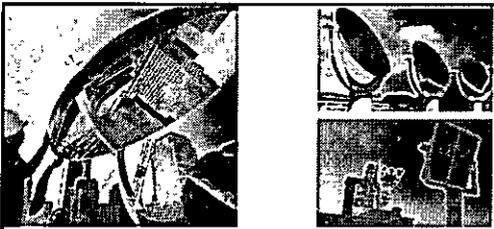
---

---

---

---

---



Los heliostatos para iluminación incrementan la reflexión de la luz y por lo tanto la cantidad de iluminación disponible

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

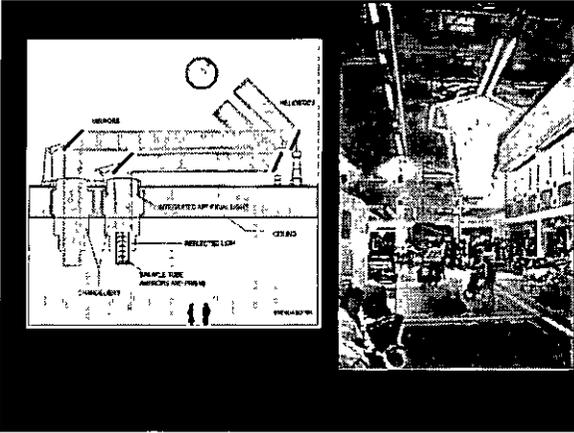
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

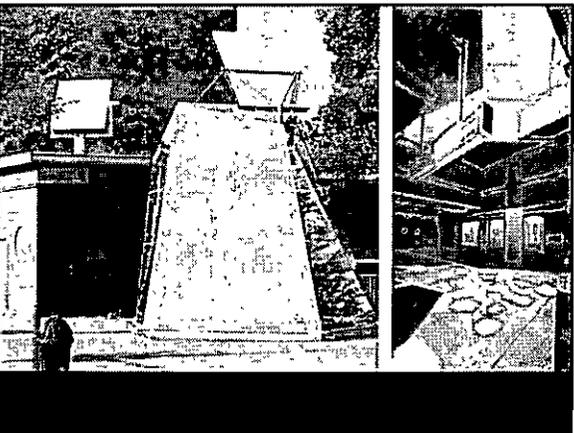
---

---

---

---

---



---

---

---

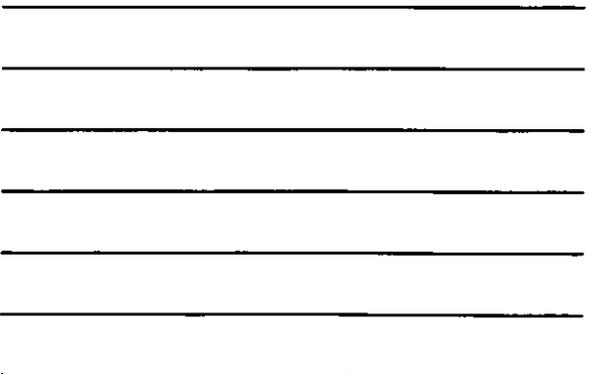
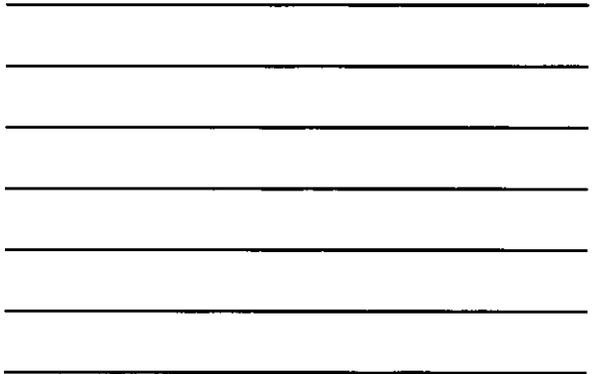
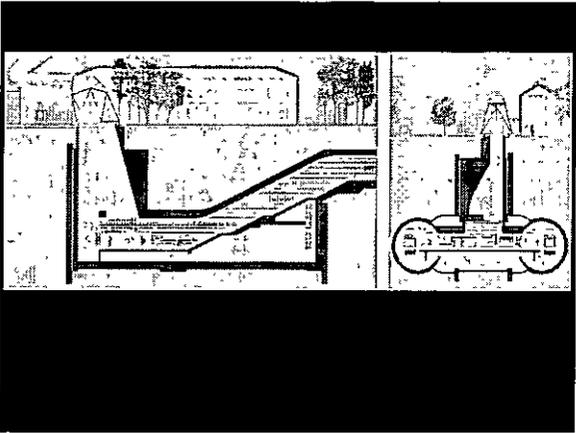
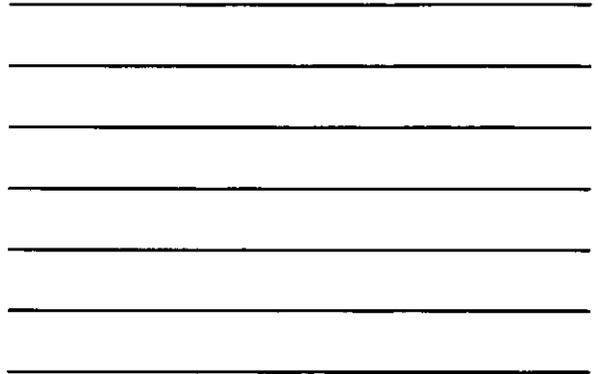
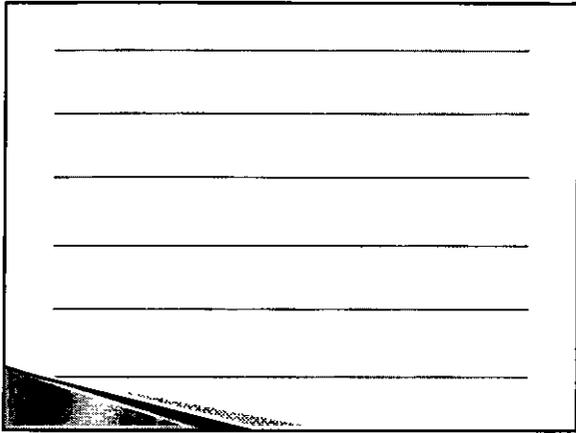
---

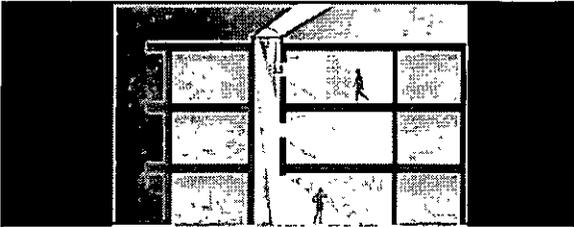
---

---

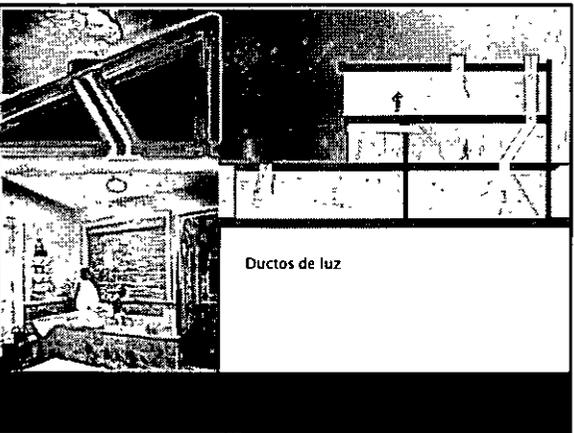
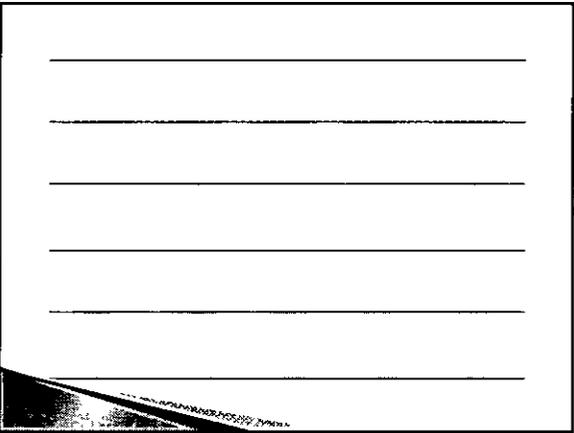
---

---





Ductos de luz



Ductos de luz

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

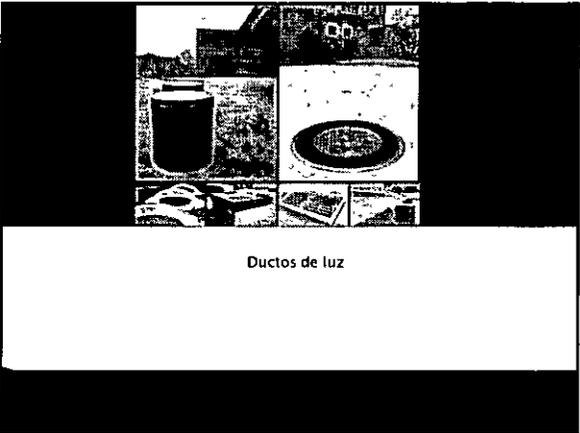
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

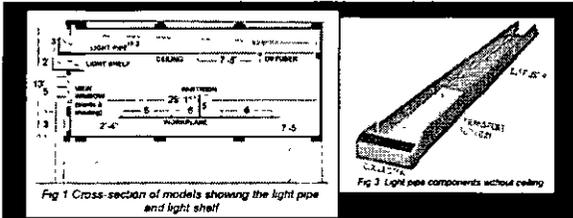


Fig 1 Cross-section of models showing the light pipe and light shelf

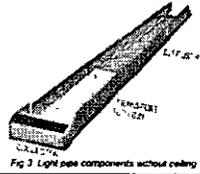


Fig 3 Light pipe components without ceiling

Liliana Beltrán PhD  
College of Architecture, Texas A&M University, Texas

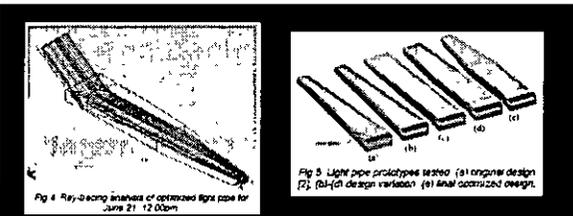
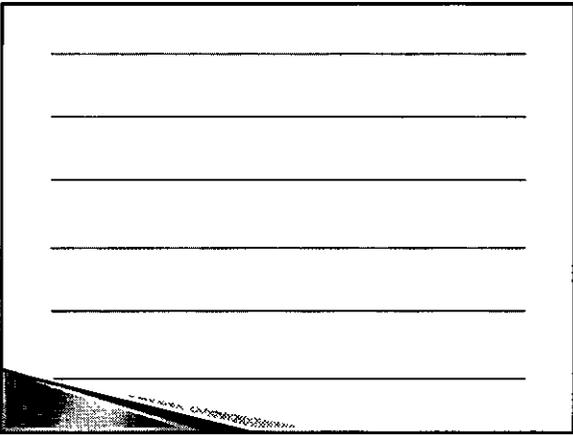


Fig 4 Ray-tracing analyses of optimized light pipe for June 21 12:00pm

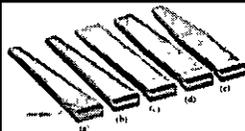
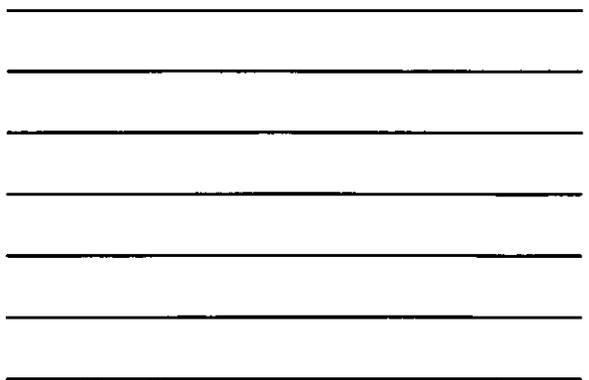
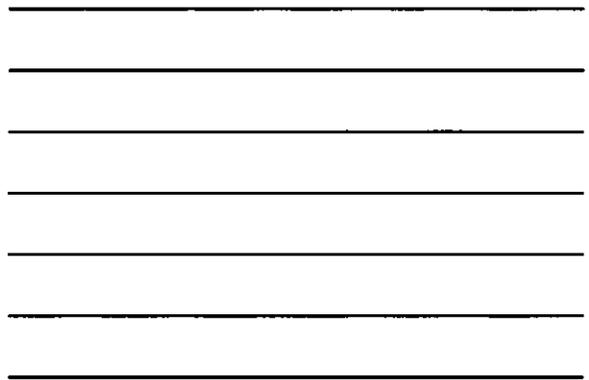
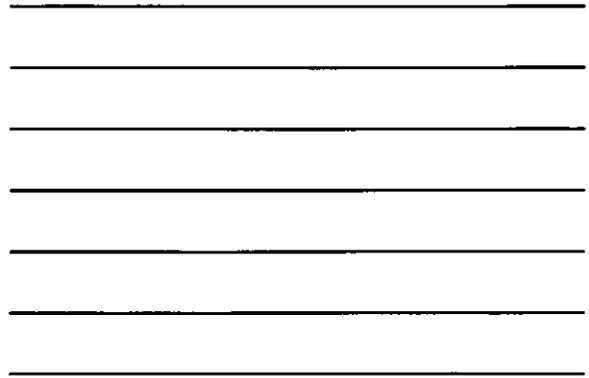


Fig 5 Light pipe prototypes tested (a) original design (b) design variation (c) final optimized design

Liliana Beltrán PhD  
College of Architecture, Texas A&M University, Texas



---

---

---

---

---

---

---

---

---

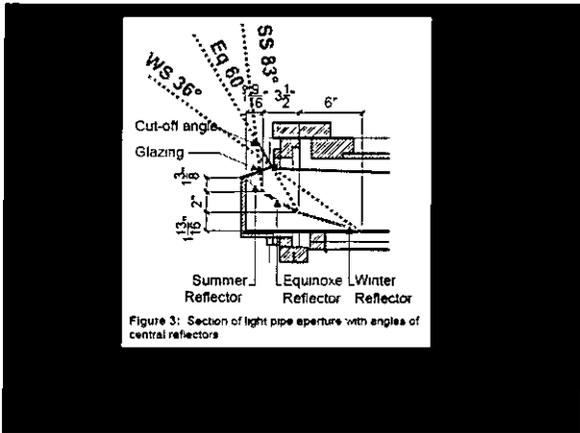
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

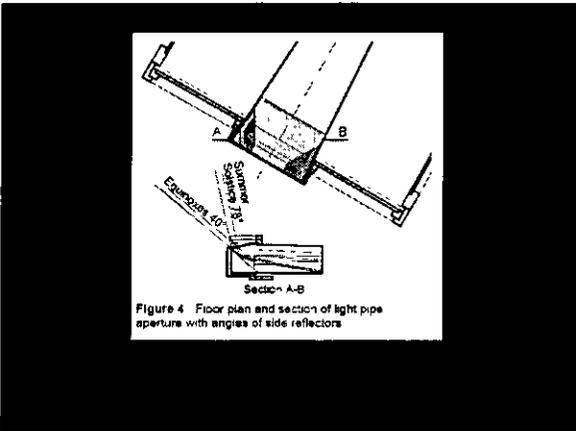
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

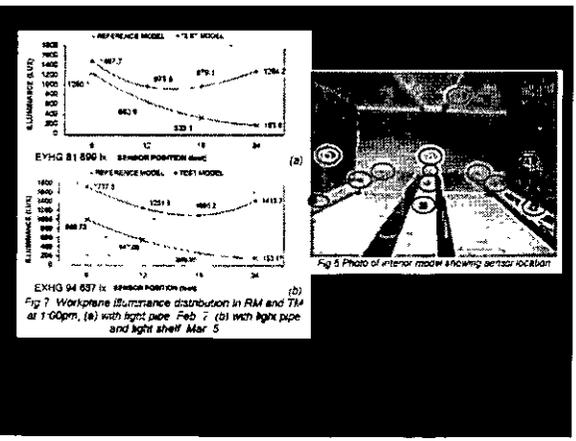
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

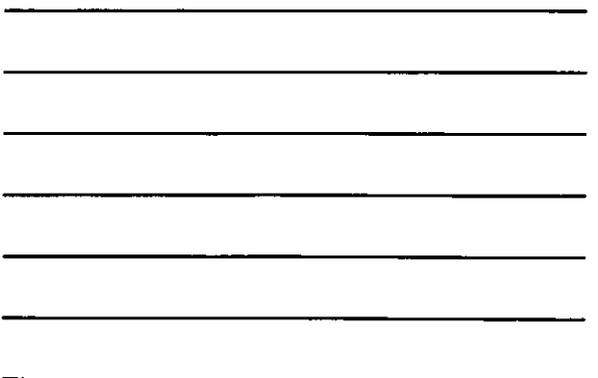
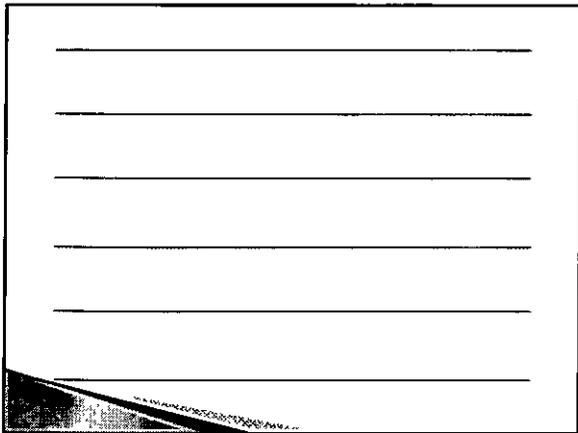
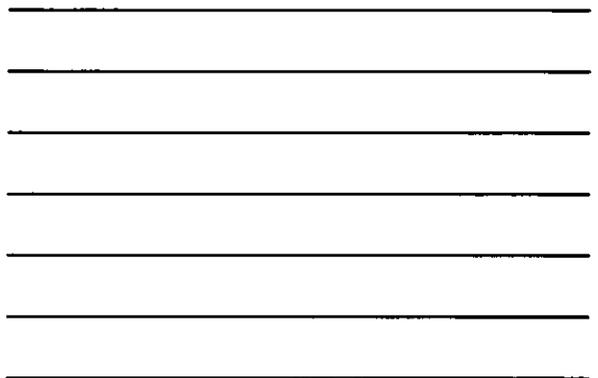
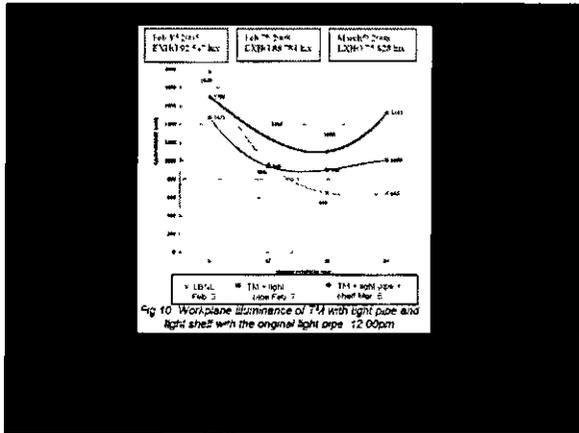
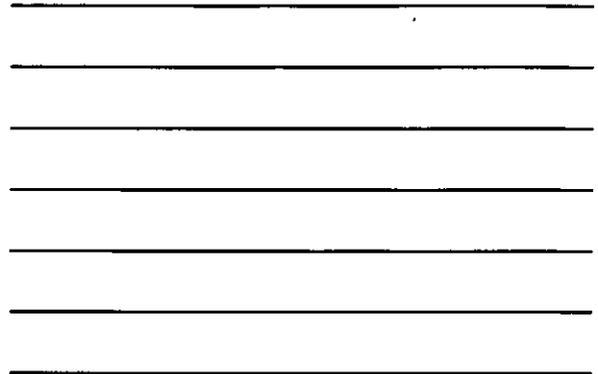
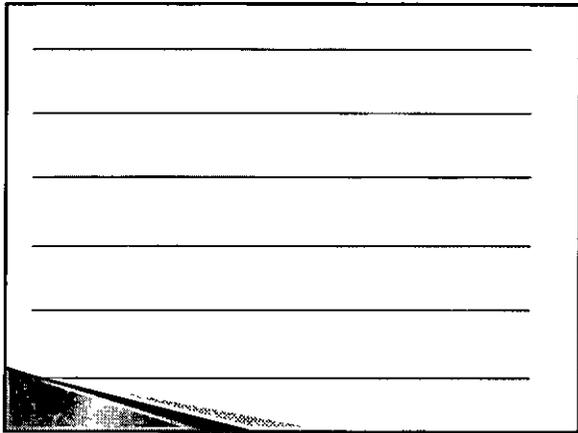
---

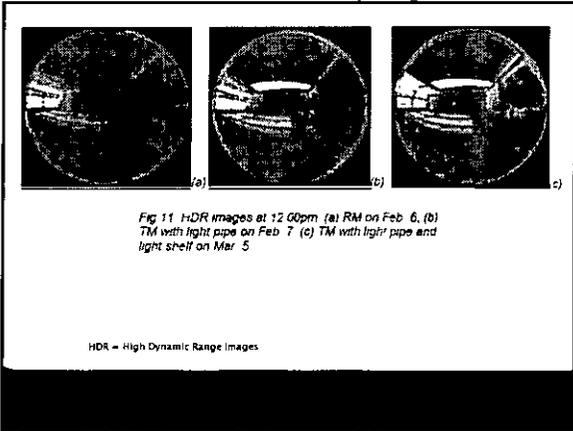
---

---

---

---






---

---

---

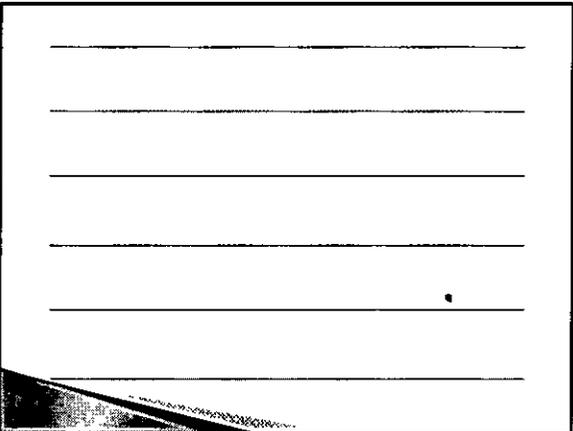
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Blank lined writing area with a small graphic element in the bottom-left corner.

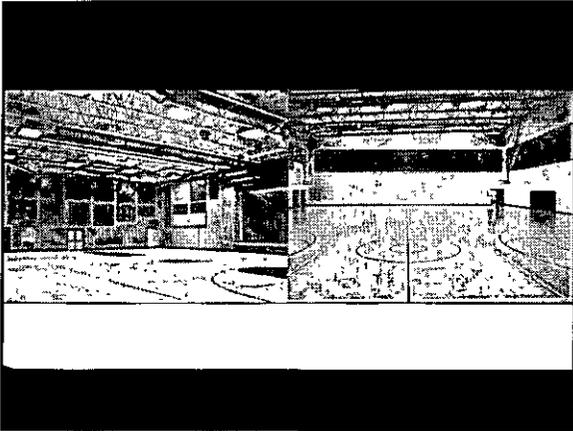
Blank lined writing area.



Blank lined writing area.

Blank lined writing area with a small graphic element in the bottom-left corner.

Blank lined writing area.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

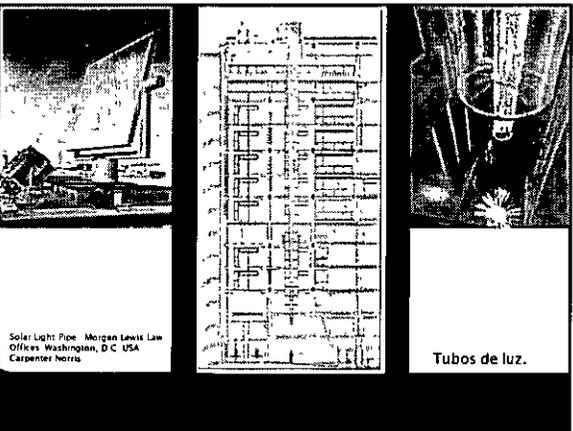
---

---

---

---

---



---

---

---

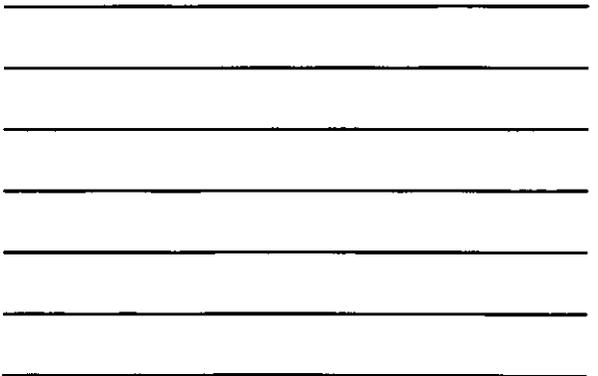
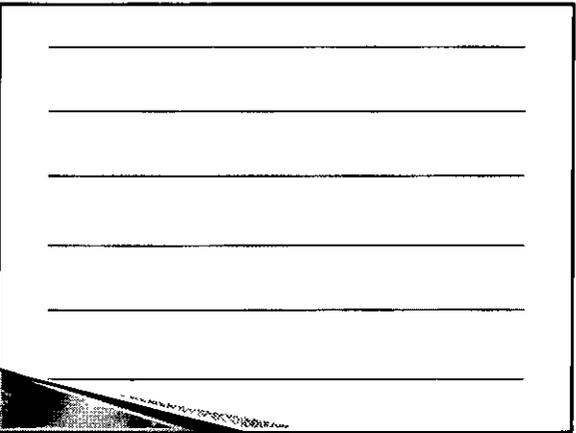
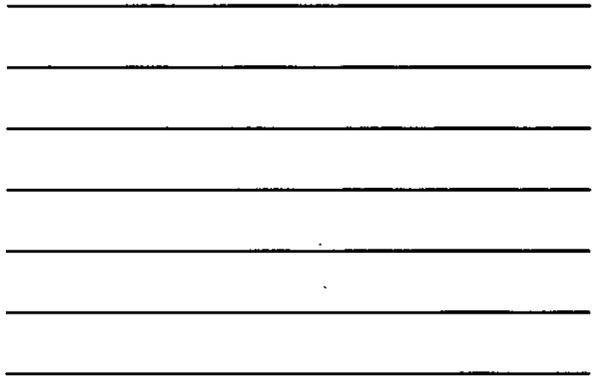
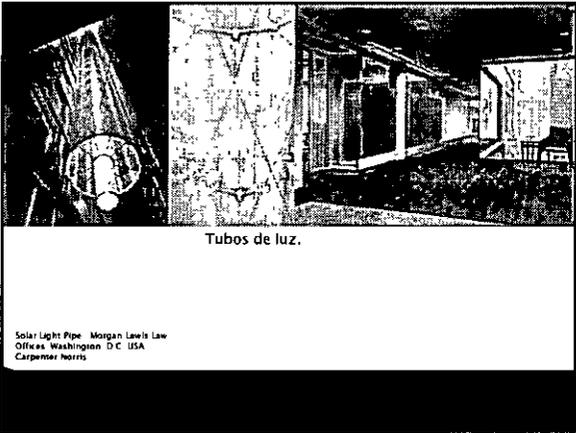
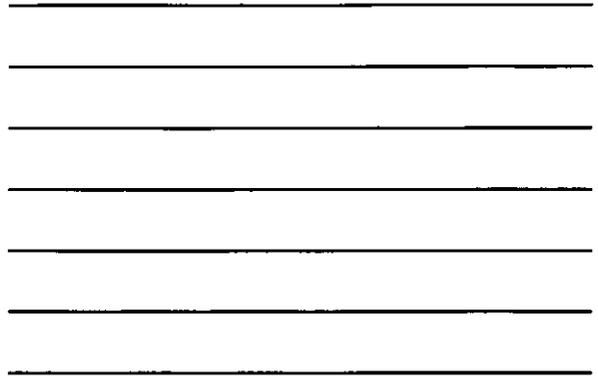
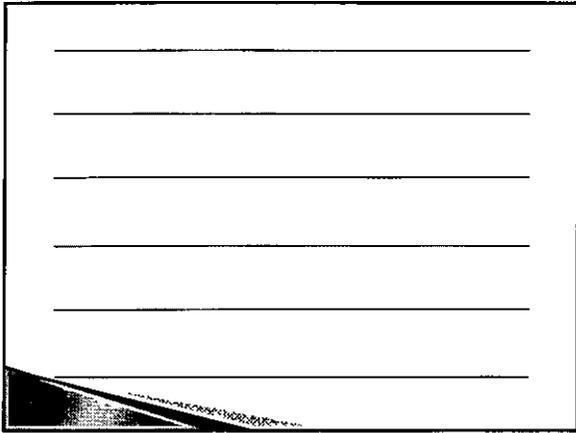
---

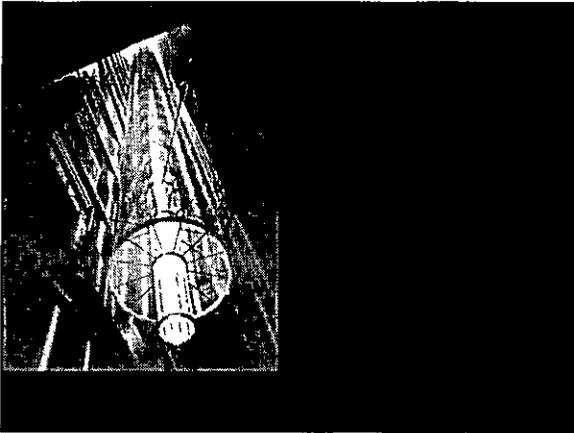
---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

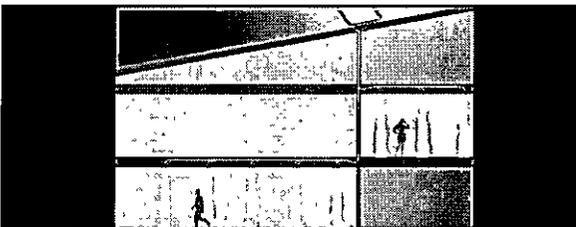
---

---

---

---

---



Fibra óptica

---

---

---

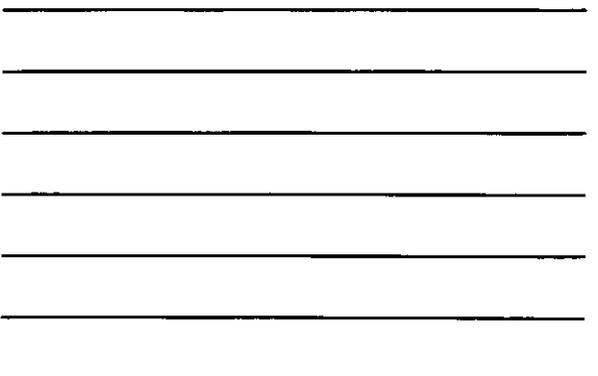
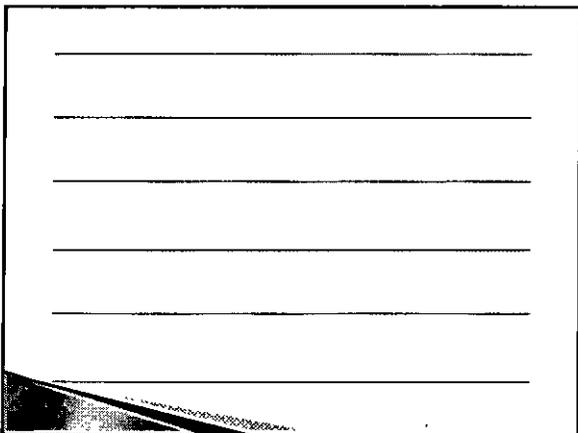
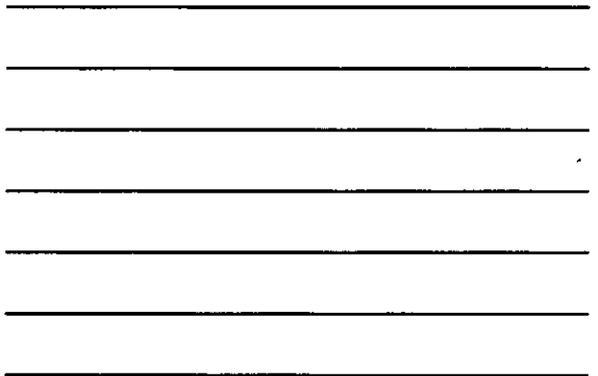
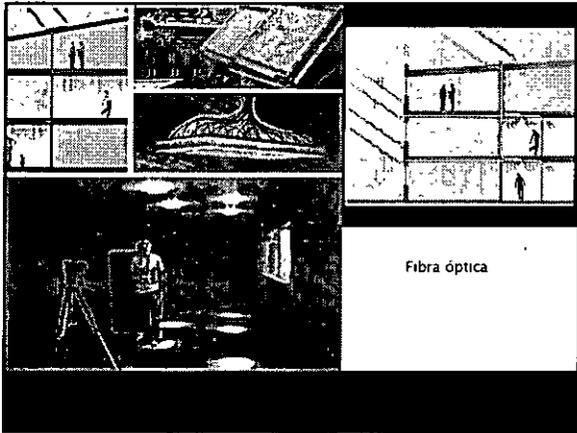
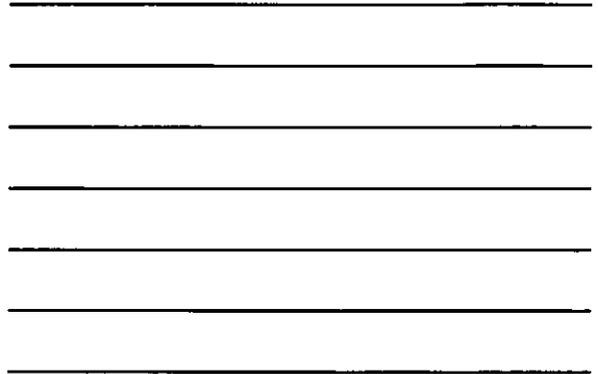
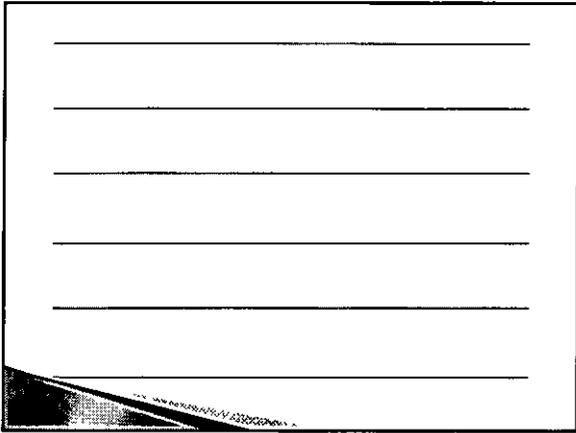
---

---

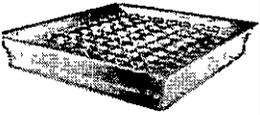
---

---

---



A fibra óptica é um meio de transmissão de informação que utiliza a luz para transportar dados. Ela é composta por um núcleo central de vidro ou plástico, rodeado por uma casca protetora. A luz é refletida internamente no núcleo, permitindo a transmissão de dados a longas distâncias com alta velocidade e baixa perda de sinal.

**Fibra óptica**

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

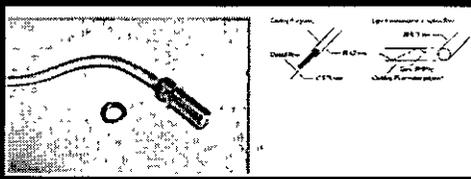
---

---

---

---

---



**Fibra óptica**

---

---

---

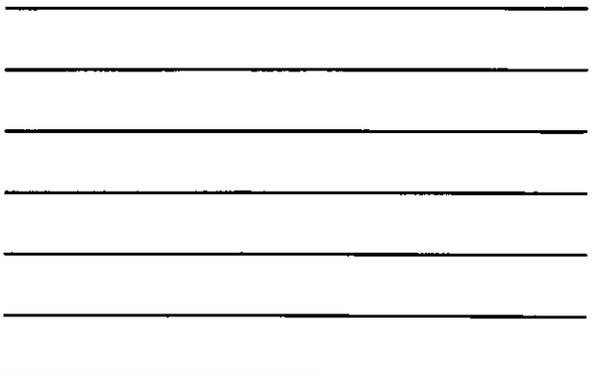
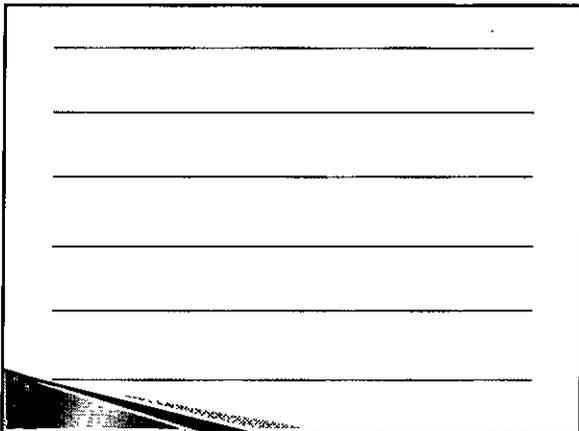
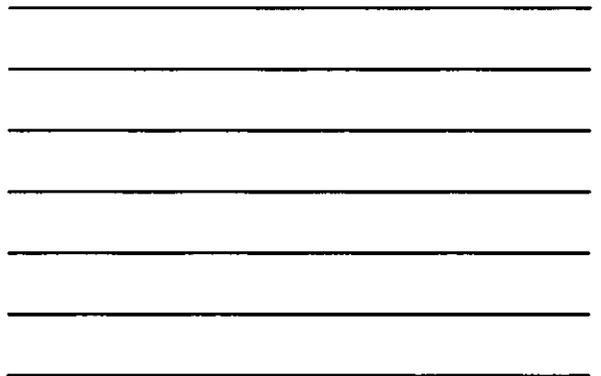
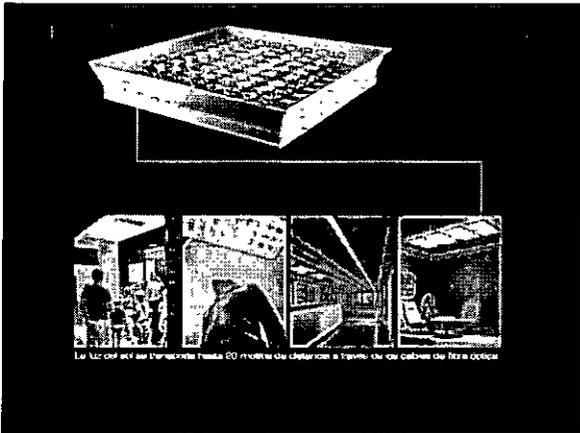
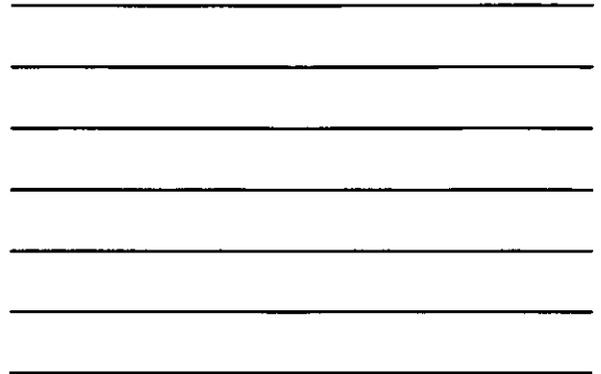
---

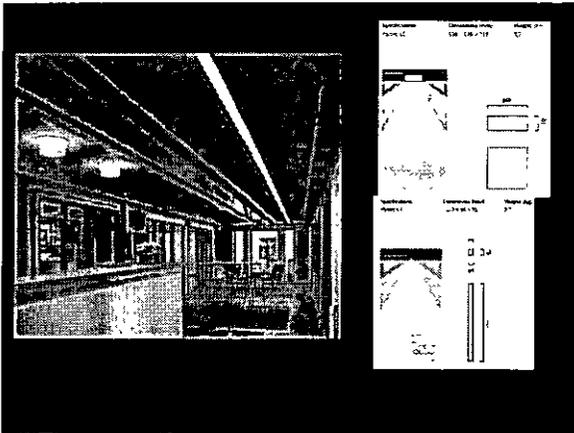
---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

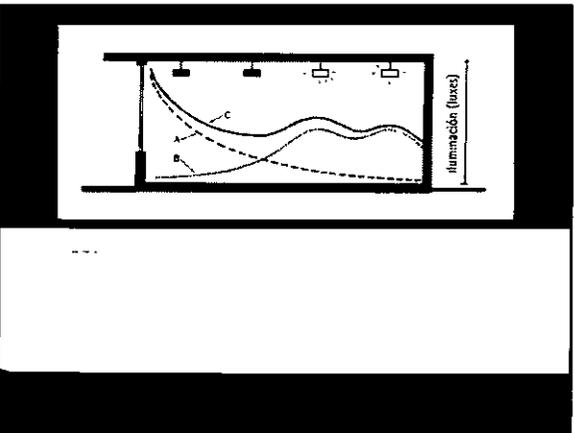
---

---

---

---

---



---

---

---

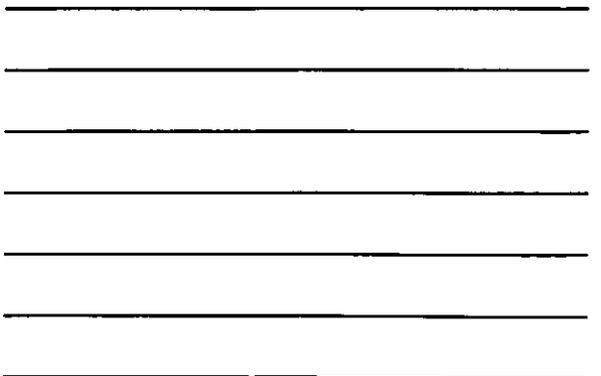
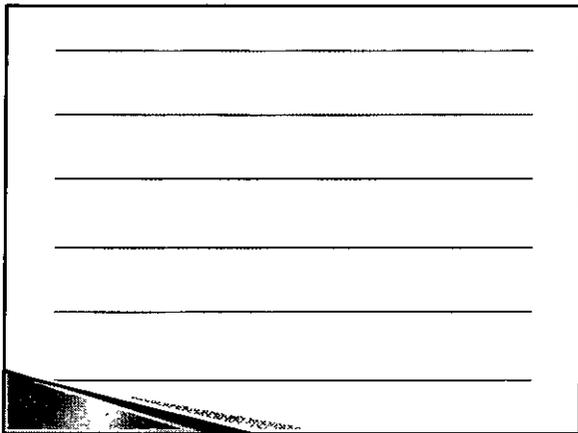
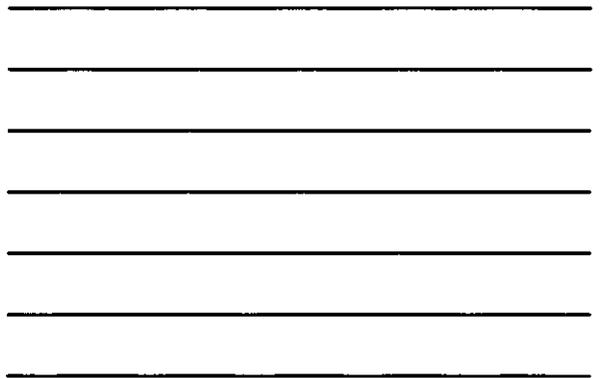
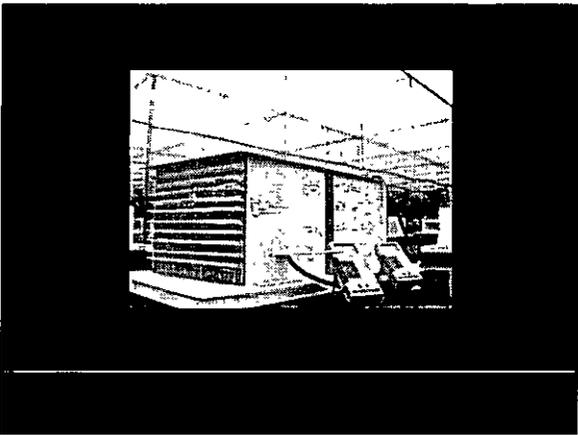
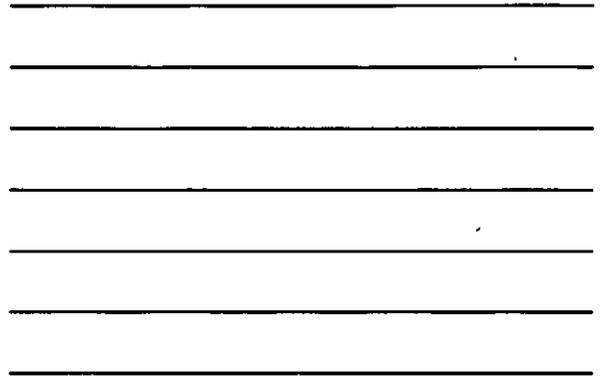
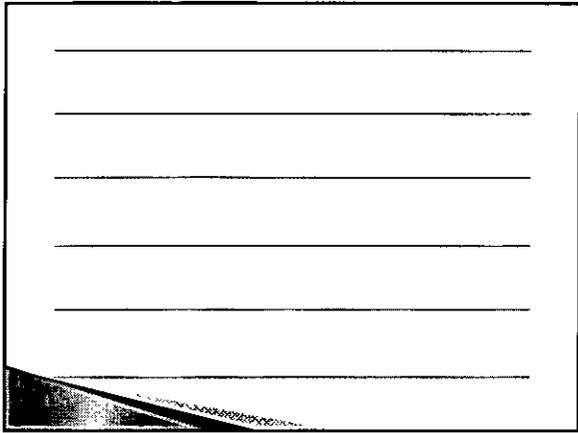
---

---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

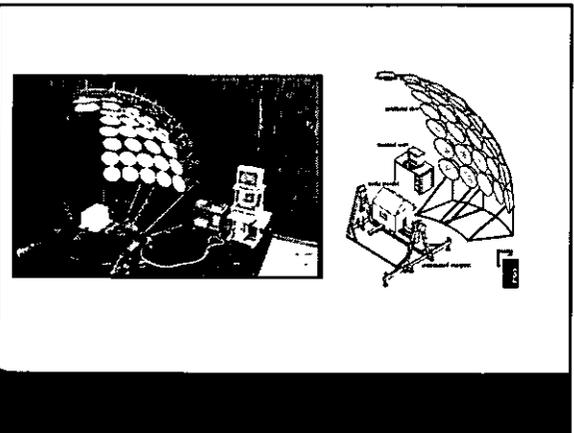
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

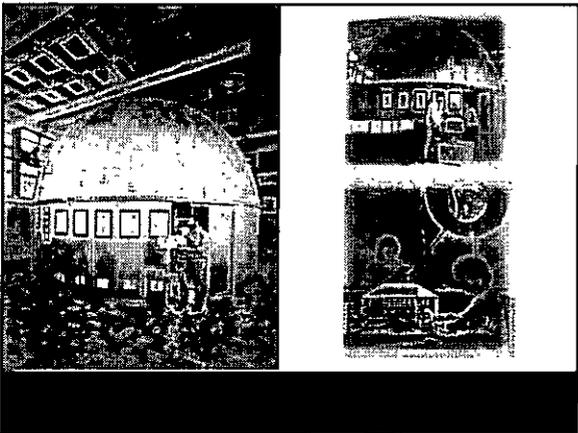
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

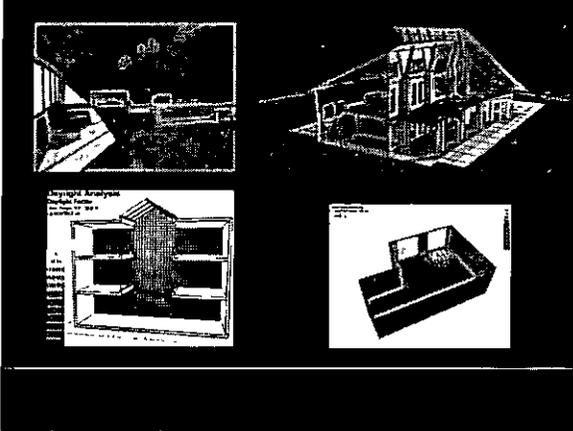
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

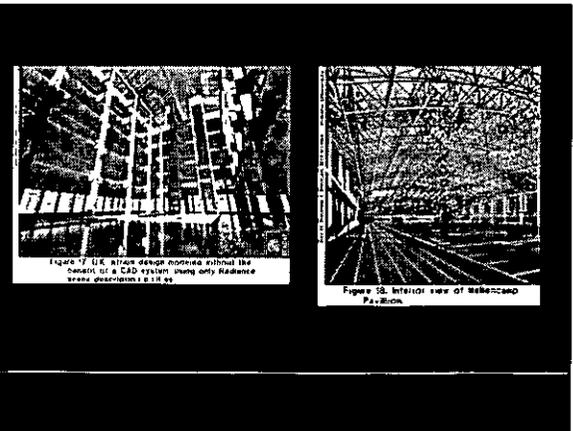
---

---

---

---

---




---

---

---

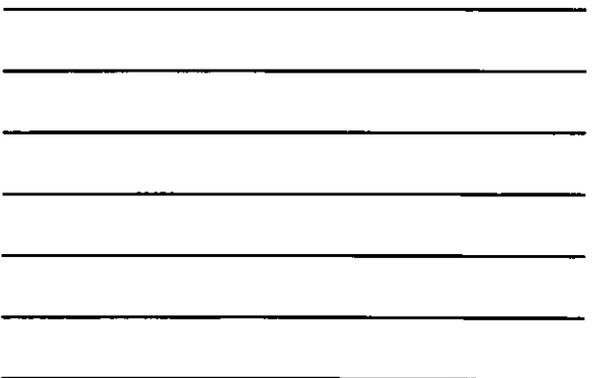
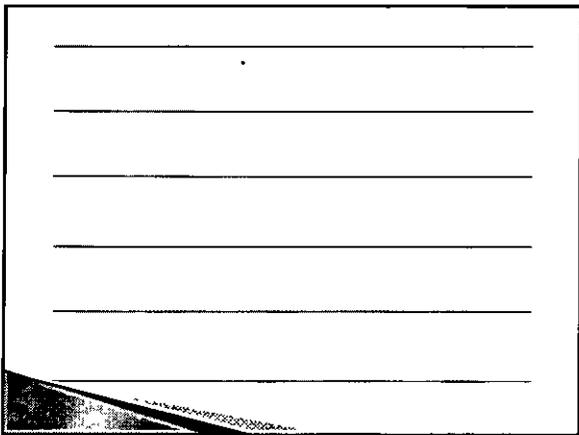
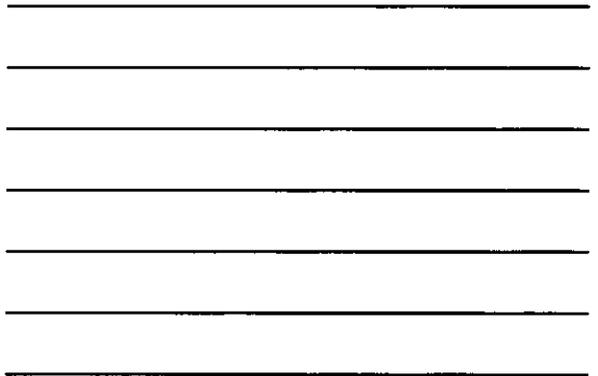
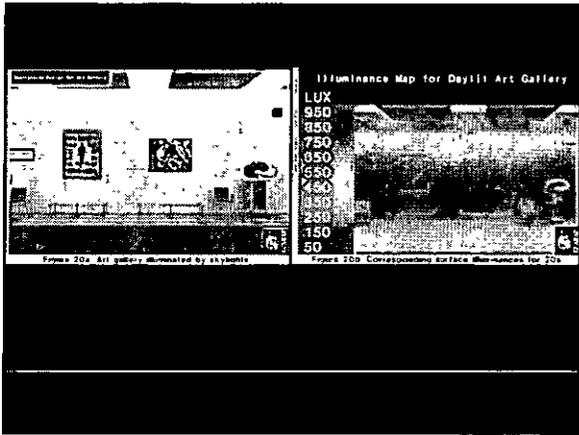
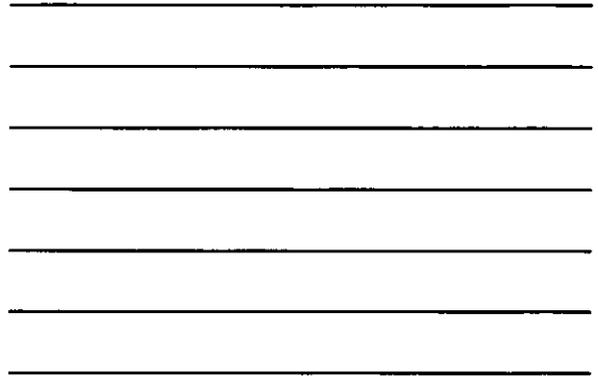
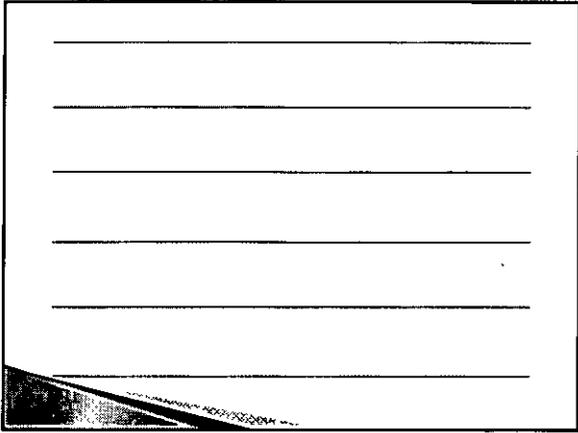
---

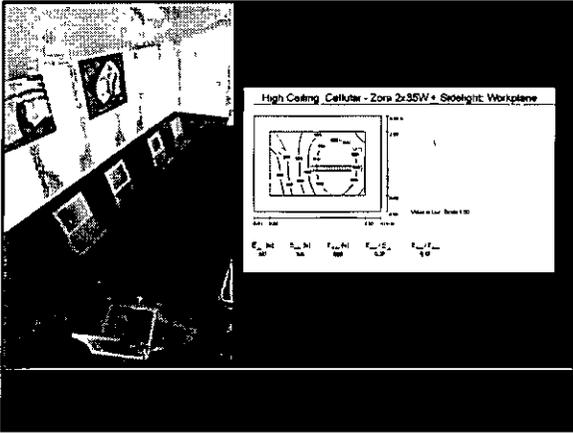
---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

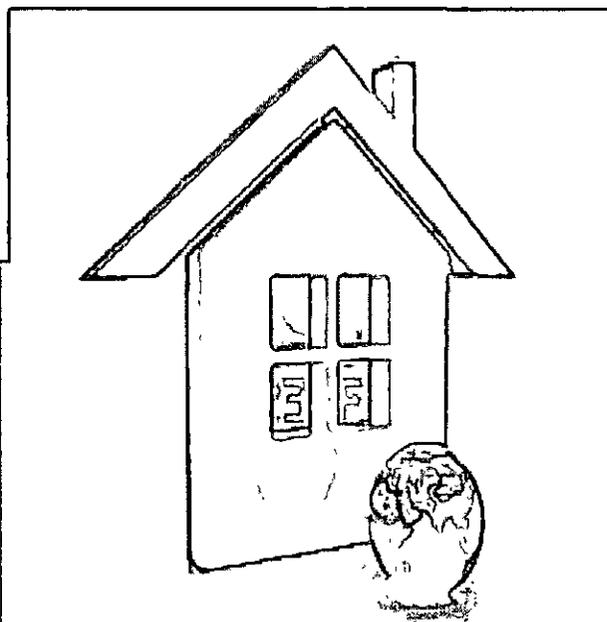
---

---

---

---

**División de Educación Continua y a Distancia  
Facultad de Ingeniería  
UNAM**



© www.123rf.com

**Vivienda Ecológica Sustentable  
CA 73**

**Contaminación y Tratamiento de Agua**

**Mtro. Arq. Héctor López Bracho**

01 al 10 de agosto de 2011

---

# CONTAMINACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA

Presenta

**Mtro. Arq. Héctor López Bracho**

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

**el hombre esta  
constituido  
principalmente de agua  
en un 75%**

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**el período de supervivencia  
del hombre sin tomar agua es  
de 3 días, en el caso de no  
ingerir alimentos este período  
puede llegar a 3 semanas**

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

Tabla 1.1

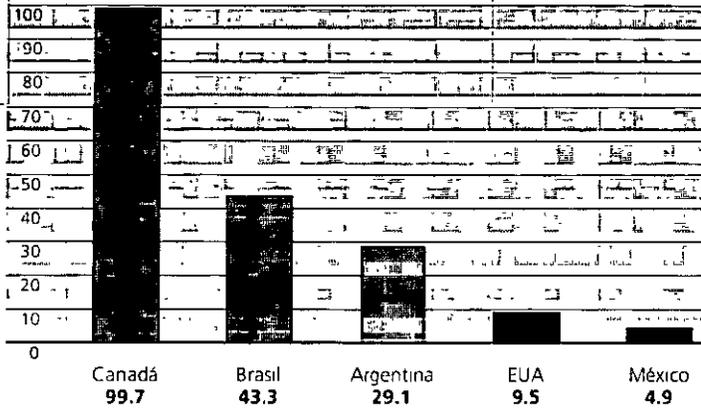
**Disponibilidad de agua en el mundo<sup>1</sup>**

<b>Categoría</b>	<b>Disponibilidad (m<sup>3</sup> anuales por habitante)</b>	<b>Países en el mundo</b>	<sup>1</sup> CNA. Estadísticas del Agua en México, 2004.
muy baja	menos de 1,000	16%	
baja	1,000 - 5,000	35%	
mediana	5,000 a 10,000	14%	
alta	más de 10,000	35%	

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

Figura 1.1

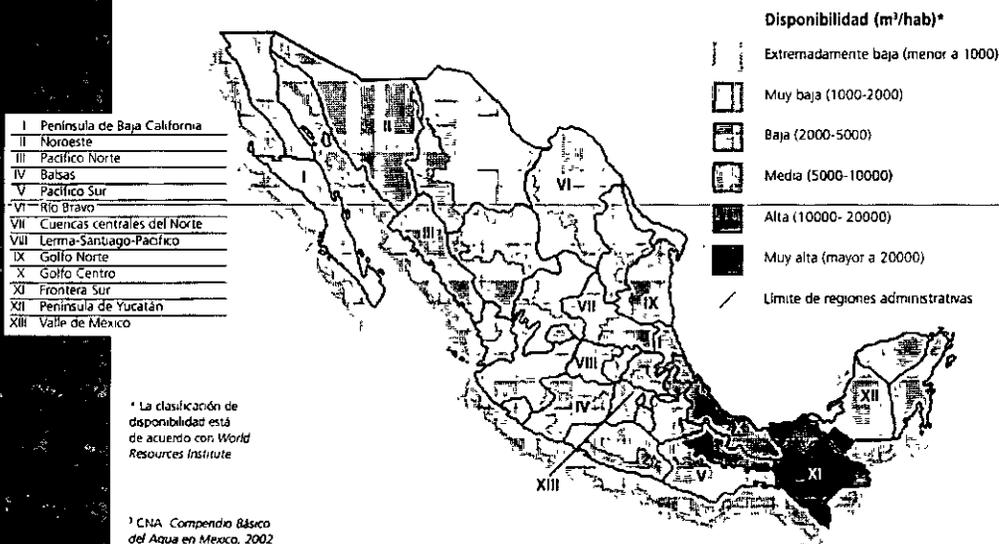
Disponibilidad promedio de agua en diversos países de América<sup>2</sup>



<sup>2</sup> Consejo Consultivo del Agua. *Movimiento Ciudadano por el Agua*, 2000.

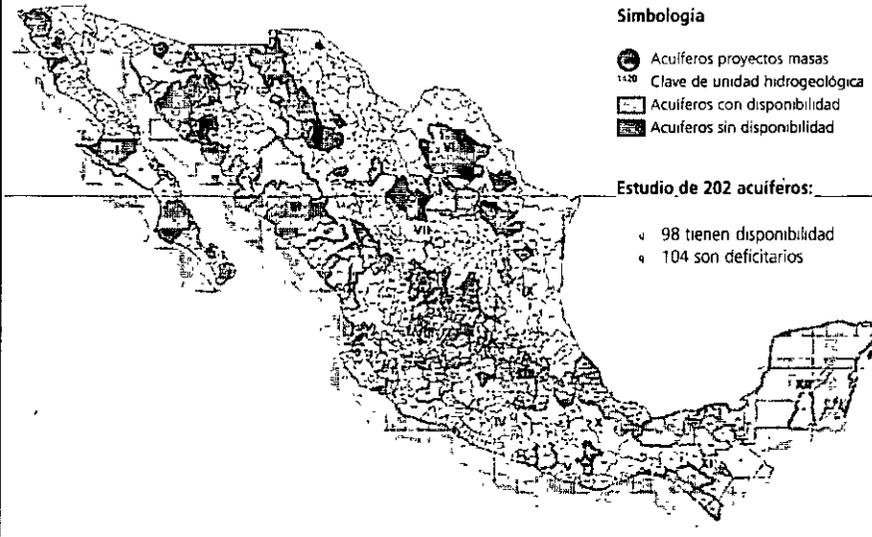
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Figura 1.2  
Disponibilidad de agua por región administrativa (2000)<sup>1</sup>



Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Figura 1.3  
Disponibilidad de agua subterránea



*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

## Normatividad existente

En México se han desarrollado un conjunto de normatividades, obligatorias y no obligatorias, emitidas por diversas instituciones y que contribuyen a aprovechar mejor el recurso y preservar la cantidad y la calidad del mismo. Algunas de estas normas son las siguientes.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**Normas Oficiales  
Mexicanas  
Ecológicas**



La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha expedido hasta ahora cuatro Normas Oficiales Mexicanas para la prevención y control de la contaminación del agua. Éstas se mencionan en el anexo 1, y pueden consultarse a través de la SEMARNAT <[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)>.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**Normas Oficiales  
Mexicanas del  
Sector Agua**



La Comisión Nacional del Agua (CNA) a través de su Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, expide Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, mediante las cuales ejerce las atribuciones que le confiere la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, como son aprovechar adecuadamente y proteger el recurso hídrico nacional

Dichas normas establecen las disposiciones, las especificaciones y los métodos de prueba que permiten garantizar que los productos y servicios ofertados a los organismos operadores de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, cumplan con el objetivo de aprovechar, preservar en cantidad y calidad, así como manejar adecuada y eficientemente el agua.

Estas normas se mencionan en el anexo 1, y pueden consultarse a través de la CNA <[www.cna.gob.mx](http://www.cna.gob.mx)>.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**Normas Oficiales  
Mexicanas de la  
Secretaría de  
Salud**



El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua, desde los sistemas hasta la entrega al consumidor. Por tales razones la Secretaría de Salud (SSA) en coordinación con la CNA y otras entidades de gobierno, han elaborado cinco Normas Oficiales Mexicanas. Estas normas se mencionan en el anexo 1, y pueden consultarse a través de la SSA <[www.salud.gob.mx](http://www.salud.gob.mx)>.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

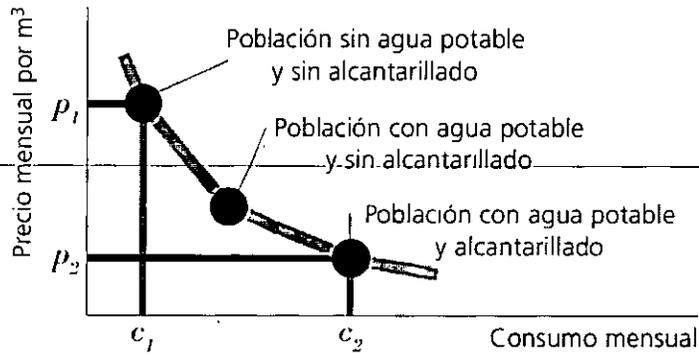
**Normas de  
producto**



Dentro del subsector existe también una amplia gama de normas de producto (NMX) de carácter no obligatorio. La CNA, a través de su Gerencia de Normas Técnicas, ofrece la información relativa a la normatividad existente en materia de agua, así como la lista de proveedores confiables <[www.cna.gob.mx](http://www.cna.gob.mx)>.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

## Comportamiento del consumo en función del precio del agua



<sup>7</sup> Tarifa oficial del Gobierno del Distrito Federal, para el 2004

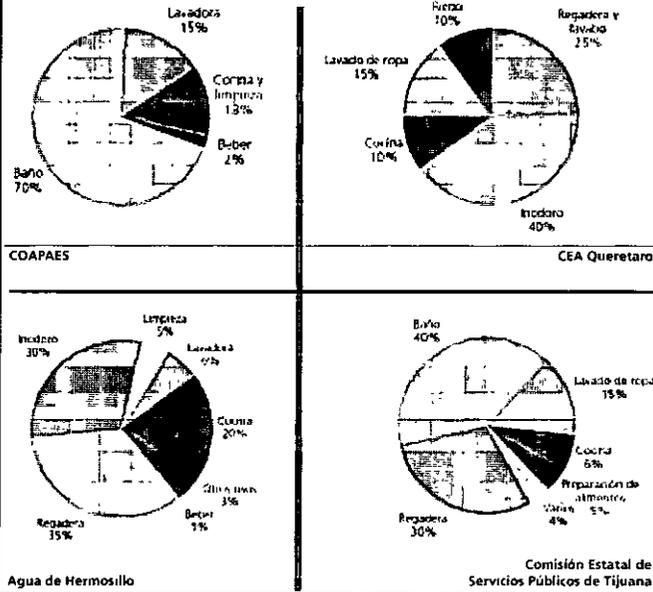
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

## Consumo per cápita en litros diarios

Clima	Consumo por clase socioeconómica		
	residencial	media	popular
Cálido mayor a 22YC	400	230	185
Semicálido de 18 a 22YC	300	205	130
Templado de 12 a 17,9YC	250	195	100
Frio menor a 12YC	250	195	100

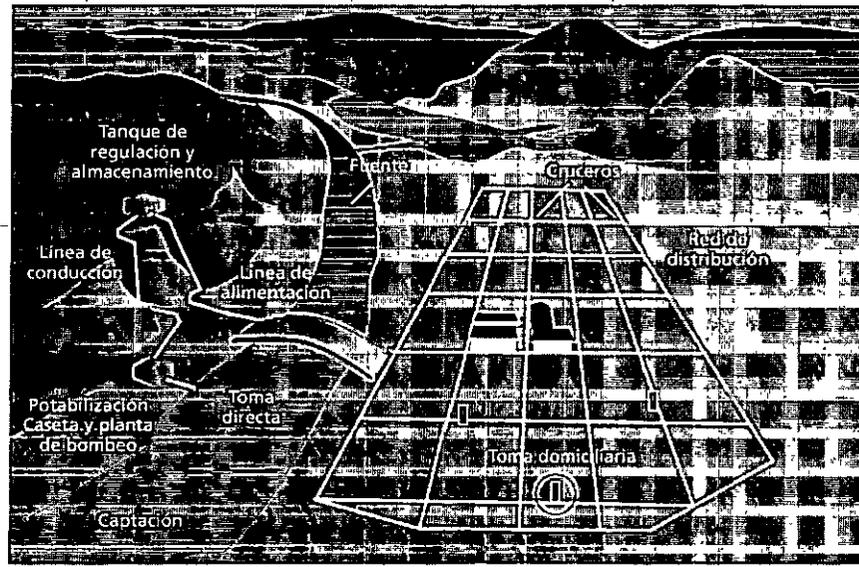
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Distribución del uso del agua en el hogar



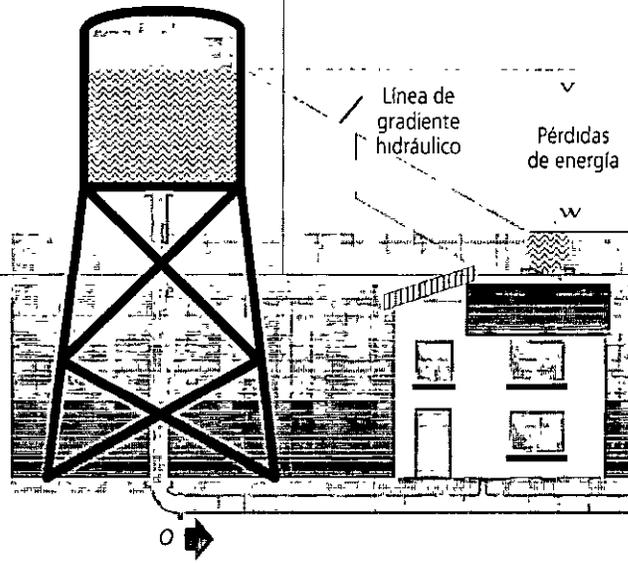
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Sistema típico de abastecimiento de agua potable



Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

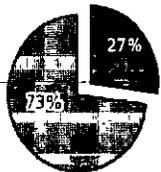
Figura 3.2  
**Suministro de agua potable por efectos de la acción de la gravedad, a través de un tanque de regulación**



*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

Figura 3 3  
**Proporción de la ocurrencia y del caudal de fugas en los sistemas de distribución de agua potable**

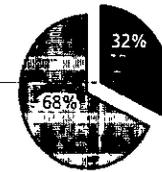
Ocurrencia en la red de distribución



Ocurrencia en las tomas domiciliarias

100%  
de fugas

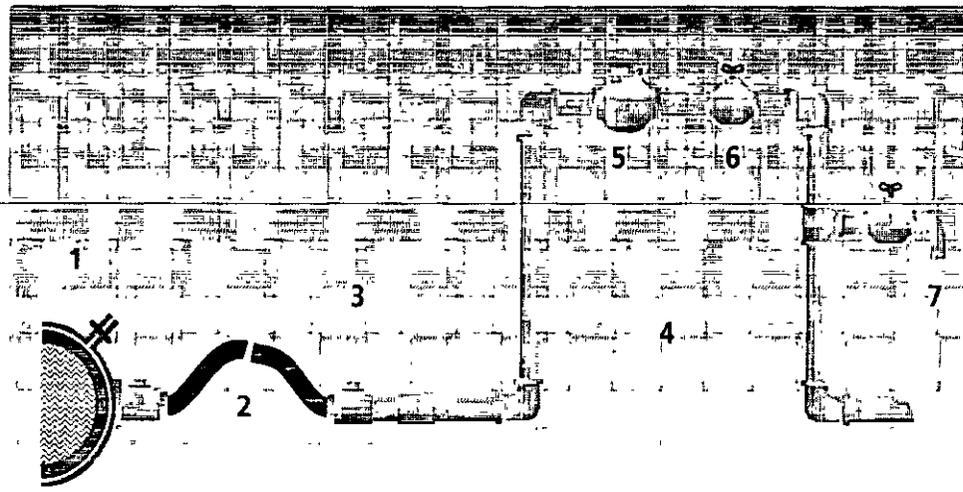
Volumen de fuga en la red de distribución



Volumen de fuga en las tomas domiciliarias

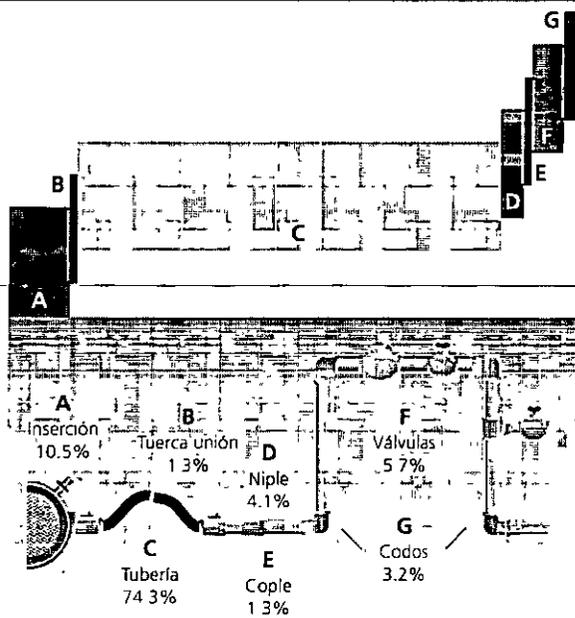
*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

### Toma domiciliar típica

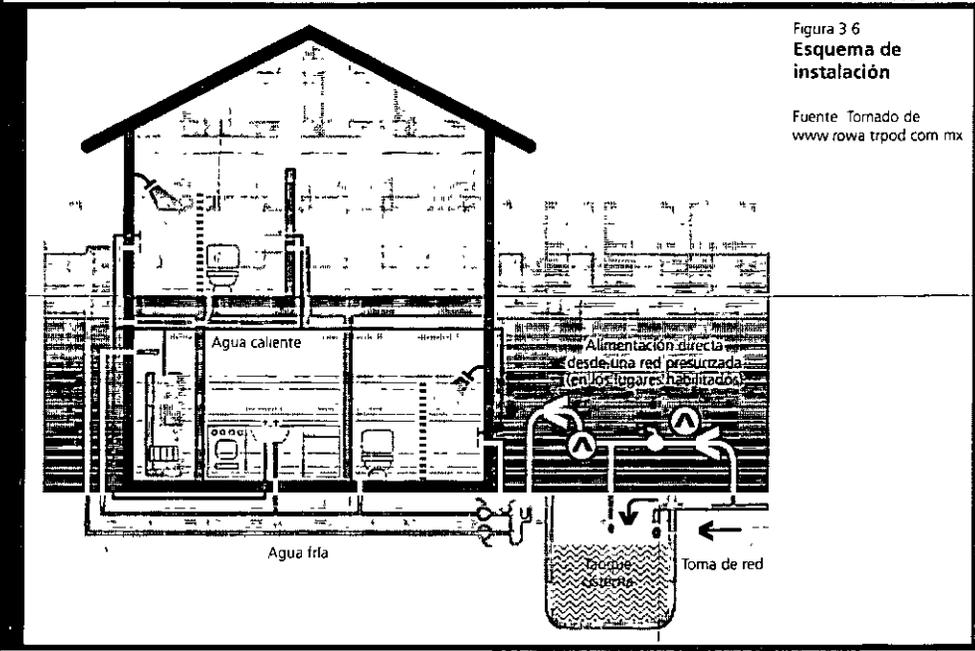


Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

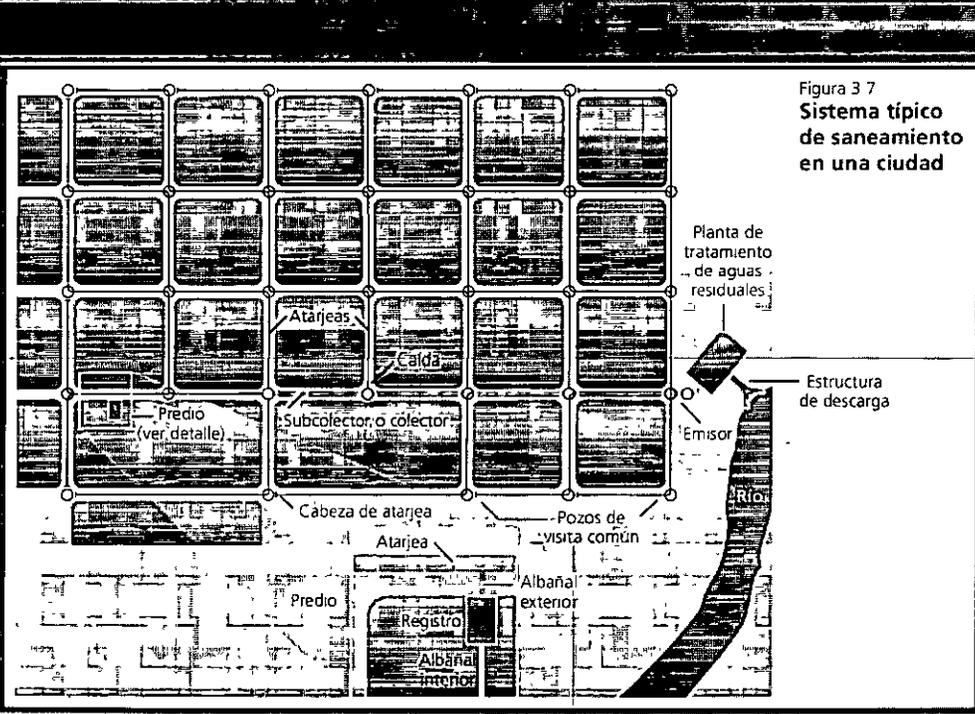
Figura 3 5  
Ubicación y frecuencia de fugas en las tomas domiciliarias



Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

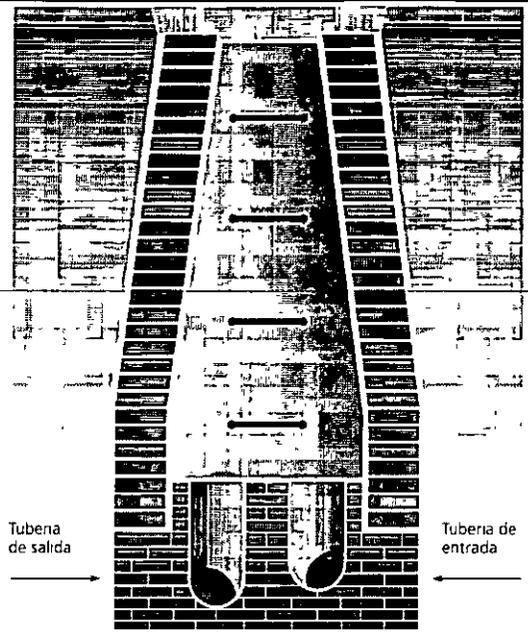


Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.



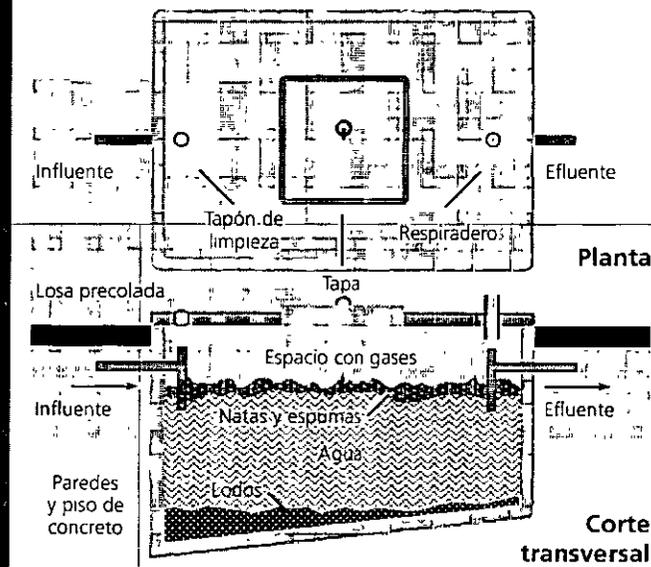
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Figura 3.8  
Pozo de  
visita común



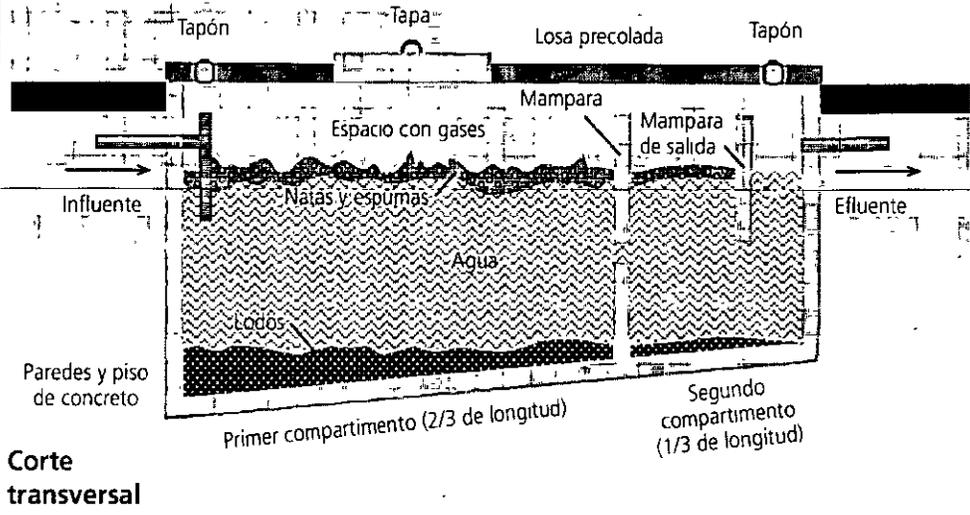
*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

Fosa o tanque séptico de un compartimento



*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

### Fosa o tanque séptico de dos compartimentos



Corte transversal

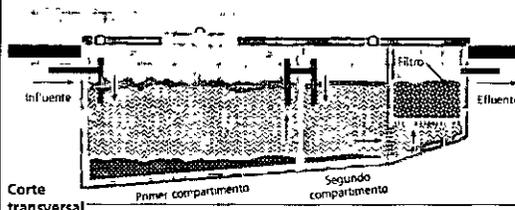
Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

### Capacidad recomendada para tanques sépticos, acorde con la población

Población (hab)	No. de cámaras	Ancho (m)	Longitud (m)		Profundidad total (m)
			1ª cámara	2ª cámara	
1-5	2	0.6	1.3	0.7	2.1
6-10	2	0.9	1.4	0.7	2.1
11-15	2	1.0	1.7	0.8	2.1
16-20	2	1.2	1.9	1.0	2.1
21-30	1	1.4	3.3	-	2.5
31-40	1	1.5	3.5	-	2.9
41-60	1	1.7	4.1	-	3.1
61-80	1	2.0	4.8	-	3.1
81-100	1	2.2	5.3	-	3.1

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Figura 3 14  
Fosa o tanque séptico de dos compartimientos  
y un filtro de flujo ascendente



Corte transversal

Figura 3 15  
Fosa o tanque séptico  
y campo de infiltración  
Vista de planta

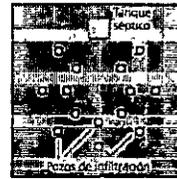
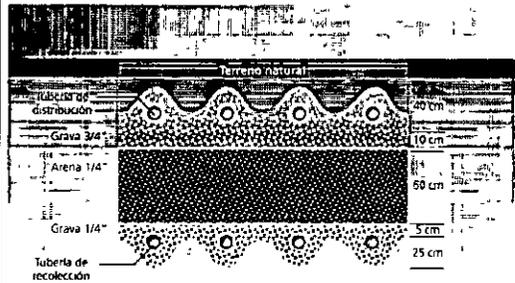
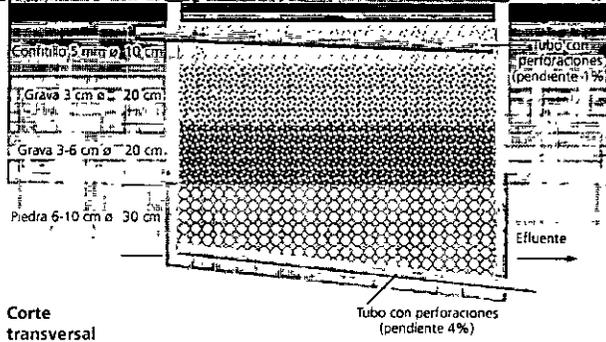
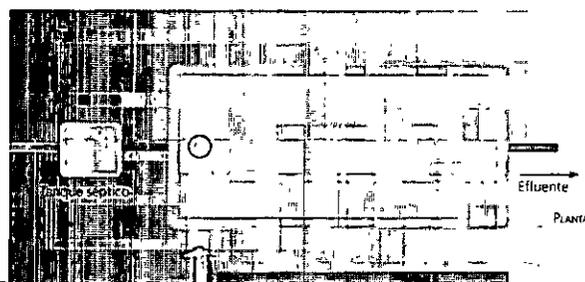


Figura 3 16  
Corte transversal de un  
campo de infiltración



Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

Figura 3 17  
Cámara de oxidación



Corte transversal

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

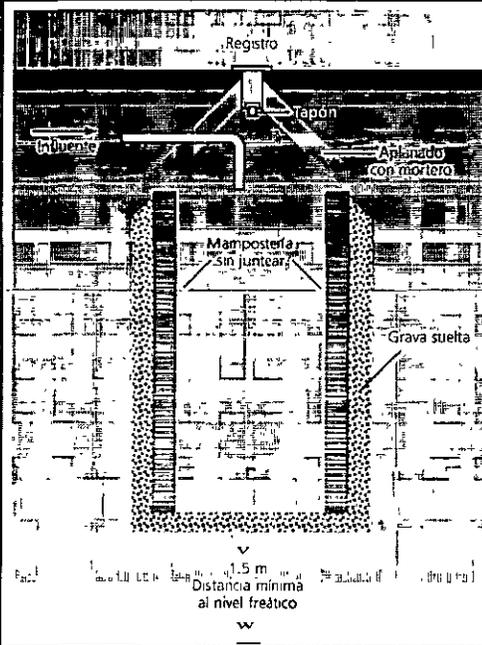


Figura 3 18  
Componentes de un  
pozo de absorción

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

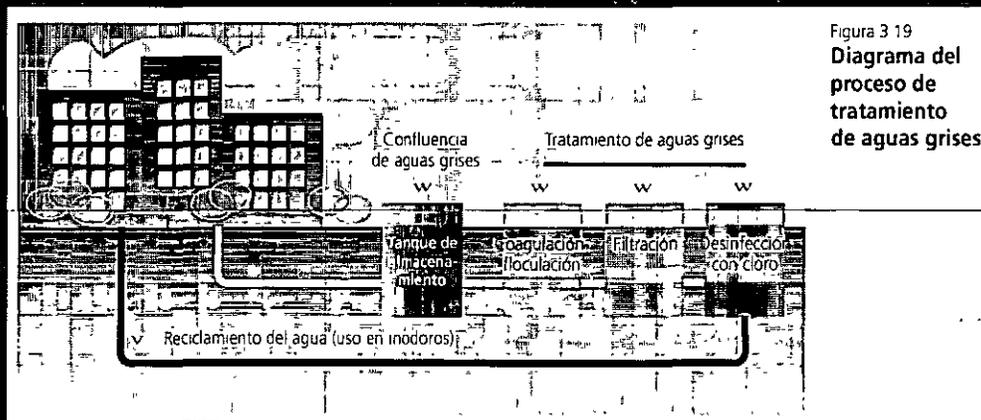


Figura 3 19  
Diagrama del  
proceso de  
tratamiento  
de aguas grises

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

<sup>29</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud, Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural

<sup>30</sup> Texas Water Development Board. *Texas Guide to Rainwater Harvesting*. In cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. Second Edition, 1997, Austin, Texas

## Almacenamiento y reutilización<sup>29</sup>

Cualquier sistema de captación de agua de lluvia requiere los siguientes componentes básicos:

**Captación** Conformado por el techo de la edificación o áreas aledañas a la misma, los cuales deben contar con la superficie y pendientes adecuadas para facilitar el escurrimiento hacia el sistema de recolección. En viviendas, el área de captación está limitada por el área del techo y su tamaño se calcula multiplicando la longitud (b) por el ancho (a) del mismo.

**Recolección y conducción.**<sup>30</sup> Lo componen canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua, fácil de unir entre sí y que no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. El sistema también debe tener mallas que retengan basura, excremento de aves, hojas, etc. El material más utilizado es el aluminio o el acero galvanizado.

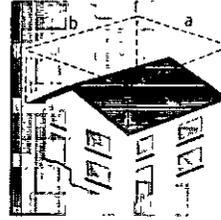
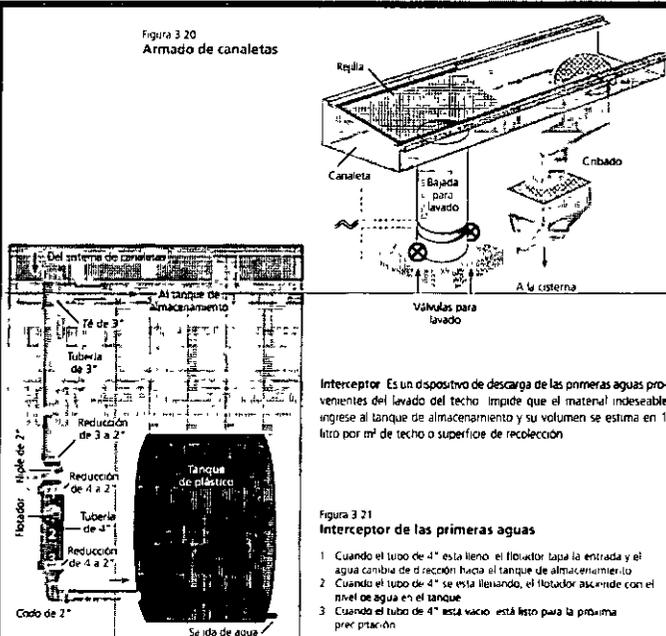


Figura 3 19  
Área de captación

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

Figura 3 20  
Armado de canaletas



*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

# ~~Normas Oficiales Mexicanas Ecológicas~~

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

## • **NOM-001-SEMARNAT-1996**

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de enero de 1997 y entró en vigor el día 7 de enero de 1997. Esta norma se complementa con la aclaración publicada en el mismo medio de difusión del día 30 de abril de 1997.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

• **NOM-002-SEMARNAT-1996**

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de junio de 1998 y entró en vigor el día 4 de junio de 1998.

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

• **NOM-003-SEMARNAT-1997**

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de septiembre de 1998 y entró en vigor el día 22 de septiembre de 1998.

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

• **NOM-004-SEMARNAT-2002**

Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 15 de agosto de 2003 y entró en vigor el día 16 de agosto de 2003.

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

**Normas Oficiales Mexicanas del Sector Agua**

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-001-CNA-1995**

Sistemas de alcantarillado sanitario - Especificaciones de hermeticidad. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 11 de octubre de 1996. Entró en vigor el 8 de febrero de 1997. Cumplió su periodo quinquenal el 8 de febrero de 2002. Norma vigente, actualmente en revisión.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-002-CNA-1995**

Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 14 de octubre de 1996. Entró en vigor el 12 de abril de 1997. Cumplió su periodo quinquenal el 12 de abril de 2002. Norma vigente, actualmente en revisión.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-003-CNA-1996**

Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de febrero de 1997. Entró en vigor el 4 de mayo de 1997. Cumplió su periodo quinquenal el 4 de mayo de 2002. Norma vigente, actualmente en revisión.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-004-CNA-1996**

Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 8 de agosto de 1997. Entró en vigor el 3 de febrero de 1998. Cumplió su periodo quinquenal el 3 de febrero de 2003. Norma vigente, actualmente en revisión.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-005-CNA-1996**

Fluxómetros - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 25 de julio de 1997. Entró en vigor el 21 de enero de 1998. Cumplió su periodo quinquenal el 21 de enero de 2003. Norma vigente, actualmente en revisión.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-006-CNA-1997**

Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de enero de 1999. Entró en vigor el 30 de enero de 1999. Cumplió su periodo quinquenal el 30 de enero de 2004. Norma vigente, se ratificó.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-007-CNA-1997**

Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de febrero de 1999. Entró en vigor el 1 de junio de 1999. Cumplió su periodo quinquenal el 1 de junio de 2004. Norma vigente, se ratificó.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-008-CNA-1998**

Regaderas empleadas en el aseo corporal - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 25 de junio de 2001. Entró en vigor el 22 de diciembre de 2001.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

• NOM-009-CNA-1998

Inodoros para uso sanitario. - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 2 de agosto de 2001. Entró en vigor el 30 de noviembre de 2001.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

• NOM-010-CNA-1999

Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro - Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 2 de septiembre de 2003. Entró en vigor el 29 de febrero de 2004.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

---

- NOM-011-CNA-2000

Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 17 de abril de 2002. Entró en vigor el 17 de junio de 2002.

---

- PROY-NOM-012-CNA-2002

Requisitos generales de seguridad de presas. (Anteproyecto).

---

- PROY-NOM-013-CNA-2001

Redes de distribución de agua potable. Especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba.

## Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Salud

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

### • **NOM-127-SSA1-1994 (Modificación)**

Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de noviembre de 2000 y entró en vigor el día 20 de febrero de 2001. (Originalmente se publicó el 18 de enero de 1996 y entró en vigor al siguiente día).

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

• **NOM-179-SSA1-1998**

Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por los sistemas de abastecimiento público; publicada el 24 de septiembre de 2001. Entró en vigor el día 24 de noviembre de 2001.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

• **NOM-012-SSA1-1993**

Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, públicos y privados; publicada el 12 de agosto de 1994. Entró en vigor el 13 de agosto de 1994.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-013-SSA1-1993**

Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 12 de agosto de 1994. Entró en vigor el 13 de agosto de 1994.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**• NOM-014-SSA1-1993**

Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento públicos y privados. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 12 de agosto de 1994. Entró en vigor el 13 de agosto de 1994.

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**el hombre esta  
constituido  
principalmente de agua  
en un 75%**

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**el período de supervivencia  
del hombre sin tomar agua es  
de 3 días, en el caso de no  
ingerir alimentos este período  
puede llegar a 3 semanas**

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**Gracias por  
su atención**

**Nombre de Ponente**  
**Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México**  
**[www.sabdemexico.org](http://www.sabdemexico.org)**

**Cto Fundadores 14, Cd. Satélite**  
**Naucalpan Edo. de México. C.P. 53100**  
**Tel. 5373 5317**

---

*Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.*

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123rf.com

# **Vivienda Ecológica Sustentable**

## **CA 73**

### **Instalaciones**

**Mtro. Arq. Héctor López Bracho**

**01 al 10 de agosto de 2011**



---

---

---

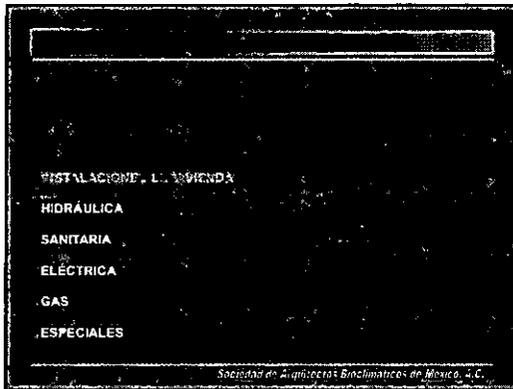
---

---

---

---

---



---

---

---

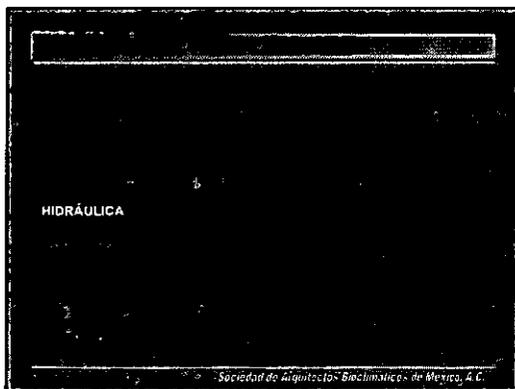
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

Sistema y red de aprovechamiento del agua potable constituido por canalizaciones, accesorios y mobiliario específico para el almacenamiento, conducción y suministro del agua en uso doméstico.

<b>Toma</b>	<b>Conexiones</b>
válvula de cierre	cópies
medidor	codos
	tees
<b>Almacenamiento</b>	<b>Muebles</b>
cisterna	lavabo
tinaco	tarja
<b>Tubería</b>	inodoro
columnas	regadera
ramales	tina

Sociedad de Arquitectos Biomiméticos de México, A.C.

---

---

---

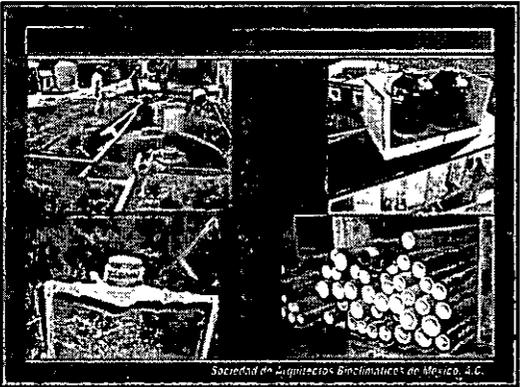
---

---

---

---

---




---

---

---

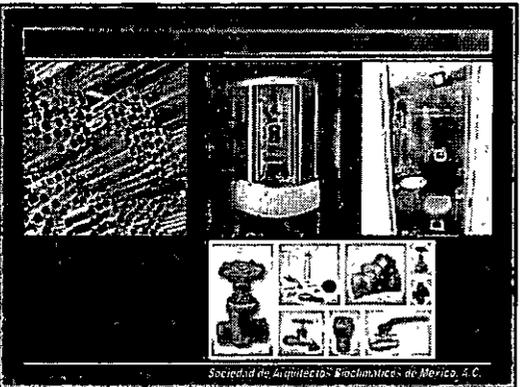
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

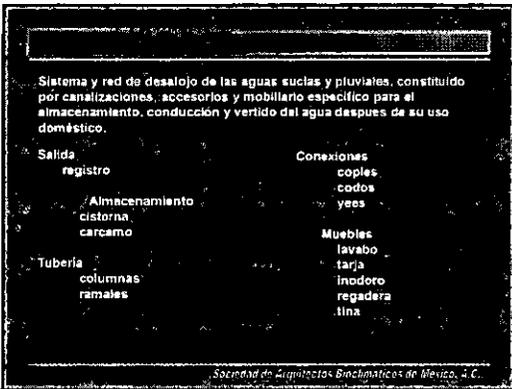
---

---

---

---

---



---

---

---

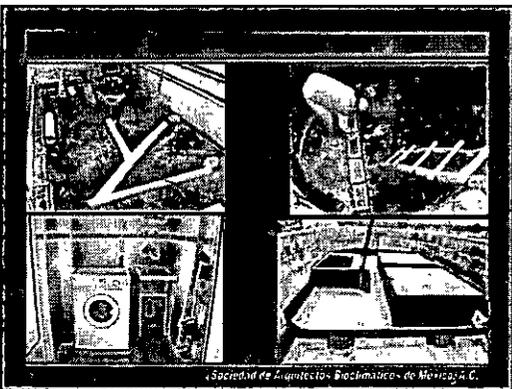
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

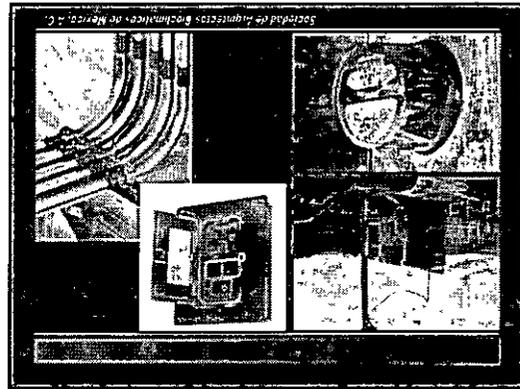
---

---

---

---

---



---

---

---

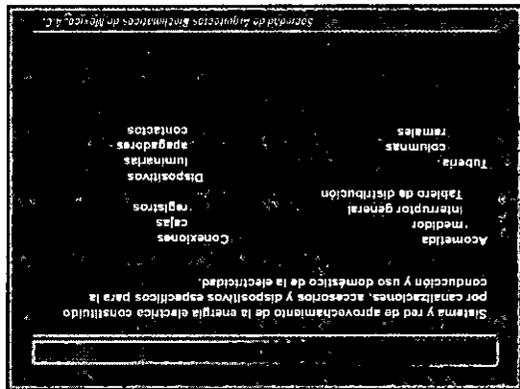
---

---

---

---

---



---

---

---

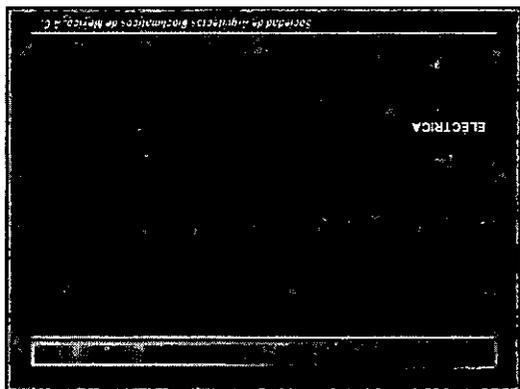
---

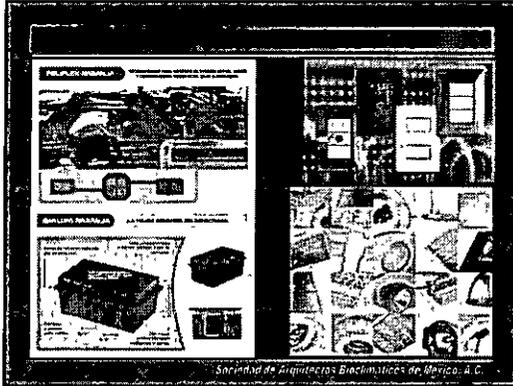
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Sistema y red de aprovechamiento del gas LP o natural constituido por canalizaciones, accesorios y mobiliario específico para el almacenamiento, conducción y suministro del gas en uso doméstico.

Toma	válvula de cierre	medidor	Almacenamiento	Tanque	Tubería	columnas	ramales	Conexiones	coples	codos	tees	Muebles	calentador	secadora	estufa
------	-------------------	---------	----------------	--------	---------	----------	---------	------------	--------	-------	------	---------	------------	----------	--------

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

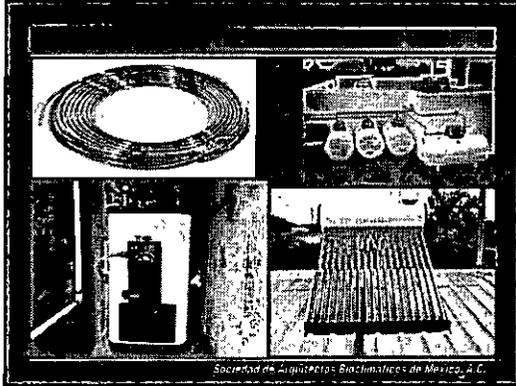
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Sistemas y redes de aprovechamiento de servicios específicos constituidos por canalizaciones, accesorios y mobiliario.

<b>Telefonía</b>	<b>Seguridad</b>
Redes alámbrica inalámbrica	círculo cerrado de vídeo alarmas contra incendio control de acceso
<b>Comunicación</b> televisión radio	<b>Acondicionamiento</b> calefacción aire acondicionado

Sociedad de Arquitectos Electricistas de México, A.C.

---

---

---

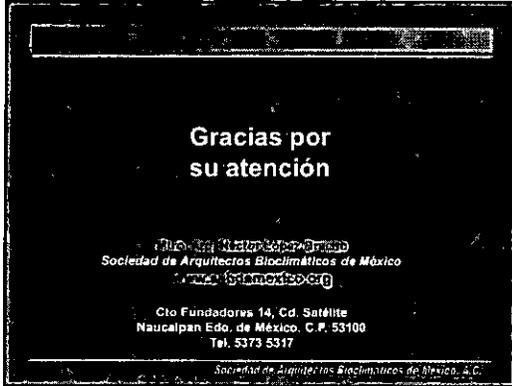
---

---

---

---

---



---

---

---

---

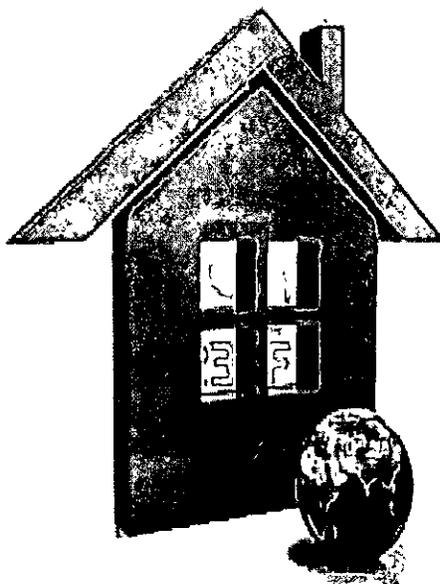
---

---

---

---

**División de Educación Continua y a Distancia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**UNAM**



© www.123H.com

## **Vivienda Ecológica Sustentable**

**CA 73**

**R R R**

**Mtro. Arq. Héctor López Bracho**

**01 al 10 de agosto de 2011**

**REUSO, RECICLAJE Y REDUCCIÓN.**

Presenta

Mtro. Arq. Héctor López Bracho

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**REUSO**

No desearar aquello que aún nos es útil (aunque no lo sea en su uso original).

Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

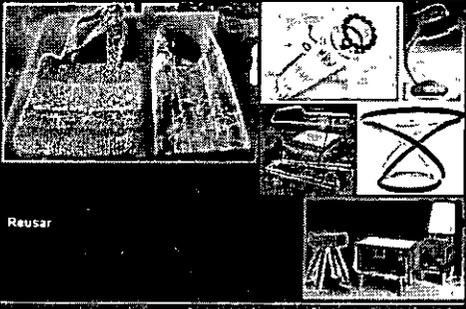
---

---

---

---

**Reusar**



Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**RECICLAJE**

Utilizar los residuos para elaborar nuevos productos.

Es necesario separar el material.

Debemos emplear los contenedores destinados a cada grupo de desechos

- a) orgánicos
- b) inorgánicos
  - b1) papel y cartón
  - b2) vidrio
  - b3) metal
  - b4) plástico

Sociedad de Arquitectos Biomiméticos de México, A.C.

---

---

---

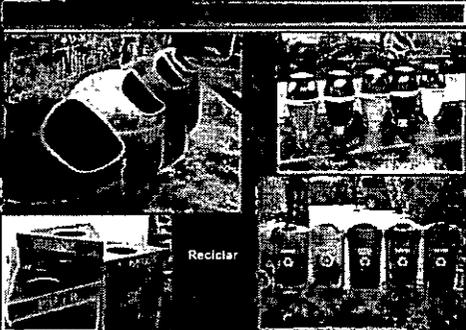
---

---

---

---

---



**Reciclar**

Sociedad de Arquitectos Biomiméticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**REDUCCIÓN**

Utilizar menos materia prima, menos agua y menos energía.

Por ejemplo:

- Lámparas ahorradoras
- Sensores de presencia
- Llaves economizadoras
- Planchado programado
- Lavado a carga plena
- Etc...

Sociedad de Arquitectos Biomiméticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**CAMBIALO YA!**  
 Reducir  
**UPPERCUT**  
 LAMPARA INCANDESCENTE  
 LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA  
 Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Gracias por su atención**  
 Mtro. Arquitecto Jorge Orta  
 Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México  
[www.sabmexico.org](http://www.sabmexico.org)  
 Cto Fundadores 14, Cd. Satélite  
 Naucalpan Edo. de México, C.P. 53100  
 Tel. 5373 5317  
 Sociedad de Arquitectos Bioclimáticos de México, A.C.

---

---

---

---

---

---

---

---