

TEMA DE ARQUITECTURA

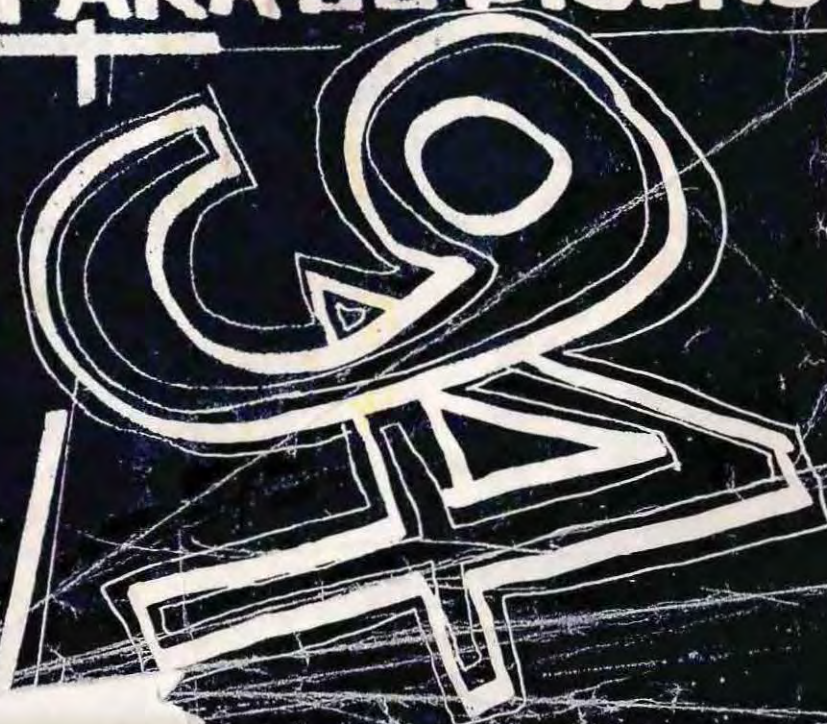
Tema de Arquitectura

ENERGIA SOLAR PASIVA

UNA GUÍA PARA EL DISEÑO

ALUMNO RICARDO RIVAS

PROF. GUIA G. FERNANDEZ G.



ARQUI
518S
94



S4297

03 MAY 2004

Mooc 2747

ENERGIA SOLAR PASIVA

"UNA GUIA PARA EL DISEÑO"

TEMA DE ARQUITECTURA

PROF. GUIA SR. GERMAN FERNANDEZ G:l

ALUMNO SR. RICARDO E. RIVAS *Soto.*

FACULTAD DE ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE VALPÁRAISO

MARZO DE 1994



PRESTO
R6185
1994
c

MFN 3767

volver con la frente marchitalasnievesdel tiempo platearon misien
sentir que veinte años no es nada.....

Carlitos Gardel.

CONTENIDO.

0.- Introducción: De qué trata este Seminario.

I.- Procesos Naturales.

- El Sol y la Tierra: El origen del sol, radiación solar, radiación en la atmósfera terrestre.
- Radiación y Substancia: Intensidad solar sobre una superficie, reflexión, transmisión y absorción.
- Características del Calor: Transmisión de calor, almacenamiento de calor.

II.- Sistemas Solares Pasivos.

- Maneras de aproximarse a la calefacción solar.
- Ganancia directa.
- Ganancia indirecta: Muralla de almacenamiento térmico de ladrillo, muralla de almacenamiento de agua (termal), invernadero agregado, techos laguna.
- Ganancia aislada.
- Ventajas y Desventajas de los Sistemas Solares Pasivos: Una visión crítica.

III.- Diseño de Modelos.

- Los Modelos (Patrones a Usar).
 - 1.- Ubicación del edificio.
 - 2.- La forma y orientación del edificio.
 - 3.- Lado sur.
 - 4.- Ubicación de espacios interiores.
 - 5.- Entrada protegida.
 - 6.- Ubicación de ventanas.
 - 7.- Cómo elegir el sistema óptimo.
 - 8.- Materiales apropiados.
- Sistemas de Ganancia Directa.
 - 9.- Ventanas solares.
 - 10.- Lucarnas y claraboyas.
 - 11.- Almacenamiento de calor en albañilería.
 - 12.- Muralla interior de agua.
- Murallas de Almacenamiento Termal.
 - 13.- Diseño del Tamaño de la Muralla.
 - 14.- Detalles de Murallas.

- 15.- Dimensionamiento del Invernadero.
- 16.- Invernadero Agregado.
- Sistemas de Techos Laguna.
- 17.- Dimensionamiento del techo laguna.
- 18.- Detalles de techos laguna.
- Invernaderos.
- 19.- Invernaderos mirando al norte.
- 20.- Detalles de invernaderos.
- 21.- Sistemas combinados.
- 22.- Almacenamiento en días nublados.
- 23.- Aislación movable.
- 24.- Reflectores.
- 25.- Elementos sombreadores.
- 26.- Aislación en el exterior.
- 27.- Refrescando en verano.

IV.- Conclusiones.

V.- Bibliografía.

INTRODUCCION: ACERCA DE QUE SE TRATA ESTE SEMINARIO.

Este Seminario intenta entregar una nueva actitud frente y hacia la arquitectura. Describe una manera de construir que está fuertemente relacionada al "sitio" (terreno), al clima, a los materiales del lugar y, sobre todo, al sol. Implica una relación especial con procesos naturales que ofrecen, sin duda, una cantidad inagotable de energía vital.

Esta actitud obviamente no representa algo nuevo en su totalidad, si consideramos que la arquitectura vernacular ha reflejado siempre una fuerte relación con las variaciones climáticas, ya sean diarios o estacionales. Sin embargo en los años recientes la gente ha elegido confiar en la concepción de la existencia de un infinito y barato "stock" de energía, abandonando así conceptos que tenían un profundo asidero histórico.

La arquitectura del siglo XX se ha caracterizado por un énfasis en lo tecnológico, excluyendo, de esta manera, otros valores. En el contexto de la construcción está de manifiesto el conjunto de materiales con que nosotros construimos, entre los cuales están los plásticos y sintéticos. Existe una dependencia de los controles mecánicos en el entorno interior (en edificios), en lugar de explotar procesos naturales para satisfacer nuestras necesidades de confort; en este sentido, nos hemos transformado en prisioneros de sistemas mecánicos complicados, de hecho las ventanas son inoperables y selladas para que estos sistemas funcionen. El menor deterioro de estos elementos mecánicos deja al edificio inhabitable. Hoy en día se presta poca atención al carácter único del sitio y de sus variaciones en términos climáticos, además de los materiales de construcción.

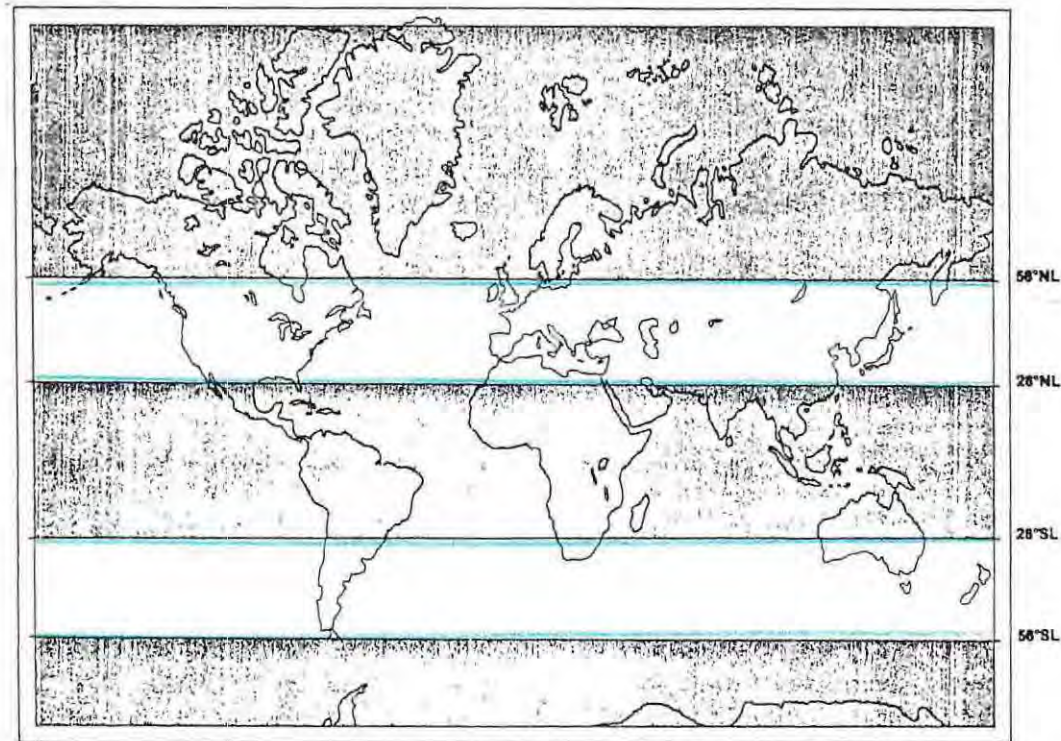


Fig. 1: Regiones geográficas donde este estudio se puede aplicar

Esencialmente uno puede ver el mismo tipo de edificio de norte a sur y de cordillera a costa.

Existe hoy día un fuerte interés por nuevos sistemas de calefacción y refrigeración derivados de la energía solar pasiva, simplemente porque ellos simplifican la vida en lugar de complicarla. Los sistemas pasivos son conceptualmente simples y fáciles de usar, tienen pocas partes movibles y requieren de un escaso o nulo mantenimiento. Además estos sistemas no generan polución térmica, puesto que no necesitan "input" externos y no producen productos de

desecho. Considerando que la energía solar está distribuida convenientemente a todas las partes del planeta, se eliminan onerosos costos de transporte y redes de distribución.

Desde que un edificio o algunos de sus elementos están dentro del sistema pasivo, la aplicación de energía solar pasiva debe ser incluida en cada paso del proceso de su diseño. En vista del hecho que sistemas convencionales y/o sistemas de calefacción solar pueden ser de alguna manera independientes de la "organización conceptual del edificio", es extremadamente difícil agregar un sistema pasivo una vez que el edificio está diseñado.



I.- PROCESOS NATURALES.

El Sol y la Tierra: El Origen del Sol.

Hoy día, la teoría ampliamente aceptada acerca el origen del sol es aquella que sostiene que está formado por una nube de gas compuesta principalmente de hidrógeno.

El primer estado del desarrollo del sol fue la contracción gravitacional de las partículas de hidrógeno, en algún punto de este proceso y debido a la contracción de la nube, se produjo choques entre las partículas de hidrógeno generándose, de esta manera, suficiente calor para provocar una fusión y la consiguiente formación de un núcleo de hidrógeno y la liberación de energía. Esta fusión en el núcleo o unión de hidrógeno produjo helio. La masa de este átomo fue menor que el de los originales átomos de hidrógeno, esta diferencia de masa se convirtió en energía durante el proceso de fusión. Esta primera reacción de fusión en la nube dio nacimiento al sol.

Radiación Solar.

Las fusiones termonucleares en el centro del sol liberan energía en la forma de radiación electromagnética de alta frecuencia, entendido que ésta está representada por campos magnéticos (ondas) o por partículas de energía llamadas fotones.

Se entiende entonces que la energía radial en el centro nuclear del sol tiene una temperatura estimada entre $10.000.000^{\circ}$ y $14.000.000^{\circ}$ Celsius, la temperatura promedio en la superficie del sol es de 5.500° C.

La radiación electromagnética está clasificada de acuerdo a su longitud de onda, mientras menor es su longitud de onda, mayor es su radiación. La energía es emitida desde el sol y viaja hacia la tierra en radiaciones de distinta longitud de onda, desde muy cortas tales como rayos X o rayos Gama, hasta aquellas de gran radio. Eso si, el sol a una temperatura media de 5.500°C irradia ondas constantes y proporcionales de radio largo.

Esta constante solar que define la cantidad de radiación o energía calórica que llega a la atmósfera terrestre, es equivalente a 1,94 calorías por centímetro cuadrado por hora.

Radiación y la Atmósfera Terrestre.

Del total de la radiación solar interceptada por la tierra (incluyendo la atmósfera), hasta el 35% es reflejada de vuelta al espacio. Esta reflexión de energía se denomina el albedo de un objeto. La mayoría de esta energía es reflejada por efecto de nubes o por el polvo atmosférico, aunque también hay reflexión desde la superficie de la tierra por elementos tales como agua, nieve y arena. La radiación desprendida en la parte azul del espectro visible es respon-

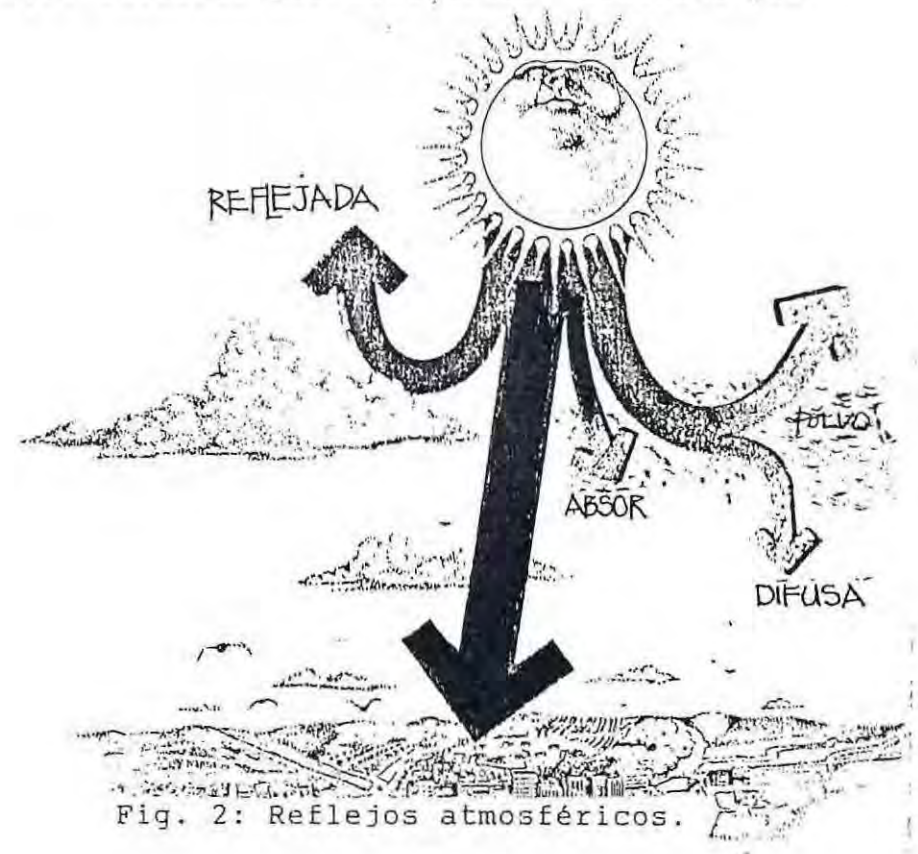


Fig. 2: Reflejos atmosféricos.

sable del color del cielo.

Aparte de la composición de la atmósfera, el factor más importante para determinar la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la tierra es el tamaño de la masa atmosférica por la cual debe traspasar.

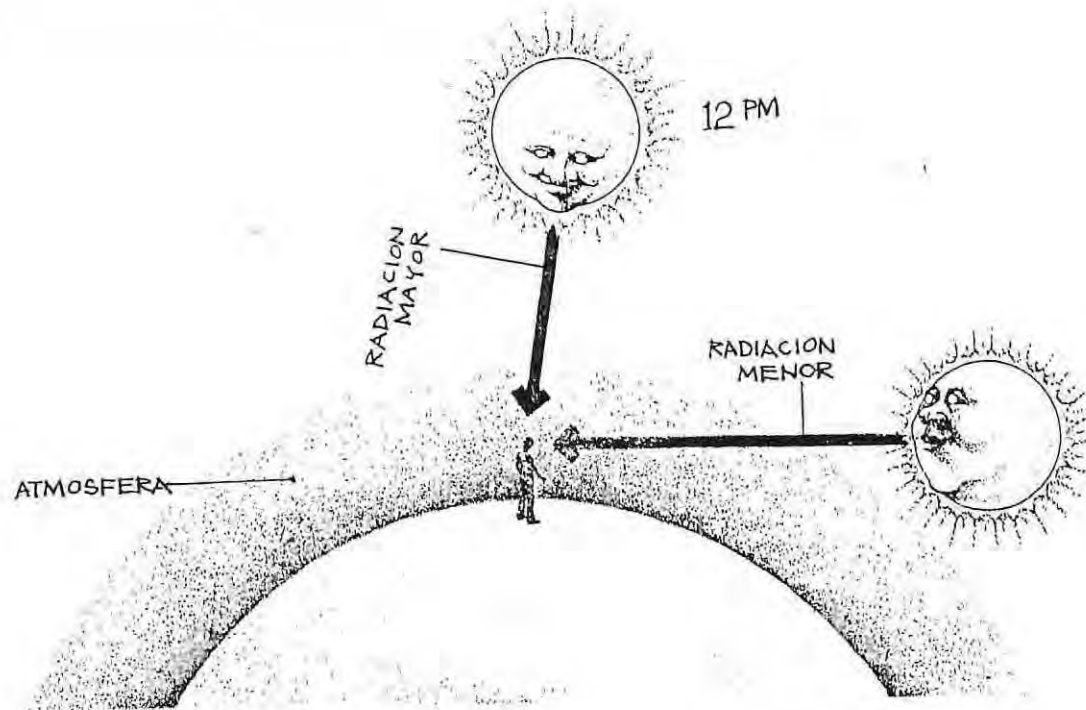


Fig. 3: La masa atmosférica determina la intensidad de la radiación solar.

Debido a que el planeta tierra gira alrededor del sol y tiene su eje inclinado, el

tamaño de la masa atmosférica que la radiación debe atravesar varía de acuerdo al mes del año y a la hora del día.

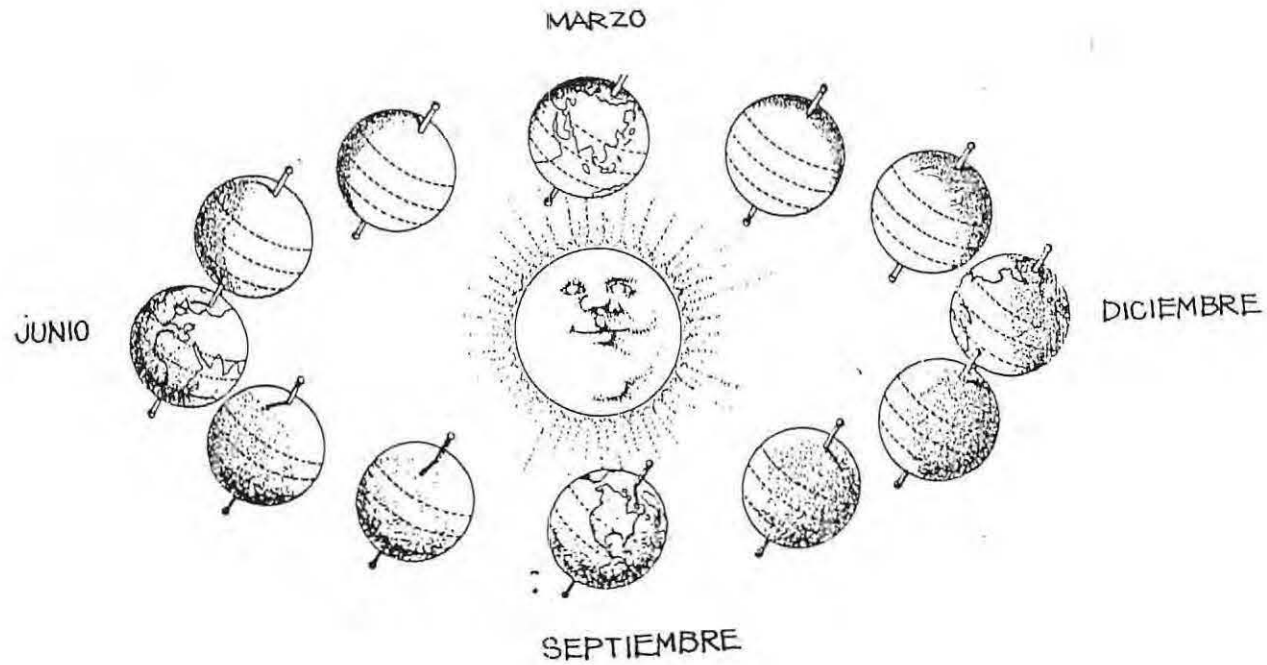


Fig. 4: La distancia de la tierra al sol varía de acuerdo a los meses.

La inclinación de la tierra es responsable de las variaciones en el tiempo, la inclinación es constante mientras orbitamos al sol, de este modo, en los meses de verano el hemisferio norte está inclinado hacia el sol y por lo tanto, recibe más horas de sol y la

radiación que llega durante este tiempo se acerca más a la perpendicular de la superficie terrestre, en invierno la situación se revierte y el verano aparece en el hemisferio sur.

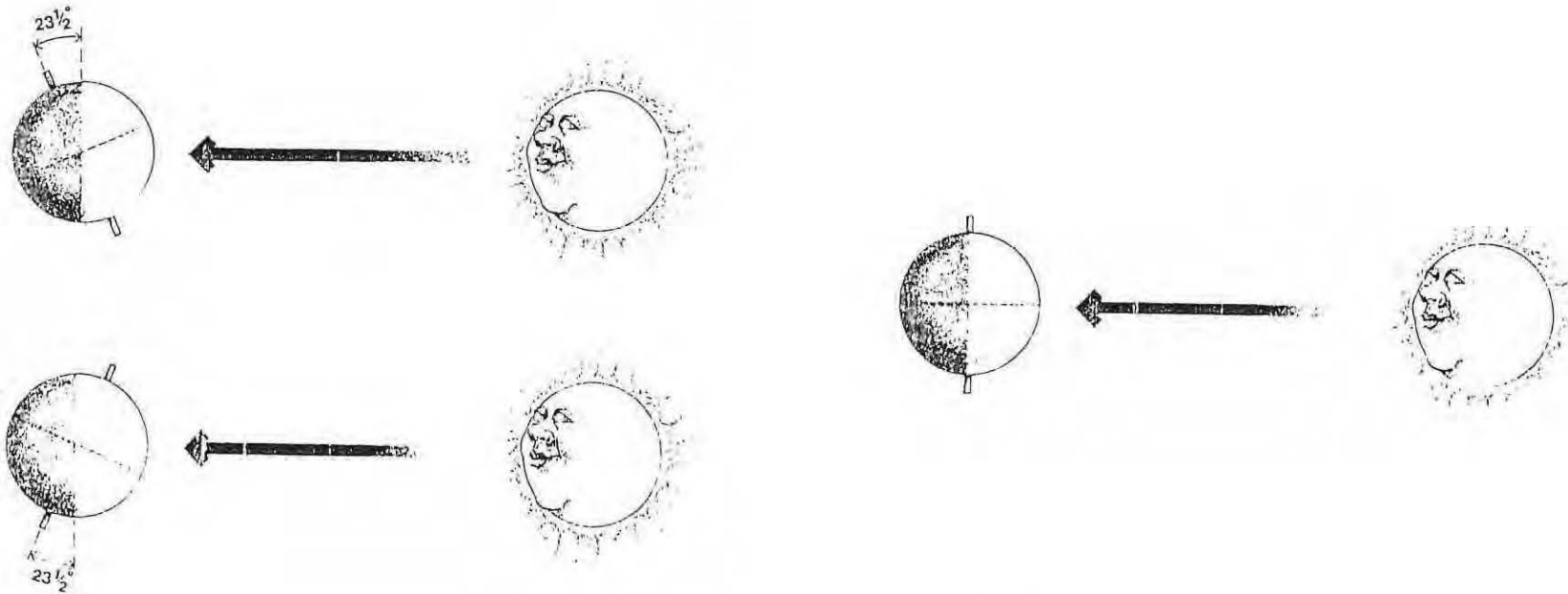


Fig. 5: La inclinación del eje de la tierra genera la estaciones.

Radiación y Efecto: Intensidad Solar sobre una Superficie.

El ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la tierra determina cuánta energía ésta recibe. Considerando que la radiación solar llega a la tierra esencialmente en forma de rayos paralelos, una superficie perpendicular a éstos interceptarán

una mayor cantidad de energía, según el sol se mueva y se aleje de esa perpendicular, la energía interceptada va a disminuir.

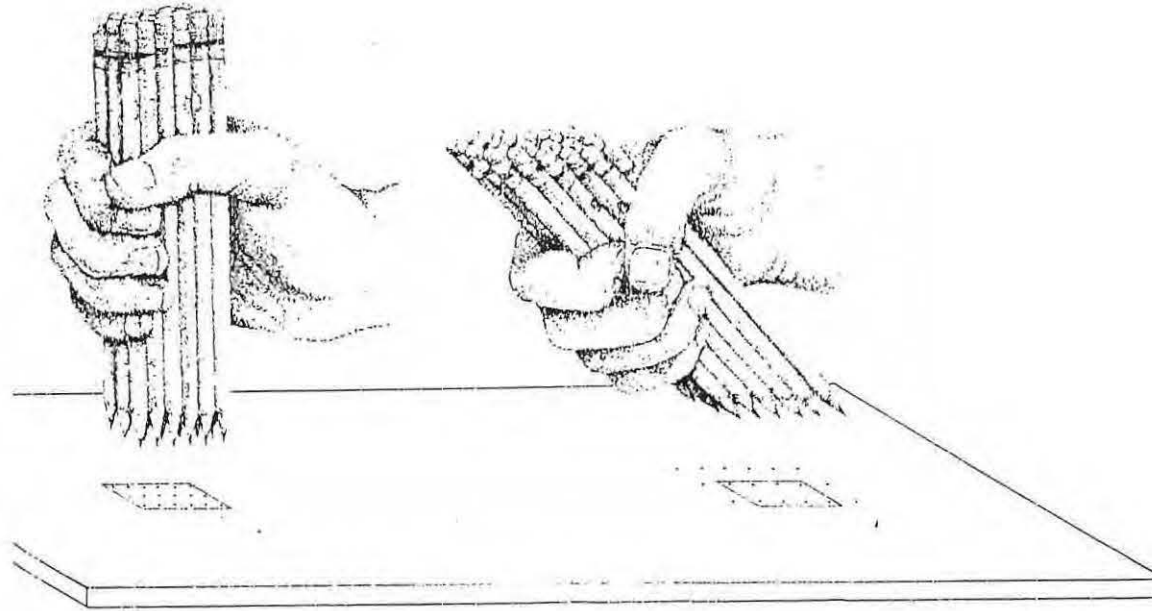
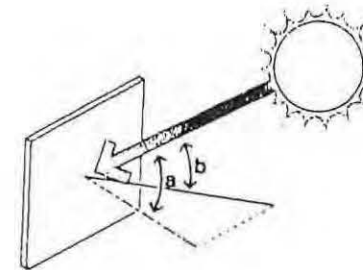


Fig. 6: La densidad de energía depende del ángulo de incidencia de los rayos solares.

Vale destacar que, una superficie puede estar encarando la perpendicular de los rayos hasta 25° de diferencia y aún interceptará alrededor de un 90% de la radiación directa. El ángulo en que los rayos caen en relación a una línea perpendicular a la superficie se llama ángulo de incidencia. (Ver tabla).

Angulo de incidencia (°)	Intercepción solar (%)
0	100
5	99,6
10	98,5
15	96,5
20	94,0
25	90,6
30	86,6
35	81,9
40	76,6
45	70,7
50	64,3
55	57,4
60	50,0
65	42,3
70	34,2
75	25,8
80	17,4
85	8,7
90	0,0



- a) ángulo de incidencia
- b) ángulo de altura

Reflexión, Transmisión y Absorción.

Cuando la radiación llega a la superficie de un material pueden suceder tres fenómenos: reflexión, transmisión y/o absorción de su energía.

Dependiendo de la textura de la superficie del material, la radiación reflejada puede ser difusa o reflejada de una manera previsible. Superficies duras y sin pulir difundirán esta radiación mientras que superficies tales como espejos o aluminio pulido reflejarán la luz en forma de rayos paralelos. Por ejemplo, los ladrillos no serán predecibles en términos de reflexión de la luz, la cual será difundida en todas direcciones.

Lo que nosotros percibimos como color es el resultado de radiación visible en cierta longitud de onda, reflejada sobre una superficie. Mientras que las otras ondas son transmitidas o absorbidas.

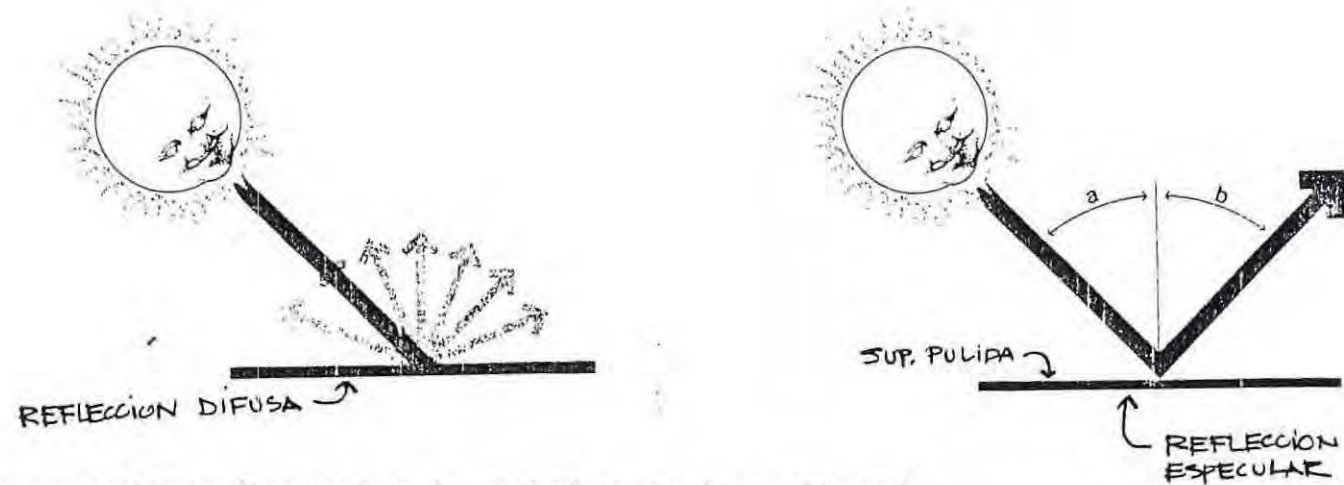


Fig. 7: La superficie determina la calidad de la reflexión

La radiación solar que penetra un material puede ser transmitida o absorbida. Los materiales transparentes son aquellos que transmiten la mayoría de la radiación visible que llega a esa superficie. El mejor ejemplo lo ilustra el vidrio ordinario de una ventana. Un vidrio transparente simple transmite cerca del 85% de la energía solar que le llega, un vidrio doble cerca del 75%, otros materiales pueden ser igualmente transmisivos pero producen reflexiones y esparcimiento de la radiación que los atraviesa, estos son los materiales translúcidos.

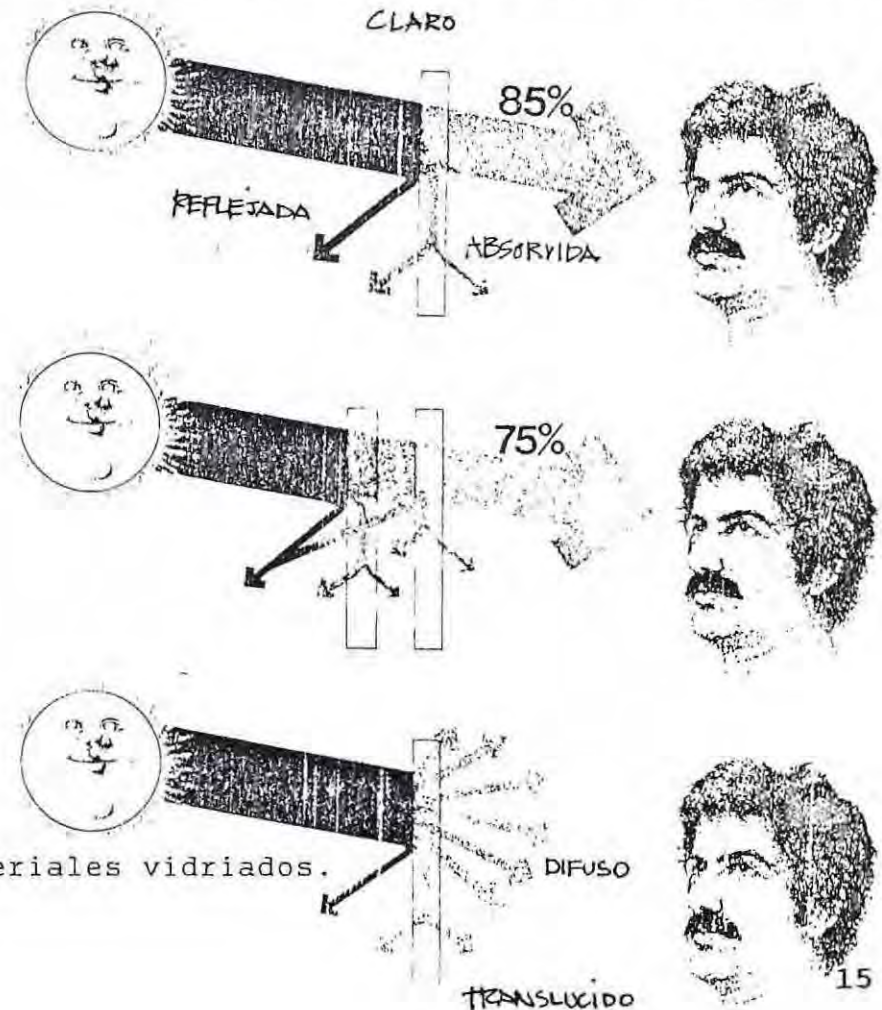


Fig. 8. Características de transmisión de materiales vidriados.

Algo de radiación es reflejada y algo de ella es absorbida por el vidrio. La pérdida de reflexión depende del ángulo de incidencia de la radiación llegando al vidrio. Mientras mayor es este ángulo, mayor es la reflexión, la absorción depende del contenido de hierro de éste. Un vidrio con un alto contenido de hierro tiene una transmisividad menor.

La radiación solar absorbida por una sustancia es convertida en energía térmica (calor). La radiación absorbida por las moléculas de la superficie del material expuesto, acelerará sus movimientos moleculares, con esta vibración la temperatura aumenta.

Características del Calor. Transferencia de Calor.

En el momento que un material es calentado por radiación solar, tiende a buscar un equilibrio con su entorno a través de tres procesos básicos de transmisión de calor: conducción, convección y radiación.

Primeramente así como la radiación solar es absorbida por un material, la energía captada se autodistribuye a través del material al ser conducida o traspasada entre las moléculas.

Segundo, un material transfiere energía calórica desde su superficie hacia un fluido adyacente por convección. Esta se define de dos maneras: la primera es la transferencia o traspaso de calor entre una superficie y un líquido en movimiento, la segunda, la transferencia de calor por el movimiento de las moléculas desde un punto del líquido a otro.

En convección, como proceso, el calor pasa de caliente a tibio o menos caliente

(convección natural).

El proceso de convección también trabaja al revés, así como el líquido toma contacto con una superficie más fría, las moléculas más calientes transfieren algo de su calor hacia ellas, por ende gana peso y se hunde. Por ejemplo aire caliente en contacto con un vidrio de ventana frío induce una corriente descendente de aire fresco en el suelo cerca de la ventana.

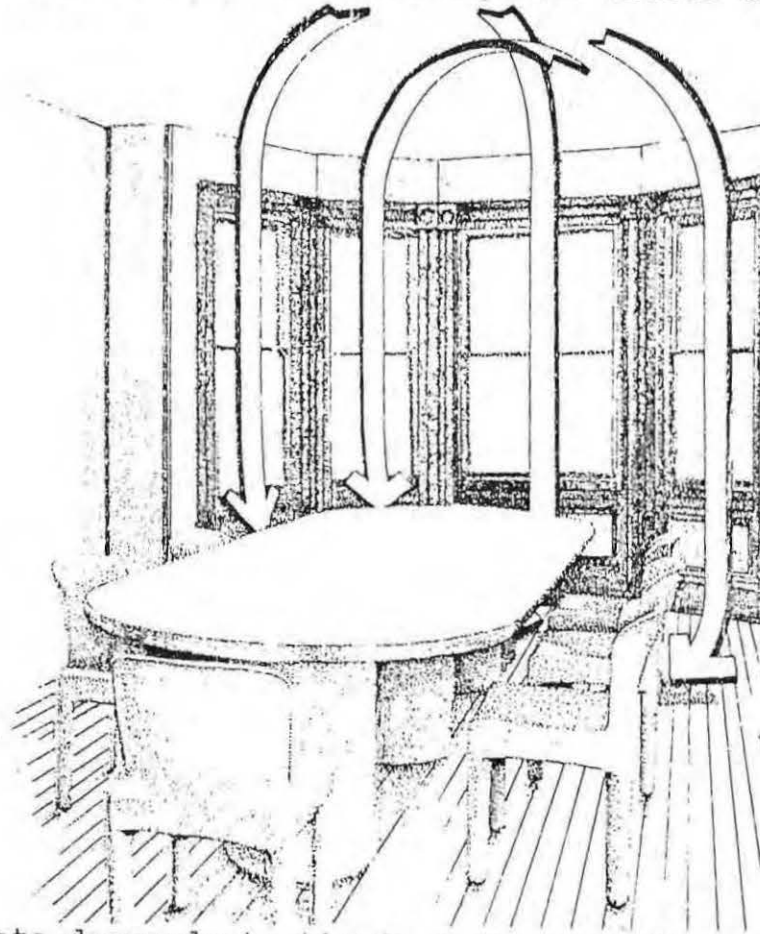


Fig. 9: Una corriente descendente tiende a crear condiciones poco confortables.

Si el líquido o gas es bombeado o soplado a través de una superficie, la cantidad de transferencia de calor convectivo aumenta.



Fig. 10: Enfriamiento por convección forzada.

Finalmente o tercero, todos los materiales irradian energía permanentemente. Esa energía térmica es irradiada en todas direcciones debido al movimiento molecular constante en su superficie.

El "output" de radiación termal de una superficie no sólo varía con su temperatura, sino que además con la calidad de emitividad de esta superficie. En general la mayoría de los materiales son buenos emisores de radiación térmica. Sin embargo no todos los materiales son buenos absorbentes de radiación térmica, algunos sólo la reflejan o transmiten. La capacidad de una superficie para reflejar radiación térmica depende de la densidad y composición de esta superficie y no de su color.

A pesar que el color es un buen indicador de su habilidad para reflejar radiación

solar, es también un pobre indicador de su capacidad para reflejar radiación térmica. La mayoría de los materiales, sin tomar en cuenta su color, actúan como un "cuerpo negro" absorbiendo la mayoría de las radiaciones calóricas interceptadas. (En física, un cuerpo negro es aquel material capaz de absorber y emitir radiación en forma perfecta).

Se puede decir que solamente superficies de alto pulimento o brillantes son las que reflejan mayores cantidades de radiación térmica, ejemplo, placas de aluminio.

Los materiales que transmiten radiación solar visible no necesariamente transmiten radiación termal. El vidrio que permite virtualmente que toda radiación solar que llega a su superficie lo atraviese, absorbe la mayoría de las radiaciones térmicas que intercepta. (infrarrojas u onda larga).

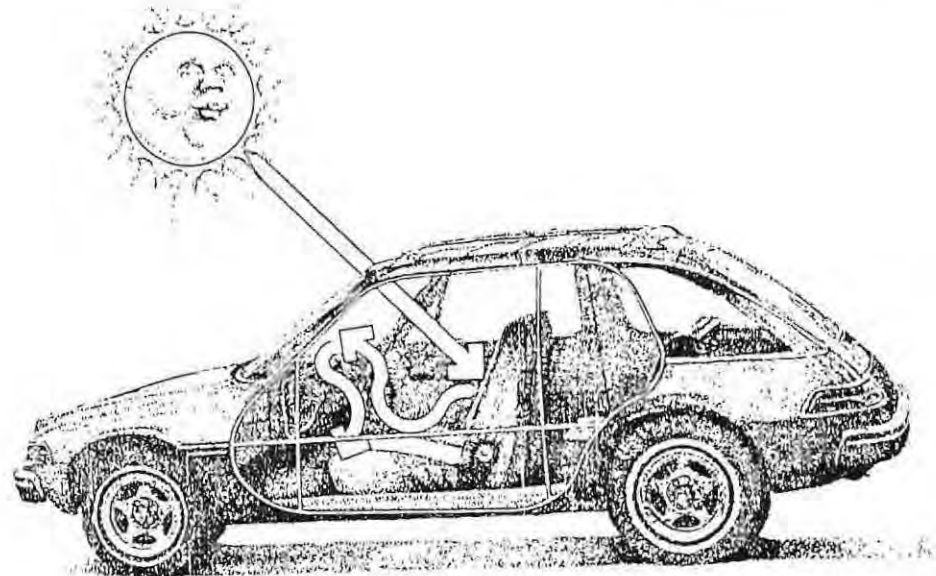


Figura 11: Greenhouse effect.

Esta propiedad del vidrio lo hace altamente deseable para ser usado como colector de energía solar. Una vez que la luz solar es transmitida a través del vidrio y es absorbida por los materiales en el espacio interior, la energía calórica irradiada por éstos no se devolverá a través del vidrio.

Este proceso de atrapar calor es conocido comunmente como el efecto invernadero (Greenhouse effect).

Almacenamiento de Calor.

Todos los sistemas de calefacción solar están basados en la capacidad de almacenamiento de energía calórica en un periodo de tiempo de los materiales empleados.

Esto se logra calentando el material que almacena dicha energía calórica hasta que ésta se necesite.

Los sistemas de enfriamiento, por otro lado, hacen lo opuesto, una substancia es enfriada o su calor es extraído y guardado de tal manera que ésta pueda absorber calor más tarde.

Calefacción y enfriamiento están basados esencialmente en el mismo concepto. Dicho muy simplemente, la idea es guardar una diferencia de temperatura entre la substancia y el medio ambiente que lo rodea. Ver tabla en la siguiente página.

Sin embargo, aparte de poseer una alta capacidad para temperaturas altas, para ser realmente efectivo como medio de almacenamiento de calor, un material o substancia debe

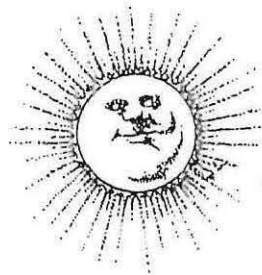


también poseer una gran capacidad conductora.

Tabla.

Substancia	Calor específico	Densidad	Capacidad calórica
Agua	1,00	62,4	62,4
Madera	0,57	47,0	26,8
Poliuretano expandido	0,38	1,5	0,57
Lana o género	0,32	6,9	2,2
Aire	0,24	0,075	0,018
Ladrillo	0,20	123,0	25,0
Concreto	0,156	144,0	22,0
Acero	0,12	489,0	59,0

Ejemplo: la madera y el ladrillo tienen más o menos la misma capacidad de almacenamiento de calor, sin embargo la madera no es usada por su baja capacidad conductora en relación al ladrillo.



II.- SISTEMAS SOLARES PASIVOS.

Maneras de Aproximarse a la Calefacción Solar.

Existen básicamente ^{de} aproximarse a la calefacción solar de un edificio, estas son pasiva y activa.

Sistemas activos son aquellos que emplean equipamiento mecánico para recolectar y transportar calor, como por ejemplo placas planas o recolectores focales (usualmente montados sobre el techo del edificio) y unidades de almacenamiento de calor separadoras (estanques de agua). Son casi siempre los elementos del sistema. Agua o aire, bombeados a través del colector absorben calor y lo transportan a la unidad de almacenaje. Este calor es entonces enviado desde esta unidad hacia los distintos espacios del edificio, a través de un sistema mecánico.

Sistemas pasivos. A diferencia del anterior el calor se recolecta, almacena y distribuye sin la ayuda de sistemas mecánicos.

La definición más común de lo que es este tipo de sistema es aquella que dice que en este sistema la energía térmica se desplaza a través de procesos naturales tales como radiación, conducción y convección naturales.

En esencia la estructura del edificio y algunos de sus elementos es el sistema mismo, no existen recolectores, unidades de almacenaje ni elementos mecánicos separados. La diferencia más notoria es que los sistemas pasivos funcionan y operan con la energía obtenida y existente en el entorno inmediato, mientras que los activos deben importar energía, por

ejemplo electricidad para hacer funcionar ventiladores y bombas.

En los sistemas pasivos existe dos elementos principales: superficies vidriadas o de plástico transparente orientadas hacia el norte para la recolección solar, y masa termal para la absorción, almacenaje y distribución del calor. (La orientación debe ser hacia el sur en el hemisferio norte). La creencia popular más común es aquella que cree que un edificio pasivo debe incorporar grandes cantidades de estos dos elementos. Mi estudio y experiencia demuestran que, si bien es cierto que debe existir algo de vidrio y masa en cada espacio, cuando se diseña de manera apropiada, estos elementos no son necesariamente excesivos, según se verá más adelante en prototipos de diseño.

Un marco de trabajo para el entendimiento de los sistemas solares pasivos se debe establecer tres conceptos a definir: ganancia directa, ganancia indirecta y ganancia aislada. Cada una de ellas explica la relación entre el sol, almacenamiento de calor y espacio habitable.

Ganancia Directa.

Esta es la primera y más simple aproximación a la calefacción solar pasiva, consiste en que el espacio a habitar es calefaccionado por luz solar, cuando un espacio es usado como recolector, éste debe contener un método para absorber y almacenar suficiente calor de la luz del día para las frías noches de invierno. En otras palabras, este es recolector, almacén y distribuidor de calor habitable. Este sistema siempre está funcionando, es decir, está

recolectando cualquier porción de energía que pasa por sus vidrios sea ésta directa o difusa, gracias a esto no sólo trabaja en climas asoleados sino que también en aquellos nublados, con grandes cantidades de energía solar difusa, lugares estos donde difícilmente los sistemas activos pueden funcionar efectivamente.

En este tipo debe existir un área vidriada grande orientada al norte y suficiente masa termal estratégicamente ubicada en el espacio para la absorción y el almacenaje.

La orientación norte de la zona vidriada permite una mejor exposición de ésta al sol en invierno y menor en verano.

Hoy día los dos tipos de construcción más comúnmente usados en sistemas pasivos son los muros de albañilería, que pueden ser de concreto, bloques de concreto, ladrillos, piedras o adobes y los de agua, ya sea individualmente o combinación de ellos.

Tipicamente, por lo menos la mitad a dos tercios de la superficie total de un espacio es construida con muros gruesos. Esto implica que el interior de un espacio debe estar conformado principalmente de muros, para asegurar así superficies tales que expuestas al sol sean adecuadas para la absorción y almacenaje de calor.

Almacenaje por muro de agua, visualmente es una muralla en el espacio ubicada de manera tal que debe exponerse la mayor cantidad de tiempo a la luz solar. Estas son construidas usualmente con contenedores plásticos o metálicos. Durante el día la masa es cargada con calor y en la noche cuando afuera la temperatura baja, esta energía retorna a este espacio.

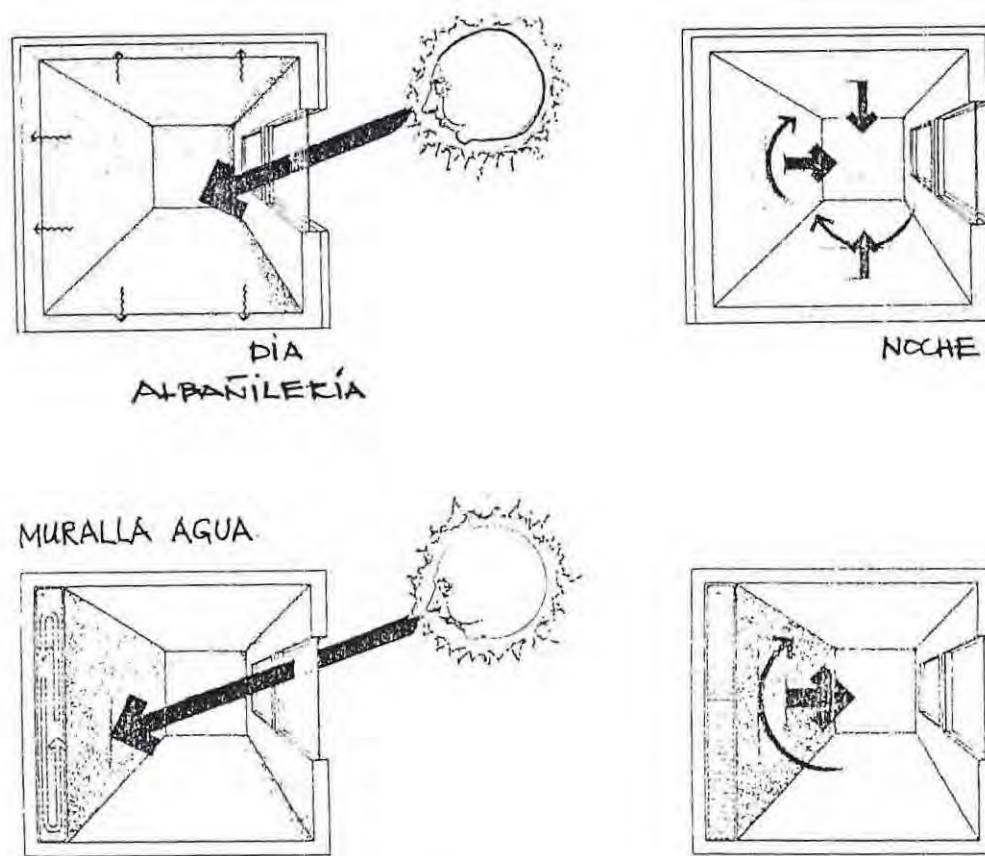
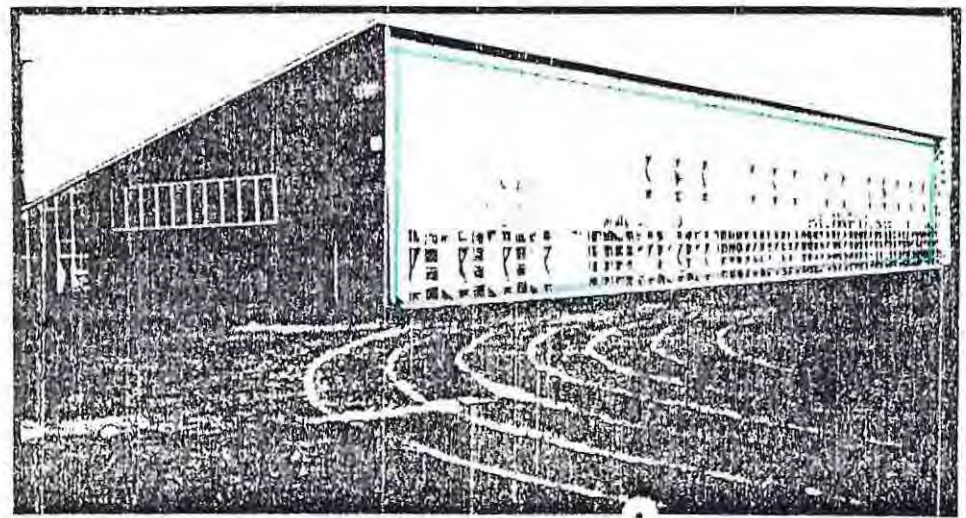
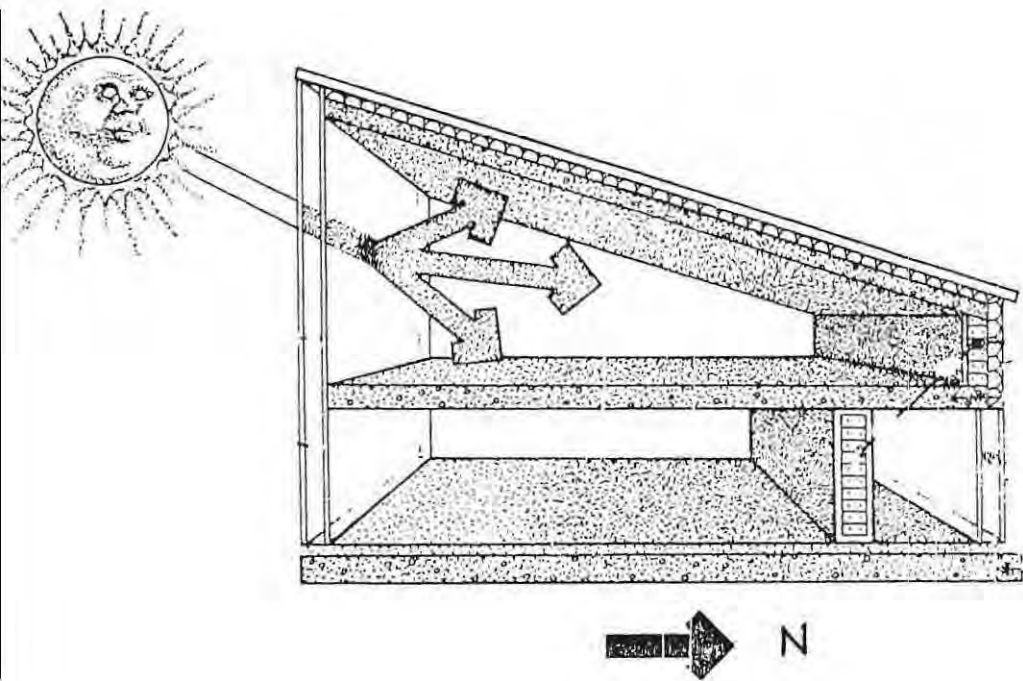


Fig. 12: Sistemas de ganancia directa.

En climas con días calientes y noches frescas las murallas masivas, por su lentitud para absorber calor hacen que éste se demore en llegar al interior durante el día, al bajar la temperatura en el atardecer liberan su energía calórica a la vez que se enfrían lentamente proporcionando superficies frescas para el próximo día.

Uno de los ejemplos históricos de ganancia directa es el St. George's County School en Wallasay, Inglaterra.



St. George's County Secondary School.

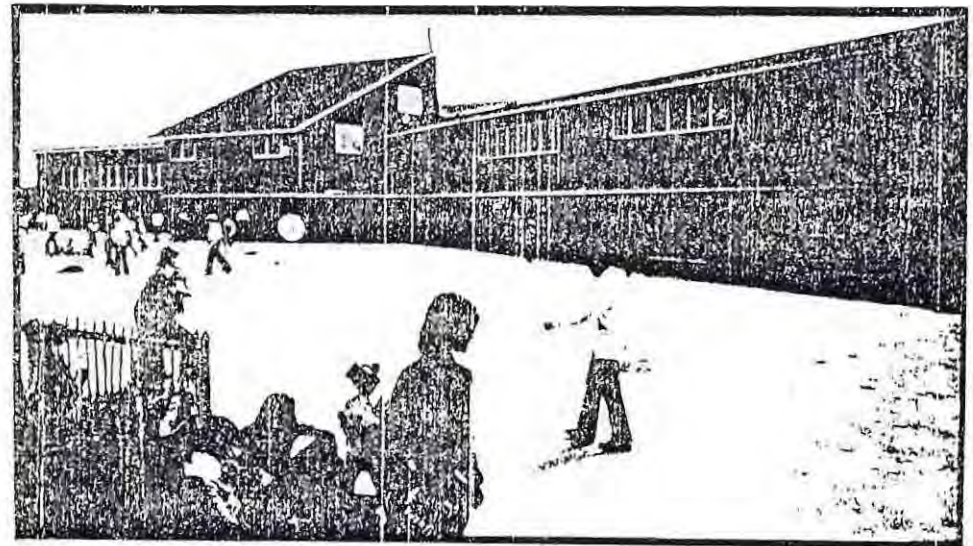


Fig. 13: Fachadas norte y sur del St. George's County School.

Otro ejemplo completamente diferente de aplicación de ganancia directa es el Restorante Maximillian's, ubicado en Alburquerque, Nueva México, EE.UU. Sus sistemas de calefacción y enfriamiento consisten en cuatro claraboyas o ventanas ubicadas en el techo, orientadas al sur y la constitución de sus murallas interiores.

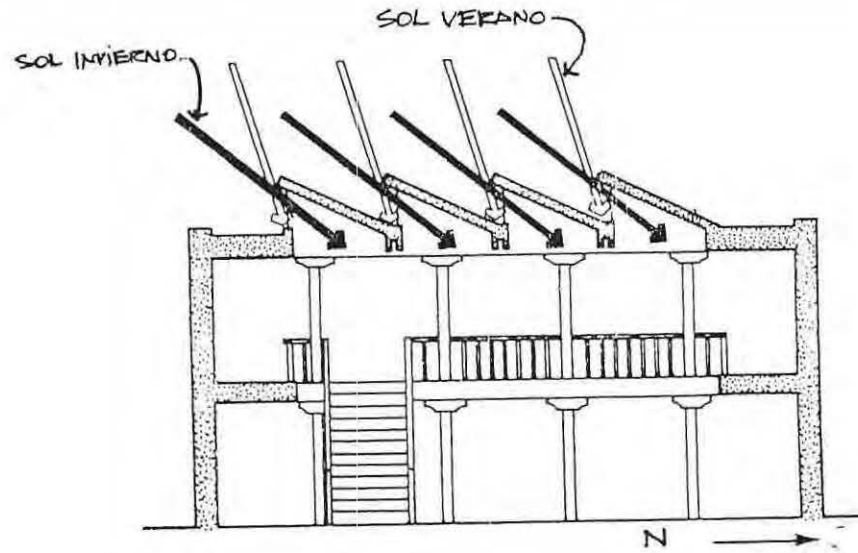


Fig. 14: Corte del edificio que muestra su funcionamiento en invierno y verano.

En invierno las claraboyas están diseñadas para admitir suficiente luz solar que permite mantener las temperaturas interiores en un rango confortable, sistemas auxiliares, es decir 18° a 20° C.

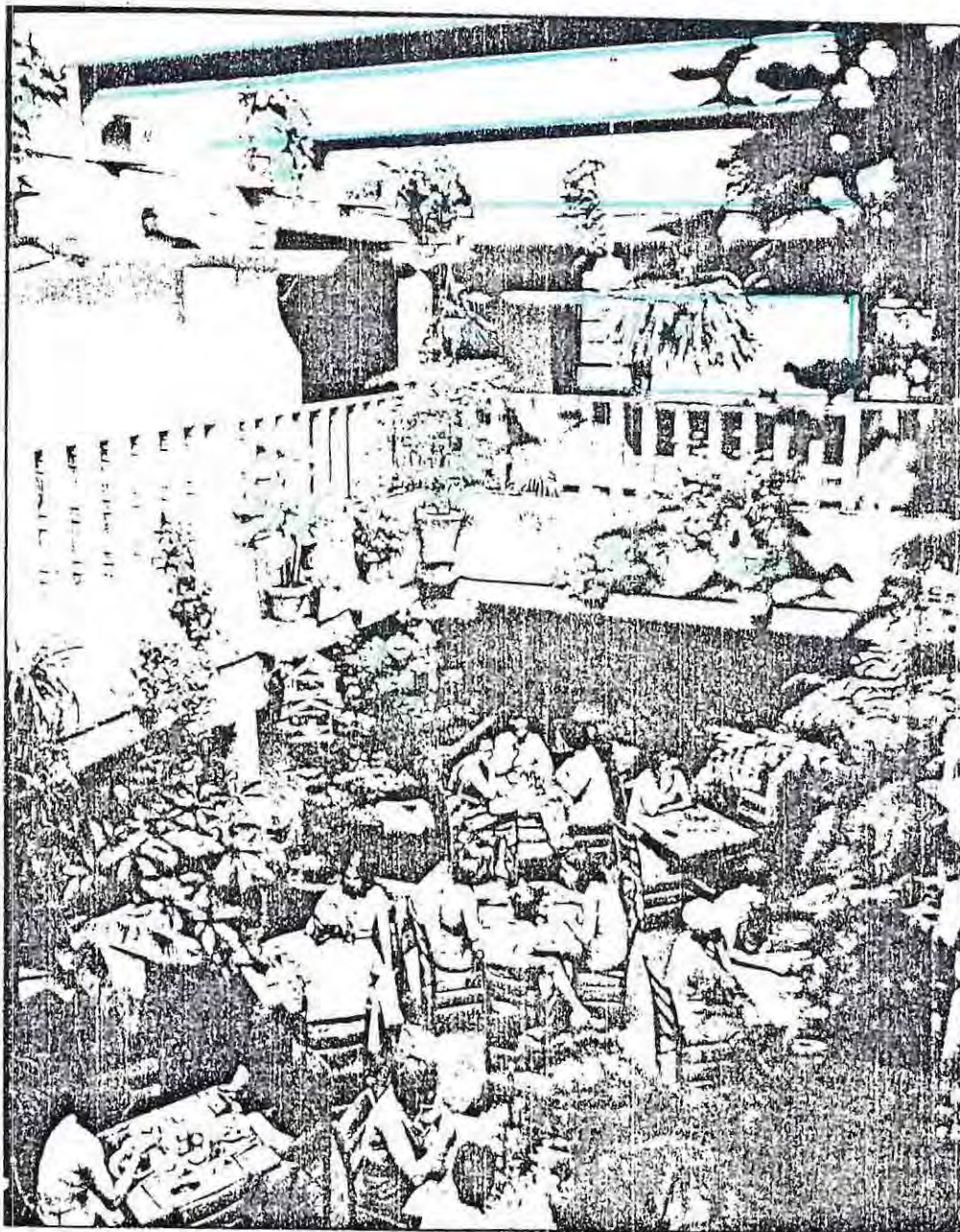


Fig. 15: Interior del Restorante Maximillian's.

En verano el aire fresco se obtiene manteniendo el sol fuera y ventilando el lugar de noche por convección.

Otro ejemplo es la residencia de la familia Schiff en Wyoming Oeste, esta demuestra que un sistema pasivo puede funcionar perfectamente en climas helados.

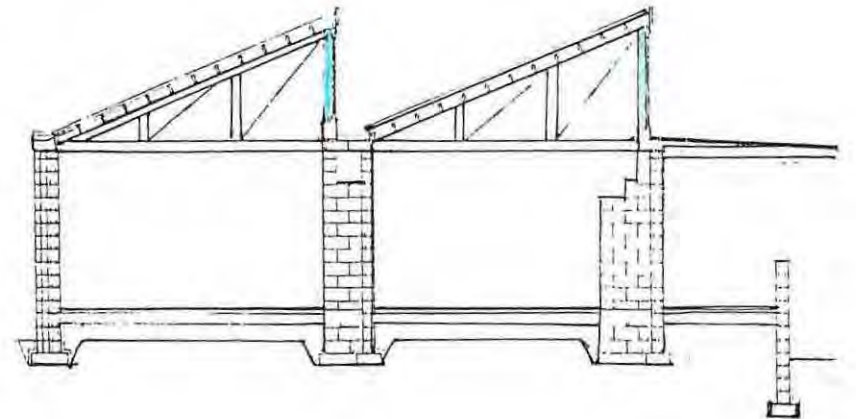
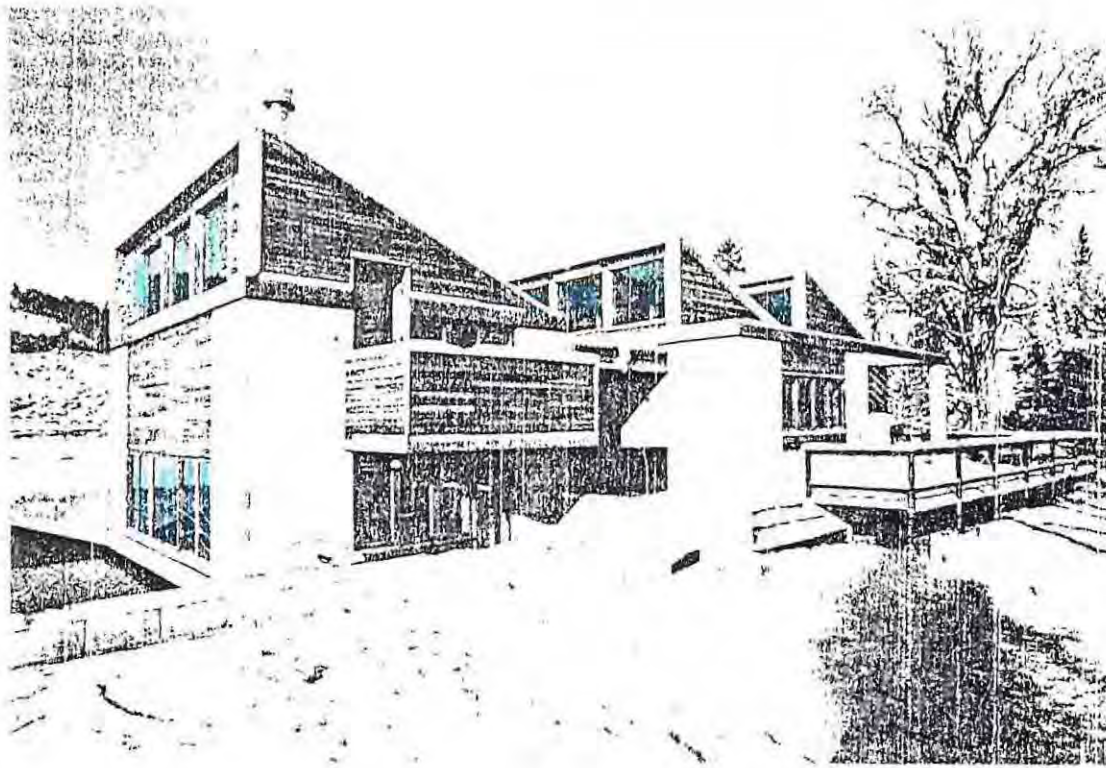


Fig. 16: Reproducción y corte de la residencia Schiff.

Un ejemplo de sistema combinatorio de murallas de agua y albañilería es la residencia de Karen Terry en Santa Fe, Nueva México, EE.UU. Esta casa está construida a lo largo del eje norte sur sigue la forma de la pendiente sur, el interior está separado en tres niveles cuyos muros y placas de fundación están rellenos de agua, la cual captura el calor solar gracias al diseño empleado.

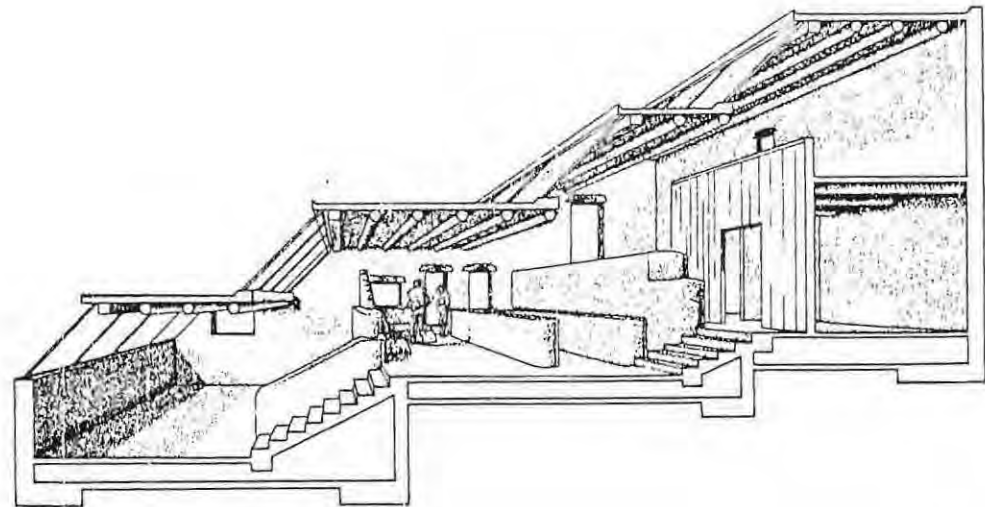
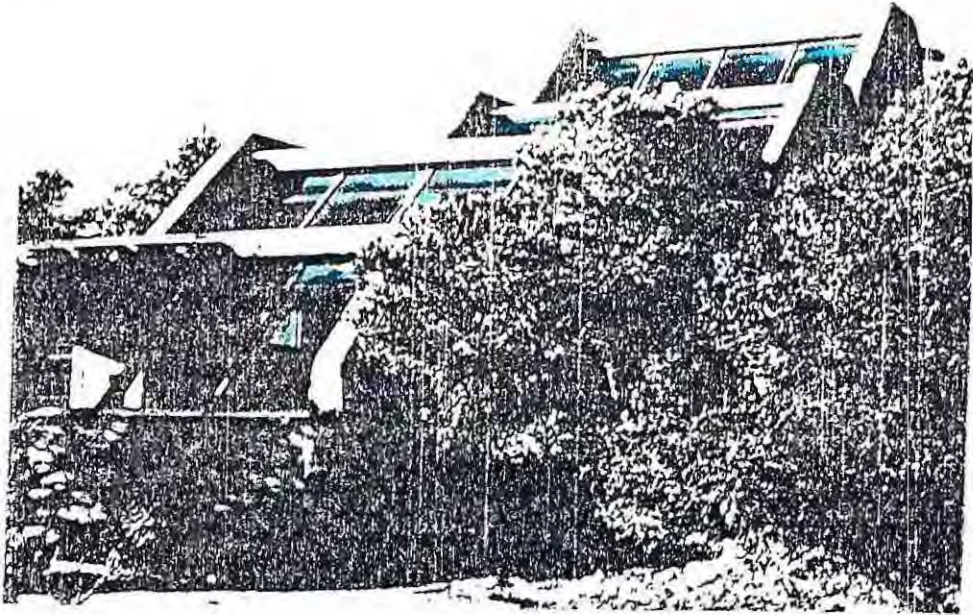


Fig. 17: Residencia de Karen Terry.

Ganancia Indirecta.

Esta aproximación al sistema de calefacción solar pasivo es aquel donde la luz solar llega primero a una masa termal que se localiza entre el sol y el espacio a habitar. La luz solar absorbida por esta masa es convertida en energía calórica y transferida dentro del espacio habitable.

De acuerdo a este sistema existe dos tipos, ellos son: murallas almacenadoras termales y "techos-lagunas". La diferencia entre ellos es la ubicación de la masa, una la contiene en las murallas y el otro sobre el techo del espacio a calefaccionar.

Los requerimientos de la muralla almacenadora termal son: orientación de la parte vidriada al norte para una ganancia solar máxima y una masa termal de 12 cm o más directa y paralelamente detrás del vidrio, que sirve como almacén de calor y distribuidor. Los materiales ideales son concreto, bloques de concreto (sólidos o huecos), ladrillos, piedra y adobe. El contenedor de agua puede estar conformado de metal, plástico o concreto impermeabilizados.

Muro de Albañilería como Muralla Almacenadora.

Un muro de albañilería trabaja absorbiendo luz solar desde el espacio exterior en su cara externa y después transfiere este calor por conducción a través de la muralla, usualmente esa cara externa se pinta de negro o de colores oscuros para la mejor absorción de la luz.

Agregando aberturas a la muralla se logra la termocirculación natural con el aire caliente ascendiendo en el espacio interior y el más fresco empujando.

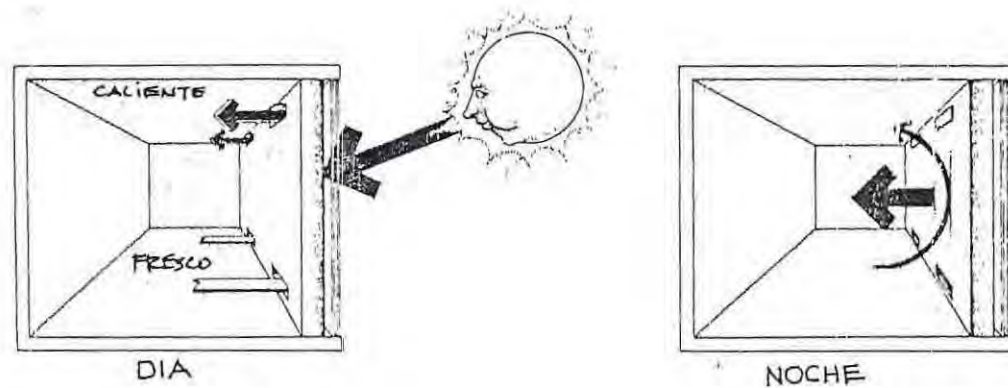


Fig. 18: Muralla de almacenaje termal de albañilería.

Un buen ejemplo es la casa Trombe en Odeillo, Francia, construida en 1967, la muralla termal con vidrio doble está hecha de concreto de aproximadamente 60 cm de espesor, pintada de negro. El resultado es que el 75% de la energía necesaria para calefaccionar esta casa se suple por energía solar.

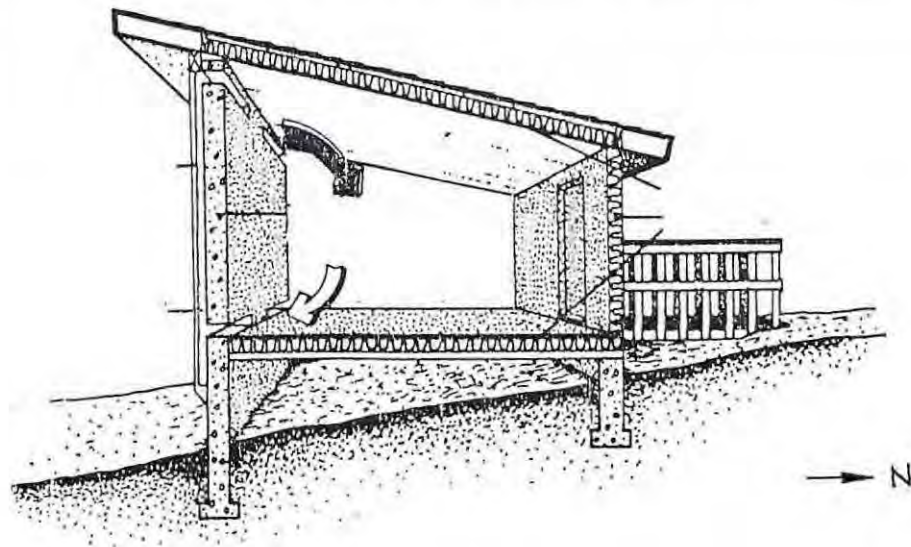


Fig. 19: Corte de casa Trombe.

Muralla de Agua para Almacenaje Termal.

Esencialmente es el mismo principio, pero es el agua que trabaja por convección la que distribuye el calor en lugar que la conducción.

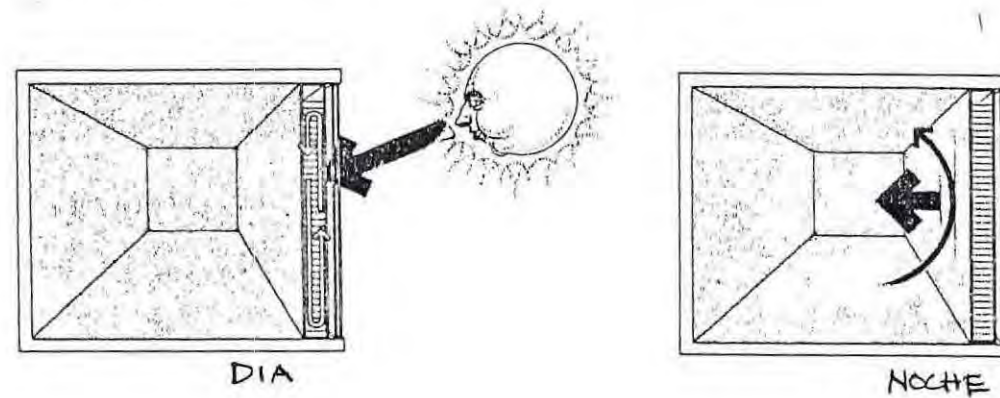


Fig. 20: Muralla termal de agua.

Un caso clásico de este tipo es la residencia de Steve Baer, en Corrales, Nueva México. Esta casa se puede definir como una serie de 10 domos conectados entre si que encierran unos 230 m² de planta. Estos domos usan una combinación de sistemas de calefacción pasivos, ganancia directa y murallas termales.

Algunas de las murallas orientadas al sur contienen tambores de 208 litros cada uno llenos de agua ordenados horizontalmente gracias a un marco de soporte metálico.

Este simple sistema mantiene las temperaturas en días de invierno entre 18° y 21° C, la muralla de agua junto a la interior de adobe y el piso de concreto moderan las fluctuacio-

nes diarias, una simple cortina exterior permite la aislación de la luz solar en verano.

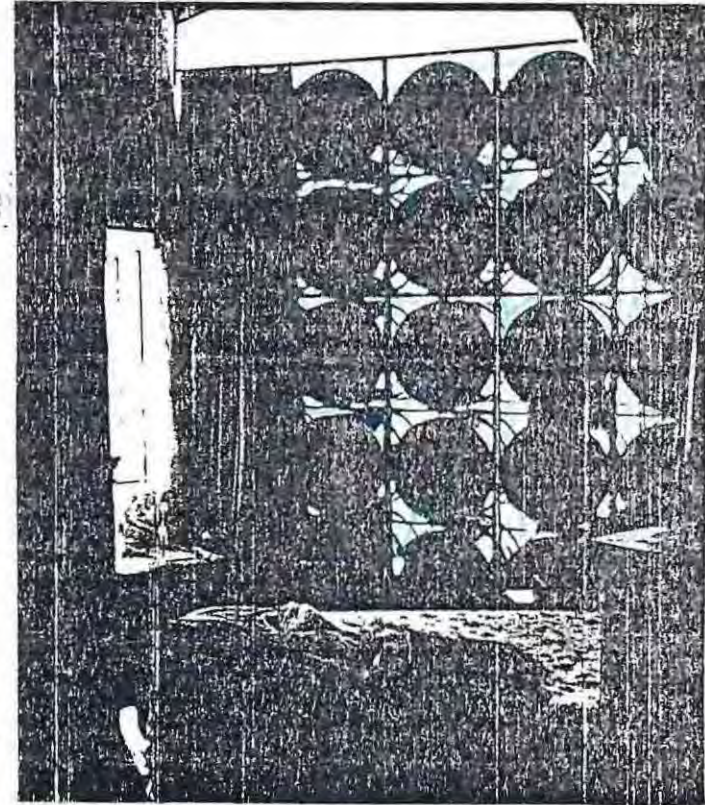
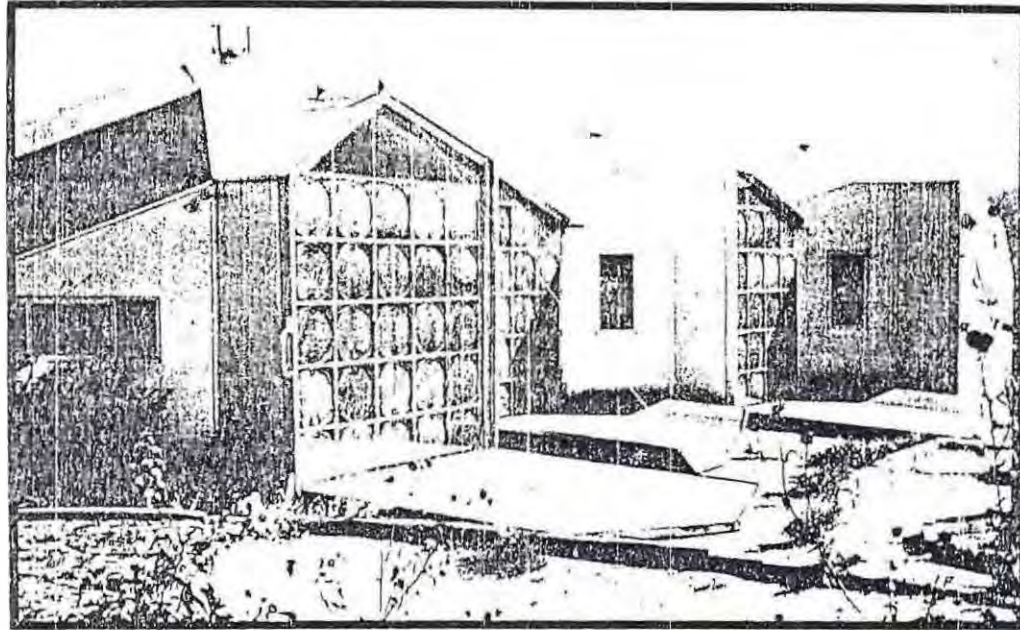


Fig. 21: Casa de Steve Baer.

Invernadero Agregado.

En este caso se construye un invernadero (Green House) adosado al lado norte de una casa con una muralla masiva separándolo del espacio interior; por estar el invernadero calentado directamente por energía solar, funciona como un sistema de ganancia directa, además

el espacio adyacente al invernadero recibe su calor de la muralla masiva. En resumen es una expansión del concepto de muralla de almacenaje termal, solamente que en lugar de poseer una cara vidriada a pocos centímetros de la muralla, está a algunos metros, permitiendo así el uso de ese espacio para hacer crecer plantas. Construyendo pequeñas aberturas o ventanas en la muralla, el aire caliente del día del invernadero puede ser circulado hacia el interior.



Fig. 22: Invernadero agregado al norte.

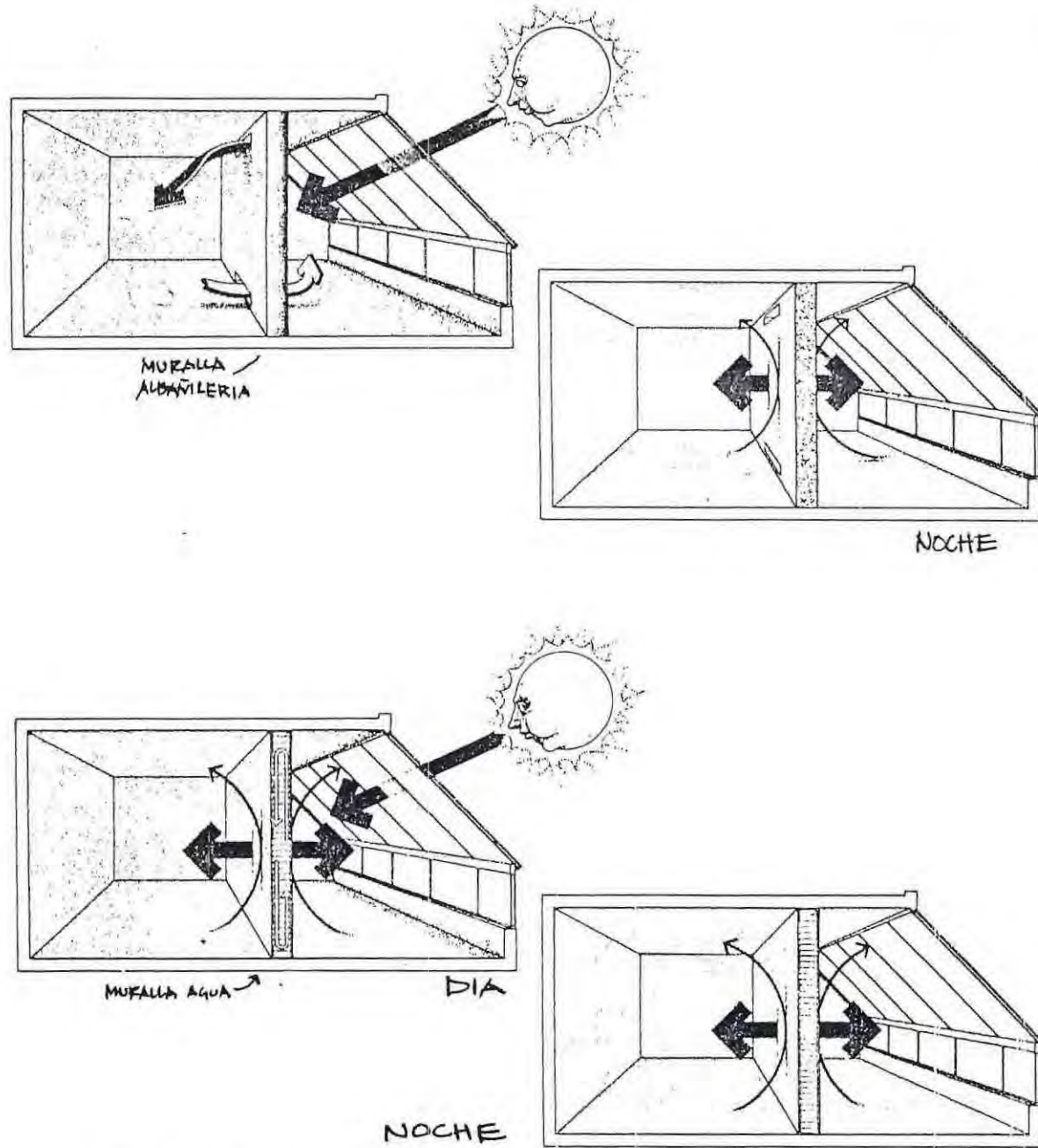


Fig. 23: Ganancia indirecta - Invernadero agregado.

Techos Lagunas.

En este sistema la masa termal está localizada en el techo del edificio. El agua contenida en bolsas de plástico están soportadas por un techo, usualmente una placa metálica.

En invierno las lagunas se exponen a la luz solar y se cubren con paneles aislantes en la noche. En verano el sistema es inverso cubriéndose durante el día y se abren por la noche para permitir el enfriamiento por convección natural y por radiación del fresco nocturno.

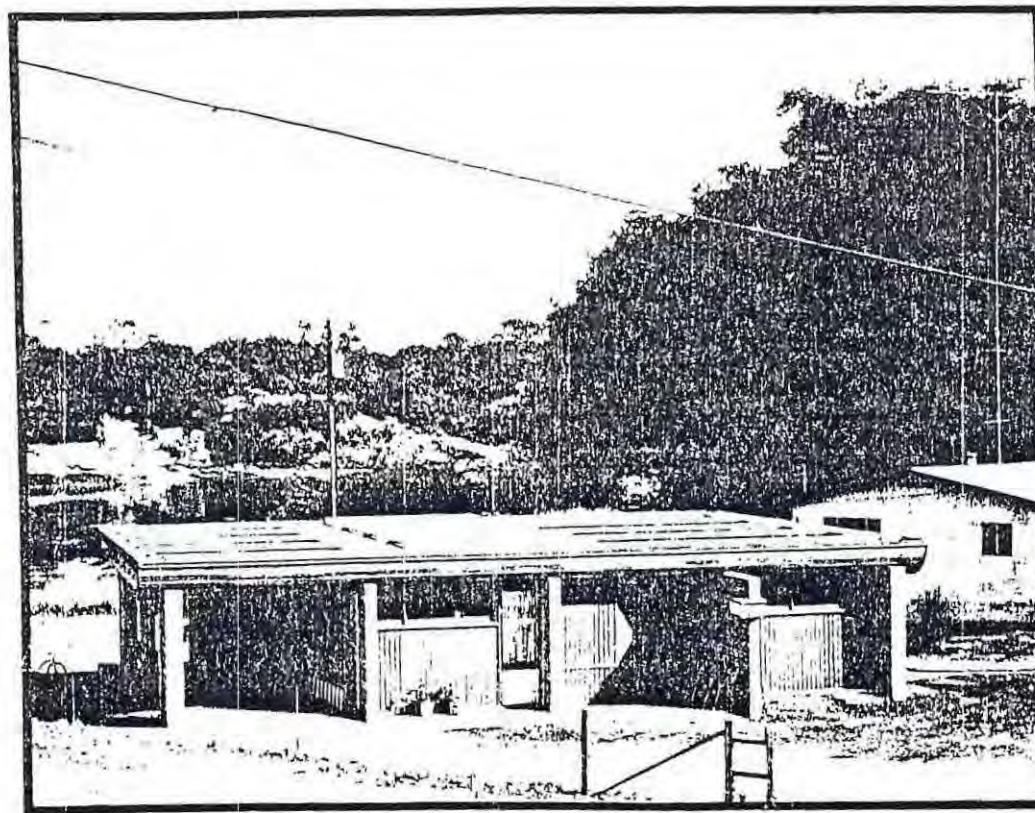


Fig. 24: Casa "Atascadero", primer prototipo residencial que incorpora techo laguna. California.

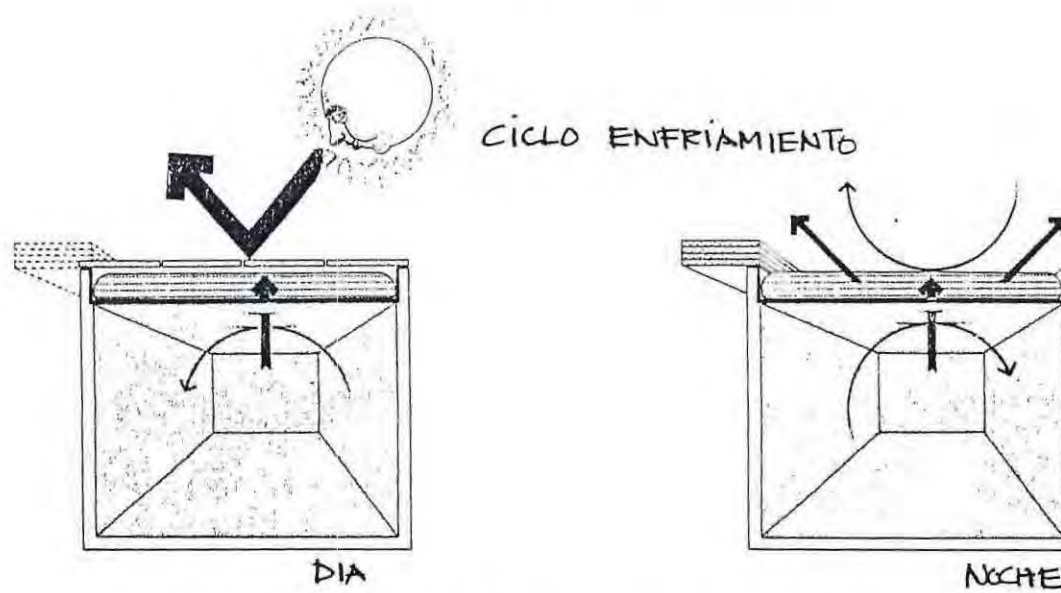
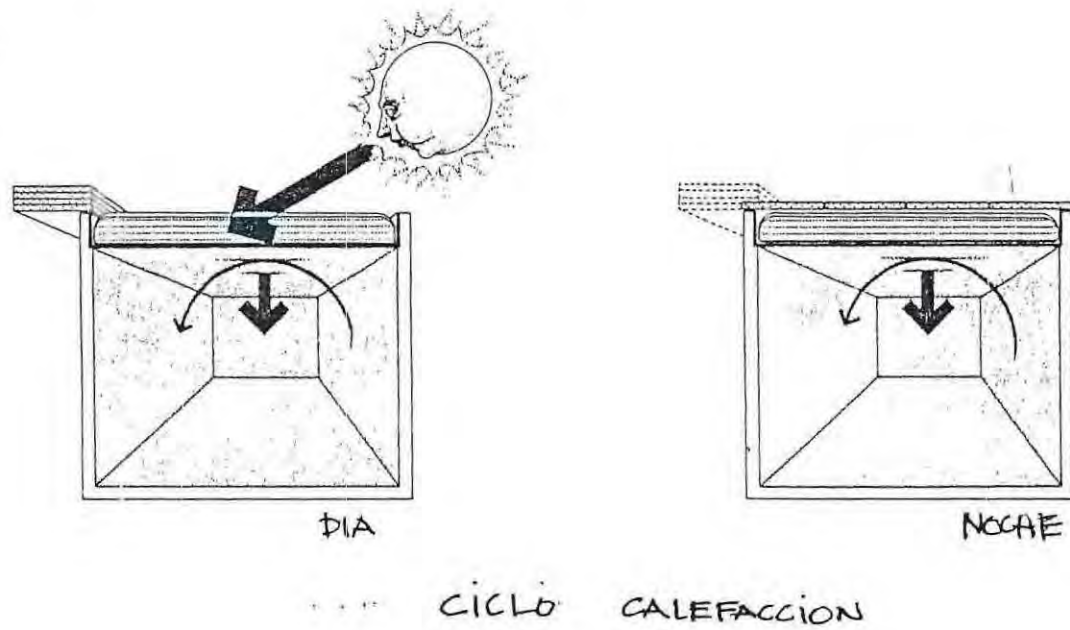


Fig. 25: Ganancia indirecta - Techo laguna.

Ganancia Aislada.

Este es el tercer modo de calefacción solar pasiva. Consiste en que la recolección y almacenaje térmico está aislado o separado del espacio a habitar, esta relación permite que funcione independiente del edificio, con calor inducido sólo cuando se desea.

La manera más común de aplicación de este sistema es el ciclo (loop) convectivo natural.

Los principales componentes son una placa colectora y un estanque-almacén de calor. Pueden ser usados dos tipos de medios para la transferencia de calor, agua y aire. En la medida que el agua o el aire son calentados por los rayos solares ascienden e ingresan al estanque de almacenaje por su parte superior; el agua o aire fríos del estanque son empujados a la parte inferior desde donde salen hacia el colector. Este ciclo de convección natural trabaja durante todo el tiempo en que el sol ilumina.

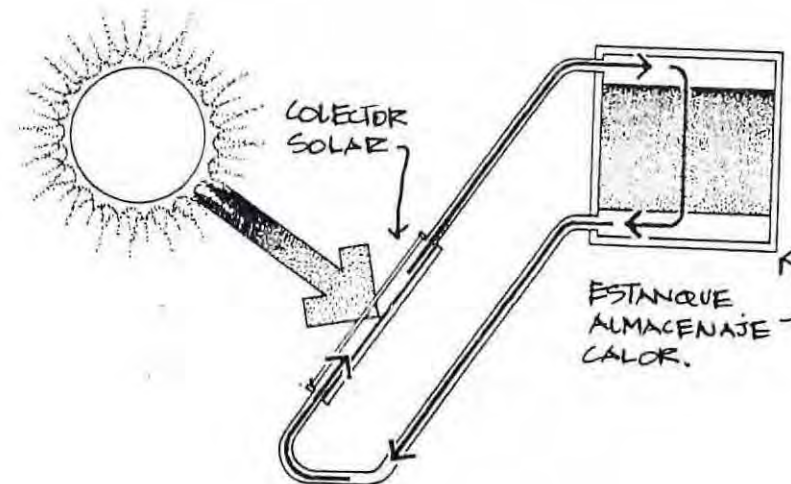


Fig. 26: Ciclo (loop) convectivo.

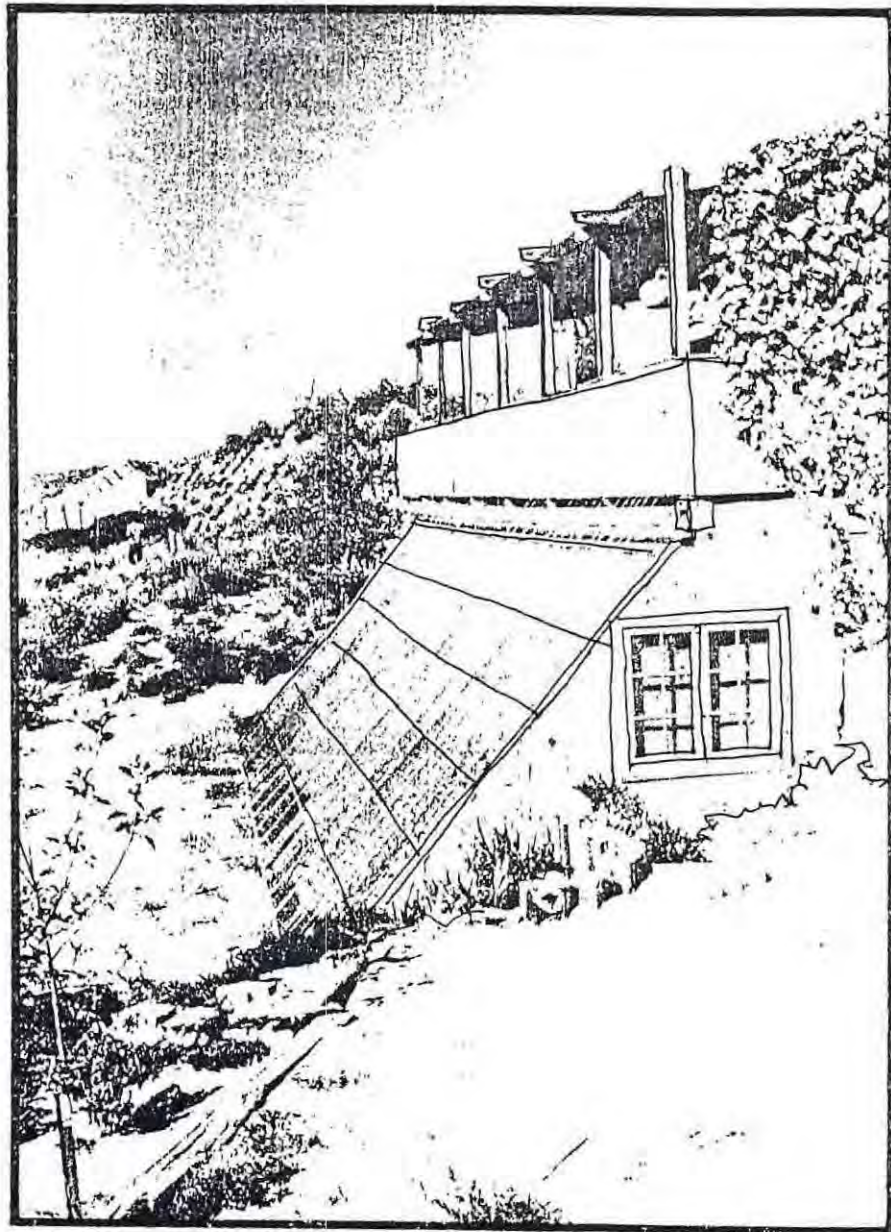


Fig. 27: Casa de Paul Davis, Corrales, EE.UU. con una placa colectora de 36 m².

Ventajas y Desventajas de los Sistemas Solares Pasivos.

Mucho se ha dicho acerca las ventajas de los sistemas solares pasivos, fundamentalmente se plantean razones económicas, arquitectónicas y de higiene-confort.

Es de gran interés hoy en día entender que estos sistemas no sólo ayudan a ahorrar en gastos de calefacción de un edificio, sino que también pueden ser incluidos en el diseño de éstos con un pequeño costo adicional, a veces ninguno. Ello depende del costo de los materiales de construcción, los que varían de región en región.

Pero tal vez la ventaja mayor de estos sistemas es que son simples de aplicar en términos de diseño, operación y mantención. De hecho un sistema puede ser instalado, operado y mantenido por personas con muy poco conocimiento técnico. Estos sistemas son construidos con materiales comunes que tienen usualmente una larga vida; funcionan a baja temperatura, no requieren ventiladores, bombas, compresores, tuberías o ductos complicados, solamente unas pocas partes movibles. Debido a la ausencia de equipos mecánicos no hay ruido asociado. Agreguemos además que la mayoría de estos sistemas no son visibles en el interior de un edificio, no hay radiadores, convectores, placas o rejillas.

La pregunta acerca del "confort" depende primariamente en el mantenimiento de un entorno tal, en que un cuerpo humano puede perder calor y al igual producirlo sin la necesidad de transpirar o tiritar de frío. El cuerpo de un adulto descansando debe trabajar constantemente para mantener las funciones de circulación, respiración y otras requiriendo una energía de alrededor de 80 BTU/hora, si consideramos que el cuerpo humano es un motor calórico con una

eficiencia térmica de un 20%, éste debe disipar unas 400 BTU/hora al entorno que lo rodea. Esta disipación se realiza de tres maneras: evaporación, convección y radiación. Factores fisiológicos y psicológicos juegan un rol importante en la percepción de un sentimiento de comodidad, por lo tanto la opinión de un individuo debe ser tomada en consideración. Por consiguiente no puede existir una norma general de confort. La mayoría piensa que ambientes frescos son más fortalecientes y menos enrarecidos otorgando una mejor calidad ambiental para trabajar y pensar. Idealmente hablamos de una temperatura cercana a los 20° C.

Otro factor a considerar que temperaturas obtenidas por sistemas solares pasivos son menores que las logradas por sistemas tradicionales.

Otra ventaja descansa en un hecho casi intangible, que es que la condición de un piso calefaccionado por sistemas pasivos es relativamente más tibio, esto se debe al evitar la degradación de temperatura que uno sufre en un espacio calefaccionado por sistemas convectivos convencionales, esto es claro en zonas de climas fríos donde la masa calentada incluye integralmente el piso.

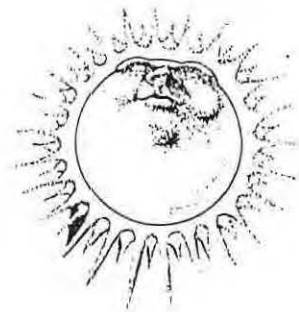
Económicamente hablando estos edificios, si bien pueden implicar una inversión algo mayor, ésta es recuperable rápidamente y éstos se benefician durante toda su existencia.

En contraste, el mayor problema asociado a estos sistemas pasivos es el del Control. Cada sistema que contiene una gran capacidad de almacenamiento de calor, cual es la parte integral de la estructura de una edificación, no posee la habilidad de responder rápidamente a cambios de temperatura. Además almacenar calor necesita cambios de temperatura de algún

elemento, y si éstos son parte integral del espacio habitable, sufrirán fluctuaciones de temperatura, que de ser excesivas pueden conducir a situaciones de confort no satisfactorias si el diseño no es el adecuado. Sin embargo afortunadamente existen soluciones relativamente simples a estos problemas.

A nivel residencial, el control de temperatura incluye ventanas, elementos para crear sombras y un sistema de emergencia.

A gran escala, la solución al control descansa en la elección de un sistema alternativo de emergencia que pueda responder a los requerimientos de confort de los usuarios.



III.- DISEÑO DE MODELOS (ARQUETIPOS).

Este capítulo contiene 27 modelos para su aplicación en el diseño de un edificio solar pasivo.

Están ordenados de manera simple, desde preocupaciones grandes tales como ubicación, forma y orientación de un edificio a otras más complicadas como aislación móvil y reflectores.

Hay que recordar que estos modelos están en constante evolución y que cambiarán con el tiempo, cada modelo representa una recomendación actual de cómo resolver un problema particular. Al mismo tiempo que aparece nueva información, la solución al problema puede cambiar ligeramente. A la vez que aparecen nuevos problemas, serán generados nuevos modelos y agregados a este listado.

Esto significa que estos modelos no deben ser aceptados literalmente, entendiendo que la investigación de estos sistemas es relativamente nueva, existe la necesidad de cuestionar y refinar estos modelos en el tiempo, es decir estos modelos son flexibles y son presentados de manera tal que si se necesita agragar nueva información o cambiar algo de ellos, uno puede hacerlo sin perder la esencia.

Finalmente, el lector debe darse cuenta que la extensión de estos modelos en aplicación real, depende en gran medida en la extensión de la comprensión que el diseñador tiene para aplicarlos.

Los Modelos.

1.- Ubicación del Edificio.

El cuidado puesto en la localización de un edificio en un sitio con respecto al espacio abierto y al sol, es quizás la decisión más importante que el diseñador deba tomar. Edificios bloqueados en su exposición al sol de invierno (que es más bajo) entre las 9:00 AM y las 3:00 PM no pueden hacer uso directo de esta energía para calefaccionarse.

»» La Recomendación.

Para aprovechar las ventajas del sol en climas donde se requiere calefacción durante el invierno, encuentre las áreas en el terreno (sitio) que reciben más sol durante las horas de radiación (9:00 AM - 3:00 PM) ubicando el edificio en la porción norte de esta área y asegúrese que las partes externas, tales como jardines, no creen sombra y también que no se construyan otros edificios que puedan afectarlo.

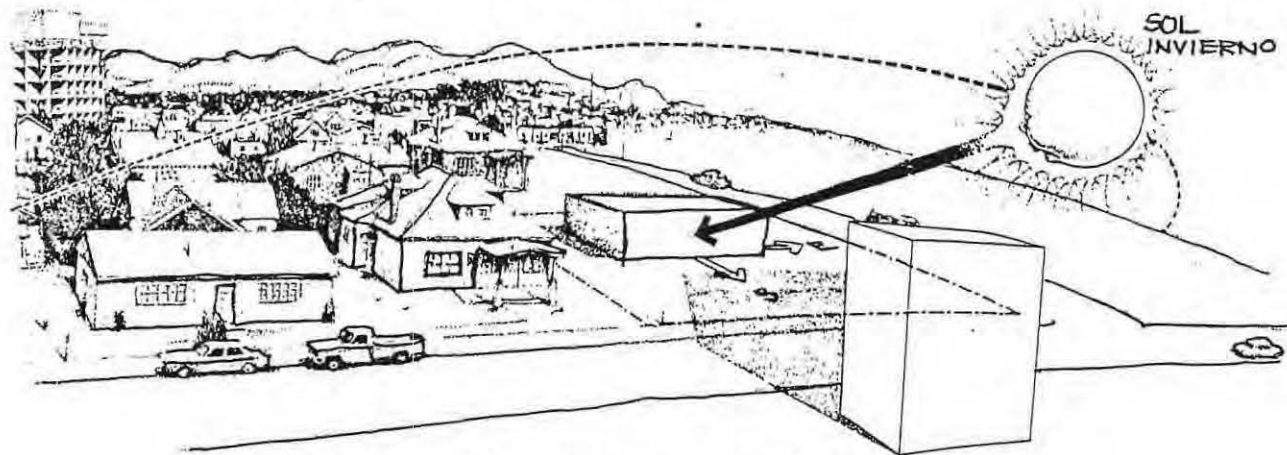


Fig. 28: Ubicación del edificio.

»» La Información.

Para aprovechar el sol en invierno, en primer lugar se necesita ubicar las áreas más asoleadas del sitio, para hacerlo explore el sitio y determine qué partes tienen mayor vista hacia el norte, con un mínimo bloqueo del sol durante el invierno. Una carta solar es muy útil para visualizar las obstrucciones. Recuerde que debe usarse una carta solar adecuada a la latitud del lugar.

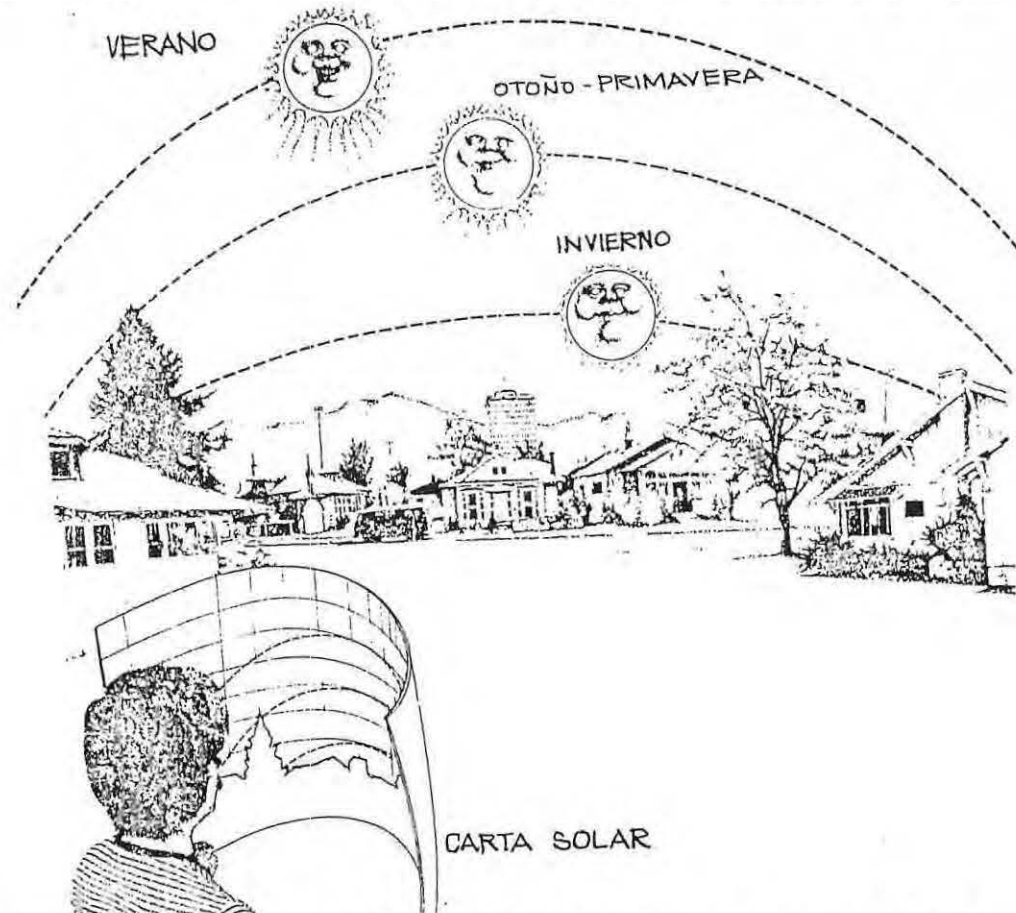


Fig. 29: Utilice una carta solar para visualizar obstrucciones a la radiación solar.

Christopher Alexander en su libro "A Pattern Language: Towns, Bussiness, Construc-tion" hace esta observación acerca el uso de espacios abiertos:

"La gente debe usar espacios abiertos si son asoleados, y no usarlos si no lo son, en todos los casos, excepto en climas desérticos."

2.- La Forma del Edificio y su Orientación.

Teniendo una clara idea acerca la ubicación del edificio en el sitio, es necesario definir la forma primaria del mismo con las consideraciones para la admisión de luz solar hacia él, esto debe realizarse previo al diseño de interiores. Los edificios diseñados sin tomar en consideración el impacto del sol necesitan grandes cantidades de calor y frío.

»» La Recomendación.

Un edificio extendido a lo largo del eje Este-Oeste expondrá una mayor área al norte durante el invierno para la recolección de calor solar, este es el modo más eficiente de ubicarlo, y es válido para todos los climas para minimizar los requerimientos en invierno y verano.

»» La Información.

La forma óptima de un edificio es aquella que permite perder un mínimo de calor en invierno y ganar un mínimo de calor en verano. Victor Olgyay en su libro "Design with a Climate" ha investigado el efecto del impacto termal (sol y temperatura ambiente) sobre edificios cuyas formas responden a diferentes climas en los Estados Unidos.

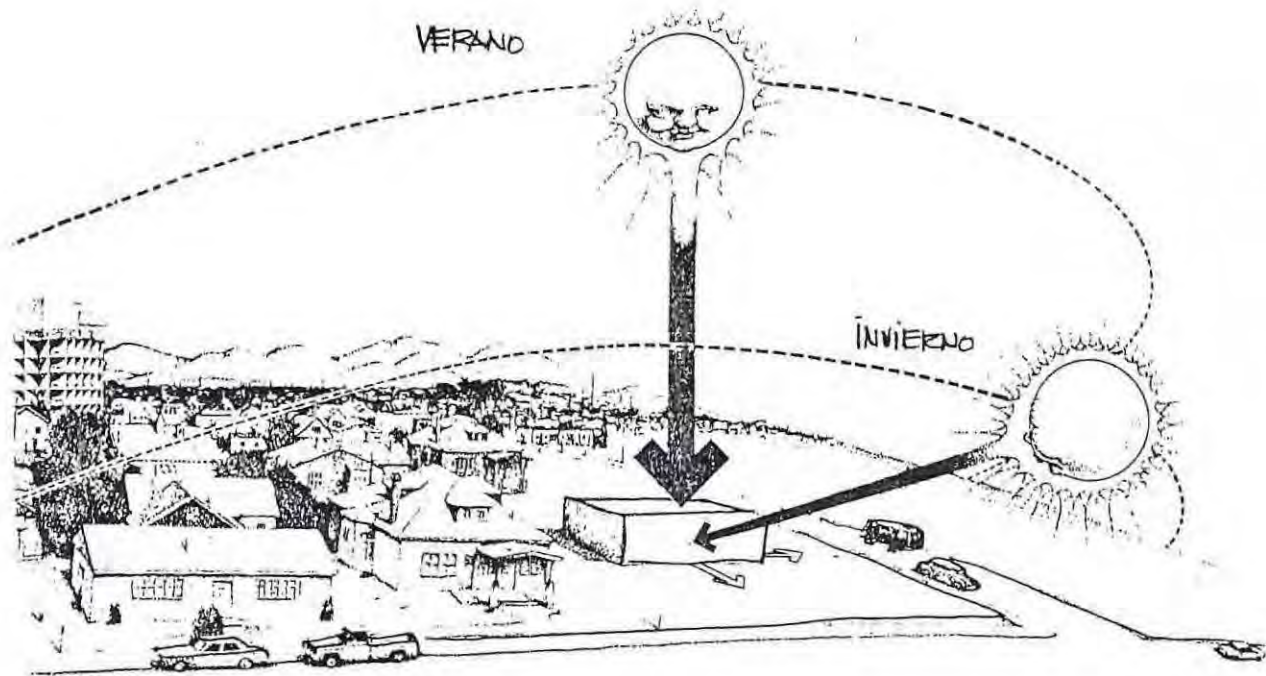


Fig. 30: Orientación de un edificio.

De esta investigación Olgyay concluyó los siguiente:

- a) Una casa cuadrada no tiene la forma óptima en ubicación alguna.
- b) Todas las formas alargadas sobre el eje Norte-Sur trabajan tanto en invierno como en verano con menor eficiencia que las cuadradas.
- c) La forma óptima descansa en todos los casos (y todos los climas) en una forma alargada a lo largo del eje direccional Este-Oeste.

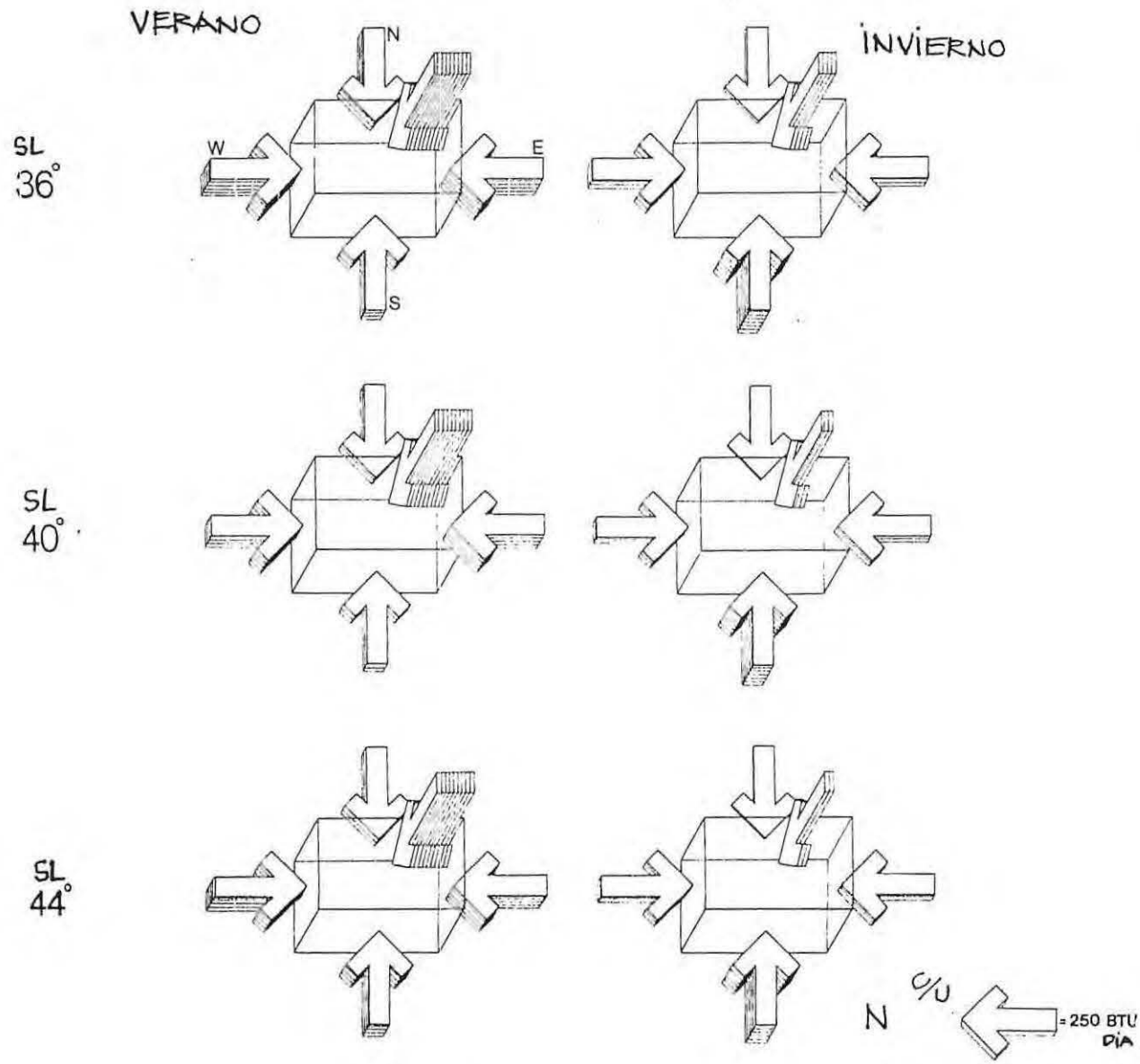


Fig. 31: Impacto de la radiación solar en diferentes latitudes.



Fig. 32: Viviendas orientadas a lo largo del eje Este-Oeste.

3.- Lado Sur.

El lado Sur de un edificio es el más helado, más obscuro y el menos usado porque no recibe luz solar en todo el invierno. Desde el 20 de marzo al 20 de septiembre la muralla sur de un edificio y sus espacios exteriores inmediatos están en continua sombra.

»» La Recomendación.

Conforme el edificio cuyo lado Sur presente una pendiente hacia el suelo, construya en lo posible en una pendiente orientada hacia el norte y que tenga una berma en el lado sur para minimizar la cantidad de muralla expuesta a él. Al mismo tiempo que la altura de la cara sur es reducida, la sombra del edificio será más corta. Instale también una muralla cerca de este lado pintada de un color claro a objeto que refleje luz solar hacia el sector sur del edificio y sus espacios exteriores.



Fig. 33: Ejemplo de uso de berma en sector Sur.

»» La Información.

Los espacios bajo sombra constante durante el invierno no son utilizados por las personas.

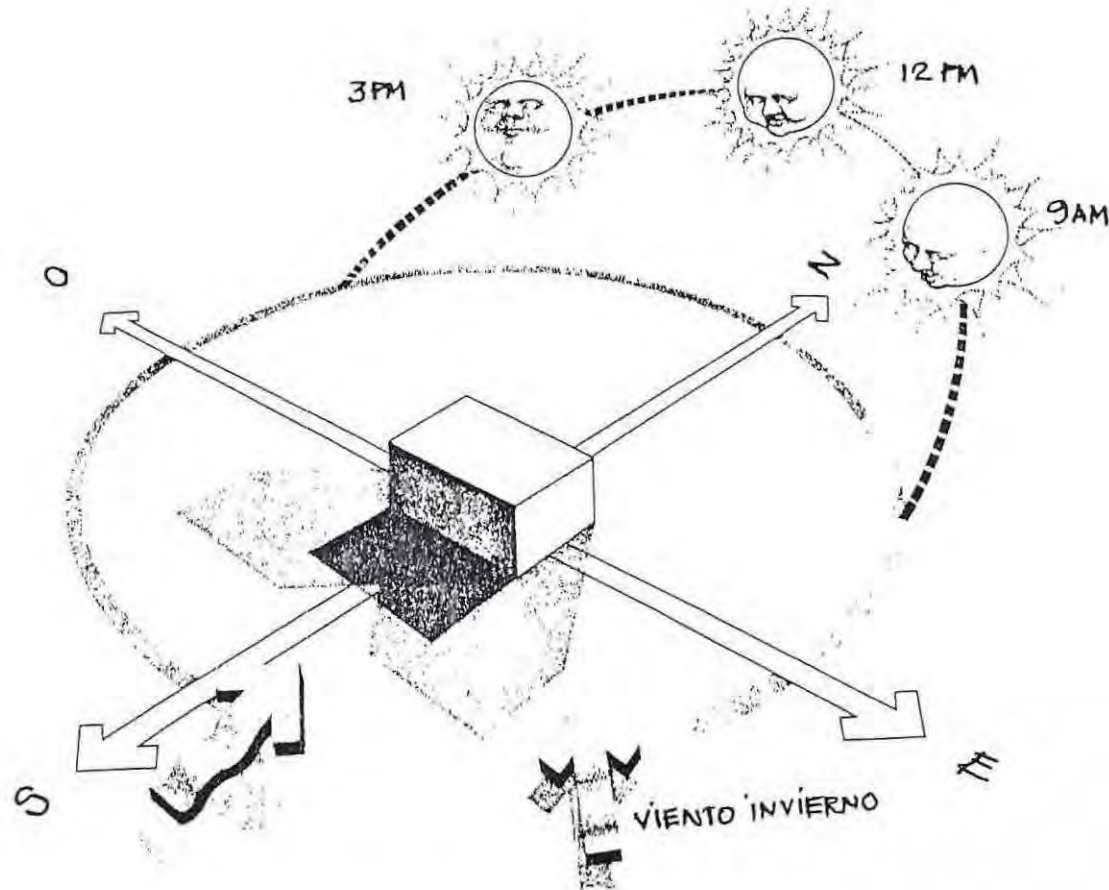


Fig. 34: Edificio con una muralla alta hacia el lado Sur proyecta una larga sombra a los espacios exteriores vecinos la mayor parte del invierno.

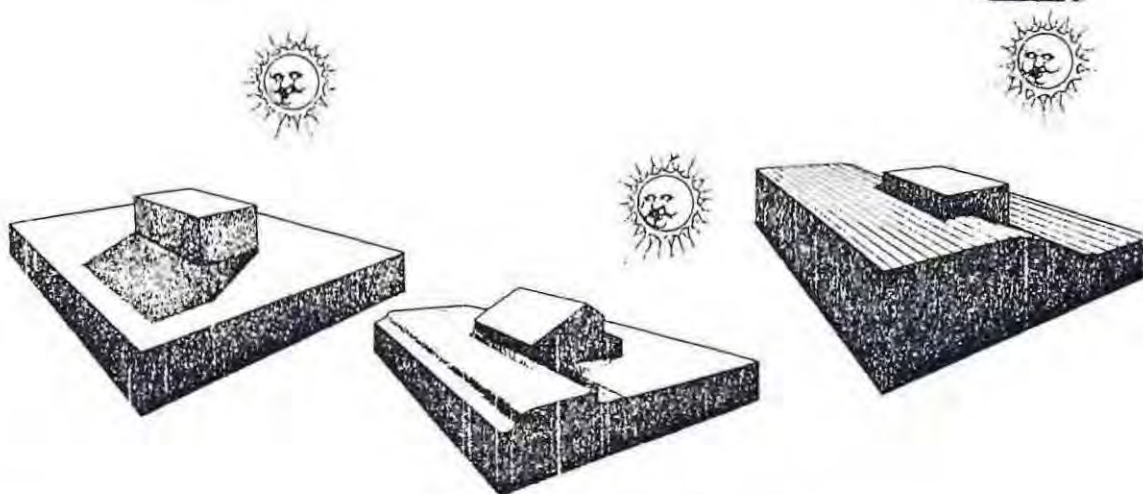
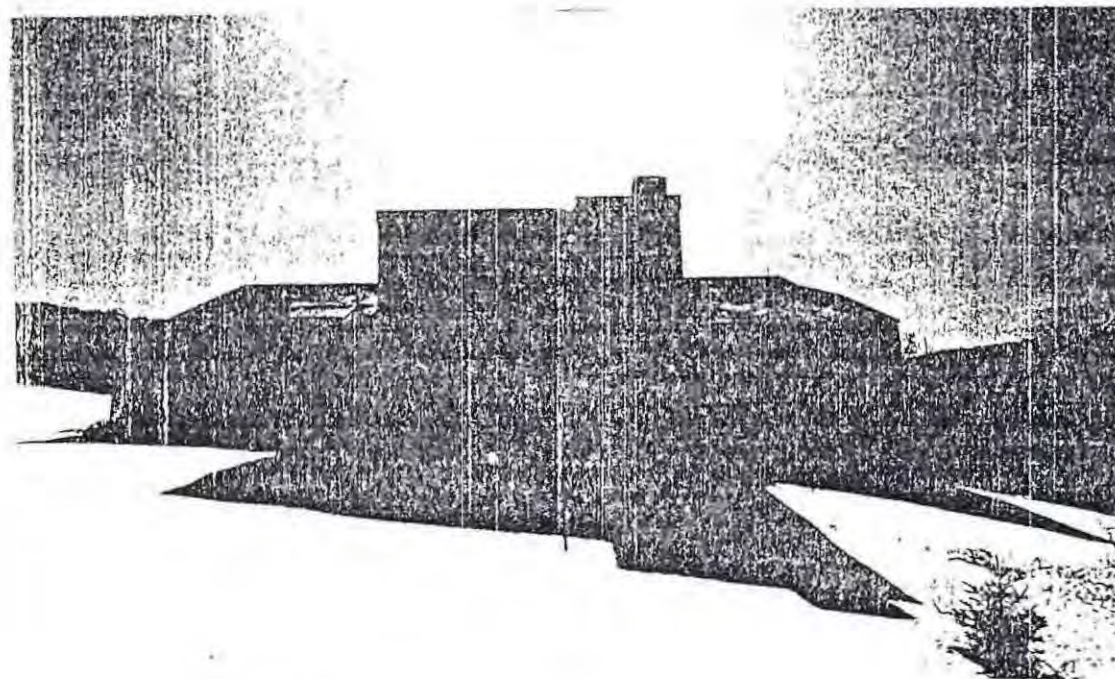


Fig. 35: Inclinando o levantando una berma hacia el techo sur se reduce su sombra.

4.- Ubicación de Espacios Interiores.

Todo espacio que no utilice directamente luz solar durante el invierno usará proporcionalmente más energía convencional que aquel que hace lo contrario. Aproximadamente un 60% de la energía consumida en Norteamérica en una casa, corresponde a energía convencional.

»» La Recomendación.

La mayoría de las necesidades de calefacción e iluminación de los espacios interiores de un edificio pueden ser suplidas ubicando estos espacios a lo largo de la cara norte del mismo, mientras que espacios tales como closet, corredores, piezas de servicio y garages cuando están ubicados en el lado Sur, sirven de mediadores entre los espacios calientes y aquellos fríos orientados al Sur.

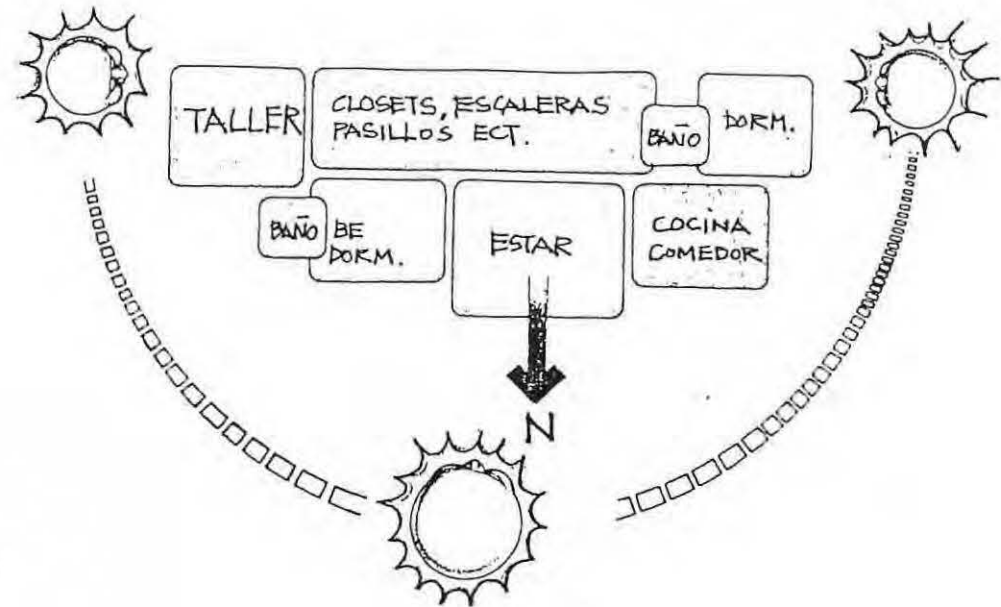


Fig. 36: Ubicación de espacios interiores.

»» La Información.

Durante el invierno las condiciones microclimáticas a lo largo de los lados exteriores de un edificio son la clave para la ubicación de los espacios interiores. El lado Sur permanece como el más frío por no recibir luz solar en invierno, los costados Este y Oeste reciben igual cantidad de luz solar directa a mediodía debido a que el paso del sol es simétrico a lo largo del eje Norte-Sur, pero en el período de un día el lado Oeste será ligeramente más caliente que el Este, gracias a la combinación de radiación solar y temperaturas del aire más altas. El lado Norte de un edificio será el más caluroso y el más asoleado durante el invierno, puesto que recibe radiación solar durante todo el día. El sentido común nos indica que tenemos que localizar los espacios con necesidades específicas de calor e iluminación a lo largo del lado del edificio que tienen condiciones microclimáticas que puedan satisfacer fácilmente estos requerimientos.

También vale la pena mencionar que aquellos espacios menos asoleados del lado Sur también pueden ser expuestos a la luz solar a través de claraboyas y lucarnas ubicadas en el techo del edificio.

5.- Entrada Protegida.

En invierno una gran cantidad de aire externo frío entra al edificio a través de rendijas o grietas alrededor del marco de la puerta y cada vez que ésta es abierta.

Todos los bordes de las puertas filtran aire, a través de esas rendijas el aire

caliente del interior se combina con el frío del exterior, si la puerta se abre entra una gran cantidad de aire externo. En espacios pequeños esta infiltración de aire helado más el filtrado por rendijas llega a sumar un 10% de la pérdida total del calor del espacio y esto aumenta en pequeños locales comerciales y oficinas por el aumento de tráfico.

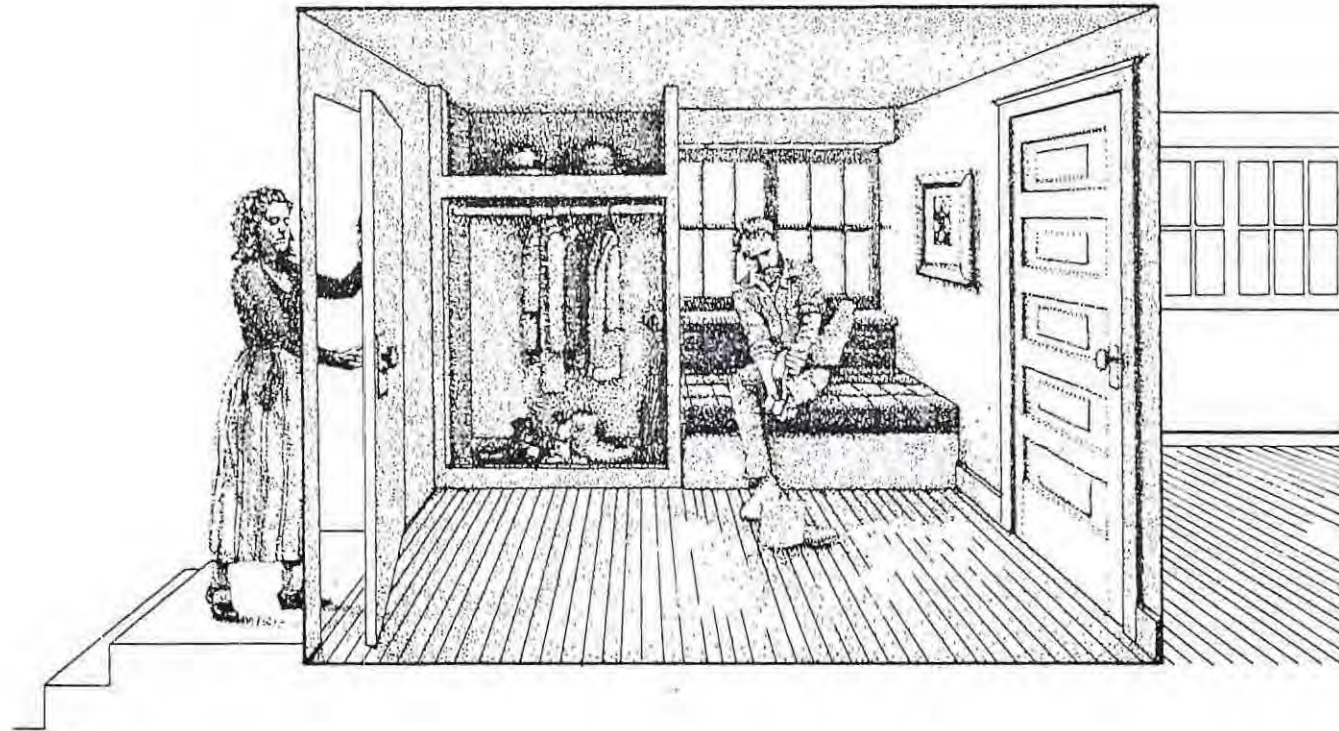


Fig. 37: Entrada protegida.

»» La Recomendación.

Diseñe la entrada principal de un edificio contemplando un pequeño espacio cerrado entre el exterior y el interior de él (foyer, vestíbulo o mampara), tal que la pérdida de la calidad del aire interior no se pierda, por la eliminación de la infiltración. Se recomienda también ubicar las entradas de manera de evitar la exposición de éstas a los vientos. También estos espacios se pueden usar para guardar ropas de abrigo e implementos para el invierno.

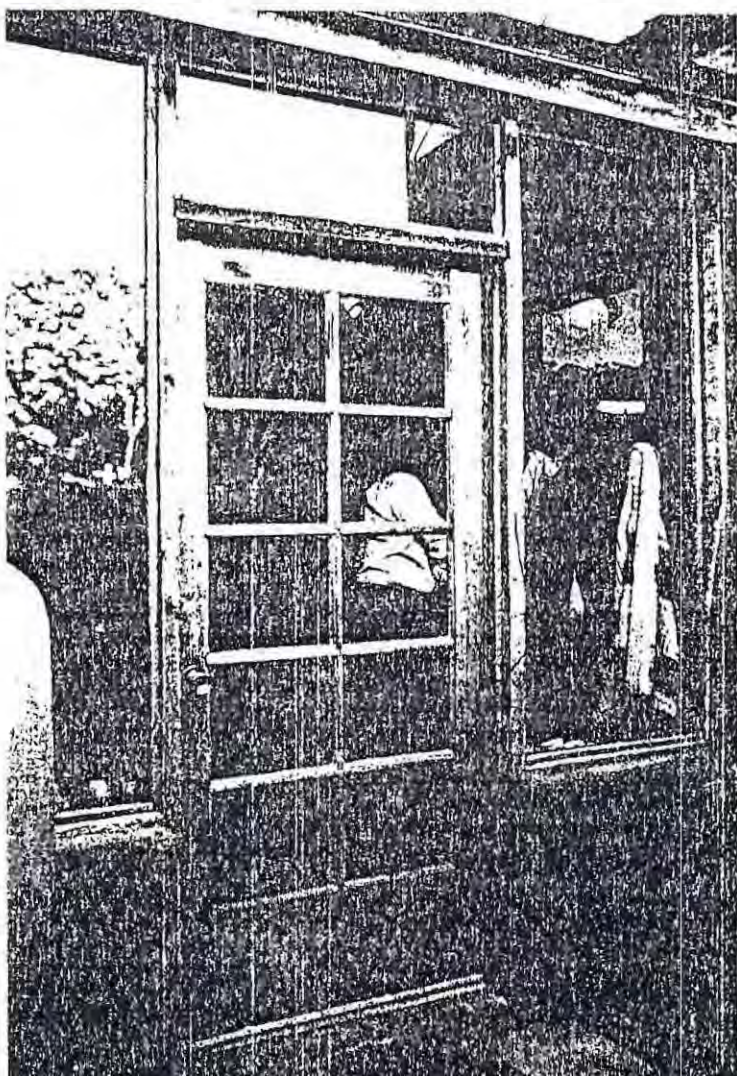


Fig. 38: Entrada protegida

»» La Información.

Protegiendo la entrada de un edificio de los vientos invernales y sellando firmemente los bordes alrededor del marco será posible minimizar la pérdida de calor. El grado de infiltración de aire frío está en directa relación con la velocidad del viento en contra de las entradas.

La protección con cintas selladoras (weather stripping) instaladas apropiadamente previenen filtraciones de aire y sella el área. De esta forma se puede disminuir la pérdida de calor en un 50%.

Fig. 39: Entrada protegida.

6.- Ubicación de Ventanas.

Uno de los factores más importantes que afecta al consumo de energía de un edificio es la ubicación y tamaño de sus ventanas.

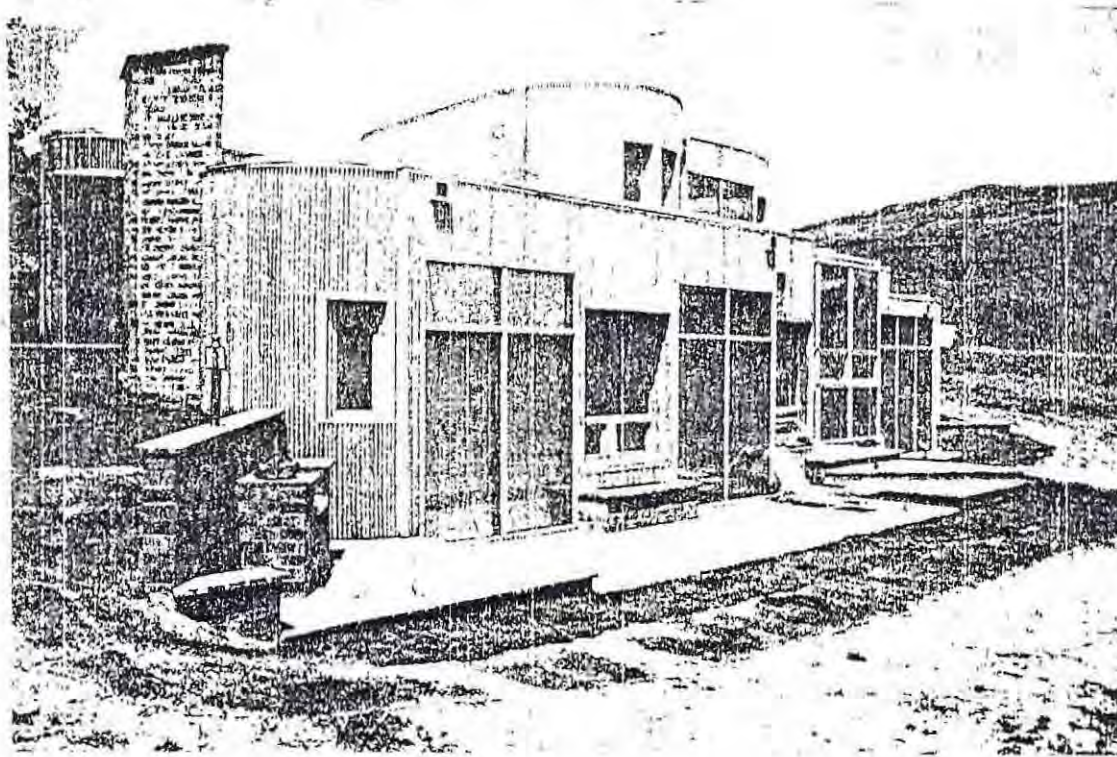


Fig. 40: Ejemplo de ubicación de ventanas.

Ventanas que son instaladas sin considerar la cantidad de luz solar que admiten implicarán una fuga de energía del edificio, es importante entonces ubicarlas de manera que su ganancia de calor (luz solar) sea mayor que su pérdida durante el invierno. Durante el verano deben ser sombreadas, así la ganancia será mínima.

»» La Recomendación.

Ubique las ventanas más grandes hacia el noreste, norte y noroeste del edificio, de acuerdo a los requerimientos de cada espacio interior. En el este-oeste y especialmente en el lado sur del edificio mantenga ventanas pequeñas y use vidrio doble donde sea posible. Estas deben estar en línea con la cara interna de la muralla (hundida) a fin de evitar pérdidas de calor.

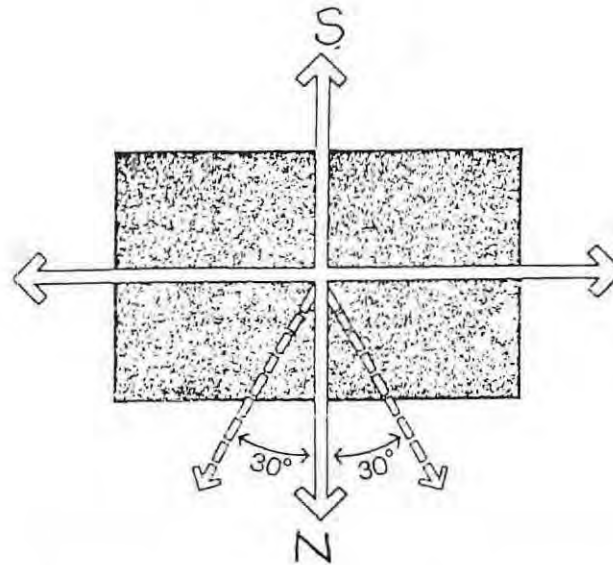


Fig. 41: Cantidad de vidrio de acuerdo a la orientación.



También se puede recibir luz solar directa a través de lucarnas y claraboyas en el techo, que estén orientadas al norte. Proteja las ventanas más grandes del frío intenso del norte y use aislación removible sobre estas áreas para prevenir pérdidas.

»» La Información.

La orientación óptima de una ventana para ganancia solar es norte, sin embargo variaciones de 30° este-oeste con relación al norte funcionan bien con una ligera pérdida. Variaciones mayores reducen el rendimiento de esta ventana en forma substancial.

7.- Elijiendo el Sistema Optimo.

¿Cuál es el mejor sistema pasivo a usar? Esta pregunta es la más compleja que se puede hacer en relación a calefacción solar pasiva. Donde quiera esta pregunta aparece se generan acaloradas discusiones y numerosos desacuerdos. Para probar una opinión, la gente defenderá su opción de sistema hasta el último BTU.

Entonces, ¿cuál es el mejor? Se puede decir que si uno analiza apropiadamente cada espacio y cada edificio, esta requerirá una respuesta particular de acuerdo a sus necesidades térmicas.

»» La Recomendación.

Cada sistema tiene limitaciones específicas y a la vez ventajas. Elija aquel que particularmente satisface los requerimientos de diseño estimados para cada espacio. Recuerde que puede ser usados otros sistemas para espacios diferentes, o estos sistemas pueden ser

combinados para calefaccionar un mismo espacio. Consulte el resto de modelos para establecer cuál es el mejor.

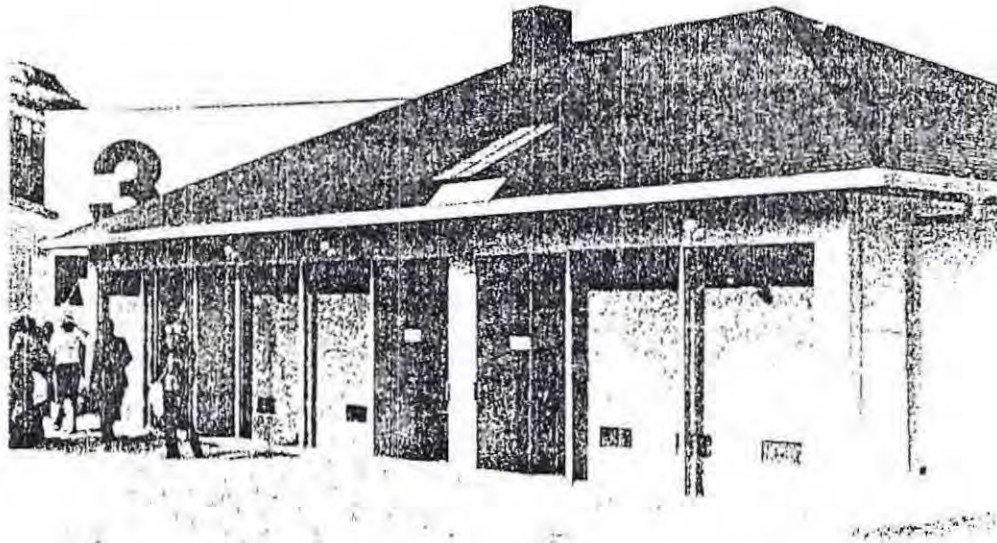


Fig. 42: Ejemplo de elección de sistemas.

»» La Información.

Con una idea o plan para cada espacio, seleccione el o los sistemas más apropiados para su edificio. Para ayudar a encontrar la mejor opción, cada sistema se estima de acuerdo a las siguientes consideraciones de diseño:

- a) Forma del espacio.
- b) Ventanas.
- c) Materiales de construcción.
- d) Control térmico.
- e) Eficiencia.
- f) La posibilidad de añadir estos sistemas a un edificio ya existente.

Todos los sistemas estimados funcionarán bien en una gran variedad de climas, pero deberán tomar lugar algunas modificaciones para optimizar su respuesta.

8.- Materiales Apropriados.

Más energía se consume en la construcción de un edificio que la que éste ocupará en muchos años. Robert A. Kegel en un artículo concerniente a energía y materiales de construcción ("The Energy Intensity of Building Materials", junio de 1975) menciona dentro de sus resultados que un edificio puede funcionar sobre 6 años antes de sobrepasar la energía que tomó construirlo. Casas convencionales reflejan patrones similares de energía usada.

»» La Recomendación.

En la construcción de un edificio use principalmente materiales de bajo consumo de energía y biodegradables. Para masa termal use adobe, suelo-cemento, ladrillo, piedra, concreto y agua en contenedores; para materiales de terminación use madera, paneles de madera aglomerada y planchas de yeso (volcanita). Los siguientes materiales úselos sólo en cantidades pequeñas o cuando sean ^{reciclables} reciclados: paneles de acero y contenedores, aluminio y plásticos.

»» La Información.

La intención primaria de la construcción moderna es la de mantener costos bajos a través de la tecnología, para hacer edificios menos caros en su construcción. Nosotros hemos sido propensos a usar recursos no renovables, tales como energía gastada en forma de transporte y manufactura de los materiales, en lugar de pagar el costo del trabajo. Este tipo de cambio o transacción tiene como resultado edificios no muy ecológicos, debido que son construidos y operados gastando nuestra futura habilidad de manejo de nuestros recursos.

Existen diferentes actitudes hacia un edificio, desde aquella ecológicamente consciente a aquellas que hacen uso indiscriminado de la tecnología que ofrece el mercado.

El requerimiento de una masa térmica en edificios pasivos es totalmente compatible con una consciencia ecológica (ver tabla de valores energéticos).

Debido a que parte de nuestros bosques ha sido mal manejado, desgastado por talas indiscriminadas, produciendo madera en bruto o material de construcción primario, debe evitarse su uso en estas condiciones y reservarlo como materiales secundarios para terminacio-

nes, para lo cual es excelente.

Cuando seleccione materiales de construcción tenga consciencia de aquellos que son producidos localmente apoyando a la gente que trabaja en el mercado local, no sólo ahorramos en términos de costos de transporte (dinero y/o energía) y a la vez mantenemos en operación industrias que son compatibles con nuestro estilo de vida y bienestar social.

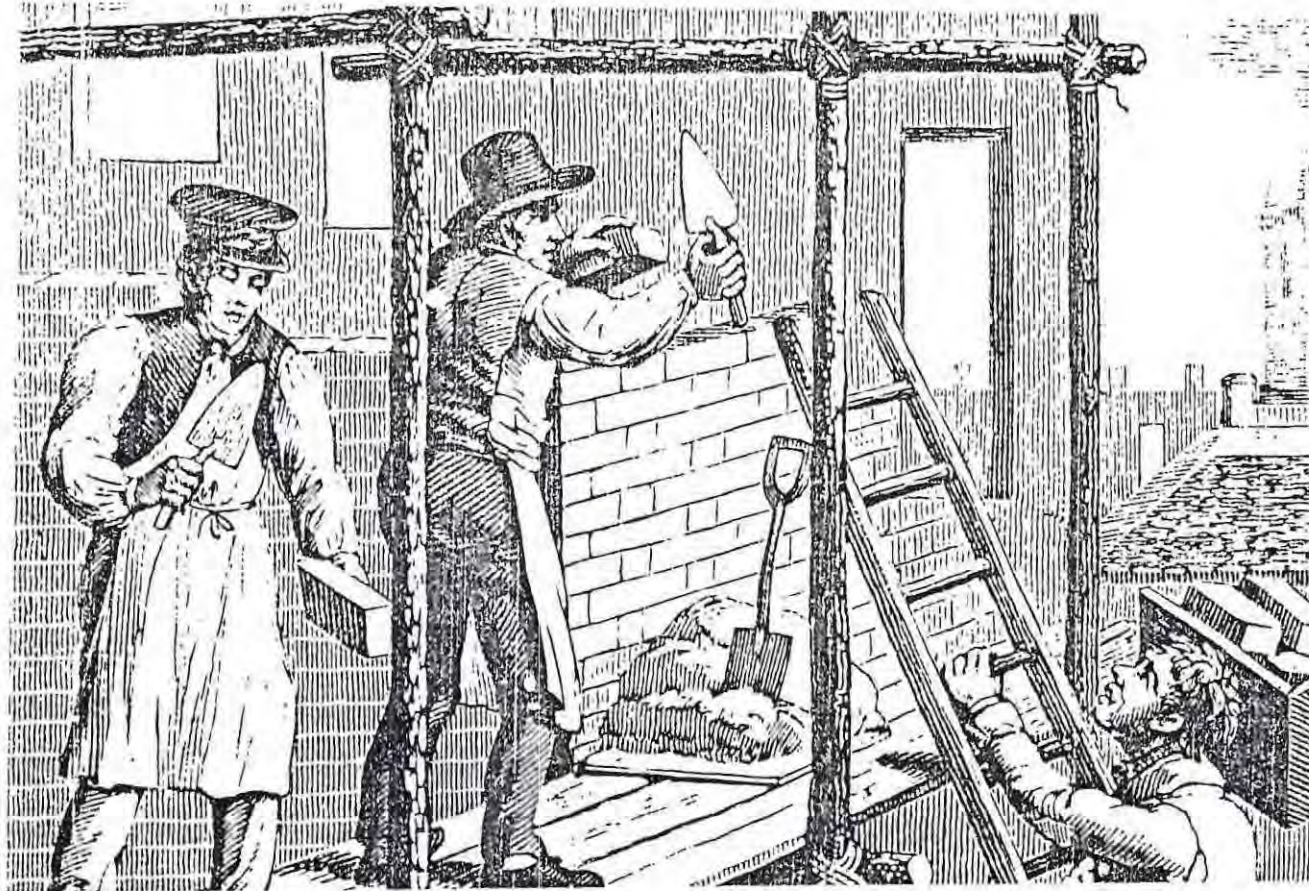


Fig. 43: Recreación de una obra de construcción del pasado.

TABLA DE MATERIALES Y SU USO ENERGETICO

Item	Fuente	Para Producir BTU/lb	BTU por unidad
Acero enrollado	1	19.974	
Aluminio	1	112.176	
Cobre	1	34.144	
Cemento	1	3.755	
Arena y ripio	1	.30	
Plomo	1	20.486	
Bloque concreto	2		15.200 por unidad
Silicona y acero aliados	1	99.018	
Vidrio	1	11.483	
Titanio	1	239.010	
Plásticos	1	4.097	
Volcanita	2	2.160	
Planchas aislantes	2		2.040 por pie ²
Pintura	2	4.139	
Madera	1		5.019 por pie ²
Papel	1	10.072	
Techumbre	2		6.945 por pie ²
Teja vinílica	2	8.000	
Ladrillo	3	138	682 por unidad
10% suelo cemento	3	34	170 por unidad

(1) A.B. Makhijani: "Energy and Well Being" pág 14.

(2) Robert Kegel: "The Energy Intensity of Building Materials" pág 39.

(3) Andrew Mac Killop: "Low Energy Housing" pág 8.

Sistemas de Ganancia Directa.

9.- Ventanas Solares.

Los sistemas de ganancia directa se caracterizan por poseer grandes cantidades de zonas vidriadas orientadas al norte. Pensamos por lo mismo que los edificios son sobrecalentados debido al tamaño de estas ventanas y la sobredimensión por falta de un método exacto.

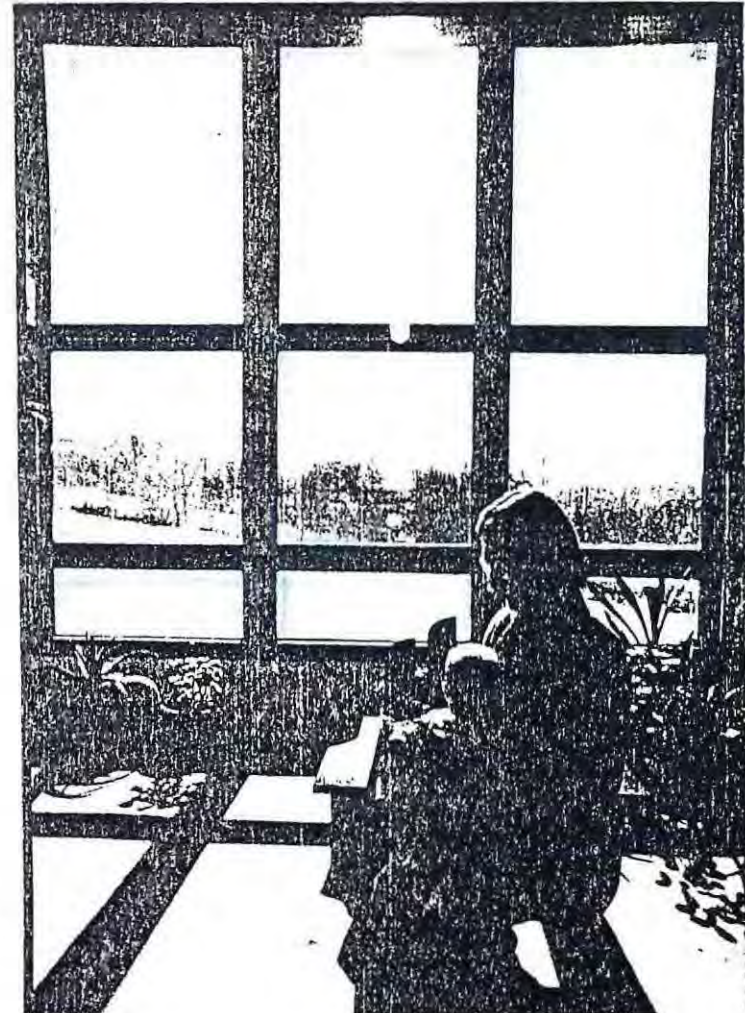


Fig. 44: Ventana solar.

»» La Recomendación.

En climas fríos (temperatura media invernal de -10° a -15° C) se propone diseñar con una relación área espacial-ventana de vidrio orientada al norte por metro cuadrado de superficie interior que oscila entre $0,2 \text{ m}^2$ a $0,4 \text{ m}^2$.

En climas templados (de 8° a 15° C) se propone $0,1 \text{ m}^2$ a $0,25 \text{ m}^2$ de vidrio por metro cuadrado interior.

Esto permitirá admitir la suficiente luz solar para mantener los espacios interiores la mayoría del tiempo de invierno entre 18° y 21° C.

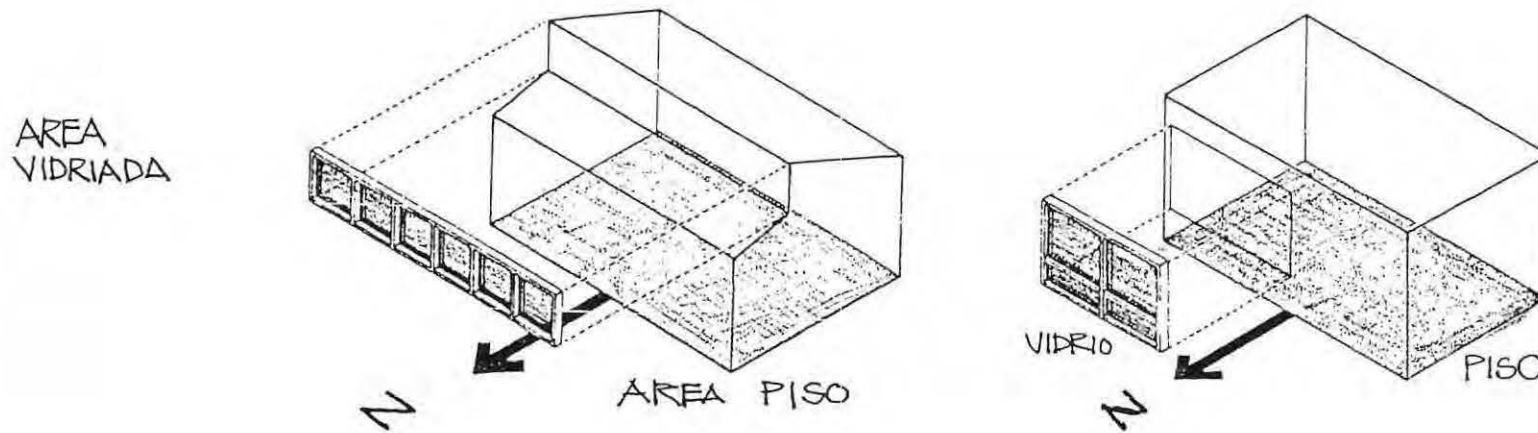


Fig. 45: Relación área ventana - superficie interior.

»» La Información.

El tamaño de la ventana determina el promedio de temperatura durante un día en un espacio. En un día típico de invierno con sol si el espacio se hace incómodo debido a la luz solar excesiva, entonces se debe entender que las ventanas solares son ya sea muy grandes o el espacio interior no posee suficiente masa termal para absorber apropiadamente la radiación entrante. Si este se sobrecalienta se debe ventilar abriendo ventanas o haciendo funcionar extractores para la mantención del confort.

Esto reduce la eficiencia del sistema ya que deja que el calor abandone este espacio, por eso a nuestro criterio, un buen diseño espacial es aquel que permite ganar suficiente calor manteniendo una temperatura en períodos de 24 horas de 16° a 18° C en invierno.

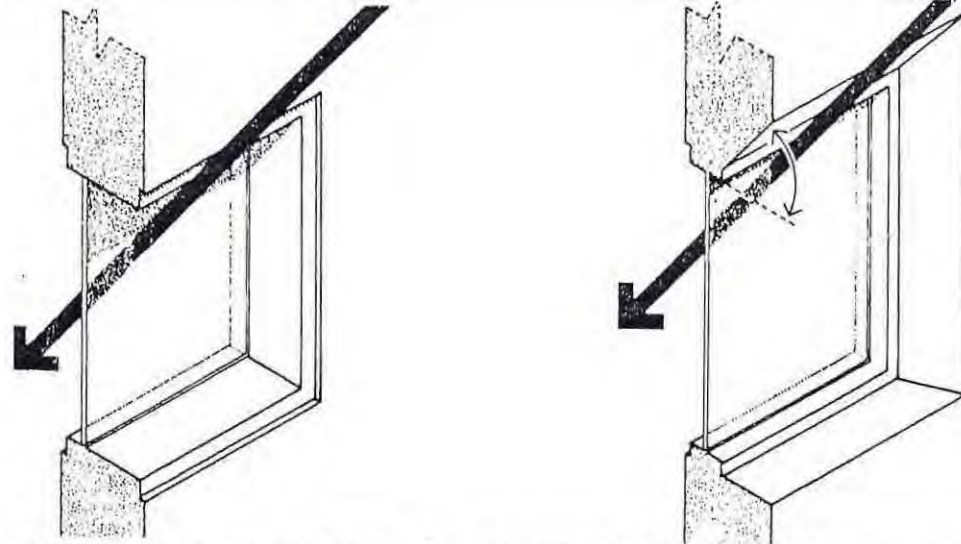


Fig. 46: Angulando el área del marco de la ventana aumentará la ganancia. Las ventanas con el marco al borde interior de la muralla ayudan a reducir la pérdida de calor.

Tabla para Dimensionar Ventanas Solares para Diferentes Climas.

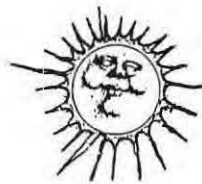
Temperatura exterior promedio en invierno m² de ventana requerido por m² de área int.

Climas fríos

-9°C	0,27-0,42 m ² con aislación nocturna en vidrio
-6°C	0,24-0,38 m ² con aislación nocturna en vidrio
-3,5°C	0,21-0,33 m ²
-1°C	0,19-0,29 m ²

Climas templados

2°C	0,16-0,25 m ²
4,5°C	0,13-0,21 m ²
7,2°C	0,11-0,17 m ²



10.- Lucarnas y Claraboyas.

Existen muchas situaciones en que no se desea recibir luz solar directa a través de ventanas orientadas al norte.

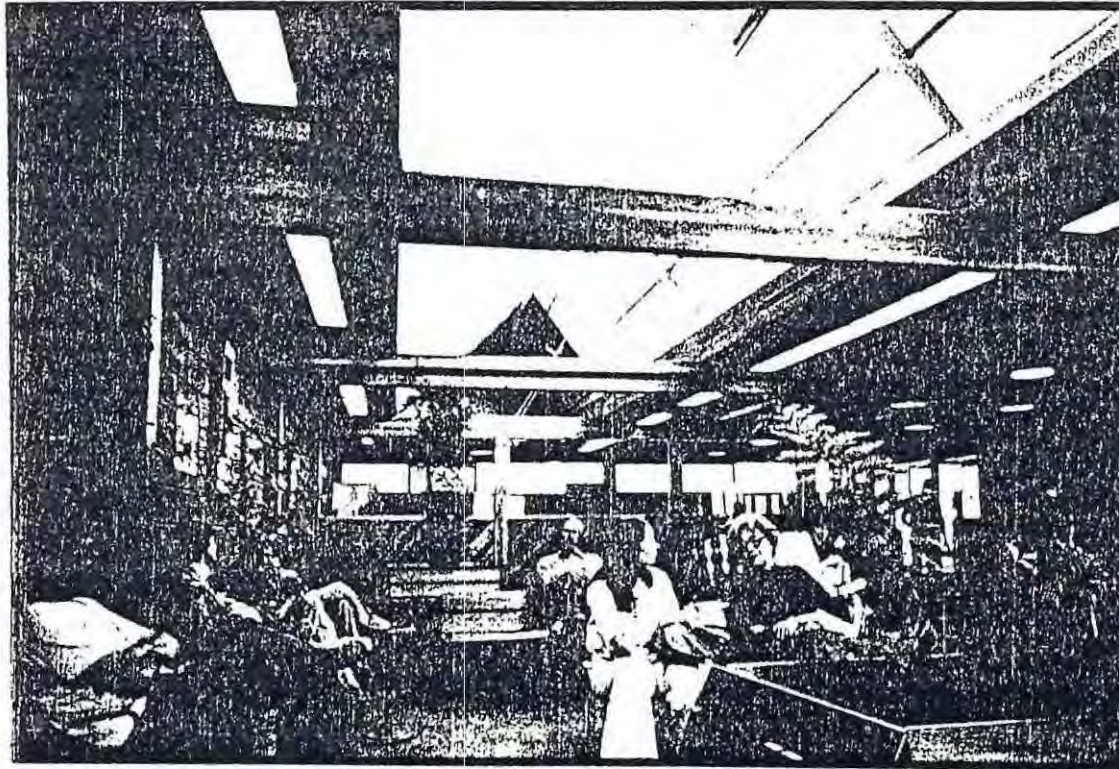


Fig. 47: Claraboyas.

A veces se hace imposible el uso de una ventana para ganancia solar, ya sea porque ésta está bloqueada por elementos vecinos o porque su tamaño en relación a la altura de la muralla, transformándola en incómoda por exceso de luminosidad o falta de privacidad. Entonces es necesario explorar métodos alternativos.

»» La Recomendación.

Otro método para admitir luz solar dentro de un espacio es a través del techo. Use ya sea lucarnas o claraboyas orientadas al norte para distribuir luz solar en un espacio o para dirigirla a una superficie específica particular. Pinte el cielo de la lucarna de un color claro y aplique elementos que produzcan sombra, para el control de temperaturas en verano, lo mismo rige para las claraboyas.

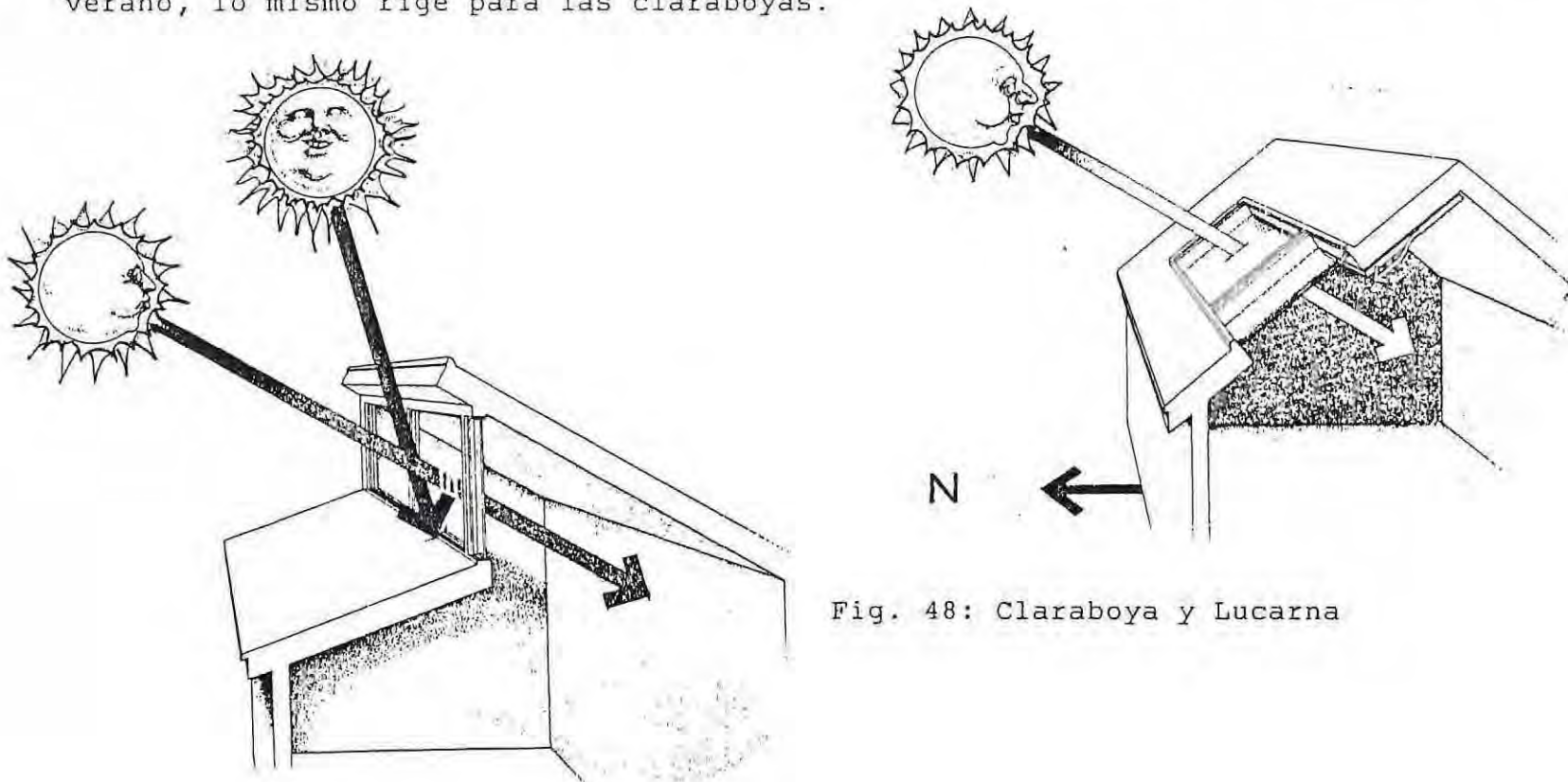


Fig. 48: Claraboya y Lucarna

»» La Información.

Recolectar luz solar con estos elementos tiene bastantes ventajas. Al poder distribuir la luz en cualquier parte del edificio se permite una máxima libertad para ubicar la masa termal de almacenaje en el interior de este espacio.

Otro modelo es el techo de tipo dentado.

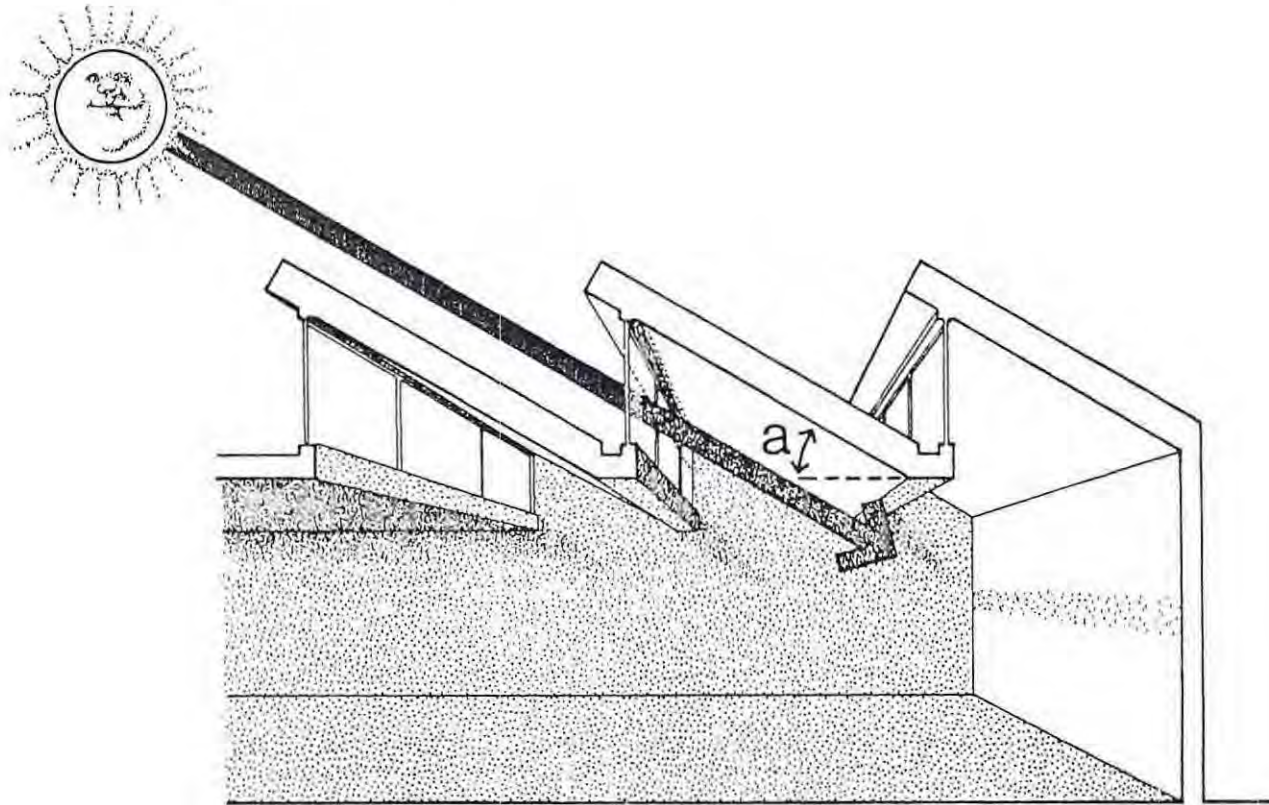


Fig. 49: Techo dentado.

11.- Almacenamiento de calor en albañilería.

El almacenaje y control del calor en un edificio de albañilería es el mayor desafío que debe enfrentar el diseñador que ocupe sistemas de ganancia directa.

»» La Recomendación.

Para minimizar fluctuaciones de temperatura construya las murallas interiores de un mínimo de 12 cm. Difunda suficiente luz solar sobre la superficie usando materiales vidriados translúcidos y ubica una cantidad de pequeñas ventanas para así poder admitir luz solar en porciones, también pintando las murallas interiores de color claro se podrá reflejar luz solar a través del espacio.

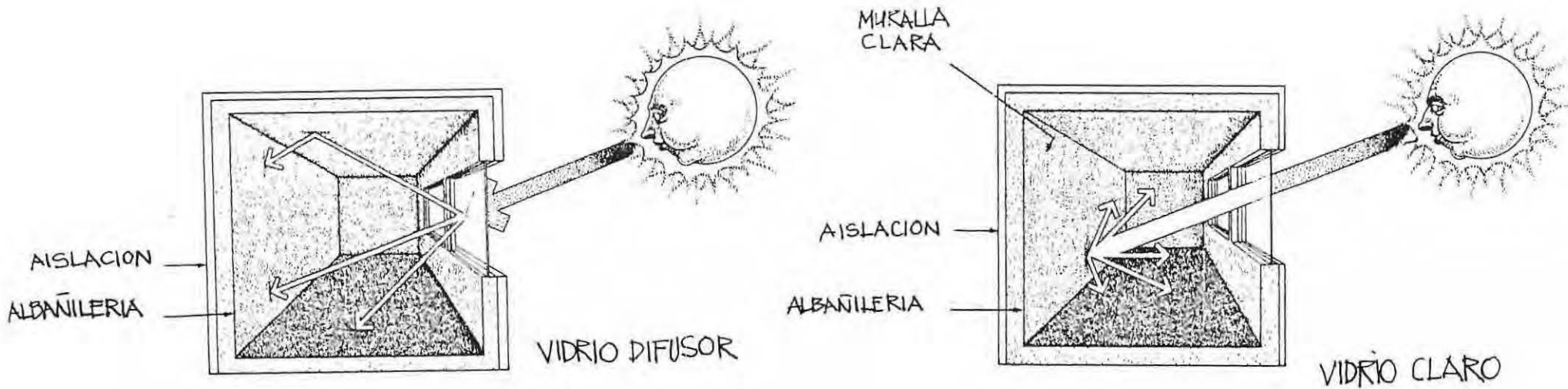


Fig. 50: Utilización de distintos tipos de vidrios.

Las siguientes son las líneas guías para seleccionar colores y terminaciones en las superficies interiores:

- a) Elija un color oscuro para pisos de albañilería.
- b) Las murallas de albañilería pueden ser pintadas de cualquier color.
- c) Lo construido de material liviano (poca masa térmica) de color claro.
- d) Evite luz solar sobre albañilería de superficies oscuras por periodos largos.
- e) No use alfombras muro a muro sobre pisos de albañilería (lozas).

»» La Información.

Considerando que la relación entre ventanas solares y masa termal (albañilería interior) influyen de gran manera las fluctuaciones de la temperatura interna se representa tres casos estudiados en los siguientes ejemplos. Los casos 1 y 2 requieren ventilación para evitar sobrecalentamiento.

Caso 1.- Una masa de concreto de color oscuro es ubicada contra la muralla de atrás o en el suelo del espacio con luz solar directa. La superficie de concreto expuesta a la luz solar durante el día es una y media veces el área vidriada.

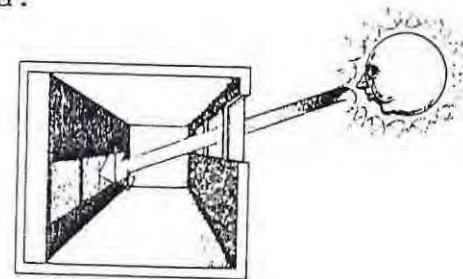


Fig. 51: Caso 1.

Caso 2.- Una masa de concreto coloreada oscura es ubicada sobre la muralla trasera o en el suelo de un espacio con luz solar directa. El área de concreto expuesta a esta luz solar directa durante el día es tres veces el área vidriada.

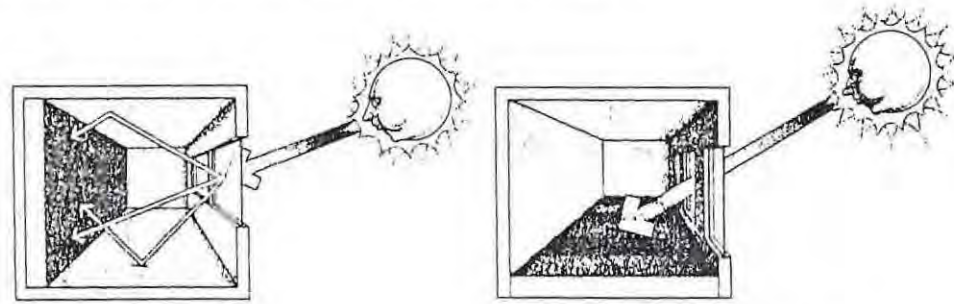


Fig. 52: Caso 2.

Caso 3.- El espacio entero, murallas y suelo, se transforma en la masa de almacenaje térmica. La superficie de concreto a luz solar directa es nueve veces el área vidriada.

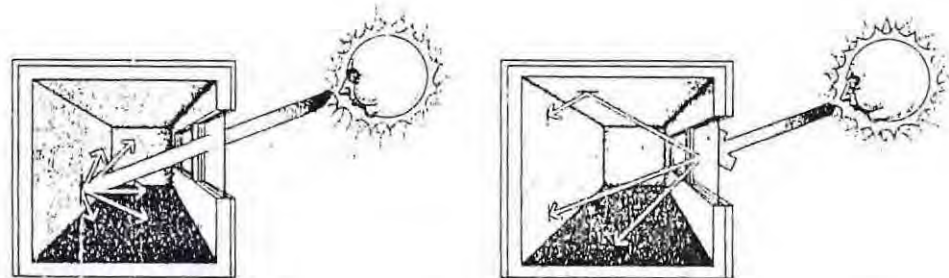


Fig. 53: Caso 3.

Se presenta una tabla comparativa de los tres casos planteados.

Tabla de comparación de sistemas.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
	20 cm o más	20 cm o más	10 cm o más
Máx. temp. aire espacio	31° C	28° C	23° C
Mín. temp. aire espacio	9° C	13° C	16° C
Variación temp. aire esp.	5° C	3,3° C	10° C
Máx temp. sup. albañil.	37° C	29° C	24° C
% energía solar almac. 5 PM	50%	55%	60%

Se puede decir entonces que cuando el interior se construye de albañilería, las murallas sólo necesitan ser de 8 a 10 cm de ancho sin fluctuaciones extremas en él.

Para que un espacio permanezca cómodo durante el día, cada metro cuadrado de luz solar directa debe ser difundida sobre una superficie nueve veces mayor en albañilería.

Tabla: Rango de fluctuaciones aproximadas interiores.

Ancho del material	MATERIAL			
	Concreto	Ladrillo común	Ladrillo magnesio	Adobe
Caso 1 (20 cm o +)	0 a 8° C	7 a 15° C	1 a 4,5° C	10 a 18° C
Caso 2 (20 cm o +)	4,5 a 6° C	0 a 4,5° C	3,5 a 7° C	2,5 a 7° C
Caso 3 (10 cm o +)	11° C	9° C	12° C	8,3° C

Fuente: The Passive Solar Energy Book, Edward Mazria, pág. 143.

12.- Muralla de Agua Interior.

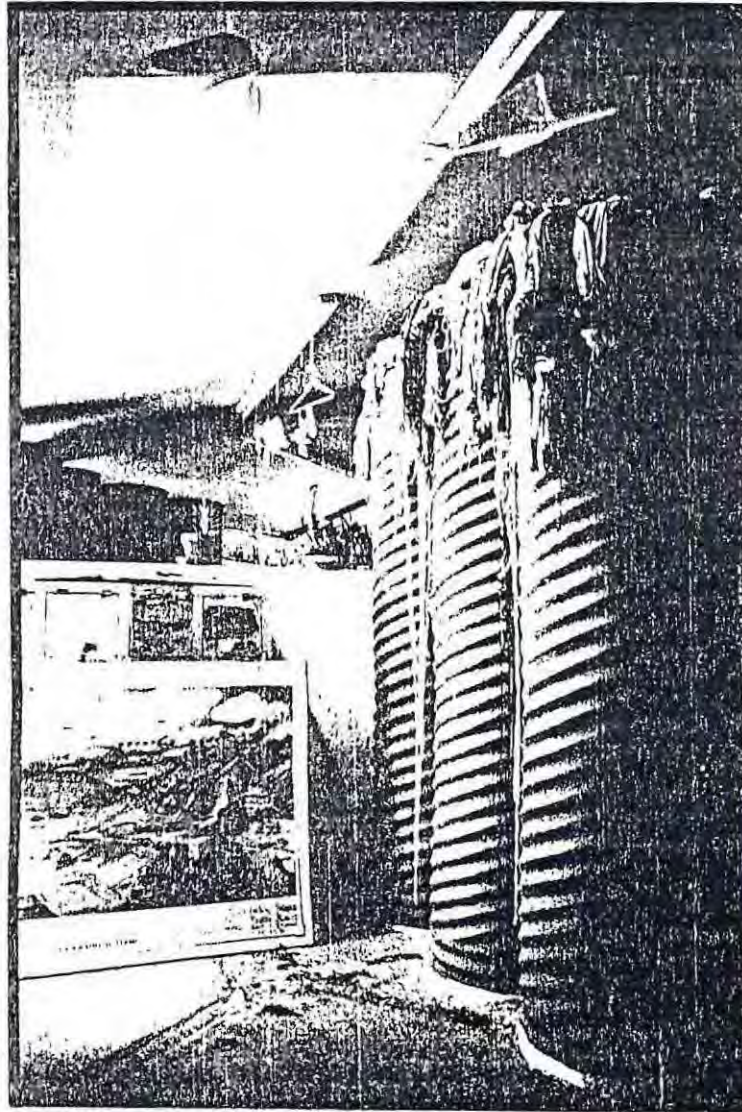


Fig. 54: Muralla de agua interior.

El tamaño de una muralla de agua y el color de su superficie determinan la fluctuación de temperatura en un espacio durante el día. Las ventanas solares están dimensionadas para admitir suficiente luz solar y así mantener aquel espacio con una temperatura media de 10 a 20° C durante la mayoría del invierno. El tamaño requerido de una muralla de agua para mantener un ambiente agradable o cómodo está íntimamente ligado al área de las ventanas solares.

»» La Recomendación.

Cuando se utiliza una muralla de agua interior para almacenar calor, ubíquela en el espacio de manera tal que ésta reciba luz solar directa entre las 10 y las 14 AM.

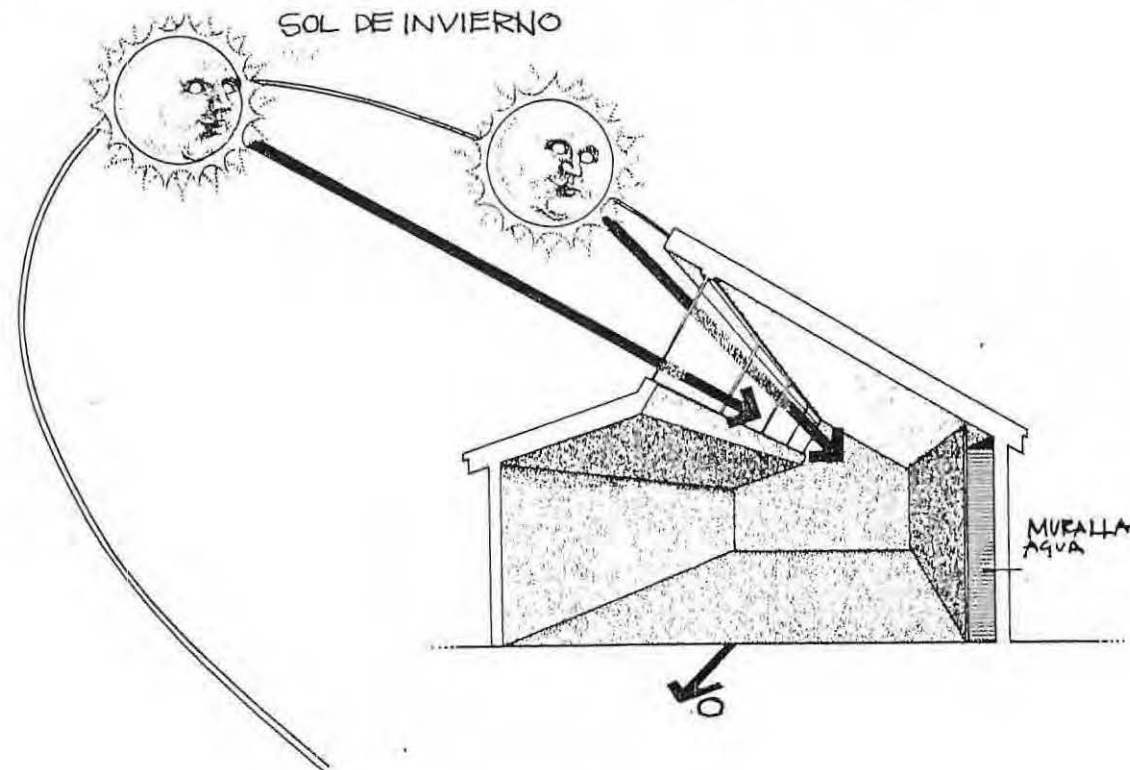


Fig. 55: Muralla de agua.

Pinte la superficie del contenedor de agua de color oscuro, que posea una capacidad de absorción de un 60% y emplee un metro cúbico de agua por cada metro cuadrado de ventana solar.

»» La Información.

Los muros de albañilería necesitan luz solar difundida sobre una gran superficie, pero el agua en contenedores puede absorber calor efectivamente incluso cuando es concentrada por un reflector. Hay dos razones para esto: primero el agua es más eficiente como almacenador que la albañilería y segundo una muralla de agua se calienta de manera pareja, usando así toda su masa para almacenar. En la albañilería el calor pasa lentamente desde su cara expuesta hacia el interior

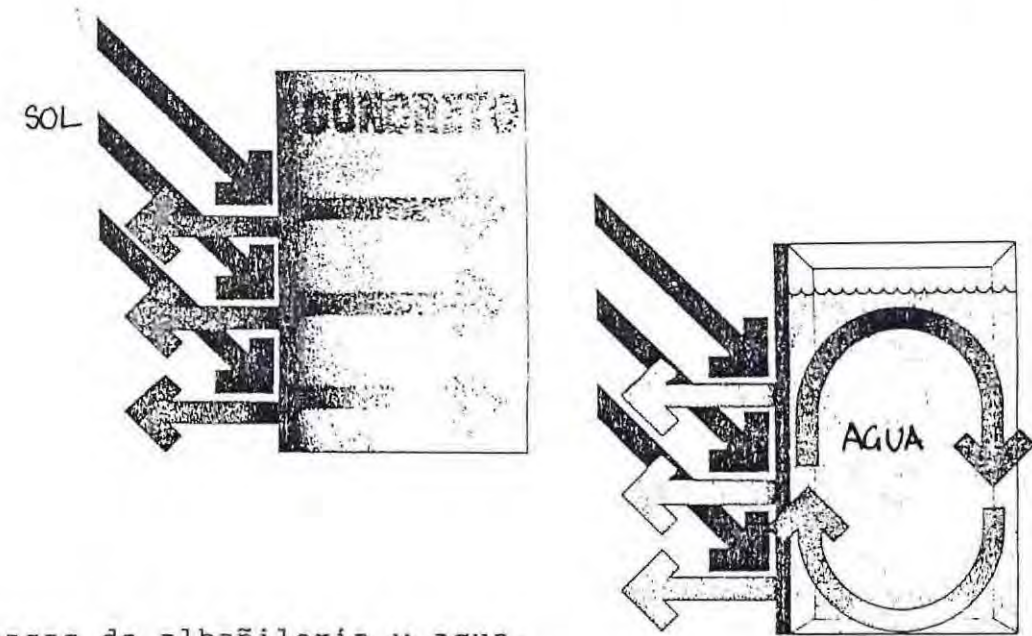


Fig. 56: Transferencia de calor en masas de albañilería y agua.



Fig. 57: Ejemplo de muralla de agua.

Murallas de Almacenamiento Termal.

13.- Diseño del Tamaño de la Muralla.

Cuando se diseña y dimensiona un espacio apropiadamente, la temperatura permanecerá cómoda a través de la mayor parte del período invernal, sin tener que agregar otras fuentes de calor, pero si la muralla es sobredimensionada, será transmitido más calor que el necesario, resultando un espacio inconfortablemente caluroso.

»» La Recomendación.

En climas fríos (temperaturas entre -7° C y -1° C) utilice 0,43 a 1 metro cuadrado de vidrio doble, por cada metro cuadrado de superficie. También murallas de albañilería y de almacenaje térmico orientadas al norte.

En climas templados (2° C a 7° C) emplee 0,2 a 0,6 metros cuadrados de muralla termal por cada metro cuadrado de superficie.

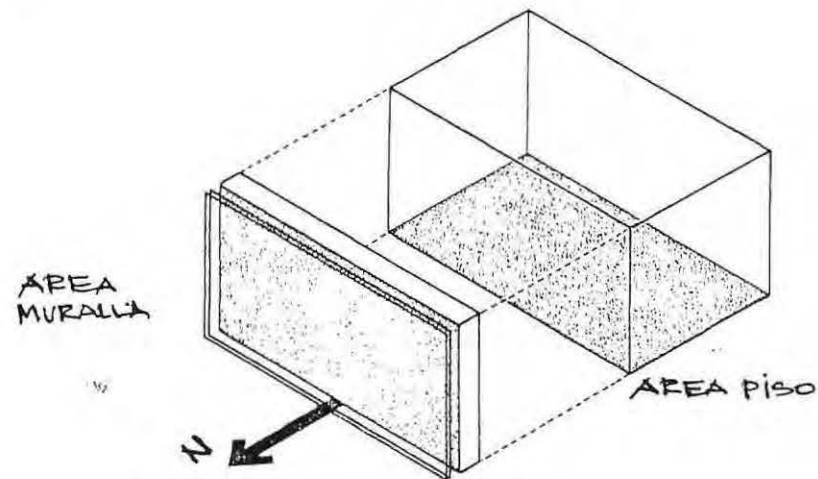


Fig. 58: Area muralla - área piso.

»» La Información.

El tamaño de una muralla de almacenamiento termal depende de tres factores:

- a) El clima local.
- b) La latitud.
- c) Pérdida de calor del espacio.

a) Clima.

La cantidad de calor perdido de un espacio es determinada fundamentalmente por la diferencia entre las temperaturas del aire interior y exterior. Por consiguiente en climas fríos se necesita mayor calor o mayor cantidad de muralla termal para mantener un espacio a 20° C.

b) Latitud.

La energía solar que incide en una muralla orientada al norte durante el invierno cambia según varía la ubicación en relación a la latitud del edificio. En otras palabras una muralla de almacenamiento térmico aumentará en tamaño en la medida que el edificio se desplace hacia el sur.

c) Pérdida de calor.

Un edificio bien aislado y fuertemente sellado necesita una menor cantidad de calor para mantenerse a una temperatura específica, por lo tanto requiere menos muralla, debido a que se minimiza la pérdida de calor.

»» La Recomendación.

Use la siguiente tabla como guía para seleccionar anchos.

Material	Ancho recomendado
Adobe	20 a 30 cm.
Ladrillo	25 a 35 cm.
Concreto	30 a 45 cm.
Agua	15 o mas.

Fabrique la cara externa de la muralla de un color oscuro, en climas fríos agregue ventanas para la termocirculación prácticamente del mismo tamaño en la parte superior y en la inferior para aumentar el rendimiento del sistema. Dimensione estas sean de un metro cuadrado por cada cien metros cuadrados de superficie de muralla, prevenga corrientes de aire reversas en la muralla colocando un panel operable sobre la cara interna de las ventanas de termocirculación superiores.

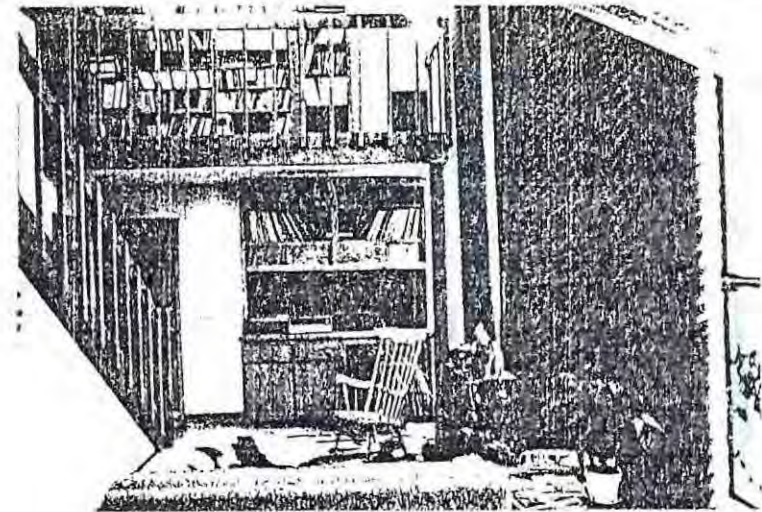


Fig. 59: Muralla de agua.

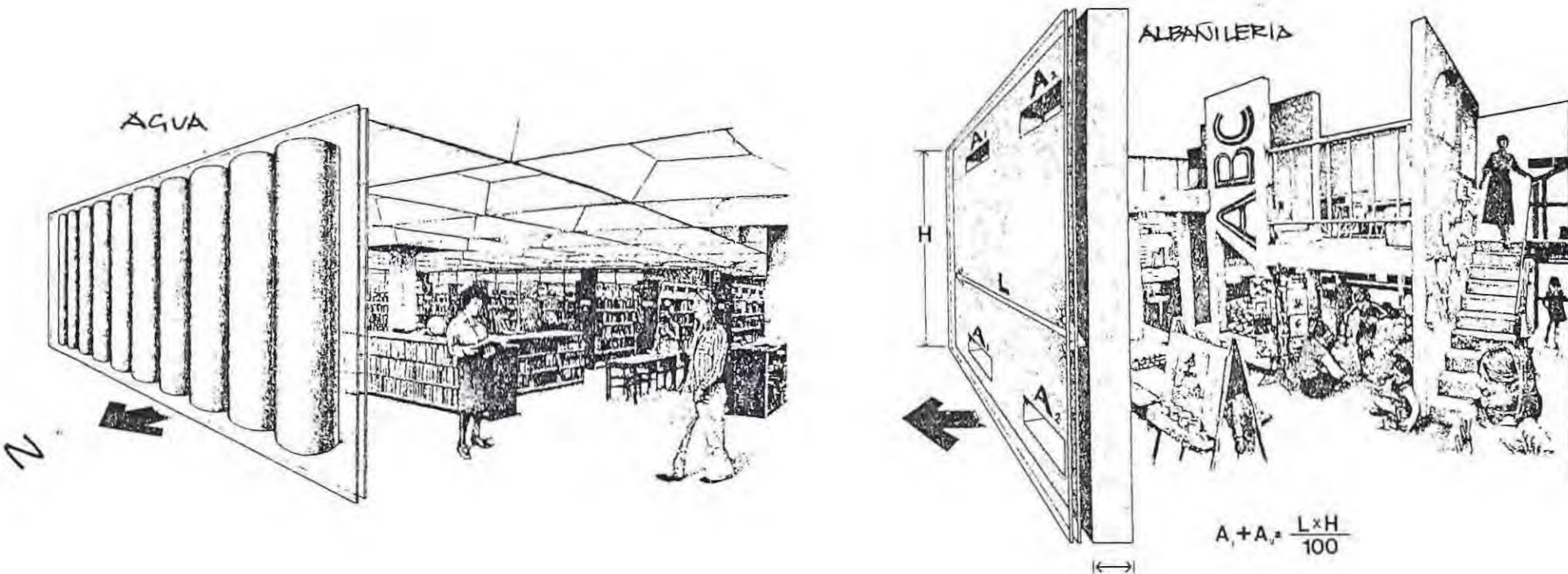


Fig. 60: Ej. ventanas de termocirculación.

»» La Información.

Cuando se dimensione un sistema, la superficie de muralla que se necesita en cada espacio debe estar ya establecido, también detalles tales como ancho, color, las ventanas de termocirculación y los aparatos de control de temperatura. Así se logra determinar la eficiencia y su habilidad para otorgar confort en invierno.

Tabla: Efecto del ancho de una muralla en las fluctuaciones de temperatura.

Material	Conduc. Termal (B.T.U.)	Ancho Recomend.	Fluctuación de Temp. Interior.					
			10	20	30	40	50	60 cm.
Adobe	0.30	20 a 30 cm.	..	8	7	7	8	.. °F
Ladrillo	0.42	25 a 35 cm.	..	24	11	7	..	.. °F
Concreto	1.00	30 a 45 cm.	..	28	16	10	6	5 °F
Ladr.Magn.	2.20	40 a 60 cm.	..	35	24	17	12	9 °F
Agua	....	15 o mas	31	18	13	11	10	9 °F

Control de temperatura de un espacio.

Si un espacio se calienta demasiado, la aislación movable (cortinas, paneles deslizantes) ubicada sobre la cara interna de la muralla termal "apaga" el sistema de calefacción, se puede decir que esta es la manera simple de controlar la temperatura interna.

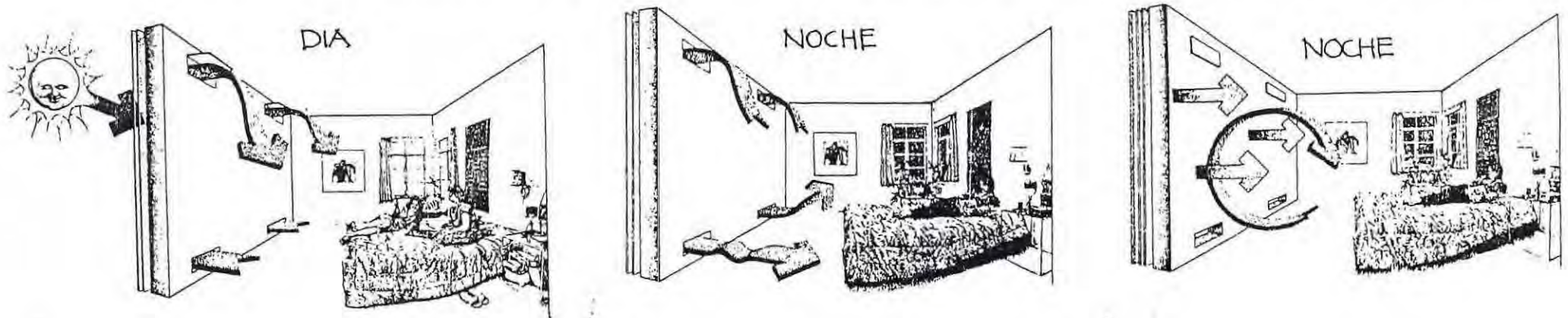


Fig. 61: Muralla Trombe con ventanas de termocirculación.

La muralla de albañilería versus una de agua.

Si tenemos dos murallas del mismo tamaño, una de albañilería y la otra de agua, la última será ligeramente más eficiente, gracias a que el agua tiene la propiedad de absorber calor lo suficientemente rápido para mantener su temperatura relativamente baja durante el día, mientras que el de albañilería, que transfiere calor a su interior lentamente, puede llegar a temperaturas de 50° C en días soleados. Esto reduce la eficiencia debido a la pérdida de calor a través de los vidrio hacia el exterior y de noche la situación se revierte y una muralla mantiene la temperatura más alta, por consiguiente su pérdida es mayor.

Debe tomarse especial cuidado en el diseño de los contenedores para así hacerlos atractivos y agradables en el interior de un espacio.

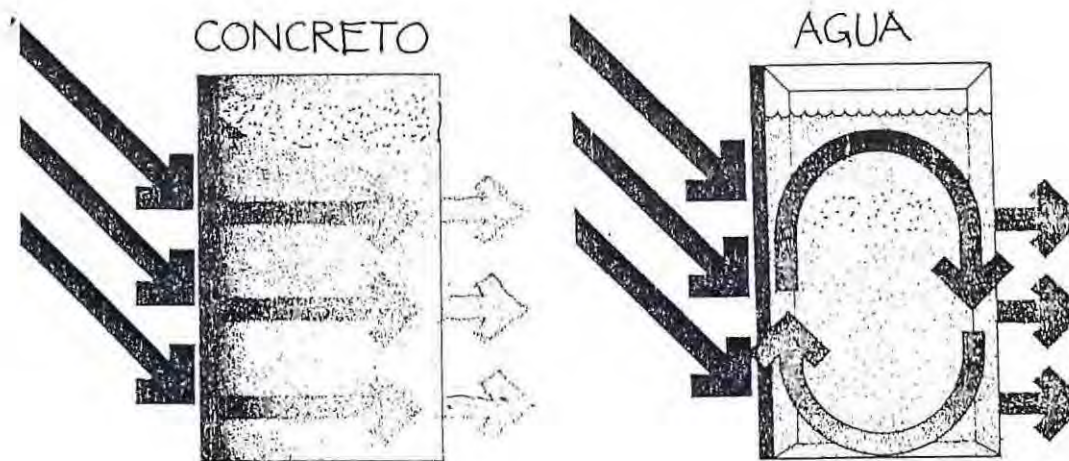


Fig. 62: Transferencia de calor en murallas de concreto y de agua.

Sistemas de Invernadero Agregado.

15.- Dimensionamiento del Tamaño del Invernadero.

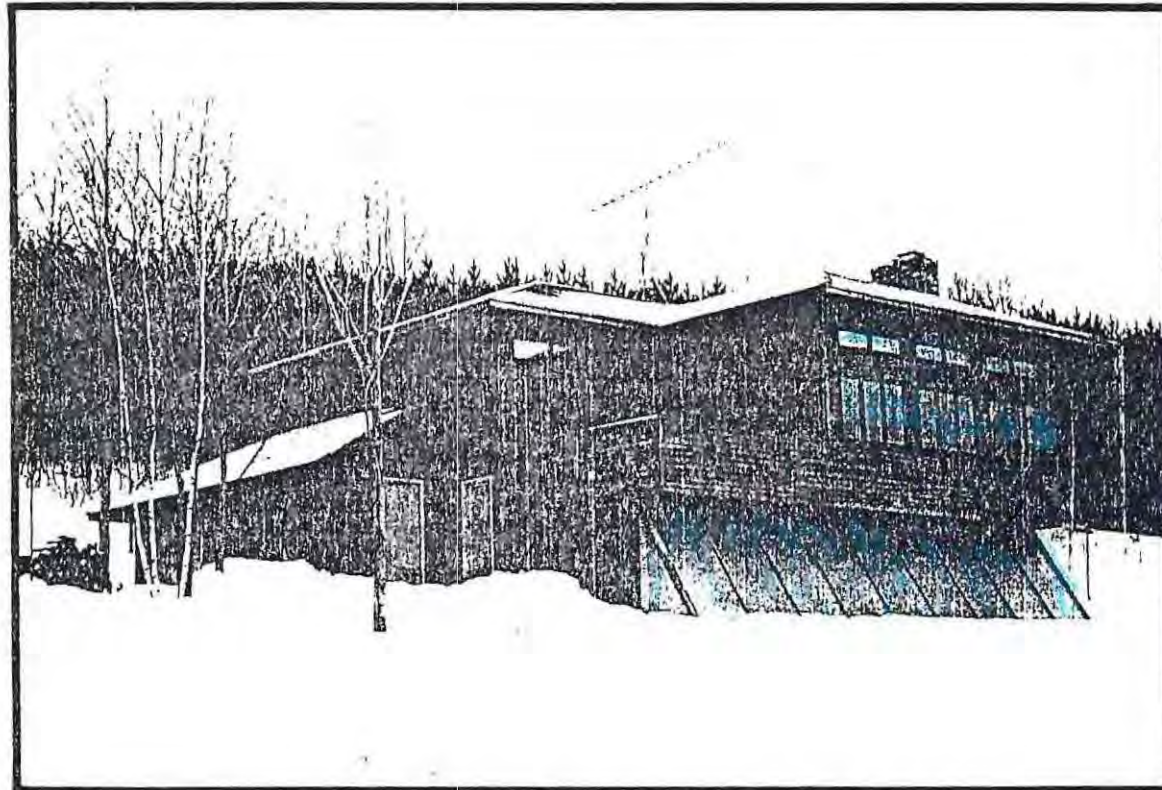


Fig. 63: Ejemplo de dimensionamiento.

La complicada naturaleza de las corrientes térmicas entre un invernadero agregado y un edificio hacen muy difícil dimensionar y predecir el rendimiento del invernadero como

sistema de calefacción.

Cuando se ha dimensionado de manera apropiada este no sólo se calefacciona a sí mismo sino que también a sus espacios adyacentes.

»» La Recomendación.

Extienda el invernadero a lo largo de la muralla norte del edificio que usted desea calefaccionar. En climas fríos use entre 0,65 a 1,5 metros cuadrados de vidrio doble orientado al norte por cada metro cuadrado de suelo del edificio adyacente. En climas templados use de 0,33 a 0,9 metros cuadrados.

Esta área vidriada colectará suficiente calor durante el invierno, en días claros, para mantener ambos, invernadero y edificio, con una temperatura media de 21° a 23° C.

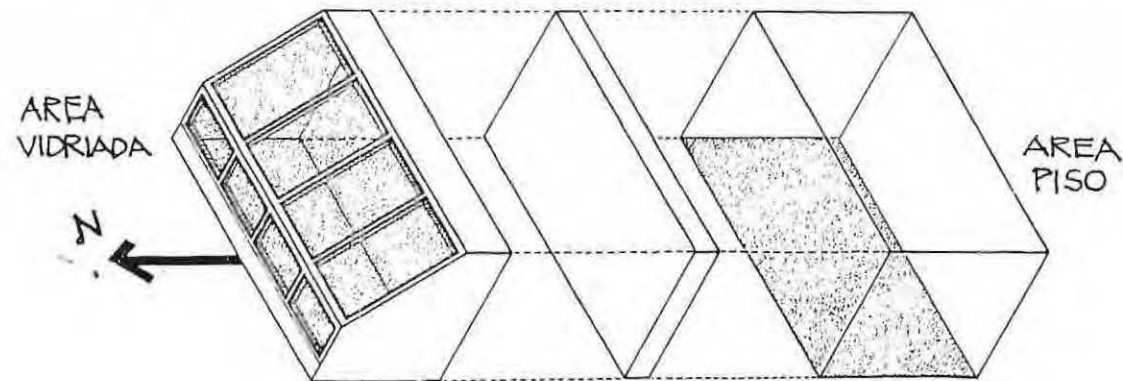


Fig. 64: Area vidriada y área de piso.

Ubique suficiente masa termal en el invernadero, así se absorberá luz directa y variará fluctuaciones de temperatura interior. Construya esta muralla masa entre el invernadero y el edificio para así permitir la transferencia eficiente de calor entre los dos espacios.

»» La Información.

En la mayoría de los climas un invernadero agregado bien construido recolecta durante un día claro de invierno más energía que lo que necesita para su calefacción. Una parte de esta energía extra puede ser conducida a través de una muralla común hacia el edificio.

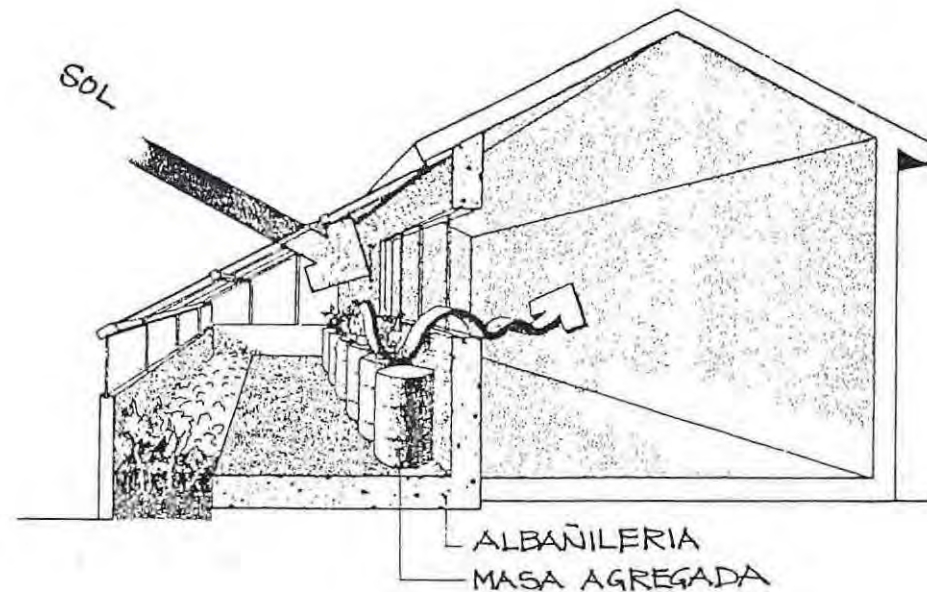


Fig. 65: Invernadero agregado.

Tabla: Dimensionamiento de invernaderos para diferentes condiciones climáticas.

Tem. media invierno	m ² de vidrio por m ² de piso	
	Muralla albañilería	Muralla Agua
Climas fríos		
-7° C	0,9 a 1,5	0,68 a 1,27
-4° C	0,78 a 1,3	0,57 a 1,05
-1° C	0,65 a 1,17	0,47 a 0,82
Climas templados		
2° C	0,53 a 0,9	0,38 a 0,65
5° C	0,42 a 0,69	0,30 a 0,61
7° C	0,33 a 0,53	0,24 a 0,38

Nota: las temperaturas pertenecen a los meses más fríos de mayo y junio.

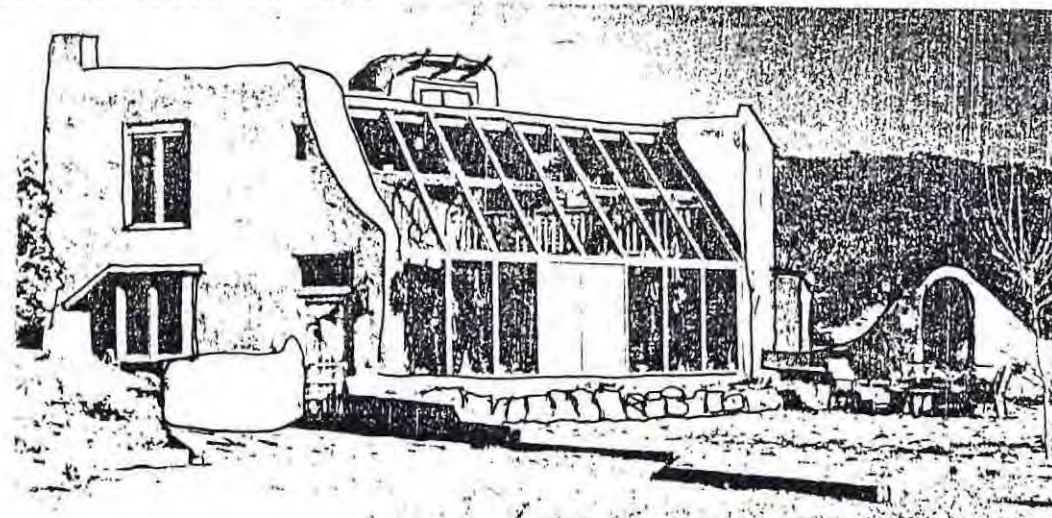


Fig. 66: Invernadero incluido en el diseño.

16.- La Conexión Invernadero (Greenhouse Connection).

Los detalles de la conexión termal entre el invernadero agregado y el edificio determinan lo efectivo de éste como fuente de calor.

»» La Recomendación.

Cuando el principal método de transferencia de calor entre el invernadero y el edificio es una muralla térmica, use la siguiente tabla como guía para seleccionar el ancho de la misma:

Material	Ancho recomendado
Adobe	20 - 30 cm
Ladrillo	25 - 35 cm
Concreto	30 - 45 cm
Agua	20 o más

Incluya ventanas operables y elementos para sombrear a fin de prevenir un aumento excesivo de la temperatura del invernadero en el verano.

»» La Información.

En este patrón se presentan dos métodos para transferir calor desde el invernadero al edificio. Una muralla común de albañilería o una termal de agua, o bien un sistema de almacenamiento activo de piedra con distribución pasiva.

Almacenaje Activo de Piedra o Roca - Distribución Pasiva de Calor.

El calor (aire caliente) es extraído desde el invernadero por medio de un ventilador y se almacena en una "cama de piedra" ubicada usualmente en el espacio debajo del piso del edificio. La ventaja de este sistema es que el invernadero puede ser construido de cualquier material y no se necesita una muralla termal común. Esto es recomendable cuando se desea una conexión visual desde el edificio al exterior.

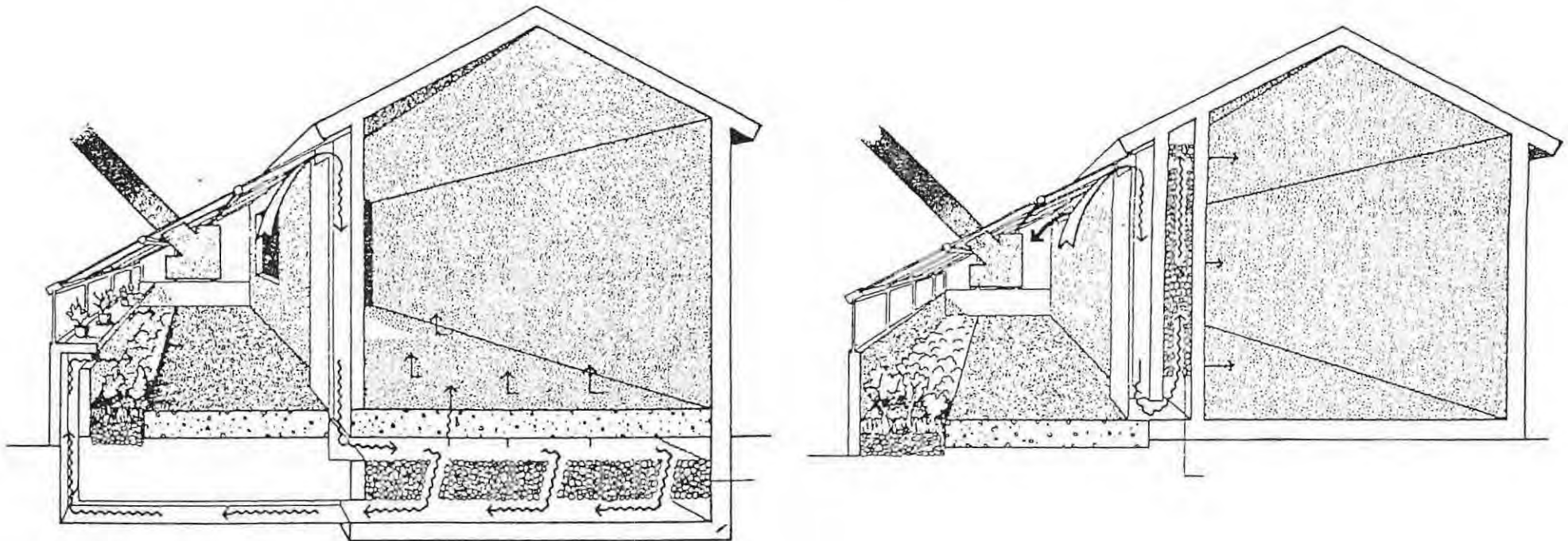


Fig. 67: Almacenaje en piedra inducido por ventiladores.

Sistemas de Techos Lagunas.

17.- Dimensionamiento del Techo Laguna.

Considerando que estos techos actúan o trabajan combinadamente como recolector solar, disipador de calor (fresco en verano), almacén y radiador, su área varía de acuerdo al clima. Pueden ser usados como calefactor o como refrigerante.

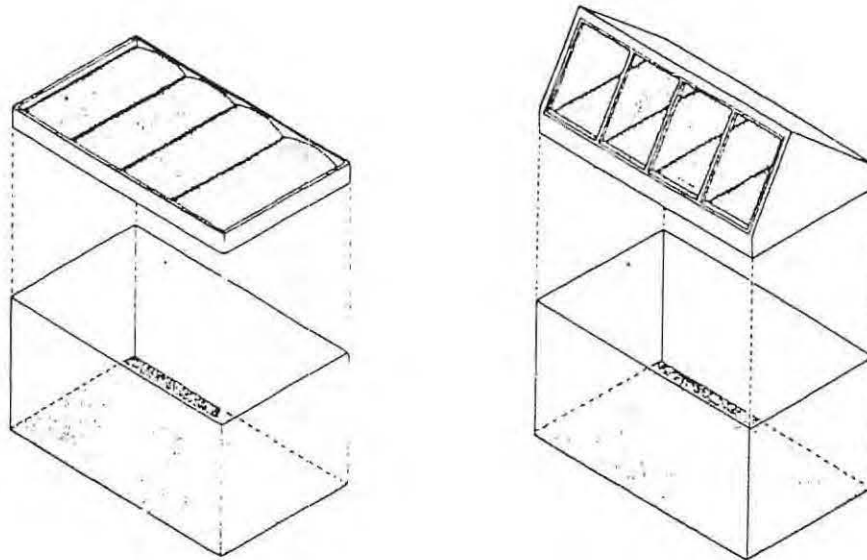


Fig. 68: Techo laguna.

»» La Recomendación.

Para calefaccionar los radios recomendados para cada área recolectora sobre estos techos están contenidas en la siguiente tabla.

Temperatura media exterior en invierno	-10 a -4° C	-4 a -2° C	-2 a 7° C
Laguna c/vidrio doble y aislación nocturna	...	0,85 - 1,0	0,60 - 0,90
Laguna c/aislación noct. vidrio simp. y reflector.	...	...	0,33 - 0,90
Laguna c/doble vidrio, aisl. noc. y reflector	...	0,50 - 1,0	0,25 - 0,45
Colector c/pendiente sur cubierto c/aisl. noct.	0,60 - 1,0	0,40 - 0,60	0,20 - 0,40

En cada rango, elija un radio de acuerdo a su latitud, en aquellas bajas use el radio menor, viceversa en las altas.. Estos techos lagunas en latitudes mayores a 36° Sur, requieren reflectores para aumentar la recepción.

Tabla: Radios recomendados

Tipo de laguna	Clima caliente húmedo	Clima caliente seco
Laguna vidrio simple	1,0	0,75 - 1,0
Laguna vidrio simple aumentado por frío evaporado	0,75 - 1,0	0,3 - 0,5

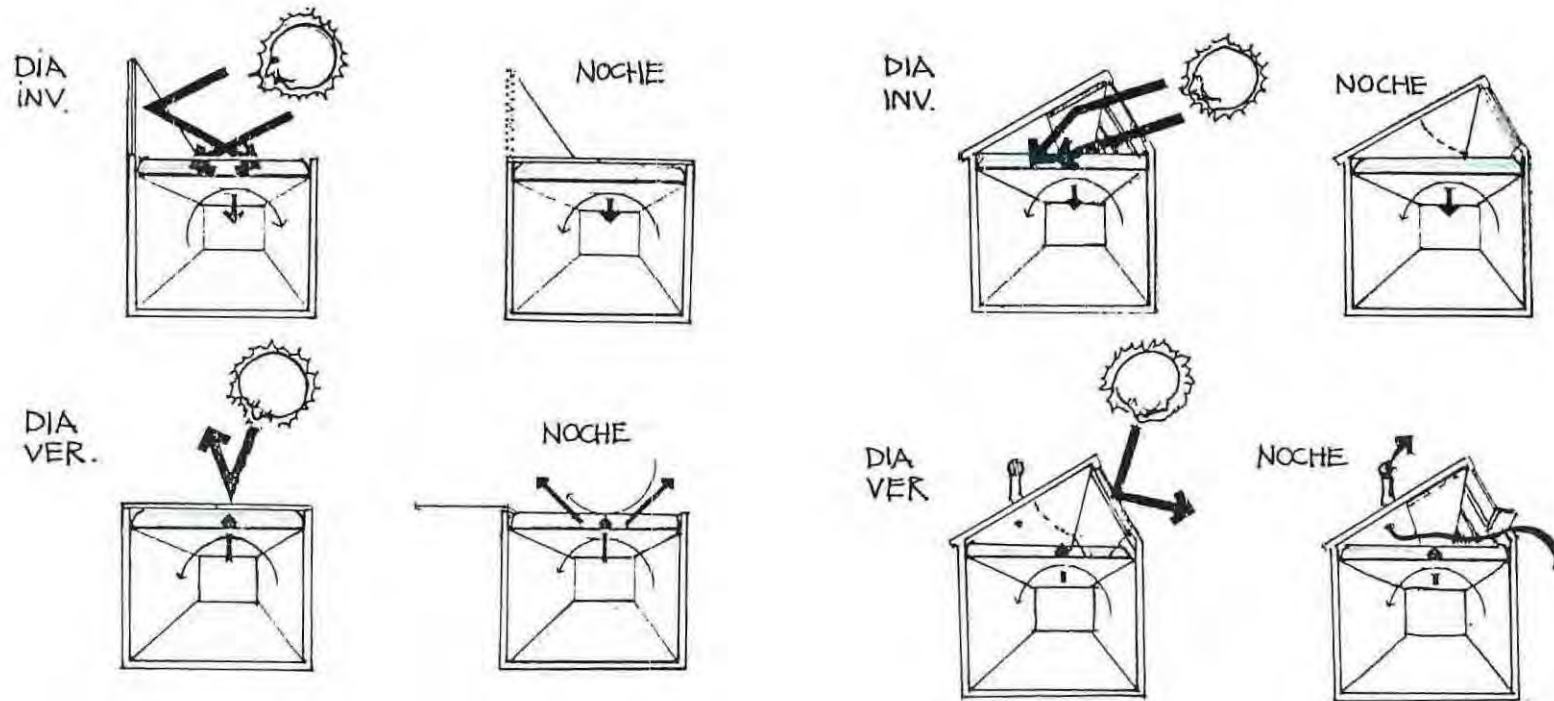


Fig. 69: Tipos de techos laguna.

»» La Información.

Aparte del clima y pérdida de calor de un edificio el dimensionar los techos laguna depende de las funciones que éstos tengan. (calefaccionar o enfriar)

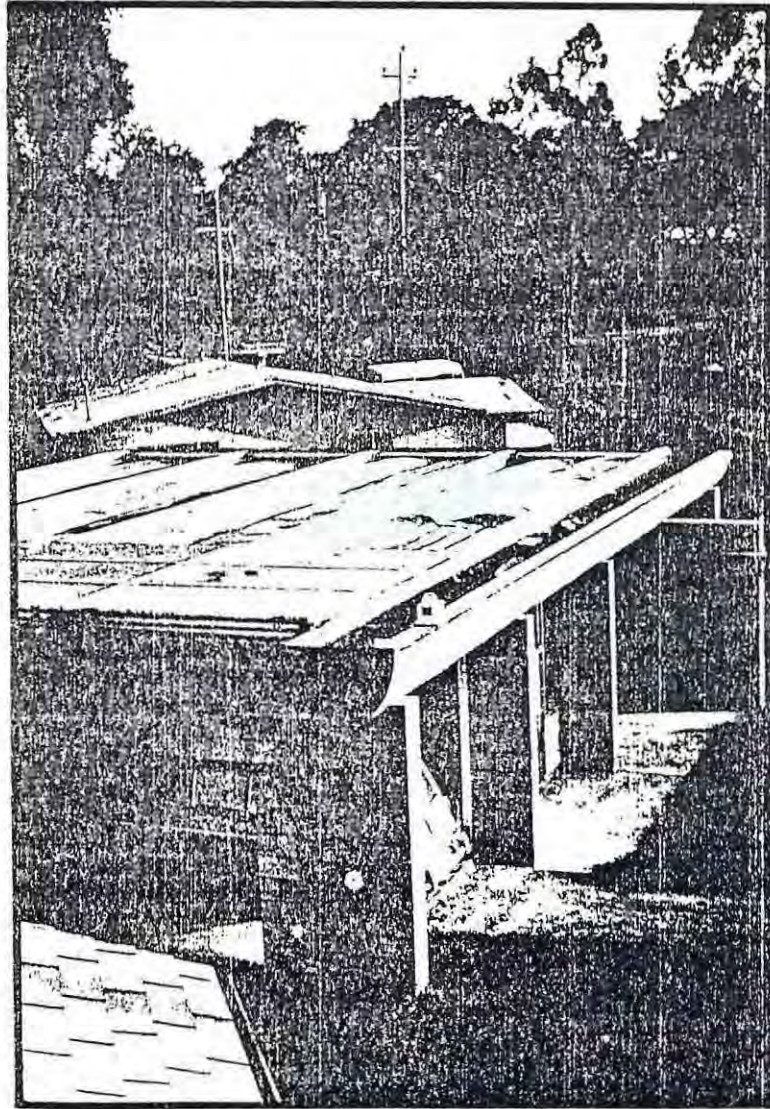


Fig. 70: Variación de techos laguna

La Relación con Aislación Movable.

Este tipo de aislación puede actuar como reflector cuando está abierta, aumentando la capacidad de calefaccionar el techo laguna. Sin embargo, de no ser diseñada cuidadosamente, ésta puede disminuir la capacidad de enfriamiento del sistema. El ángulo óptimo en invierno es de 80° a 90°.

Vidriado.

La eficiencia de estos techos aumenta considerablemente con vidrio doble.

Debido a la gran superficie expuesta a pérdidas convectivas los de vidrio simple no son aplicables en regiones con temperaturas medias mensuales de 10° C, a menos que ésta sea aumentada con reflectores.

18.- Detalles de Techos Laguna.

Debido a la naturaleza integral de los techos laguna y su diseño estructural hay muchos detalles que deben ser considerados cuidadosamente.

»» La Recomendación.

El techo: apoye las lagunas sobre metal impermeabilizado o una losa de concreto delgado, pinte la parte interior del techo de cualquier color y déjelo expuesto al espacio inferior para una transferencia óptima.

Las lagunas: Ponga el agua en bolsas plásticas transparentes o en contenedores impermeabilizados de metal o fibra de vidrio entre 15 a 30 cm de espesor.

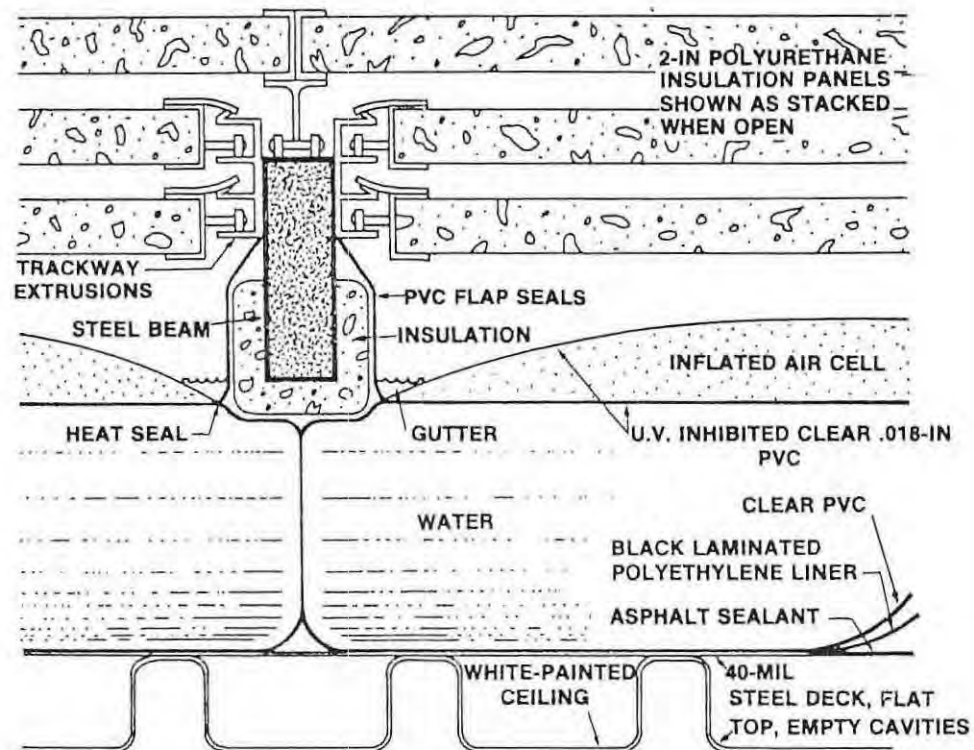


Fig. 71: Techo laguna y detalle.

Los paneles aislantes: la aislación móvil más común viene en paneles de poliuretano reforzado de 5 cm de espesor con cintas de fibra de vidrio y encerrado por ambos lados por placas de aluminio de 2 mm. En el mercado esto se denomina aislación metálica.

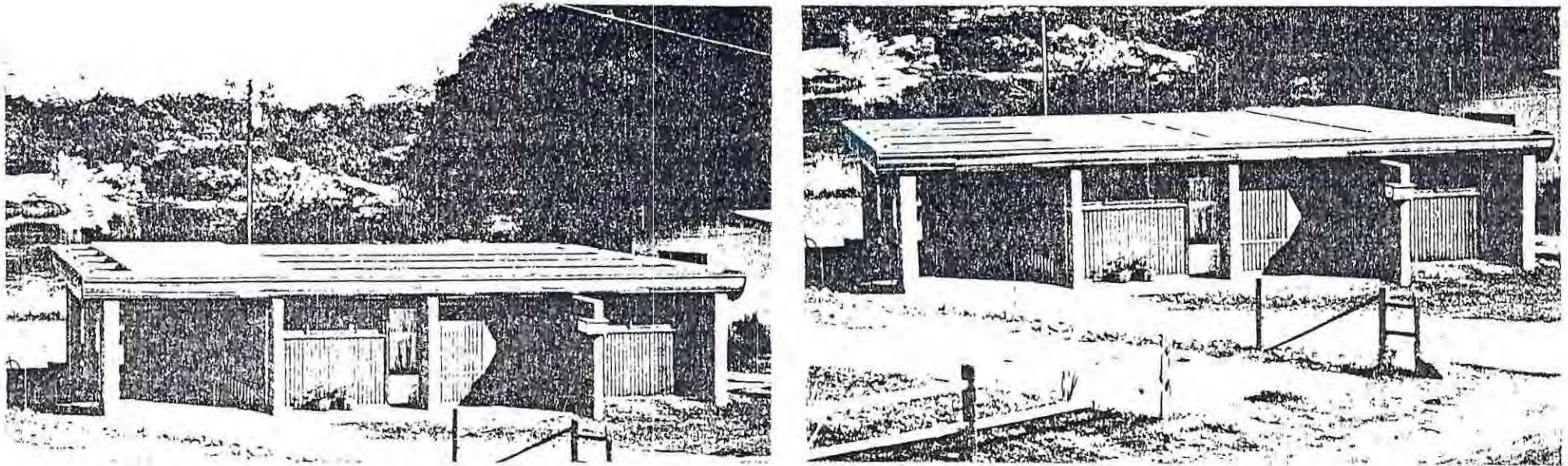


Fig. 72: Ejemplos de paneles deslizantes: abierto y cerrado.

Invernaderos.

19.- Invernaderos Orientados al Norte.

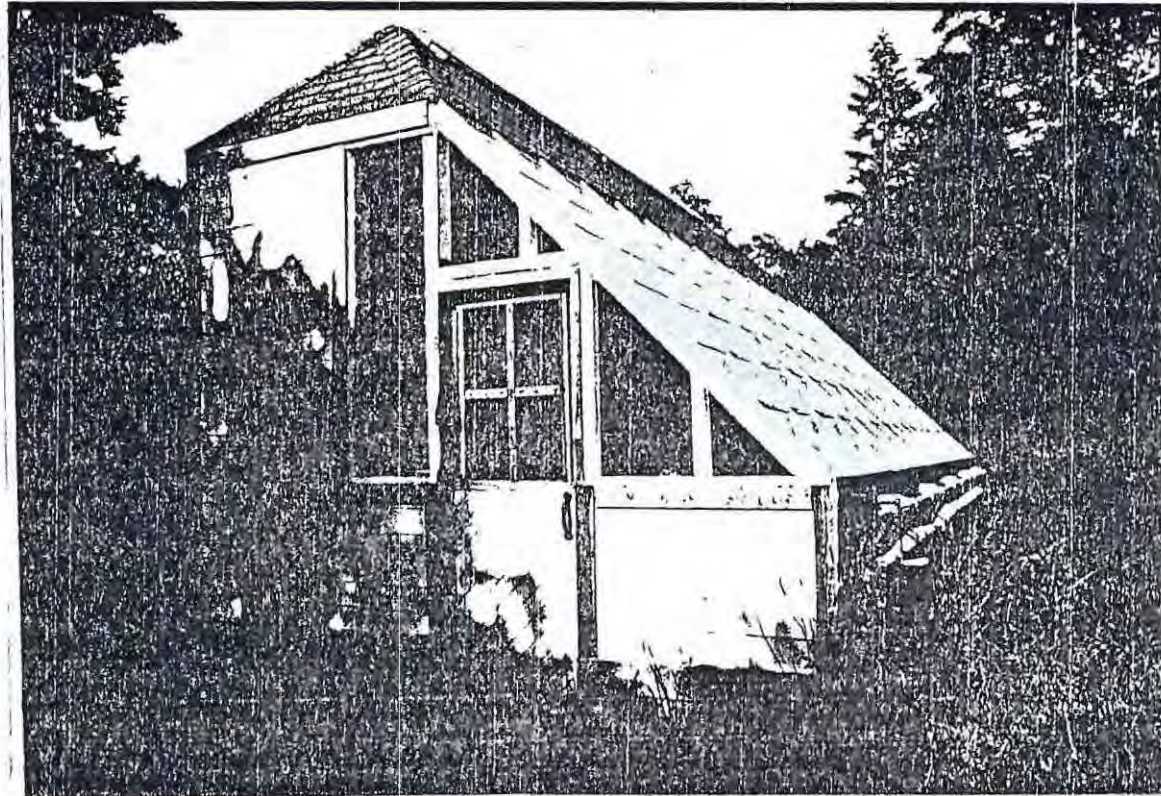


Fig. 73: Invernadero.

La gran superficie vidriada de un invernadero tradicional implica una gran pérdida de calor, requiriendo, por lo tanto, en la noche el empleo de sistemas de calefacción de energía convencional.

»» La Recomendación.

En climas templados y fríos extienda el invernadero a lo largo del eje Este-Oeste y construya la muralla sur de materiales opacos incorporando de 5 a 8 cm de aislación rígida.

Para prevenir que las plantas crezcan por un solo lado, pinte el techo interno y la parte superior de la muralla sur de un color claro a fin de reflejar luz solar hacia la parte trasera de la planta. Agregue masa termal en su interior para almacenar excesos del calor reflejado durante el día para uso nocturno.

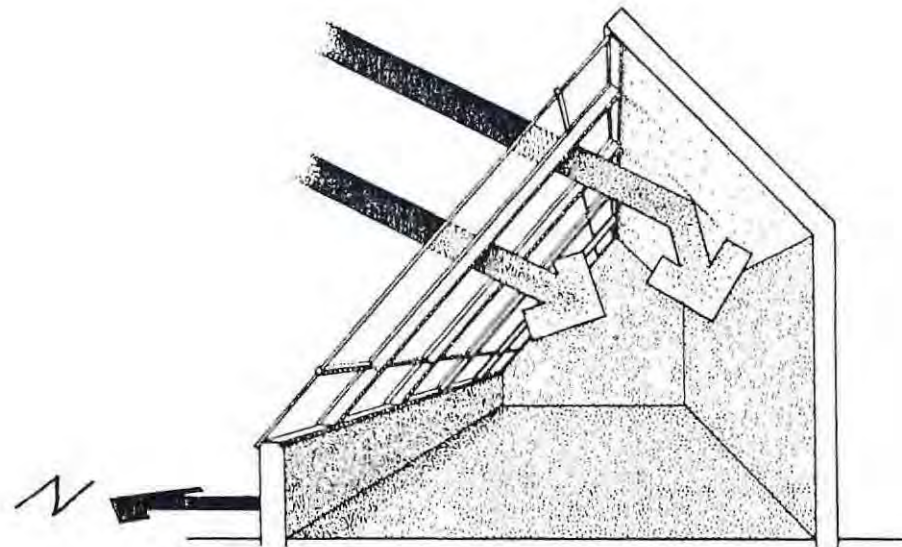


Fig. 74: Reflejos hacia el interior del invernadero.

»» La Información.

En 1973, en la Universidad de Laval, Quebec, Canadá, un estudio reporta lo siguiente:

"Ha sido desarrollado un nuevo diseño para regiones frías, este invernadero está orientado a lo largo del eje Este-Oeste, el techo orientado al sur transparente y la muralla orientada al norte es aislada con una cubierta reflejante en su cara interior". En este estudio, debido a la reducción de las pérdidas de calor se pudo producir tomates y lechugas en temperaturas invernales del orden de -20° C. Esto se debe al incremento de luminosidad.

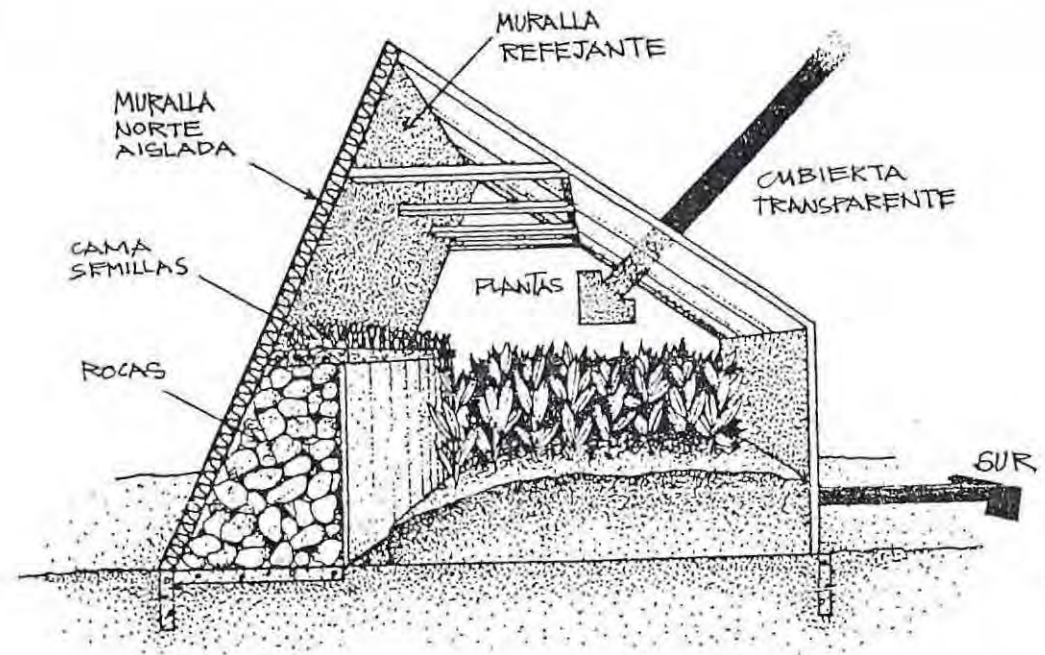


Fig. 75: Invernadero Universidad de Laval.

Tabla de temperaturas medias en días claros en invernadero.

Temp. media externa

Temp. media interior.

	Vidrio simple	Vidrio doble
-12°	2° - 7°	7° - 13°
-9°	5° - 10°	10° - 15°
-7°	7° - 13°	13° - 18°
-4°	10° - 15°	15° - 21°
-1°	13° - 18°	18° - 24°
2°	15° - 21°	21° - 27°
5°	18° - 24°	24° - 30°
7°	21° - 27°	27° - 32°

Fuente: Universidad de Laval.

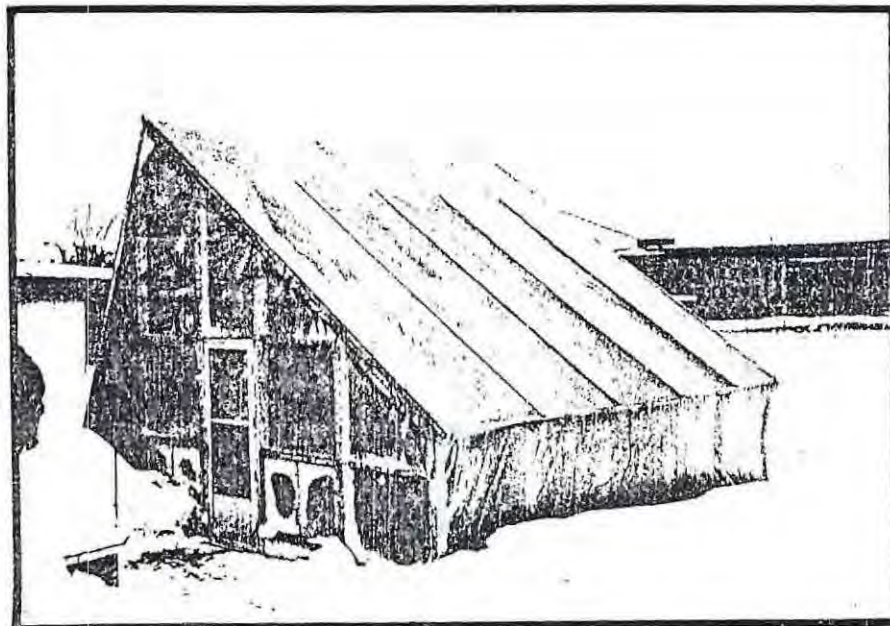


Fig. 76: Invernadero

20.- Detalles de Invernaderos.

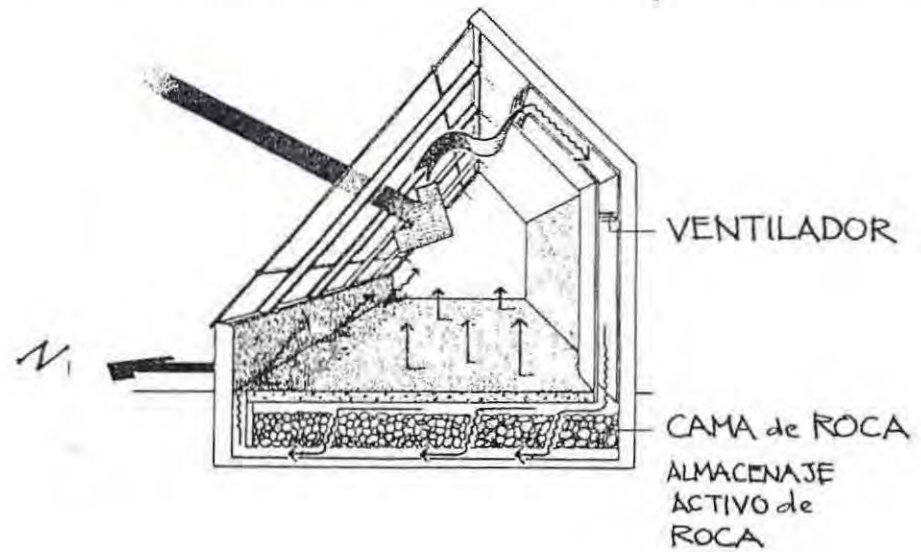
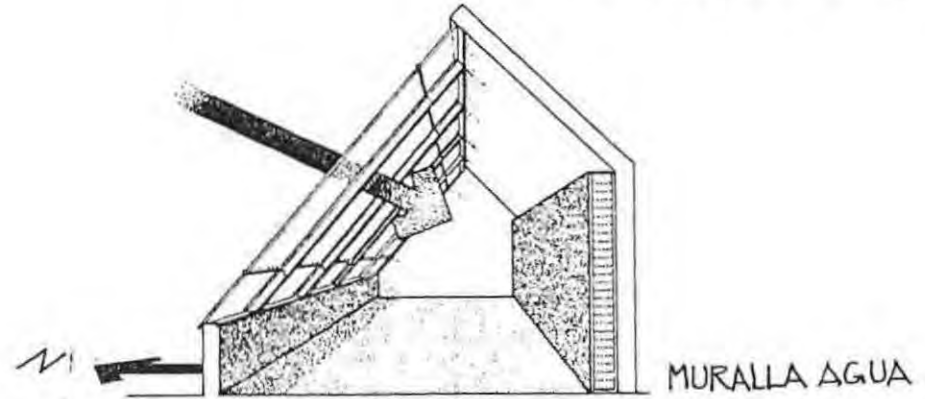
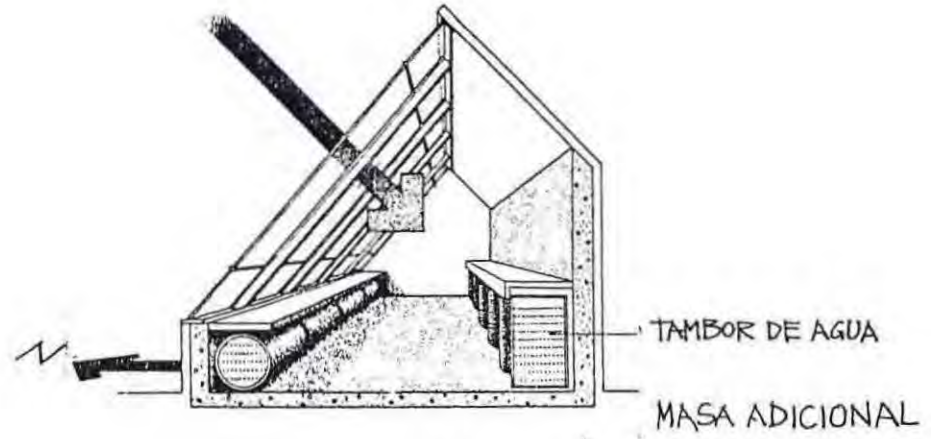


Fig. 77: Detalle de invernadero.

El exceso de calor solar recolectado durante el día en un invernadero convencional se escapa. De hecho, todos los invernaderos son solares, los métodos corrientes de construcción de ellos no prevén métodos para el almacenamiento del exceso de calor del día para su uso durante la noche. La ausencia de estos métodos producen diferencias excesivas de temperaturas.

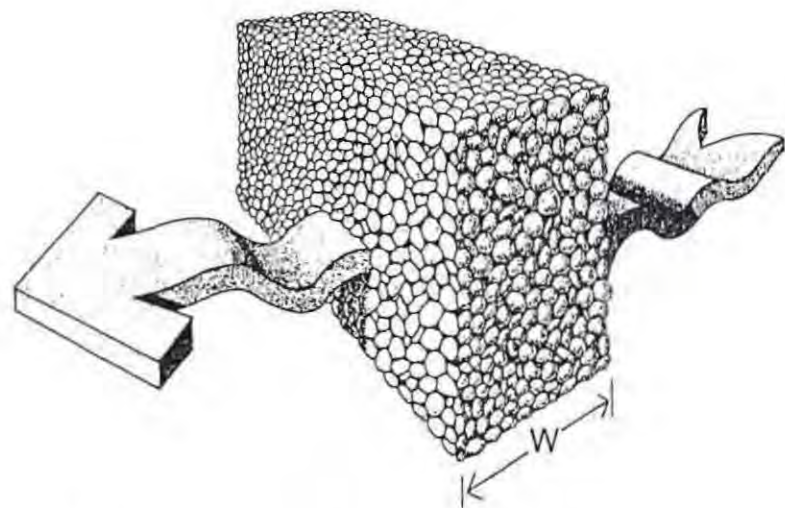
»» La Recomendación.

Instale suficiente masa termal de almacenaje en el invernadero y para humedecer el ambiente interior use los siguientes métodos:

- a) Construcción de albañilería sólida con masa adicional. Además agregue masa termal como agua en contenedores para regular las fluctuaciones.
- b) Instale una muralla de agua en el lado sur del invernadero usando aproximadamente medio metro cúbico de agua por cada metro cuadrado de vidrio orientado al norte.
- c) Utilice sistemas de almacenaje activo de piedra o roca.

»» La Información.

Considera que en un invernadero sin elementos de almacenaje de calor, su temperatura entre 15° y 37° C en un día de invierno soleado. Un claro ejemplo es aquel que llega a una temperatura en el día de 37° C y en la noche de -1°. Por esta razón un invernadero debe contener suficiente masa termal para absorber calor del día para su uso nocturno.



W=1 a 3mt.

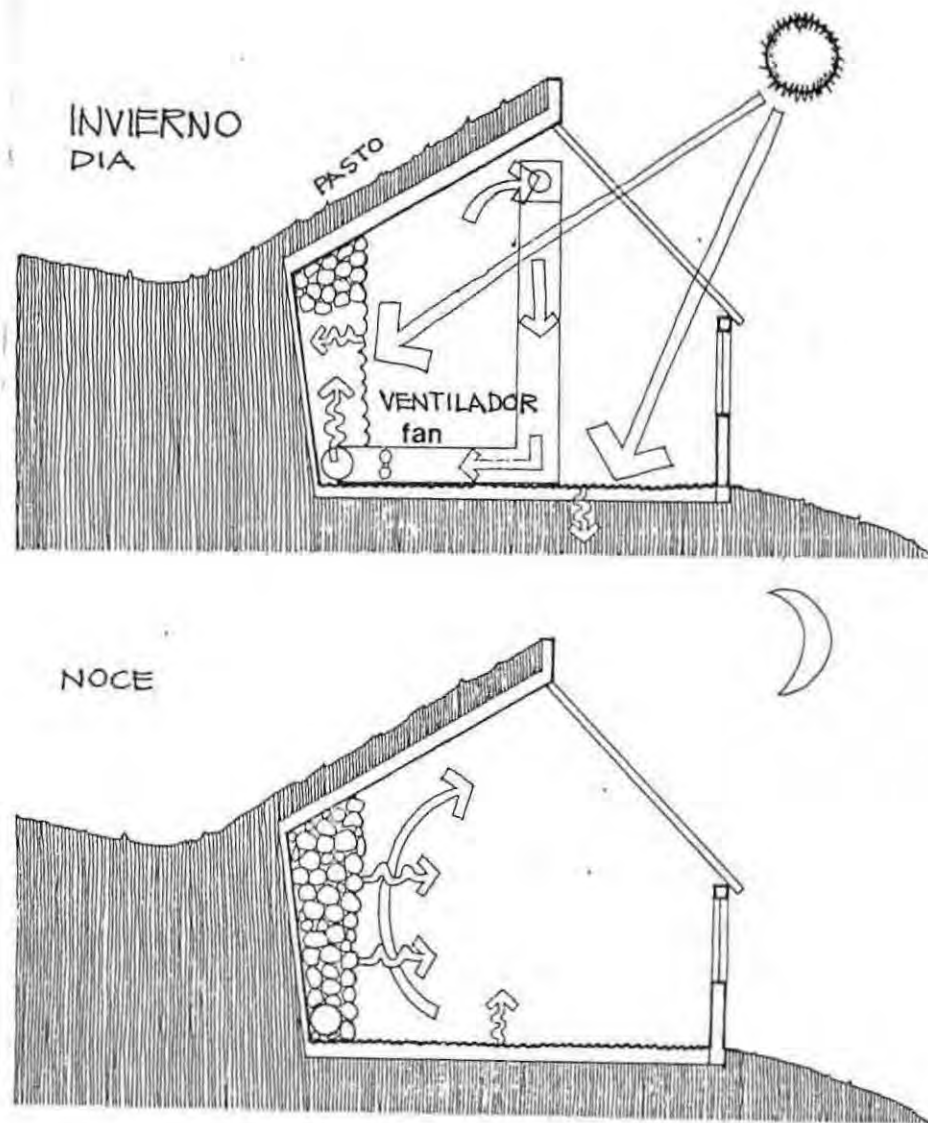


Fig. 78: Sistemas de almacenamiento de calor en un invernadero.

Sistema activo de piedra para almacenamiento.

En este caso se dirige aire caliente desde la parte superior del invernadero y se hace pasar a través de una "cama de rocas". El calor transferido desde el aire a la roca se almacena para su uso nocturno o en días de poca radiación. El ancho recomendado de esta cama es de 1 a 3 metros.

La ubicación y el diseño de este sistema varía dependiendo de consideraciones espaciales y funcionales de éste. El lugar de ubicación más usado es bajo el piso, por considerarse un espacio gratuito. Un piso de madera o una losa de concreto se construye sobre esta cama y durante el ciclo de carga un ventilador transfiere el calor desde el espacio a la masa de rocas. De noche el calor proviene desde el piso en forma pasiva, funcionando como un panel radiante.

(VER PAG 108)

Fig. 79: Dimensiones de la cama de roca.

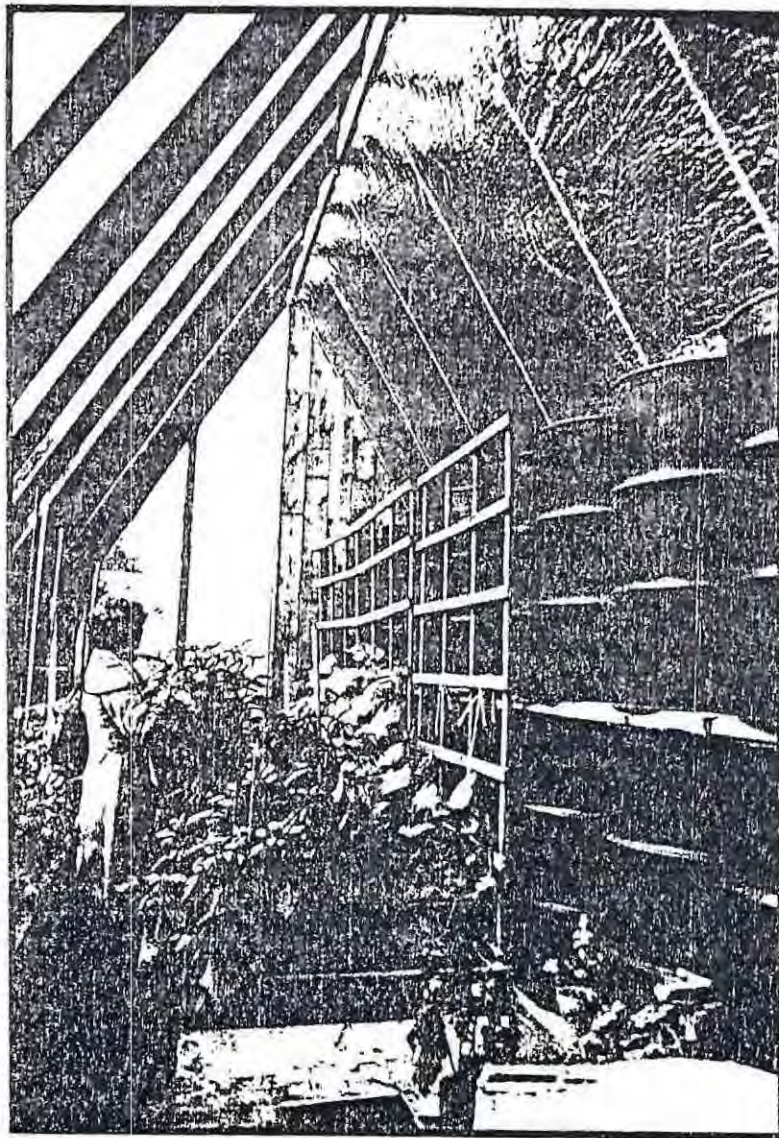


Fig. 80:

Para poder prevenir sobrecalentamiento en verano es esencial poder sombrear las partes vidriadas, ya sea con cortinas rodantes o celosias.

21.- Sistemas Combinados.

Lo más seguro es que se utilice una combinación de sistemas para calefaccionar un espacio. Sin embargo las dimensiones son dadas usualmente por cada uno de los sistemas individuales.

»» La Recomendación.

Cuando diseñe una combinación de sistemas ajuste los procedimientos a dados en patrones previos de acuerdo a los siguientes radios, para la misma cantidad de calefacción cada metro cuadrado de ganancia directa vidriada iguala 2 m² de muralla de almacenaje termal o iguala 3 m² de muralla común de un invernadero.

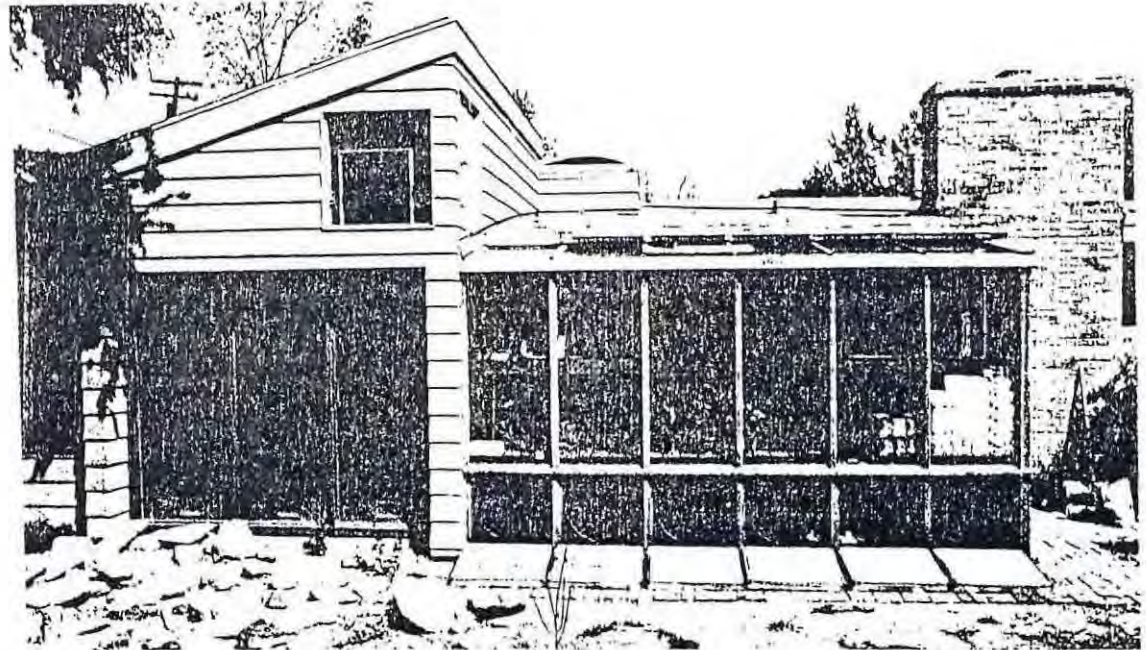


Fig. 81.- Ejemplo de sistema combinado.

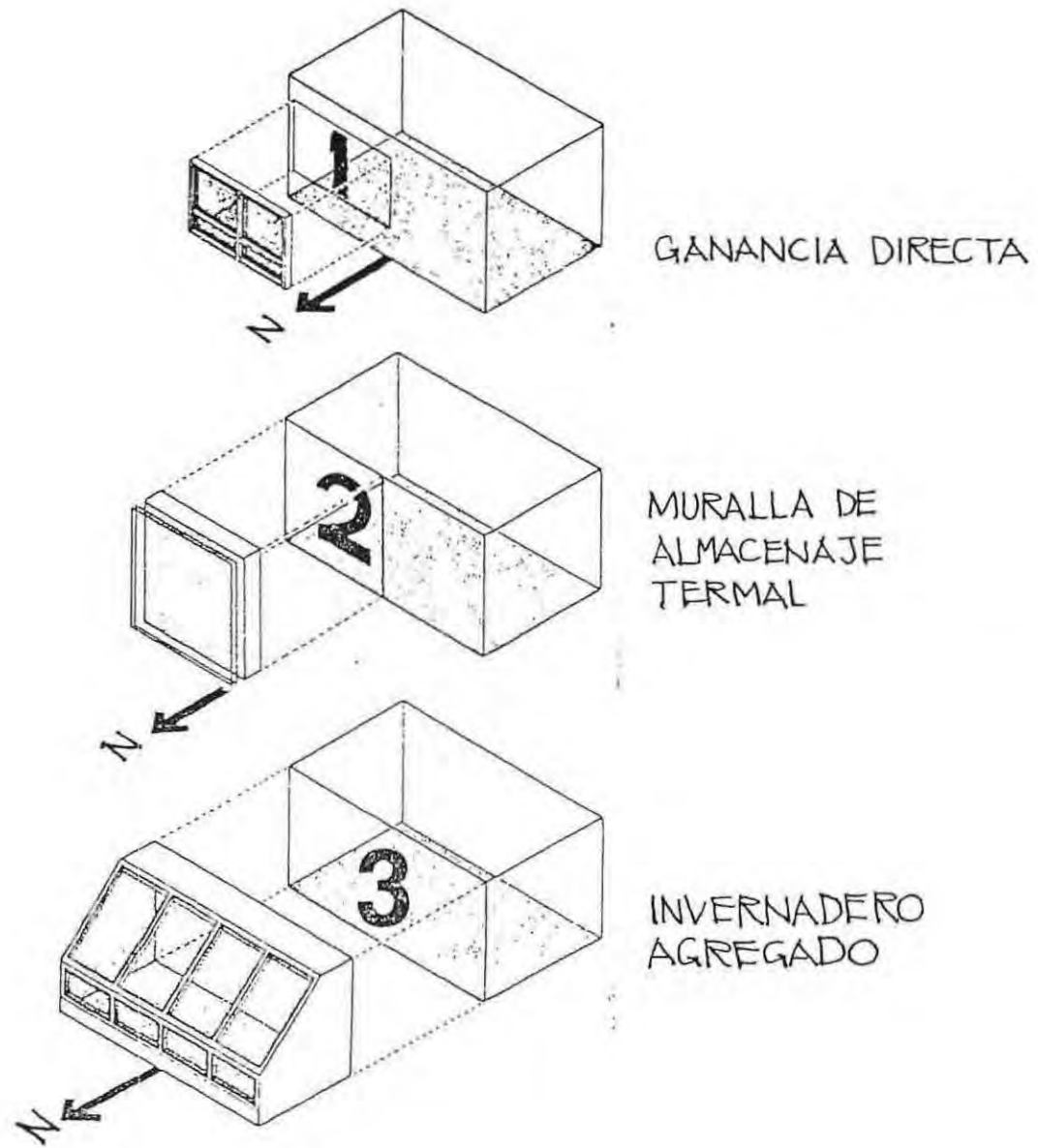


Fig. 82: Sistemas combinados

»» La Información.

Todo esto sugiere que una proporción de 1 (ganancia directa) a 2 (muralla termal de almacenamiento y a 3 (invernadero agregado) existe entre los sistemas. Esto significa que por cada metro cuadrado de vidrio en un sistema de ganancia directa otorga la misma cantidad de calor a un espacio de 2 m² de muralla de almacenaje termal o 3 m² de invernadero agregado.

22.- Almacenaje en Días Nublados.

En un edificio calefaccionado pasivamente, donde la masa termal es parte de los espacios habitables, cualquier calor adicional recolectado afectarán las temperaturas medias. La regla entonces es que para almacenar calor en días nublados, las áreas recolectoras y la masa termal deben ser aumentadas. Se corre el riesgo que si el sistema se agranda y la temperatura media sube, este espacio se sobrecaliente.

»» La Recomendación.

Sistemas de ganancia directa. Como regla general para proveer almacenaje de calor para uno o dos días nublados aumente el vidriado norte entre un 10% y un 20% y:

- a) Construya murallas interiores de albañilería de 20 cm de espesor.
- b) Use 2 a 3 m² de muralla de agua interior por cada m² de vidrio norte.

Sistemas de ganancia indirecta. Para proveer almacenaje para uno o dos días nublados utilice:

- a) Una muralla termal de albañilería más ancha para mayor conductividad.

b) Un m³ de muralla de agua por cada m² de vidrio.

c) 15 a 20 cm de profundidad en el techo laguna, 20 a 25 cm para almacenar calor por 2 o 3 días.

»» La Información.

Después de un período de 2 o 3 días del mismo clima, un espacio calefaccionado pasivamente se estabilizará como sistema. Esto significa que el "input" de calor dentro del espacio igualará el "output", y que la misma temperatura media permanecerá día y noche mientras persistan las condiciones térmicas.

23.- Aislación Movable.

Si bien vidrio y plásticos claros tienen el potencial de admitir grandes cantidades de radiación solar dentro de un espacio durante el día, sus pobres cualidades aislantes permiten que un gran porcentaje de esta energía se pierda durante la noche. Dos tercios de esta pérdida puede evitarse con el uso de aislación movable.

»» La Recomendación.

Si es posible use este tipo de aislación sobre todas las áreas vidriadas para prevenir pérdidas. Si usa vidrio sencillo en zonas fría, ocúpelas todo el tiempo. Para ser realmente efectivo debe sellar y cubrir la parte vidriada y controlar la cantidad de luz solar que ingresa en un espacio en las distintas estaciones, de este modo también actúan como elementos sombreadores. Cuando use paneles exteriores, diseñelos de manera que también sirvan

de reflectores para aumentar la ganancia solar.

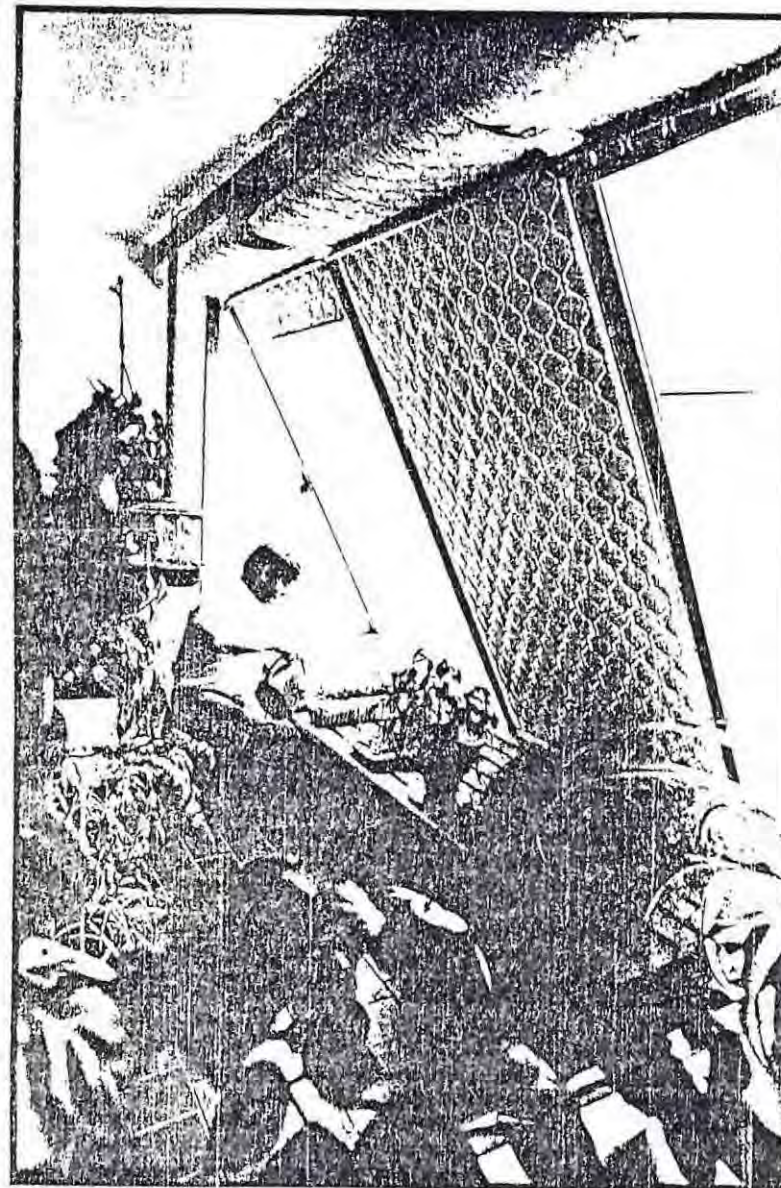
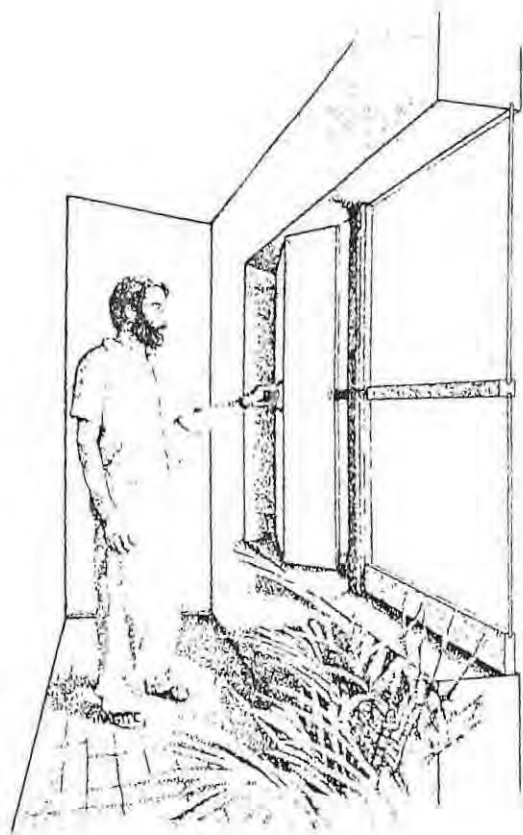


Fig. 83: Aislación movable.

»» La Información.

Tabla: pérdida conducida a través de vidrios simples o dobles con o sin paneles aislantes en Boston. (BTU/pie²).

	Vidrio:	Simple	Doble	Simple+panel	Doble+panel
Día (9 horas)		368	211	368	211
Noche (15 horas)		679	390	51	548
Total pérdida		1.047	601	419	259

Nota: la temperatura media durante el día es de 4° C y de noche, -2° C.

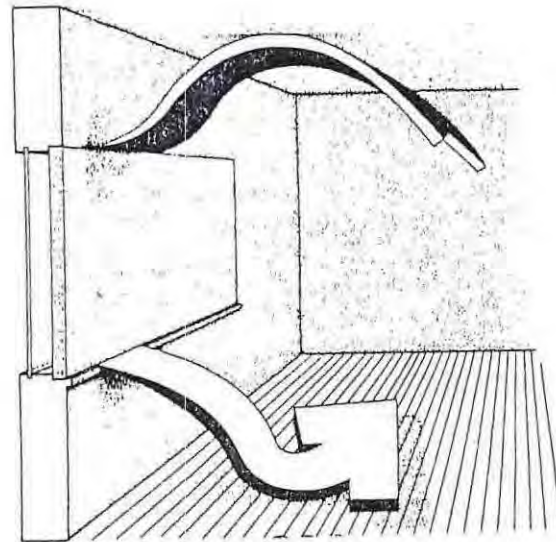


Fig. 84: Panel pobremente instalado.

Todos estos tipos pueden ser operados manual o mecánicamente. Lo último en mecánicos son los llamados "bead wall". Son aquellos que inyectan plumavit granulado (poliuretano) entre un área comprendida entre dos vidrios como respuesta a un sensor de luz y lo aspiran durante el día, actuando así como muralla-ventana.

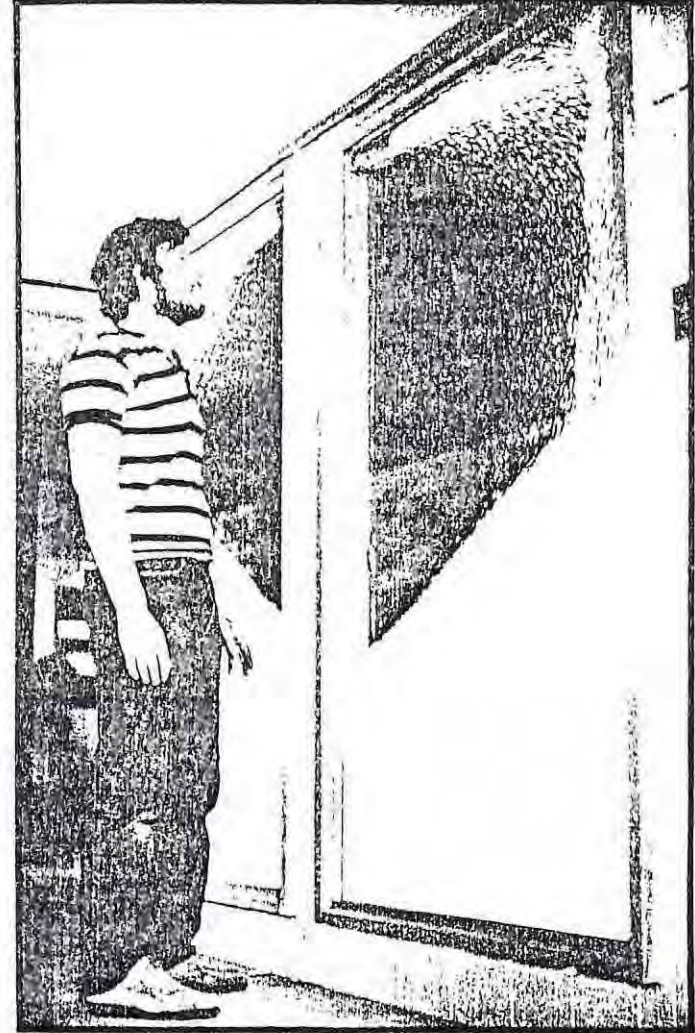


Fig. 85: Bead wall.

24.- Reflectores.

Después de haber elegido el sistema para cada espacio, la cantidad de energía solar incidente en un colector puede ser aumentada con la adición de un reflector. Estos deben estar integrados en el diseño cuando se dimensione y detalle.

Hay circunstancias en que no se desea una gran cantidad de área colectora vidriada, razones tales como sombreamiento parcial debido a otros edificios o vegetación vecina o por simples consideraciones estéticas, hacen que los reflectores sean de gran ayuda.

»» La Recomendación.

Para áreas vidriadas verticales use un reflector horizontal con un ancho aproximado de entre una y dos veces la altura de la zona vidriada. Para claraboyas con pendiente sur, ubique el reflector encima de éste en un ángulo aproximado de 100° .

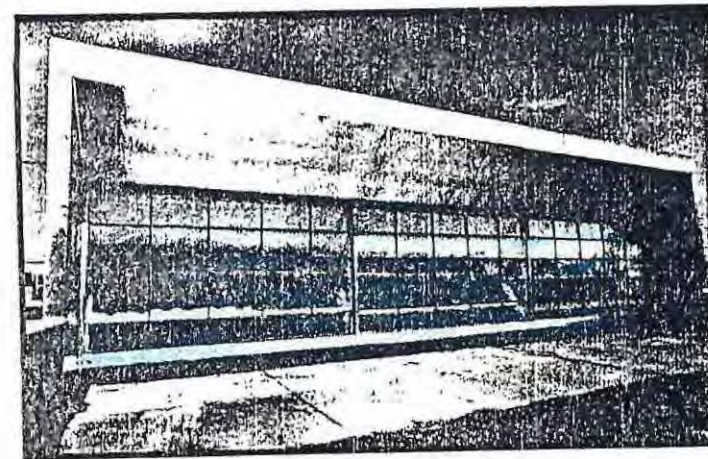
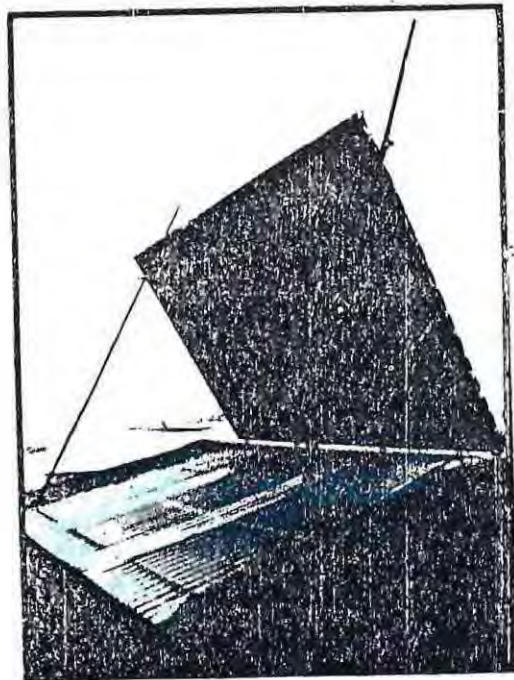


Fig. 86: Reflectores.

»» La Información.

Al usar reflectores la radiación solar incidental de invierno sobre vidrios verticales puede ser aumentada entre un 30% y un 40%.

Tabla: Angulos y pendientes recomendados para reflectores sobre claraboyas orientadas al norte.

Pendiente	Latitud Sur			
	36°	42°	48°	54°
Horizontal	80°	76°	71°	66°
30°	100°	97°	93°	90°
40°	107°	103°	100°	97°
50°	113°	110°	107°	103°

Los reflectores de claraboyas deben ser ajustados en verano para ser usados como elementos sombreadores.

25.- Elementos Sombreadores.

Grandes áreas vidriadas orientadas al norte pueden causar severos sobrecalentamientos en verano. Afortunadamente usando extensiones del edificio se puede controlar eficientemente el problema.

»» La Recomendación.

Ensombrezca las áreas vidriadas hacia el norte con extensiones horizontales, que son de un cuarto de la altura de la ventana (cornisas).

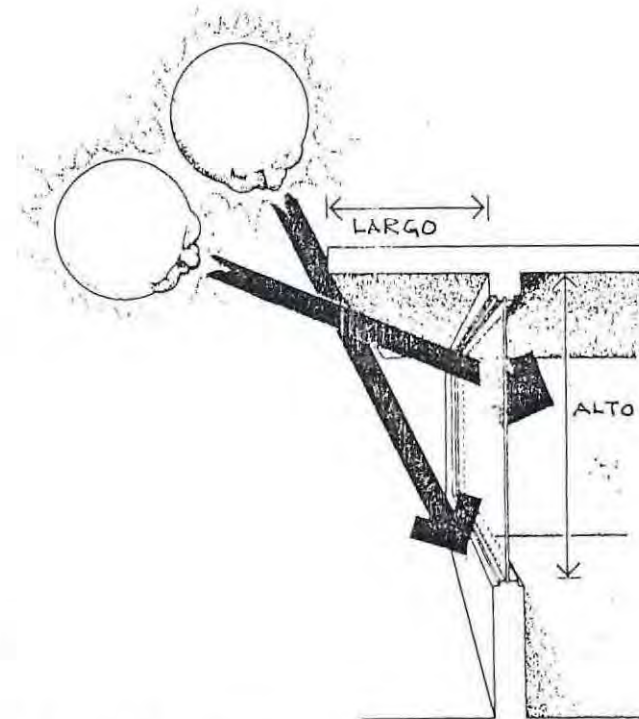


Fig. 87: Cornisa.

»» La Información.

La siguiente ecuación nos entrega un método rápido para determinar la proyección de una cornisa fija:

$$\text{Proyección} = \frac{\text{Apertura de ventana (altura)}}{F}$$

Donde F se extrae de la siguiente tabla:

Latitud Sur	F
28°	5,6 - 11,1
32°	4,0 - 6,3
36°	3,0 - 4,5
40°	2,5 - 3,4
44°	2,0 - 2,7
48°	1,7 - 2,2
52°	1,5 - 1,8
56°	1,3 - 1,5

Nota: Seleccione el factor de acuerdo a la latitud. Los valores altos proveerán 100% de sombra en verano.

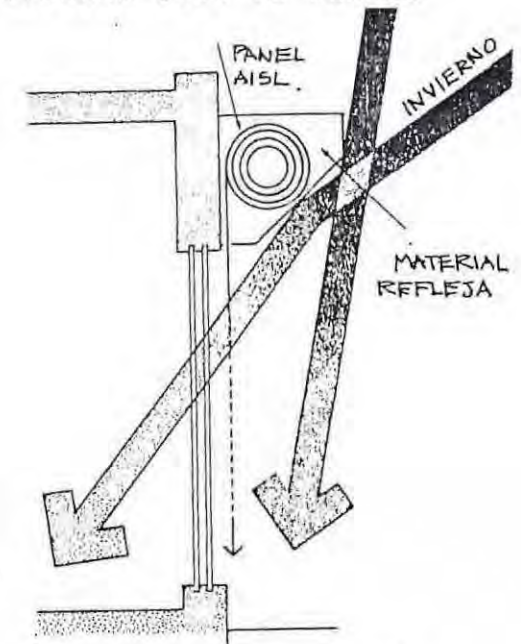


Fig. 88: Cornisa reflectora en Community Center, Trenton, New Jersey.

26.- Aislaciones en el Exterior.

Si bien la albañilería es buena para almacenar calor, aquella expuesta al exterior podrá filtrar y almacenar calor, pero también filtrará hacia el exterior. Materiales como ladrillo, piedra, concreto y adobe pueden almacenar grandes cantidades de calor, pero albañilería en sí mismo no es un buen aislante. Por ejemplo 8 cm de aislación de fibra de vidrio tiene la capacidad aislante de 3,5 m de concreto y 1,2 m de adobe.

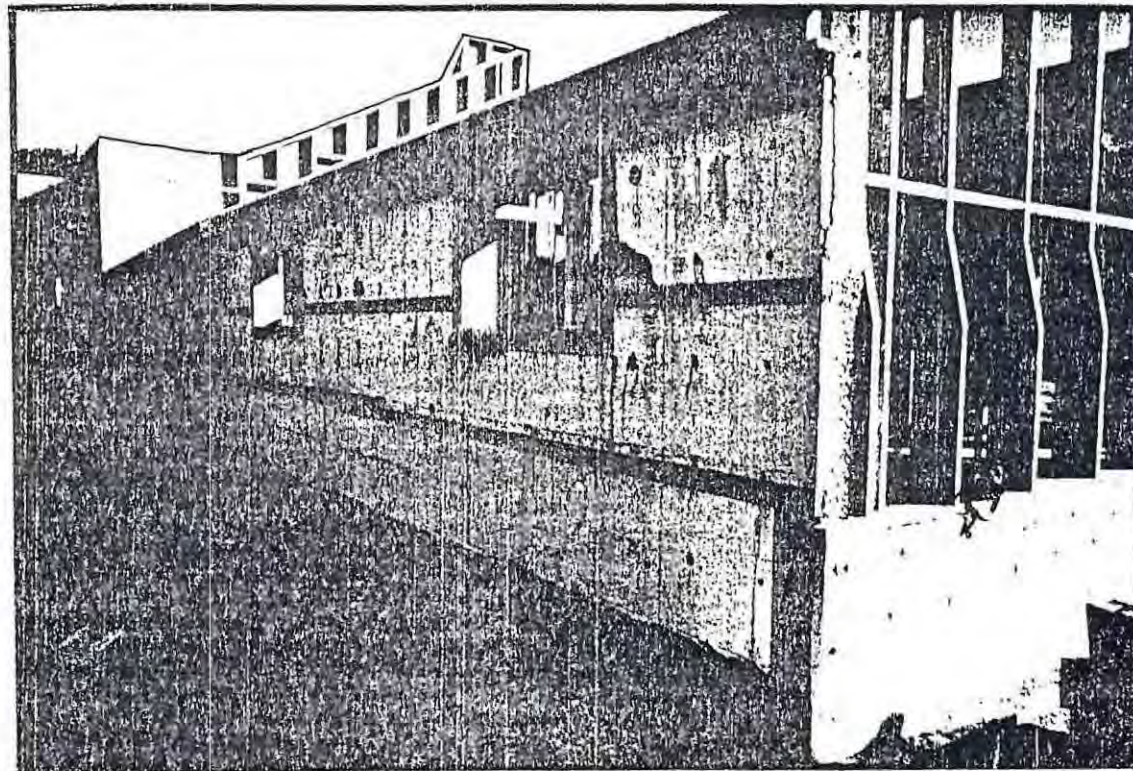


Fig. 89: Aislantes externos.

»» La Recomendación.

Ubique la aislación en la cara exterior de la muralla de albañilería. También alrededor del perímetro de las murallas de fundación. Aplique 30 a 60 cm de aislación de 5 cm de espesor debajo de la línea de tierra (debe ser rígida e impermeable): Esto ayudará a prevenir que el calor almacenado en las murallas y suelos, se escape al exterior.

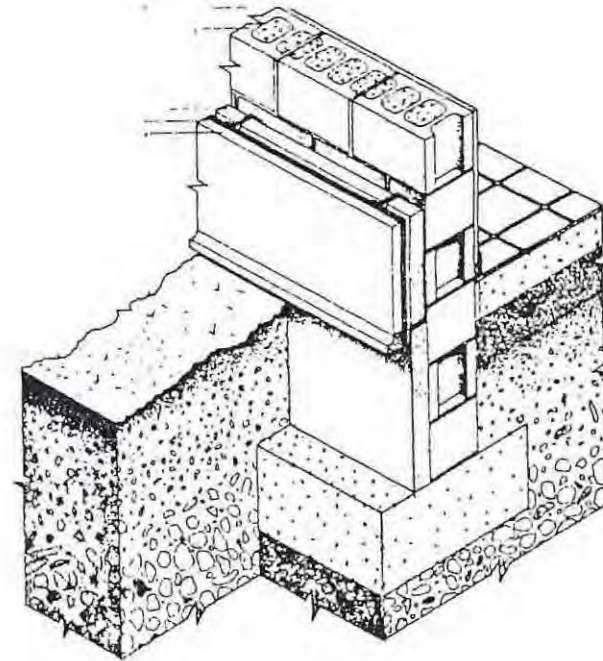


Fig. 90: Detalle de aislación exterior

»» La Información.

La aislación puede tener forma de planchas rígidas, instaladas directamente a la muralla o aislación instalada entre pie derechos de metal o madera. Una vez instalada debe ser

protegida del clima y daño físico con estuco o terminaciones de madera.

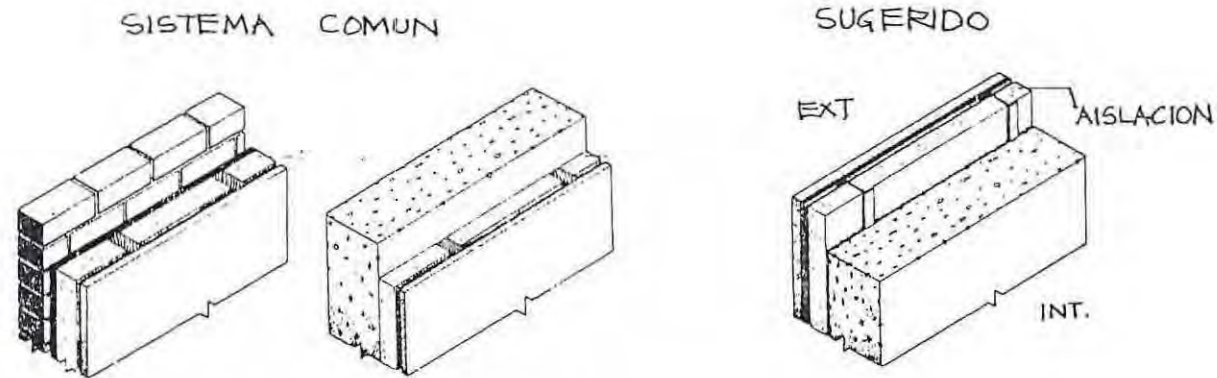


Fig. 91: Ejemplo de aislación.

27.- Refrescando en Verano.

La oportunidad de utilizar sistemas pasivos en verano es casi siempre olvidada como elemento de refrigeración. Siempre el énfasis está dado para mantener calefacción. Hay básicamente dos elementos en todo edificio pasivo: vidrios orientados al norte para ganancia de calor y masa termal para almacenaje. Estos elementos, cuando sin diseñados apropiadamente, tienen el potencial de proveer calefacción y enfriamiento en climas con inviernos fríos y veranos calurosos.

»» La Recomendación.

Construya el techo y píntelo de un color claro o de material reflejante en climas con veranos calientes y secos:

- a) Abra el edificio de noche (ventanas) para enfriar la masa termal interior.
- b) Arregle grandes aberturas de igual tamaño que se enfrenten (ventilación cruzada) y ábralas de noche.
- c) Cierre el edificio durante el día para mantener el calor afuera.

En climas con veranos calientes y húmedos:

- a) Abra el edificio hacia las brisas de verano durante el día y las tardes.
- b) Use ventilación cruzada.

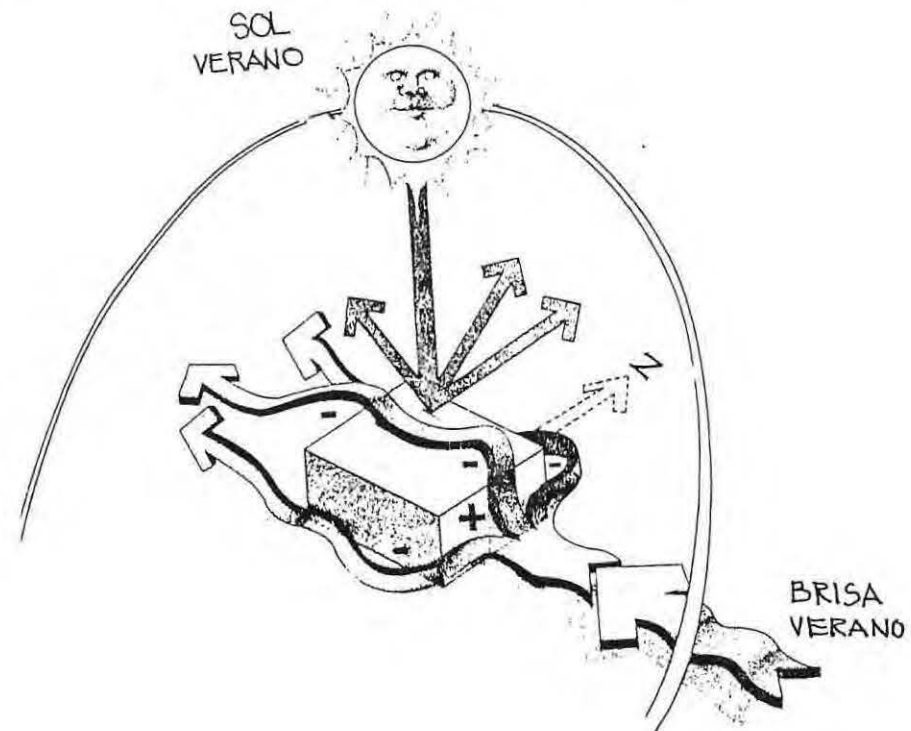


Fig. 92: Enfriando en verano.

CONCLUSIONES

En general este estudio es la base para una profundización que el diseñador deberá abordar para obtener un resultado integral, es decir, que usará de su capacidad creadora estética y diseñará formas que correspondan a habitar en confort.

Sin ser extremista o fanático soy un convencido que una consciencia diseñadora que utilice la energía natural será, obviamente, una que no producirá polución y, a la vez, creará edificios económicos en el tiempo.

Lo segundo es de carácter personal y tiene que ver con el hecho que este estudio representa lo que yo hago hace mucho tiempo, por haber vivido en Canadá y haber experimentado los beneficios de sus estándares, que para ser sincero, son increíbles. Comprendo además que éstos son el resultado simple de una sociedad consciente del valor del ahorro.

Me atrevo a decir que con muy poco esfuerzo adicional Chile y sus diseñadores podrían llegar a un nivel sin competencia, estéticamente somos claros y manejamos con maestría envidiable formas y texturas y es fácil reconocer la sensualidad del diseño latino, sería fantástico conjugar estos valores en un todo que contemple una visión ecológicamente correcta.

Ricardo E. Rivas

Marzo de 1994.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- "The Heliostat". Solar Source Pub., David Williams, Toronto, Canadá, 1989.
- 2.- "Other Homes and Garbage", Jim Leckie, Gil Masters & Lily Young, Sierra Club Books, San Francisco, E.E.U.U., 1985.
- 3.- "Pasive Solar Energy", Bruce Anderson & Malcolm Wells. Brick House Pub., Massachusetts, E.E.U.U., 1986.
- 4.- Magazine Sol, Solar Energy Society Canada (Varios artículos).
- 5.- "The Complete Energy Saving Guide", James W. Morrison, Arlo Pub., New York, 1972.
- 6.- "Unidades Térmicas para Radiación Solar", Alman Perelman Jaime, 1960.
- 7.- "Una Alternativa para la Vivienda del Sector de Mínimo Ingreso", Baltazar Miranda, Patricio Mena, Seminario Escuela de Arquitectura.
- 8.- "Catastro de Energías Naturales Directas", Carlos Jiménez Fierro, 1981.
- 9.- "Electricidad Solar", Andrés Saavedra, 1981.
- 10.- "Parámetros a Considerar para el Uso y Aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica", Humberto Salinas, 1982.
- 11.- "Uso Directo de la Energía Solar", Farrington Daniels.
- 12.- "Energía Solar y Edificación", S. V. Szokolay, Ed. Blume.
- 13.- "The Solar Home Book", Anderson Bruce.
- 14.- "Energía Solar", Pedro Sarmiento, Ed. Universidad Católica de Valparaíso.

Universidad de Valparaíso
Chile



00084379