

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES



# **“CRITERIOS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN EL PERU”**

INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
ARQUITECTO

**GLADYS EMPERATRIZ MONTORO  
CAVERO**

ASESOR  
ARQ. JULIO POMA ELIAS

LIMA - PERU 2003

TIS-FAUA

0036

ej. 2

**DEDICATORIA:**

Con inmenso cariño al recuerdo de mis queridos padres.

### **AGRADECIMIENTOS :**

A Dios por haberme acompañado en todo momento.

A las autoridades y profesores de la sección de Grados y Títulos por su preocupación y dedicación para formar profesionales de calidad.

A los arquitectos , José Benllochpiquer C., Percy Acuña V., por sus aportes y correcciones al presente trabajo y a mi asesor Arq. Julio Poma E.

Agradezco también a mis compañeros de promoción por su optimismo y espíritu de colaboración.

Finalmente mi agradecimiento a todas las amistades y familiares que me alentaron a iniciar y culminar con éxito esta nueva fase de mi formación académica.

## **TABLA DE CONTENIDO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>PARTE 1.- ABSTRACTO .....</b>   | <b>12</b> |
| 1.1.- INTRODUCCION .....   | 12        |
| 1.2.- OBJETIVOS GENERALES .....  | 13        |
| 1.3.- OBJETIVOS ESPECIFICOS .....  | 13        |
| <b>PARTE 2.- ASPECTOS GENERALES .....</b>                                | <b>14</b> |
| 2.1.- ALCANCES Y LIMITACIONES .....                                      | 14        |
| 2.1.1.- Alcances .....   | 14        |
| 2.1.2.- Limitaciones .....   | 14        |
| 2.2.- METODOLOGIA .....  | 15        |
| <b>PARTE 3.- INFORMACIÓN BASICA .....</b>                                | <b>16</b> |
| 3.1.- CLIMAS EN EL PERU .....  | 16        |
| 3.1.1.- Las Regiones Geográficas .....                                   | 16        |
| 3.1.1.1.- Región Chala, Costa o Llano Costanero .....                    | 16        |
| 3.1.1.2.- Región Yunga, Quebrada o Valle Interandino .....               | 16        |
| 3.1.1.3.- Región Quechua o Templada .....                                | 17        |
| 3.1.1.4.- Región Suni, Jalca o Páramo .....                              | 17        |
| 3.1.1.5.- Región Puna, Altoandino o Altiplano .....                      | 17        |
| 3.1.1.6.- Región Janca, o Muy Alta Montaña .....                         | 17        |
| 3.1.1.7.- Región Rupa-Rupa o Selva Alta .....                            | 17        |
| 3.1.1.8.- Región Omagua, Selva Baja o Amazonía .....                     | 19        |
| 3.1.2.- Los Climas .....   | 19        |
| 3.1.3.- Mapa de Distribución Climática .....                             | 20        |
| 3.2.- ELEMENTOS DEL CLIMA .....  | 22        |
| 3.2.1.- Temperatura .....  | 22        |
| 3.2.2.- Humedad .....  | 22        |
| 3.2.3.- Precipitación .....  | 22        |
| 3.2.4.- Radiación Solar .....  | 23        |
| 3.2.5.- Vientos .....  | 23        |
| 3.3.- FACTORES DE DISEÑO TERMICO .....                                   | 25        |
| 3.3.1.- Bienestar térmico humano .....                                   | 25        |
| 3.3.2.- Bienestar Termohigrométrico .....                                | 26        |
| 3.3.2.1.- Convección .....   | 26        |
| 3.3.2.2.- Conducción .....   | 26        |
| 3.3.2.3.- Evaporación .....  | 27        |
| 3.3.2.4.- Radiación .....  | 27        |
| 3.3.2.5.- Adaptación Al Clima .....                                      | 28        |
| 3.3.2.6.- Bienestar Térmico En Interiores .....                          | 28        |
| 3.3.3.- Confort Bioclimático .....                                       | 29        |
| 3.3.3.1.- Factores Que Influyen En El Ritmo De Generación De Calor ..... | 31        |
| 3.3.3.2.- Factores Que Influyen En El Ritmo De Perdida De Calor ...      | 31        |
| 3.3.3.3.- Pérdida de calor en Viviendas .....                            | 33        |
| 3.4.- ARQUITECTURA SOLAR .....   | 35        |
| 3.4.1.- Principios de utilización de la energía solar .....              | 36        |
| 3.4.1.1.- Utilización "activa": .....                                    | 36        |
| 3.4.1.2.- Utilización "pasiva": .....                                    | 36        |
| 3.4.1.3.- Formas combinadas de uso: .....                                | 37        |
| 3.4.2.- Modos Fundamentales de la Transmisión Calorífica .....           | 37        |
| 3.4.2.1.- Conducción de calor .....                                      | 37        |
| 3.4.2.2.- Convección .....   | 37        |
| 3.4.2.3.- Radiación de calor .....                                       | 38        |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.3.- Los Cinco Elementos de los Sistemas Solares Pasivos de Calefacción              | 39 |
| 3.4.3.1.- El colector .....   | 39 |
| 3.4.3.2.- El absorbedor.....  | 39 |
| 3.4.3.3.- El acumulador .....   | 39 |
| 3.4.3.4.- La distribución .....   | 40 |
| 3.4.3.5.- Regulación (dispositivos para la regulación térmica).....                     | 40 |
| 3.5.- INTRODUCCIÓN A LA TERMINOLOGÍA DE SISTEMAS PASIVOS DE ENERGÍA SOLAR.....          | 41 |
| 3.5.1.- Configuraciones Físicas (Espaciales).....                                       | 41 |
| 3.5.1.1.- Ganancias térmicas directas (“Direct Gain”).....                              | 41 |
| 3.5.1.2.- Muros acumuladores térmicos (de obra o de agua) (“Thermal Storage Wall”)..... | 42 |
| 3.5.1.3.- Espacios solares adosados (“Attached Sunspace”).....                          | 42 |
| 3.5.1.4.- Cubiertas acumuladoras térmicas (“Thermal Storage Roof”).....                 | 42 |
| 3.5.1.5.- Circuito convectivo (“Convective Loop”) .....                                 | 43 |
| 3.5.2.- Categorías Genéricas .....  | 43 |
| 3.5.2.1.- Ganancias térmicas directas (“Direct Gain”).....                              | 43 |
| 3.5.2.2.- Ganancias térmicas indirectas (“Indirect Gain”).....                          | 43 |
| 3.5.2.3.- Ganancias térmicas aisladas (“Isolated Gain”) .....                           | 43 |
| 3.5.3.- Sistemas Híbridos .....   | 44 |
| 3.5.4.- Elementos Clave Del Diseño .....  | 44 |
| 3.6.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DE SISTEMAS PASIVOS DE ENERGÍA SOLAR.....                   | 45 |
| 3.6.1.- Algunos Componentes De Sistemas Pasivos De Energía Solar.....                   | 45 |
| 3.6.1.1.- Aislamiento .....   | 45 |
| 3.6.1.2.- Acristalamiento.....  | 45 |
| 3.6.1.3.- Dispositivos parasoles.....   | 45 |
| 3.6.1.4.- Reflectores .....   | 45 |
| 3.6.1.5.- Masas térmicas .....  | 46 |
| 3.6.1.6.- Procesos térmicos.....  | 46 |
| 3.6.1.7.- Convección natural.....   | 46 |
| 3.6.1.8.- Conducción de calor.....  | 46 |
| 3.6.1.9.- Estratificación del aire .....  | 46 |
| 3.6.1.10.- Evaporación: .....   | 47 |
| 3.6.1.11.- Termocirculación .....   | 47 |
| 3.6.2.- Sistemas Directos De Captación De Calor (“Direct Gain”).....                    | 47 |
| 3.6.3.- Sistemas Indirectos De Calor (“Indirect Gain”) .....                            | 48 |
| 3.6.3.1.- Muros acumuladores térmicos de obra. (Muro Trombe) .....                      | 48 |
| 3.6.3.2.- Muros acumuladores de agua .....  | 50 |
| 3.6.3.3.- Acumulador de agua en la cobertura (“RoofPond”) .....                         | 50 |
| 3.6.3.4.- Espacios solares adosados.....  | 51 |
| 3.6.4.- Circuitos Convectivos o Colectores Por Termo-Circulación.....                   | 53 |
| 3.7.- INFLUENCIA DE SISTEMAS “PASIVOS” SOBRE EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO .....             | 54 |
| 3.7.1.- Aberturas colectoras .....  | 54 |
| 3.7.2.- Masas acumuladoras .....  | 54 |
| 3.7.3.- Diferenciación de zonas térmicas.....   | 55 |
| 3.7.4.- Elementos reguladores .....   | 55 |
| 3.8.- SISTEMAS “PASIVOS” EN COMPARACIÓN CON LOS “ACTIVOS” ...                           | 57 |
| 3.9.- SISTEMAS ACTIVOS DE ENERGÍA SOLAR .....   | 59 |
| 3.9.1.- Sistemas Captadores.....  | 59 |
| 3.9.1.1.- Paneles o células fotovoltaicas- .....  | 59 |
| 3.9.1.2.- Colectores solares planos .....   | 60 |
| 3.9.1.3.- Para climas muy fríos.....  | 62 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.9.2.- Sistemas Protectores .....  | 63        |
| 3.9.2.1.- Persianas- .....  | 63        |
| 3.9.2.2.- Parasoles- .....  | 63        |
| 3.9.3.- Beneficios del sistema solar térmico: .....   | 63        |
| 3.9.4.- Calefacción por piso radiante .....   | 64        |
| 3.9.4.1.- Ventajas .....  | 64        |
| 3.9.4.2.- Consideraciones .....   | 65        |
| 3.10.- ARQUITECTURA BIOCLIMATICA .....  | 66        |
| 3.11.- ARQUITECTURA SOSTENIBLE .....  | 68        |
| 3.12.- ARQUITECTURA CON APOORTE ENERGÉTICO .....  | 70        |
| 3.12.1.- RECURSOS NO RENOVABLES .....   | 70        |
| 3.12.1.1.- El gas natural .....   | 70        |
| 3.12.1.2.- El propano .....   | 71        |
| 3.12.1.3.- El carbón .....  | 71        |
| 3.12.1.4.- El eléctrico .....   | 71        |
| 3.12.2.- RECURSOS RENOVABLES: .....   | 72        |
| 3.12.2.1.- La madera .....  | 72        |
| 3.12.2.2.- El aceite .....  | 72        |
| 3.12.2.3.- La bosta .....   | 72        |
| 3.13.- SISTEMAS CONSTRUCTIVOS .....   | 74        |
| 3.13.1.- SISTEMAS CONSTRUCTIVOS NO INDUSTRIALIZADOS .....   | 74        |
| 3.13.1.1.- Sistema Vernacular .....   | 74        |
| 3.13.1.2.- Sistema Habilitado o Semi Precortado .....   | 75        |
| 3.13.1.3.- Sistema Constructivo Semi Industrializado .....  | 75        |
| 3.13.1.4.- Sistemas Constructivos Industrializados .....  | 75        |
| 3.14.- MATERIALES .....   | 76        |
| 3.14.1.- Conductividad térmica de los materiales .....  | 76        |
| 3.14.1.1.- Grupo A – Materiales homogéneos Compactos .....  | 76        |
| 3.14.1.2.- Grupo B – Materiales homogéneos Porosos .....  | 76        |
| 3.14.1.3.- Grupo C – Materiales homogéneos que contienen<br>partículas de aire y de gas .....                   | 76        |
| 3.14.1.4.- Grupo D – Materiales Aglomerados (No homogéneos) .....   | 76        |
| 3.14.1.5.- Grupo E – Materiales compuestos de estrados de varios<br>tipos, intercalados con capas de aire ..... | 77        |
| 3.14.1.6.- Grupo F – Materiales Reflejantes .....   | 77        |
| 3.14.2.- El Coeficiente “K” .....   | 78        |
| 3.14.3.- Características de los materiales .....  | 79        |
| 3.14.3.1.- Adobe .....  | 79        |
| 3.14.3.2.- Tapial .....   | 80        |
| 3.14.3.3.- Quincha Prefabricada .....   | 80        |
| 3.14.3.4.- Madera .....   | 81        |
| 3.14.3.5.- Ladrillo .....   | 82        |
| 3.14.3.6.- Concreto Armado .....  | 82        |
| 3.14.4.- Materiales- Almacenaje térmico .....   | 83        |
| 3.14.4.1.- Almacenamiento térmico líquido, .....  | 83        |
| 3.14.4.2.- Almacenamiento térmico sólido, .....   | 83        |
| 3.14.5.- Materiales- Aislamiento térmico .....  | 84        |
| 3.14.5.1.- Fibras- .....  | 84        |
| 3.14.5.2.- Espuma- .....  | 84        |
| 3.14.5.3.- Partículas- .....  | 84        |
| <b>PARTE 4.- ARQUITECTURA SOLAR APLICADA .....</b>  | <b>86</b> |
| 4.1.- PRESENTACION .....  | 86        |
| 4.1.1.- Antecedentes Históricos .....   | 86        |
| 4.1.1.1.- En el mundo .....   | 86        |
| 4.1.1.2.- En el Perú .....  | 89        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2.- CONSIDERACIONES PARA UN BUEN DISEÑO SOLAR .....  | 92         |
| 4.2.1.- La labor del Proyectista .....   | 92         |
| 4.2.1.1.- Condicionantes De Diseño .....   | 92         |
| 4.2.2.- Como Conseguir Una Casa Solar .....  | 92         |
| 4.2.2.1.- Adaptación al lugar.....   | 93         |
| 4.2.2.2.- Orientación.....   | 93         |
| 4.2.2.3.- Los Grandes Vanos.....   | 93         |
| 4.2.2.4.- Aislamiento óptimo: .....  | 93         |
| 4.2.2.5.- Calefacción por suelo radiante: .....  | 93         |
| 4.2.2.6.- Refrigeración Natural: .....   | 94         |
| 4.2.2.7.- Estudio Geológico: .....   | 94         |
| 4.2.2.8.- Energías ecológicas .....  | 94         |
| 4.2.2.9.- Costos.....  | 94         |
| 4.2.2.10.- Consideraciones Para Climas Fríos y Cálidos.....  | 95         |
| 4.2.2.11.- La Vegetación en el diseño .....  | 97         |
| 4.3.- CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO .....  | 101        |
| 4.3.1.- Criterios Urbanísticos .....   | 101        |
| 4.3.1.1.- Consideraciones Climáticas .....   | 101        |
| 4.3.1.2.- Criterios Generales .....  | 102        |
| 4.3.1.3.- Asoleamiento .....   | 102        |
| 4.3.1.4.- Criterios de Diseño Urbano .....   | 106        |
| 4.3.2.- Criterios Arquitectónicos .....  | 108        |
| 4.3.3.- La ventilación y el viento en la arquitectura .....  | 109        |
| 4.3.3.1.- La ventilación .....   | 109        |
| 4.3.3.2.- El viento .....  | 110        |
| 4.3.4.- Renovación de aire .....   | 113        |
| 4.4.- TIPOLOGIAS ARQUITECTÓNICAS .....   | 115        |
| 4.4.1.- Análisis de la Vivienda Rural en la Sierra del Perú .....  | 115        |
| 4.4.1.1.- Volumétricas .....   | 115        |
| 4.4.1.2.- Materiales .....   | 115        |
| 4.4.1.3.- Constructivas .....  | 115        |
| 4.4.1.4.- Distribución .....   | 115        |
| 4.4.1.5.- Almacenamiento de Cosecha.....   | 115        |
| 4.4.1.6.- Servicios .....  | 115        |
| 4.4.2.- Propuestas para la Vivienda Rural en la Sierra del Perú.....   | 116        |
| 4.4.3.- Análisis de la Vivienda Rural en la Selva del Perú .....   | 117        |
| 4.4.3.1.- Volumetría.....  | 117        |
| 4.4.3.2.- Materiales .....   | 117        |
| 4.4.3.3.- Constructivas .....  | 117        |
| 4.4.3.4.- Distribución .....   | 117        |
| 4.4.4.- Propuesta para la vivienda rural en la selva del Perú.....   | 118        |
| 4.5.- OTRAS APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR .....   | 119        |
| 4.5.1.- Celdas Solares Fotovoltaicas .....   | 119        |
| 4.5.2.- La Terma Solar .....   | 119        |
| 4.5.3.- La Cocina Solar.....   | 119        |
| <b>PARTE 5.- APLICACIONES.....</b>   | <b>121</b> |
| 5.1.- APLICACIONES EN EL PERU .....  | 121        |
| 5.1.1.- PUNO- El proyecto de Taquile .....   | 123        |
| 5.1.1.1.- Resumen.....   | 124        |
| 5.1.1.2.- Presentación y consideraciones generales .....   | 124        |
| 5.1.1.3.- Demanda de energía eléctrica (sin bombeo de agua) .....  | 125        |
| 5.1.1.4.- Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para<br>satisfacer la demanda de energía eléctrica (sin Bombeo de agua)... | 125        |
| 5.1.1.5.- Sistema de bombeo fotovoltaico de agua .....   | 128        |
| 5.1.1.6.- Sistema de termas solares para agua caliente .....   | 128        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.1.1.7.- Cocinas Solares .....                                       | 129        |
| 5.1.1.8.- Refrigeradora Solar .....                                   | 129        |
| 5.1.1.9.- Perspectivas y conclusión .....                             | 129        |
| 5.2.- RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO SOLAR ....             | 130        |
| 5.2.1.- RECOMENDACIONES PARA ZONAS CALIDAS .....                      | 130        |
| 5.2.2.- RECOMENDACIONES PARA ZONAS FRIAS .....                        | 131        |
| 5.3.- INSTALACIONES Y DETALLES DE LOS SISTEMAS<br>CONSTRUCTIVOS ..... | 132        |
| 5.3.1.- Para Climas Fríos .....                                       | 132        |
| 5.3.2.- Para Climas Cálidos.....                                      | 148        |
| 5.4.- CONCLUSIONES .....  | 154        |
| <b>PARTE 6.- GLOSARIO .....</b>                                       | <b>156</b> |
| <b>PARTE 7.- BIBLIOGRAFIA.....</b>                                    | <b>162</b> |

## **TABLA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.- Mapa de Regiones Naturales del Perú.....                     | 18 |
| Figura 2.- Mapa de distribución climática del Perú.....                 | 21 |
| Figura 3.- Mapa de temperaturas medias anuales del Perú.....            | 24 |
| Figura 4.- Bienestar termohigrométrico.....                             | 26 |
| Figura 5.- Rangos Bioclimaticos.....                                    | 29 |
| Figura 6.- Confort termico.....   | 30 |
| Figura 7.- Intercambio de calor en edificación.....                     | 34 |
| Figura 8.- Recorrido Solar.....   | 35 |
| Figura 9.- Radiación Solar.....   | 36 |
| Figura 10.- Utilización Activa.....                                     | 36 |
| Figura 11.- Utilización Pasiva.....                                     | 36 |
| Figura 12.- Utilización combinada.....                                  | 37 |
| Figura 13.- Conducción de Calor.....                                    | 37 |
| Figura 14.- Convección.....   | 38 |
| Figura 15.- Radiación.....  | 38 |
| Figura 16.- El Colector.....  | 39 |
| Figura 17.- El Absorbedor.....  | 39 |
| Figura 18.- El Acumulador.....  | 39 |
| Figura 19.- La distribución.....  | 40 |
| Figura 20.- La Regulación.....  | 40 |
| Figura 21.- Ganancias térmicas Directas.....                            | 42 |
| Figura 22.- Muros acumuladores Térmicos.....                            | 42 |
| Figura 23.- Espacios solares adobados.....                              | 42 |
| Figura 24.- Cubiertas acumuladoras Termicas.....                        | 43 |
| Figura 25.- Circuitos Convectivos.....                                  | 43 |
| Figura 26.- Direct Gain System (Dia).....                               | 47 |
| Figura 27.- Sistema Directo de Captación de Calor (Noche).....          | 48 |
| Figura 28.- Muros acumuladores térmicos de obra (muro-Trombe) Día.....  | 49 |
| Figura 29.-Muros acumuladores térmicos de obra (muro-Trombe) Noche..... | 49 |
| Figura 30.- Muros acumuladores de agua (DIA).....                       | 50 |
| Figura 31.- Muros acumuladores de agua (NOCHE).....                     | 50 |
| Figura 32.- Acumulador de agua en cubierta (DIA).....                   | 51 |
| Figura 33.- Acumulador de agua en cubierta (NOCHE).....                 | 51 |
| Figura 34.- Espacios Solares adosados(DIA).....                         | 52 |
| Figura 35.- Espacios Solares adosados(NOCHE).....                       | 52 |
| Figura 36.- Circuitos convectivos (DIA).....                            | 53 |
| Figura 37.- Circuitos convectivos (NOCHE).....                          | 53 |
| Figura 38.- Elemento regulador en sistema Pasivo.....                   | 55 |
| Figura 39.- Elemento regulador 2.....                                   | 55 |
| Figura 40.- Elemento regulador 3.....                                   | 56 |
| Figura 41.- Sistema Fotovoltaico.....                                   | 59 |
| Figura 42.- Circuito del Sistema Solar Termico.....                     | 60 |
| Figura 43.- Partes del Colector.....                                    | 61 |
| Figura 44.- Colector (Vista en Planta).....                             | 61 |
| Figura 45.- Detalle de Placa Colectora.....                             | 61 |
| Figura 46.- Persianas exteriores.....                                   | 63 |
| Figura 47.- Aleros Horizontales.....                                    | 63 |
| Figura 48.- Distribución de Tubos por piso radiante.....                | 65 |
| Figura 49.- Relación entre conductividad térmica y peso.....            | 77 |
| Figura 50.- Materiales con alto almacenaje térmico.....                 | 84 |
| Figura 51.-Tienda arabe.....  | 87 |
| Figura 52.- Vivienda Subterránea (en Túnez).....                        | 87 |
| Figura 53.- Vivienda Subterránea (corte Isométrico).....                | 88 |
| Figura 54.- Casa Burlinghams (Texas)- Frank L.Wrighth.....              | 88 |
| Figura 55.- Vivienda Subterranea-Paracas-(PLANTA).....                  | 89 |
| Figura 56.- Vivienda Subterranea-Paracas-(CORTE).....                   | 89 |
| Figura 57.- Vivienda Subterranea-Paracas-(PERSPECTIVA).....             | 90 |
| Figura 58.- El sol y su implicancia (COSTA).....                        | 90 |
| Figura 59.- El sol y su implicancia (SIERRA).....                       | 91 |
| Figura 60.- El sol y su implicancia (SELVA).....                        | 91 |
| Figura 61.- Vegetación y viento.....                                    | 98 |
| Figura 62.- Escalonamiento de la vegetación.....                        | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 63.- Amortiguamiento de la vegetación .....                                     | 98  |
| Figura 64.- Uso de la vegetación .....   | 99  |
| Figura 65.- Efectos que produce la vegetación .....                                    | 99  |
| Figura 66.- Influencia de la vegetación y el viento .....                              | 100 |
| Figura 67.- Recorrido Solar .....  | 102 |
| Figura 68.- Movimiento de los vientos en calles estrechas.....                         | 103 |
| Figura 69.- Rompevientos .....   | 103 |
| Figura 70.- Disposición de viviendas en climas calidos.....                            | 104 |
| Figura 71.- Disposición de viviendas en climas frios .....                             | 104 |
| Figura 72.- Arbustos como rompevientos .....   | 105 |
| Figura 73.- Arbol como rompevientos.....   | 106 |
| Figura 74.- Efecto de Esquina .....  | 110 |
| Figura 75.- Efecto de Venturi.....   | 110 |
| Figura 76.- Efecto de Rodillo .....  | 110 |
| Figura 77.- Efecto de pilotes.....   | 111 |
| Figura 78.- Generación de Corrientes de aire .....                                     | 111 |
| Figura 79.- Repartición del campo de presiones, .....                                  | 111 |
| Figura 80.- Repartición de las presiones, .....  | 112 |
| Figura 81.- Vientos dominantes.....  | 112 |
| Figura 82.- Vivienda en la Sierra .....  | 117 |
| Figura 83.- Vivienda en la Selva .....   | 118 |
| Figura 84.- Energía solar para el Hotel Suasi, el primer hotel ecológico del Perú..... | 124 |
| Figura 85.- Colector Solar.....  | 132 |
| Figura 86.- Instalación del colector en una Vivienda .....                             | 132 |
| Figura 87.- Colector Solar en Dormitorio y Estar .....                                 | 133 |
| Figura 88.- Sistema de Colector Solar.....   | 134 |
| Figura 89.- Encuentro de ventana en Planta .....                                       | 135 |
| Figura 90.- Encuentro Piso-pared.....  | 135 |
| Figura 91.- Encuentro pared techo en corte .....                                       | 136 |
| Figura 92.- Sistemas de Calefacción(en Dormitorios) .....                              | 136 |
| Figura 93.- Detalles en Piso y Pared .....   | 137 |
| Figura 94.- Detalle del encuentro Piso Muro .....                                      | 138 |
| Figura 95.- Detalle del Encuentro Muro-techo .....                                     | 139 |
| Figura 96.- Detalle del Encuentro Muro ventana .....                                   | 140 |
| Figura 97.- Detalle doble acristalamiento .....  | 140 |
| Figura 98.- Muro trombe con termosifon.....  | 141 |
| Figura 99.- Instalacion en Piso radiante .....   | 142 |
| Figura 100.- Instalación del colector Solar para agua.....                             | 142 |
| Figura 101.- Calefacción para el Dormitorio .....                                      | 143 |
| Figura 102.- Detalles para instalación de agua .....                                   | 144 |
| Figura 103.- Detalles constructivos.- El techo .....                                   | 144 |
| Figura 104.- Instalación de Agua Caliente.....   | 145 |
| Figura 105.- Instalación de agua caliente alternativo.....                             | 145 |
| Figura 106.- Ejemplo 1 .....   | 146 |
| Figura 107.- Ejemplo 2 .....   | 146 |
| Figura 108.- Ejemplo 3 .....   | 146 |
| Figura 109.- Calentamiento solar pasivo .....  | 147 |
| Figura 110.- Refrigeración Solar Pasiva .....  | 147 |
| Figura 111.- Chimenea Solar.....   | 148 |
| Figura 112.- Chimenea Solar 2.....   | 148 |
| Figura 113.- Chimenea Solar 3.....   | 149 |
| Figura 114.- Esquema de chimenea.....  | 150 |
| Figura 115.- Detalles Losa-Piso-Muro .....   | 151 |
| Figura 116.- Ventanas Dobles acusticas .....   | 151 |
| Figura 117.- Ventilación a través de persianas.....                                    | 151 |
| Figura 118.- Vista frontal de ventana con persiana .....                               | 152 |
| Figura 119.- Corte en sistema de Ventilación.....                                      | 152 |
| Figura 120.- Detalle de carpintería .....  | 152 |
| Figura 121.- Detalle de carpintería 2.....   | 153 |

## **TABLAS**

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1.- Distribución Climática .....  | 20  |
| Tabla 2.- Adaptación al Clima.....  | 28  |
| Tabla 3.- Temperaturas medias consideradas de confort.....  | 31  |
| Tabla 4.- Diversas Soluciones según el volumen de calentar .....                                  | 73  |
| Tabla 5.- Valores de K en las construcciones.....   | 78  |
| Tabla 6.- Conductividad vs. Material.....   | 84  |
| Tabla 7.- Renovación de aire por hora .....   | 113 |
| Tabla 8.- Calor que producen las personas.....  | 114 |
| Tabla 9.- La irradiación solar global sobre superficie horizontal en kWh/m <sup>2</sup> día ..... | 126 |

# PARTE 1.- ABSTRACTO

## 1.1.- INTRODUCCION

El presente estudio surgió de la necesidad de elaborar un manual de arquitectura solar para el diseño bioclimático en el Perú, en el cual se establezcan criterios adecuados para las zonas de mayor frío y calor de nuestro país.

En los espacios en que vivimos existen siempre una serie de factores naturales y artificiales, que en el transcurso del día y de las estaciones tienden a cambiar continuamente el estado térmico.

Este trabajo pretende investigar, evaluar y proponer alternativas de diseño para una vivienda que administre adecuada y económicamente, los aportes de energías renovables para el lugar, el clima y la geografía.

El hombre necesita energía para alumbrar, calentar, enfriar y ventilar los espacios en los que vive. El sol es la fuente térmica natural más importante.

Por otro lado, la falta de servicios básicos como son: Agua, desagüe y energía eléctrica para diferentes sectores de la población, no son excusas para poder brindarles confort.

El resultado de este estudio permite presentar propuestas que pueden ser tomadas en cuenta de acuerdo al clima y al bienestar que proporciona la arquitectura bioclimática.

El frío y el calor excesivos deparan, como mínimo, un malestar que significa incomodidad y falta de confort, reduciendo la actividad por debajo de los índices normales, por parte de quien sufre sus consecuencias.

Para alcanzar un equilibrio de clara estabilidad es muy conveniente regular las condiciones térmicas del ambiente, recurriendo si es necesario, a la **calefacción** durante los meses invernales, y a la **refrigeración** en época de calor.

## **1.2.- OBJETIVOS GENERALES**

- Seleccionar estrategias de diseño apropiadas de acuerdo a las características climáticas de las zonas cálidas y frías.
- Conocer las características de las técnicas pasivas y activas para el acondicionamiento bioclimático y sus posibilidades de aplicación, para lograr el equilibrio ecológico entre la naturaleza y la actividad humana.
- Facilitar la identificación de recursos tecnológicos apropiados al lenguaje arquitectónico de cada lugar.

## **1.3.- OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Dar pautas sobre los criterios necesarios para el diseño bioclimático en las zonas cálidas y frías del Perú.
- Demostrar que el diseño bioclimático no es una excusa para lograr un equilibrio entre lo funcional y lo estético.
- Determinar la utilización de materiales y sistemas constructivos para el diseño del proyecto arquitectónico bioclimático. Asimismo, conocer las ventajas y desventajas de los materiales para la construcción de acuerdo al clima.
- Determinar los recursos bioclimáticos más apropiados para el diseño de la vivienda peruana, de acuerdo al medio geográfico.
- Aplicar un grupo de recursos tecnológicos para un determinado clima.
- Proponer algunos detalles constructivos adaptados a las necesidades climáticas, tipológicas, térmicas, acústicas, etc., propias de las zonas frías o cálidas, tanto para sus elementos estructurales, como para sus cerramientos y acabados.

## **PARTE 2.- ASPECTOS GENERALES**

### **2.1.- ALCANCES Y LIMITACIONES**

#### **2.1.1.- Alcances**

- Facilitar al proyectista los conocimientos y criterios para el diseño bioclimático para proyectar una vivienda sostenible y autosuficiente.
- Con la aplicación de estos recursos se trata de consolidar el uso de elementos del lenguaje arquitectónico propios de cada lugar para lograr diseños con identidad arquitectónica.
- Los materiales serán clasificados de acuerdo al requerimiento del diseño bioclimático.
- Se pretende la validez de las condiciones y recomendaciones para los ámbitos rurales y urbanos de nuestro medio.
- Las recomendaciones del presente estudio serán válidas dentro de los límites tecnológicos propios de nuestro país.

#### **2.1.2.- Limitaciones**

- En nuestro país no existen reglamentos ni especificaciones técnicas para el diseño bioclimático. Por lo tanto la investigación se basará en aplicaciones teóricas y en referencias de proyectos arquitectónicos realizados a nivel nacional e internacional.
- Se cuenta con escasas referencias de la aplicación de algunos recursos energéticos propios de nuestro medio ( carbón, leña, bosta, etc.)
- La disponibilidad de tiempo y la dimensión del presente estudio no permiten llegar a determinar respuestas arquitectónicas ideales, así como detalles constructivos para cada caso

## 2.2.- METODOLOGIA

- Recopilación previa de los conceptos preliminares sobre regiones climáticas y elementos del clima que constituyen el entorno de la Arquitectura bioclimática, así como el conocimiento de los factores térmicos que influyen en el hombre, para poder analizar los sistemas solares pasivos o activos aplicables en viviendas.
- Se considerará información acerca de arquitectura solar, tipos, requerimientos, y la presentación de experiencias en nuestro país y en el extranjero, así como el conocimiento de los recursos tecnológicos propios de la Arquitectura Solar.
- Conocer las características de los recursos energéticos , materiales y sistemas constructivos disponibles de acuerdo a su conductividad térmica, a partir de fuentes bibliográficas y de aplicaciones recientes.
- Plantear y analizar soluciones aplicadas en nuestro medio y las combinaciones posibles entre sistemas captadores y protectores determinando cual es el más adecuado para lograr el confort.

## **PARTE 3.- INFORMACIÓN BÁSICA**

### **3.1.- CLIMAS EN EL PERU**

El Perú es un país de América meridional, que tiene un extenso territorio situado justo al sur de la línea del ecuador. Se integra, por tanto, en la zona tropical del hemisferio austral. Su territorio se prolonga de norte a sur a lo largo de algo más de 2000 Km, y de oeste a este en una longitud que rebasa ligeramente los 1600km.

El país posee, además, una dilatada frontera continental de 7073 Km., que separa su territorio de Ecuador (noroeste y norte) Colombia (noroeste y norte), Brasil (este), Bolivia (sureste) y Chile (sur). Al oeste, el océano Pacífico delimita un litoral de 3080 Km.

#### **3.1.1.- Las Regiones Geográficas**

Los españoles, por razones políticas más que geográficas dividieron al Perú en tres grandes regiones: la Costa, lindante con el Pacífico; la Sierra, ubicada en las alturas andinas, y la Montaña, en las selvas amazónicas. Esta división, aun con sus evidentes limitaciones, perduró hasta 1941, año en que la III Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia decidió aprobar la creación de ocho Regiones Naturales, propuesta por el geógrafo Javier Pulgar Vidal, con el propósito de establecer un mapa fisiográfico más ajustado a la realidad biogeográfica del territorio, caracterizado por factores medioambientales similares. Así concebido, el mapa peruano comprende las regiones que a continuación se describen:

##### ***3.1.1.1.- Región Chala, Costa o Llano Costanero***

Comprende las tierras llanas, onduladas o montañosas que se extienden a orillas del océano Pacífico y hasta una altitud de 500m, así como las 200 millas de aguas territoriales y las islas que jalonan las costas. La anchura de la franja de tierras, muy desigual, oscila entre los 150km en Piura y los 40km en Lima, Moquegua y Tacna. Los rasgos ambientales que le dan unidad son esencialmente dos: la escasez de lluvias y la presencia casi constante de un manto de niebla, provocado por la inversión térmica, que origina una gran humedad atmosférica. La aridez se ve contrarrestada en parte por los ríos que descienden de la cordillera, que crean oasis muy feraces donde prosperan los cultivos. Hay no obstante, en esta zona algunos desiertos de arena, como los de Sechura e Ica. En este último, a causa de las lluvias extraordinarias provocadas por el fenómeno del Niño, a comienzos de 1998, se formó una laguna ( denominada La Niña) de 40 por 300 Km., aproximadamente. Además de los cultivos, singularizan el paisaje vegetal los matorrales y algunos bosques de escasa extensión.

##### ***3.1.1.2.- Región Yunga, Quebrada o Valle Interandino***

Se conoce con este nombre la zona de transición entre las regiones llanas o semi-llanas del este y del oeste del país y la alta montaña de los Andes. Según su situación, se distingue la Yunga marítima, al oeste de los Andes, y la Yunga fluvial, al este. La primera se eleva desde los 500 hasta los 2,300 m y presenta un clima ardiente y soleado que favorece la difusión de determinadas enfermedades.

La Yunga fluvial, que abarca desde los 1,000 hasta los 2,300 m, posee un clima más suave y saludable para la vida humana. En ambas zonas el relieve está constituido por profundos cañones. Es frecuente la formación de torrentes de lodo, llamados huaycos.

#### **3.1.1.3.- Región Quechua o Templada**

Esta región situada entre 2,300 y 3,500 m de altitud es un área de clima templado, muy favorable tanto para la ocupación humana como para la agricultura ( maíz, caña dulce, frutales de hueso). Comprende, por ello algunas de las provincias más pobladas del país. Se extiende a ambos lados de todas las cadenas de los Andes y su relieve incluye quebradas de fondo plano, limitadas por cerros y lomas.

#### **3.1.1.4.- Región Suni, Jalca o Páramo**

Como la región Quechua, se sitúa a ambos lados de todas las cadenas de los Andes, pero a mayor altitud, en una zona donde el clima es ya frío y ventoso y donde las heladas resultan frecuentes. Por ello y por lo quebrado del territorio (acantilados, peñoleras) , la agricultura posee aquí una extensión muy reducida.

#### **3.1.1.5.- Región Puna, Altoandino o Altiplano**

Esta región se corresponde básicamente con el altiplano andino, pero abarca también otras superficies llanas u onduladas de la cordillera situadas entre los 4000 y los 4800 m. Presenta un clima muy frío con las mínimas más extremas del país, que pueden alcanzar  $-25^{\circ}\text{C}$ . Las precipitaciones (unos 1000 mm anuales) se concentran en unos pocos meses, siendo el período que va de mayo a septiembre bastante seco. No existe vegetación arbórea espontánea. Lo característicos de esta zona son las gramíneas forrajeras, que alimentan nutridos rebaños de llamas, alpacas, vicuñas y guanacos.

#### **3.1.1.6.- Región Janca, o Muy Alta Montaña**

Comprende las áreas más elevadas de la cordillera andina, situadas entre los 4800 y los 6768 m del nevado Huascarán techo del Perú. Está formado por picachos, nevados y cimas, y es por ello, una región discontinua, que se eleva poderosamente por encima de las tierras onduladas del altiplano. Constituida generalmente por rocas eruptivas, presenta un relieve extraordinario abrupto, en forma de acantilados cortados a pico o de anfractuosidades y planos escalonados. Estas condiciones, junto con unas temperaturas siempre por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$  y la presencia constante de nieve y hielo, hacen imposible el asentamiento humano y la agricultura. Las instalaciones humanas, cuando las hay, son de carácter efímero. Los glaciares y las lagunas glaciares confieren algo de suavidad a un paisaje en general duro y rocoso. Existen en total veinte grupos de cumbres nevadas.

#### **3.1.1.7.- Región Rupa-Rupa o Selva Alta**

En el flanco oriental de los Andes, justo por debajo de la Yunga fluvial, se sitúa esta región de clima cálido y húmedo comprendida entre los 400 y los 1000 m de altitud. Presenta un relieve increíblemente variado, en el que se alternan las quebradas, con las vertientes montañosas, los valles, las lomas y los pongos. Abundan asimismo las terrazas fluviales, de piso por lo general ligeramente inclinado.

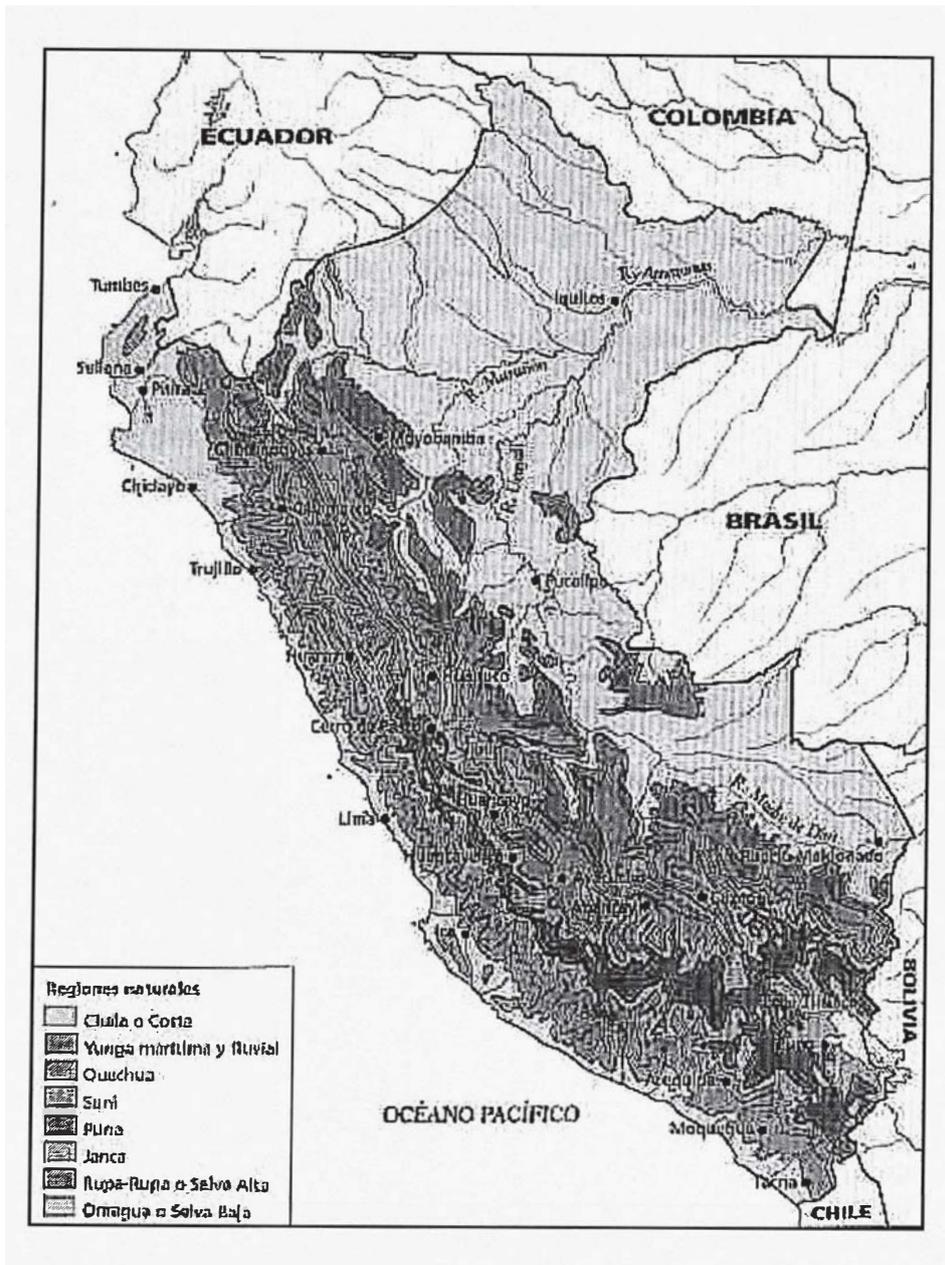


Figura 1.- Mapa de Regiones Naturales del Perú

Los bosques de grandes árboles y los pastos siempre verdes confieren un aspecto de gran feracidad a esta región, muy adecuada para la ganadería y para la agricultura de plantación. La riqueza vegetal se debe tanto a la permeabilidad del suelo como a la abundancia de las precipitaciones, que se distribuyen homogéneamente a lo largo del año y oscilan entre los 3.000 y los 8.000 mm anuales.

### ***3.1.1.8.- Región Omagua, Selva Baja o Amazonía***

También en el sector oriental del país, por debajo en este caso de la región Rupa-Rupa, se extiende esta zona caracterizada por la presencia de grandes ríos y de numerosos lagos y lagunas. Situada entre los 80 y los 400 m de altura, recibe precipitaciones muy abundantes (2.000- 3.000 mm. anuales) que provocan con frecuencia el desbordamiento de los ríos. Cabe describirla como una zona por donde los ríos, anchos y de elevado caudal, discurren formando grandes meandros que, cuando se ocluyen, dan origen a lagos y lagunas, llamados cochas y tipischas. A orillas de los ríos aparecen a veces playas con abundante porcentaje de limo denominadas barriales o barrizales. Este es el paisaje dominante, pero existe también alguna elevación aislada, como la constituida por la cadena ultraoriental o cordillera de San Francisco. El nombre de esta región significa etimológicamente “ región del pescado de agua dulce”, lo que resulta muy apropiado dado que el Amazonas y sus afluentes albergan a más de 700 especies de peces.

### **3.1.2.- Los Climas**

Según el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), en el Perú se pueden distinguir ocho tipos distintos de clima, caso único en el mundo.

En una primera aproximación, cabe distinguir ocho tipos distintos de clima, caso único en el mundo.

En una primera aproximación, cabe distinguir los climas **semicálidos y cálidos** propios de las tierras bajas, de los **templados y fríos** que caracterizan las tierras altas. Los primeros se dan en las regiones costeras y en la llanura amazónica y los segundos en la cordillera de los Andes. Pero dentro de cada una de estas grandes regiones se dan también subdivisiones climáticas bien caracterizadas.

La región costera comprendida entre Piura y Tacna posee un clima de tipo **semicálido muy seco**, con una temperatura promedio de 19°C y una ausencia casi total de lluvias. Esta variedad climática, llamada también **desértica o subtropical árida**, está determinada por las frías aguas de la corriente Peruana. Sus efectos se dejan sentir hasta los 2,000m por encima del nivel del mar.

El sector septentrional de la costa peruana, desde Piura hasta Tumbes, presenta un clima **cálido seco**, con una temperatura media de 24°C y lluvias escasas. Aunque la elevación de las temperaturas contribuye a acentuar la aridez, la mayor abundancia de las precipitaciones, que se concentran de Diciembre a Abril, la mitiga en cierta medida.

A estas dos variedades de climas cálidos hay que añadir las otras dos que se dan en las regiones orientales del país.

La selva alta, comprendida entre los 400 y los 1,000m de altitud, se caracteriza por un clima **cálido y húmedo**, con noches frescas, que recibe el nombre de clima **semicálido muy húmedo**. La temperatura media se eleva a unos 22°C y las lluvias, extraordinariamente abundantes, rebasan los 3,000mm anuales.

En la Selva baja, es decir por debajo torrencial. En estas condiciones, la flora y la fauna presentan una variedad y una riqueza dignas de admiración.

La cordillera de los Andes encierra un nutrido conjunto de variedades climáticas que vienen determinadas por la altitud.

Los valles interandinos ubicados entre los 1,000 y los 3,000m sobre el nivel del mar se ven afectados por un clima de tipo **templado subhúmedo**. La temperatura promedio es de unos 20°C, y las lluvias, estacionales, todavía se mantienen en niveles aceptables (unos 700mm anuales).

Las regiones andinas comprendidas entre los 3,000 y los 4,000m presentan ya un clima **frío o boreal**. Aunque las temperaturas medias se mantienen en torno a los 12°C, los inviernos son muy fríos y con heladas frecuentes. Las precipitaciones, más bien escasas, se concentran en los meses de verano, siendo el invierno una estación muy seca.

A partir de los 4,000m de altura, el clima de tundra viene tipificado por los valores extremos de las temperaturas, que son bajas a lo largo de todo el año (unos 6°C de promedio). Las precipitaciones, muy escasas, caen preferentemente durante el invierno.

Por encima de los 5,000m de altitud se extienden regiones solitarias de rocas y glaciares que presentan un clima de **nieve o gélido**, con temperaturas habitualmente por debajo de los 0°C y precipitaciones siempre en forma de nieve. En esta zona es donde se originan las lagunas y los glaciares, verdaderos reservorios de agua que regulan el caudal de los ríos.

### 3.1.3.- Mapa de Distribución Climática

Ver Tabla 1.- Distribución Climática (Según Clasificación de W. Copen)

En el mapa aparece la multitud de los diversos climas, en muchos casos aparentemente, en una forma algo desordenada. Pero esta disposición sigue a la división geográfica (Costa, Andes, Selva) y en el caso de la Selva, este gran paisaje geográfico está formado exclusivamente por el clima de Clase A, es decir por un clima Tropical. Por otro lado, en el Perú la palabra Costa, comprende las zonas desérticas de la clase de los climas B, es decir las zonas climáticas BW y BS, incluyendo el área insignificante del clima BS, los Oasis de neblina o las lomas de la Costa.

| Tipo Climático | Descripción   | Area Aprox. Km2 | %      |
|----------------|---|-----------------|--------|
| Af             | Tropical permanentemente húmedo                           | 492,000         | 38.5%, |
| Aw             | Clima de sabana, clima tropical periódicamente húmedo     | 206,000         | 16.2%  |
| BSw            | Clima de estepa con escasas precipitaciones               | 46,000          | 3.6%   |
| BSs            | Clima de estepa con escasas precipitaciones               | 12,000          | 0.9%   |
| BW             | Clima desértico con muy escasas precipitaciones           | 118,000         | 9.2%   |
| Cw             | Clima húmedo con precipitaciones en verano                | 121,000         | 9.4%   |
| Dwb            | Clima frío o boreal con precipitaciones en verano         | 116,000         | 9.1%   |
| ETH y EFH      | Climas fríos de tundra y nieves perpetuas de alta montaña | 169,000         | 13.2%  |

Tabla 1.- Distribución Climática

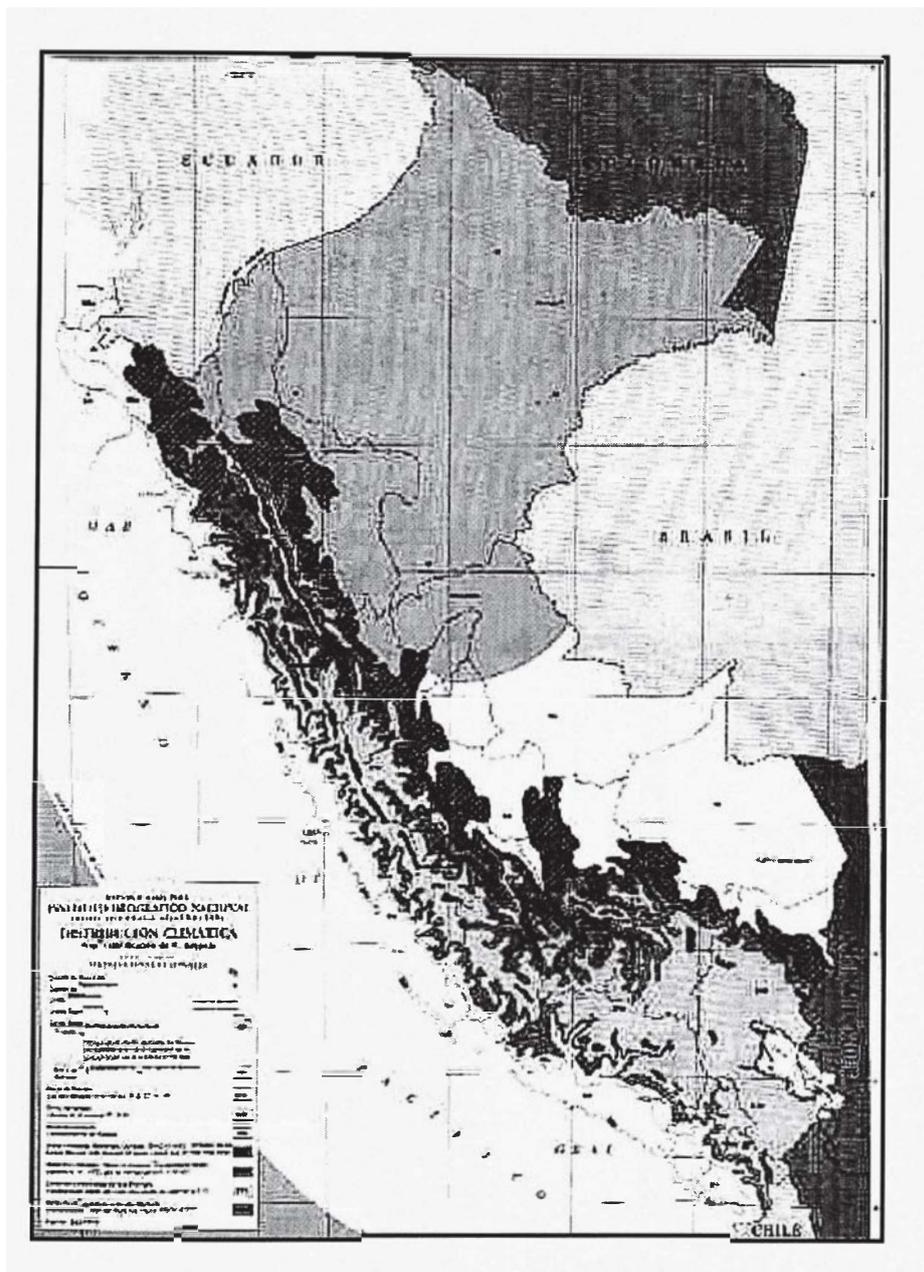


Figura 2.- Mapa de distribución climática del Perú

## 3.2.- ELEMENTOS DEL CLIMA

El proyectista debe interesarse específicamente en aquellos aspectos del clima que afectan al confort humano. Comprenden valores medios, variaciones y valores extremos de temperatura, diferencias térmicas entre el día y la noche, humedad, condiciones del cielo, radiación incidente y saliente, lluvia y su distribución, movimiento del aire y aspectos especiales tales como alisios, tormentas, vendavales de polvo y huracanes.

Es tarea del proyectista analizar la información climática y presentarla de forma que le permita identificar aspectos que sean beneficiosos o perjudiciales para los futuros ocupantes de las viviendas.

### 3.2.1.- Temperatura

Se mide en grados Celsius (°C), frecuentemente con un termómetro de mercurio. Como descripción amplia puede darse una temperatura media mensual para cada uno de los 12 meses.

Puede resultar útil indicar las temperaturas más alta y más baja registradas en cada mes, es decir las máximas y mínimas extremas mensuales, para establecer el intervalo de temperaturas extremas máximas.

### 3.2.2.- Humedad

Se mide con el higrómetro de ampolla húmedo y seco (gr/m).

La humedad relativa (HR) nos da una indicación directa del potencial de evaporación:

$$HR = \left[ \frac{HA}{HS} \right] \times 100$$

HA= Humedad absoluta  
HS= Humedad de saturación

Se debe establecer la media de las humedades relativas máximas mensuales (promedio de (las máximas de 30 días) y de las mínimas mensuales en cada uno de los 12 meses.

### 3.2.3.- Precipitación

Es el término colectivo que se utiliza para lluvia, nieve, granizo, rocío y escarcha, esto es, para todo tipo de agua que se deposita de la atmósfera.

Se mide con pluviómetros, y se expresa en milímetros por una unidad de tiempo (mm/mes, mm/día).

El registro de los máximos y mínimos de lluvia indican las desviaciones de la media. Estos valores nos permiten conocer los diagramas de estaciones secas y lluviosas.

Es necesario conocer la intensidad máxima de lluvia por hora (mm/h) para poder diseñar adecuadamente la superficie de los tejados, pavimentos, etc.

### **3.2.4.- Radiación Solar**

Un simple registrador de luz solar dará la duración de dicha luz, que puede expresarse en horas por día, como valor medio mensual. También se utilizan solarímetros, heliómetros, actinómetros y piranómetros.

Con el fin de hacer diseños detallados se debe conocer para un determinado día de cada mes, o al menos para un día del año de radiación típicamente alta y típicamente baja, los totales por hora ( MJ/ m h), o mejor las intensidades medias por hora ( W/ m). Estos datos pueden solicitarse o conseguirse en publicaciones especiales.

### **3.2.5.- Vientos**

La velocidad del viento se mide con el anemómetro de copa o de hélice o con un tubo de Pitot, y su dirección se mide con la veleta. Las velocidades se miden en metros por segundo ( m / s).

Las medidas en el casco urbano se hacen a alturas comprendidas entre 10 y 20m para evitar obstrucciones.

El proyectista debe tratar de determinar si existe una dirección predominante del viento, si se producen cambios diarios o estacionales previsible y si se dispone de un diagrama de velocidades diarias o estacionales. También es importante apreciar los períodos de calma de cada mes.

Todos los observatorios registran las tormentas, huracanes, tifones y tornados. Se acostumbra a tabular los vientos según su dirección y velocidad en función de su frecuencia durante un tiempo significativo, generalmente de 25 a 50 años.



Figura 3.- Mapa de temperaturas medias anuales del Perú

### 3.3.- FACTORES DE DISEÑO TERMICO

#### 3.3.1.- Bienestar térmico humano

El bienestar térmico se puede definir como el equilibrio térmico que logra el cuerpo humano en un ambiente dado, y que le permite desarrollar, sin dificultad ni molestia, cualquier actividad física o mental.

El cuerpo humano al realizar sus funciones vitales produce calor y lo lleva a todo el organismo por medio de la sangre, esto le permite tener una temperatura interna estable de 37°C. Cuando la temperatura del medio donde se encuentra le produce una sensación de calor o frescura en mayor o menor grado, el cuerpo es capaz de adaptarse a estas variaciones, mediante intercambios energéticos en los que los mecanismos fisiológicos involuntarios regulan el grado de disipación de calor. Estas reacciones le permiten recuperar el balance térmico en el medio que lo rodea.

El cuerpo humano pierde calor constantemente al evaporar agua por medio de la respiración y la transpiración. Esta forma de perder calor se incrementa cuando el entorno le produce un sobrecalentamiento; además, disipa calor para enfriarse al tratar de mantener estable una temperatura que le facilite desarrollar sus actividades con un mínimo de esfuerzo. La humedad del aire determina la cantidad de calor que se pierde por evaporación; si la humedad del aire es baja, se experimenta sequedad en la piel, labios y membranas mucosas de la boca y garganta; pero si la humedad es alta, la respiración y la evaporación se dificultan, además de provocar malestar al permanecer el sudor en la piel y al no poder eliminar el calor acumulado. El sobrecalentamiento provocado por el medio propicia la deshidratación del organismo.

En un ambiente frío, la producción metabólica de calor puede ser insuficiente para estabilizar la temperatura del cuerpo, por lo que se reduce el flujo sanguíneo por la piel para evitar la pérdida de calor y mantener calientes a los órganos vitales; de ser necesario, un escalofrío activará los músculos y producirá calor.

Esta producción de calor es limitada, por lo cual se debe evitar que el cuerpo pierda calor. Esto se logra con el vestido o con el refugio que le brinda un espacio arquitectónico, al permitirle aislarse en un microclima más apropiado para su subsistencia.

Así los efectos combinados del metabolismo, los mecanismos fisiológicos involuntarios, la elección del vestido y la adaptación de hábitat facilitan al ser humano adecuar a sus condiciones de bienestar un ambiente que le es hostil. Esta singular capacidad de adaptación hace el hombre trascender y ser el único ente vivo que construye y modela su hábitat de acuerdo con sus necesidades y con los recursos que el propio medio le otorga, configurando diversas formas de vida al conquistar distintas latitudes según su particular forma de entender la naturaleza.

En el proceso del quehacer arquitectónico, en los últimos años, con el advenimiento de nuevas tecnologías y la utilización generalizada de los sistemas de aire acondicionado, el hombre se ha preocupado más por establecer símbolos, dar significado a sus obras y satisfacer sus necesidades estéticas, que por adecuarse al medio. Esto le ha provocado perder en gran medida la capacidad para construir espacios arquitectónicos que cumplan con los requerimientos de bienestar térmico de forma natural, con un derroche de recursos energéticos y la consecuente degradación del medio.

Esta singular capacidad que tiene el hombre de modificar su hábitat la emplea en ocasiones sin conocimiento real del efecto que se provoca a sí mismo y al medio, al degradar su ambiente y al no permitir que su cuerpo se adapte a las

condiciones del clima, como cuando se pasa de un ambiente controlado a uno natural o viceversa. Con ello pierde capacidad de respuesta para adaptarse a las condiciones del clima exterior; lo que debería propiciar es la integración de hombre y su morada al clima.

Por dichas razones, es necesario dominar una técnica que permita diseñar espacios arquitectónicos en los cuales se considere el clima; conocer la forma en que reacciona el cuerpo humano a las variaciones de temperatura y humedad, al efecto del paso del tiempo, a las ganancias solares, etc.; así como las condiciones en que logra el equilibrio con los cambios que la naturaleza le impone.

### 3.3.2.- Bienestar Termohigrométrico

El bienestar termohigrométrico se establece con los intercambios energéticos que se llevan a efecto en el cuerpo humano. Es el balance dinámico de temperatura y humedad que logra el cuerpo en un ambiente dado. Tal ambiente le provoca pérdidas o ganancias de calor mediante los procesos de convección, conducción, evaporación y radiación.

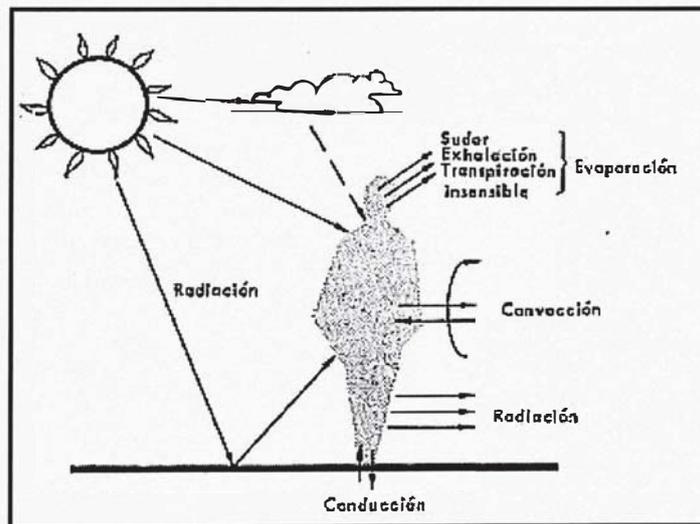


Figura 4.- Bienestar termohigrométrico

#### 3.3.2.1.- Convección

Convección es la transferencia de calor que se realiza al estar un fluido – líquido o gaseoso - en contacto con la piel. La pérdida o ganancia de calor depende de la temperatura del cuerpo y de la temperatura y movimiento del fluido en contacto. Al acelerarse el movimiento del fluido, aumenta la convección.

#### 3.3.2.2.- Conducción

Se denomina conducción a la transferencia de calor con los objetos que están en contacto con la piel, y depende de la temperatura y conductividad térmica del material en contacto.

### **3.3.2.3.- Evaporación**

Evaporación es la transferencia de calor del cuerpo humano hacia el aire ambiental; depende de la cantidad de agua que se expulsa por la respiración y la transpiración, que continua, aun cuando la temperatura del aire y la temperatura media radiante son superiores a la temperatura del cuerpo.

### **3.3.2.4.- Radiación**

Radiación es la transferencia de calor entre el cuerpo y las superficies que lo rodean a través del ambiente. El flujo depende de la temperatura y cercanía que tengan las superficies a su alrededor.

De lo anterior se concluye que el equilibrio térmico dinámico se establece con la producción de calor del cuerpo, el cual depende de la actividad, la edad, el peso, el sexo, la raza, la aclimatación, la dieta, etc., y de las pérdidas o ganancias de calor que le provoca el medio.

Dicho equilibrio se logra en presencia de elementos y factores diversos, como la temperatura del aire, la temperatura de las superficies cercanas (temperatura media radiante), la producción de calor del hombre, el efecto aislante de la ropa, etc., que al combinarse deben propiciar condiciones de bienestar.

El vestido y el movimiento del aire desempeñan un papel muy importante en el equilibrio de la temperatura y la humedad de la piel, por el efecto aislante de la ropa y el refrescante del paso del viento, que arrastra el aire caliente acumulado y la humedad desprendida por el cuerpo.

Cuando el cuerpo se encuentra en equilibrio térmico, la persona no puede reconocer las condiciones del medio, ni siente frío ni calor, lo cual le permite desarrollar sin molestia alguna, cualquier actividad.

El equilibrio térmico dinámico se puede ejemplificar con la expresión siguiente:

$$M + Cd + Cv + R - E = 0$$

Donde:

M = Producción de calor, producto de la actividad,

Cd = Conducción

Cv = Convección

R = Radiación, y

E = Evaporación

De esta manera, con el manejo correcto de los procesos de transferencia térmica, se debe planear la envoltura y estructura del espacio arquitectónico como una segunda piel que propicie y conserve los niveles adecuados de temperatura y humedad del espacio, propios de la actividad humana, a la vez que permita renovar el aire necesario para lograr un ambiente sano.

### **3.3.2.5.- Adaptación Al Clima**

Los límites que se logran por adaptación permiten al sistema termorregulador estabilizar la temperatura del cuerpo con un mínimo de esfuerzo en condiciones diversas, las cuales se definen de acuerdo con el tipo de clima

| <b>Tipo de Clima</b> | <b>Temperatura °C</b> | <b>Media</b> | <b>Humedad (%)</b> |
|----------------------|-----------------------|--------------|--------------------|
| Frío extremo         | De 11 a 16            | 13.5         | De 15 a 40         |
| Frío                 | De 14 a 19            | 16.5         | De 15 a 50         |
| Templado frío        | De 17 a 22            | 19.5         | De 20 a 60         |
| Templado             | De 20 a 25            | 22.5         | De 30 a 70         |
| Semicálido           | De 23 a 28            | 25.5         | De 20 a 60         |
| Cálido               | De 26 a 31            | 28.5         | De 15 a 50         |
| Cálido extremo       | De 29 a 34            | 31.5         | De 15 a 40         |

**Tabla 2.- Adaptación al Clima**

El cuerpo humano tiene capacidad para soportar temperaturas mayores o menores que las referidas como temperaturas de equilibrio; sin embargo, esto no significa que se halle en condiciones de bienestar o equilibrio térmico; por tanto, en las edificaciones que se diseñen se tratará de obtener la temperatura media de equilibrio de acuerdo con el clima, de modo que se logre mayor estabilidad con el exterior y se viva con los ritmos de la naturaleza.

En los espacios arquitectónicos con un clima frío en el cual se pueda tener una temperatura del aire de 15°C, si se eleva la temperatura de los muros y techos arriba de los 21°C, la sensación será agradable. No sucederá lo mismo si las temperaturas se invierten como sigue: la del aire a 21°C y la de los muros y techos a 15°C; esto provocará una sensación de frío y, por tanto, será desagradable. Aquí el aprovechamiento de la energía solar es fundamental al permitir calentar los espacios arquitectónicos en invierno y hacerlos cálidos y sombreados en verano para que sean frescos. Este es un principio básico en el proceso de diseño arquitectónico.

### **3.3.2.6.- Bienestar Térmico En Interiores**

Para lograr un adecuado diseño del espacio arquitectónico, se debe desarrollar primero un inventario de parámetros climatológicos útiles, a fin de establecer con la mayor precisión posible las características atmosféricas del lugar donde se pretenda ubicar la construcción.

El conocimiento preciso de las variaciones de temperatura y humedad del aire, la dirección e intensidad del viento y las horas del sol disponibles, facilitan la toma de decisiones al proponer los diseños que cumplirán los requerimientos que el propio clima impone. De esta manera, se pueden definir las características de la edificación y, si es necesario determinar el permitir o rechazar el rayo de sol, el paso del viento y el empleo de determinados materiales de construcción, los cuales se establecen de acuerdo con las exigencias de almacenamiento de calor o de enfriamiento de la construcción.

### 3.3.3.- Confort Bioclimático

También se conoce como confort térmico, que no es más que una sensación subjetiva que contribuye al bienestar personal, el cual depende de diversos factores entre los que se pueden citar: factores meteorológicos, personales y ocasionales.

Entre los factores meteorológicos se cuentan: la temperatura exterior, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar.

Como factores personales influyen: la edad, el sexo, el metabolismo y la contextura física.

Por último, entre los factores ocasionales se cuentan: la alimentación, el nivel de actividad física y el grado de aislamiento de la ropa.

Si bien, en la estimación de la sensación de confort térmico interviene muchos factores y algunos de estos son subjetivos, resulta posible determinar a partir de la temperatura y la humedad relativa, una zona en la cual la mayoría de las personas se encuentran confortables. Esta relación de condiciones permite determinar las características deseables a obtener en el interior de la vivienda y espacios exteriores circundantes, consiguiendo así un ambiente confortable, en el cual se puede habitar.

Podemos decir que nuestro cuerpo se encuentra en una situación de confort térmico cuando el ritmo al que generamos calor es el mismo que el ritmo al que lo perdemos para nuestra temperatura corporal normal. Esto implica que en balance global, tenemos que perder calor permanentemente para encontrarnos bien, pero al "ritmo" adecuado.

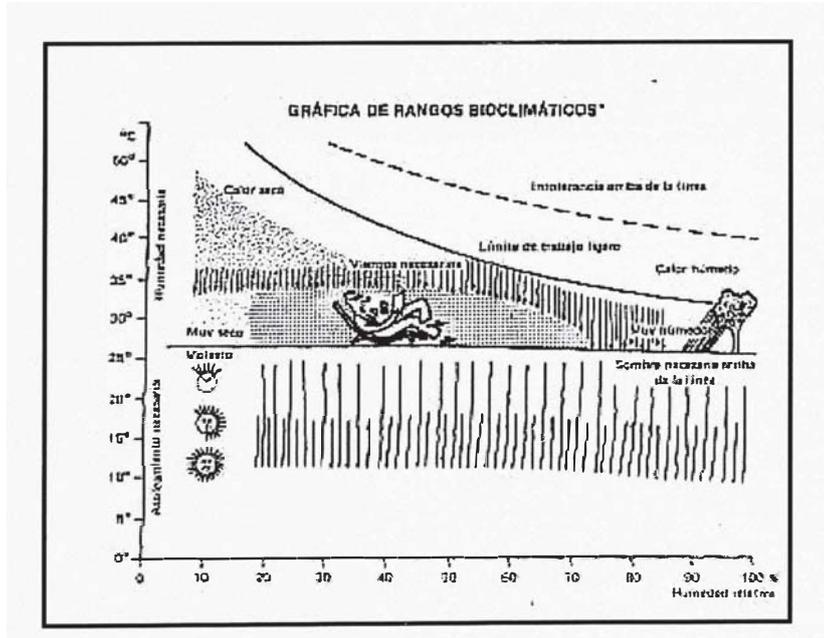


Figura 5.- Rangos Bioclimaticos

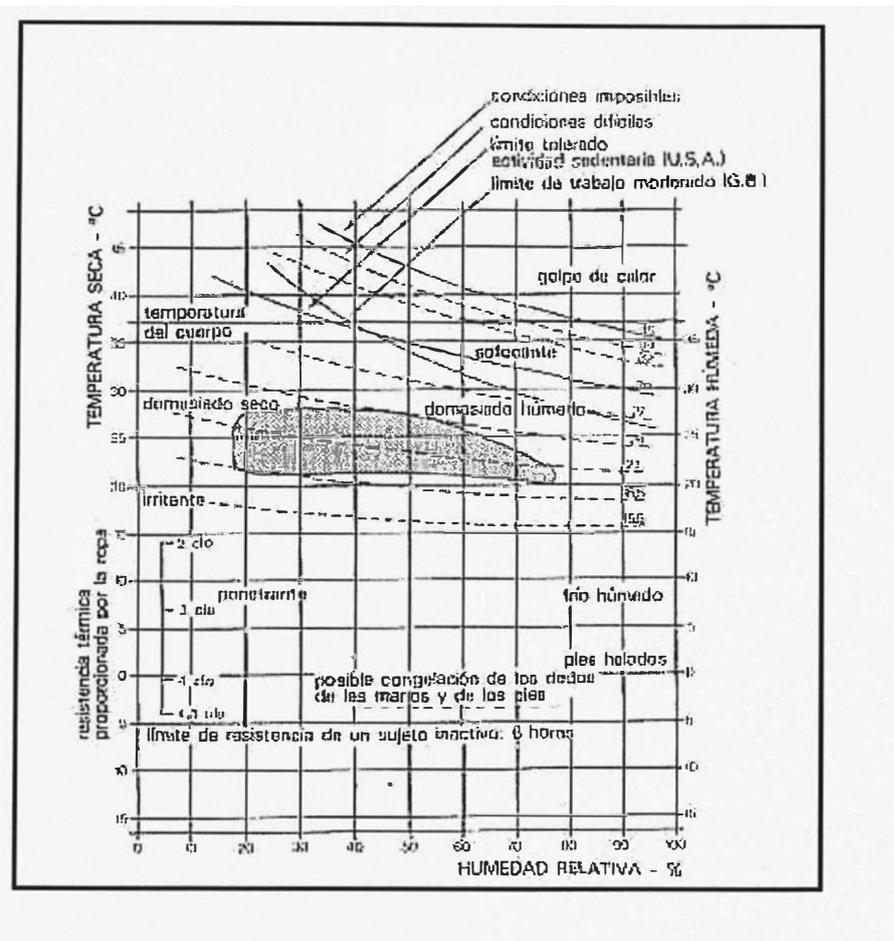


Figura 6.- Confort termico

**Tabla 3.- Temperaturas medias consideradas de confort**

| TEMPERATURA ACONSEJABLE |  |                                   |                 |                                 |                       |                        |                          |     |     |                    |
|-------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|-----|-----|--------------------|
| 12°                     | 13°  | 14°                               | 15°             | 16°                             | 17°                   | 18°                    | 19°                      | 20° | 21° | 22°                |
|                         |  | COMERCIOS Y TALLERES EN ACTIVIDAD |                 |                                 |                       |                        | HABITACIONES DE HOSPITAL |     |     | BAÑOS              |
|                         | HALLS, SALAS DE RECIBOS, VESTIBULOS, GIMNASIOS |                                   |                 |                                 |                       | TOCADORES ASEOS DUCHAS |                          |     |     |                    |
|                         | ESCALERAS                                      |                                   | DOR MITO RIOS   |                                 |                       | SALAS DE ESTAR         |                          |     |     |                    |
|                         |  |                                   | COME DORES      |                                 | Habitaciones colegios |                        |                          |     |     |                    |
|                         |  |                                   | Museos Iglesias | Oficinas, despachos, colectivos |                       |                        |                          |     |     | Piscinas cubiertas |
|                         |  |                                   |                 |                                 |                       | Gran des almas cenes   |                          |     |     |                    |

**3.3.3.1.- Factores Que Influyen En El Ritmo De Generación De Calor**

**Actividad física y mental –**

Nuestro cuerpo debe generar calor para mantener nuestra temperatura corporal, pero también es un “subproducto” de nuestra actividad física y mental. Para una situación de reposo, el cuerpo consume unas 70 Kcal / h, frente a una situación de trabajo, donde se pueden consumir hasta 700 Kcal/h para un ejercicio físico intenso.

**Metabolismo**

Cada persona tiene su propio metabolismo y necesita sus propios ritmos para evacuar calor.

**3.3.3.2.- Factores Que Influyen En El Ritmo De Perdida De Calor**

**Aislamiento natural del individuo**

El tejido adiposo (grasa) y el vello, son “materiales” naturales que aíslan y reducen las pérdidas de calor. La cantidad de cada uno de ellos depende del individuo.

**Ropa de abrigo**

La ropa de abrigo mantiene una capa de aire entre la superficie de nuestro cuerpo y el tejido que nos aísla térmicamente. Aunque la ropa de abrigo provoca una sensación de calentamiento del organismo, en realidad lo único que hacen es

reducir las pérdidas de calor pues, evidentemente, no consumen energía ninguna y , por tanto, no producen calor. Como no consumen, es el mecanismo más barato energéticamente hablando para regular la temperatura del cuerpo.

### **Temperatura del aire**

Es el dato que siempre se maneja pero, como decíamos, no es el fundamental a la hora de alcanzar el confort térmico.

### **Temperatura de radiación**

Está relacionado con el calor que recibimos por radiación. Es importante, porque suele ocurrir en las casas bioclimáticas, en donde la temperatura del aire suele ser menor que la temperatura de las paredes, suelos y techos, que pueden haber sido calentados por el sol.

### **Movimiento del aire**

El viento aumenta las pérdidas de calor del organismo, por dos causas: por infiltración, al internarse el aire en las ropas de abrigo y “llevarse la capa de aire que nos aísla, y por aumentar la evaporación del sudor, que es un mecanismo para eliminar calor.

### **Humedad del aire**

La humedad incide en la capacidad de transpiración que tiene el organismo, mecanismo por el cual se elimina el calor. A mayor humedad, menor transpiración. Por eso es más agradable un calor seco que un calor húmedo. Un valor cuantitativo importante es la humedad relativa, que es el porcentaje de humedad que tiene el aire respecto al máximo que admitiría. La humedad relativa cambia con la temperatura por la sencilla razón de que la máxima humedad que admite el aire cambia con ella.

### **Efecto invernadero**

Es el fenómeno por el cual la radiación entra en un espacio y queda atrapada, calentando, por tanto, ese espacio. Se llama así porque es el efecto que ocurre en un invernadero, que es un espacio cerrado por un acristalado. El vidrio se comporta de una manera curiosa ante la radiación: es transparente a la radiación visible (por eso vemos a través de él) , pero opaco ante radiación de mayor longitud de onda ((radiación infrarroja). Cuando los rayos del sol entran en un invernadero, la radiación es absorbida por los objetos de su interior, que se calientan, emitiendo radiación infrarroja, que no puede escapar pues el vidrio es opaco a la misma.

El efecto invernadero es el fenómeno utilizado en las casas bioclimáticas para captar y mantener el calor del sol.

### **Fenómenos convectivos naturales**

La convección es un fenómeno por el cual el aire caliente tiende a ascender o el frío a descender. Es posible utilizar la radiación solar para calentar aire de tal manera que al subir, escape al exterior, teniendo que ser sustituido por aire más frío, lo cual provoca una renovación de aire que se denomina ventilación convectiva. El dispositivo que provoca este fenómeno se denomina chimenea solar.

En un espacio cerrado, el aire caliente tiende a situarse en la parte de arriba, y el frío en la de abajo. Si este espacio es amplio en altura, la diferencia de temperaturas entre la parte alta y la parte baja puede ser apreciable. Este fenómeno se denomina estratificación térmica. Dos habitaciones colocadas a diferentes alturas, pero comunicadas entre sí, participan de este fenómeno, y resultará en que la habitación alta esté siempre más cálida que la baja.

### **Calor de vaporización**

Cuando un cuerpo pasa de estado líquido a gaseoso, necesita absorber una cantidad de calor que se denomina calor de vaporización. Entonces el agua, al evaporarse necesita calor, que adquiere de su entorno inmediato, enfriándolo. Por eso los lugares donde hay agua están más frescos.

Las plantas están transpirando continuamente, eliminando agua en forma de vapor. Por eso los lugares donde hay plantas están también más frescos.

El agua de un botijo permanece fresca a pesar de que haga calor, gracias a que el barro de que está hecho es permeable al vapor de agua, permitiendo entonces la evaporación de parte del agua interior, que refresca la masa de agua restante.

### **Efecto climático del suelo**

El suelo tiene mucha inercia térmica, lo que amortigua y retarda las variaciones de temperatura, entre el día y la noche, e incluso entre estaciones. La amortiguación de temperatura que se produce depende de la profundidad y del tipo de suelo. Para amortiguar las variaciones día-noche el espesor debe ser de 20 a 30 cm, para amortiguar las variaciones entre días de distintas temperaturas, espesores de 80 a 200 cm, y para amortiguar variaciones invierno-verano, espesores de 6 a 12 m.

Aunque en la práctica no sea factible grandes profundidades en enterramientos de viviendas, han surgido proyectos de viviendas semienterradas para tratar de aprovechar esta capacidad de amortiguamiento del suelo.

#### **3.3.3.3.- Pérdida de calor en Viviendas**

En una vivienda los mecanismos de transmisión del calor : conducción, convección y radiación, funcionan para producir pérdidas de calor. En el interior de la casa, el calor se transmite entre los paramentos (muros, techos, suelos) principalmente por radiación, y entre los paramentos y el aire interior principalmente por convección. El calor "viaja" a través de los paramentos por conducción, hasta alcanzar el exterior de la casa, donde se disipa por convección y radiación. Para reducir las pérdidas de calor, se actúa principalmente sobre el fenómeno de conducción a través de los paramentos, intercalando una capa de material térmicamente aislante.

Hay que cuidar los llamados puentes térmicos, que son lugares de refuerzo o juntas de los paramentos que pueden estar contruidos con materiales diferentes al resto, existiendo por tanto una discontinuidad de la capa aislante. Estos lugares pueden convertirse en vías rápidas de escape del calor.

Sin embargo existe otra causa de pérdida de calor: la ventilación. Para que una casa sea salubre necesita un ritmo adecuado de renovación de aire. Si esta

renovación se realiza con el aire exterior, estamos perdiendo aire caliente e introduciendo aire frío. Hay que llegar a un compromiso entre la ventilación que necesitamos y las pérdidas de calor que podemos admitir, a no ser que se precaliente" el aire exterior de alguna manera.

Pero aunque reduzcamos la ventilación al mínimo, una baja estanqueidad de la casa puede forzar la ventilación aunque no queramos, especialmente en días ventosos : las infiltraciones. Por ello, es importante reducir al máximo este fenómeno, cuidando especialmente las juntas de cierre de puertas y ventanas.

Aunque se reduzca la ventilación y las infiltraciones al mínimo, cuando hay viento, la convección forzada, hace que el calor que se transmite del interior al exterior de la casa se disipe mucho más rápidamente en el paramento exterior. La única manera de disminuir este fenómeno es evitando que el viento golpee la casa, eligiendo una ubicación donde la casa esté protegida de los vientos dominantes de invierno o estableciendo barreras naturales mediante la vegetación.

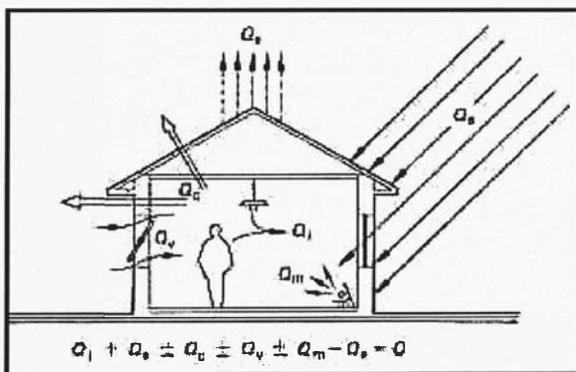


Figura 7.- Intercambio de calor en edificación

### 3.4.- ARQUITECTURA SOLAR

Se define como aquella que incorpora a su diseño el aprovechamiento del recurso solar para la zona en la cual se concibe. Este método de diseño permite la utilización de la radiación solar disponible para atemperar la rigurosidad del clima exterior durante la época invernal, a través de una correcta orientación, un adecuado dimensionamiento del espacio y los vanos y una buena elección de materiales y colores superficiales.

En el desarrollo y concepción de un proyecto de Arquitectura Solar se debe considerar elementos que se adecuan al lugar donde se encuentra ubicado el proyecto.

Para considerar esta Arquitectura debemos conocer tres elementos: la energía solar, el soleamiento, y el aprovechamiento y protección solar.

El aprovechamiento de la energía solar por medio de elementos pasivos no es otra cosa que la recuperación de la planificación y la construcción acordes con el clima. Los fundamentos de la construcción con arreglo al sol coinciden simplemente con las leyes físicas de radiación, captación, acumulación y distribución de calor.

Los ejemplos históricos (surgidos en una época sin una oferta excesiva de medios auxiliares técnicos) ya nos muestran en muchas ocasiones aquellos principios que desgraciadamente hemos olvidado y que nos esforzamos ahora por descubrir de nuevo como aprovechamiento pasivo de la energía solar.

Trabajos de investigación, congresos y concursos de arquitectura internacionales tuvieron como tema en los últimos tiempos el aprovechamiento pasivo de la energía solar. La tarea es un desafío para los arquitectos y contrasta con la casi exclusiva utilización de instalaciones técnicas para satisfacer la demanda energética, que es necesaria siempre en aquellos casos en los que no se tuvieron en cuenta consideraciones sobre técnica energética durante la proyección y construcción de la casa.

La comprensión de los principios y elementos del aprovechamiento pasivo de la energía solar conduce a una arquitectura distinta de aquella que en los últimos decenios ha surgido frecuentemente de consideraciones puramente funcionales o estéticas.

En si el nombre de arquitectura solar no es más que el desarrollo de la arquitectura como se conoce, ya que se deben considerar en el diseño y desarrollo del proyecto, elementos que se adecuen al lugar donde se encuentre ubicado la propuesta.

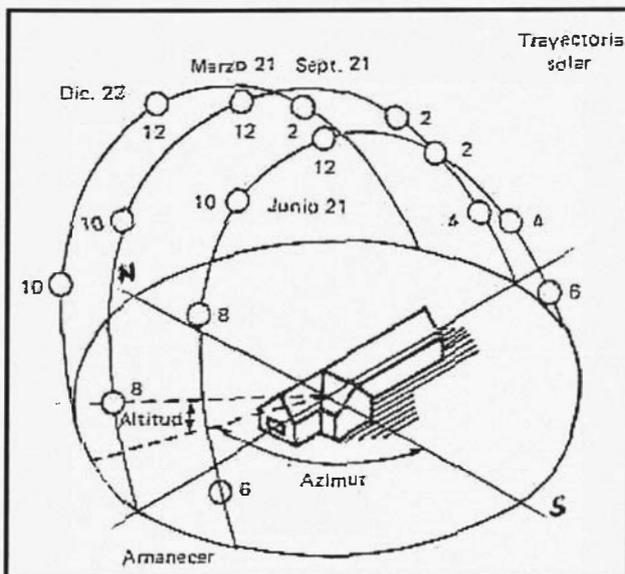


Figura 8.- Recorrido Solar

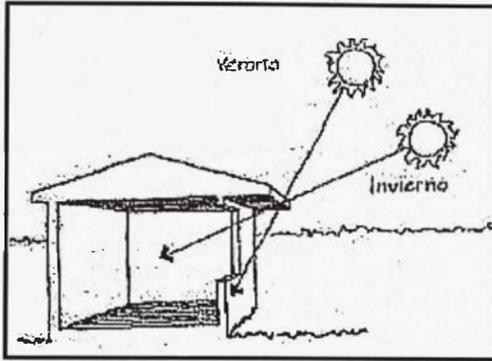


Figura 9.- Radiación Solar

### 3.4.1.- Principios de utilización de la energía solar

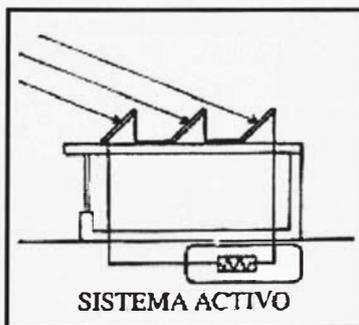
La energía solar se puede utilizar de forma “activa” o “pasiva”. En los últimos años se propagaron ante todo los sistemas activos para calefacción ambiental y acondicionamiento de agua caliente. Las instalaciones corrientes hoy en día requieren colectores solares y acumuladores de calor, ventiladores y asimismo un sistema regulador que se ocupe de la captación y acumulación de calor con arreglo a la demanda, del transporte y la distribución del calor en el momento adecuado.

Alternativamente existe la utilización pasiva de la energía solar. Para ello la radiación solar penetra a través de elementos de fachada (ventanas a mediodía) y de cubierta transparentes y se acumula en forma de calor en el interior de elementos constructivos macizos, se transmite y se irradia finalmente, con desfase horario, hacia el interior.

Los sistemas solares pasivos que se hallan en experimentación desde hace cierto tiempo, sobre todo en EE.UU, son una alternativa impresionante a las posibilidades puramente técnicas de la utilización activa de la energía solar.

#### 3.4.1.1.- Utilización “activa”:

La energía solar aprovechable no es únicamente la radiación, sino también el calor contenido en el aire, en el suelo o en el agua, ya que éste procede también, directa o indirectamente, de la radiación solar.



En el uso activo de la radiación solar, la energía se obtiene a través de colectores solares; mientras el calor del aire, del suelo o del agua se retiene a través de bombas de calor.

Figura 10.- Utilización Activa

#### 3.4.1.2.- Utilización “pasiva”:



El principio del uso pasivo de la energía solar es la transformación de potenciales energéticos existentes procedentes de fuentes naturales de energía, para el calentamiento de edificios, renunciando casi por completo a la tecnología, es decir con medidas puramente proyectuales.

Figura 11.- Utilización Pasiva

### 3.4.1.3.- Formas combinadas de uso:

Las combinaciones de sistemas de energía solar "activos" y "pasivos" también se denominan sistemas "híbridos". En estos sistemas los elementos pasivos son asistidos por instalaciones técnicas activas adicionales (por ejemplo: ventiladores, "intercambiadores" de calor y similares).

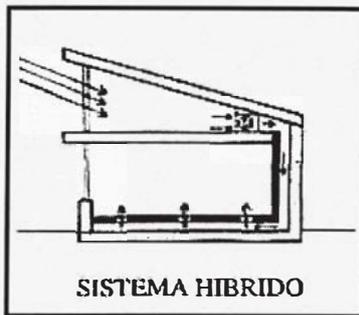


Figura 12.- Utilización combinada

### 3.4.2.- Modos Fundamentales de la Transmisión Calorífica

Cuando un cuerpo se calienta por rayos solares, tiende a una compensación de calor con su entorno. El calor siempre fluye de un punto más caluroso a otro más frío, hasta que ya no haya diferencia de calor entre ambos. En este contexto hay que distinguir tres formas fundamentales de la transfusión (intercambio) de calor que son de importancia para la utilización pasiva de la energía solar.

#### 3.4.2.1.- Conducción de calor

Cuando una materia absorbe radiación solar, ésta es transformada en energía calorífica, que se distribuye dentro del cuerpo por medio de la conducción de calor.

La conducción de calor es un proceso físico en el que el calor es transmitido dentro de una materia por medio de interacción molecular directa.

El calor en este proceso siempre fluye de lo caliente a lo frío, del nivel energético más alto al más bajo. Puesto que las moléculas superficiales de un cuerpo se calientan por medio de la radiación solar, entregan su energía a moléculas vecinas más frías que a su vez siguen distribuyendo el calor, de forma que el cuerpo paulatinamente adopta una temperatura homogénea.

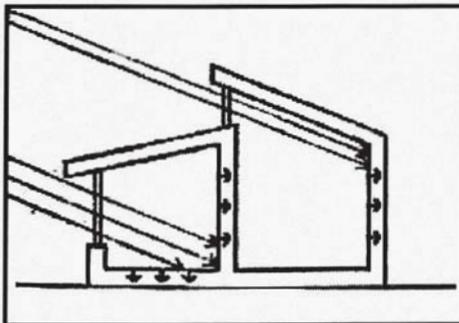


Figura 13.- Conducción de Calor

#### 3.4.2.2.- Convección

Una materia transmite calor desde su superficie, sobre las moléculas de un medio vecino (líquido o gaseoso) por medio de la convección. La convección está definida como la transmisión de calor entre la superficie de un cuerpo y una molécula en movimiento o como la transmisión de calor por medio del movimiento molecular de un lugar a otro en el interior de un líquido, de un gas o una mezcla gaseosa.

En el proceso físico de la convección, el calor se desplaza desde el nivel energético más alto al más bajo (es decir de lo caliente a lo frío). Cuanto mayor es la diferencia de temperatura, tanto más calor se transmite. Puesto que el aire caliente se expande a raíz del calentamiento, se hace más ligero y asciende al acudir aire más frío se produce un movimiento natural de aire. Si el movimiento de aire se acelera mediante ventiladores, se habla de convección artificial.

El proceso físico de la convección también funciona en sentido inverso: si un medio caliente entra en contacto con una superficie fría, las moléculas más calientes entregan una parte de su calor (energía) a la superficie fría, se hacen más pesadas y descienden.

Por esta razón se puede apreciar claramente cerca del suelo, en la proximidad de una ventana, el aire descendiendo al enfriarse en la luna de vidrio (corrientes de aire). En este trance puede producirse condensación. El agua suspendida en el aire se deposita sobre la superficie fría si la temperatura de ésta queda por debajo del punto de rocío del aire.

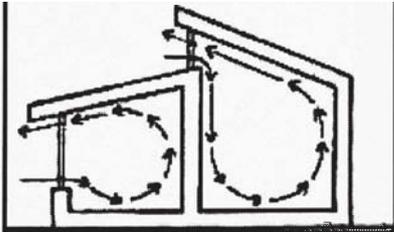


Figura 14.- Convección

#### 3.4.2.3.- Radiación de calor

La radiación es la transmisión de calor más interesante en términos físicos. Todos los cuerpos irradian permanentemente energía (calor) en todas las direcciones a raíz de las vibraciones que efectúan sus moléculas superficiales.

A diferencia de la radiación solar de amplitud corta, que se irradia a temperaturas muy altas, la radiación térmica o calor consta de radiación infrarroja de amplitud larga y tiene un nivel energético mucho más bajo. La cantidad de energía de radiación emitida por un cuerpo depende fundamentalmente de su temperatura de superficie.

Esta simultáneamente determina también la amplitud de onda de la radiación.

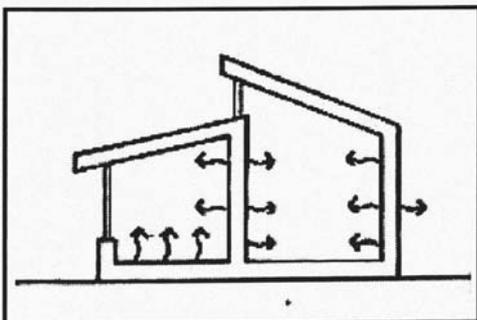


Figura 15.- Radiación

### 3.4.3.- Los Cinco Elementos de los Sistemas Solares Pasivos de Calefacción

Un sistema solar pasivo de calefacción completo viene determinado por cinco elementos. Cada uno de ellos desempeña una función separada, pero los cinco elementos deben actuar conjuntamente y estar armonizados para que un sistema pasivo pueda funcionar.

#### 3.4.3.1.- *El colector*

Los colectores son grandes superficies de vidrio (o de plástico) a través de las cuales la luz solar penetra en el edificio. Los colectores deben estar orientados a mediodía (con una desviación máxima de  $\pm 30$  grados de la dirección sur exacta) y durante el período de calefacción no deben estar en la sombra de otros edificios o árboles entre las 9 a.m. y 3 p.m.

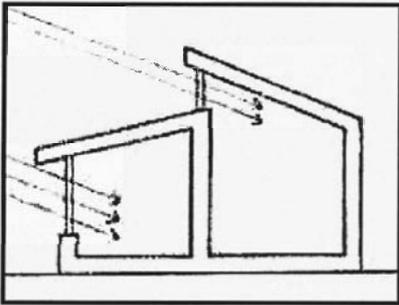


Figura 16.- El Colector

#### 3.4.3.2.- *El absorbedor*

El absorbedor es la superficie oscura del elemento acumulador (véase 3.4.3.3.-). Esta superficie que puede ser un paramento, el suelo o un recipiente de agua se encuentra en el lugar de incidencia de la luz solar. La radiación solar cae sobre la superficie y es transformada en calor.

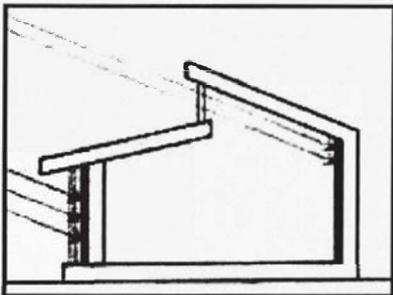


Figura 17.- El Absorbedor

#### 3.4.3.3.- *El acumulador*

Corno materias acumuladoras actúan aquellos elementos o materiales constructivos que por su alto peso específico absorben el calor que se produce sobre el absorbedor a raíz de la radiación solar. Esos materiales se denominan masas acumuladoras ("Thermal mass"). La diferencia entre un absorbedor y un acumulador que a menudo forman juntos un mismo elemento constructivo reside en que como absorbedor solo puede funcionar una superficie exenta, iluminada por el sol. mientras que como masa acumuladora actúa aquel elemento constructivo que desde el absorbedor puede ser calentado por medio de conducción térmica.

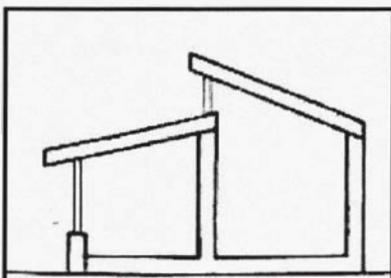


Figura 18.- El Acumulador

#### 3.4.3.4.- La distribución

Es el método por el que el calor solar es conducido desde los lugares de captación y acumulación a distintas partes de la casa. Un sistema puramente pasivo utiliza exclusivamente los tres métodos naturales de transmisión de calor:

- conducción de calor
- convección
- radiación de calor

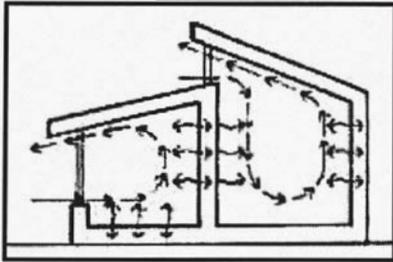


Figura 19.- La distribución

En algunos modos de empleo, sin embargo, la distribución de calor dentro de la casa es asistida por ventiladores, tuberías y compresores (sistemas "híbridos").

#### 3.4.3.5.- Regulación (dispositivos para la regulación térmica)

En principio la regulación se efectúa a través de elementos móviles amortiguadores del calor, de los que depende la capacidad de rendimiento de todo el sistema. Los elementos móviles amortiguadores del calor impiden durante la noche las pérdidas caloríficas por aquellas superficies de vidrio a través de las cuales se produce de día la irradiación de calor.

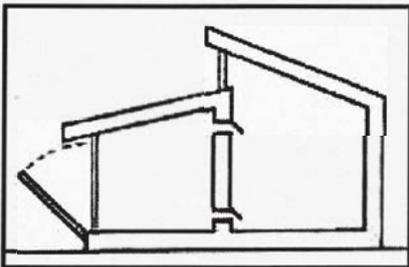


Figura 20.- La Regulación

Otros elementos que han de impedir tanto un enfriamiento como un calentamiento excesivos, son:

- Dispositivos electrónicos de medición, por ejemplo: Un termostato diferencial que conecta un ventilador.
- Aberturas regulables y compuertas de tiro que permiten o estrangulan el flujo de calor;
- Aleros en voladizo o toldos que dan sombra a la superficie del colector durante los meses de verano.

### **3.5.- INTRODUCCIÓN A LA TERMINOLOGÍA DE SISTEMAS PASIVOS DE ENERGÍA SOLAR.**

Se denomina un sistema “pasivo” de energía solar a aquel en el que el flujo de energía calorífica se efectúa por medios naturales, es decir por medio de radiación y conducción térmicas y convección natural.

Los sistemas pasivos se distinguen de los activos por la falta de bombas mecánicas o de ventiladores que se necesitan para mantener el flujo de un líquido “intercambiador” de calor por vía forzada.

Como es lógico, muchas veces los elementos de estos sistemas tienen una vinculación estrecha con la arquitectura del respectivo edificio y desempeñan varias funciones a la vez. Por ejemplo, una ventana orientada a mediodía sirve para captar el calor del sol y proporciona al mismo tiempo vista al exterior y luz natural. También los muros del edificio, casi siempre,

deben servir tanto para la acumulación térmica como de construcción portante.

Dos esquemas diferentes pueden servir para la clasificación de sistemas pasivos de energía solar. Uno de los esquemas de clasificación que se utiliza con mayor frecuencia define los tipos de sistemas pasivos según la configuración física. En este esquema, un sistema solar pasivo se clasifica de acuerdo con las siguientes categorías:

- a) Ganancias directas
- b) Muros acumuladores térmicos
- c) Espacios solares adosados
- d) Cubiertas acumuladoras térmicas
- e) Circuitos convectivos

El segundo esquema es una clasificación funcional (genérica) en la que la relación entre captación solar, acumulación térmica y espacio calentado se clasifica de acuerdo con las siguientes categorías:

- 1. Sistemas de captación de calor directos
- 2. Indirectos y
- 3. Aislados

ambos sistemas de clasificación son muy útiles y pueden complementarse recíprocamente. Aplicados conjuntamente forman un vocabulario suficiente para la descripción de los más diversos proyectos de arquitectura solar. Estos dos esquemas de clasificación son descritos en lo sucesivo de forma sucinta.

#### **3.5.1.- Configuraciones Físicas (Espaciales)**

##### **3.5.1.1.- Ganancias térmicas directas (“Direct Gain”)**

La luz solar penetra en el espacio calentado, es transformada en calor en las superficies absorbentes y es dispersada por el espacio hacia las distintas superficies delimitantes y volúmenes espaciales.

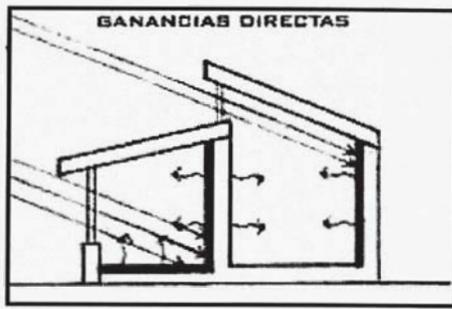


Figura 21.- Ganancias térmicas Directas

### 3.5.1.2.- Muros acumuladores térmicos (de obra o de agua) (“*Thermal Storage Wall*”)

La luz solar atraviesa el acristalamiento y es absorbida por un paramento situado entre el acristalamiento y el espacio calentado, y transformada en calor. El muro por lo general es de fábrica (muro-Trombe) o de recipientes llenos de agua (muro de agua), pero también puede ser de materias que modifican su estado físico.

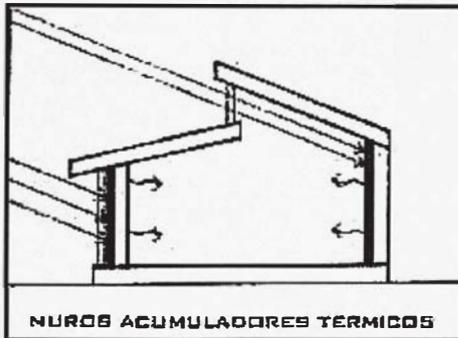


Figura 22.- Muros acumuladores Térmicos

### 3.5.1.3.- Espacios solares adosados (“*Attached Sunspace*”)

Este sistema es una combinación de los procedimientos de captación directa y del muro acumulador térmico. El edificio consta de dos zonas térmicas: un espacio solar para captación directa y un espacio calentado indirectamente que está separado por un muro acumulador térmico.

El espacio solar a menudo se utiliza como casa de cristal, por lo que este sistema también se denomina “invernadero adosado” o “invernadero solar”.

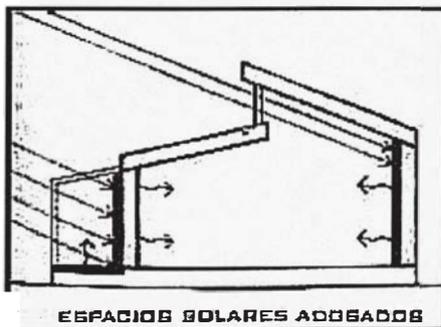


Figura 23.- Espacios solares adosados

### 3.5.1.4.- Cubiertas acumuladoras térmicas (“*Thermal Storage Roof*”)

Este sistema se asemeja al muro acumulador térmico, con la única diferencia de que la masa acumuladora térmica intercalada está situada en la cubierta del edificio. La masa acumuladora térmica corrientemente consta de agua, bien en una pila abierta bien en tubos.

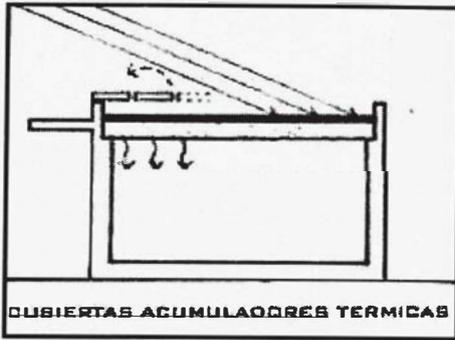


Figura 24.- Cubiertas acumuladoras Térmicas

**3.5.1.5.- Circuito convectivo (“Convective Loop”)**

Este procedimiento se asemeja a los sistemas activos convencionales, principalmente en cuanto a que en este sistema existen un colector y un acumulador térmico separados. No obstante se trata de un sistema totalmente pasivo, porque el flujo de energía calorífica tiene lugar por medio de convección natural.

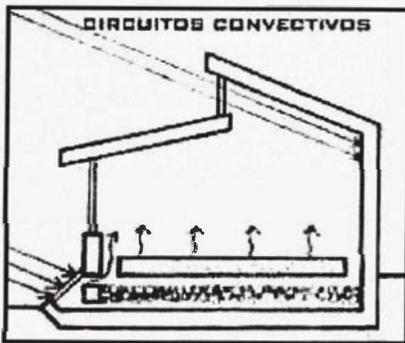


Figura 25.- Circuitos Convectivos

**3.5.2.- Categorías Genéricas**

**3.5.2.1.- Ganancias térmicas directas (“Direct Gain”)**

Tal como se describe en 3.5.1.1.-

**3.5.2.2.- Ganancias térmicas indirectas (“Indirect Gain”)**

La radiación solar es absorbida y acumulada por una masa que se halla entre el acristalamiento y el espacio por “acondicionar”. El espacio acondicionado está rodeado y delimitado parcialmente por la masa acumuladora térmica, de manera que se obtiene un fuerte acoplamiento térmico natural (e incontrolado). Ejemplos de sistemas indirectos de captación calorífica son el “muro acumulador térmico”, la “cubierta acumuladora térmica” y el espacio colindante con un espacio solar adosado.

**3.5.2.3.- Ganancias térmicas aisladas (“Isolated Gain”)**

En realidad es un sistema indirecto, pero hay una clara división térmica (por medio de aislamiento o bien por medio de una división física) entre el acumulador térmico y el espacio por calentar. El “circuito convectivo” entra en esta categoría. El “muro acumulador térmico”, la “cubierta acumuladora térmica” y el “espacio solar adosado” de igual modo pueden ser transformados en sistemas aislados por medio de un aislamiento entre el acumulador térmico y el espacio calentado.

Las categorías físicas (espaciales) son utilizadas frecuentemente para la descripción de sistemas pasivos, porque pueden ser imaginadas plásticamente y

transmiten enseguida los conceptos y principios físicos que subyacen a los proyectos pasivos más frecuentes.

No obstante les falta el carácter general y es de esperar que surja un largo catálogo de distintos procedimientos y descripciones físicas vinculadas a ellos. Las categorías genéricas son de naturaleza tan general que probablemente pervivirán con ayudas útiles para la descripción de una amplia gama de concepciones de diseño. Además son aplicables de igual modo a concepciones naturales de refrigeración, como a concepciones de calefacción solar. Las reducciones de la carga frigorífica a raíz de la masa adicional en el edificio pueden resultar ser una ventaja añadida, esta consideración no suele dominar el diseño.

También se puede prever una refrigeración adicional por medio de ventilación a través de chimeneas de convección. Tal combinación realmente ha sido construida y se ha demostrado que funciona bien.

### **3.5.3.- Sistemas Híbridos**

Se denomina "sistemas híbridos" a las combinaciones de procedimientos de diseño activo y pasivo. Un ejemplo que surge frecuentemente es la utilización de un colector pasivo, por ejemplo de un invernadero, en combinación con un acumulador térmico de piedra activado por ventiladores.

### **3.5.4.- Elementos Clave Del Diseño**

Si bien hay que tomar en consideración muchos otros aspectos en los sistemas solares pasivos, por ejemplo la incidencia de la sombra, la distribución interior en planta y las repercusiones microclimáticas.

No obstante los aspectos más importantes con mucho son:

- El grado deseado de ahorro energético
- La extensión de las superficies acristaladas a mediodía y
- El tamaño y la situación de la masa acumuladora térmica.

La comprensión exhaustiva de la función de estos elementos clave es esencial para el aprovechamiento eficaz de la energía solar.

## **3.6.- DESCRIPCION DETALLADA DE SISTEMAS PASIVOS DE ENERGIA SOLAR**

### **3.6.1.- Algunos Componentes De Sistemas Pasivos De Energía Solar**

( Elementos constructivos en los procesos térmicos)

Los elementos constructivos (como por ejemplo el vidrio) y los procesos térmicos (como la conducción térmica) son combinados de distintos modos en soluciones pasivas. La familiaridad con estos “componentes” habilita al proyectista para tomar decisiones con respecto a cada proyecto particular.

Adicionalmente el proyectista puede variar estos medios para satisfacer los requerimientos especiales del respectivo proyecto. Tales requerimientos son diversos y dependen principalmente del emplazamiento, del clima, del cometido del edificio y de las actividades que se desempeñan en él. Estas variaciones a su vez influyen en la selección del diseño pasivo. Las siguientes descripciones pretenden dar sugerencias para la comprensión de sistemas pasivos de energía solar.

#### **3.6.1.1.- Aislamiento**

Los aislamientos son materias con una alta resistencia al paso del calor.

En climas fríos se utilizan para impedir las pérdidas térmicas por conducción en los edificios.

En climas cálidos se usan para reducir la captación de calor.

Los aislamientos móviles limitan el flujo energético a través de las ventanas (por ejemplo de noche, cuando no luce el sol). Son necesarios para retener la radiación térmica de onda larga producida en el interior de la casa.

#### **3.6.1.2.- Acristalamiento**

Los acristalamientos constan de un material que es muy permeable para los rayos solares.

Se usan para dejar penetrar y captar la radiación solar. El acristalamiento, usualmente de vidrio o de plástico, es un elemento decisivo en la mayoría de los sistemas pasivos.

En forma de ventanas, los acristalamientos pueden ser a la vez colectores solares y fuentes de luz. El diseño y la orientación de las ventanas son extremadamente importantes.

Las ventanas a mediodía obtienen ganancias máximas en invierno y ganancias mínimas en verano. Los acristalamientos cubren elementos constructivos como paredes de metal o de fábrica y los convierten en “colectores solares”.

Los espacios de cierto tamaño entre el acristalamiento y el edificio pueden ser utilizados con éxito como invernaderos u otros espacios solares.

#### **3.6.1.3.- Dispositivos parasoles**

Evitar entera o parcialmente el asoleamiento sobre edificios y ventanas durante la temporada cálida tiene una importancia decisiva para mantener fresco el edificio.

Entre los mecanismos parasoles se cuentan las plantas, partes del mismo edificio, dispositivos en forma de elementos protuberantes (por ejemplo aleros en voladizo y similares) y elementos móviles que en forma de cortinas y contraventanas a la vez dan sombra y pueden ser utilizados como aislamientos móviles.

#### **3.6.1.4.- Reflectores**

Un método por el que se puede aumentar la captación de calor a través de colectores pasivos es la instalación de superficies de alta reflexión.

Los paneles con una superficie reflectante, en un ángulo tal que sacan máximo provecho del sol con respecto al colector, aumentan la cantidad de insolación recibida, al reflejar los rayos solares de una superficie mayor que el propio colector.

Simplemente modificando la postura del colector una vez al mes, se puede mejorar el ángulo de incidencia de la radiación solar reflejada con arreglo a la modificación de la altura del sol a lo largo del año.

Algunos paneles reflectores también pueden ser levantados con el fin de aislar el muro colector durante la noche si así se desea. Otros productos actúan de parasoles para las ventanas debajo del nivel de los colectores.

#### **3.6.1.5.- Masas térmicas**

Los materiales pesados en el edificio, como el hormigón la piedra o el agua ayudan a almacenar la energía térmica, tanto para fines de calefacción como de refrigeración. Pueden atenuar las repercusiones del medio ambiente, captar energía y retardar la pérdida de la misma.

Durante el periodo de refrigeración. por ejemplo, absorben el calor diurno para luego ser almacenado y poder ser liberado en la noche. Los materiales con mayor capacidad calorífica requieren menor masa y menor volumen para acumular la misma cantidad de energía térmica que materias acumuladoras de calor más convencionales como pueden ser el hormigón, el ladrillo y similares. También almacenan el calor con menores modificaciones de temperaturas, o sin ellas.

#### **3.6.1.6.- Procesos térmicos**

La radiación térmica es un medio importante para la transmisión de energía en un edificio. Esta radiación se asemeja a la luz, pero tiene una amplitud de onda tan grande que es invisible.

Se la percibe sin dificultad como una "sensación de calor", sobre todo en el dorso de la mano y en la cara y es especialmente perceptible en la cercanía de objetos calientes como un tubo de chimenea caliente o una pared.

La energía radiante es absorbida por la superficie de los objetos no reflejantes. Esto calienta la superficie que acto seguido entrega energía a las masas interiores por medio de la conducción térmica. La energía es transmitida por la masa acumuladora térmica de nuevo a través de radiación y convección al espacio por calentar.

Las personas que se hallan en interacción térmica con paramentos, techos y otros también influyen en el proceso.

#### **3.6.1.7.- Convección natural**

La convección natural es el movimiento del aire ocasionado por masas térmicas que debido a su baja densidad tienden a ascender. Esto se puede utilizar para transportar energía térmica de un lugar a otro sin ventiladores.

#### **3.6.1.8.- Conducción de calor**

La conducción de calor es la transmisión de energía térmica dentro de las materias. Se efectúa desde el lugar más caliente al más frío. Cuanto mayor la diferencia de temperatura y cuanto más pesado el material, tanto más rápido resulta el desplazamiento de energía.

#### **3.6.1.9.- Estratificación del aire**

El aire caliente asciende a los lugares más altos de un edificio porque está a una temperatura más elevada que en los pisos inferiores. Las capas de aire caliente pueden ser transportadas a otras partes del edificio o a un acumulador térmico.

En verano el aire caliente ascendente puede escapar al exterior, por lo cual se obtiene una ventilación natural del edificio y se reduce la necesidad de climatizarlo.

#### **3.6.1.10.- Evaporación:**

Cuando el agua y el aire están en contacto y la humedad relativa del aire es menor al 100 %, el agua se evapora. La energía necesaria para la evaporación del agua reduce la temperatura del aire.

La cantidad de agua adicional aumenta la humedad del aire. Este proceso de refrigeración es el principio que subyace a los refrigeradores por evaporación que se utilizan primordialmente en el sudoeste de los Estados Unidos. Allí el aire más fresco y húmedo es más confortable que el aire más cálido y seco del entorno. La refrigeración por evaporación no es tan efectiva en climas húmedos, porque allí el aire ya es de por sí muy húmedo. En esos climas, por lo general, la deshumidificación es más conveniente para el bienestar.

#### **3.6.1.11.- Termocirculación**

Los fluidos o el aire se hacen más ligeros y ascienden cuando son calentados. Como en una chimenea, cuando asciende el aire caliente acude el aire frío para reemplazarlo, esta fuerza motriz se puede utilizar para hacer circular el aire caliente o un fluido calentado desde un colector hasta un acumulador o hacia una zona de estancia. Cuando el aire o el líquido fluye en este circuito permanente, similar a un círculo, se habla de termocirculación.

El proyectista de sistemas pasivos no tiene que experimentar con combinaciones totalmente nuevas de los componentes de diseño mencionados.

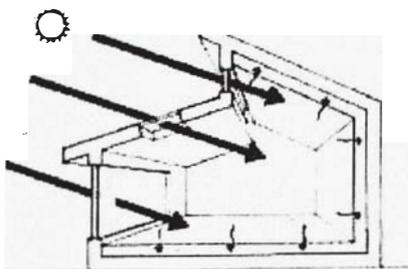
Aunque la utilización pasiva de la energía solar hoy en día aún se encuentra, por decirlo así, en sus comienzos, muchos diseños fueron desarrollados con las mismas consideraciones proyectuales hace ya mucho tiempo.

### **3.6.2.- Sistemas Directos De Captación De Calor (“Direct Gain”)**

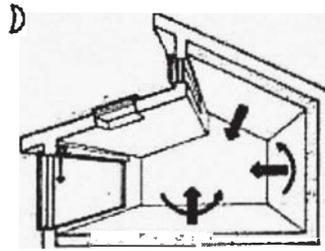
El sistema pasivo de energía solar más sencillo es la captación directa de calor a través de las denominadas “ventanas solares”. A través de ventanas orientadas al mediodía (ventanas, lucernarios de diente de sierra, claraboyas) o aberturas transparentes mayores de lo necesario para la iluminación, la radiación solar penetra en la casa es decir en el colector e incide sobre los paramentos y suelos (acumuladores primarios), que constan de materiales con capacidad acumuladora (por ejemplo: concreto, bloquetas de concreto o ladrillo).

La superficie de las paredes y el suelo son de color oscuro, capaces de absorber la radiación solar que posteriormente es almacenada en el muro. Durante la noche, el calor acumulado en la fábrica irradia el ambiente cuando éste se enfría, con arreglo al principio natural según el cual el calor siempre fluye de un lugar más caliente a uno más frío.

Adicionalmente, en lugar de los muros de obra y el suelo, pueden situarse recipientes llenos de agua (acumuladores a base de agua), en un lugar idóneo, de tal manera que absorban y acumulen el calor del sol.



**Figura 26.- Direct Gain System (Dia)**



**Figura 27.- Sistema Directo de Captación de Calor (Noche)**

Observación: las grandes masas de agua tienen un peso considerable y requieren las precauciones constructivas correspondientes.

Para la regulación del régimen calorífico, una casa con captación directa del calor debería estar provista de elementos aislantes térmicos móviles. Con este aislamiento se cubren las superficies de ventanas por la noche para impedir importantes pérdidas de calor en el edificio. En verano hay que asegurarse de que la radiación directa del sol no pueda penetrar en el interior de la casa para evitar el sobrecalentamiento

En este caso el aislamiento móvil puede permanecer cerrado a lo largo del día. Los aleros en voladizo o los toldos también pueden proteger las ventanas a mediodía del sobrecalentamiento por el sol estival. Otra forma de protección solar en verano se logra también con vegetación frondosa. En este sistema pueden surgir conflictos de planificación entre el uso de los espacios y la acumulación de calor. Con el amoblamiento de los interiores pueden quedar cubiertas parcialmente las masas acumuladoras, lo que disminuiría su efectividad.

### **3.6.3.- Sistemas Indirectos De Calor (“Indirect Gain”)**

Los sistemas indirectos de captación de calor se basan en el principio de la entrega de calor desfasada. La radiación solar no puede penetrar inmediatamente en un espacio, sino que es captada y acumulada por elementos constructivos pesados. La entrega de calor desde el muro acumulador al espacio interior se efectúa con un desfase temporal de unas 6 a 12 horas, dependiendo del espesor y el peso específico del muro acumulador.

según el emplazamiento y el tipo del material acumulador se pueden distinguir los siguientes sistemas:

- Muros acumuladores de obra (Muro Trombe)
- Muros acumuladores de agua
- Acumuladores de agua en la cobertura

#### **3.6.3.1.- Muros acumuladores térmicos de obra. (Muro Trombe)**

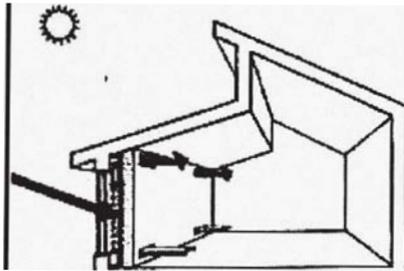
Los muros acumuladores solares de obra, que también se denominan muros Trombe, según los dos científicos franceses: Trombe y Michel que los desarrollaron, son la elección más frecuente para sistemas indirectos de captación de calor.

El muro Trombe consta de una pared acumuladora pintada de color oscuro por su una distancia de 10 a 15 cm. aproximadamente.

El muro Trombe aprovecha la energía solar incidente tanto por medio de la capacidad de almacenamiento térmico del paramento posterior a última hora de la tarde o primera de la noche ("calefacción retardada").

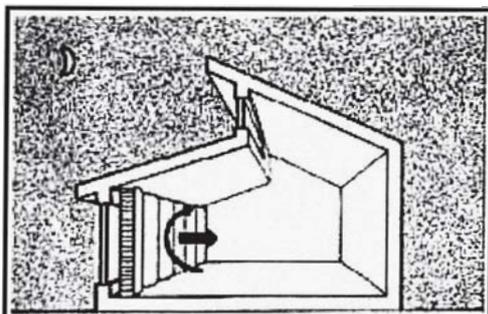
En cuanto la temperatura interior desciende por debajo de la del paramento, comienza a irradiarse el calor al ambiente.

El desfase temporal depende de la conductividad del material del muro y varía con su espesor y tipo de ejecución. Pero la mayoría de los muros Trombe están realizados de tal forma que distribuyen inmediatamente el calor mientras aún hay sol.



**Figura 28.- Muros acumuladores térmicos de obra (muro-Trombe) Día**

día



**Figura 29.-Muros acumuladores térmicos de obra (muro-Trombe) Noche**

noche

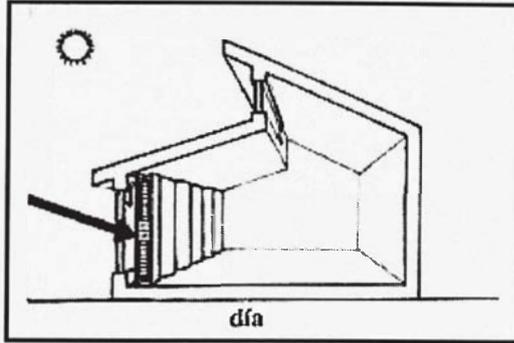
Para ello es preciso que el muro tenga vanos de dos tipos. Unos en la zona del suelo, otros en el techo. En cuanto el aire entre el paramento y el acristalamiento se calienta, comienza a ascender y fluye a través de las aberturas a la altura del techo y de este modo calienta el espacio.

Este flujo produce una succión que absorbe el aire más frío del ambiente a través de las aberturas del suelo. Este ciclo de movimiento natural del aire se denomina circuito convectivo (o termocirculación). Las pérdidas de calor del muro Trombe pueden regularse por medio de una cortina aislante que se extiende por la noche en el espacio entre el acristalamiento y el muro.

Las aberturas en la pared también han de ser provistas de compuertas de retención para impedir un flujo convectivo inverso durante la noche, que enfriaría el aire ambiental. El grado de efectividad de un muro acumulador viene determinado por el espesor del material y el color de la superficie.

Puede producirse el sobrecalentamiento ambiental cuando se transmite más calor del necesario a través del muro, cuando la superficie es demasiado grande o el muro es de dimensiones demasiado pequeñas. El dimensionamiento correcto de las aberturas de ventilación del intersticio de convección entre el vidrio y la masa acumuladora también es muy importante.

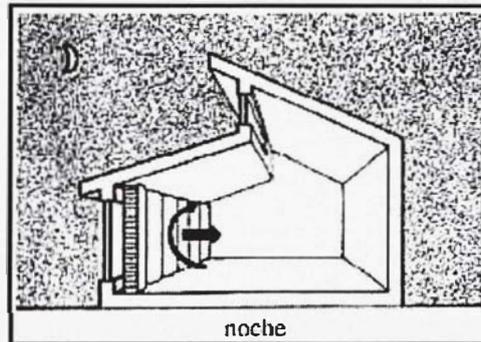
### 3.6.3.2.- Muros acumuladores de agua



Una variación de la acumulación de energía solar en muros solares de obra consiste en exponer recipientes llenos de agua a la radiación solar.

Figura 30.- Muros acumuladores de agua (DIA)

Figura 31.- Muros acumuladores de agua (NOCHE)



El "muro de bidones" desarrollado en 1970 por Steve Baer es el ejemplo más conocido de tales dispositivos acumuladores. Se apilan bidones petroleros de acero en hileras verticales por el lado interior de una cristalera. Los bidones, que por su lado orientado al sol están pintados de negro, captan el calor del sol y lo transmiten después de la puesta del sol al interior de la casa.

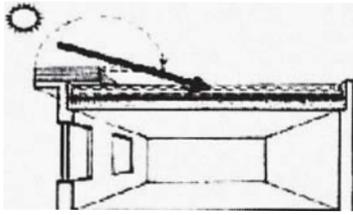
El espacio entre los bidones y la construcción de la pared también deja penetrar la luz diurna y el calor solar directamente al interior, además se tiene un contacto visual con el exterior. El asoleamiento directo al interior permite un calentamiento más rápido por la mañana que en un acumulador macizo de obra.

La transmisión de calor se efectúa bastante más rápidamente en este sistema por la convección en el agua. Además el agua almacena potencialmente más calor que un volumen idéntico de fabrica. Con elementos de aislamiento térmico situados en el exterior puede evitarse el sobrecalentamiento en el verano y la pérdida de calor en invierno.

### 3.6.3.3.- Acumulador de agua en la cobertura ("RoofPond")

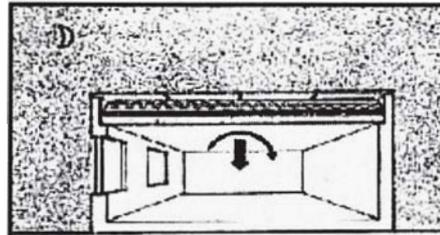
En las latitudes entre 35 grados Sur y 35 grados Norte( como es el caso del Perú), la posición del sol es tan alta incluso en invierno, que las superficies de colectores verticales son casi ineficaces.

En estas latitudes los colectores horizontales son más útiles. La masa térmica la proporcionan sacos de plástico de PVC llenos de agua que van colocados sobre una construcción de cubierta pintada de negro. Los recipientes de agua se cubren con un aislamiento térmico móvil que puede ser abierto para que sea captada la radiación solar durante un día de invierno. Por la noche, cuando el aislamiento está cerrado, la radiación térmica acumulada es irradiada desde el techo a los espacios situados debajo.



día

Figura 32.- Acumulador de agua en cubierta (DIA)



noche

Figura 33.- Acumulador de agua en cubierta (NOCHE)

Las paredes pueden servir de masa térmica secundaria. La convección del aire ambiental se erradica al hallarse la masa acumuladora térmica primaria en el techo. Por consiguiente este sistema proporciona una distribución del calor cómoda y homogénea principalmente en forma de radiación.

El acumulador de agua en la cobertura es uno de los pocos sistemas pasivos que pueden ser empleados tanto para la calefacción como para la refrigeración. En verano la refrigeración se realiza de tal forma que se retira el aislamiento móvil para que pueda ser transmitida la radiación al frío cielo nocturno. El aislamiento permanece cerrado de día para reducir la captación solar y para que el agua refrigerada proporcione una reducción de calor a los espacios situados debajo de ella. Esta refrigeración por radiación se presta ante todo para aquellos lugares donde haya grandes oscilaciones de temperatura diarias. En días claros de climas secos, este proceso puede reducir la temperatura de la masa considerablemente por debajo de la temperatura del aire.

#### **3.6.3.4.- Espacios solares adosados**

La utilización de galerías solares acristaladas es una forma muy difundida de la utilización pasiva de la energía solar. La galería acristalada es una ampliación de la concepción de la ventana solar.

Con la galería acristalada pueden absorber la radiación solar superficies acristaladas mayores que en una ventana. Pero la galería acristalada también tiene mayores pérdidas de calor si no se toman precauciones de aislamiento térmico.

Una galería solar acristalada puede construirse como parte de un edificio nuevo o también como anexo a un edificio antiguo. Las galerías acristaladas adosadas a un edificio o integradas son espacios cerrados en sí mismos (zonas muelle térmicas), que se hallan en estrecha interrelación con las habitaciones situadas detrás de ellas.

La radiación solar es captada por las cristaleras de la galería acristalada orientadas a mediodía, y almacenada por las superficies adyacentes (paredes,

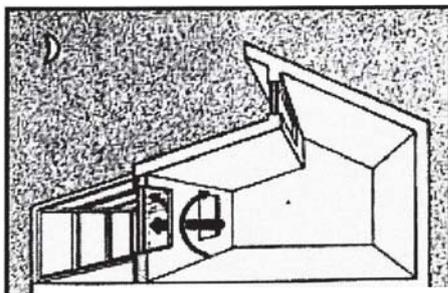
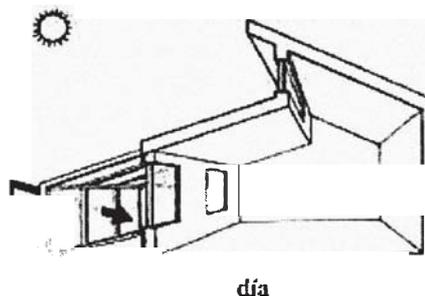
suelos). Las masas acumuladoras se pueden integrar en este sistema de distintas maneras.

El modo más sencillo es realizar los paramentos orientados al interior del edificio y las superficies del suelo en materiales macizos con un espesor suficiente (por ejemplo: fábrica de ladrillo o muros de concreto, y suelos de barro recocido), cuyas superficies deberían ser oscuras para mayor absorción calorífica. Adicionalmente se pueden situar contenedores llenos de agua debajo de los antepechos o junto a los muros posteriores. En invernaderos situados a ras de suelo conviene succionar por arriba el aire caliente producido por el efecto de invernadero y conducirlo a través de un acumulador de piedra situado debajo del piso

El material acumulador capta el calor y lo entrega de noche por radiación a la galería de cristal o a la habitación colindante, igual que una calefacción de suelo. Es una ventaja de este sistema que se puede instalar posteriormente casi en todas partes.

La distribución del calor desde la galería de cristal al edificio de vivienda puede efectuarse de distintos modos. Un muro de fábrica entre la galería acristalada y las habitaciones vecinas puede proporcionar una calefacción “de desfase temporal”, tal como es el caso en el muro Trombe.

**Figura 34.- Espacios Solares adosados(DIA)**



noche

**Figura 35.- Espacios Solares adosados(NOCHE)**

Sin embargo también puede contar con aberturas en el techo y en el suelo, que producen un circuito natural de convección. El calor procedente de la galería de cristal también puede ser transportado a la casa por medio de un ventilador o un compresor, o el calor puede circular simplemente abriendo las puertas que unen la galería de cristal con las habitaciones vecinas. Los aislamientos móviles se emplean para cubrir la cristalera por dentro durante la noche. Una galería

acristalada proporciona una zona amortiguadora para la casa que contribuye a reducir las pérdidas de calor.

Adicionalmente es una zona de expansión de vivienda que en condiciones propicias puede ser utilizada para distintos fines.

### 3.6.4.- Circuitos Convectivos o Colectores Por Termo-Circulación

Termocirculación es otra denominación para el movimiento natural de aire o agua a raíz de diferencias de temperatura. Los colectores de termocirculación emplean una placa de absorción pintada de negro por lo general de aluminio ondulado, que está cubierta a una distancia de 2 cm. por un acristalamiento de vidrio o de plástico.

Un colector de termocirculación puede ser instalado en la pared a mediodía de una casa o bien colocado en el terreno a una cota más baja que la casa. Al ser instalado en una pared sur, el colector proporciona calor a la casa mediante la misma función convectiva en forma de circuito que un muro Trombe. Al calentarse, el aire asciende en el colector y penetra en el interior por una abertura en el techo. Este movimiento ocasiona una corriente que succiona aire frío del ambiente al colector a través de la abertura en el suelo.

Un colector de termocirculación instalado en la pared a mediodía de una casa, frecuentemente no está conectado con un elemento acumulador. Si el colector no obstante está acomodado en el terreno debajo de la casa, puede ser acoplado a un acumulador de piedra.

También aquí el aire caliente circula de modo natural. Si se ofrece más calor solar de lo que se necesita para la calefacción ambiental, Se puede almacenar el calor en un acumulador de grava estrangulando las compuertas de acceso de aire. Por la noche este calor se irradia a través del piso o bien fluye a las habitaciones a través de la compuerta de convección abierta de nuevo.

Figura 36.- Circuitos convectivos (DIA)

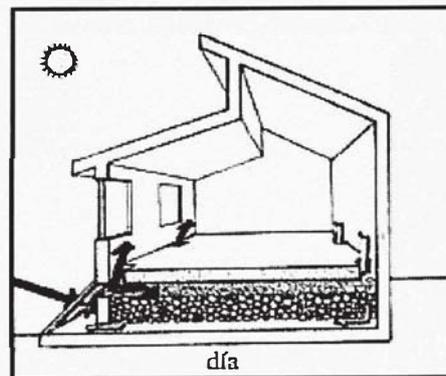
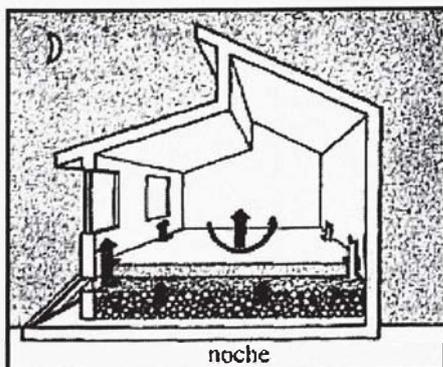


Figura 37.- Circuitos convectivos (NOCHE)

## 3.7.- INFLUENCIA DE SISTEMAS “PASIVOS” SOBRE EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

### 3.7.1.- Aberturas colectoras

Al basarse todo sistema solar pasivo en la penetración de la radiación solar en el interior del edificio, la superficie transparente de vidrio o de plástico se convierte en el elemento clave del diseño arquitectónico. A este respecto y considerando las características energéticas, el tamaño, la orientación con respecto a los puntos cardinales y la inclinación vertical, al igual que el emplazamiento de las aberturas colectoras con relación al edificio, son de primordial importancia para obtener la eficacia deseada.

El grado deseado de la captación de calor a partir de la radiación solar depende estrechamente de la estación del año y de las correspondientes temperaturas exteriores. La arquitectura solar pasiva debe reaccionar ante este esquema espacial de la trayectoria solar con consideraciones espaciales acerca del diseño del volumen edificado, y sobre todo acerca de las aberturas colectoras.

Las cristaleras verticales a mediodía ofrecen al sol invernal las mejores oportunidades de incidencia en **latitudes septentrionales**. En verano no obstante solo están soleadas durante un tiempo relativamente corto, ya que el sol nace en el noreste y se pone en el noroeste. La posición casi vertical del sol en verano permite dar sombra, por ejemplo, incluso con pequeños voladizos de la cubierta.

En el otro extremo, las aberturas colectoras horizontales ofrecen al sol de verano las mayores posibilidades de incidencia, pero en **latitudes septentrionales** actúan con una cierta desventaja, sobre todo en invierno. Según la posición del acristalamiento se puede provocar un cálculo de insolación en combinación con otros elementos constructivos.

### 3.7.2.- Masas acumuladoras

A los periodos de asoleamiento irregulares que dependen de la meteorología se oponen los periodos con temperaturas ambientales homogéneas y con la menor variación posible.

La mayoría de los ejemplos de arquitectura solar pasiva diseñan las masas acumuladoras térmicas en combinación con las aberturas colectoras o toman en consideración en el proyecto la necesaria distribución del calor por medio de la convección.

Uno de los principios conduce frecuentemente a una arquitectura direccional cerrada y compacta en el lado norte, a menudo con forma de prisma o de cuña para desviar los vientos del norte, y ampliamente desplegada hacia el sur.

Al otro principio de la convección corresponden superficies inclinadas de cerramientos y cubiertas, transiciones espaciales abiertas y un volumen edificado estrechándose hacia el punto más alto, desde donde se puede volver a dirigir hacia abajo el aire caliente en circuitos de convección.

En este proceso a menudo van combinados la ascensión natural del aire caliente a través de todas las zonas del edificio y un retorno mecánico.

La arquitectura direccional ejecutada en la modalidad de muro con cámara (envoltura térmica) permite una termocirculación natural debida a las condiciones de temperatura distintas en los lados norte y sur.

Se aceptan como inevitables las pérdidas nocturnas de calor en las aberturas orientadas a mediodía. Si como contrapartida se quiere obtener también de noche una circulación natural estarán en dirección contraria.

### 3.7.3.- Diferenciación de zonas térmicas

Numerosos ejemplos de casas solares van un paso mas allá y desarrollan una concepción de uso flexible de la vivienda. En condiciones climáticas favorables, los habitantes tienen a su disposición una superficie útil sensiblemente más grande que durante la estación fría .

El núcleo mas cálido de la casa, situado hacia el interior, está rodeado por todas partes de zonas-muelle, que presentan niveles de temperatura más bajos cuanto más exteriores sean y que no tienen que ser calentadas necesariamente.

Esta zonificación múltiple se manifiesta en algunos proyectos como expresión arquitectónica también en la selección de materiales y en el elemento de diseño particularmente dominante en cada una de las zonas.

Esta concepción espacial funcional conocida como el "principio de las napolitanas" o como el sistema de muñecas rusas encajadas unas en otras, produce una arquitectura que apunta a una actitud consciente de la energía por parte de los habitantes y que presupone un cambio de su modo de vida.

### 3.7.4.- Elementos reguladores

Para hacer uso de las distintas posibilidades de medidas pasivas para el aprovechamiento de la energía solar queda patente que su óptimo funcionamiento nace del adecuado mantenimiento del sistema por el usuario.

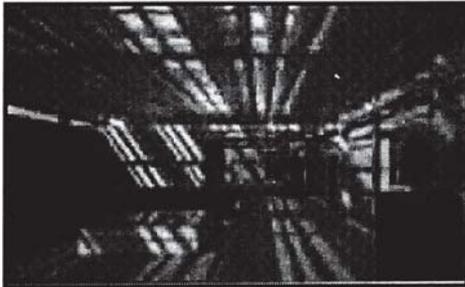


Figura 38.- Elemento regulador en sistema Pasivo

Las intervenciones necesarias dependen de la estación del año y de la meteorología. La arquitectura solar determina una serie de requerimientos regidos por las características de sus partes.

Constituyen estos elementos reguladores: los parasoles de accionamiento manual o mecánico, aislamiento y ventilación en los sistemas puramente activos, sistemas de regulación controlados semi-automáticamente, con el fin de conseguir la captación, distribución y acumulación óptimas de calor solar.

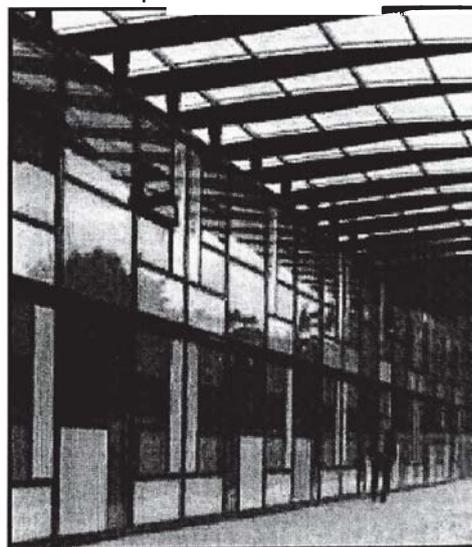
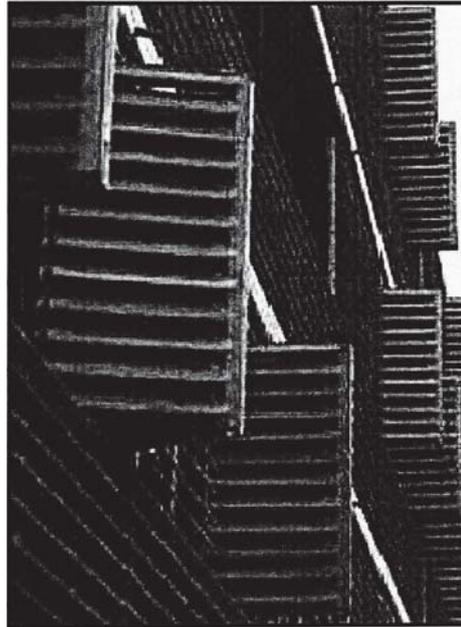


Figura 39.- Elemento regulador 2

Para la reducción de este aparato de regulación sin embargo se ofrece una adecuada orientación y ubicación de la vegetación, coincidiendo con el transcurso de las estaciones del año, árboles y arbustos, pero también pérgolas y entramados para enredaderas.

Los mismos elementos que influyen en el microclima del entorno inmediato de la casa, impiden las pérdidas por convección y son por tanto factores de influencia esenciales para toda la economía energética de una casa solar.

**Figura 40.- Elemento regulador 3**



### **3.8.- SISTEMAS “PASIVOS” EN COMPARACION CON LOS “ACTIVOS”**

La explotación de la energía solar por métodos pasivos a menudo es ignorada por los partidarios de sistemas solares de calefacción técnicamente complejos. Una razón patente es de naturaleza económica. Los sistemas pasivos están orientados en el diseño y no en el producto, es decir que en ellos no hay un nuevo mercado de productos técnicos.

Resulta difícil desarrollar piezas o elementos estandarizados del sistema energético porque todas las partes del sistema pasivo también desempeñan otras funciones y están integradas en el proyecto individual del edificio.

No obstante los sistemas pasivos también tienen inconvenientes. Conducen frecuentemente a mayores oscilaciones de la temperatura ambiental, debido a un lento calentamiento en mañanas frías (lo cual es el motivo por el cual la mayor parte de las casas solares pasivas también están equipadas con estufas) y a sobrecalentamiento en días extremadamente soleados.

Estos inconvenientes pueden ser superados con dispositivos de aislamiento y con un sistema de distribución del calor accionado por ventiladores. Algunos de los dispositivos pasivos posiblemente parezcan poco convencionales al propietario promedio, y debido a los largos tiempos de reacción de los edificios con alta capacidad acumuladora térmica, los sistemas pasivos imponen otro modo de conducta al propietario acostumbrado a sistemas de calefacción convencionales más fáciles de regular.

Los propietarios de casas solares pasivas, por lo general, deben estar muy vinculados a sus casas. Se hacen paulatinamente más conscientes del sol y parecen disfrutar de las nuevas costumbres que se hacen necesarias por su participación activa en la naturaleza: cerrar y abrir ventilaciones, trampillas de cubierta, puertas, compuertas de ventilación y similares, ajustar reflectores, correr cortinas o cerrar paneles aislantes; ponerse chompas y prender hogueras de leña, aceptar mayores diferencias de temperatura, incluso incomodidades ocasionales. Pero vivir más cerca el ritmo de la naturaleza y orientarse por el sol se revela como aspecto positivo, no negativo de su conciencia energética autoimpuesta.

Una ventaja primordial de los sistemas pasivos es de índole económica. La instalación de equipos de calefacción mecánicos en un edificio generalmente es muy costosa. Como consecuencia de ello surge un principio básico de la planificación de casas práctica y consciente de la energía: ante todo aislar la casa de tal manera que se reduzca el gasto energético para la calefacción, para luego usar medios pasivos de captación y acumulación de energía solar con el fin de distribuir el calor lo mejor posible y de un modo que sea adecuado al respectivo clima.

Este tipo de planificación consciente de la energía alivia la carga de la calefacción mecánica elegida en cada caso, indistintamente si está incluido un componente activo de calefacción solar o no.

Los ejemplos sucesivos de casas solares pasivas llaman ópticamente la atención por la riqueza imaginativa de la planificación, que ha producido algunas de las formas más interesantes que surgen de la nueva arquitectura solar. Demuestran mucho mejor, de lo que puede expresarse con palabras como la naturaleza integrada de los sistemas solares pasivos permite una sorprendente variedad en la planificación de una casa. quizás incluso invite a ello. La fantasía del proyectista, del arquitecto y la amplitud de miras del propietario son las únicas limitaciones.

Por lo tanto, los sistemas pasivos, se fundamentan en el control de las variables climáticas en el interior de las edificaciones mediante el uso racional de las formas

y de los materiales utilizados en arquitectura, incidiendo fundamentalmente en la radiación solar, facilitando o limitando su incidencia y utilizando los aislamientos y la inercia térmica de los materiales como sistemas de control y amortiguamiento térmico. La elección de los vidrios y del material de construcción de los forjados, cerramientos, tabiquería y estructuras depende de la obtención de los resultados prefijados.

Los sistemas activos, por el contrario, aplican directamente las nuevas tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables, como la solar (para producción de agua caliente sanitaria, calefacción o energía fotovoltaica), la energía eólica o la biomasa. En este sentido se debe hacer una primera distinción entre aquellas técnicas probadas y cuantitativamente rentables en todas condiciones, como es la energía solar para agua caliente sanitaria, o la energía eólica, de aquellas otras cuya aplicación es más discutible en términos de rentabilidad, como la fotovoltaica. También estarían todos aquellos sistemas de ahorro energético de equipos tradicionales, como los que suponen las centrales de cogeneración y todos aquellos otros sistemas de control ambiental que necesitan un gasto inicial de energía para su correcto funcionamiento: sistemas móviles de parasoles, domótica, sistemas variables de iluminación, etc.

### 3.9.- SISTEMAS ACTIVOS DE ENERGIA SOLAR

Son aquellos sistemas de climatización ambiental que funcionan con base en la energía solar y en energéticos convencionales ( gas, electricidad, diesel y otros) tales que el sistema sea dependiente de ambos y no funciona con una sola fuente de energía.

Al igual que los sistemas solares pasivos están compuestos de tres partes principales para su funcionamiento: elemento colector, elemento acumulador y elemento distribuidor.

Se clasifican en dos categorías según su función: captadores y protectores.

#### 3.9.1.- Sistemas Captadores

Estos sistemas , transforman la energía que reciben en energía calorífica o energía eléctrica. Existen dos sistemas captadores:

##### 3.9.1.1.- Paneles o células fotovoltaicas-

Derivan a partir de la captación de la energía solar fotovoltaica, la cual se dirige a convertir la luz directamente en electricidad por medio de células fotovoltaicas; las aplicaciones más comunes las encontramos en viviendas de tipo rural, sistemas de bombeo de riego y consumo humano, repetidores de radio y televisión, etc.

Estos equipos tienen una vida útil de 20 a 30 años. Las células fotovoltaicas son dispositivos semiconductores de estado sólido que convierten a la luz directamente en electricidad. Generalmente se hacen de silicio cristalino (células policristalinas) con trozos de otros elementos y son primos hermanos de los transistores, pero también existen células de silicio amorfo (células amorfas), con un costo más bajo y una durabilidad menor, debido a su degradación y un rendimiento muy bajo.

La luz consiste en partículas llamadas fotones. Cuando incide sobre la célula solar, algunos de los fotones son absorbidos en la región de la unión, liberando electrones en el cristal de silicio. Al pasar por el circuito externo emiten su energía en forma de trabajo útil y regresan a la célula solar.

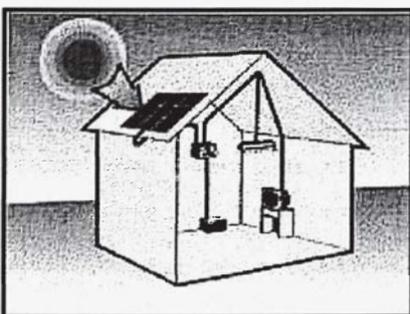


Figura 41.- Sistema Fotovoltaico

Se puede atender prácticamente todas las necesidades de energía eléctrica con unos sistemas de energía fotovoltaica debidamente diseñado. Esto incluye la energía de alumbrado, bombeo, refrigeración, transmisión de radio, etc.

Los módulos fotovoltaicos también funcionan en el frío, y contrario a lo que piensa la mayoría de la gente, estas células fotovoltaicas generan más energía a temperaturas más bajas en igualdad de condiciones, y se debe a que en realidad son dispositivos electrónicos que generan electricidad a partir de la luz, no del calor.

Cuando los días son nublados las células también funcionan, filtrando la luz a través de las nubes.

### 3.9.1.2.- Colectores solares planos

Son aquellos sobre los cuales, se intercepta y absorbe la energía solar en una superficie plana, revestida por una película ennegrecida u otra altamente absorbente de la radiación solar (superficie selectiva).

Los tipos más comunes son: tubos soldados a una placa, tubos paralelos soldados en sus extremos a dos cabezales, y láminas metálicas unidas, una de ellas acanalada. Esta placa puede ser de cobre, aluminio, o hierro, materiales que poseen buenas conductividades térmicas y dimensiones variadas.

Requiere de dispositivos denominados calentadores, captadores o colectores, para llevar a cabo el proceso de captación de energía solar. Dicho proceso consiste en transformar la radiación solar incidente, directa o difusa, en energía calorífica absorbida por un fluido circundante (agua, aire, aceite, etc).

Los materiales comúnmente utilizados como cubiertas transparentes en colectores solares son de vidrio y plástico. El vidrio se ha utilizado ampliamente en aplicaciones solares, por su transmisión selectiva de la radiación y su resistencia a la intemperie; los únicos inconvenientes son su peso y su fragilidad.

En los últimos años se han elaborado plásticos con propiedades específicas para utilizarlos en equipos de captación de energía solar, mejorando sus propiedades mecánicas, con su resistencia a la intemperie y su buena transmisión.

Estos colectores, captan energía, y a través del sistema, almacenan y distribuyen.

Es una caja plana muy bien aislada en la parte frontal y en su interior lleva colocado un tubo por el que circula el agua, empujada por la gravedad o por una bomba. El agua así calentada, que logra temperaturas superiores a los 100°, es enviada a un depósito muy bien aislado para su uso en el momento requerido.

El calentador de agua aprovecha 3 principios físicos de gran sencillez: la propiedad del color negro de atraer el calor, **el efecto invernadero** que se crea dentro de una caja con un cristal en la parte frontal que consiste en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior, y la tendencia que tiene el agua más caliente a colocarse sobre el agua más fría.

Estos colectores pueden estar fabricados en distintos materiales (acero, cobre, aluminio, plásticos, etc.) pero están basados siempre en el mismo principio, denominado "efecto invernadero".

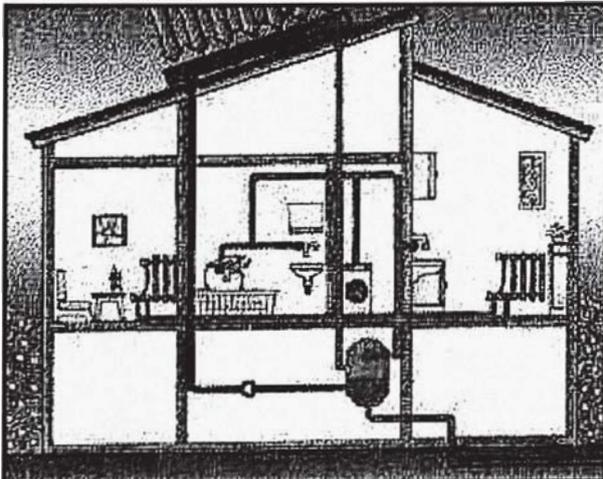
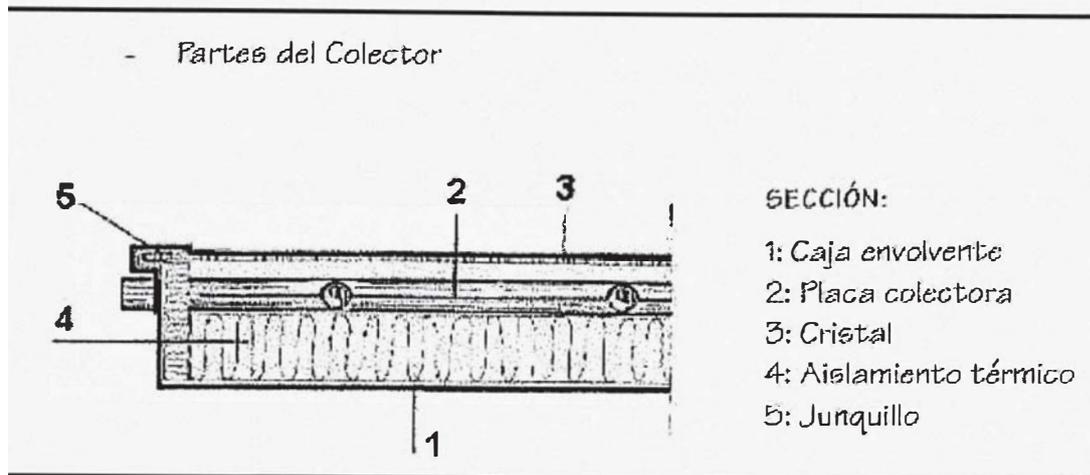


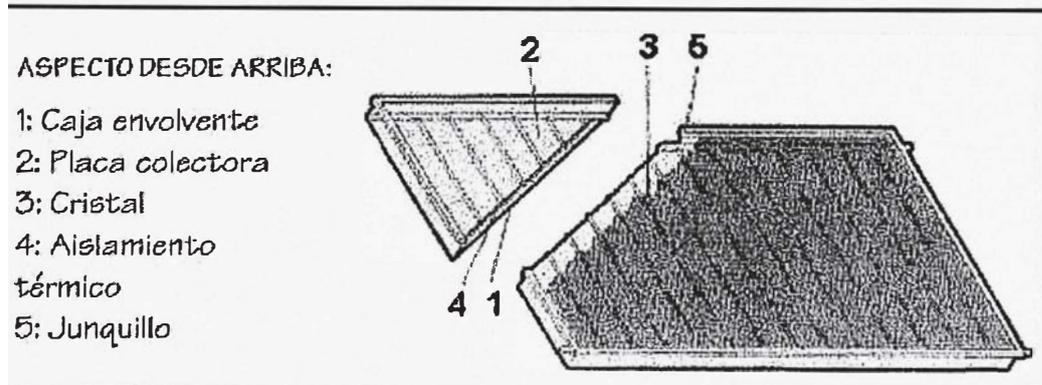
Figura 42.- Circuito del Sistema Solar Térmico

La dimensión de los tanques de almacenamiento deberá ser proporcional al consumo estimado y debe cubrir la demanda de agua caliente de uno o dos días. Se recomienda una distancia mínima de 30 cm entre el extremo superior del colector y el nivel del tubo de salida de agua fría del tanque de almacenamiento. También la base del tanque de almacenamiento de agua, debe estar a mayor altura, que el extremo superior del colector.

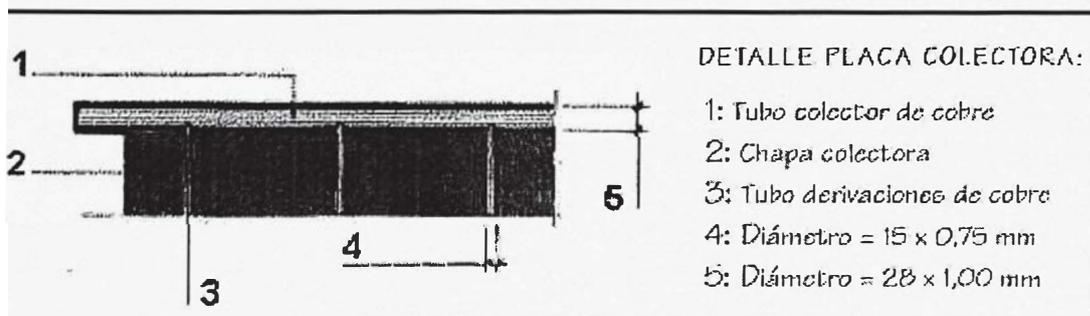
**Figura 43.- Partes del Colector**



**Figura 44.- Colector (Vista en Planta)**



**Figura 45.- Detalle de Placa Colectora**



La longitud de los tubos de conexión entre el colector y el tanque debe ser mínima.

El tubo de agua caliente proveniente del colector hacia el termotanque, siempre estará colocado de forma ascendente

En el acumulador, el agua tiende a estratificarse por temperaturas debido a las densidades en función de la temperatura, de esta manera, la temperatura en la parte superior del depósito será algo mayor a la de la parte inferior. Es importante potenciar este efecto utilizando depósitos verticales con la altura al menos igual al doble del diámetro.

Los diámetros más recomendables para las tuberías que conectan el calor con el tanque de almacenamiento son de  $\frac{3}{4}$  " ( 19m.m ) o de 1" ( 25m.m ) , para volúmenes del termotanque de 250 y 500 litros, respectivamente. Se debe instalar la mínima cantidad de codos de 90°, y evitar reducciones o aumentos en el diámetro de la tubería; si se usan válvulas deberán ser de compuerta o de esfera.

El agua que pasa por los colectores se toma de la parte inferior del depósito (zona fría) y retorna a la parte superior (zona caliente) por lo que el rendimiento de la instalación se verá favorecido al trabajar a temperaturas lo más bajas posibles.

El agua para consumo se toma también de la zona superior del depósito

Los sistemas típicos ,utilizan colectores fijos, montados sobre el tejado lugares donde no le de sombra. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur, (Perú ) ,se orientan hacia el Norte.

Los colectores se inclinan (respecto al plano horizontal) un ángulo igual a los 15° de latitud y se orientan unos 20° de latitud norte o 20° de latitud sur.

Un metro cuadrado de calentador solar proporciona entre 50 a 100 litros de agua caliente (de 40 a 60°C) , según la disponibilidad de energía solar de la localidad.

Para prevenir las posibles faltas derivadas de la ausencia de insolación, los sistemas de energía solar cuentan con un sistema de apoyo basado en energías "convencionales" ( eléctricos, calderas de gas o gas óleo).

### ***3.9.1.3.- Para climas muy fríos***

Donde se registran temperaturas inferiores a 5°C , se deben tomar previsiones para evitar que las tuberías del colector se revienten por congelamiento del agua.

Para protegerlo del hielo, existen tres opciones: a) vaciar el calentador solar en el invierno de forma manual; b) agregar un anticongelante al circuito, para lo cual es necesario adaptar un intercambiador de calor; c) colocar una válvula anticongelante.

La primera opción es económica y simple, aunque un tanto molesta, debido a que el usuario tiene que vaciar el colector todas las tardes durante el invierno.

La segunda opción consiste en colocar un intercambiador de calor en el termotanque y utilizar una mezcla de agua con anticongelante (por ejemplo, etilenglicol). De esta manera, existen dos circuitos hidráulicos: el primario, que conecta al colector con el intercambiador de calor a través del cual circula la mezcla anticongelante, y el secundario, por el cual circula el agua caliente de termotanque a servicios o al calentador auxiliar. El rendimiento del calentador con intercambiador de calor es menor que el de diseño común, por lo cual se requiere una área de captación solar un poco mayor.

La tercera opción consiste en colocar una válvula anticongelante que, de forma automática, drene el colector cuando la temperatura ambiente esté cercana a la del congelamiento del agua .

### 3.9.2.- Sistemas Protectores

Existen dos sistemas:

#### 3.9.2.1.- Persianas-

Se definen como los elementos más que todo complementarios a los ventanales, ya que serán los elementos móviles que evitarán las pérdidas o ganancias del calor en la edificación.



Figura 46.- Persianas exteriores

#### 3.9.2.2.- Parasoles-

Al igual que los parasoles fijos, estos sistemas mecánicos se dimensionan de acuerdo a la ubicación geográfica, es decir correspondiendo a los ángulos de azimut o de altitud.



Figura 47.- Aleros Horizontales

Pero, la ventaja con este sistema es que al ser mecánico, es decir, móvil las dimensiones del elemento no serán tan exageradas ya que el ángulo podrá variar de acuerdo a cada requerimiento por meses, siendo más óptimo el control de asoleamiento.

### 3.9.3.- Beneficios del sistema solar térmico:

- Energía segura tanto en garantía de suministro energético durante todo el año como por falta de peligrosidad para el usuario.
- Sin ruidos, escapes u olores y , a diferencia de otros sistemas, es ecológica y limpia.

-Es un sistema de una comodidad sin igual. El proceso se efectúa automáticamente sin necesidad de su intervención y ahorrándose la molestia de otros sistemas.

-Instalación sencilla y de fácil integración dentro de la estética de su vivienda.

-Soporta cualquier tipo de agua, por muy calcárea que sea y está protegido contra las heladas.

-Sin apenas mantenimiento y dada la sencilla tecnología, que se basa en principios físicos naturales y con mínima participación de elementos mecánicos, su vida útil puede superar los 20 años.

-Produce importantes ahorros a particulares o los grandes consumidores de agua caliente, y al mismo tiempo contribuye al confort personal y a una buena calidad ambiental.

### **3.9.4.- Calefacción por piso radiante**

#### **3.9.4.1.- Ventajas**

-Proporciona un reparto óptimo del calor en sentido horizontal y vertical. La temperatura del aire es más alta a nivel del suelo, disminuyendo progresivamente hacia el techo

-Dado que trabaja a baja temperatura, evita las turbulencias del aire debidas a la convección, la emisión calórica se produce principalmente por radiación. Esta característica además , elimina la acumulación de polvo y las manchas de suciedad en paredes y techos.

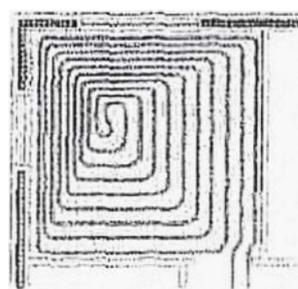
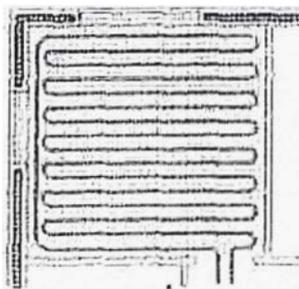
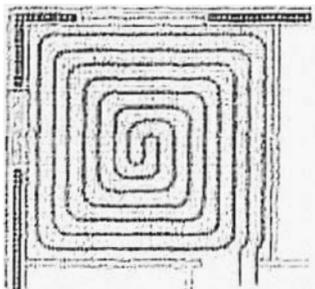
-La baja velocidad de circulación del aire, no reseca el ambiente ni las mucosas nasales dado que la humedad relativa del ambiente permanece inalterable.

-El piso radiante funciona con agua calefaccionada entre 35-40°C. Esto se traduce en un importante ahorro de energía del 15 al 20 % menos.

-Puede brindar distintas temperaturas en los diferentes ambientes y aportar mayor temperatura en las zonas de mayor requerimiento, por ejemplo los ventanales.

-A los profesionales les permite el diseño de ambientes amplios y con grandes aberturas, ya que a diferencia de los radiadores y calefactores, no ocupa ningún lugar.

### **Distribución de los tubos**



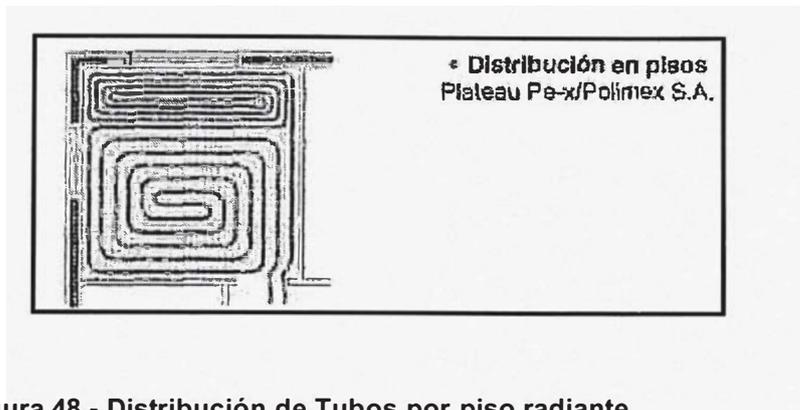


Figura 48.- Distribución de Tubos por piso radiante

### Distribución de los tubos

1. Espiral, 2. Serpentina, 3. Espiral con refuerzo sobre las ventanas, 4. Serpentina con refuerzo sobre zonas frías.

El "serpentin" es ideal para locales pequeños, mientras que la configuración en espiral se adapta para ambientes irregulares o alargados. Las de "doble serpentin" es más conveniente para lugares con gran demanda de calor.

La separación entre tubos se calcula tomando en cuenta el balance térmico y el tipo de revestimiento que se coloca en el piso, por lo general varía entre 15 y 30 cm.

#### 3.9.4.2.- Consideraciones

1. Todos los circuitos de tuberías del sistema son alimentados individualmente por medio de un colector.
2. El suelo radiante requiere de un espacio entre la losa y el mortero como mínimo de 4cm, por lo tanto para mantener la altura de los techos se deberá aumentar la distancia entre plantas.
3. El espesor ideal del mortero para conseguir una buena transmisión del calor es de 5-6 cm. Por encima de estos valores se aumenta considerablemente la inercia térmica del sistema.
4. Los tabiques delimitan los circuitos, por tal razón, antes de iniciar el montaje deben estar levantados
5. A los efectos de que las placas aislantes queden perfectamente asentadas, la superficie de la losa debe estar lo más lisa, plana y libre de irregularidades y escombros.
6. La red de desagües debe estar terminada, ya que los desagües quedan por debajo de la losa radiante.
7. En zonas frías es recomendable iniciar el montaje cuando las puertas y ventanas estén colocadas. Para mayor seguridad se recomienda añadir un anticongelante. Estas prevenciones evitan el eventual congelamiento del agua de los circuitos.

### 3.10.- ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

Es aquella arquitectura que se diseña para aprovechar el clima y las condiciones del entorno con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior. Juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aunque ello no implica que no se pueda compatibilizar.

La crisis energética que en la actualidad afrontamos ha ocasionado una infinidad de investigaciones a partir del uso de la energía solar. La idea de concepción bioclimática incluye forzosamente la utilización de las aportaciones solares, pero no se reduce estrictamente a eso. Es ante todo una especie de compromiso cuyas bases son un programa de arquitectura, un paraje, una cultura, unos materiales locales, cierta noción del bienestar y del abrigo, y cuya síntesis es la envoltura habitable.

Tiene por objeto la consecución de un gran nivel de confort térmico mediante: la adecuación del diseño ( interposición de elementos que constituyen la envoltura como son : muros, techos y pisos), la geometría, la orientación y la construcción del edificio a las condiciones climáticas de su entorno.

Se trata, pues de una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con el, la contaminación ambiental.

Esta edificación permite establecer un clima interior cercano a las condiciones de confort, sin intervención de medios auxiliares mecánicos. Esto se logra con una correcta interpretación de las condiciones de tres sistemas: el clima, el confort humano y el hábitat, a través de la forma, la materia y la energía.

La arquitectura bioclimática utiliza como elemento de control térmico el propio diseño arquitectónico, estos elementos son:

- orientación, protección solar,
- proporción exacta de huecos acristalados,
- materiales apropiados,
- soluciones constructivas estudiadas.

El propio edificio se comporta como una máquina térmica que capta energía gratuita, energías renovables y no contaminantes, la conserva y por último la distribuye.

La arquitectura bioclimática tiene como principal dificultad el hecho de que un mismo edificio tiene que dar una respuesta integral al acondicionamiento hidrotérmico, es decir, tanto en condiciones de invierno como en verano.

Cualquier edificio puede, aplicando técnicas bioclimáticas, alcanzar un ahorro de energía convencional de hasta un 60% sin sobre costo en el precio de la construcción y sobre todo, si que ello suponga ningún condicionante estético, o que afecte a la imagen final del proyecto.

Es importante analizar primero cada elemento climático: temperatura de aire, radiación solar, vientos, humedad y precipitaciones y luego diseñar, teniendo en cuenta la interacción entre ellos. Además debemos saber que manipulando los espacios, ya sea colocando elementos en la fachada, forma y orientación de la casa, relación con el lugar, se puede obtener una mayor comodidad sin perjudicar así lo funcional.

Cuando los medios auxiliares de acondicionamiento resultan necesario, una vivienda con una correcta interpretación de los métodos y técnicas bioambientales tendrá un menor consumo energético que aquella que no supo interpretarlos.

### 3.10.1 -Elementos arquitectónicos bioclimáticos

El arquitecto interesado en el diseño bioclimático debe conocer las posibilidades que ofrecen ciertos elementos tradicionales de la arquitectura y sus bondades térmicas.

Estos elementos, que a veces se califican como envolturas bioclimáticas, son todos relativos a la piel exterior de la arquitectura, es decir, al lugar donde se manifiestan los intercambios térmicos entre la vivienda y su medio ambiente, ellos son:

- las ventanas
- los invernaderos
- los muros colectores

**La ventana**, es un elemento de la arquitectura muy importante, pues constituye un medio de intercambiar calorías del exterior al interior. A través de la ventana se puede establecer el balance de radiación y el balance térmico.

Para una latitud dada, la cantidad de energía que atraviesa una ventana depende: de su medio ambiente exterior, de su exposición, del tipo de vidriera utilizado y de la presencia de posibles parasoles u otras protecciones.

En la mayoría de los casos, una ventana orientada de forma conveniente será un excelente colector, y según el tipo de acristalamiento influirá sobre la cantidad de energía transmitida al interior.

El parasol regula la penetración solar en el interior de la vivienda; pueden ser fijos( parasol con láminas horizontales, verticales, inclinadas..) o móvil ( toldos, persianas, persianas venecianas, contraventana móvil ...)

Una vez determinado el balance radiativo, es decir, la cantidad de calor que atraviesa la ventana en forma de radiación, el balance térmico se establece en función de las características de las paredes situadas en el interior de la vivienda en la parte de detrás de la ventana.

Este balance térmico se traduce por unos calentamientos más o menos importantes y depende esencialmente de la naturaleza de los obstáculos que encuentra el flujo radiante: opacidad, color, capacidad calorífica, resistencia térmica. Si las paredes internas poseen gran resistencia térmica, los calentamientos serán más importantes debido a la convección. Por otro lado, si las paredes internas presentan gran capacidad calorífica, los calentamientos serán más débiles debido a la conducción

**Los invernaderos**, se han utilizado desde hace mucho tiempo, sobre todo en agricultura, para mejorar el rendimiento de los cultivos o incluso para producir algunos en lugares donde hubiese sido imposible en un medio íntegramente natural.

Después hicieron su aparición en la arquitectura, donde servían para templar las condiciones diurnas dominando sobre ciertos espacios exteriores que prolongaban la vivienda ( balcones, galerías, terrazas, etc..) durante ciertas horas.

El invernadero es un sistema que hay que emplear con prudencia porque actúa de forma opuesta durante el día y durante la noche, por un lado, y en invierno y en verano, por otro.

De día, el balance permanece positivo gracias a la intensidad de la radiación solar, pero por la noche el balance rápidamente se vuelve negativo y todo el beneficio calorífico del día se pierde y se transforma en déficit.

Debido a su conductividad térmica y a su reducido espesor, la vidriera se enfría más de prisa que el aire ambiente y que las otras superficies.

En realidad, el invernadero funciona más bien como espacio amplificador de las oscilaciones térmicas exteriores.

**Los muros colectores**, tienen la función de captación, de acumulación-desfasaje, y de restitución del calor irradiante del sol.

La energía absorbida por el muro calienta su superficie externa y después su masa y el calor emigra a través del muro por conducción y llega a la cara interna después de cierto tiempo y con algún amortiguamiento.

El balance radiativo de un muro está esencialmente ligado a la latitud del lugar, a la configuración del paraje, a la orientación y la inclinación del muro, al factor de transmisión de la cubierta transparente y, por último, al factor de absorción de la superficie del muro.

El sobrecalentamiento que puede conducir a la falta de confort y el exceso de enfriamiento nocturno que puede anular el balance favorable del día son riesgos que pueden producirse en la utilización de los muros colectores.

El sobrecalentamiento puede sobrevenir en estación intermedia y en verano, por lo tanto es importante poder regular la cantidad de calor que entra en el muro, ya que de ella depende la cantidad de calor restituido. Esta regulación puede hacerse por una protección móvil.

Para las pérdidas por radiación nocturna, es necesario disponer igualmente de una protección térmica nocturna de tipo amovible, que también sea capaz de reflejar la radiación infrarroja procedente del muro. La mejor solución es una pantalla con láminas orientables, o bien una contraventana móvil colocada preferentemente en el exterior del acristalamiento y cuyos marcos sean de aluminio.

### **3.11.- ARQUITECTURA SOSTENIBLE**

Este término implica el proceso que debe seguir la construcción de una edificación, el cual considera los siguientes criterios:

- Adecuación de las edificaciones a las condiciones naturales específicas de cada lugar sobre el que se vaya a actuar y a la relación con la globalidad.
- Adecuación de la edificación a las distintas condiciones climáticas estacionales, teniendo en cuenta tanto las situaciones de frío como de calor y entendiendo el medio como un sistema dinámico.
- La adecuación debe darse en todas las escalas, ya que las más amplias van condicionando las siguientes:
  - a) Ordenación del territorio
  - b) Planificación urbanística
  - c) Normativa y diseño urbano
  - d) Composición de los edificios
  - e) Diseño de elementos y sistemas
  - f) Materiales y acabados
  - g) Uso y mantenimiento
- Cada escala bien resuelta implica mejores posibilidades para las actuaciones en la escala siguiente.
- Adecuación de todo el proceso que atañe a la edificación, en minimización de impactos por utilización de materias primas, gastos energéticos y contaminación.
- Se debe agotar todas las soluciones de adecuación climática pasivas, tanto para calentamiento como para refrigeración, antes de implantar sistemas activos.
- Para el ahorro energético es tan importante la masa e inercia térmica en los edificios como el aislamiento.
- Priorizar los sistemas activos de instalaciones que consuman energías no contaminantes, como la solar, eólica, marina, biomasa, etc, o derivadas de

recursos renovables no contaminantes, con la debida evaluación económica.

- En el caso de utilizar energías no renovables, minimizar el consumo y la contaminación, en función de criterios de eficiencia en el diseño de las instalaciones y la tipología arquitectónica, como demanda real energética.
- Utilizar materiales reciclables o que no generen residuos tóxicos, teniendo en cuenta las continuas variaciones en los procesos de reciclado que se está produciendo.
- Se debe reutilizar tanto materiales de construcción, como materiales aprovechables para la edificación y que provengan de elementos residuales de otros procesos industriales o de fabricación.
- Incrementar la información sobre estas posibilidades y extender su utilización entre los grupos sociales que participan en los procesos de construcción y los usuarios.

Todos estos procesos seguidos en el proyecto le dan la característica de un Edificio o Arquitectura Sostenible, es decir, casi se mantendría por sí sola.

Después de señalar estos puntos se entiende que este tipo de arquitectura se puede dividir en dos, siendo estas: una arquitectura sostenible con procesos mecánicos o.....una arquitectura sostenible Natural, es decir, valiéndose sólo de factores meteorológicos.

Podemos entonces considerarla un sistema dual donde intervienen: captadores y protectores bajo condiciones de frío o calor.

Perteneciendo a este tipo de Arquitectura Sostenible podemos citar, como se dijo anteriormente, a toda aquella construcción hecha a partir de la utilización de Energías renovables, es por ello, que la arquitectura Solar también se encontraría perteneciendo a este campo.

### 3.12.- ARQUITECTURA CON APOORTE ENERGÉTICO

Sería ideal que el ser humano pudiera alcanzar y mantener las condiciones de confort con la sola utilización de los medios naturales de control ambiental (temperatura, humedad, viento, etc.), pero se logra de manera incompleta, o bien esporádicamente. Por lo que no queda otra solución que recurrir a la ayuda de los medios energéticos, aplicando los mismos lo más racionalmente posible, con el fin de obtener de ellos el máximo rendimiento.

La diversidad de combustibles que se pueden emplear permite toda clase de soluciones, la mayoría de ellas variando solo en lo que respecta al quemador, es decir, el dispositivo adoptado para convertir un combustible en energía calorífica mediante la combustión.

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

Los combustibles sólidos son el carbón, la madera y sus desperdicios. Los combustibles líquidos son el petróleo y sus derivados. Los combustibles gaseosos son los gases naturales y artificiales.

Se les considera **renovables** (la madera, alcohol, aceites pesados, bosta, energía cinética), y **no renovables** ( el gas natural, el propano y el carbón).

La mayoría de ellos producen humos y productos volátiles y precisan para su evacuación al exterior una canalización adecuada. El paso siguiente a considerar es el tipo de sistema; por ejemplo: circulación forzada del aire, agua caliente, calefacción por vapor y calefacción radiante. El tipo de calefacción determina el sistema de la distribución.

Por otro lado, la utilización de la energía solar puede convertirse en un factor de incidencia económica para los sectores de la población menos favorecida y que al igual que los demás, tienen que satisfacer ciertas necesidades de energía. En nuestro país estas necesidades son satisfechas a través del proceso de combustión en el cual se utilizan materiales tales como estiércol o sub-productos agrícolas, que podrían ser utilizados con mayor eficiencia .

#### 3.12.1.- RECURSOS NO RENOVABLES

##### 3.12.1.1.- El gas natural

Es hoy mas popular y se utiliza en cada tipo de sistema de calefacción. La tecnología en sistemas de calefacción sobrepasa el resto de los combustibles. El mantenimiento para los sistemas de calefacción de gas es costoso así como el resto de los combustibles, a excepción del eléctrico. Los escapes del monóxido y del gas de carbono son una preocupación con los sistemas de calefacción del gas natural , y se requiere se controlen periódicamente.

Estos productos se suministran envasados y pueden transportarse a distancia, permitiendo el suministro a zonas rurales, pueblos alejados de los grandes núcleos industriales o comerciales y viviendas aisladas.

El gas arde sin producir olor, humos, hollín ni otro tipo de residuos. La combustión puede controlarse perfectamente, puesto que las llamas son visibles. Por otra parte, el suministro del calor puede establecerse de inmediato en el mismo momento de ser encendida la llama. El calor se regula de una forma rápida y cómoda, especialmente si se intercalan dispositivos de regulación automática en la instalación, la cual es fácil de vigilar, sin necesidad de contar con personal especializado para ello.

En el gas se pueden distinguir hasta seis variantes: el gas de ciudad, con un poder calorífico de 3,500 calorías; el gas de coque, con un poder calorífico de

3,900 calorías; el gas natural o metano que sube vertiginosamente hasta las 9,000 calorías; el gas butano con el mayor poder calorífico del grupo, ya que alcanza las 29,000 calorías; el gas propano, también con un alto poder calorífico del orden de las 21,500 calorías, que por su peligrosidad obliga a tomar algunas precauciones en su manejo, y por último el llamado aire propanado, que no es otra cosa que una mezcla corriente de aire y vapor propano.

#### **3.12.1.2.- El propano**

Es un gas que se trae a su hogar y se conserva generalmente en un envase. Estos envases son costosos y deben ser sustituidos sobre una base regular.

Por otro lado, la combustión del gas consume el oxígeno del aire y si no existe evacuación al exterior ni ventilación al interior, la atmósfera irá enrareciéndose y dará ocasión a jaquecas y neuralgias de mayor o menor intensidad, según los casos. Es recomendable, en el caso de estufas encendidas durante largo tiempo, establecer de vez en cuando un principio de ventilación natural para renovar la atmósfera.

#### **3.12.1.3.- El carbón**

Es el combustible de calefacción más usado en algunos países. El problema con el carbón es el gas que emite a la atmósfera cuando se está quemando, sin embargo se puede resolver, diseñando adecuadamente su evacuación.

Entre los diversos carbones podemos citar a las "antracitas", que arden sin llama, no desprenden humo ni olor y como residuo dejan muy escasa ceniza, con un poder de 7,200 a 8,300 calorías y menos del 10% de materias volátiles.

Las "hullas", se dividen en dos calidades, las llamadas hullas grasas y las denominadas hullas magras. Estas últimas tienen un 14% aproximado de materias volátiles, mientras las primeras aumentan tal porcentaje hasta llegar al 30%, y ambas precisan de instalaciones especiales para evitar humos y malos olores. El rendimiento de 1 kilo de hulla es, por término medio de unas 8,000 calorías.

Los "lignitos", de escaso poder calorífico, así como las turbas, tienen poca importancia, salvo en aquellas naciones cuya extracción es muy abundante.

Y finalmente los "coques", procedentes de la carbonización de las hullas, con un gran poder calorífero, tampoco producen humos ni malos olores, pero requieren un gran consumo y por consiguiente, un gran volumen de almacenaje.

#### **3.12.1.4.- El eléctrico**

Es un combustible común usado hoy, desafortunadamente es muy costoso. La razón de esto es la enorme pérdida que ocurre en la transmisión de la electricidad.

Es por esa misma razón por la que la electricidad es el combustible de calefacción futuro.

### **3.12.2.- RECURSOS RENOVABLES:**

#### **3.12.2.1.- La madera**

Se utiliza sobre todo como una fuente de calor del suplemento, sobre todo en aquellas localidades en que, por la cercanía de extensos bosques maderables, resulta un material económico. Es fácil de encender y las calderas que lo utilizan son menos costosas. Las preocupaciones con madera son fuego, chimenea que barrer, disposición de cenizas, limpieza de la aplicación, obtención y el guardar la madera. Por eso que la madera se utiliza raramente como fuente de calor primaria para el hogar.

#### **3.12.2.2.- El aceite**

Es un combustible común usado hoy, se consigue en forma líquida y se guarda en un tanque, también se utiliza en cada tipo de sistema de calefacción hoy, desafortunadamente la tecnología del aceite circundante no es tan grande como el gas natural. El mantenimiento con los sistemas de aceite es mayor que en la mayoría de los tipos de sistemas de calefacción. Esto es debido al filtro y al inyector de la hornilla. Las preocupaciones con el aceite son los escapes del tanque y no barre la chimenea sobre una base regular.

La diferencia principal entre el aceite y el gas es el estado en el cual se adquieren. El gas viene en forma de vapor y enciende rápidamente al contacto con un emparejamiento; el aceite viene en forma líquida y para poder encenderlo es necesario la presencia de una hornilla.

#### **3.12.2.3.- La bosta**

En lugares donde la temperatura es extremadamente fría, y donde las facilidades para los combustibles son muy escasas para resolver las exigencias climáticas, los pobladores utilizan como combustible: la yareta, la tola y la bosta ( heces de los animales)

Estos producen elevados volúmenes de humos al interior de los espacios y debido a las condiciones climatológicas carecen de ventilación, por lo que debería desarrollarse sistemas eficientes para la evacuación de los humos domésticos y también para lograr niveles de confort al interior con la canalización adecuada de los humos calientes.

**Tabla 4.- Diversas Soluciones según el volumen de calentar**

| DE 100<br>A<br>300 M2                               |  | DE 10<br>A<br>100 M2                                |  | SUPERFICIE A<br>CALENTAR    |                       |
|---|--|---|--|-----------------------------|-----------------------|
| COMBUSTIBLE   | FLUIDO   | COMBUSTIBLE   | FLUIDO   |                             |                       |
| MADERA<br>CARBON                                    | AIRE<br>CALIENTE   | MADERA<br>CARBON                                    | AIRE<br>CALIENTE   | CALEFACCIÓN<br>CONTINUA     | SOLUCION<br>ECONOMICA |
|   | APARATOS<br>INDEPENDIENTES                                   |   | APARATOS<br>INDEPENDIENTES<br>AIRE CALIENTE<br>AGUA CALIENTE | CALEFACCIÓN<br>INTERMITENTE |                       |
| MADERA<br>CARBON<br>ACEITES<br>PESADOS              | AGUA<br>CALIENTE   | MADERA<br>CARBON<br>ACEITES<br>PESADOS              | AGUA<br>CALIENTE   | CALEFACCIÓN<br>CONTINUA     | SOLUCION<br>MEDIA     |
|   | APARATOS<br>INDEPENDIENTES<br>AIRE CALIENTE<br>AGUA CALIENTE |   | APARATOS<br>INDEPENDIENTES<br>AIRE CALIENTE<br>AGUA CALIENTE | CALEFACCIÓN<br>INTERMITENTE |                       |
| CARBON<br>ACEITES<br>PESADOS<br>ELECTRICIDAD<br>GAS | AIRE CALIENTE<br>CLIMATIZADO                                 | CARBON<br>ACEITES<br>PESADOS<br>ELECTRICIDAD<br>GAS | AIRE CALIENTE<br>CLIMATIZADO                                 | CALEFACCIÓN<br>CONTINUA     | SOLUCION<br>DE LUJO   |
|   |  |   |  | CALEFACCIÓN<br>INTERMITENTE |                       |

### 3.13.- SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La construcción de una vivienda puede hacerse con diferentes sistemas de fabricación, los cuales se diferencian principalmente por la cantidad de trabajo realizado en la fábrica o en la obra; desde la transformación del material a piezas de distintas sección y tamaños hasta la fabricación completa de elementos volumétricas cada uno de los cuales requiere equipos suficientes de acuerdo a la cantidad de construcciones por realizar.

Los sistemas constructivos pueden ser agrupados de acuerdo a su grado de industrialización. La industria es un proceso de producción que se basa en la interacción; es decir la integración de las partes, y la organización referente a las operaciones de montaje. Por lo tanto la coordinación es esencial para el desarrollo completo de la vivienda.

Los tipos de viviendas y en general las edificaciones, son el reflejo de los factores naturales, culturales y tecnológicos de un país.

La actividad constructora se encuentra actualmente dominada por la industria del ladrillo y el cemento, originando un dominio en la producción, distribución y comercialización de los materiales que la sustentan: ladrillos, agregados, acero, madera para encofrados, cal y otros; creando una aceptación que está muy arraigada por la propagación comercial, apoyo de instituciones públicas o privadas, prejuicios culturales y sociales, y producción artesanal e industrial leal o informal.

Entre los sistemas de construcción no convencionales ya sea de madera u otros materiales se encuentran los sistemas “**rígidos**”, ligados a la empresa que los fabrica y con características ya determinadas, producto entre otros de su fabricación industrial. Por otro lado se encuentran también los sistemas constructivos “**no rígidos**” fabricados en el sitio por los propios usuarios, como el adobe tradicional y estabilizado, la quincha tradicional o prefabricada, los bloques vibrados de concreto (sistema bastante bien conocido pero poco difundido), usos variados de madera como el eucalipto y el tornillo, usos mixtos como las planchas de cemento y viruta aglomerados con estructuras de eucalipto (fibrablock y madera), muros de suelo cemento, paneles de estera con revoque (esteras de caña con yeso o cemento, o suelo cemento) y otros.

Los sistemas constructivos no convencionales pueden constituir una alternativa para edificar viviendas de bajo costo con respecto a los sistemas constructivos convencionales.

#### 3.13.1.- SISTEMAS CONSTRUCTIVOS NO INDUSTRIALIZADOS

Son aquellos donde la cantidad de trabajo hecho en la planta es mínima y la principal característica es el uso de tradición local y materiales de construcción con muy poca o ninguna transformación; es decir madera rolliza, caña, adobe, ladrillo artesanal, etc.

##### **3.13.1.1.- Sistema Vernacular.**

Es sin lugar a dudas el sistema de construcción más antiguo utilizado en el lugar de la obra, usando materiales locales y métodos de construcción vernaculares. La materia prima es casi siempre material con nada o poca transformación y proviene de las áreas aledañas a la construcción como el adobe, el tapial, etc.

#### **3.13.1.2.- Sistema Habilitado o Semi Precortado.**

Este es un sistema constructivo basado en el uso de piezas de madera que llegan del aserradero o depósito con las secciones finales habilitadas y listas para ser usadas procediéndose a ejecutar en la obra los cortes en longitud, rebajos, destajos, perforaciones, etc. ,que sean requeridos para proceder a la fabricación de los componentes como es el caso de la construcción con madera.

#### **3.13.1.3.- Sistema Constructivo Semi Industrializado.**

Son aquellos donde el número de repeticiones de algunos elementos son suficientemente grandes como para ser fabricados en gran escala sin la necesidad de completar el ensamblaje de paneles, componentes o elementos volumétricos a utilizar en la obra, como es el caso de la quinchá, el sillar, las unidades de albañilería, etc.

#### **3.13.1.4.- Sistemas Constructivos Industrializados.**

Son aquellas donde la cantidad de trabajo hecho en la planta es mayor y la principal característica es que la transformación del material se transforma casi en su totalidad.

Dentro de este sistema constructivo se pueden visualizar dos principales direcciones de desarrollo:

##### **.Industrialización Intrínseca**

Producción industrial de miembros constructivos coordinados en sistemas cerrados.

##### **Industrialización Extrínseca:**

Producción de elementos capaces de insertarse en cualquier edificación, a través de una coordinación general, universalmente aceptada, o por amplios sectores.

La primera no permite aproximaciones a parte de otra procedencia industrial, en cambio la segunda permite un proyecto catalogado para muy amplia tipología

## **3.14.- MATERIALES**

### **3.14.1.- Conductividad térmica de los materiales.**

Los materiales de construcción además de ser aptos a cumplir una función estática y de cierre, tienen que ser impermeables al agua y tener la mejor adaptación posible a lo que son las normas del acondicionamiento térmico, lumínico, acústico y respiratorio.

Por cierto que cada material puede cumplir tal vez una sola de estas funciones o más.

Una aclaración importante es que el rendimiento de un material desde el punto de vista del acondicionamiento, es la forma de cómo se usa, es decir que hay que tener en cuenta todos los caracteres y la forma de colocarlo. Por ejemplo, el aluminio, que tiene un índice de transmisión térmica muy alto es un excelente aislante térmico si se usa en hojas muy delgadas por efecto de la reflexión térmica. Igualmente se puede decir del color, de la rugosidad, o sea de la terminación superficial de una pantalla, que alguna vez influye más que la estructura interior.

Ya se ha dicho que el acondicionamiento térmico es el más dificultoso, porque incide en forma sensible sobre la economía de las construcciones. Desde este punto de vista, clasificamos los materiales en grupos:

#### **3.14.1.1.- Grupo A – Materiales homogéneos Compactos**

Comprenden los metales en general, las piedras compactas, los granitos, los mármoles, además del hormigón y del vidrio. Todos tienen un alto índice de conductividad térmica. Desde el punto de vista del aislamiento acústico, recordemos que aumenta con el peso; así, son buenos aislantes las paredes de piedra maciza y también las divisorias interiores integradas por materiales pesados (yeso con plomo  $K > 1$ )

#### **3.14.1.2.- Grupo B – Materiales homogéneos Porosos**

Comprenden ladrillos, tejas no esmaltadas, pizarra, piedras calcáreas. La porosidad además de ocasionar filtraciones de agua, aumenta la conductividad térmica y la permeabilidad acústica. Estos materiales se recubren en general con capas impermeables, enlucidos o barnices ( $k$  entre 0,10 y 0,80).

#### **3.14.1.3.- Grupo C – Materiales homogéneos que contienen partículas de aire y de gas**

Se clasifican como aislantes térmicos. Todas las fibras vegetales, minerales y animales, usadas sueltas como relleno, los plásticos expandidos, el corcho granulado, y el yeso y caucho expandidos pertenecen a esta clase ( $K$  entre 0,03 y 0,10).

#### **3.14.1.4.- Grupo D – Materiales Aglomerados (No homogéneos)**

Son formados de partículas o granos de varios materiales, unidos con colas de cemento, resina, asfalto u otros aglomerantes.

Las partículas de corcho, madera, vermiculita, amianto y otros materiales del grupo C., generalmente la conductividad es mayor que los del grupo C ( $K$  entre 0,07 y 0,40).

**3.14.1.5.- Grupo E – Materiales compuestos de estrados de varios tipos, intercalados con capas de aire.**

Es decir, que el aislamiento térmico de las capas de materiales se agrega el aislamiento de las capas de aire. Se usan materiales de este grupo en todos los casos que se tenga que usar materiales superficiales resistentes e impermeables. ( K muy variable en relación a la naturaleza de los materiales).

**3.14.1.6.- Grupo F – Materiales Reflejantes**

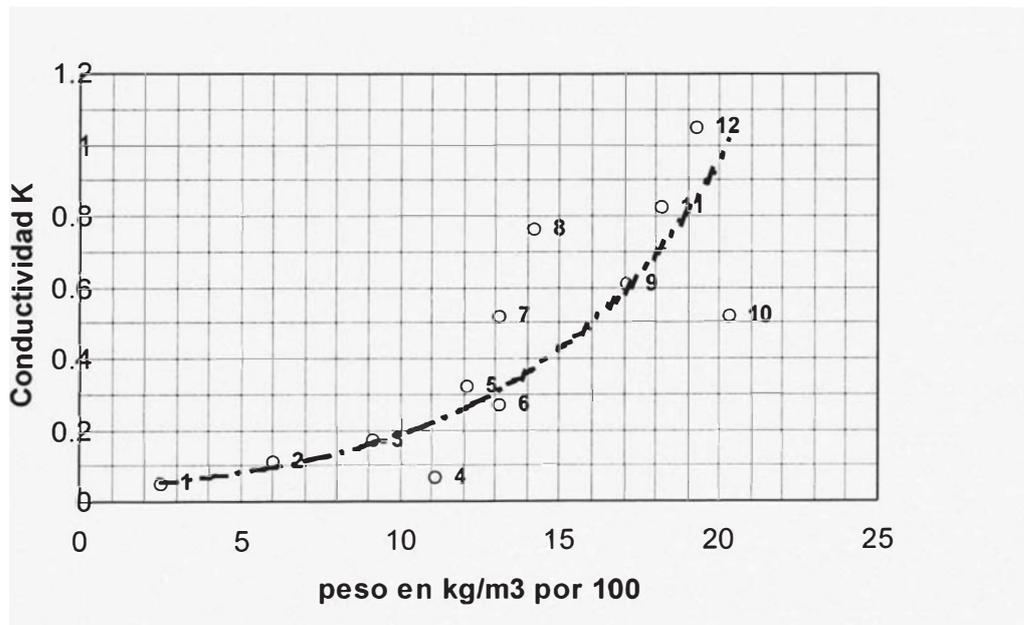
Los materiales reflejantes se usan normalmente en combinación con los del grupo E, aplicándolos en las caras interiores, en forma tal que anulan el efecto de las radiaciones térmicas. Por ejemplo el aluminio brillante (hoja, chapa o pintura), con coeficientes de reflexión del 30 al 95% o pintura blanca.

Es muy complicado entrar en un análisis detallado de la transmisión por radiación y convección de las capas de aire entre láminas de aluminio.

Está demostrado, por vía experimental, que una cámara de aire de 50mm es la medida más eficaz para un buen aislamiento, y que una hoja de aluminio pegada sobre la cara interior de la pared exterior (caso de pared doble) baja la transmisión de calor de aire a aire del 40%.

En la fórmula clásica:

**RELACION ENTRE CONDUCTIVIDAD TERMICA Y PESO**



**Figura 49.- Relación entre conductividad térmica y peso**

- |                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| 1.- Hormigón Poroso  | 7.- Yeso                 |
| 2.- Fibras de madera | 8.- Ladrillos Macizos    |
| 3.- Madera           | 9.- Enlucido de Cal      |
| 4.- Asbesto Cemento  | 10.- Asfalto             |
| 5.- Agua             | 11.- Ladrillos Prensados |
| 6.- Ladrillos Huecos | 12.-Hormigón             |

### 3.14.2.- El Coeficiente “K”

A menudo nos encontramos con el coeficiente “K” de transmisión térmica indicado por los fabricantes de materiales aislantes, que indica las calorías que un material transmite; un valor bajo de K significa pocas calorías transmitidas. Pero “K” es solo un índice. No quiere decir que con corcho expandido ( $K = 0.04$ ) o con fibras minerales, ya no tendremos calor en el próximo verano, o frío en el próximo invierno. Todo material aislante con K muy bajos necesita estar contenido entre pantallas resistentes a las intemperies, lo que eleva el K a valores más altos.

En el cálculo de las calorías ganadas o perdidas interviene siempre un coeficiente de transmisión térmica (K) y la diferencia de temperatura. El coeficiente K puede ser relativo para cerramientos de material homogéneo o compuesto de varios materiales separados por cámaras de aire y por superficies reflectantes.

Una pared soleada puede llegar a una temperatura superficial de 30 ó 40 ° C, si la temperatura del aire es de por ejemplo, 10 ° C. Si la temperatura interior es inferior, tenemos una entrada de calor de fuera a dentro. Entonces queda establecido, que la temperatura exterior que hay que tener en cuenta es la de aire-sol.

Pero si es calculable la temperatura aire-sol, es también necesario establecer una temperatura interna, no calculable por la incertidumbre de la cantidad de radiación de paredes, muebles, cortinas y alfombras. Se debe aclarar que entendemos la temperatura interna “natural”, sin otros aportes de personas o maquinarias, que se calculan aparte.

Un material homogéneo y heterogéneo compacto (mampostería de ladrillos, es decir ladrillos separados por mortero, o ladrillos huecos, o bloques de hormigón macizos y huecos con mortero) tiene un coeficiente de transmisión experimentalmente comprobado, que se indica con  $\lambda$  (lambda) por algunos autores y con K por otros.

Los valores indican las kcal / m<sup>2</sup> h ° C ( las mil calorías que se transmiten a través de un metro cuadrado de material), en el transcurso de una hora, y para una diferencia de un grado centígrado de temperatura, entre las dos caras que están separadas por un metro de material).

#### Valores de K en las construcciones:

- De 0.15 hasta 0.70 materiales muy aislantes
- De 0.70 hasta 1.20 materiales aislantes
- De 1.20 hasta 1.60 materiales medianamente aislantes
- De 1.60 hasta 2.20 materiales poco aislantes
- De 2.20 hasta 3.00 materiales muy poco aislantes
- De 3.00 hasta 7.00 materiales no aislantes

#### Tabla 5.- Valores de K en las construcciones

Por ejemplo: El hormigón tiene un coeficiente K de 1.3. Una placa de un espesor de 0.10m, y con una diferencia de temperatura entre las dos caras de 20° C, transmite en una superficie de 1m<sup>2</sup> :

$$1.3 \times 0,10 \times 20 = 2.6 \text{ kcal en 1 hora}$$

Un material no homogéneo puede estar constituido por varias capas en contacto de materiales homogéneos ( heterogéneo compacto en que se suman los K relativos a los distintos espesores), o de los mismos materiales reflectantes, caso en que el cálculo se complica un poco.

En todos estos casos que se han examinado, es necesario tener en cuenta también la conductancia superficial exterior e interior; la primera variable con la velocidad del viento, la temperatura y la humedad.

Todo esto sirve solamente para una orientación muy sumaria de los valores de los coeficientes de transmisión térmica, que para cerramientos compuestos con capas de aire, tienen valores que se refieren no al espesor de un metro sino al espesor efectivo.

Un cerramiento diáfano de vidrio o plástico, a pesar de tener coeficientes de transmisión bastante bajos ( vidrio, 0.8/1.0 y plexiglás, 0.17), por el hecho de tener un espesor muy reducido, transmiten fácilmente el calor de fuera a dentro, ( por radiación solar, por convección o conducción) y también de dentro a fuera ( por convección y conducción).

En el primer caso decimos radiación solar y no en el segundo, lo que es lógico, porque la radiación no puede ser de dentro a fuera. Pero la verdadera razón es que los vidrios y plásticos son transparentes a las radiaciones solares cuya longitud de onda corresponda a la región visible y un poco de infrarrojo. Son opacas a las radiaciones térmicas de onda larga ( irradiada de las paredes, pisos, muebles, interiores).

Es bastante conocido el llamado efecto de invernadero, donde las radiaciones solares de onda corta atraviesan los vidrios y calientan los elementos interiores que re-emiten radiaciones de ondas largas (térmicas), totalmente opacas para los vidrios, es decir, quedan atrapadas por eso el efecto de invernadero se llama también efecto de trampa (base de la utilización de la energía solar).

### **3.14.3.- Características de los materiales.**

#### **3.14.3.1.- Adobe**

El adobe ha sido usado , y continúa siéndolo, por la facilidad de obtener la materia prima, por su facilidad constructiva, economía y buen comportamiento frente a las condiciones climáticas.

El adobe es un bloque macizo hecho con barro sin coser y eventualmente con un componente como paja, ichu, etc; al adobe estabilizado se le ha incorporado otros materiales como el asfalto RC-250 , goma de tuna, etc., con el fin de mejorar las condiciones de estabilidad ante la presencia de la humedad, logrando el adobe estabilizado.

#### **Ventajas**

- En zonas rurales en que una gran mayoría de las familias tiene la urgente necesidad de viviendas resuelven su situación con tecnologías surgidas de sus propias manos.
- La construcción con adobe les resulta mucho más económica comparada con otros materiales.
- Según la zona rural se utiliza los recursos que brinda la propia naturaleza para la construcción con adobe.
- El material brinda a la vivienda el confort térmico material ya que tarda en transmitir hacia el interior la temperatura exterior.
- Permite temperatura fresca diurna en tanto no sea calentado en toda su dimensión y en la noche permite entibiar el ambiente con la energía retenida durante el día.

- Los muros delgados que acumulan calor en la mañana pueden dar calor durante la noche.

#### **Desventajas**

- Las construcciones con adobe se limitaran a un solo piso con una altura máxima de muros de 3.00m entre piso y viga solera.
- No se harán construcciones con adobe en suelos granulares sueltos y en suelos cohesivos medianos o blandos o cuando la capacidad portante del suelo es menor de 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Se debe evitar la construcción de adobe en zonas cercanas a los pantanos, ríos, en zonas de relleno, zonas bajas y en terrenos de mucha pendiente.
- La construcción debe ser compacta, cuya planta tienda a ser simétrica preferentemente cuadrada, con vanos pequeños.
- Los muros deberán ser diseñados para garantizar su resistencia asegurando el amarre de las esquinas con los arriostres necesarios.

#### **3.14.3.2.- Tapial**

El Tapial es un proceso constructivo tradicional empleado principalmente en localidades serranas del país.

Consiste básicamente en construir muros de tierra apisonada en estado ligeramente húmedo, dentro de encofrados deslizantes de madera (tapialera).

#### **Ventajas:**

- Se emplea los materiales que ofrece la zona para la construcción; como la tierra, la paja, la madera, etc.
- La construcción resulta económica comparada con otros materiales.
- El material al igual que el adobe brinda a la vivienda confort térmico.

#### **Desventajas:**

- Problemas con la conexión de muros de tapia ortogonal, debido a que sólo se usa la tapia recta.
- Fisuras del secado.
- Pueden ocurrir desplazamientos de las masas de tierra, colocadas unas encima de otras si no cuentan con los refuerzos tanto horizontales como verticales o también por la falta de una adecuada junta entre hilada de tapia.

#### **3.14.3.3.- Quincha Prefabricada**

El incremento de costo de los materiales convencionales y la abundancia de los materiales requeridos para la quincha en determinadas localidades del país, llevó al ININVI a realizar investigaciones sobre dicha tecnología llegando al panel de quincha prefabricada como una manera de solucionar el problema habitacional.

Es una variante de la quincha tradicional usada especialmente en viviendas rurales.

Consiste básicamente en el empleo de bastidores de 1,2 x 2,4 de madera aserrada, rellenas con carrizo redondo, caña brava o tiras de bambú todos ellos colocados en un bastidor en forma trenzada para su autofijación.

Siendo el sistema, modular y racionalizado, se reduce al máximo la variedad de paneles.

## **Ventajas**

- Es posible edificar una vivienda de buenas condiciones de habitabilidad; muy semejante a una edificación de muros de arcilla cocida y techo aligerado.
- El aislamiento acústico es muy semejante a este tipo de edificaciones.
- La estabilidad estructural es óptima por ser liviana y bastante elástica liberando fácilmente la energía sísmica ofreciendo una buena alternativa constructiva en terrenos blandos de baja capacidad portante.
- Posibilidad de levantar edificaciones de dos plantas.
- Por tener vacíos (caña), es buen aislante del calor, especial para climas cálidos, permite ambientes frescos.
- Su manejo térmico es favorable. El sistema permite aberturas que eliminan fácilmente el aire caliente.
- Con estructuras adecuadas de madera u otro material se pueden levantar dos niveles. Sus agrietamientos se resanan con facilidad.

## **Desventajas**

- La longitud libre máxima entre columnas debe ser 3.6m
- En el diseño de las viviendas debe considerarse que el espacio interior libre debe ser un múltiplo del ancho de los paneles. El diseño debe ser modulado.
- Posee menor grado de seguridad.

### **3.14.3.4.- Madera**

El estudio integral de la madera fue promovido y conducido por la Junta del Acuerdo de Cartagena. Mediante esta decisión, los países andinos adoptaron una política subregional de desarrollo tecnológico.

Se consideran rollizos o material habilitado colocándolos vertical u horizontalmente. También su presentación puede darse en láminas o aglomerados ( turpan, triplay, maderba).

## **Ventajas**

- De uso difundido en los lugares cercanos a los abastecedores de materiales de construcción ya transformados.
- En zonas como la selva el costo de la vivienda es mucho mas económica que el de la albañilería confinada.
- Se puede construir dos plantas íntegramente en madera.
- Por su control térmico, hermeticidad y su capacidad aislante se puede utilizar en zonas cálidas o frías.

## **Desventajas**

- Se requiere el empleo de mano de obra semicalificada, en condiciones de usar herramientas de carpintería simple.
- Se requiere cierta documentación técnica como planos, listado de piezas y detalles arquitectónicos para la construcción de la vivienda.
- Se debe preservar la madera contra la acción de los xilófagos y proporcionarle mantenimiento permanente.
- Es un material combustible.

### **3.14.3.5.- Ladrillo**

Unidades de albañilería que se hacen manejables por tener dimensiones y pesos estándar.

Según su tipología pueden ser sólidos, perforados y tubulares .

Estas unidades según su material de fabricación, pueden ser de arcilla, de concreto o sílico-calcáreos.

#### **Ventajas**

- Es el sistema más difundido, pero no necesariamente el más económico.
- Los materiales se encuentran fácilmente en el medio con la diversidad que ofrece el mercado.
- No requiere de una mano de obra altamente especializada, por ser el sistema más difundido.
- Algunos modelos permiten la albañilería armada, con lo cual se eliminan las columnas.
- Para climas fríos pueden usarse ladrillos con mayor arcilla por tener mayor estabilidad térmica permitiendo “entibiar” el ambiente.
- Para climas cálidos o fríos deben usarse ladrillos con menor concreto por su baja estabilidad térmica.

#### **Desventajas:**

- Sus desventajas radican en el mal diseño de elementos de confinamiento, especialmente en zonas sísmicas.
- Columnas muy espaciadas entre sí. Se pierde el efecto de confinamiento en la región central del muro.
- Se hace más difícil su uso en zonas de temperatura extrema.
- Baja capacidad de almacenamiento de calor, por ser medianos conductores de la temperatura.
- Algunos sistemas establecen límites dimensionales ( albañilería armada).
- Su fabricación implica elevados costos de energía.

### **3.14.3.6.- Concreto Armado**

#### **Sistema Modular de Concreto Armado (CONTECH)**

El sistema modular de concreto armado es un sistema industrializado de encofrados para vaciado en sitio de muros y placas de concreto a la vista, que no requiere para su instalación de grúas ni equipo pesado de transporte.

Dada su fabricación el sistema permite fundir monolíticamente muros y losas, formando una estructura sismo-resistente y logrando un rendimiento de una vivienda diaria, aumentando la relación costo – beneficio.

El tipo de acabado para muros puede ser liso o con textura.

Sin utilizar los ladrillos y las columnas convencionales, cumple con las normas del Reglamento Nacional de Construcción.

En caso de climas fríos y cálidos se deberá incorporar al concreto determinados aditivos para obtener la máxima resistencia del concreto y lograr un buen proceso de hidratación..

#### **Ventajas**

- Aprovechamiento máximo del espacio, por tener muros delgados (8-12cm)
- Programación de obra reducida.
- Ahorro de tiempo por repetición diaria de actividades.
- No tiene desperdicio de materiales

- No necesita de tarrajeo.
- Por ser un sistema modular se tiene un mejor control de calidad.
- En algunos casos se puede llegar a veinte pisos con muros de 12cm.
- Permite construcciones de alta densidad urbana.
- Carpintería modulara.

#### **Desventajas**

- Limitaciones en el diseño arquitectónico.
- No se pueden efectuar modificaciones en el módulo de vivienda.
- No es muy conveniente para poco volumen de edificaciones.
- No es conveniente su uso en zonas de temperatura extrema
- Es indispensable el desarrollo de complementos que permitan acondicionar la vivienda térmicamente, para lograr el confort adecuado (poliuretano, madera u otros).
- Requiere métodos de control de ventilación más eficientes debido a su baja estabilidad térmica.

### **3.14.4.- Materiales- Almacenaje térmico**

Se define también como materiales con inercia térmica, la cual se entiende como la actividad térmica de un material.

Un factor importante de todo material de almacenaje es el modo en le que absorbe el calor y lo distribuye a la masa. Si éste tiene una buena conductividad, tendrá también especial disposición para absorber y distribuir el calor en toda la masa, es decir, será un espléndido almacén térmico, pero un mal aislamiento.

Pueden haber dos tipos de almacenaje térmico:

#### **3.14.4.1.- Almacenamiento térmico líquido,**

Se refiere especialmente a la utilización del agua, salmuera y otros líquidos susceptibles de ser contenidos en una variedad innumerable de contenedores, ofrecen una masa de almacenaje térmico excelente , además de flexibles y económicos.

#### **3.14.4.2.- Almacenamiento térmico sólido,**

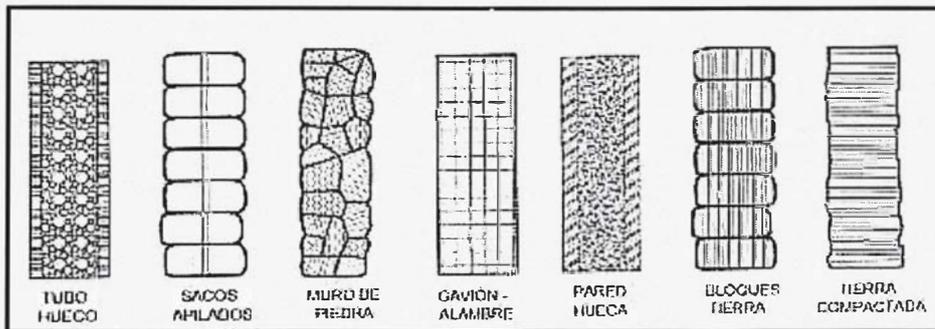
Son elementos o materiales que se presentan de muchas formas. Como modelos estructurales están: el hormigón prefabricado o vertido, el ladrillo, la entubación de acero o fibrocemento, los bloques de adobe, las piezas de hormigón, etc.

Los materiales no comerciales , es decir , la arena, la tierra, la grava, la arcilla, la piedra, etc., pueden estar en sacos de fibra o plástico, compactarse, rellenar las cámaras de aire en paredes, formar gaviones con envoltura de alambre metálico o incluso emplearse para levantar paredes: estos materiales proporcionan, en definitiva, un almacenaje térmico energéticamente bueno y de bajo costo.

**Tabla 6.- Conductividad vs. Material**

| Material | Conductividad<br>(kcal/m x h x °C) |
|----------|------------------------------------|
| Adobe    | 0.496                              |
| Ladrillo | 0.620                              |
| Hormigón | 1.480                              |
| Tierra   | 0.645                              |
| Arena    | 0.430                              |
| Acero    | 43.000                             |
| Piedra   | 1.290                              |
| Agua     | 0.490                              |
| Madera   | 0.130                              |

**Figura 50.- Materiales con alto almacenaje térmico**



### 3.14.5.- Materiales- Aislamiento térmico

El aislamiento se utiliza tanto para mantener el calor en el interior como para dejarlo en el exterior. De los numerosos materiales que pueden usarse, la elección se realiza según las previsiones económicas, su resistencia al fuego, la energía consumida para su fabricación, su funcionalidad estructural, la facilidad de instalación, etc.

#### 3.14.5.1.- Fibras-

Combinación de tejidos sueltos que se reúnen para formar una especie de estera que deja numerosos intersticios vacíos ( fibra de vidrio).

#### 3.14.5.2.- Espuma-

Burbujas de aire aprisionadas en un líquido solidificado como el plástico (poliuretano, poliestireno )

#### 3.14.5.3.- Partículas-

Elementos de pequeño tamaño que al depositarse dejan espacios libres entre sí ( aserrín)

Por otro lado, el aislamiento térmico en la construcción está justificado por tres razones:

- 1- Economizar energía gracias a la reducción de pérdidas de calor a través de las paredes. Para un ahorro de energía, la mejora del rendimiento de las instalaciones de calefacción, la puesta a punto

de los quemadores, o una buena regulación del calor son medidas básicas.

- 2- Mejorar el confort térmico al reducir la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la vivienda. A través de los cerramientos ( paredes, techos, etc.) se producen importantes pérdidas de calor, y por tanto un aumento del uso de energía.
- 3- Evitar humedad en los cerramientos

Los fabricantes de materiales cuyo empleo básico es contribuir al aislamiento térmico de los cerramientos, deben reflejar los valores de las características higrotérmicas que a continuación se indican:

- a) Conductividad térmica. El fabricante deberá garantizar las características térmicas básicas.
- b) Densidad aparente: es la relación entre el peso de la muestra en gramos y su volumen aparente en  $\text{cm}^3$  o en  $\text{kg/ m}^3$ .
- c) Permeabilidad al vapor de agua: cantidad de vapor de agua que se transmite a través de un material de espesor dado por unidad de area.
- d) Absorción de agua por volumen
- e) El fabricante debe indicar otras propiedades como la resistencia a la compresión y a la reflexión; el envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones; la deformación bajo carga; el coeficiente de dilatación lineal; el comportamiento frente a los parásitos, al fuego y a los agentes químicos.
- f) Los materiales aislantes se expedirán en embalajes que garanticen su transporte correcto. El fabricante indicará en la documentación técnica las dimensiones y tolerancias de los mismos.

## **PARTE 4.- ARQUITECTURA SOLAR APLICADA**

### **4.1.- PRESENTACION**

A lo largo de la historia el ser humano ha aprovechado la fuerza del sol para su conveniencia y comodidad. La era moderna de energía solar comenzó a despegar con el embargo petrolero a Estados Unidos en 1973. En las últimas décadas la tecnología de energía solar ha pasado de la fase experimental y ha evolucionado hacia una industria establecida que ofrece el potencial para dar al mundo una energía barata, renovable, y que no produce contaminantes.

El interés por establecer criterios de confort térmico data en Europa de 150 años atrás, a comienzos del siglo diecinueve, cuando se inicio el movimiento para la reforma de las condiciones en la industria y la vivienda. Los criterios básicos sobre el calor fueron establecidos en primer lugar en las industrias mineras, del metal y textiles, porque los accidentes y las enfermedades debidas a la influencia del calor y la humedad eran muy frecuentes.

La respuesta humana al ambiente térmico no depende solo de la temperatura del aire. Se ha establecido sin lugar a duda que la temperatura del aire, la humedad, la radiación y el movimiento del aire producen efectos térmicos y deben considerarse simultáneamente si se tiene que predecir la respuesta humana.

#### **4.1.1.- Antecedentes Históricos**

##### **4.1.1.1.- *En el mundo***

El hombre a través del tiempo siempre mantuvo el concepto que una buena vivienda era aquella que le brindaba protección contra el medio ambiente y además cierto confort térmico.

La consideración del asoleamiento, ha constituido, durante siglos, una de las determinantes del diseño de las edificaciones.

Sabemos que la radiación solar es uno de los factores de mayor influencia sobre el confort térmico. El calentamiento de las superficies expuestas a los rayos solares es desde luego la causa más directa del aumento de la temperatura.

En algunas latitudes donde el clima es extremadamente frío o extremadamente caluroso, este concepto se convierte en el factor primordial para buscar el lugar y luego edificar su vivienda. Por otro lado , cabe recordar que las razones no sólo han sido “ bioclimáticas” , sino también de tipo “simbólico-cultural”.

Los calentadores de agua, son las máquinas más sencillas y fáciles de construir. Estas unidades están ampliamente difundidas en Israel, Francia, Australia, Rusia, Estados Unidos y Japón, donde han alcanzado una gran popularidad. Además, se tiene noticias que en algunos países mediterráneos se han instalado unidades de 300 y 500 litros de capacidad para plantas industriales y hospitales.

También en la ciudad de Marruecos se instalaron cientos de calentadores de 100 y 200 litros, para ser utilizados en residencias, restaurantes, hospitales, plantas industriales, lavanderías y cocinas.

Podemos citar también la tienda árabe que a simple vista pareciera una solución poco pensada, sin embargo el hecho de tener la parte central más alta ayuda o facilita el confort térmico, ya que el aire caliente sube por la parte central y la brisa circula a nivel del ocupante.

Otras soluciones encontramos en Israel al sur de Túnez y en una parte de la China, donde utilizan viviendas subterráneas, edificadas alrededor de un patio central, cavadas en suelos con sedimentos de gran suavidad y elevada porosidad, presentan las ventajas de ser fáciles de trabajar y se comportan como buen aislante térmico, debido a la gran capacidad térmica de la tierra, que durante el día protege de los rayos solares y de noche irradia el calor absorbido durante el día.

Por lo tanto, en el pasado la preocupación bioclimática fue fruto de una larga experiencia y muchas veces tomó un carácter espontáneo.

Sin embargo, hay que admitir, que ya en la antigüedad se habían promulgado unas reglas para tener en cuenta el clima, como lo demuestra Vitruvio, gran arquitecto de la civilización romana, en su obra "Los Diez Libros de Arquitectura".

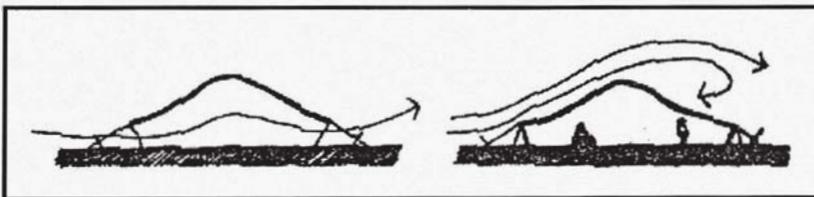


Figura 51.-  
Tienda árabe

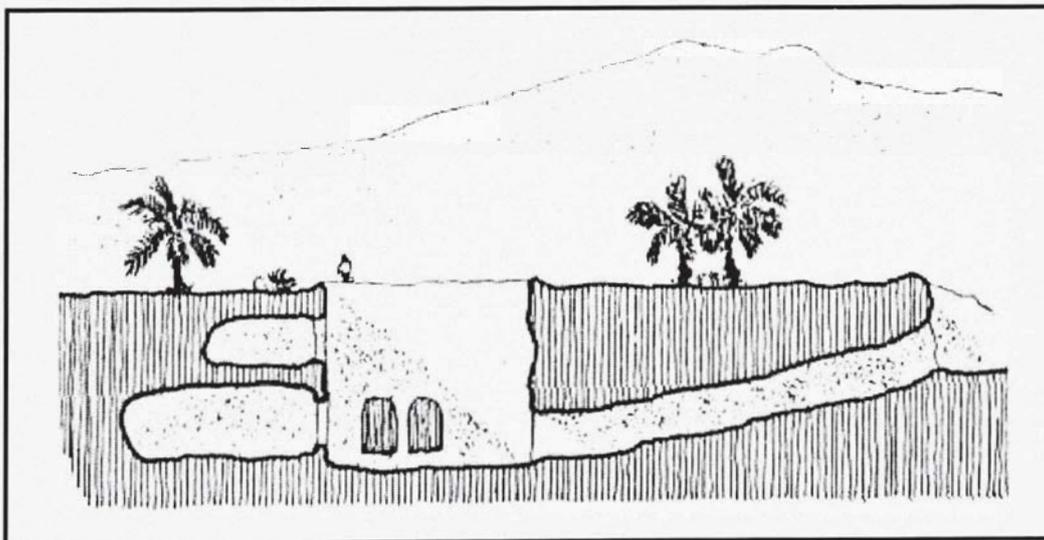


Figura 52.- Vivienda Subterránea (en Túnez)

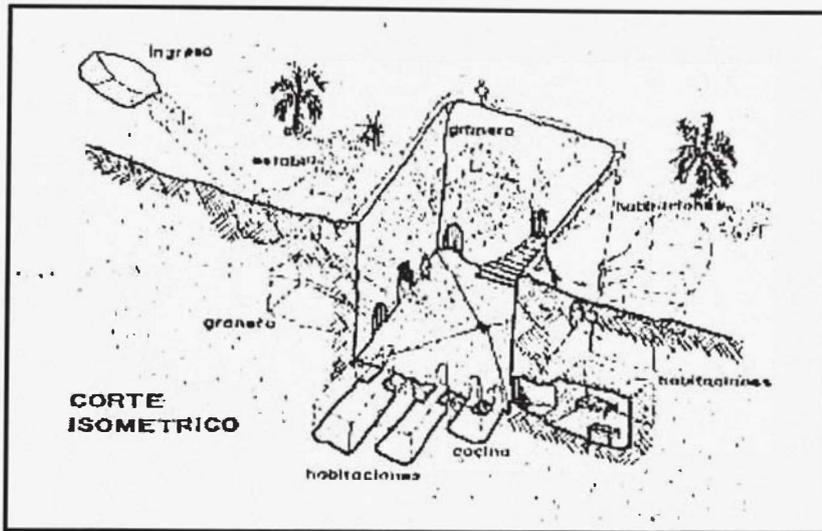


Figura 53.- Vivienda Subterránea (corte Isométrico)

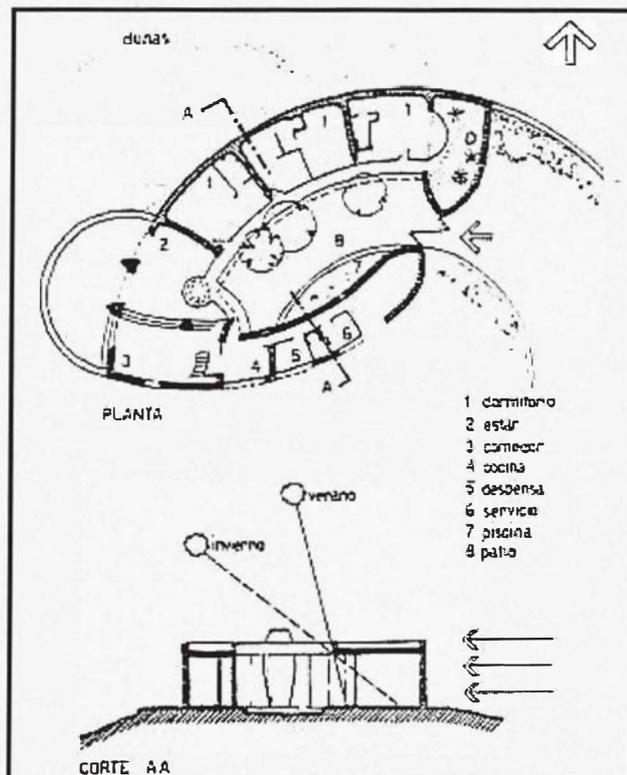


Figura 54.- Casa Burlinghams (Texas)- Frank L.Wright

Gira alrededor de un espacio con un pequeño espejo de agua y algunos álamos; casi totalmente cerrada al exterior, debido a los continuos remolinos de viento que acarrear arena.

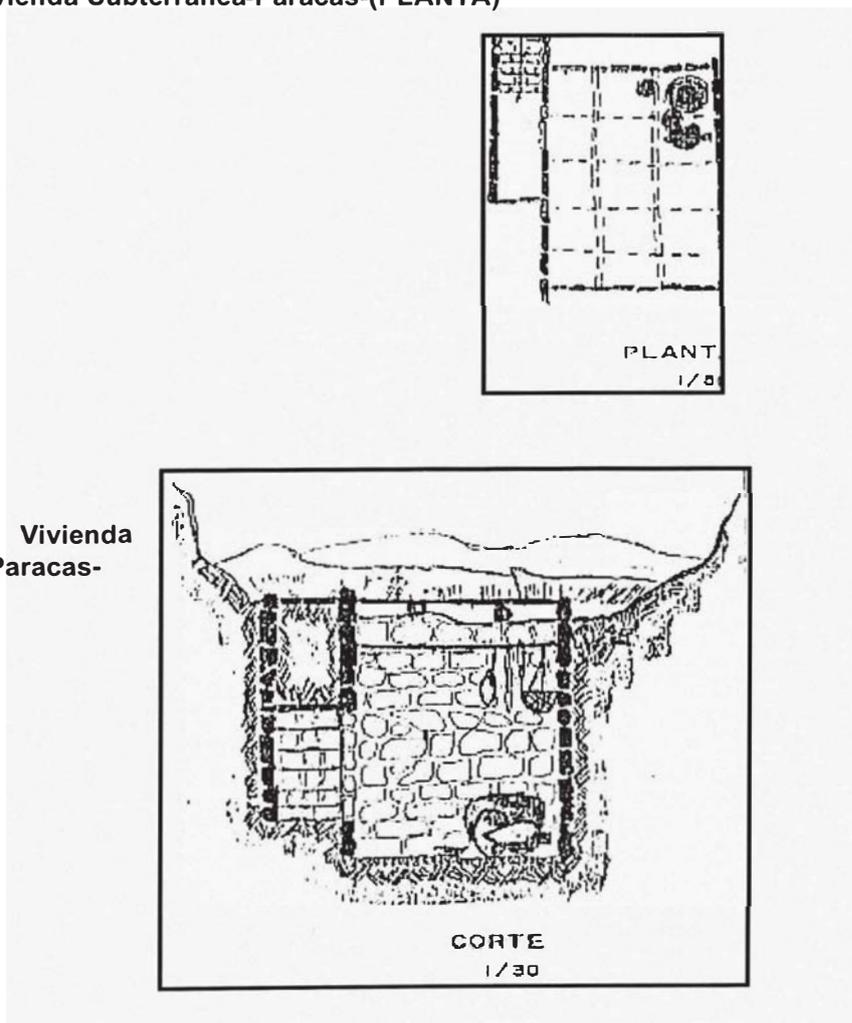
Wright, aprovechó la inercia térmica del adobe para crear ambientes frescos.

#### 4.1.1.2.- En el Perú

En la historia de la Arquitectura Peruana, también existen vestigios de un esfuerzo dirigido hacia la protección de la vivienda de los fuertes rayos solares. No hay que olvidar de que el Perú se encuentra ubicado dentro de los primeros 20°grados al sur de la línea Ecuatorial (entre 0° y 18° exactamente), y por lo tanto recibimos con más incidencia los rayos solares.

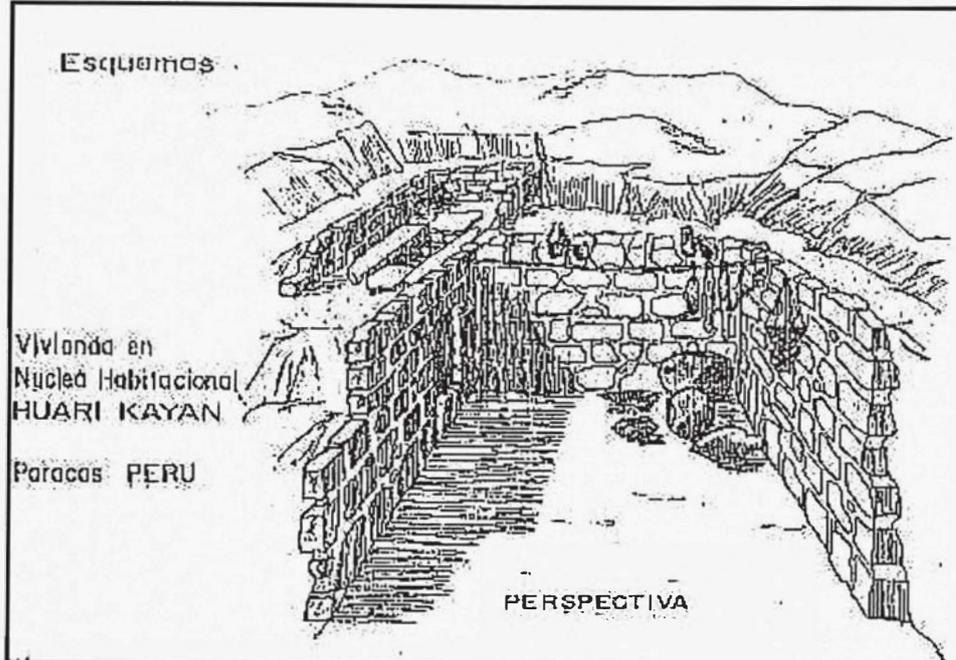
De épocas Pre-Hispánicas se han encontrado viviendas que se diseñaron específicamente con el fin de proteger al usuario del sol. En los estudios del arqueólogo peruano Julio C. Tello, de la cultura Paracas, en la provincia de Ica; al sur de Lima, encontramos en lo que él llama Periodo de las Cavernas, viviendas de la pampa que se desarrollan bajo tierra. Estas viviendas que se encuentran formando pequeños conjuntos habitacionales se ubican en las ciudades de Cabeza Larga o Arena Blanca, y Wari Kayan.

**Figura 55.- Vivienda Subterranea-Paracas-(PLANTA)**



**Figura 56.- Vivienda Subterranea-Paracas-(CORTE)**

Figura 57.- Vivienda Subterranea-Paracas-(PERSPECTIVA)



Las ventajas de edificar bajo el nivel de tierra eran sobre todo de protección del sol, en vista de lo árido de la geografía y del viento (por la presencia del Viento Paracas).

Con muros de piedra rojiza con mortero de arena calichosa llegaron a una profundidad de dos metros como promedio. El techado lo consiguieron con palos gruesos de warango y lucumo, intercalados con trozos de caña brava o sinwa. El piso de la habitación esta revestido con una capa de arena compacta con mezcla de arcilla amarilla y trozos menudos de conchas marinas.

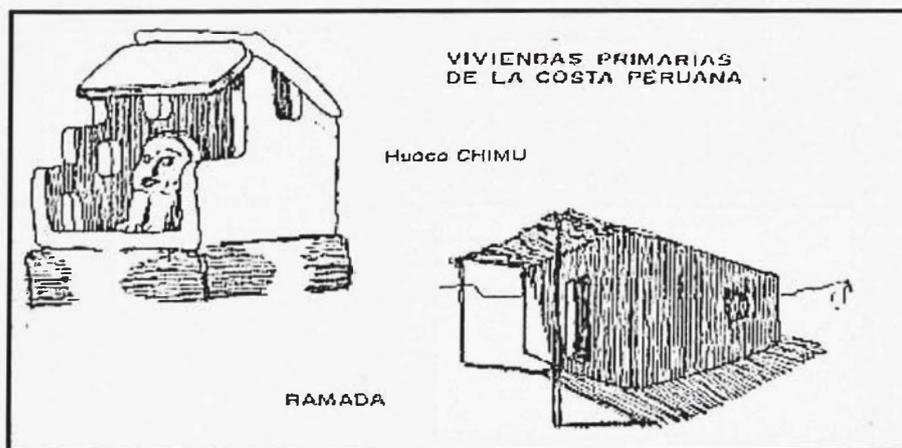
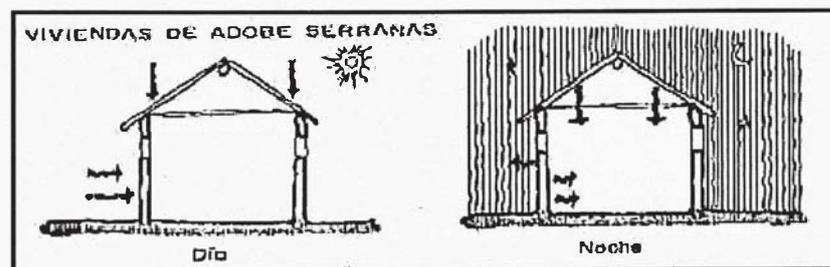


Figura 58.- El sol y su implicancia (COSTA)

En el pre-incanato e incanato, las soluciones técnico- solares mediante el uso del barro con paja en la costa y, piedra en la sierra presentan una interesante interrogante y tal vez una fuente de información para la actual tecnología solar arquitectónica.

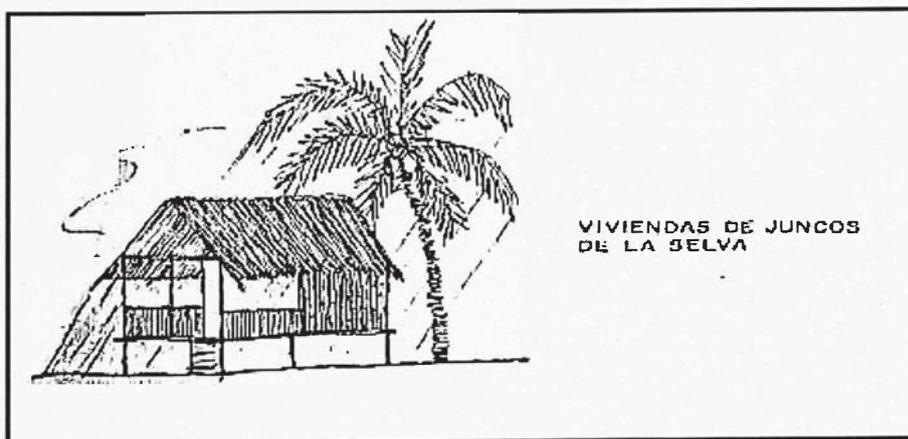
Igualmente durante el Virreynato y la República, la tecnología de la “quincha”: estructura vertical para los pisos superiores, conformada por marcos de madera, caña brava y barro por ambas caras, dejando una cámara de aire en el centro, obligan a mirar una vez más hacia atrás para incrementar estas experiencias con los actuales conocimientos.

**Figura 59.- El sol y su implicancia (SIERRA)**



En algunas ciudades del Perú, como en Arequipa por ejemplo, se tienen ejemplos de termas solares para calentamiento de agua de uso doméstico.

**Figura 60.- El sol y su implicancia (SELVA)**



## 4.2.- CONSIDERACIONES PARA UN BUEN DISEÑO SOLAR

### 4.2.1.- La labor del Proyectista

La tarea del proyectista consiste en crear el mejor clima interior (no es asequible regular las condiciones exteriores). Los ocupantes de un edificio juzgan la calidad del diseño desde un punto de vista tanto físico como emocional. Las sensaciones acumuladas de bienestar o incomodidad contribuyen a formar nuestro veredicto completo sobre la casa en que vivimos y la escuela, oficina o fábrica en la que trabajamos. Todo esto es un incentivo para que el proyectista se esfuerce en conseguir el confort óptimo, que puede definirse como la sensación de bienestar completo físico y mental. Hasta hoy día ha aparecido publicada considerable información para el aspecto físico; pero mucha menos para el aspecto emocional de nuestro entorno.

#### 4.2.1.1.- *Condicionantes De Diseño*

Cada proyecto o construcción que se realiza debe corresponder a una ubicación o contexto determinado.

La utilización de la energía solar para el beneficio de una edificación debe estar presente en la concepción de todo proyecto, para ello es necesario conocer de antemano la ubicación exacta en que se encontrará, así como la función que tendrá la obra que se quiera realizar, ya que a cada uso como bien se sabe, corresponde una solución determinada, que a la vez estará influenciada por la ubicación que tenga.

Las dos principales condicionantes son: **el lugar**, en el que se debe analizar el clima y el microclima y **el proyecto**, con el fin de determinar criterios generales de diseño.

Para desarrollar un proyecto en general, siempre es necesario la determinación de un lugar, el cual presenta características específicas que faciliten el desarrollo del proyecto o también que el lugar presente cualidades que un proyecto está buscando.

Todo edificio que utilice la energía solar:

- Deberá estar diseñado de manera que pueda absorber o rechazar el calor procedente del sol cuando lo requiera.
- Tendrá una estructura cuyas pérdidas hacia el exterior sean lo mas pequeñas posibles.
- Deberá poseer un comportamiento térmico que permita conservar el confort interior, a pesar de las fuerzas climáticas que actúen sobre su protección solar.
- Una construcción bien diseñada tendrá un volumen que armonice con el paisaje y se adapte al clima.

### 4.2.2.- Como Conseguir Una Casa Solar

Mediante el aislamiento, dimensiones razonables, orientación y aberturas adecuadas y aprovechamiento de los recursos y la energía del entorno. Una casa bien aislada pierde la mitad del calor, y si está bien orientada y con aberturas convenientes gana 3 veces más energía que una casa convencional. Los requisitos siguientes pueden aplicarse a todas las construcciones nuevas, (algunos de ellos también pueden ser útiles en las construcciones ya existentes):

#### **4.2.2.1.- Adaptación al lugar.**

Hoy en día se desprecia esta adaptación, pero ello obliga a enormes gastos energéticos innecesarios. Tradicionalmente, por ejemplo en climas cálidos, se deberá construir con miras a expulsar al sol (patios interiores, fachadas blancas reflectantes del sol, pocas ventanas al sur..), mientras que en climas fríos se levantará la vivienda para huir de la humedad, o se acristalarán los balcones al sur para atrapar el escaso y deseado sol.

#### **4.2.2.2.- Orientación.**

En una casa bioclimática que ambicione el calor en invierno la fachada principal de la casa mirará al sur, siendo en esa dirección en la que más superficie se expondrá al sol. El sol del verano no perjudicará a una casa bioclimática. Si se trata de una zona calurosa incluso en invierno, los ventanales y aberturas mayores se abrirán mirando al Norte.

#### **4.2.2.3.- Los Grandes Vanos**

(ventanas, balcones, grandes puertas) deben mirar hacia el Sur (al mediodía). Es la parte más soleada, por lo que la aprovecharemos para obtener todo el calor pasivo posible (este sol que entra en la casa, además de calentar, sana el ambiente y quita humedades). Dentro de la casa aseguraremos una buena masa térmica almacenadora del calor que permitimos entrar en invierno, como son las plaquetas, muros de ladrillo, etc. Al Este, al Oeste, y sobretodo al Norte las ventanas deberían ser pocas y pequeñas (para evitar pérdidas de calor). Las pequeñas ventanas al Norte facilitarán la refrigeración natural en Verano. Las contraventanas persianas y toldos evitarán la entrada del sol en verano. Un porche en toda la cara sur, así como voladizos sobre las ventanas de las dimensiones adecuadas evitaban la entrada del sol en Verano, pero la permitirán en invierno, (debido a la diferente altura del sol en dichas estaciones).

#### **4.2.2.4.- Aislamiento óptimo:**

Todas las paredes, así como suelo y techo deben disponer de un doble muro, con una cámara de aire y una buena capa de aislante entre ellos. El aislante que también podría ir al exterior o al interior de la vivienda, deberá ser de alta densidad y ecológico para evitar que desprenda emanaciones tóxicas dañinas para los moradores (la paja prensada y convenientemente tratada o el corcho natural son de las opciones más económicas y ecológicas, y sobretodo más sanas disponibles). Las ventanas deberían tener doble cristal y persianas con aislante interior, o se recurrirá a contraventanas interiores de madera. Unas cortinas interiores gruesas también ayudan a evitar la entrada de calor en verano (o la pérdida de éste en Invierno). Un pequeño vestíbulo o separador entre la puerta de entrada y el resto de la vivienda servirá de retención de la climatología exterior. Los toldos pueden ayudar como complemento, dado que pueden abrirse o cerrarse a gusto.

#### **4.2.2.5.- Calefacción por suelo radiante:**

Equivalente a la tradicional gloria (y su nombre lo indica todo) consiste en colocar tubos en serpentín por el suelo de toda la vivienda (encima de una capa de aislante y bajo las plaquetas). Dichos tubos harán la función de los radiadores y por ellos circulará el agua calentada por cualquier sistema (incluso por energía solar), con la ventaja de que 30°C a lo sumo caldearán perfectamente la vivienda (mientras que un radiador requiere agua a 80°C para

llegar a calentar). Este sistema se traduce en un mayor confort para los usuarios (dado que el calor sale por la parte más fría de la casa, el suelo y el calor tiende a subir por simple física natural) y supone un reducidísimo gasto en energía (prácticamente gratuito si el sistema de calefacción es energía solar térmica).

#### **4.2.2.6.- *Refrigeración Natural:***

La casa bioclimática tardará mucho más tiempo en calentarse que una convencional (debido a su diseño, al aislamiento y a que se impide la entrada del calor indeseado de forma radical. Las intencionadas aperturas al norte, posibilitarán la entrada de aire fresco, que anulará el calor generado y que podrá potenciarse con simples ventiladores eléctricos, de un consumo minúsculo. Por la noche, la circulación natural del aire refrescará la casa que se mantendrá fresca durante prácticamente todo el día siguiente.

En la parte norte es recomendable la plantación de vegetación con un doble fin de amortiguar los fríos vientos del norte en invierno y el crear un ambiente fresco en verano, que ayudará a refrescar la vivienda.

Donde las circunstancias lo permiten, una bodega excavada en la tierra también puede ser aprovechada para refrescar, como foco frío, a través de sistemas naturales o mecánicos.

#### **4.2.2.7.- *Estudio Geológico:***

Previo a la edificación que nos garantice que el terreno sobre el que se construirá está libre de radiaciones nocivas, tanto artificiales como naturales. De igual modo, se estudiará cuidadosamente la instalación eléctrica y los electrodomésticos utilizados para anular o minimizar los efectos de la contaminación electromagnética.

#### **4.2.2.8.- *Energías ecológicas***

Suelen acompañar a la casa bioclimática. En una edificación diseñada para ahorrar dinero en energía es interesante invertir en un calentador solar de agua que ahorrará la mayor parte de la electricidad o el gas que se utilizará en los próximos 15 años. Los costos en calefacción serán notablemente menores, y si además colocamos colectores solares térmicos entonces serán prácticamente nulos.

La electricidad solar fotovoltaica es razonable en una casa ecológica. En términos, si la vivienda dispone de red eléctrica convencional será interesante la conexión fotovoltaica a red, con la ventaja de poder vender el excedente energético a la compañía eléctrica en unas condiciones muy ventajosas para el usuario.

Además de las energías renovables, una casa bioclimática aumentará el ahorro utilizando electrodomésticos de alta eficiencia energética y de agua, etc., así como se iluminará con bombillas de alto rendimiento, que consumen 5 veces menos que las incandescentes.

#### **4.2.2.9.- *Costos***

La casa solar pasiva( o bioclimática) tiene un incremento del costo entre un 5 y un 10% sobre el costo habitual, debido a la mayor calidad térmica y sanitaria de

los materiales y a una mayor estanqueidad y aislamiento de la vivienda, pero permitirá ahorros de un 80% en calefacción, refrigeración e iluminación, haciendo la vivienda más sana y agradable además de ser más respetuosa con la naturaleza.

La casa solar pasiva es aplicable a toda nueva construcción, sea vivienda unifamiliar o bloque de edificios, y tan sólo requiere que el planeamiento urbanístico municipal tenga en cuenta el derecho a disfrutar del sol de las edificaciones futuras, con una distribución de las calles de acuerdo a una lógica y no de forma aleatoria o bajo intereses especulativos ajenos al bien común.

Algunas de las técnicas de la arquitectura solar pueden aplicarse en las edificaciones ya existentes, pero con resultados menos espectaculares.

Hoy, en un mundo con recursos energéticos limitados, es imprescindible aprovechar todos los medios a nuestro alcance para satisfacer nuestras necesidades al menor costo.

La arquitectura solar pasiva permite que la casa además de segura y bonita, sea ahorradora y muy confortable. Por eso, los arquitectos antes de construir deberán aplicar los conocimientos necesarios para que la vivienda pueda ahorrar un 80% de las facturas energéticas.

#### **4.2.2.10.- Consideraciones Para Climas Fríos y Cálidos**

##### **Para climas Fríos**

###### *Ganancia directa del sol*

Es el recaudo y contención de energía solar radiante dentro de un espacio ocupado. La ganancia directa es el recaudo y contención de energía solar radiante dentro de un espacio ocupado. La luz del sol entra en el espacio mediante el Ecuador – encarando de ventanas y calienta sus superficies internas. Calienta pisos y las paredes que absorben, almacenan y reflejan el calor. Si los materiales de construcción usados son masivos, su masa sirve para minimizar flujos de temperatura desde la noche al día y para almacenar la energía de calor durante los periodos soleados. El almacenamiento masivo térmico puede consistir de una porción concreta, recipientes de agua, una albañilería interna tapia (una chimenea es ideal), y la albañilería que junta provee la cantidad correcta de masa total.

Las cortinas abiertas durante el día aumentan al máximo ganancia directa por permitir que el piso absorbe radiación solar.

###### *Muro Trombe*

Un muro Trombe es una pared de albañilería o de concreto cubierto externamente con una piel de vidrio. Un espacio pequeño de aire debe dejarse entre la pared y el vidrio. La radiación solar pasa a través del vidrio y es absorbido por la pared masiva. Las ventanas deben tener persianas o contraventanas aislantes exteriores para el uso nocturno a fin de impedir que el calor ganado durante el día se pierda al exterior. La masa se calienta durante el día y alivia su calor al interior durante la noche. Los ventiladores pueden también servir si se ponen hacia la pared para permitir que el calor fluya directamente en la sala durante el día.

### *Sistema adjunto de captación solar*

Se trata de un ambiente vidriado adjunto al edificio pero que puede completamente cerrarse fuera desde las áreas ocupadas principales.

El sol entra según el azimut solar encarando ventanas y calienta el ambiente.

Este ambiente cálido calienta el aire, el cual circula entonces al interior del edificio para calentar. Las técnicas pueden ser empleadas para almacenar el calor cerrándolo de día para retener en ese tiempo el calor.

El éxito de éste método está en incluir una masa térmica para absorber excesivo calor durante el día y liberarlo de noche.

### *Albercas*

Una alberca es un almacén de agua encima del techo para absorber radiación solar durante el día. De noche, el agua se cubre con paneles aislantes y el calor calienta desde el cielorraso y resplandece hacia los espacios inferiores.

### **Para climas Cálidos**

#### *Aislamiento Térmico*

Esencialmente, el aislamiento es el uso de un material con un bajo nivel de conducción térmica para reducir la energía que fluye a través de otro material. La acción de aislamiento sirve para atrasar y/ o reducir la corriente de calor, asimismo debe tener una resistencia alta.

En general, aparte del vacío, los más bajos conductores de calor son los gases, y estos aíslan mejor cuando la convección dentro de el gas puede suprimirse. Las mantas fibrosas en las cuales el gas se puede atrapar dentro de una estructura hecha, tal como la fibra de vidrio orgánica ( lana o el poliéster), son aisladores buenos.

#### *Ventilación*

La ventilación natural usa las fuerzas naturales de viento y animación para entregar aire fresco en edificios. El aire fresco se requiere para que alivie olores, rellene el oxígeno para la respiración y para aumentar comodidad térmica.

Los sistemas naturales de ventilación confían en la capacidad de aire para mover mediante un edificio, a fin de igualar presión. Las diferencias de presión dentro de un edificio pueden ser ocasionadas por el viento o el efecto de animación creado por el aire cálido estratificado. En ambos casos, la cantidad de ventilación dependerá críticamente del tamaño y colocación de las aperturas externas e internas.

#### *Ventilación Conducida*

El viento ocasiona una presión positiva sobre un frente del edificio que lo soporta y una presión negativa sobre el otro lado del mismo. Para igualar presión, el aire fresco entrará en cualquier otra apertura opuesta. En el verano, el viento se usa para abastecer la mayor cantidad de aire fresco que sea

posible, mientras que en la ventilación invernal se reduce normalmente a niveles suficientes para quitar excesiva humedad y los contaminantes.

#### *Ventilación Acumulada*

La animación del aire resulta desde diferencias en la densidad de aire. La densidad de aire depende de la temperatura y humedad. El aire fresco es más pesado que el aire cálido a una misma humedad y el aire seco es más pesado que el aire húmedo a una misma temperatura.

Así, el calor y la humedad exterior dada y las otras fuentes internas tienden a subir el aire interno. El aire calentado viejo escapa por las aperturas en el cielorraso o tejado, el aire más fresco ingresa mediante aperturas más inferiores para reemplazarlo.

#### *Efecto Térmico sifón*

Es casi similar al efecto de una pila, un termo-sifón hace uso de la luz solar directa para calentar el aire en un edificio. Esto requiere que una gran cara cubierta de vidrio opaco esté frente al sol. Las superficies cubiertas debajo del vidrio absorbe la luz solar directa, aumentando así la temperatura y ocasionando ondas infrarrojas de calor que se irradian espacio adjunto. Como el vidrio es opaco la energía de calor se atrapa dentro del espacio y eventualmente es absorbida por el aire. Este es básicamente, el efecto invernadero que se realiza.

Si se permite que se ventile al exterior el techo, el aire caliente subirá y el aire nuevo enfriador bajará al piso. Esto ocasiona una corriente bastante fuerte de convección dentro del edificio.

Si no se permite la ventilación del techo, pero se colocan ventiladores internos, esta corriente de convección puede usarse para calentar en invierno, incluso en un día relativamente nublado.

#### *La chimenea solar*

Es una solución donde interviene la ventilación inducida, donde la temperatura interior es suficientemente alta y la temperatura externa se usa para manejarla. La chimenea se aísla desde el espacio ocupado y puede calentarse tanto como sea posible por el sol o los otros medios. El aire se agota simplemente al exterior del techo de la chimenea que crea una succión al interior para extraer al aire viejo.

#### **4.2.2.11.- La Vegetación en el diseño**

El efecto del sol en un área particular va a depender de la textura, el color y la naturaleza de los materiales. Ellos en alguna medida, tienen un efecto en el microclima creado por el lugar y la arquitectura de las construcciones. La

naturaleza, los árboles, los arbustos y los pastos tienen tendencia a estabilizar la temperatura y evitar los extremos.

La vegetación tiene la propiedad de ser un buen absorbente del calor. Además los árboles y arbustos con hojas de una superficie viscosa pueden interceptar el polvo y limpiar el aire. Los diferentes tipos de árboles, según la forma de su follaje, pueden producir diferentes efectos beneficiosos para el confort en el interior de la edificación.

Los árboles pueden distinguirse de la siguiente forma:

De forma redonda donde ancho y altura son casi iguales. Son buenos para sombrear el techo y están mejor ubicados en los lados norte, noreste y noroeste.

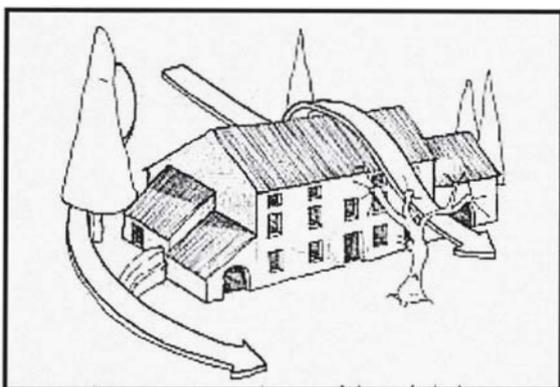


Figura 61.- Vegetación y viento

De forma ovalada, en estos árboles la altura es el doble en dimensión, respecto al ancho. Se les ubica mejor en los lados este y oeste a unos seis o nueve metros de la casa.

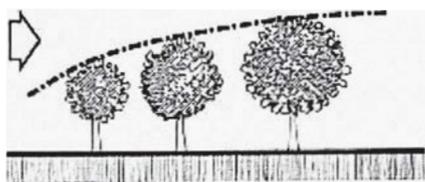


Figura 62.- Escalonamiento de la vegetación

De forma Vertical, un árbol en forma de columna es mejor utilizado como barrera contra el viento y el polvo a cierta distancia de la casa.

Los elementos del paisaje pueden cambiar el movimiento del aire y su velocidad, mejorando o empeorando las condiciones.

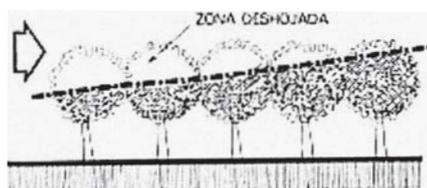


Figura 63.- Amortiguamiento de la vegetación

### Efectos que produce la vegetación

Filtración de la radiación que de otro modo sería absorbida por el suelo y las fachadas. Esto disminuye el calentamiento en periodo de calor, por lo tanto disminuye también la temperatura.

Un tipo de vegetación de hojas caducas como el plátano puede ser usado para protegerse del sol de verano.

Protección del viento fuerte.

La Oxigenación es un efecto muy conocido. La vegetación absorbe el gas carbónico producido por las actividades urbanas, expulsando oxígeno.

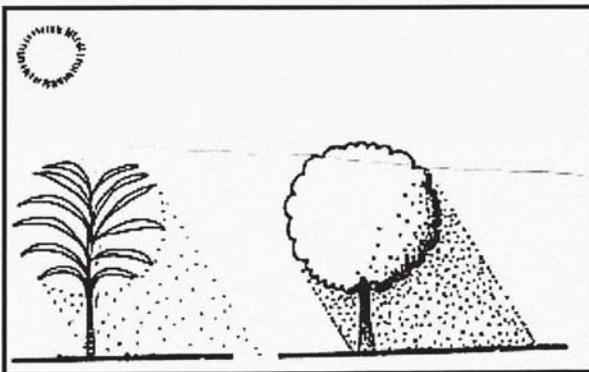


Figura 64.- Uso de la vegetación

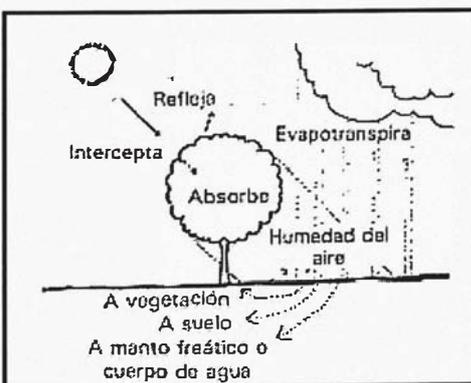
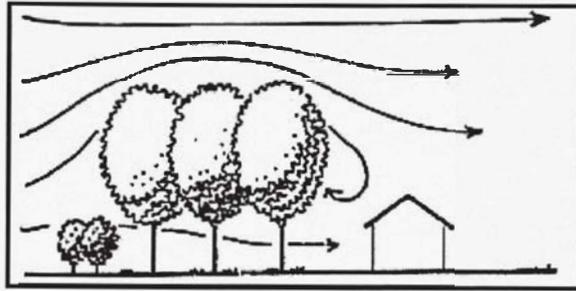


Figura 65.- Efectos que produce la vegetación

**Figura 66.- Influencia de la vegetación y el viento**



La vegetación emite vapor de agua por medio del follaje, humedeciendo el aire  
Produce enfriamiento por convección horizontal de masas frías (vegetación) hacia las masas más cálidas (zonas vecinas)

#### **Recomendaciones para el uso de Plantas**

Cuando se necesita el calor del sol, en invierno, debe utilizarse árboles de hojas caducas.

Cuando están ubicados cerca de las casas, se necesita en las paredes ventanas bajas y no altas.

Mientras más extenso es el pasto y más numerosos son los árboles, más fresco será el aire.

Los arbustos altos pueden bloquear la ventilación, entonces estos deben ser mas bien bajos.

El uso de árboles para bloquear el viento puede también funcionar para neutralizar el aire más caluroso en el verano y, si es el caso, el aire demasiado frío en el invierno.

Los emparrados con enredaderas de hojas caducas, pueden funcionar bien para dar sombra.

Las enredaderas en los techos pueden dar sombra a las paredes de la construcción.

Evitar la mayor cantidad de pavimento posible. Lo mejor es sombrear con árboles existentes. En las zonas húmedas se da el problema del control de la vegetación y de la selección de algunos tipos de árboles y plantas; porque éstas además de dar sombra pueden limitar la ventilación natural, que es importante.

## 4.3.- CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

### 4.3.1.- Criterios Urbanísticos

Si el asoleamiento no se considera como factor importante dentro del diseño urbano, el trazo de calles y la lotización será deficiente, ocasionando en climas tropicales y desérticos altas temperaturas en espacios abiertos, calles y viviendas.

Si no se estudia el volumen de la precipitación pluvial podría causar problemas de inundaciones o estancamientos de agua en las cales y áreas públicas.

Cuando los vientos dominantes no se aprovechan en el diseño tienen efecto espacios encerrados y sofocantes que producen malestar a sus usuarios. En climas cálidos, la carencia de ventilación adecuada intensifica la absorción de calor.

La deforestación masiva afecta al microclima del lugar, propiciando temperaturas extremas, exposición indeseable a vientos, escurrimientos y erosión, poca recarga de mantos acuíferos, etc. Ello tiene repercusiones sobre la flora y fauna de la zona.

Para lograr un diseño urbano eficiente se debe buscar la manera de aprovechar las condiciones climáticas favorables y matizar las condiciones desfavorables.

#### 4.3.1.1.- Consideraciones Climáticas

Para efectos de un adecuado diseño urbano, la clasificación de climas del geógrafo Carlos Nicholson es más precisa que la de Javier Pulgar Vidal por tener un origen altitudinal.

Nicholson distingue los siguientes climas:

##### Climas de la Costa:

- 1) Clima semitropical costero desde el Ecuador hasta el paralelo 5°  
Abarca la zona de máxima influencia histórica de la Contracorriente del Niño, Tumbes y Piura, que en otros estudios y fenómenos recientes llega al paralelo 8° , Trujillo.
- 2) Clima sub-tropical costero desde el paralelo 5° ( 8° ) hasta la frontera con Chile. Este segundo tipo lo subdivide en Clima de lomas y desierto costero.

##### Climas de la Sierra:

Clima sub-tropical de altura, con cuatro sub-tipos:

- 1) Vertientes occidentales andinas.
- 2) Valles interandinos.
- 3) Puna.
- 4) Zona nebulosa . (Algunos valles de la cordillera oriental con un permanente techo de nubes.

##### Climas de la Selva tropical:

- 1) Sub-tipo de la Ceja de Selva.
- 2) Sub-tipo de Bosque tropical.

Al efectuar cualquier clasificación climática debemos tomar en cuenta nuestras particularidades geográficas:

A pesar de ser tropicales , no siempre somos cálidos, llegando a tener climas glaciares debido a las enormes diferencias de altitud.

Debe también darse una definición clara entre la humedad , el agua que cae en forma de lluvia, (tal como se la define en múltiples clasificaciones) y la humedad que existe en suspensión en la atmósfera.

Aún cuando ambas son parte del mismo fenómeno, pues la primera sólo es la condensación de la segunda, en la costa peruana esa humedad contenida en el aire no se precipita, no cae en forma de lluvia a pesar de su alta intensidad.

Broggi cree que podría crearse un nombre distinto: hidricidad. Un clima hídrico como el de la costa es árido a pesar de ser cálido y húmedo.

Para efectos de este trabajo mencionaremos algunas recomendaciones para los climas con mayor concentración poblacional: los 2 climas costeros, el clima de los valles interandinos (quechuas), y el clima de bosque tropical.

#### 4.3.1.2.- Criterios Generales

Dando una orientación adecuada a las calles y por consiguiente a los lotes, se estarán aprovechando los elementos del clima, logrando un diseño adaptado al medio ambiente.

Se deben aprovechar los vientos para propiciar frescura en los espacios abiertos, sobre todo los vientos de la tarde que alivian las horas de mayor radiación.

Las lluvias revitalizan el medio ambiente natural. En zonas de mucha precipitación hay que propiciar su escurrimiento al mar, a cauces o embalses y utilizar los cuerpos de agua como elementos de diseño. En zonas desérticas hay que concentrar la lluvia en zonas verdes para favorecer la recarga de mantos acuíferos y con ello la proliferación de vegetación. El agua de lluvia puede ser tratada y reciclada para riego o como agua potable

La incorporación en términos de diseño de estos elementos del clima se traduce también en beneficio económico, pues se reducen gastos de mantenimiento de calles y áreas verdes, así como de aire acondicionado de las edificaciones.

#### 4.3.1.3.- Asoleamiento

En un país con diversidad de climas en el que el asoleamiento varía según la ubicación geográfica, la altitud y la época del año, se vuelve importante conocer las trayectorias solares para contar con información que ayude a resolver problemas de exposición solar y sombras.

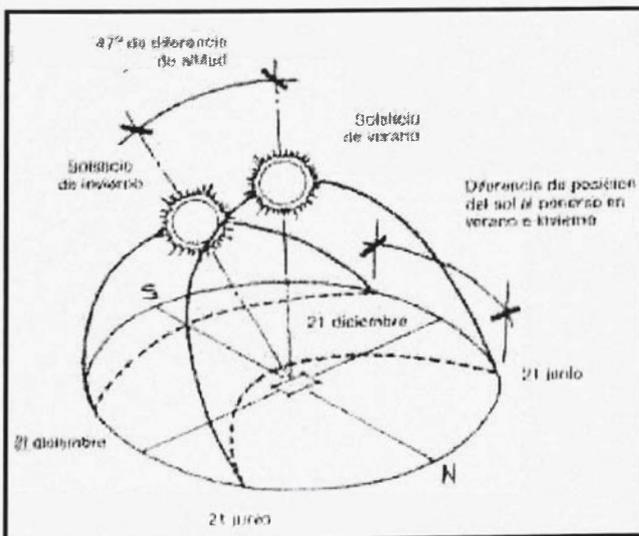


Figura 67.- Recorrido Solar

#### 4.3.1.4. Vientos

Después del asoleamiento, los vientos son el factor climático más importante a considerar dentro del diseño, ya que el manejo combinado de ambos puede dar por resultado espacios abiertos o cerrados, dentro del rango de confort de temperatura.

Para ello resulta indispensable obtener las mediciones de vientos dominantes en porcentaje de tiempo, su velocidad, y si son fríos o brisas cálidas a fin de determinar las condiciones de flujo de aire de una localidad. Estas tablas podrían resumirse en gráficas de vectores de vientos que indicaran tanto los vientos deseables como los indeseables.

En términos generales, se pueden categorizar los periodos de sobrecalentamiento desde mayo hasta mediados de septiembre y, dependiendo de la latitud, los periodos de indeseable viento frío de noviembre a principios de marzo.

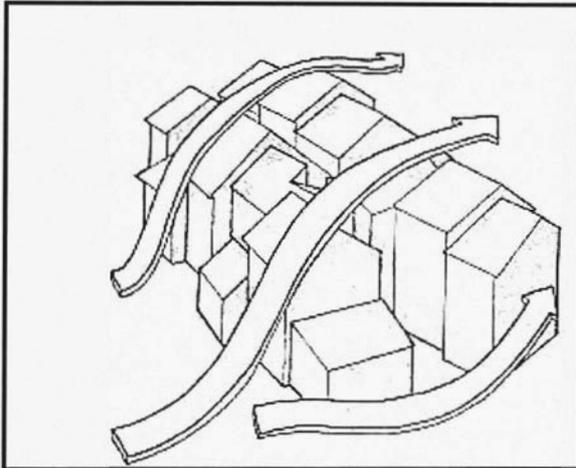


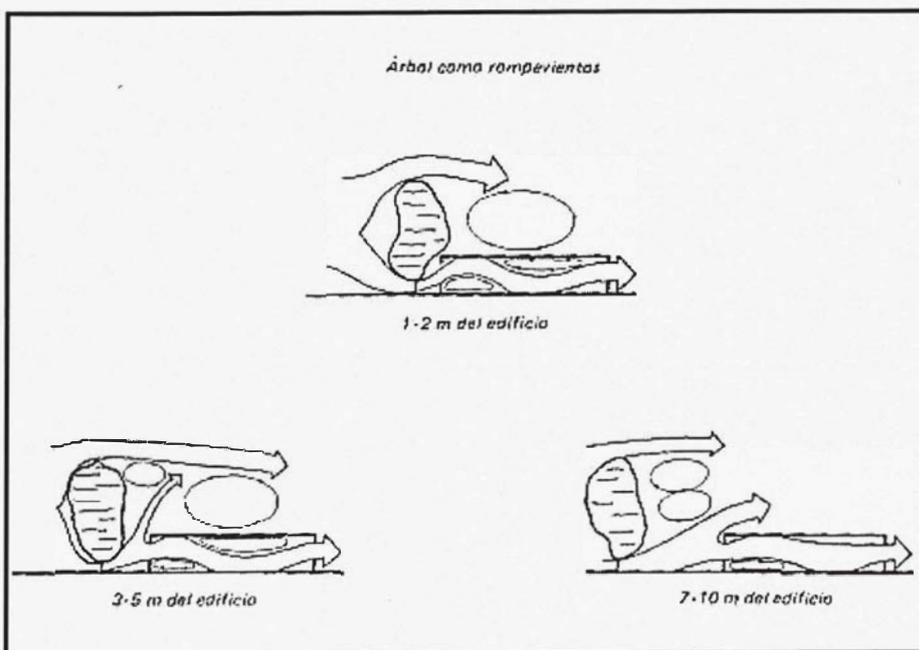
Figura 68.- Movimiento de los vientos en calles estrechas

#### 4.3.1.4.1 Rompevientos

Las grandes masas de aire no pueden ser modificadas en su movimiento, ya que éste es consecuencia de diferencias en la presión de aire. Sin embargo, las velocidades del viento cerca de la tierra pueden ser controladas o reguladas en cierta medida.

Para ello generalmente se utilizan diversos tipos de vegetación que desvían y sirven de filtro para matizar o canalizar las corrientes de aire. Un manejo favorable del viento trae efectos sobre la temperatura y humedad del aire, sobre la evaporación y sobre el crecimiento de las plantas.

Figura 69.- Rompevientos



#### 4.3.1.4.2 Vientos en el trazado urbano

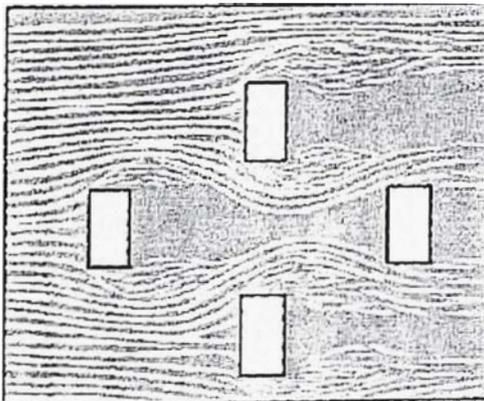
El efecto que tiene el viento sobre el trazado urbano y la colocación de los edificios es muy importante para la climatización de los espacios exteriores e interiores.

Los edificios colocados en posición perpendicular a la dirección del viento reciben todo el efecto de la velocidad; pero si los edificios están girados a 45° de la dirección del viento, se reduce su velocidad de 66% a 50%.

La separación de las edificaciones es también un factor importante en la ventilación de los espacios. Si los edificios o viviendas están espaciados a una distancia igual a siete veces su respectiva altura, entonces cada uno tendrá una ventilación adecuada. De lo contrario, si las viviendas están en hilera, entonces se creará un efecto de “sombra de viento” a todo lo largo de las casas, que perjudicará la ventilación de las viviendas posteriores. Este efecto es reforzado por la tendencia del viento a canalizarse a lo largo de pasajes de espacios abiertos. Por lo tanto, con esta disposición de viviendas en hilera el viento tiende a saltarse las viviendas posteriores y a no ventilarlas.

Pero una disposición “cuatrapeada” de viviendas tiene un efecto de ir rebotando o cambiando la dirección del viento, dirigiéndolo a las edificaciones de atrás. Este efecto resulta más eficaz cuando las viviendas están dispuestas perpendicularmente a la dirección del viento, acomodo que resulta adecuado para climas calurosos.

Puede observarse en los croquis laterales que la disposición inclinada de viviendas frente a una corriente de viento ayuda a protegerlas de indeseables vientos fríos. Si además se coloca una vivienda detrás de la otra, entonces todas las viviendas posteriores estarán protegidas, ya que recibirán poco viento directo. Esta disposición de viviendas es adecuada para clima frío.

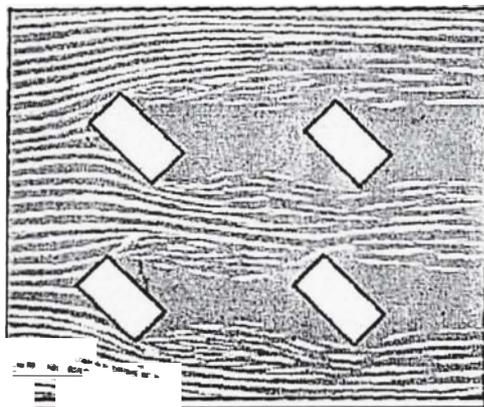


*Disposición de viviendas en clima cálido, separándolas y buscando que el viento llegue de frente.*

**Figura 71.- Disposición de viviendas en climas fríos**

**Figura 70.- Disposición de viviendas en climas calidos**

*Disposición de viviendas en un clima frío, reduciendo el frente al viento e inclinándolas para que fluya.*



#### 4.3.1.4.3 Efectos sobre el paisaje

La configuración del terreno y la vegetación tienen efectos sobre la dirección y velocidad del viento. En cierta medida, estos efectos pueden librar a la edificación de ser orientada rígidamente de acuerdo con el asoleamiento. Si el diseño de paisaje incluye el manejo de la vegetación, bardas, relieves y pavimentos, con ellos se pueden crear zonas de alta o baja presión alrededor de la vivienda, que pueden estar referidas a sus vanos. Se debe tener cuidado en que el diseño del paisaje no mate o desvíe las deseables brisas frescas del verano, por el contrario que canalice indeseables vientos fríos hacia las viviendas.

Los croquis ilustran cómo la colocación de la vegetación es decisiva en la ventilación de los espacios interiores de una vivienda. En la primera serie se puede observar que la colocación de arbustos cerca de ventanas matiza la entrada del viento al interior de la vivienda y cómo, al separar los arbustos, la entrada del viento es más fluida.

De modo similar sucede con los árboles cercanos a las viviendas. Cuando un árbol con follaje denso está próximo a una vivienda, sirve para bloquear el paso del aire y, consecuentemente, la velocidad del viento se incrementa en la parte baja del tronco, entrando con flujo ascendente a la vivienda, lo que crea mucha turbulencia en el interior. Si el árbol de 10m. de altura se encuentra a una distancia de 3-5m. de la vivienda, entonces una parte del flujo ascendente pasará al interior, pero otra parte fluirá por fuera de la vivienda, perdiéndose con ello velocidad del viento. Pero cuando el árbol está a 7-10m de la vivienda, el flujo ascendente de aire pasará con toda su velocidad al interior de la vivienda, proporcionando mucha frescura.

Habrá que tener presente que cuando cambie la dirección del viento, como frecuentemente sucede en verano, la plantación de la vegetación debe funcionar para las dos fachadas que recibirán el viento, pues de lo contrario la vivienda sólo recibirá una parte de la ventilación cruzada. En climas cálidos resulta fundamental esta consideración.

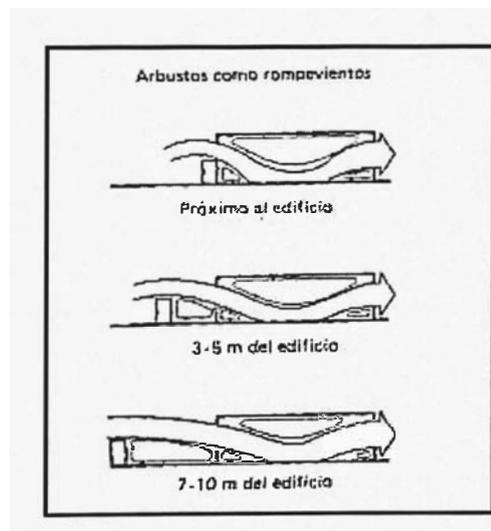


Figura 72.- Arbustos como rompevientos

Arbol como rompivientos

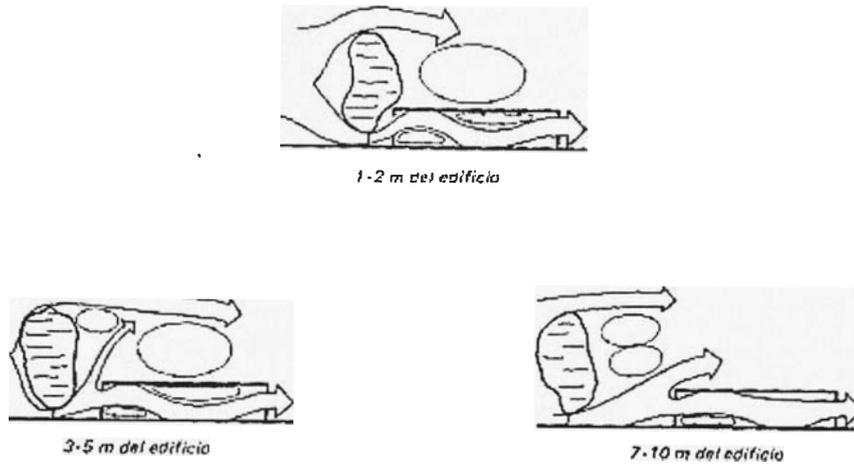


Figura 73.- Arbol como rompivientos

**4.3.1.4.- Criterios de Diseño Urbano**

Es fundamental incorporar consideraciones climáticas en el trazo urbano para dotar a las viviendas de mejores ventajas ambientales, a fin de propiciar la mayor comodidad en su interior. El criterio general busca aprovechar las bondades del clima y obstaculizar los efectos adversos que producen incomodidad y malestar.

A continuación se hacen algunas recomendaciones sobre el trazo urbano, según el tipo de clima:

**Clima Sub-tropical templado húmedo ( de la Costa al Sur del paralelo 8°), y Clima Sub-tropical caliente húmedo ( de la Costa al Norte del paralelo 8°)** Lima, Chincha, Mollendo....., Tumbes, Piura, Chiclayo....

La Costa tiene un clima templado en general; cálido en el litoral Norte, aunque atemperado por las brisas frías de la Corriente Oceánica. Es algo más frío en la parte central de la costa, lo que se acentúa a medida que se avanza hacia el Sur.

El habitante de la costa experimenta ciertos cambios entre el Norte y el Sur. Se podría decir que en la costa del Perú nunca llueve; sin embargo en el Norte existen la presencia de fenómenos de precipitación muy tenues que se llaman **garúas**, mientras que en el Sur se denominan **camanchacas**, que son una especie de vaporizaciones de las nieblas bajas que humedecen la tierra, las cosas y a las personas.

En la región de la costa son desconocidos los fenómenos huracanados, las mareas son imperceptibles.

En cuanto a los vientos, el principal es el ALISIO del **S.E.** que sopla en la zona sub-tropical y la zona ecuatorial. Los vientos son suaves, turnándose entre los diurnos y nocturnos, en dirección del mar a la costa y de los Andes hacia el mar; y se deben a la alta presión del Pacífico. Estos vientos que soplan entre el mar y los Andes y entre los Andes y el mar, pertenecen al sistema local de vientos de la costa peruana donde durante todas las horas del día predomina la

brisa del mar hacia la tierra formando las corrientes llamadas VIRAZON, en oposición a los que soplan desde la tierra llamados TERRAL.

Por lo tanto, se deben disponer las calles de manera flexible que permitan trayectorias peatonales confortables, y así lograr viviendas que puedan protegerse del viento, a través de la vegetación. Los árboles no deben tapar las brisas del verano, pero si desviar los vientos fríos de invierno.

**Clima de Valles interandinos ( frío o templado seco )** Huancayo, Cuzco, Cajamarca, Puno.

La región andina posee un conjunto de climas, según su altitud, que es de influencia decisiva. Unos metros más arriba o más abajo, definen una temperatura fría o una temperatura templada. La posición de las montañas determinan que una localidad esté al abrigo de los vientos y de los hielos; pero también puede definir su destino, si le priva de una acción de los rayos del sol en la mayor parte de las horas del día.

Sin embargo de la existencia de diversidad de climas no se puede negar que existe cierta uniformidad dentro de la variedad. El clima de las regiones andinas es de manera general frío, seco y sano.

Las condiciones atmosféricas cambian entre los 3,000 y 4,000 mts. presentándose inmensos espacios despoblados de seres humanos.

Los habitantes de las mesetas viven en un eclipse térmico continuado, ya que la temperatura en zonas bajas puede cambiar bruscamente solamente al paso de una nube que obstruya el paso de los rayos del sol por unos instantes. Las lluvias caen en los Andes desde noviembre hasta abril, con variaciones locales apreciables. En las altas mesetas no obedecen a ninguna causa exclusiva ni general, la orientación de los valles es quizás la causa más importante en forma tal que los vientos ingresan fácilmente llevando masas de nubes de lluvia.

Los vientos alisios soplan en dirección **S.E a N.E**, llegando hasta las vertientes orientales de los Andes; estos vientos no se extinguen al llegar a las altas mesetas y cumbres andinas aún cuando las nubes que arrastraban se agoten.

Por lo tanto, el trazado de las calles deben estar orientadas y protegidas contra vientos fuertes y se debe considerar la disposición de las viviendas para protegerlas de indeseables vientos fríos. Asimismo tener cuidado con el diseño del paisaje para canalizar las deseables brisas frescas del verano hacia las viviendas.

**Clima de Bosque tropical (caliente-húmedo)** Iquitos Pucallpa

Los vientos dominantes son de **S.E**, o sea los alisios que también se alternan con los del **N.E**. La constancia de los vientos otorgan una ventilación saludable favoreciendo el progreso de las ciudades.

Los meses de grandes lluvias son los de agosto a abril, disminuyendo la cantidad en junio y julio. La temperatura promedio se señala en 27°C, la máxima en 33°C a 35°C y la mínima a 21°C

Por lo tanto, debe existir cercanía entre viviendas y equipamiento. Se debe procurar recorridos urbanos sombreados y ventilados, utilizar pavimentos que no retengan el calor, e incorporar la vegetación al paisaje.

La vivienda debe ser alargada sobre la orientación favorable, procurar ventilación cruzada y protegerla de las lluvias y del asoleamiento con sombra y vegetación.

### 4.3.2.- Criterios Arquitectónicos

Para determinar los criterios arquitectónicos se usará la tabla de Mahoney con el fin de responder necesidades más específicas.

Los criterios de diseño arquitectónico sirven para determinar condiciones de confort y bienestar dentro de la edificación

Cuando se ha desarrollado un proyecto detalladamente , no sólo desde el punto de vista climático, sino desde cualquier otro, conviene volver a examinar cada elemento a un nivel mucho más preciso y detallado para determinar su forma y dimensiones con mayor precisión.

De esta manera la etapa del diseño de elementos tiene dos funciones principales:

Determinar la forma y dimensiones de los elementos aún no diseñados y para los que sólo existen especificaciones de su función.

Volver a examinar los elementos ya convenidos anteriormente, cuando las variaciones en el diseño arrojan duda sobre su función climática

**Mahoney** ha construido una serie de tablas basándose en un sistema ponderado que toma en cuenta la duración y el rigor de los diversos factores climáticos.

Estas tablas son cuatro:

- La tabla 1, se usa para registrar los datos climáticos más esenciales, dirigiendo y definiendo la extensión de la investigación de datos.
- La tabla 2, facilita un diagnóstico del clima y desarrolla una serie de indicadores climáticos.
- La tabla 3, traslada éstos a especificaciones de funcionamiento o recomendaciones para el diseño esquemático.
- La tabla 4, facilita una revisión general

En ellas recomienda seis características principales de los elementos de un edificio:

- Tamaño de las aberturas
- posición de las aberturas,
- protección de las aberturas,
- paredes , suelos
- tejados
- características externas.

Se deben considerar las tablas como ayuda para el diseño esquemático, pero no como un sustituto mecánico del pensamiento del proyectista. La lógica del proceso tiene que ser entendida y recordada.

La compatibilidad de detalles, en lo formal y en lo funcional , es un antiguo principio de arquitectura y debemos tomarlos en cuenta para poder crear las condiciones de confort en el diseño bioclimático.

### **4.3.3.- La ventilación y el viento en la arquitectura**

#### **4.3.3.1.- La ventilación**

Existen por lo menos tres razones para ventilar los locales habitados:

- mantenimiento de las condiciones de higiene, que hay que asegurar bajo cualquier condición climática
- aportar el confort térmico
- enfriar las estructuras las estructuras internas del edificio, por intercambio térmico entre el aire y las paredes.

#### **Sistemas de ventilación**

Existen tres tipos de ventilación: ventilación espontánea, ventilación natural y ventilación artificial.

##### *La ventilación espontánea*

Es aquella que se realiza a través de las rendijas de las hojas y marcos que presentan los huecos abiertos al exterior, cuyo ajuste de puertas y ventanas no es nunca absolutamente hermético. También tiene ocasiones de producirse este tipo de ventilación por intermedio de algunos materiales con que están construidas las paredes en razón de su porosidad.

Esta aireación es causada, principalmente, por las distintas temperaturas que existen entre los interiores del local y el exterior, y por la acción del viento, al crear diferencias de presión entre ambos puntos.

Sin embargo, uno de los fines primordiales de la ventilación es, como ya se ha dicho, la eliminación del calor almacenado, que en tiempo caluroso será mayor y más difícil de combatir por ese medio.

##### *La ventilación natural*

Es aquella que tiene lugar por la entrada directa del aire exterior a través de los huecos de las fachadas y paredes medianeras, abriendo ventanas y balcones.

Es un sistema simple, pero también práctico y económico, por lo que puede considerarse como el más utilizado en viviendas, pero presenta algunos inconvenientes, como el de permitir la entrada conjunta de impurezas, así como el poner bruscamente en contacto un ambiente caliente interior, con las inclemencias climatológicas que existan exteriormente.

Un buen sistema para facilitar la expulsión del aire viciado consiste en disponer chimeneas, o huecos en la parte alta de las paredes que pongan en comunicación la zona del techo con el exterior. Este sistema se basa en crear corrientes de ventilación por la diferencia de presión y temperatura, abriendo una chimenea o cono de extracción en la cumbre del tejado, protegido por una caperuza metálica para evitar la entrada de la lluvia. El aire puro ingresará por aberturas practicadas en las paredes, y buscará la salida situada en la parte central del techo.

##### *La ventilación artificial*

Es aquella que debido a la dimensión del ambiente que reúne un número importante de personas, debemos recurrir a forzar la circulación del aire por medios mecánicos o artificiales

#### 4.3.3.2.- El viento

Es un desplazamiento de aire generado por las diferencias de presión entre las masas de aire. El aire siempre se mueve de las zonas de altas presiones ( anticlón) a las zonas de bajas presiones (depresión)

Podemos distinguir cuatro aspectos en las relaciones del viento y de la arquitectura:

- 1- Estabilidad de las estructuras bajo los efectos mecánicos del viento
- 2- Polución atmosférica y planificación urbana
- 3- Ventilación natural de las viviendas
- 4- Confort de los espacios exteriores con respecto a los efectos mecánicos del viento.

El aumento de la velocidad del aire desplaza la zona de confort térmica hacia unas condiciones más cálidas y más húmedas, para una actividad y una indumentaria apropiada.

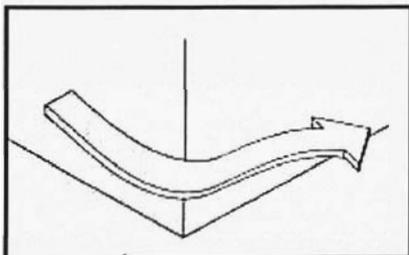
La disposición de las construcciones y su forma pueden originar bruscas ráfagas que ocasionen una falta de confort o un cierto peligro para los usuarios, por ejemplo:

Efecto de esquina, en el ángulo de un edificio de gran altura, las aceleraciones pueden ser elevadas.

Efecto de Venturi, cuando dos edificios se hallan implantados de manera que formen un colector, se crea una aceleración al nivel del suelo.

Efecto de rodillo, sobre la fachada expuesta al viento de un edificio, este efecto repercute en la parte descendiente del flujo que se organiza en rodillo remolínante de eje horizontal.

Efecto de pilotes, el viento rodea el obstáculo y es guiado por los pilotes, luego vuelve a salir más abajo en forma de chorro de aire.

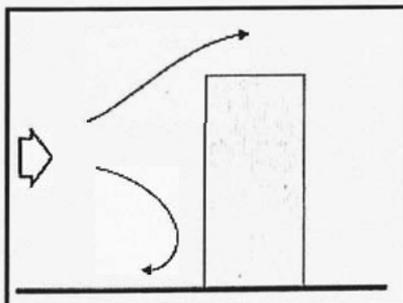
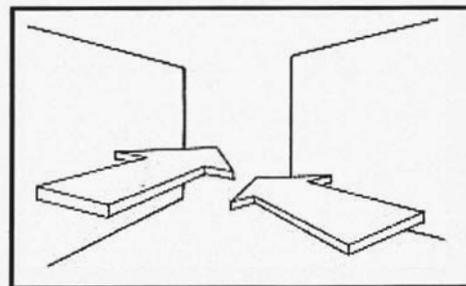


**Figura 74.- Efecto de Esquina**

La arista vertical del edificio provoca perturbaciones

**Figura 75.- Efecto de Venturi**

Al estrecharse, el pasadizo entre los dos edificios provoca una aceleración del flujo.

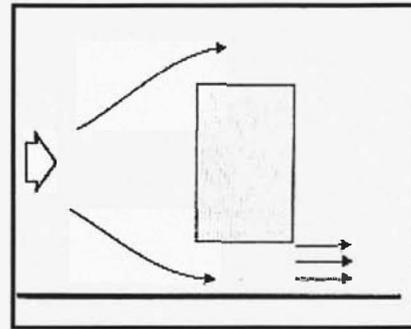


**Figura 76.- Efecto de Rodillo**

El movimiento se vuelve hacia el suelo en ángulo recto al edificio.

**Figura 77.- Efecto de pilotes**

El movimiento se reparte y el efecto de protección del suelo queda anulado.



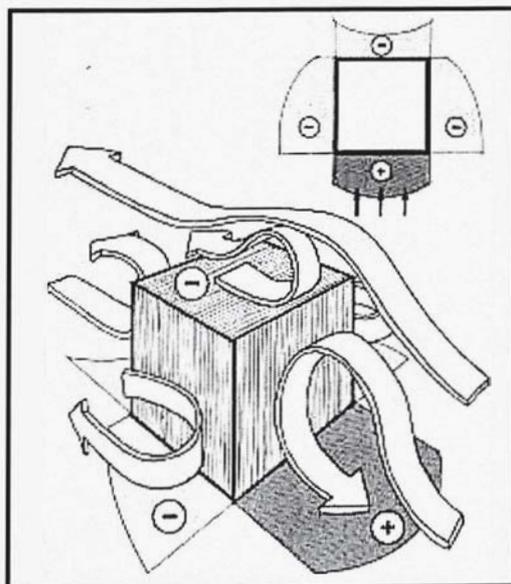
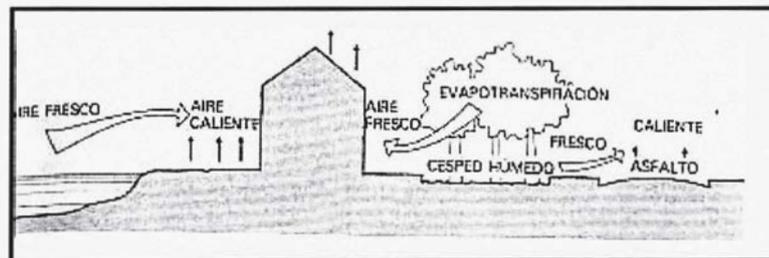
### **Cómo se provoca la ventilación**

Se puede provocar explotando las diferencias de temperatura y de presión entre dos puntos del edificio o utilizando el viento y los campos de presión que se establecen en torno al edificio.

Estas diferencias pueden establecerse "in situ" bajo el efecto de la radiación solar( entre zona soleada y zona de sombra). El aire caliente, al ser más ligero, tiene tendencia a elevarse, creando una pequeña depresión en el suelo.

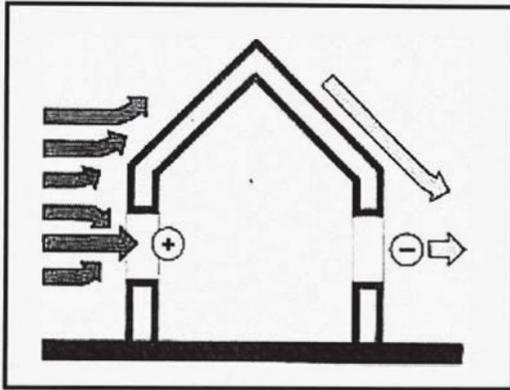
Cuando sopla el viento, las partes del edificio directamente expuestas son sometidas a una superpresión, mientras que las partes que se hallan " bajo el dominio del viento" son sometidas a una depresión. La diferencia de presión entre dos fachadas opuestas depende de la velocidad del aire, y siempre es suficiente para generar una ventilación por pocas aberturas que se hagan en dichas fachadas.

**Figura 78.-  
Generación de  
Corrientes de aire**



**Figura 79.- Repartición del campo de presiones,**

en torno a un edificio bajo el efecto del viento al nivel del suelo.



**Figura 80.-** Repartición de las presiones, sobre las fachadas de un edificio expuesto al viento.

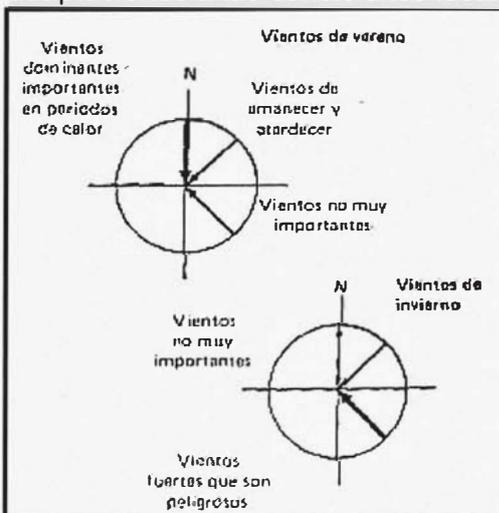
### Los indicadores del viento

Pueden distinguirse dos clases:

Los indicadores instantáneos, dan una imagen fugitiva del impacto del viento sobre el medio ambiente, por ejemplo: los humos indican la presencia y dirección del viento ; banderas sobre astas; acumulación de polvo, hojas y papeles ; la formación de dunas ; el comportamiento de los animales los conduce a lugares abrigados, generalmente de espaldas al viento.

La mayoría de las veces tienen tan sólo un valor cualitativo, a veces cuantitativo cuando hay constancia de daños materiales, pero nunca bajo un aspecto de frecuencia. Sólo pueden visualizar un fenómeno en un lugar definido y de una duración prácticamente instantánea.

Los indicadores permanentes, dan una imagen casi definitiva de un estado originado por el viento. Entre ellos están: la información meteorológica que se basa en elementos de carácter científico; la toponimia, que indica el origen del nombre de los lugares; el elemento vegetal que posee un poder de información de los más significativos, ya que se trata de un elemento vivo que sufre las acciones del viento influyendo sobre su crecimiento y da prueba de sus adaptaciones a las condiciones locales.



Estos indicadores determinan los efectos más apremiantes bajo un aspecto de frecuencia.

**Figura 81.-** Vientos dominantes

#### 4.3.4.- Renovación de aire

La respiración de los seres vivos consume parte del oxígeno que encuentra en el medio ambiente que le rodea, produciendo anhídrido carbónico.

Tal proceso varía en intensidad según el tipo de trabajo que se realice, y del número de personas que estén reunidas en un mismo local; también resulta afectado en mayor o menor medida según sean las dimensiones del recinto cerrado.

Tabla 7.- Renovación de aire por hora

| NATURALEZA DEL LOCAL      | RENOVACIÓN DE AIRE POR HORA |
|---------------------------|-----------------------------|
| BANCOS                    | 2-4                         |
| BARES DE HOTELES          | 4-6                         |
| CAFES                     | 10-12                       |
| CANTINAS                  | 4-6                         |
| CINES                     | 10.-15                      |
| COCINAS COMERCIALES       | 15.-20                      |
| COCINAS DOMESTICAS        | 10-15                       |
| DESPACHOS                 | 4,-6                        |
| FABRICAS                  | 6-10                        |
| FUNDICIONES               | 20-30                       |
| HALLL                     | 4-6                         |
| HOSPITALES                | 4-6                         |
| IGLESIAS                  | 0.5-1                       |
| LABORATORIO               | 4-6                         |
| LABAVOS                   | 10-15                       |
| LAVANDERIA                | 20-30                       |
| PANADERIA                 | 20-30                       |
| PISCINA                   | 20-30                       |
| POLLERIA                  | 6-10                        |
| RESIDENCIA                | 1-2                         |
| RESTAURANTE               | 6-10                        |
| SALA DE BAILE             | 6-8                         |
| SLA DE BILLAR             | 6-8                         |
| SALA DE UN CLUB           | 8-10                        |
| SALA OSCURA DE FOTOGRAFIA | 10-15                       |
| SALA DE BANQUETES         | 6-10                        |
| SALON DE CLASE            | 2-3                         |
| TALLER DE FABRICACION     | 6-10                        |
| TALLER DE PINTURA         | 30-60                       |
| TEATROS                   | 10-15                       |
| TINTORERIA                | 20-30                       |

Resulta imprescindible prever la aportación de aire fresco, así como también la evacuación del aire viciado que se realizará efectivamente con una adecuada y oportuna ventilación.

La finalidad de la renovación de aire, que es la condición que debemos buscar, está basada fundamentalmente en que el aire natural contiene sólo 0.04% de anhídrido carbónico, mientras que el expedido por los pulmones posee 4% es decir, 100 veces más y si tenemos en cuenta que el proceso de respiración es continuo, este porcentaje aumenta constantemente, ocasionando, que el aire del ambiente, se torne irrespirable, si es que el aire no es renovado.

#### RENOVACIÓN DE AIRE POR PERSONA

| AMBIENTES   | M3 / h | NUMERO DE VECES/ h |
|-------------|--------|--------------------|
| DORMITORIOS | 30     | 2                  |
| SALADEESTAR | 35-40  | 2                  |
| COCINA      | 40-45  | 3-8                |
| BAÑO        | 35-50  | 2-3                |
| GARAJE      |        | 6-8                |

**Tabla 8.- Calor que producen las personas**

|  |            |
|--|------------|
| PERSONA SENTADA O EN REPOSO                | 100 kcal/h |
| PERSONA EFECTUANDO UN TRABAJO LIGERO       | 150        |
| PERSONA ANDANDO A UNA VELOCIDAD EN 5 KM/H  | 250        |
| PERSONA ANDADNDO A UNA VELOCIDAD EN 7 KM/H | 350        |

Si se considera que una persona adulta respira aproximadamente medio metro cúbico por hora, el volumen de aire a renovar en el mismo periodo, a fin de que el ambiente se mantenga en condiciones de salubridad, será:

$$V = \frac{(4 - 0.14) \times 0.5}{0.14 - 0.04} = 19.9 \text{ m}^3 \times \text{hora}$$

Si tomamos en cuenta, que el trabajo que realiza esta persona es de tipo pesado o requiere de gran movilidad, por la actividad ocasionada, entonces puede llegar a consumir un metro cúbico por hora, quedando el resultado anterior proporcionalmente incrementado.

Por otro lado, existen además otros factores, ajenos a la respiración humana, que causan alteración en la composición del aire puro, como: los desprendimientos de gases, humos y vapores, que sucede en una cocina, o en una sala donde se reúnen fumadores.

Si lo comparamos con lo que ocurre en locales públicos, talleres, etc., esta condición se incrementará debido a la cantidad de personas en un mismo ambiente.

## **4.4.- TIPOLOGIAS ARQUITECTÓNICAS**

### **4.4.1.- Análisis de la Vivienda Rural en la Sierra del Perú**

Se desarrolla en base a seis características principales:

#### **4.4.1.1.- Volumétricas**

Los volúmenes de las viviendas se caracterizan por ser muy cerrados con pocos vanos, esto se debe a una necesidad de protección de las inclemencias del clima por encontrarse en lugares abiertos del campo.

Los techos son inclinados a dos aguas generalmente y su función es discurrir el agua de las lluvias.

#### **4.4.1.2.- Materiales**

Los materiales más usados son el adobe en los muros y tejas en los techos; se usa madera generalmente en los tijerales y entrepisos, así como también en puertas y ventanas.

#### **4.4.1.3.- Constructivas**

Se usa un cimiento corrido de piedras asentadas con barro, sobre el cual se apoya un muro portante de adobe de 40 cm. De espesor, este muro no tiene mochetas y a veces llega a medir hasta 2 pisos de alto. Por lo general, la cobertura, entrepiso y dinteles, son de madera rolliza.

#### **4.4.1.4.- Distribución**

Generalmente en la vivienda rural podemos encontrar los siguientes ambientes: Ambiente de cocina-comedor , ambiente de dormir , patio central (espacio principal de la vivienda, ambiente de almacén , corral ,huerto, y campo de cultivo ( junto a la vivienda o en áreas aledañas a esta).

#### **4.4.1.5.- Almacenamiento de Cosecha**

Existen problemas de almacenamiento de las cosechas debido a la falta o deficiente construcción de los almacenes que ocasionan pérdidas del 35%, la cosecha es almacenada con varios fines, siendo los más importantes para semilla, consumo doméstico y venta.

El almacén es por lo general un cuarto oscuro de adobe que se encuentra en la casa del propio agricultor o cerca de ella.

#### **4.4.1.6.- Servicios**

Por encontrarse estas viviendas algo alejadas de zonas urbanas, sus servicios son deficientes ya que carecen de luz, agua potable y sistemas de desagüe, utilizan los riachuelos para abastecerse de agua y el campo para realizar sus necesidades fisiológicas.

#### **4.4.2.- Propuestas para la Vivienda Rural en la Sierra del Perú**

##### **Volumétricas**

En la vivienda rural se debe buscar el aislamiento térmico del exterior, para esto se necesita una volumétrica con pequeños vanos.

La orientación y ubicación de la vivienda será la que nos permita captar la mayor radiación solar durante el día y proteja del frío de la noche.

Otra factor a tomar en cuenta es la tipología propia de las viviendas rurales, la cual se caracteriza por tener un patio central, el cual nos servirá para que la mayores aberturas de los ambientes se den al interior de la casa, disponiendo el mínimo número de aberturas hacia el exterior.

Por otro lado en climas muy fríos y secos, una planta cerrada y compacta nos brindará protección contra la acción del viento, evitando las pérdidas de calor interno en la vivienda.

##### **Materiales**

Los materiales que se adaptan mejor a estas viviendas son el adobe y el eucalipto ya que se sabe que son buenos aislantes térmicos y se encuentran a la mano; una combinación de estos podría usarse para mejorar la calidad de las casas, por lo que se propone un primer piso de adobe para seguridad contra robos y un segundo piso totalmente de madera por su seguridad contra sismos.

##### **Constructivas**

Podemos aprovechar los sistemas constructivos de estas zonas alto andinas: como el cimientado corrido de piedras unidas con barro, sobre el cual se apoya un muro portante de adobe de 40cm de espesor, la altura de dicho muro no excederá de un piso y se seguirán los criterios que le den mayor estabilidad sísmica, por ejemplo el uso de refuerzos verticales como las mochetas u horizontales como la viga collarín, además, el uso de vanos pequeños.

El segundo piso se realizará con madera de eucalipto por su resistencia sísmica y menor peso que el adobe, ya sea en muros, vigas, columnas, techos, tijerales, entrepiso, pudiendo tener vanos de gran longitud pero previstos de un sistema de aislamiento térmico.

El eucalipto nos servirá también para usarlo en pisos, muebles, puertas, ventanas, falso cielo y otros acabados.

##### **Distribución**

Manteniendo la tipología de patio central de estas viviendas, se propone que los diferentes ambientes encierren a dicho espacio.

Los dormitorios se ubicarán en el segundo nivel por ser más abrigado.

La cocina será aprovechada para calentar los ambientes, en especial los dormitorios, tratando de que la chimenea y el horno estén junto a estos.

El muro del corral será aprovechado para el cerramiento del patio central.

##### **Almacenamiento de Cosechas**

El almacén de granos estará en el segundo nivel para protegerlo de los roedores.

En el primer nivel se ubicará el depósito de herramientas agrícolas, así como, el almacén de tubérculos, con trojes y kawitos ( tarimas) para proteger dichos productos.

### **Servicios**

Respecto a los servicios básicos de estas viviendas consideraremos la construcción de un silo sanitario y una ducha ubicados fuera de ellas.

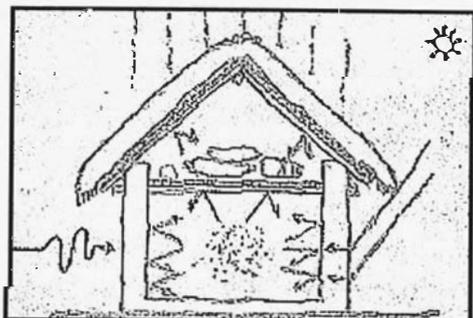


Figura 82.- Vivienda en la Sierra

- Paredes gruesas de adobe que conservan la temperatura y humedad interna
- Pequeñas y pocas ventanas para impedir el ingreso de vientos fríos
- Aislamiento térmico del techo mediante una cámara de aire que sirve de despensa
- Las paredes gruesas conservan la radiación solar del día para la noche

### **4.4.3.- Análisis de la Vivienda Rural en la Selva del Perú**

#### **4.4.3.1.- Volumetría**

La forma de la casa es rectangular, con techos de dos aguas. En los dos extremos del techo tienen dos parapetos cubiertos para proteger la casa de la lluvia.

La diferencia de niveles del río entre la creciente y vaciante, hace que la vivienda se encuentre sobreelevada, separada del suelo.

#### **4.4.3.2.- Materiales**

Los materiales que se adaptan mejor a las viviendas son la madera y la caña. Además usan hojas de palma en el techo.

La madera pierde sus características estructurales al ser atacada por los insectos además es un material inflamable.

#### **4.4.3.3.- Constructivas**

La madera rolliza, la cual es la corteza en su forma original. La utilizan en la estructura principal de las paredes y techos. También la utilizan en los pisos. La madera que sale de los aserraderos la utilizan en pisos y en la estructura principal de las paredes.

En algunos casos utilizan los dos tipos de presentación de la madera y como complemento adicional usan la caña.

#### **4.4.3.4.- Distribución**

Podemos encontrar los siguientes ambientes: Sala de uso múltiple ( SUM) , de día es un lugar de trabajo y de noche se convierte en un lugar para dormir .

La cocina y los servicios que se encuentran dentro de la vivienda.

En el segundo nivel se encuentra el depósito para proteger las cosas y puede ser utilizado también como una expansión del área de dormir.

#### 4.4.4.- Propuesta para la vivienda rural en la selva del Perú

La forma que adoptan las edificaciones, nos permite controlar los efectos de la temperatura, radiación solar, humedad y ventilación en los espacios interiores, produciendo cierto grado de aislamiento, de acuerdo con las características climáticas del lugar.

En climas cálidos debemos desarrollar una planta lineal y abierta, para aprovechar al máximo la acción de los vientos y refrescar la temperatura interior alta, además se liberaría el exceso de humedad ambiental.

Es recomendable poner la edificación en la parte más alta del terreno porque la expone más a los vientos, liberando el exceso de humedad y contrarrestando las temperaturas altas.

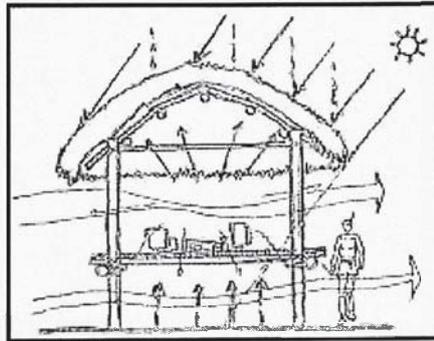


Figura 83.- Vivienda en la Selva

- El techo sirve principalmente para la protección de los rayos solares
- La falta de paredes o existencia de elementos muy livianos, permite una buena ventilación a nivel de las personas
- La separación del suelo aísla de la humedad a la vivienda y logra ventilación en la parte baja
- Los techos altos permiten expansión de las radiaciones corporales

## **4.5.- OTRAS APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR**

### **4.5.1.- Celdas Solares Fotovoltaicas**

La celda solar es un dispositivo semiconductor que transforma la radiación solar incidente en energía eléctrica. El proceso por el cual se produce esta transformación, se puede simplificar del siguiente modo: al incidir sobre la Celda Solar, uno de los fotones de la radiación solar, este es absorbido por el material, liberando un electrón de él. El electrón liberado es captado por los contactos eléctricos dispuestos sobre la Celda, produciendo una corriente y regresando nuevamente a la Celda.

Por tanto a mayor radiación solar, mayor número de electrones liberados y mayor corriente generada. Manteniéndose el proceso siempre y cuando exista luz.

La corriente máxima que pueda generar la Celda solar va producirse, siempre y cuando tengamos también radiación máxima.

La electricidad solar generada por los módulos fotovoltaicos se puede usar, en general, para cualquier requerimiento eléctrico, sin embargo hay aplicaciones inapropiadas.

### **4.5.2.- La Terma Solar**

Existen diversas posibilidades de calentar agua con energía solar, no obstante, el método más eficiente y más simple de producir agua caliente con radiación solar es mediante la terma solar convencional, la cual está compuesta de un colector solar que cumple específicamente la función de calentar el agua y un tanque de almacenamiento (aislado) que va a permitir mantener el agua caliente y de donde se distribuye por toda la casa de manera automática. El rendimiento de una terma solar se especifica por el valor que asume su eficiencia global (relación de la energía térmica ganada en referencia a la energía solar recibida).

La eficiencia de la terma solar nos brinda información de la energía térmica ganada por la terma y por ende de la temperatura final del agua, si es que conocemos la energía solar incidente al dispositivo. El colector solar de la terma es la componente del sistema que tiene que captar la radiación solar.

### **4.5.3.- La Cocina Solar**

Se utilizan las cocinas solares, principalmente, para cocer comida y pasteurizar agua, aunque continuamente se desarrollan usos adicionales. Numerosos factores, incluyendo el acceso a los materiales, la disponibilidad de los carburantes de cocinas tradicionales, el clima, las preferencias en cuanto a la alimentación, factores culturales y capacidades técnicas, favorecen que las cocinas solares sean asequibles para las personas.

Con un conocimiento de los principios básicos de la energía solar y un acceso a materiales simples, como el cartón, el papel de aluminio y el cristal, se puede construir una cocina solar eficaz.

La luz solar, tanto directa como reflejada, entra en la caja solar a través de la parte superior de cristal o de plástico, calienta el interior siendo la energía absorbida por la plancha negra y de esta manera cocina lo que hay dentro de las ollas

La energía de la luz que es absorbida por las ollas negras y la plancha negra, debajo de las ollas se convierte en energía calorífica que tiene una mayor longitud de onda, e irradia desde el interior de los materiales. La mayoría de esta energía radiante, a causa de esta mayor longitud de onda, no puede atravesar el cristal y por consiguiente es atrapada en el interior del espacio cerrado. Cuando más directamente se encare el cristal al sol, mayor será la ganancia del calor solar; uno o múltiples reflectores hacen rebotar una luz solar adicional a través del cristal y dentro de la caja solar, produciendo temperaturas más altas en la cocina. El interior de la caja incluye materiales densos, cargados con calor, que irradiarán ese calor dentro de la caja, manteniéndola caliente durante un largo período de tiempo aunque el día se acabe.

Es importante que los materiales aislantes rodeen el interior de la cavidad donde se cocina de la caja solar por todos los lados excepto por el lado acristalado(normalmente el superior) y que permitan la mínima conducción de calor hacia los materiales estructurales del exterior de la caja para que las temperaturas de cocción en la parte interior , sean más altas.

La luz solar, tanto directa como reflejada, entra en la caja solar a través de la parte superior de cristal o de plástico, calienta el interior siendo la energía absorbida por la plancha negra y de esta manera cocina lo que hay dentro de las ollas

La energía de la luz que es absorbida por las ollas negras y la plancha negra, debajo de las ollas se convierte en energía calorífica que tiene una mayor longitud de onda, e irradia desde el interior de los materiales. La mayoría de esta energía radiante, a causa de esta mayor longitud de onda, no puede atravesar el cristal y por consiguiente es atrapada en el interior del espacio cerrado. Cuando más directamente se encare el cristal al sol, mayor será la ganancia del calor solar; uno o múltiples reflectores hacen rebotar una luz solar adicional a través del cristal y dentro de la caja solar, produciendo temperaturas más altas en la cocina. El interior de la caja incluye materiales densos, cargados con calor, que irradiarán ese calor dentro de la caja, manteniéndola caliente durante un largo período de tiempo aunque el día se acabe.

Es importante que los materiales aislantes rodeen el interior de la cavidad donde se cocina de la caja solar por todos los lados excepto por el lado acristalado (normalmente el superior) y que permitan la mínima conducción de calor hacia los materiales estructurales del exterior de la caja para que las temperaturas de cocción en la parte interior, sean más altas.

## **PARTE 5.- APLICACIONES**

### **5.1.- APLICACIONES EN EL PERU**

#### **HUANCAYO**

- Banco Agrario, calefacción ambiental del edificio, mediante colectores solares planos, circuito de agua y sistema de radiadores. Uso de ventanales de doble vidrio para aislamiento del exterior.
- Empresa de equipos Termo-solares : Calefacción de la piscina para un hostel; venta de calentadores de agua de uso doméstico

#### **AREQUIPA**

- Empresa de colectores solares planos, gran cantidad de calefacción de agua de uso doméstico.

Las primeras manifestaciones tecnológicas en materia de colectores solares planos para calentamiento de agua se encuentran en la ciudad de Arequipa en donde desde hace aproximadamente 70 años se construyen calentadores solares de 300 litros de capacidad con colectores de 6m<sup>2</sup> de superficie. Esta actividad ha permanecido por muchos años en manos de artesanos y en algunos casos fueron construidos también en talleres suficientemente equipados. Hoy mismo es posible encontrar pequeños talleres capaces de construir aquellos calentadores.

- Proyectos de secado solar para productos agrícolas.

#### **AYACUCHO**

- Equipos artesanales: cocinas, secadores de frutas y tubérculos.

#### **CUZCO:**

- Invernadero, semillero solar de uso múltiple.

En el distrito de Yaurisque, se ha construido y evaluado un "invernadero" de paredes de adobe y techo de plástico de polietileno estabilizado de 27.6 m<sup>2</sup> de área de base, con sistema de ventilación natural a través de ventanas y puertas, con un pequeño acumulador de calor ( poza de agua en la parte sur) que permite, por un lado ganar calor y, de otro obtener agua temperada para el riego de los plántones y mantener cierta humedad relativa ambiental propicia para el mejor desarrollo de las plantas.

La insolación se regula mediante un cielo raso ubicado en la parte superior, debajo del techo; éste permite crear una capa aislante de aire estático (entre el cielo raso y el techo).

El sistema está orientado hacia el norte ( parte baja), se alcanza los mejores niveles térmicos recogiendo el cielo raso durante las horas de insolación, para extenderlo a la puesta del sol.

#### **ICA :**

- Sistema empírico de calentamiento de agua en una casa-hacienda.

## **LIMA**

- Empresa ETERNIT, sistema económico de colectores de fibrocemento con aislante de paja y suelo estabilizado.
- Facultad de ciencias UNI ,Investigación y Desarrollo Tecnológico para el aprovechamiento de energía solar.
- Estudios de acondicionamiento térmico para viviendas en la zona andina del Perú con sistemas solares pasivos, la captación solar directa, los muros acumuladores y los invernaderos.
- Centro de energías renovables UNI, tecnología artesanal para el secado de productos agrícolas.

Los dispositivos artesanales para el secado solar se caracterizan por ser contruidos con herramientas relativamente simples, en pequeños talleres y sin necesidad de dirección técnica profesional, los secadores artesanales, por lo general son de bajo costo y no poseen sistemas de control del proceso de secado; en ellos se trata de aprovechar al máximo el aire y la radiación solar disponibles en el lugar donde son usados.

Los secadores artesanales son a veces la única alternativa con posibilidades de ser usado rentablemente, generalmente, son útiles cuando el tiempo de secado deseado no es muy corto. Otra restricción surge cuando la cantidad de producto a secar es grande, pues el aprovechamiento del aire o la radiación solar requiere disponer de volúmenes o áreas suficientes.

-Desarrollo tecnológico de colectores solares planos para calentamiento de agua.

En los últimos 20 años se han obtenido resultados más importantes para lo cual ha sido necesario :

- a) Adoptar y crear formas y geometrías en función de requerimientos y disposiciones locales.
- b) Usar principios científicos y procedimientos técnicos producto del estudio y análisis de la información nacional e internacional existente.
- c) Experimentar equipos modulares probando materiales, diseños y formas, integrando el colector a un tanque de almacenamiento de agua para formar un calentador solar.
- d) Generar tecnología adecuada a los requerimientos dados.
- e) Difundir el conocimiento a través de publicaciones, eventos, programas de enseñanza, etc.
- f) Transferir la tecnología al sector de usuarios interesados.

## **TACNA**

-Propuesta del uso de colectores solares en el campamento minero de Cuajone

## **CAJAMARCA**

-Terma solar rústica, que consta de un colector y su tanque de almacenamiento. Trabaja a través del sistema natural de termosifón.

Las termas solares rústicas, por ser de plásticos deben ser instaladas con sumo cuidado, pues tienen zonas sumamente frágiles.

Estas termas son totalmente autoconstructivas, económicas, eficientes y fáciles de instalar sobre cualquier techo campestre. Sin embargo se debe conservar siempre el nivel de agua para mantener el circuito cerrado de termosifón, pues de lo contrario el calor producido en el colector produciría deformaciones y rajaduras en la parrilla plástica.

### **5.1.1.- PUNO- El proyecto de Taquile**

Para evaluar en el terreno la factibilidad técnica, económica y social de la tecnología fotovoltaica, el Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería, CER-UNI, con la financiación del Proyecto para Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas, PAE/MEM, inició en 1996 un proyecto piloto de electrificación fotovoltaica rural. Este proyecto se desarrolló en la comunidad insular de Taquile en el lago Titicaca, con la instalación de 100 Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios, SFD, en 1996. En 1998 se instalaron otros 72 SFD en Taquile y en las islas vecinas de Uros y Soto.

Consideramos hoy que se ha demostrado con este proyecto piloto la conveniencia de usar sistemas fotovoltaicos para la electrificación de regiones rurales remotas.

Existe hoy en día una tecnología fotovoltaica madura, todavía no muy difundida en el Perú, que permite satisfacer las necesidades básicas de electricidad de la población rural, que son mayormente para fines de iluminación y de telecomunicaciones (teléfono, TV, radio).

La tecnología fotovoltaica es fácilmente aceptada por la población rural y, donde es conocida, es considerada útil y es deseada.

Los gastos para iluminación (velas, kerosene para mecheros y lámparas de gas) y pilas y baterías para radios y TV son para una amplia parte de la población rural mayores que el costo de la electricidad fotovoltaica que suministraría un mejor servicio.

La experiencia de Taquile y de otros lugares ha demostrado que no es conveniente instalar sistemas fotovoltaicos centralizados para una electrificación rural básica domiciliaria, sino se debe instalar en cada casa un Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD) en forma individual e independiente.

El usuario debe desear adquirir un SFD. Para esto es necesario que el conozca previamente los SFD, sus beneficios y costos.

Salvo casos excepcionales, la mayoría de la población rural del Perú no tiene la capacidad económica de pagar un SFD al contado, sino requiere una financiación que le permite adquirir su SFD con pagos a su alcance. Al respecto hay que anotar que la electrificación rural tradicional, con extensión de redes, es íntegramente financiado por el Gobierno,

Es posible hacer una electrificación rural básica en regiones remotas del Perú dentro del esquema de la economía de mercado, vigente en el Perú, donde el usuario debe pagar el servicio que está recibiendo.

## Puno

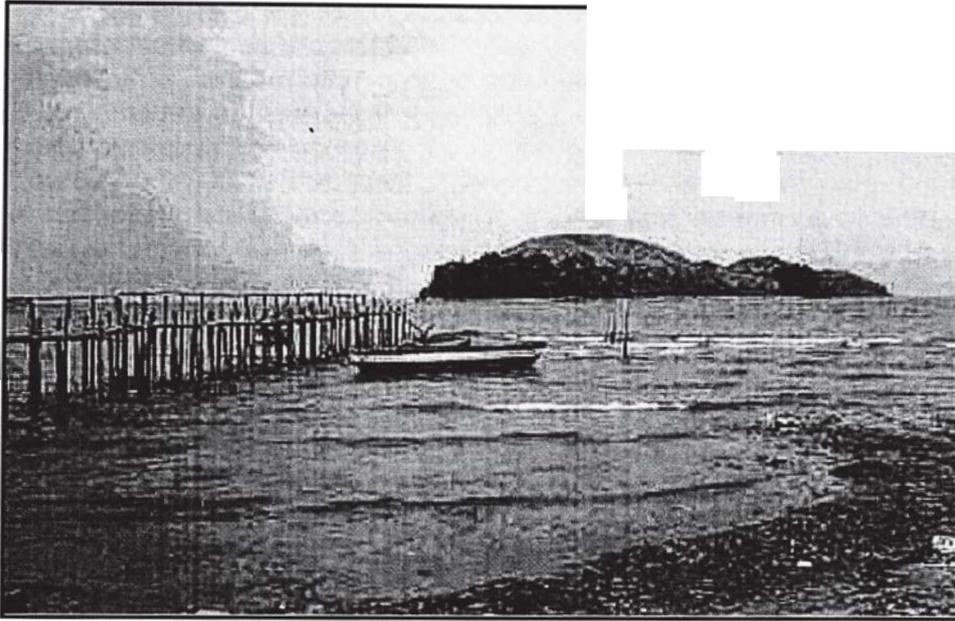


Figura 84.- Energía solar para el Hotel Suasi, el primer hotel ecológico del Perú

### **5.1.1.1.- Resumen**

Se presenta el diseño del equipamiento solar del Hotel Suasi, recientemente construido en la isla Suasi en el lago Titicaca, el primer hotel verdaderamente ecológico del Perú: no solamente se ha considerado y respetado las características del medio ambiente para el diseño y construcción del hotel, sino prácticamente toda la demanda energética del hotel está cubierta por la energía solar.

Por un lado, la demanda de electricidad del hotel (para iluminación, TV, computación, refrigeración, etc.) está cubierta por un panel fotovoltaico de 1500 W<sub>p</sub>. Un segundo panel fotovoltaico de 1100 W<sub>p</sub> suministra la energía eléctrica para bombear 10 m<sup>3</sup>/día de agua desde un pozo en la orilla de la isla hasta una cisterna a 54 m encima del nivel del lago.

Por otro lado, para suministrar el agua caliente requerido en el hotel, se ha instalado 12 m<sup>2</sup> de colectores térmicos solares, conectados a 3 termas de 300 l, cada una, a través de intercambiadores de calor (con líquido anticongelante, debido a las heladas existentes en el lugar).

Para la cocción de los alimentos se usa mayormente tres cocinas solares, tipo concentradores parabólicos. En combinación con las cocinas solares está previsto evaluar un prototipo de "refrigeradora solar", usando el sistema de adsorción agua - zeolita.

### **5.1.1.2.- Presentación y consideraciones generales**

En la isla Suasi del lago Titicaca (extensión de la isla: 47 ha; propiedad privada; 15 ° sur, 3800 m s.n.m.) se ha inaugurada recientemente un hotel con miras a promover un turismo ecológico. Es el primer hotel del Perú que es verdaderamente ecológico: se encuentra en una zona ecológica privada que apunta a relevar las características del altiplano y del lago Titicaca y

no solamente se ha considerado y respetado las características del medio ambiente para el diseño y construcción del hotel, sino prácticamente toda la demanda energética del hotel está cubierta por la energía solar.

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica del hotel se consideró originalmente una conexión a la red eléctrica (la isla se encuentra aproximadamente a 600 - 800 m de la orilla Este del lago), sin embargo posteriormente se consideró una generación local con paneles fotovoltaicos, en armonía con el enfoque ecológico del hotel (por este mismo motivo se excluyó la posibilidad de una generación local con un grupo electrógeno).

En octubre 1998 se concluyó la construcción de la primera parte del hotel (8 habitaciones y áreas comunes), la que ya está en funcionamiento, y se inició la construcción de la segunda parte. El hotel se encuentra a unos 33 m sobre el nivel del lago. Su eje principal está orientado Este - Oeste y todas las habitaciones miran sobre el lago y hacia el Norte. Toda la parte del equipamiento solar está instalada (por las empresas INTILUZ y SUNRISE ENERGY) y en funcionamiento.

En el hotel se aplican los estudios tecnológicos que permiten el uso de la energía solar para suministrar electricidad para el hotel, incluyendo para el bombeo de agua, y para suministrar calor para la cocción de alimentos y para disponer de agua caliente.

#### **5.1.1.3.- Demanda de energía eléctrica (sin bombeo de agua)**

Para el cálculo de la demanda de energía eléctrica se ha considerado:

- Todo el personal del hotel así como sus huéspedes deben ser conscientes de que se debe evitar al máximo cualquier uso innecesario de electricidad.
- El congelador y la refrigeradora, cada uno de 300 litros, deben ser de alta eficiencia energética, con un consumo máximo de 800 Wh / día (para Temp = 15 °C).
- Todas las luminarias deben ser fluorescentes ahorradores de energía, con balasto electrónico y con una eficiencia luminosa superior a 50 Lumen/Watt. En el exterior y en los pasadizos se ha previsto la instalación de fluorescentes con sensores de movimiento para reducir el consumo eléctrico (las lámparas solamente se prenden por unos pocos minutos cada vez que transita una persona).
- Los tomacorrientes en las habitaciones son solamente para pequeñas cargas, como máquina de afeitar ó cargador de baterías para video-cameras. No se podría permitir el uso de secadores de cabello o planchas (puede haber un único secador de cabello en el hotel).

#### **5.1.1.4.- Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica (sin Bombeo de agua)**

##### **El recurso energético**

A pesar de que no existen datos sobre la radiación solar en la isla Suasi, se puede considerar con muy buena aproximación los datos obtenidos en algunos lugares alrededor del lago Titicaca .

La irradiación solar global en Suasi, sobre superficie horizontal (promedios mensuales), en kWh/m<sup>2</sup>día (extrapolación de mediciones realizadas en la cercanía), es:

| Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 5,1   | 5,7     | 5,4   | 5,8   | 5,7  | 5,5   | 5,5   | 6,5    | 6,7        | 7,2     | 6,7       | 6,3       |

Tabla 9.- La irradiación solar global sobre superficie horizontal en kWh/m<sup>2</sup>día

El promedio anual de la irradiación solar es 6,0 kWh/m<sup>2</sup>día.

Por lo tanto, existe un nivel de energía solar muy alto y bastante constante durante todo el año, apropiado para su uso en sistemas solares. También hay que considerar que la baja temperatura ambiental (promedios mensuales: 6 -10 °C) resulta en una alta eficiencia de los paneles fotovoltaicos.

#### Dimensionamiento del sistema Fotovoltaico

Para el diseño del sistema fotovoltaico se tomó en consideración:

- El hotel está proyectado como un "hotel ecológico". Sin embargo, no se puede saber hasta que punto una "conciencia ecológica" del personal y de los huéspedes del hotel contribuirá a un uso mínimo de energía. Por lo tanto, es conveniente hacer un diseño modular, que permita posteriormente una ampliación si fuera necesario. Para satisfacer demandas no previstas, como para poder responder a eventuales fallas del sistema (rayos!), conviene incluir un sistema de suministro eléctrico de emergencia por un grupo electrógeno ("back-up").
- Al momento de planificar la instalación fotovoltaica, una parte del hotel ya estaba construida, incluyendo su instalación eléctrica que fue diseñada para 220 V AC. Esta instalación está dividida en 5 circuitos correspondientes a diferentes partes del hotel.

En base a lo anterior se propuso un sistema inicialmente híbrido, solar - Diesel, con:

- una instalación mayormente de 220 VAC .
- una instalación de 24 V DC para la refrigeradora y congeladora (de "tipo solar", con una alimentación directa de 24 VDC; esto reduce también la potencia requerida del inversor.
- una instalación de luces de emergencia a 24 VDC.
- 2 inversores 24 VDC / 220 VAC, tipo inversor / cargador, con una potencia total de 4000 W (dos inversores, para aumentar la confiabilidad del sistema).
- un banco de baterías a 24 V que brinde al sistema una autonomía mínima de 3 días. Esto significa se requiere poder disponer de 9 kWh x 3 = 27 kWh. Usando "baterías solares" abiertas de 150 Ah, que permiten usar una carga útil de 50%, es decir 75 Ah, se puede almacenar en cada batería 75 Ah x 12 V = 900 Wh. Para 27 kWh se requiere entonces 27 / 0.9 = 30 baterías de 150 Ah.
- un grupo electrógeno de 5 kWh que sirva como "back-up" para cargar las baterías en caso necesario. Esto duraría 1-3

horas por día, y se realizaría en un horario apropiado, para afectar al mínimo a los huéspedes.

Usando el programa de computo PVS /2/ se ha realizado simulaciones para diferentes posibles configuraciones del sistema (variando el tamaño del panel fotovoltaico y del banco de baterías y la inclinación de los paneles). En particular, se simuló un sistema de 2250 W<sub>p</sub> y otro de 1500 W<sub>p</sub> :

- Sistema 1:

30 paneles solares de 75 W (2250 W) y 30 baterías de 150 Ah, 12 V (2250 Ah a 24 V)

Este sistema satisface una demanda de 9 kWh/día con 96.7%. Solamente entre enero y marzo se requiere un pequeño complemento de 3,3% del grupo electrógeno, mientras que en los restantes meses existe un excedente de energía solar. El banco de baterías está mayormente cargado con más de 80%, lo que garantiza su larga vida.

- Sistema 2:

20 paneles solares de 75 W (1500 W) y 30 baterías de 150 Ah , 12 V (2250 Ah a 24 V).

Este sistema satisface una demanda diaria de 6 kWh con 96,5%. Solamente entre enero y marzo se requiere un pequeño complemento de 3,5% del grupo electrógeno, en total 121 kWh (durante los tres meses: menos de 1,4 kWh/día). Las baterías tienen en promedio un estado de carga algo menor que en el caso anterior, pero suficiente para una larga vida.

En el caso que la carga sería 9 kWh/día, 66,1% de esta carga provendría del sol, el resto tendría que ser suministrado por el grupo electrógeno (1 - 3 horas de funcionamiento diario).

Considerando que no se sabe cuál será el consumo real del hotel, y para no sobredimensionar innecesariamente el sistema (con el costo respectivo), se ha decidido implementar por ahora este sistema 2, y medir durante un año la carga adicional eventualmente requerida por el grupo electrógeno y después, en caso necesario, ampliar la potencia del sistema fotovoltaico.

El sistema instalado (en junio - agosto 1998) consiste de:

- 20 paneles solares de 75 W , conectados a 24 V
- 30 baterías de 150 Ah, 12 V (conectados a 24 V)
- 1 inversor de 2500 W (24 V DC/220 V AC)
- 1 inversor de 1500 W (24 V DC/220 V AC)
- 2 reguladores de carga de batería de 30 A c/u (con display LCD)
- 1 caja de distribución con interruptores electromagnéticos en todos circuitos y protectores contra descargas eléctricas.
- medidores de energía suministrada y de energía consumido (kWh), en los circuitos de 220 VAC como en los circuitos de 24 VDC.

#### **Ubicación de los equipos**

Detrás del hotel , el terreno (semi-árido) sigue subiendo hasta 56 m sobre el nivel del lago. Se ha ubicado el arreglo de paneles encima del techo de una caseta a unos 20 m detrás (y encima) del hotel (y paralelo al hotel), mirando hacia el norte, con una inclinación del techo de 15°. La caseta, de 3 x 6 m<sup>2</sup>, tiene dos ambientes para el banco de baterías y para los equipos electrónicos (controladores de carga, medidor eléctrico, inversor, caja de

distribución). En una caseta algo más alejado está ubicado el grupo electrógeno.

Importante es anotar que todos los equipos tienen puestas a tierra y que se ha instalado pararrayos para proteger todo el sistema. Hay un pararrayo encima de la caseta y un pararrayo sobre un poste independiente detrás y encima.

#### ***5.1.1.5.- Sistema de bombeo fotovoltaico de agua***

La demanda diaria de agua del hotel (habitaciones, baños, cocina, etc.) es estimada en 6 m<sup>3</sup>. Adicionalmente se requiere en la temporada seca (abril - octubre) diariamente 2 - 4 m<sup>3</sup> agua para los jardines. Para satisfacer esta demanda se puede usar el agua del lago, que es potable y de buena calidad. Sin embargo se requiere bombear el agua a la altura del hotel y de los jardines.

Para tal fin se ha construido en la playa, cerca a la orilla del lago, un pozo de 5,4 m de profundidad (debajo del nivel del lago) y de 1,5 m de diámetro, para que desde el lago se llene el pozo por filtración. En el pozo se ha colocado una bomba sumergible para bombear el agua a una cisterna de 24 m<sup>3</sup> en la cima atrás del hotel, a 54 m encima del lago y a una distancia de 198 m del pozo. Desde esta cisterna, donde el agua es también clorada, el agua es llevado por gravedad al hotel y los jardines.

Para satisfacer la demanda indicada de 6 m<sup>3</sup>/día para el hotel y adicionalmente 4 m<sup>3</sup>/día para los jardines durante los meses abril - octubre, se ha realizado simulaciones de bombeo para diferentes configuraciones de bomba y arreglos fotovoltaicos. La simulación usó el programa USPC /3/ y consideró una altura dinámica de bombeo de 60 m y los datos de radiación solar indicados anteriormente.

Para lograr una eficiencia máxima se eligió una bomba sumergible con motor trifásico (Grundfos 7S07-15; 230V, 60 Hz; 0,75 HP), con inversor de frecuencia variable y seguimiento de punto de máxima potencia (Aeroenvironment Inc., modelo USPC-2000). La inclinación de los paneles solares se fijó de tal manera que se optimizó el sistema para los meses de mayor sequía, lo que resultó en una inclinación de los paneles de 20° hacia el norte. El sistema elegido satisface, según la simulación, la demanda, tal como se indica en el siguiente gráfico, en el cual se presenta los valores mensuales de la radiación solar en el plano del panel fotovoltaico y el caudal de agua por día.

El arreglo de los paneles fotovoltaicos consiste de 22 paneles de 50 W<sub>p</sub> conectados en serie; y está ubicado a unos 60 m encima de la playa, donde hay un terreno apropiado, sin sombras durante todo el día y año. El arreglo de los paneles solares como el inversor están puesto a tierra.

Primeras medidas realizadas con el sistema recién instalado (agosto 1998) han dado flujos de agua, a pleno sol, de 25 - 30 litros / minuto, en acuerdo con lo que se obtiene con la simulación.

#### ***5.1.1.6.- Sistema de termas solares para agua caliente***

Considerando que el lavado de ropa no se realiza en el hotel sino en la comunidad campesina en la orilla frente a Suasi, la demanda de agua caliente se limita básicamente a los baños de las habitaciones y a la cocina. Se consideró 30 litros de agua caliente por persona por día. Para 30 personas, la capacidad del hotel Suasi, se requirió por lo tanto termas solares con una capacidad total de 900 litros por día. Esto requiere un mínimo de 12 m<sup>2</sup> de colectores solares. Las termas solares deben ser apropiadas para un clima con temperaturas debajo de cero Celsius. Por lo tanto, no debe circular agua en los colectores solares sino un líquido que

no se congela hasta  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, se instaló 3 termas solares de 300 litros y  $4\text{ m}^2$  de colector cada una y con líquido anticongelante en el circuito de los colectores solares y con intercambiadores de calor (marca Solahart).

Estas termas fueron ubicadas detrás del hotel, al costado del arreglo fotovoltaico. Los colectores solares tienen una inclinación de 15 grados hacia el norte. Corresponden 2 termas a la parte del hotel ya construido y una terma para la parte por construirse. Todas las conexiones de agua caliente están bien aisladas térmicamente. Las 3 termas solares son interconectadas para poder derivar el agua caliente hacia donde se requiera.

#### **5.1.1.7.- Cocinas Solares**

Para la cocción de los alimentos se usa mayormente tres cocinas solares, modelo SK14 de EG-Solar (también hay fogones, usando leña). Estas cocinas son diseminadas por la ONG EG-Solar de Alemania, que tiene en Lima un taller donde las fabrica. Las cocinas son de tipo concentrador parabólico con un diámetro de 1,3 m, con una estructura de fierro de construcción y láminas de aluminio de alta reflectancia. La distancia focal es corta, de 28 cm. Por ello se necesita poner el espejo parabólico en dirección al sol solamente cada 15 o 25 minutos, lo cual se realiza con simples manipulaciones.

La potencia de cada cocina es de aproximadamente 0,6 kWh. Esto permite, con una buena irradiación solar, hervir 3 litros de agua en aproximadamente 30 minutos.

#### **5.1.1.8.- Refrigeradora Solar**

En combinación con las cocinas solares está previsto evaluar un prototipo de "refrigeradora solar", de tipo intermitente, que usa la absorción de agua en zeolita, y que fue desarrollada por EG - Solar de Alemania: la refrigeración se produce al evaporar agua a baja presión (obtenida con una bomba manual de vacío), siendo el vapor de agua adsorbido por el mineral higroscópico zeolita. Posteriormente el envase metálico con la zeolita (2,5 kg) es colocado en el foco del concentrador de la cocina solar para regenerar (secador) la zeolita con energía solar. Se prevé que una carga de zeolita seca permite tener en la refrigeradora temperaturas entre  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.

#### **5.1.1.9.- Perspectivas y conclusión**

La siguiente fase del proyecto prevé evaluar el rendimiento de los diferentes componentes del sistema solar durante un período largo. Para esto se llevará un protocolo diario, midiendo, en particular, el consumo diario de energía eléctrica y de agua, frío y caliente. También está previsto instalar una estación meteorológica automática, midiendo y registrando valores horarios de la temperatura ambiente, velocidad de viento, humedad relativa del aire y irradiación solar (radiación global sobre superficie horizontal). Por otro lado se realizará un estudio económico del proyecto, en particular se determinará el costo de la energía (térmica y eléctrica) producida y de la fracción solar.

En la medida que se cumplen los objetivos y expectativas de este proyecto y se demuestra la viabilidad económica de este primer hotel ecológico "solar" del Perú, podemos prever la creación de muchos más hoteles ecológicos similares en otras partes del país.

## **5.2.- RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO SOLAR**

- La ubicación, forma, orientación, topografía y vegetación deben considerarse al momento de diseñar una vivienda bioclimática, pues los elementos del clima (temperatura, viento, precipitación, etc.) , inciden de manera crucial en el confort térmico de la vivienda.
- Al plantear una casa bioclimática y/o ecológica, usaremos materiales y sistemas constructivos adecuados, por lo tanto la supervisión profesional debe tomarse en cuenta.
- Verificar que no existan en sus cercanías: Líneas de alta tensión, transformadores sectoriales, industrias contaminantes, vías férreas, carreteras o aeropuertos ruidosos.
- El terreno debe tener buen entorno , paisaje y una vegetación adecuada.
- Buena orientación, que permite una cuidadosa observación del asoleamiento y posibles barreras solares ya sean topográficas, edilicias o vegetales.
- Respecto a la topografía y tipo de suelo, debemos observar que sus desniveles, no distorsionen la idea que tenemos de lo que será nuestra casa y su relación con el propio terreno, así mismo de nuestro presupuesto, ya que los movimientos de tierra y tipo de cimentación necesaria en estos casos pueden resultar costosos, pues hay casos que por su composición y características requieren fundamentos especiales.
- Conocer las reglamentaciones del terreno donde se desea edificar la casa solar.

▪

### **5.2.1.- RECOMENDACIONES PARA ZONAS CALIDAS**

En zonas cálidas se debe disminuir la temperatura interior de las construcciones, afin de que sea menor que la exterior. Para lograrlo, se presentan las opciones siguientes:

- a) Emplear colores claros con bajo coeficiente de absorción.
- b) Tener espacios orientados hacia el norte y/o protegidos del sol poniente y del sur.
- c) Cubrir dichos espacios abiertos por medio de enramadas, pérgolas, aleros, techumbres o detalles constructivos, o arremeter estos espacios abiertos.
- d) Permitir el paso continuo de brisas y vientos con el uso de persianas movibles, que se pueden controlar manualmente. Los espacios abiertos se deben orientar de forma adecuada para permitir la ventilación cruzada.

- e) Aislar techos paredes para impedir que la radiación térmica se almacene en ellos, porque permiten el paso directo de la radiación térmica.
- f) Diseñar espacios abiertos elevados hacia el exterior, debidamente protegidos de la radiación térmica, para facilitar la reunión de personas en un ambiente fresco en las horas de atardecer.
- g) Localizar en diferentes partes superiores la construcción de chimeneas de efecto Venturi, para forzar el aire caliente hacia fuera.
- h) Diseñar aberturas en la parte inferior de los muros ( con cámaras de aire interior) para permitir la entrada de aire fresco hacia el interior.
- i) Diseñar espacios altos para aumentar la masa de aire del interior.
- j) Plantar árboles frondosos, palmeras y enredaderas, para crear sombras y proteger los costados de la construcción que tenga orientaciones sur y poniente, asimismo, dejar espacios verdes en jardines y parques, para impedir la radiación indirecta.

### **5.2.2.- RECOMENDACIONES PARA ZONAS FRIAS**

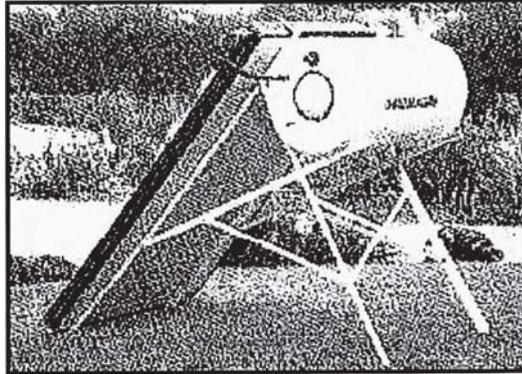
En zonas frías se sugiere lo siguiente:

- a) Emplear colores oscuros, con altos coeficientes de absorción de la radiación.
- b) Diseñar espacios con aberturas orientadas hacia el mediodía.
- c) Aprovechar y almacenar la energía solar por medio de invernaderos, tragaluces, domos, aberturas especiales, etc.
- d) Usar materiales con grandes masas térmicas.
- e) Colocar invernaderos en tinacos pequeños para calentar el agua.
- f) Usar una chimenea con leña o carbón para calentar la casa en los días más fríos.
- g) Emplear el sistema de doble vidrio y dejar varios centímetros entre cada vidrio, para impedir que salga el calor.
- h) Usar contraventanas, para impedir que el calor salga en la noche.
- i) Utilizar techos inclinados, más bajos en la zona de ventanas y más altos en las áreas de muros, para forzar el calor hacia el interior.
- j) Emplear tejidos y lanas pesados como protección interior de las aberturas.
- k) Plantear árboles de hoja caduca que permitan pasar la radiación de invierno.

## 5.3.- INSTALACIONES Y DETALLES DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

### 5.3.1.- Para Climas Fríos

Figura 85.- Colector Solar



*DETALLE DE INSTALACIÓN*

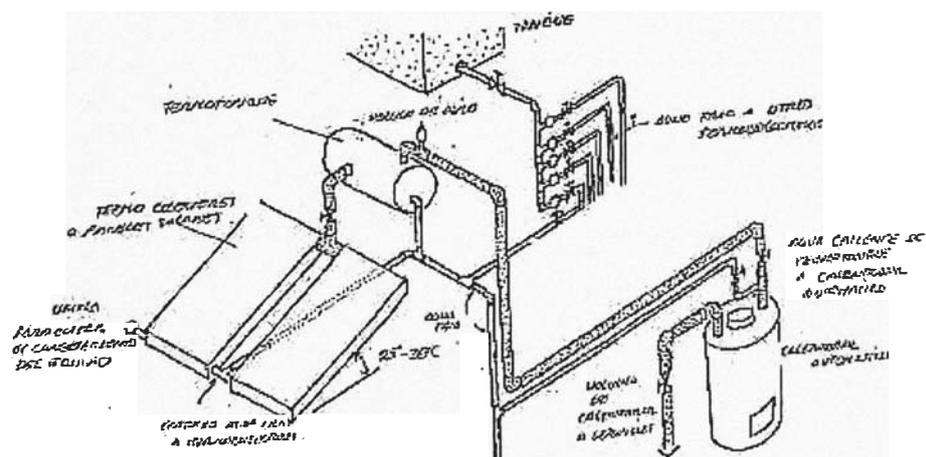
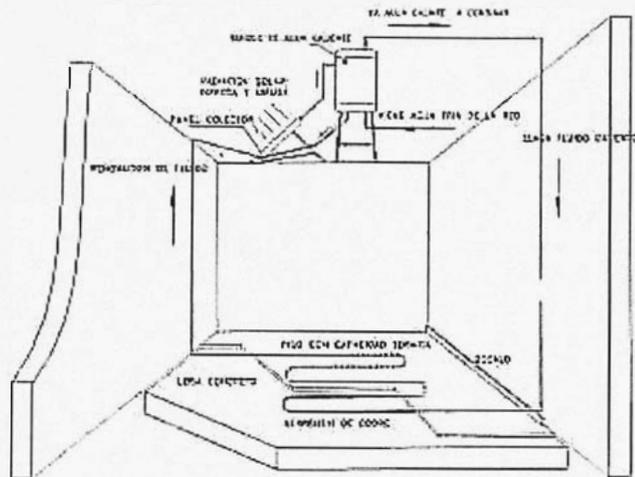


Figura 86.- Instalación del colector en una Vivienda

## COLECTOR SOLAR EN DORMITORIOS Y ESTAR



## DETALLE DE LOSA EN DORMITORIOS Y ESTAR

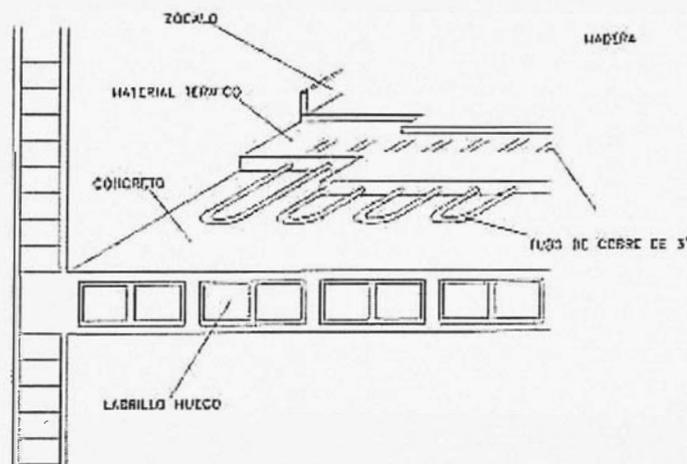


Figura 87.- Colector Solar en Dormitorio y Estar

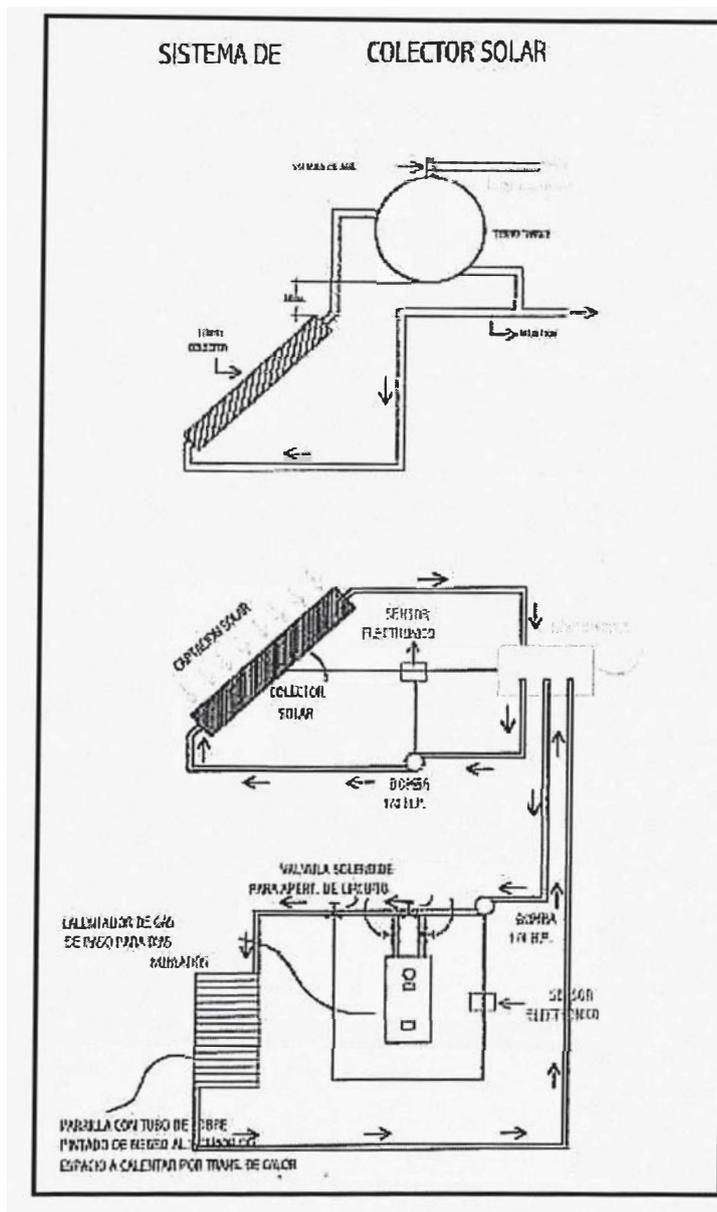


Figura 88.- Sistema de Colector Solar

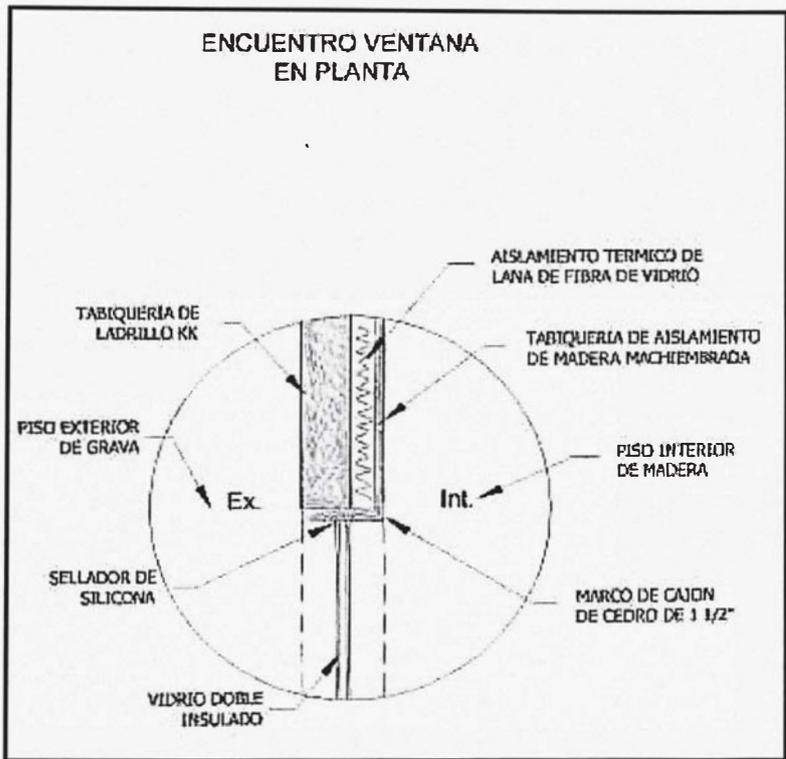


Figura 89.-  
Encuentro de  
ventana en  
Planta

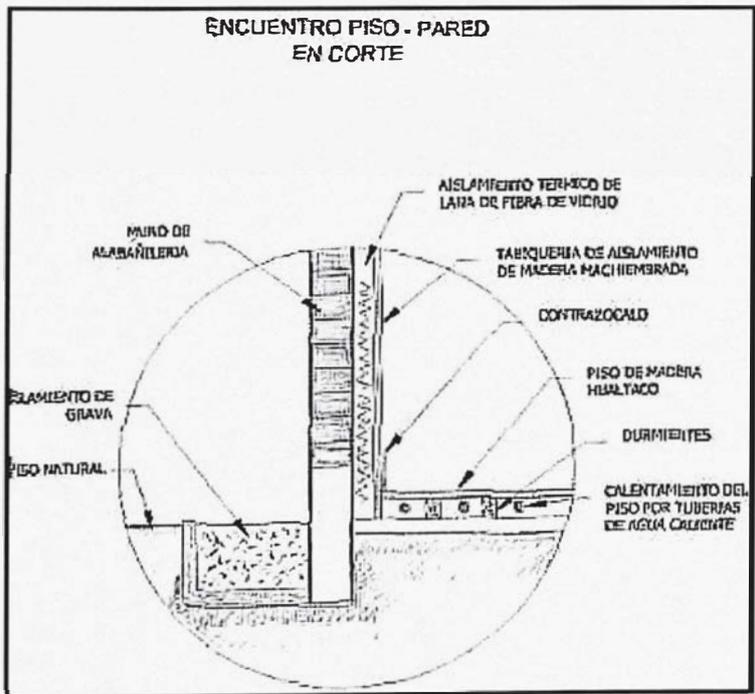


Figura 90.-  
Encuentro Piso-  
pared

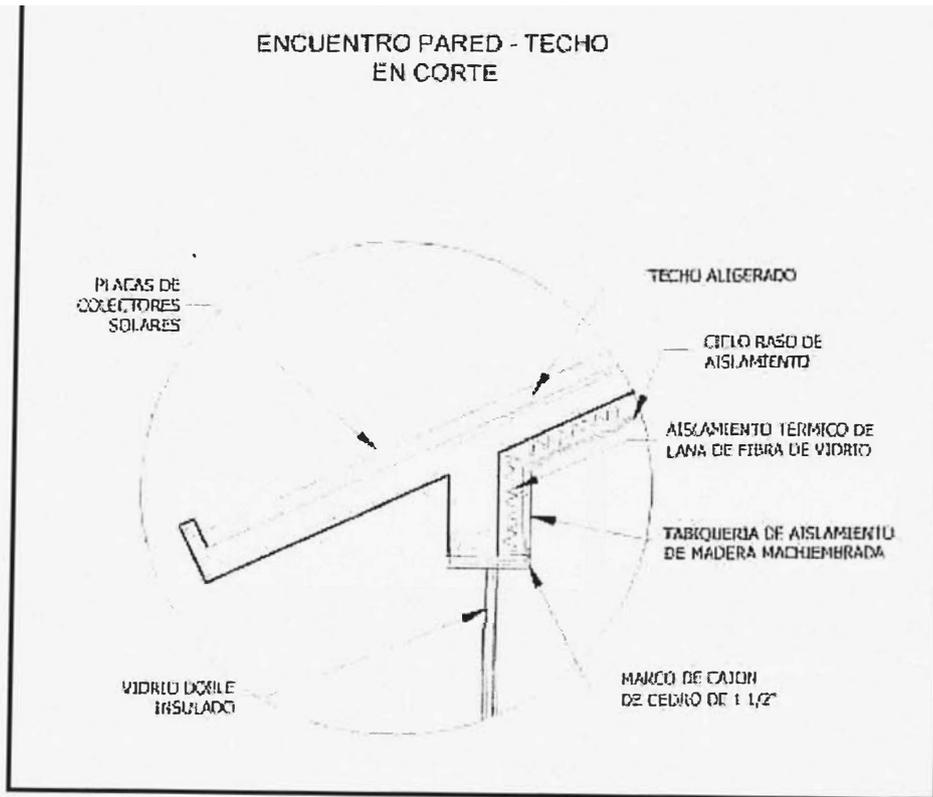


Figura 91.- Encuentro pared techo en corte

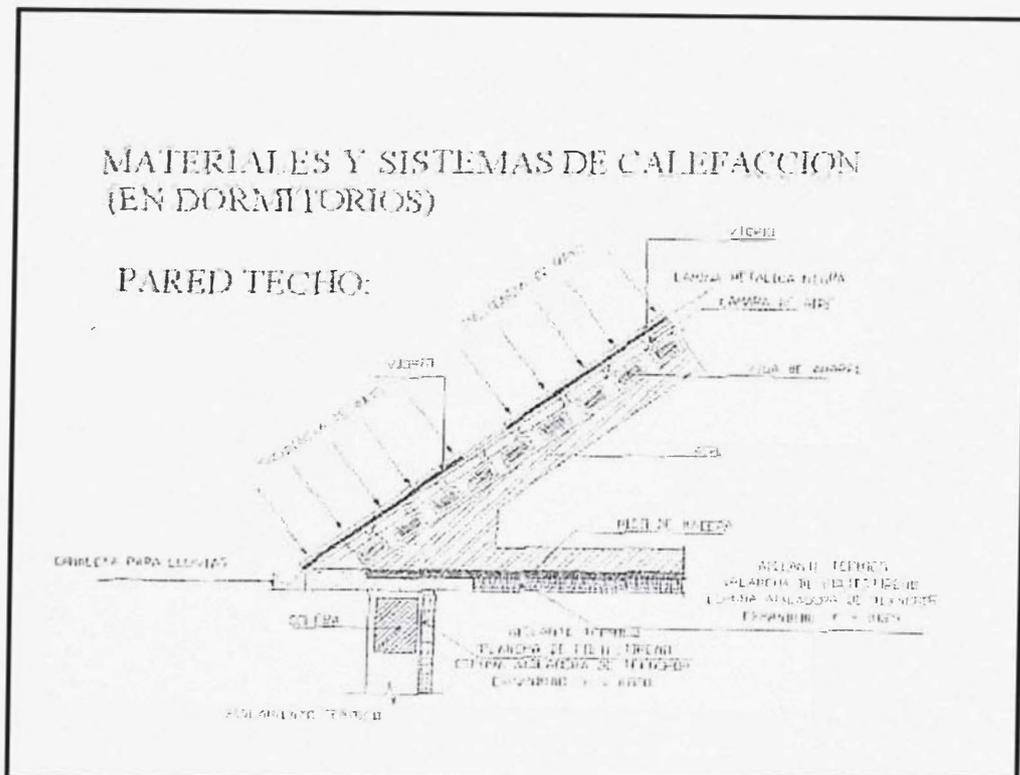


Figura 92.- Sistemas de Calefacción(en Dormitorios)



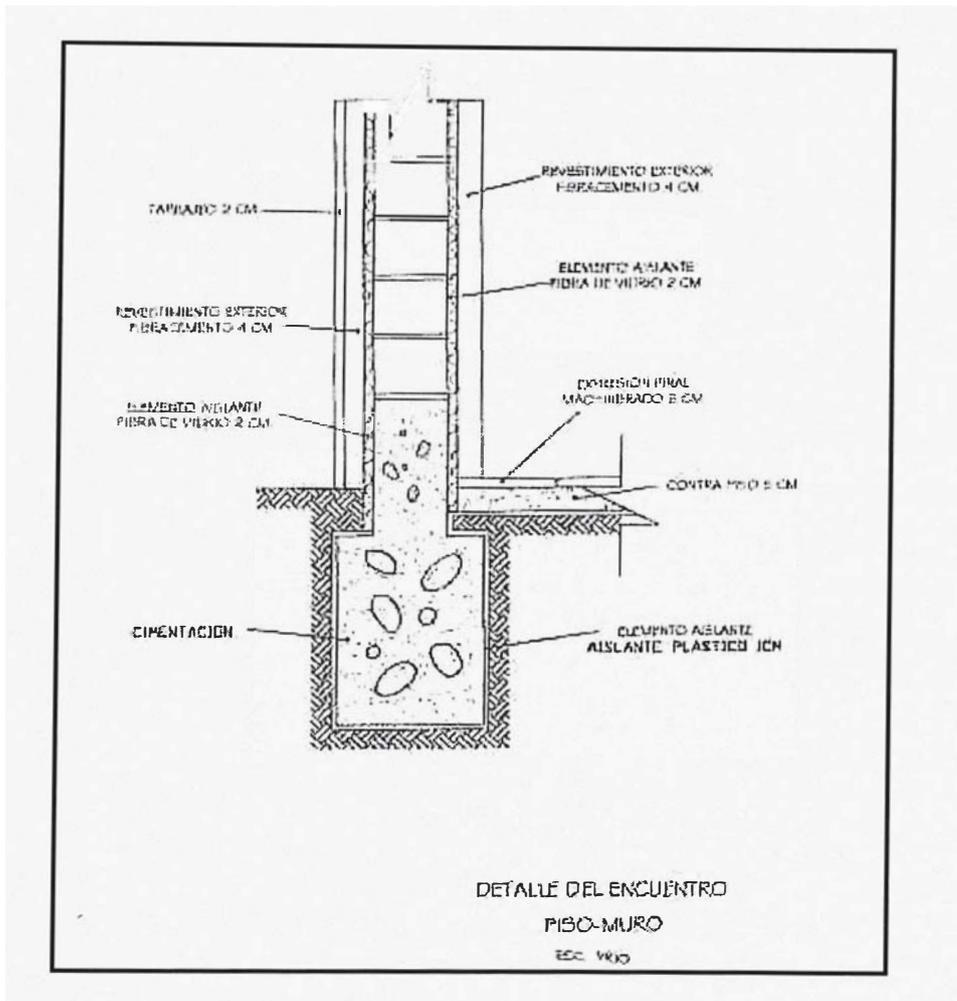


Figura 94.- Detalle del encuentro Piso Muro

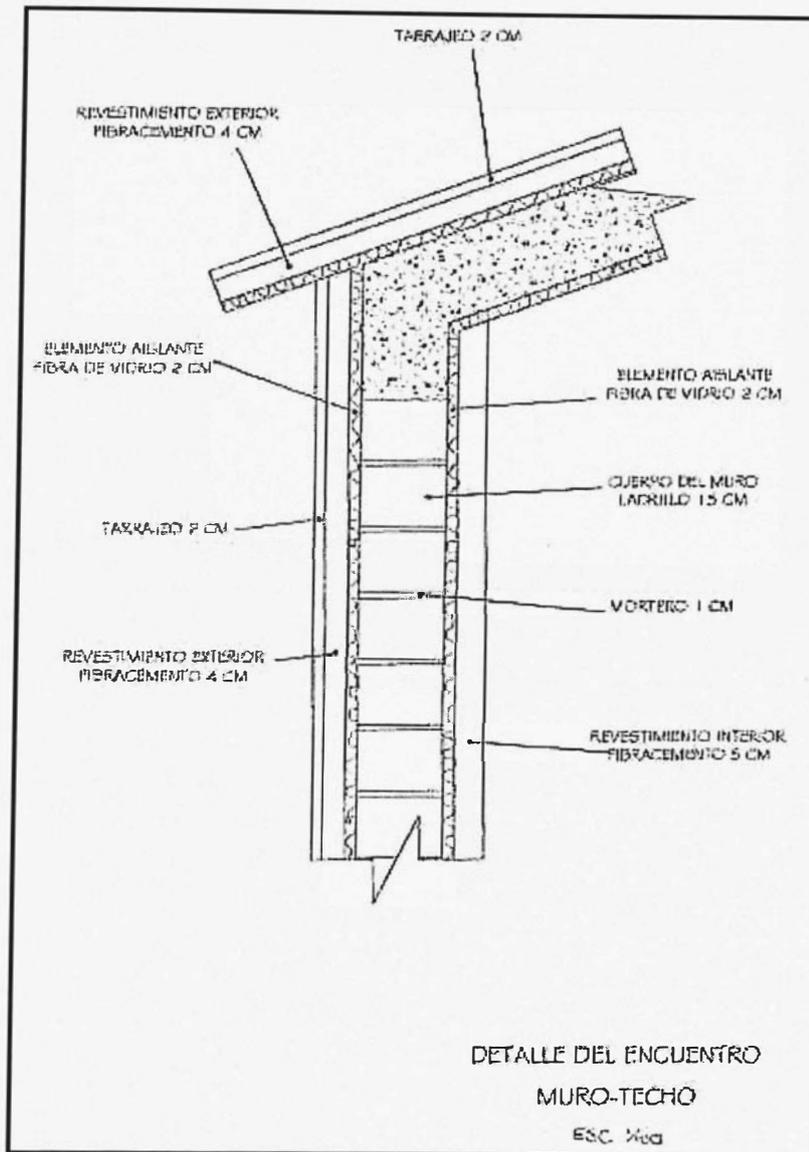


Figura 95.- Detalle del Encuentro Muro-techo

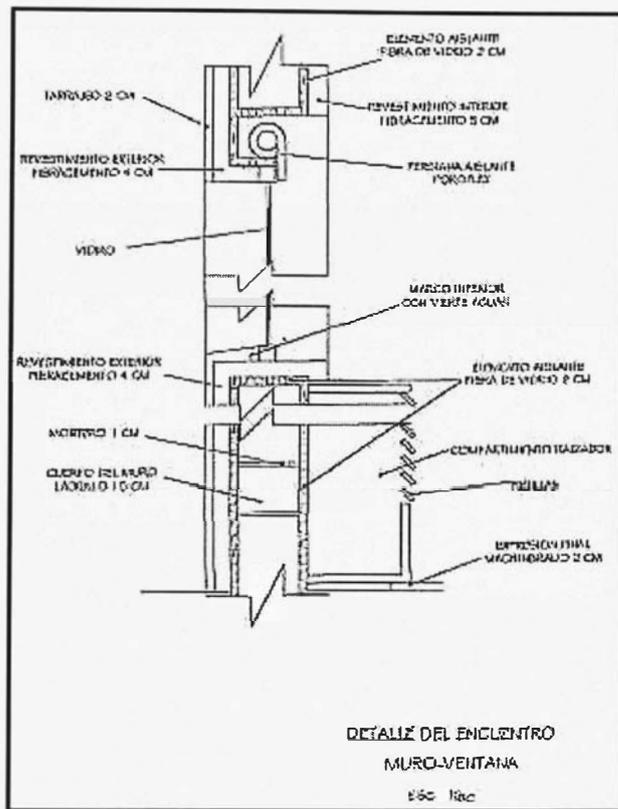


Figura 96.- Detalle del Encuentro Muro ventana

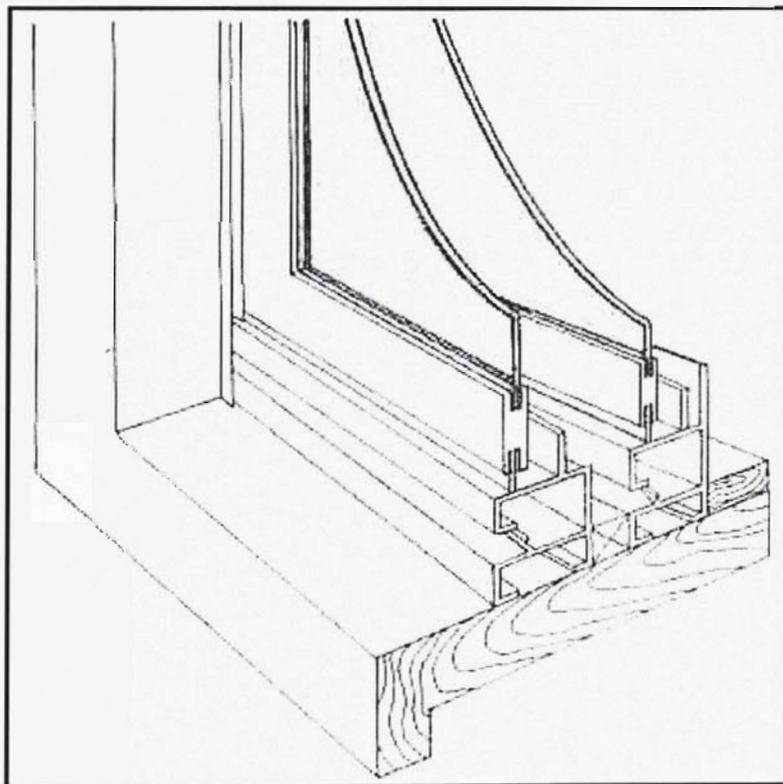


Figura 97.- Detalle doble acristalamiento

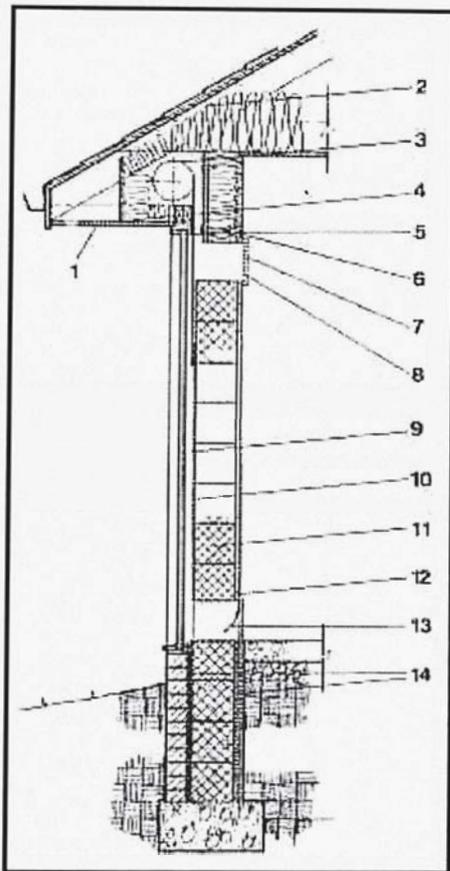


Figura 98.- Muro trombe con termosifon

- 1- Control, para sombrear el vidrio en el verano
- 2- conservación , orificios de ventilación
- 3- control, manual o automático de aislamiento enrollable
- 4- protección, paneles para aislamiento
- 5- control, para reducir pérdidas de aire caliente
- 6- conservación, para reducir pérdidas del almacenamiento
- 7- distribución, de la cámara de aire
- 8- control, registro cerrado durante el verano
- 9- captador, de vidrio o acrílico, hermético y desmontable
- 10- absorbedor, superficie de color oscuro para soportar 65°C
- 11- almacenamiento, material macizo de alta densidad (ladrillo)
- 12- distribución, acabado interior para emitir el calor
- 13- control, lámina flexible para evitar el aire frío en invierno
- conservación, aislamiento del muro almacenador

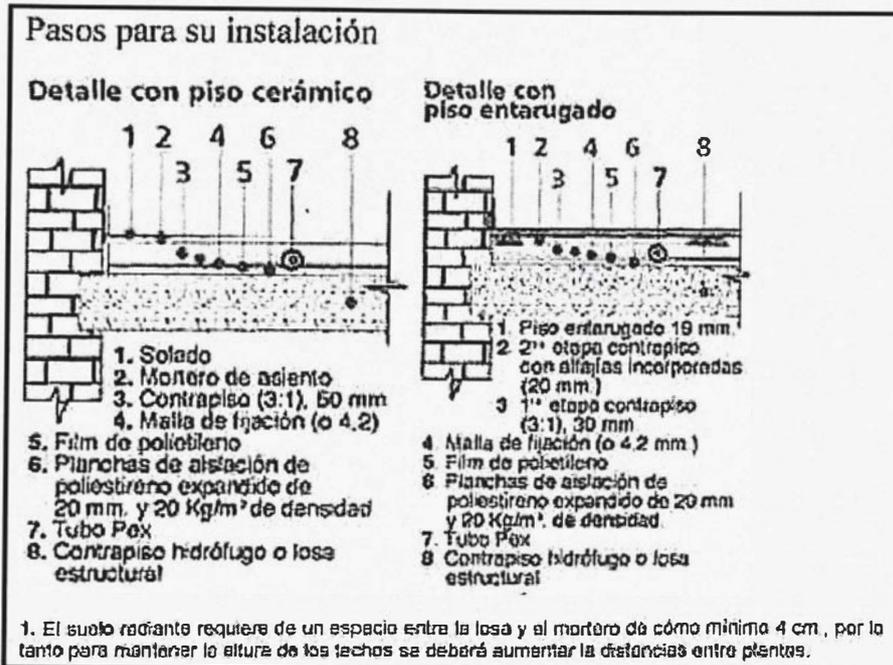
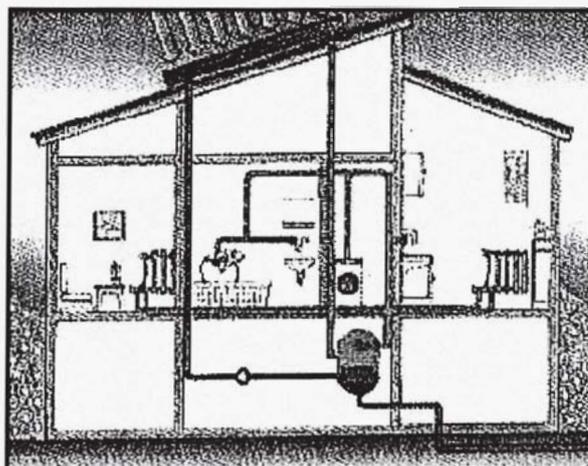


Figura 99.- Instalacion en Piso radiante

Figura 100.- Instalación del colector Solar para agua





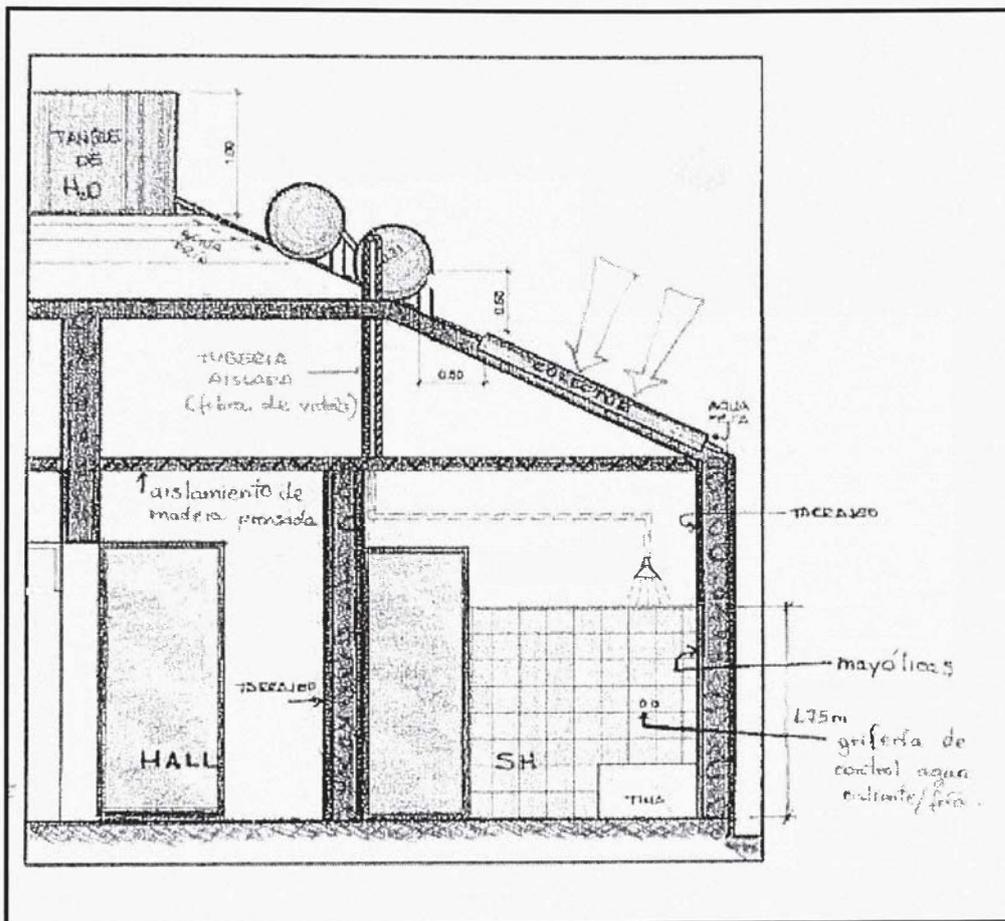


Figura 102.- Detalles para instalación de agua

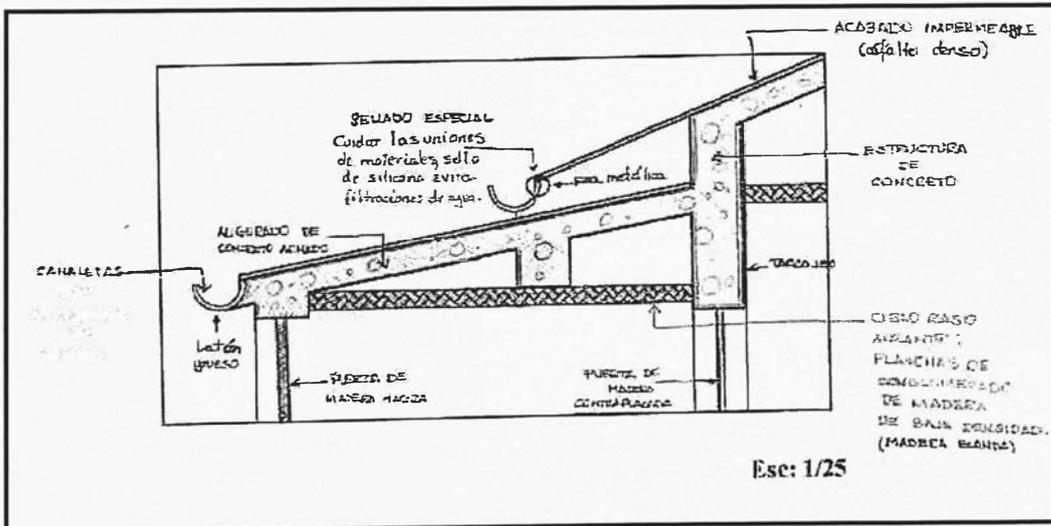


Figura 103.- Detalles constructivos.- El techo

Figura 104.- Instalación de Agua Caliente

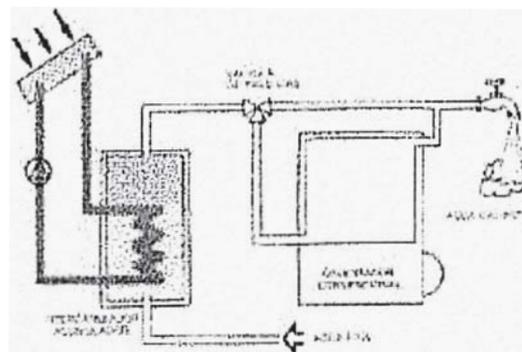
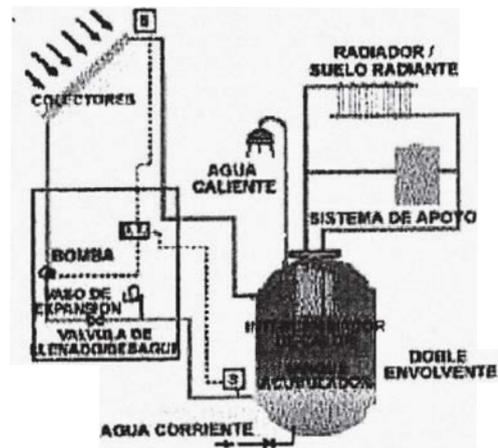


Figura 105.- Instalación de agua caliente alternativo

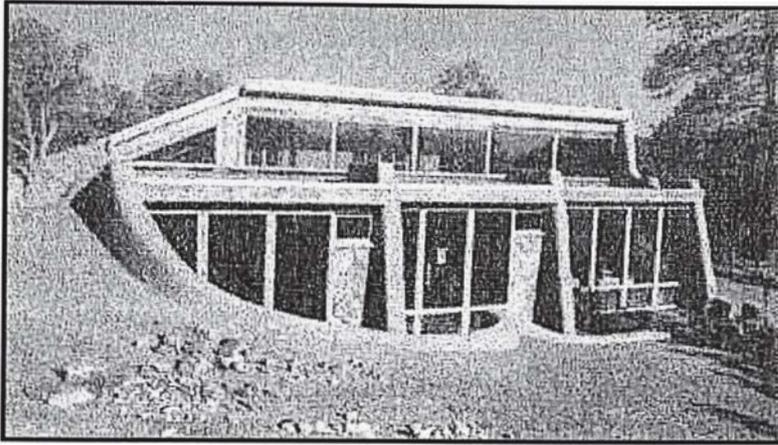


Figura 106.- Ejemplo 1

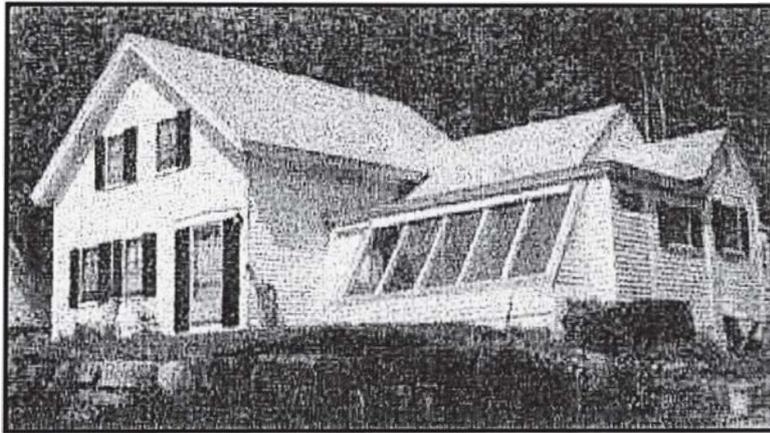


Figura 107.- Ejemplo 2

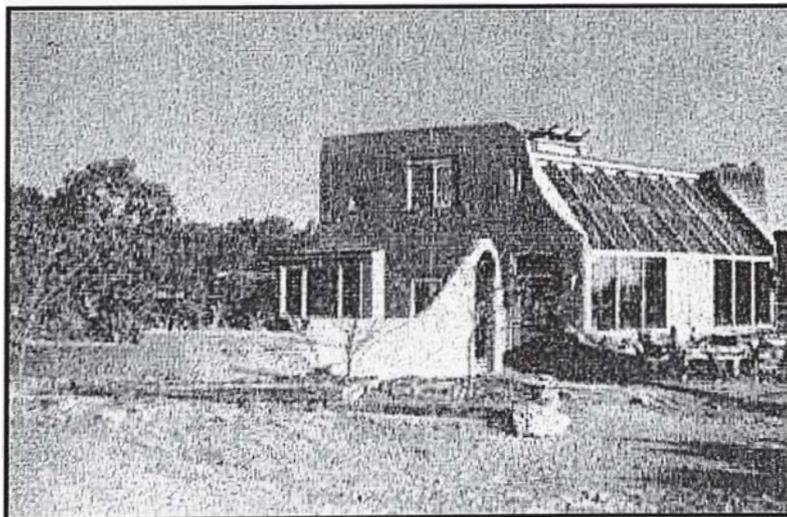


Figura 108.- Ejemplo 3

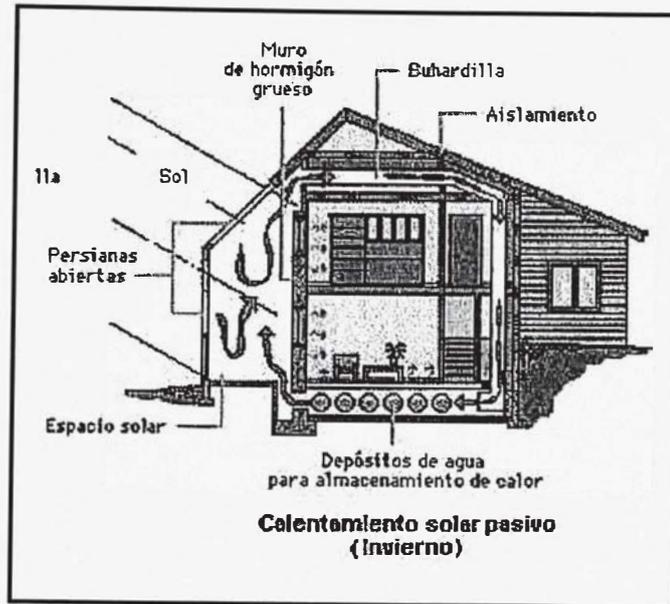


Figura 109.- Calentamiento solar pasivo

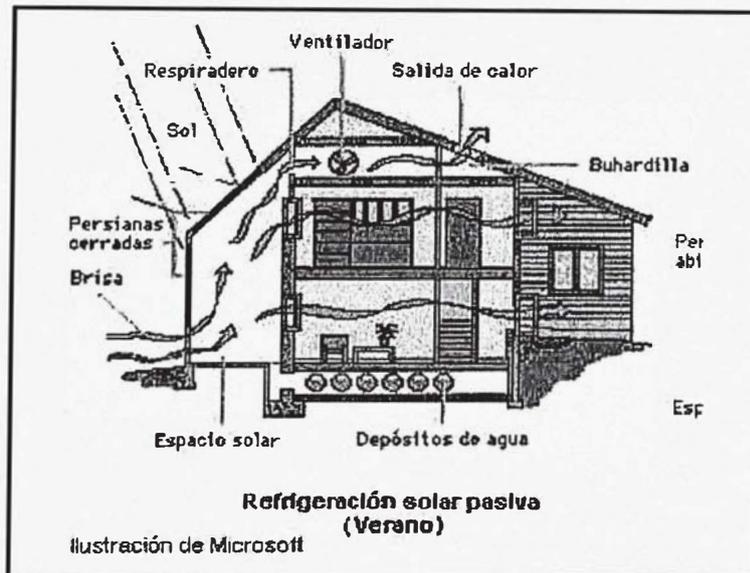


Figura 110.- Refrigeración Solar Pasiva

5.3.2.- Para Climas Cálidos

Figura 111.- Chimenea Solar

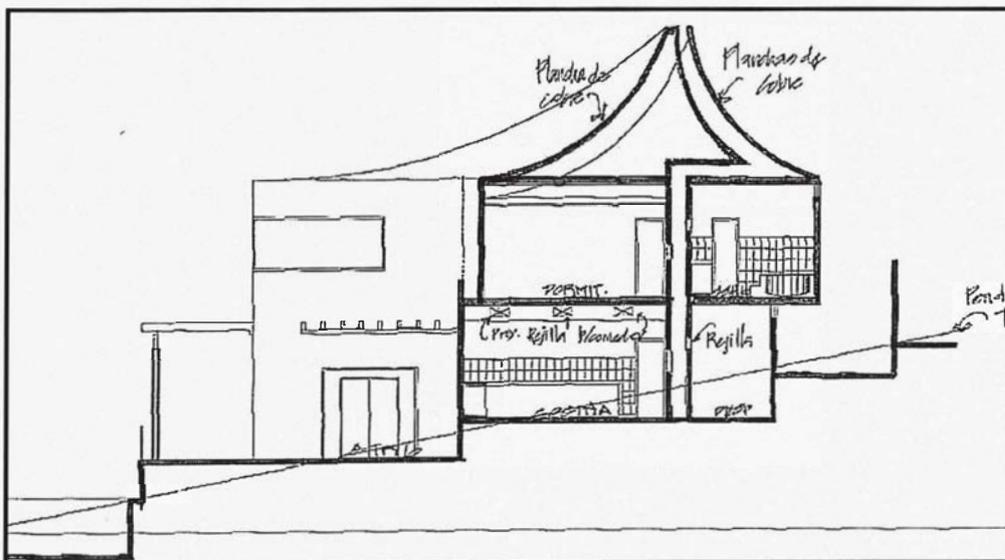
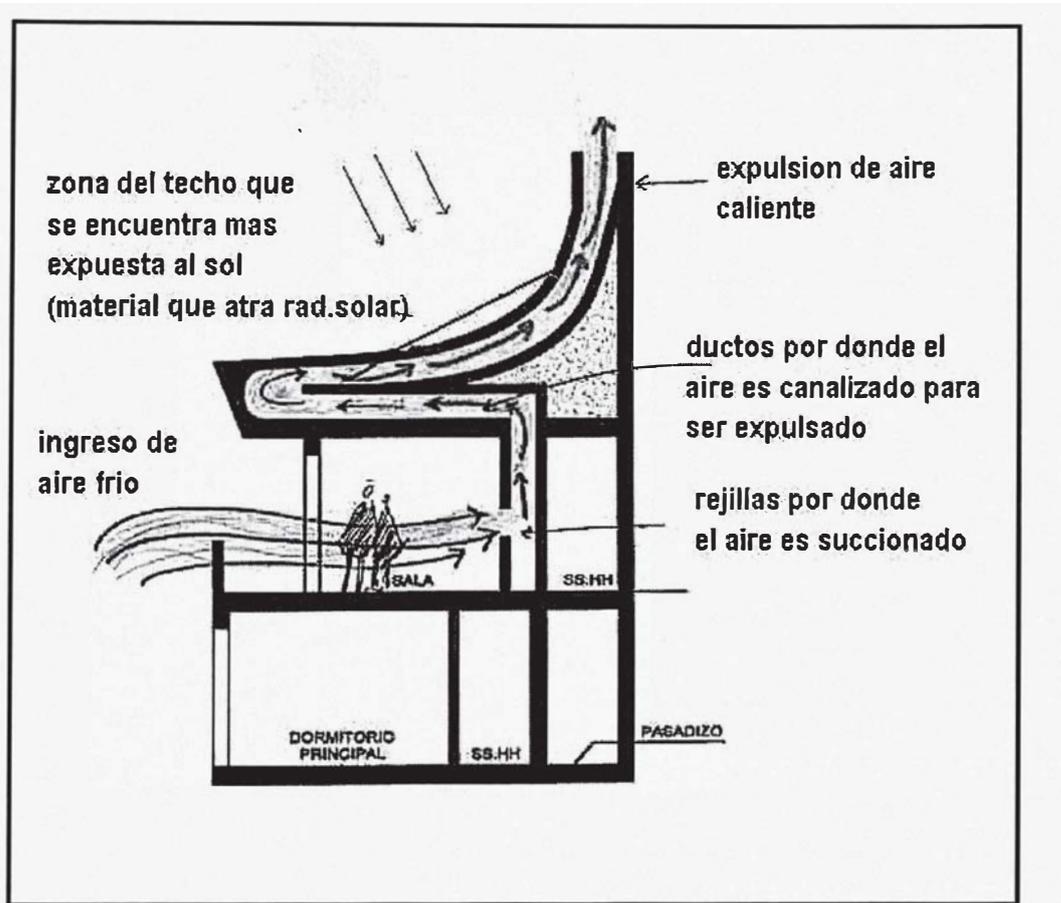
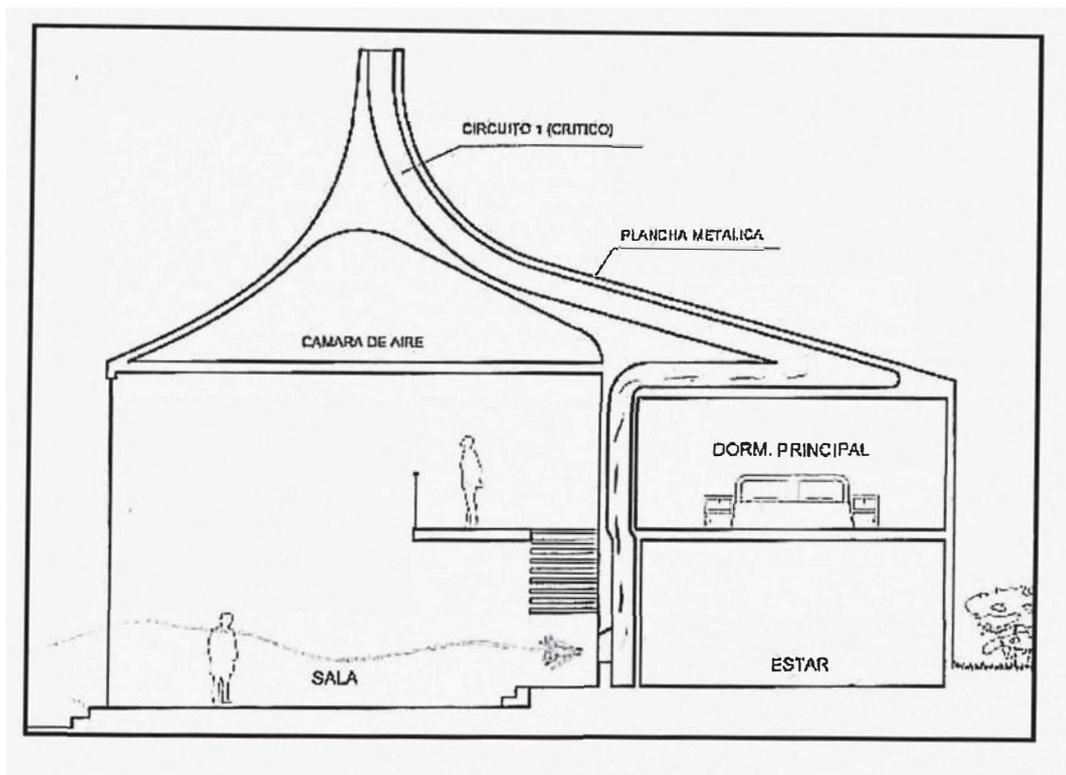


Figura 112.- Chimenea Solar 2

Figura 113.- Chimenea Solar 3



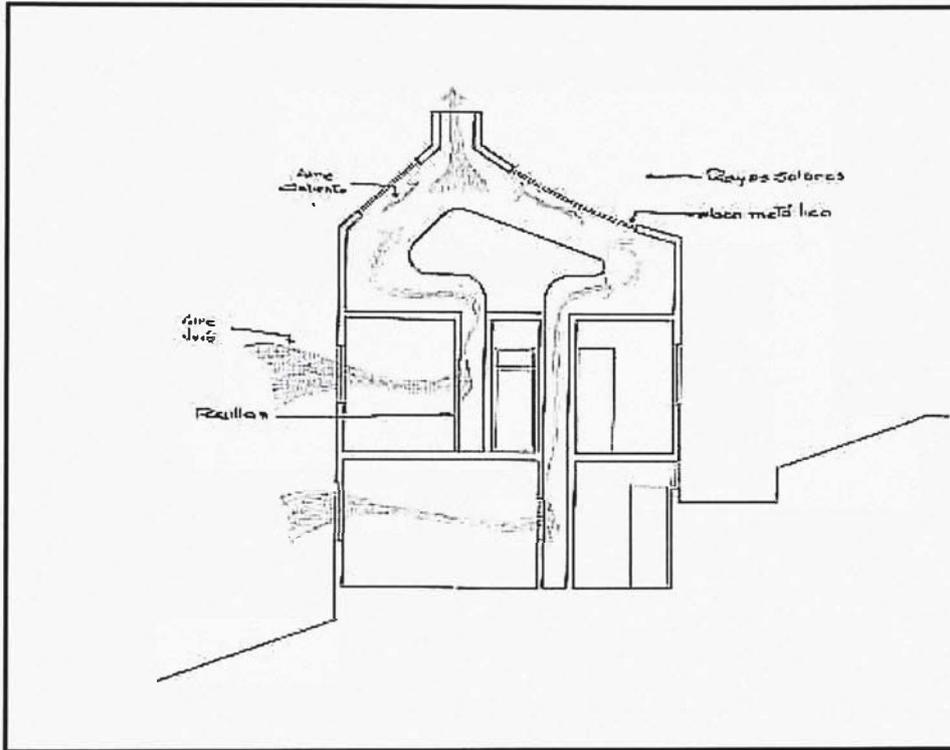


Figura 114.- Esquema de chimenea

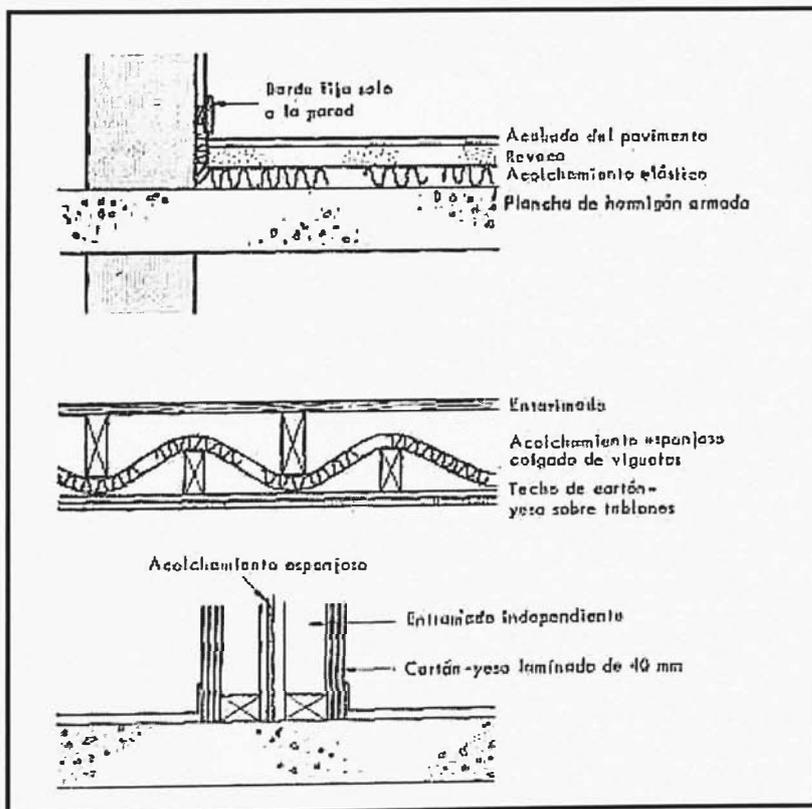


Figura 115.- Detalles Losa-Piso-Muro

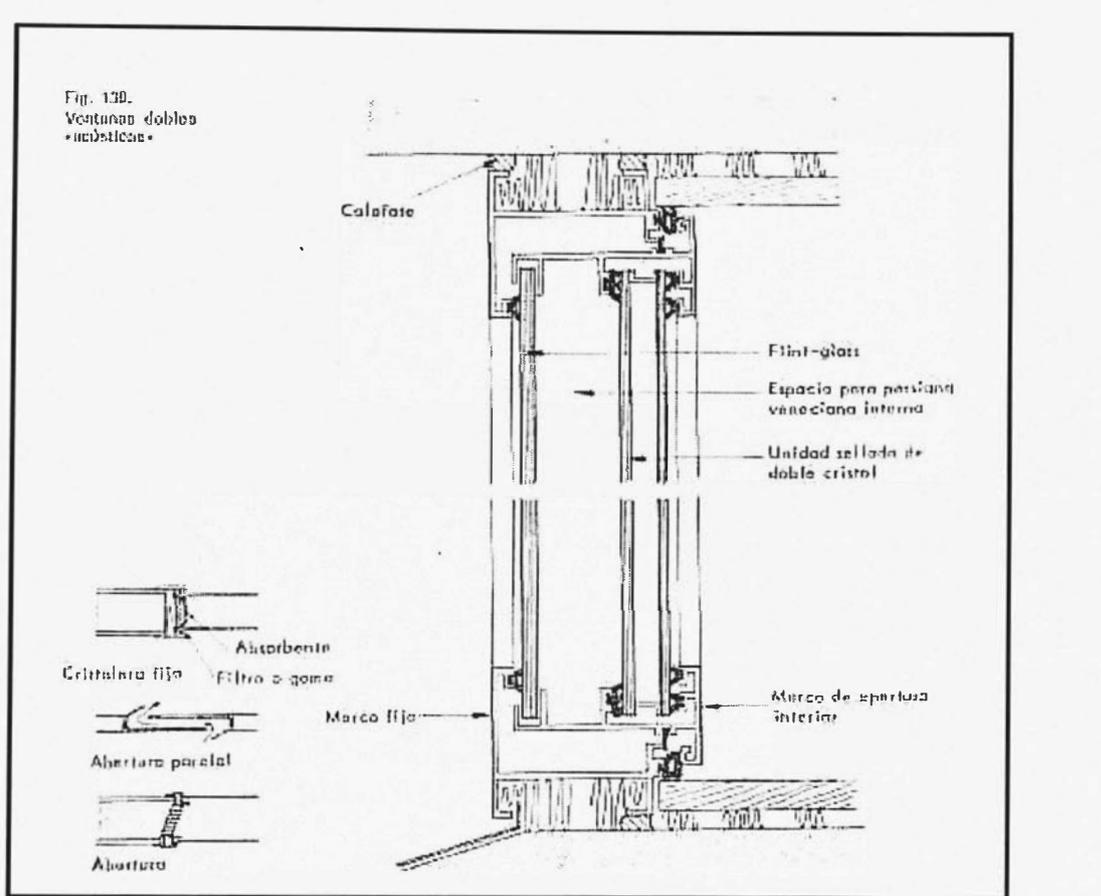


Figura 116.- Ventanas Dobles acusticas

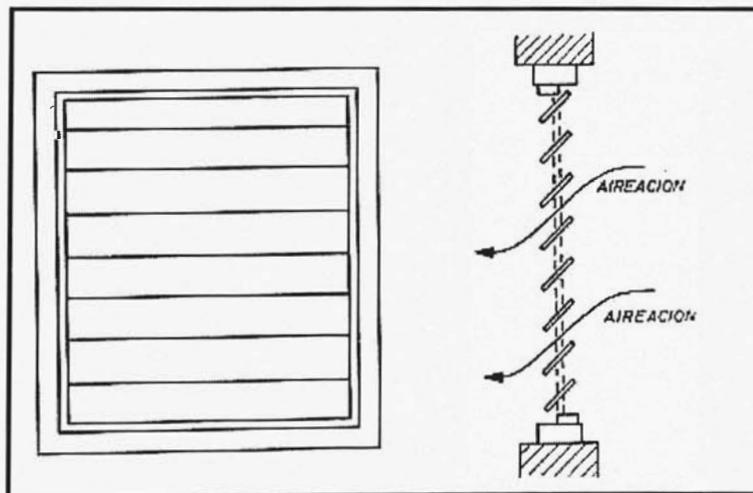


Figura 117.- Ventilación a través de persianas

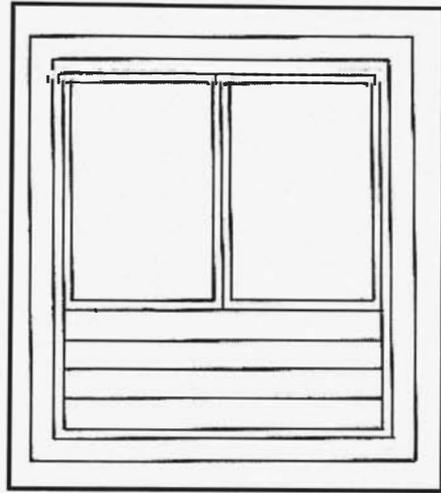


Figura 118.- Vista frontal de ventana con persiana

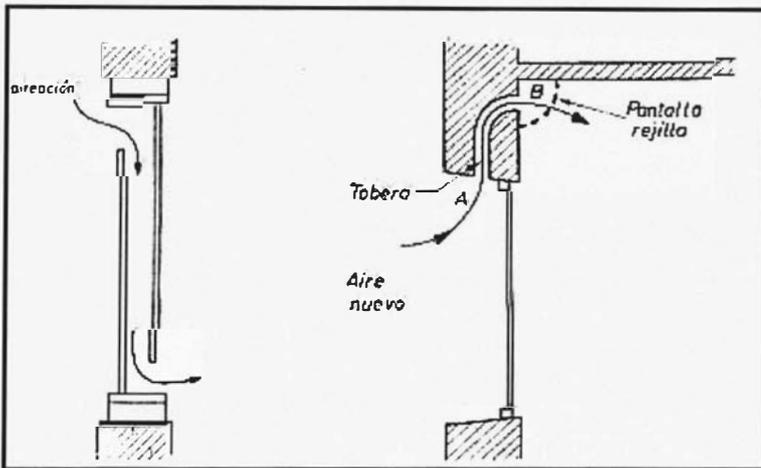


Figura 119.- Corte en sistema de Ventilación

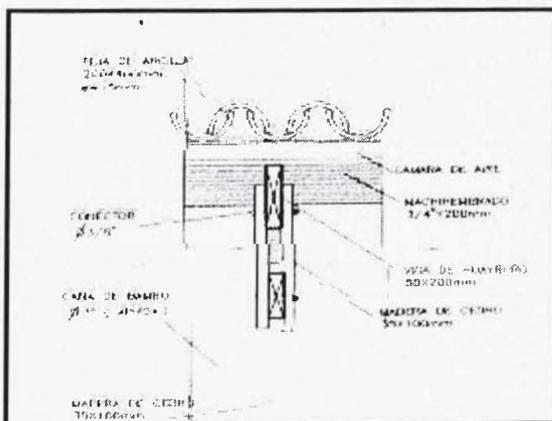


Figura 120.- Detalle de carpintería

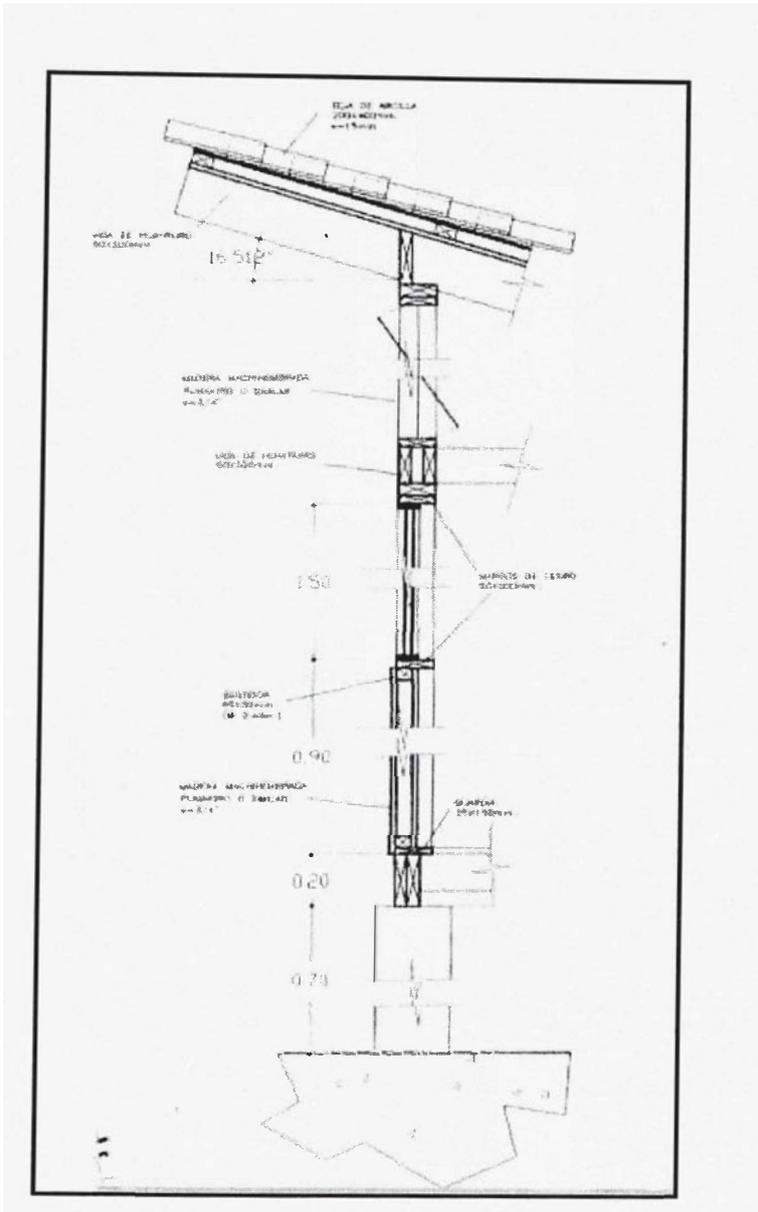


Figura 121.- Detalle de carpinteria 2

## 5.4.- CONCLUSIONES

- La investigación en materia de sistemas de generación energética solar están en una fase de efervescencia y de interés especialmente en el campo industrial, pero encuentran el problema fundamental: el abaratamiento de costos.
- En el campo arquitectónico el concepto solar, aún está en fase incipiente pero con grandes perspectivas, sobre todo en sistemas pasivos, los que son de mayores posibilidades económicas.
- Por los costos iniciales de instalación de estos sistemas bioclimáticos, podrían considerarse un poco ajenos a la realidad de nuestras viviendas; sin embargo nos puede ayudar a tener un mejor criterio para su aplicación en edificios importantes que pudieran afrontar estos gastos.
- Los sistemas pasivos en arquitectura, merecen especial dedicación, ya que presentan posibilidades de especulación no solo formal, sino en la racionalización del uso de materiales.
- La energía solar es capaz, en principio, de suministrar gran parte de calor y trabajo que necesita el mundo en nuestros días, pero necesitan en la práctica grandes y costosos colectores. Por eso la energía solar no puede competir todavía con el carbón, petróleo o gas en las regiones donde estos combustibles se dan en cierta abundancia.
- En países de cielo claro y brillante, donde el combustible es caro, es posible usar la energía solar para calentar, enfriar o destilar agua salada y mover máquinas, pero a pesar de tener programas de investigación muy activos, estos usos no han superado la etapa de investigación. Algunas de estas operaciones podrán realizarse, en ciertas áreas, con propósitos particulares, pero se necesita siempre una investigación amplia para llegar a universalizar las aplicaciones de la energía solar.
- Los resultados económicos y sociales que se obtendrán con el progreso en la aplicación de la energía solar serán importantes, particularmente en los países menos desarrollados.
- Debe crearse conciencia en los arquitectos sobre el aspecto solar.
- Debe estudiarse retrospectivamente las soluciones arquitectónico-solares vernaculares, utilizando la tecnología contemporánea.
- En lugares del Perú, como la ciudad de Arequipa, los calentadores solares están en condiciones de competir en precio con las termas, siempre y cuando se logren producir en escala de importancia.
- En zonas rurales de la Sierra la ventaja de contar con calentadores solares no solo es económica sino también funcional. El calentador solar no consume energía eléctrica y por lo tanto no necesita hacer

uso de costosas instalaciones de suministro de fluido eléctrico. Prácticamente no necesita mantenimiento, ni piezas de repuesto que cambiar periódicamente como en las termas. La producción masiva de calentadores solares podría bajar su costo hasta en 30% de su valor. Por eso en las granjas, fundos o casas-hacienda donde no se puede contar con energía barata y mantenimiento o servicio de repuestos adecuados, el uso de los calentadores solares es la única solución factible para contar con agua caliente indispensable en las frías regiones de nuestra sierra peruana.

- Debemos pensar en la energía solar como un complemento valioso para sustituir a los combustibles industriales primero y a los vegetales después, por la única energía que es libre de tomarse y que debidamente utilizada puede proporcionarnos las satisfacciones a que todos tenemos derecho.
- Factores de diseño como la orientación, el tamaño y la ubicación de ventanas, el tipo de materiales, recubrimientos aislantes o reflejantes, la distribución de los espacios, etc., son fundamentales para el diseño solar .
- Los sistemas pasivos se caracterizan por formar parte de la estructura misma de la vivienda, aunque acoplados de tal manera a las características del ambiente, que pueden captar, bloquear, transferir, almacenar o descargar energía de forma natural y casi siempre, autorregulable.
- Los sistemas activos se caracterizan por tener un sistema de climatización ambiental que funciona con base en la energía solar y en energéticos convencionales (gas, electricidad, diesel y otros) tales que el sistema sea dependiente de ambos y no funciona con una sola fuente de energía,
- Los recursos energéticos generalmente incorporan sistemas de captación de tipo solar y el resto es de tipo convencional, tanto para la distribución como para el almacenamiento o descarga de calor o de frío (bomba, ventiladores, intercambiadores de calor, etc.).
- Los sistemas solares tanto activos como pasivos incluyen técnicas y procesos de enfriamiento, calefacción, ventilación, iluminación, humidificación, deshumidificación y calentamiento de agua.
- La energía solar puede ser utilizada para : calentar agua, cocinar, destilar agua, calentar habitaciones, enfriar viviendas, proporcionar energía a máquinas que bombeen agua o generen corriente, hornos solares, fotoelectricidad y para fotoquímica.

## PARTE 6.- GLOSARIO

**Absorbedor:** Superficie de un captador que absorbe la radiación solar y la convierte en energía térmica.

**Absorbencia:** Relación entre la energía absorbida por una superficie y la energía absorbida por el cuerpo negro a la misma temperatura.

**Acceso del sol:** Posibilidad de recibir radiación solar directa por encima de los posibles obstáculos situados hacia el sur; la potenciación del acceso solar es un derecho legal.

**Aislamiento:** Material con alta resistencia (R) al paso del calor.

**Almacenamiento de calor:** Sistema o elemento que absorbe la energía solar y la acumula para su uso posterior en períodos de tiempo frío.

**Amortiguación térmica:** Es la diferencia de temperaturas extremas, comparando la temperatura ambiente exterior (temperatura aire-sol) y la temperatura dentro de un ambiente, cuando la energía calorífica fluye a través de un cerramiento.

**Análisis de costos del ciclo de vida:** Evaluación de los costos del capital, intereses y de funcionamiento durante la vida útil de un sistema solar, comparados con los costos sin el sistema solar.

**Aporte de calor:** Se aplica a la carga de calefacción o de refrigeración; es la cantidad de calor que se aporta a un espacio por todos los sistemas (incluida la ocupación, el alumbrado, máquinas y radiación solar).

**Aporte solar:** Absorción de energía solar. La cantidad de radiación solar (kcal) recibida por una superficie.

**Aporte solar directo:** Es el tipo más usual de sistema solar pasivo de calefacción; en él la radiación solar pasa a través de los espacios habitables orientados al Sur antes de ser almacenada en las masas térmicas para la calefacción diferida.

**Aporte solar Independiente:** Un tipo de sistema solar pasivo de calefacción en donde la energía es captada en una zona para ser utilizada en otra (por ejemplo, invernaderos o captores de desván).

**Aporte solar Indirecto:** En estos sistemas pasivos, la misma obra del edificio capta y almacena la energía solar, sin que la radiación atraviese los espacios habitables para alcanzar la masa térmica; una masa térmica capta y almacena directamente la energía solar y después la transfiere en forma de calor a los espacios habitables.

**Arboles de hoja caduca:** Arboles que pierden sus hojas en invierno.

**Arboles de hoja perenne:** Arboles que no pierden sus hojas en todo el año.

**Atemperamiento solar:** Sistema que comprende un aporte diario de energía solar y un sistema de distribución efectivo, pero en general sin sistema de almacenamiento.

**Atrio:** Patio interior cubierto a donde abren otras habitaciones, a menudo utilizado para la captación solar pasiva.

**Azimut:** Distancia angular que se mide horizontalmente desde el Norte verdadero (o geográfico) hacia cualquier punto de la superficie de la tierra. Para las horas de la mañana se mide en la dirección Este y para las horas de la tarde se mide en la dirección Oeste.

**Altitud :**Es un ángulo que se mide verticalmente, entre el sol y el plano horizontal del horizonte

**Barrera de vapor:** Lámina impermeable utilizada para evitar el paso del vapor de agua a través de los elementos constructivos del edificio. Las barreras de vapor de paredes y cubiertas deben colocarse en la cara caliente del cerramiento.

**Bienestar Térmico:** Es un estado mental, que expresa satisfacción con el medio ambiente térmico.

**Bomba de calor:** Maquinaria accionada eléctricamente para calefacción y refrigeración.

**Calefacción por aire forzado:** Sistema convencional de distribución de calor que utiliza un ventilador para hacer circular el aire caliente.

**Calor específico:** Capacidad acumuladora de calor de un material por grado centígrado de variación de su temperatura y por unidad de peso.

**Caloría :**Es la cantidad de calor que se necesita añadir a un gramo de agua destilada, a la presión atmosférica normal, para que su temperatura se eleve a un grado centígrado.

**Cámara de aire del muro Trombe:** Espacio entre el muro macizo y el vidrio exterior en donde se calienta el aire. Este aire puede ascender e introducirse por orificios al interior de la vivienda para su distribución .

**Capacidad térmica:** Capacidad acumuladora de calor de una sustancia.

**Capacidad de acumulación térmica:** Cantidad de calor que puede acumular un material.

**Captación:** Acción de captar la radiación solar y convertirla en calor.

**Captación Solar:** Sistema que capta la radiación solar y la convierte en calor.

**Carga:** Entrada de calor en el almacenamiento mediante absorción de la radiación o transferencia del calor por convección.

**Clo:** Unidad que mide el aislamiento térmico de la ropa, usada en interiores, capaz de mantener confort, con aire quieto a 21.1 °C y con una humedad relativa menor de 50 %, sin ejercer mucha actividad física.

**Coefficiente de sombra:** Relación entre la radiación solar transmitida por una ventana dada en unas condiciones específicas y la transmitida a través de una sola capa de vidrio común de ventana bajo las mismas condiciones.

**Conducción:** Flujo de calor entre un material caliente y otro más frío que están en contacto físico directo.

**Conductibilidad:** Propiedad de los materiales que indica la cantidad de calor que atraviesa un metro del material para un grado centígrado de diferencia de temperatura.

**Controles:** Conjunto de sistemas utilizados para regular el proceso de captación, transporte almacenamiento y utilización de la energía solar.

**Convección natural:** Transporte natural del calor que se da cuando el fluido caliente asciende y el frío baja por la acción de la gravedad.

**Convección forzada:** Comúnmente, transporte de calor por un flujo forzado de aire o agua.

**Chimenea Térmica:** Una cavidad vertical a través de la cual el aire caliente asciende como resultado del efecto de chimenea. Se utiliza como un sistema de distribución pasiva del calor solar o de ventilación inducida.

**Efecto chimenea:** Ascensión del aire caliente en contacto con una superficie oscura por convección natural, creando un vacío; utilizado para proporcionar ventilación en verano en algunas viviendas pasivas.

**Envolvente del edificio:** Los elementos (paredes, suelo y techo) de un edificio que encierran los espacios acondicionados.

**Estancamiento:** Aire inmóvil, sin corrientes de aire.

**Evaluación Energética:** Está referida a las energías no renovables consumidas por los sistemas auxiliares de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria. La energía de calefacción se mide en kcal/m<sup>2</sup> de superficie calefaccionada/grado-día. La refrigeración se mide en kcal/m<sup>2</sup> de superficie refrigerada/año. El agua caliente sanitaria se mide en kcal/año.

**Fuentes energéticas no renovables:** Fuentes de energía minerales que están limitadas en su suministro, como los fósiles (gas, petróleo y carbón) y la energía nuclear.

**Fuentes energéticas renovables:** Energía solar y otras formas de energía derivadas de ella, como el viento, la biomasa y la hidráulica.

**Frecuencia de vientos :** El número de veces que se registra viento al mes, multiplicado por su velocidad promedio, en una dirección dada, para cada una de las orientaciones

**Humedad relativa:** Es un número que representa el porcentaje de humedad que tiene el aire, comparado con la humedad que tendría ese mismo aire, a igual temperatura de bulbo seco, si estuviera saturado de humedad.

**Humedad absoluta:** Es el peso de agua medido en gramos, que contiene una mezcla de vapor de agua y aire, por kilogramo de aire seco.

**Infiltración:** Movimiento incontrolado de aire exterior hacia el interior del edificio a través de rendijas, juntas, ventanas y puertas.

**Invernadero:** En el diseño solar pasivo consiste en una zona vidriada adosada, por la que se recoge calor en las zonas habitables durante el día.

**Masa Interna:** Materiales macizos con capacidad acumuladora del calor, contenidos dentro del edificio en paredes, suelos o elementos libres.

**Masa Térmica:** Capacidad acumuladora del calor de los materiales de un edificio (ladrillo, hormigón, adobe o depósitos de agua).

**Microclima:** La variación en un lugar determinado respecto al clima regional; causada por la topografía, vegetación, el terreno, las masas de agua y las construcciones.

**Muro de agua:** Muro acumulador formado por depósitos contenedores de agua situados detrás de una superficie vidriada.

**Muro Trombe:** Muro de obra, normalmente de 20 a 40cm de grueso, de color oscuro y expuesto a la radiación solar que recibe a través de un vidrio; es un sistema solar pasivo de calefacción en el cual el muro de obra capta, acumula y distribuye el calor.

**Porcentaje solar:** Tanto por ciento de la carga de calefacción neta de un edificio, cubierta por el aporte solar.

**Pre calentamiento:** Utilización de la energía solar para calentar parcialmente una determinada substancia, como agua potable doméstica, antes de elevarla a la temperatura más alta deseada, con combustible auxiliar.

**Radiación:** Proceso por el cual la energía pasa de un cuerpo a otro cuando éstos están separados por un espacio, incluso si en éste existe el vacío.

**Radiación difusa:** Radiación solar indirecta que llega de forma dispersa y no produce sombras.

**Radiación directa:** Radiación solar que produce sombras.

**Radiación solar:** Energía radiada por el Sol en el espectro.

**Radiación Térmica:** Radiación electromagnética emitida por un cuerpo caliente.

**Radiación ultravioleta:** Radiación electromagnética con longitudes de onda menores que las de radiación visible.

**Reemisión:** Emisión de la energía previamente absorbida por un cuerpo.

**Refrigeración evaporativa:** Sistema de refrigeración del ambiente que requiere la presencia de agua o de humedad para refrigerar los espacios habitables.

**Refrigeración nocturna:** Sistema de refrigeración mediante la radiación de una superficie caliente al cielo nocturno despejado.

**Retardo térmico:** En un sistema de aporte indirecto, es el retardo con que el calor pasa de la superficie captora exterior a la superficie emisora interior.

**Sistemas activos de energía solar:** A diferencia de las actitudes solares pasivas, un sistema solar activo utiliza energía exterior para hacer funcionar el sistema y transferir la energía solar captada desde el captor al almacenamiento y para distribuirlo por el edificio. Los sistemas activos pueden proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

**Sistema de calefacción auxiliar:** Es un sistema de apoyo que utiliza combustibles convencionales, y debe ser capaz de proporcionar toda la demanda de energía del edificio durante cualquier período en el que el sistema solar no funcione.

**Sistemas de conservación de energía:** Componentes constructivos como el aislamiento y las dobles ventanas, proyectados para reducir las pérdidas de calor, sellado de juntas para reducir las infiltraciones y otros elementos constructivos similares que reducen la pérdida de energía en invierno y la ganancia en verano.

**Sistema híbrido:** Es el que incorpora muchos sistemas pasivos, pero en el que, como mínimo, uno de los flujos de energía térmica se realiza por medios naturales y, como mínimo uno, por sistemas mecánicos.

**Sistemas solares pasivos de energía y conceptos:** Las aplicaciones de la calefacción solar pasiva en general comprenden: captación de energía a través de superficies vidriadas al Sur; almacenamiento de energía en la masa del edificio o en elementos acumuladores especiales; distribución de la energía por medios naturales tales como la convección, conducción o radiación con solo un mínimo uso de ventiladores o bombas de baja potencia; y un método de control de las temperaturas demasiado altas o bajas, y de los flujos de energía. Los sistemas de refrigeración pasivos normalmente incluyen métodos de sombreado de las superficies captoras y provisiones para inducir la ventilación que reduzca las temperaturas internas y la humedad.

**Temperatura ambiente:** La temperatura natural que rodea a un objeto. Normalmente se refiere a la temperatura exterior.

**Temperatura:** Es la medida del grado de calor de un medio. Se expresa en °C o °F

**Temperatura Bulbo Seco (TBS) :** Temperatura del aire medida con un termómetro común. Funciona bien en zonas frías y en ausencia de vientos, pero pierde exactitud en zonas cálidas con la presencia de humedad.

**Temperatura Bulbo Húmedo (TBH)** : Es la medida de la temperatura del aire que toma en cuenta su contenido de vapor de agua.

**Transferencia de calor:** Conducción, convección o radiación, o una combinación de ellas.

**Ventilación inducida:** Entrada de aire exterior a un edificio, sin ninguna ayuda.

**Zona de confort:** Campo en el que la temperatura y la humedad son confortables para la mayoría de la gente.

**Zonificación térmica:** Control de la temperatura de una habitación o grupo de ellas, independientemente de otras.

## **PARTE 7.- BIBLIOGRAFIA**

### **TIPOLOGIAS Y TECNOLOGÍAS DE VIVIENDA DE POBLACIONES MENORES, TRAPECIO ANDINO**

Augusto Ortiz de Zevallos, Enrique Bonilla

### **CONSTRUCCIÓN DEL HABITAT A MAS DE 4,000 mts.**

Virginia Marzal Sánchez

### **CALEFACCIÓN REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE,**

Juan de Cusa,

Ediciones Ceac, s.a.-1969/Barcelona /España., 8va Edición Octubre 1980

### **VIVIENDAS CON ENERGIA SOLAR PASIVA,**

Martín McPhillips,

Ediciones G.Gili, s.a. de C.V. – México,D.F. 1985

### **TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS POR EL ININVI**

Urbano Tejada Schmidt

### **ALBAÑILERÍA ARMADA**

Hector Gallegos

### **CONSTRUCCIONES CONVENCIONALES**

ININVI

### **EL MAESTRO DE OBRA**

SENCICO

### **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VIVIENDA EN ZONAS TROPICALES**

Clavero Tamaki, Gloria.

### **POSIBILIDADES DE LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PERÚ**

Ministerio de Fomento y Obras Públicas- Servicio Cooperativo Inter.-Americano de Fomento (SCIF) LIMA – PERÚ 1962

### **APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR Y LA ARQUITECTURA EN EL PERU**

ARQ° Tito Pesce schreier

Simposio Latinoamericano sobre Aprovechamiento de la Energía Solar en la Arquitectura 1981

### **TECNOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA**

CODIGO FAUA 721-P495

### **CLIMA, CONFORT EN ARQUITECTURA**

CODIGO FAUA 711.42- L67

### **SOL Y DISEÑO**

Ernesto Puppo CODIGO FAUA L720.472-P6

### **CALEFACCIÓN REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE**

Juan de Cusa CODIGO FAUA 697-C984

### **CLIMATIZACION, CALCULO E INSTALACIONES**

CODIGO FAUA 697.9315-F363

### **ACONDICIONAMIENTO Y SISTEMAS SOLARES**

David Wright CODIGO FAUA 720.472-W92

**ACONDICIONAMIENTO NATURAL Y ARQUITECTURA**

Ernesto Puppo CODIGO FAUA 720.47- P6

**CONSTRUCCIÓN EN CLIMAS CALIDOS SECOS**

Balwant Singh Saini

**ATLAS Y GEOGRAFIA DEL PERU**

Edición 1999, Lexus Editores

**VIVIENDAS Y EDIFICIOS EN ZONAS CALIDAS TROPICALES**

Koenigsberger, Ingersoll

**GRAN ENCICLOPEDIA DEL PERU**

Editorial Lexus 1999

**MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Fernando Barbara Z

**THE SOLAR HOME BOOK**

Bruce Anderson

**CLIMA- CONFORT EN ARQUITECTURA**

Eduardo Linares Zaferson

**MANUAL DEL ARQUITECTO Y CONSTRUCTOR**

Kidder- Parker

**CLIMA Y VIVIENDA**

Hugo Figueroa, Juan Nonino

**ASOLEAMIENTO EN ARQUITECTURA**

Roberto Rivero

**DESIGN WHIT CLIMATE**

Víctor Olgay

**EL HOMBRE Y SU VIVIENDA FRENTE AL CLIMA**

Ernesto Vautier

## INDICE

### A

Aberturas colectoras, 54  
absorbedor, 39  
aceite, 60, 72  
Acristalamiento, 45  
acumulador, 39, 42, 43, 44, 46, 47, 48,  
49, 50, 51, 52, 53, 59, 62  
Acumulador de agua, 50  
acumuladores de agua, 48, 50  
acumuladores térmicos, 41, 42, 48  
Adobe, 79, 83  
adosados, 41, 42, 51  
aislamiento, 29, 43, 48, 50, 51, 55, 57,  
68, 76, 77, 81, 83, 84, 92, 94, 96,  
116, 121, 144  
Aislamiento, 31, 45, 84, 93, 96  
Albercas, 96  
Altoandino, 17  
APLICACIONES, 119, 121, 162  
ARQUITECTURA SOLAR, 35  
Asoleamiento, 102

### B

Bienestar Térmico, 28  
bioclimática, 12, 15, 66, 93, 94, 130  
bosta, 72

### C

Calefacción, 93, 121, 143  
Cálido, 28, 96  
carbon, 71  
Casa Solar, 92  
Celdas Solares, 119  
Chala, 16  
chimenea solar, 32, 97  
Circuitos Convectivos, 43, 53  
Clima desértico, 20, 106  
Clima templado, 106  
Clima tropical, 107  
Climas, 19, 20, 95, 148  
Cocina Solar, 119  
Coeficiente, 78  
colector, 39, 40, 43, 44, 46, 47, 53, 59,  
61, 62, 119, 129, 142  
Colectores solares, 60  
combustible, 70, 71, 72, 81, 154  
Conducción, 26, 27, 37, 46  
Confort Bioclimático, 29  
Convección, 26, 27, 37, 38, 46

Convective Loop, 43  
convectivo, 43, 49  
Criterios Urbanísticos, 101  
Criterios Arquitectónicos, 108  
Cubiertas, 41, 42, 43

### D

Direct Gain, 43, 47  
Diseño, 44, 68, 92, 97, 101  
distribución, 21, 22, 35, 36, 40, 44, 51,  
52, 54, 55, 57, 70, 74, 95, 127, 128,  
155

### E

**efecto invernadero**, 32, 60, 97  
El viento, 32, 96  
Elementos reguladores, 55  
Espacios solares, 41, 42, 51  
Espuma, 84  
Estratificación, 46  
Evaporación, 27, 47

### F

Fibras, 77, 84  
fotovoltaicas, 59  
Fotovoltaicas, 119

### G

Ganancias térmicas aisladas, 43  
Ganancias térmicas directas, 41, 43  
Ganancias térmicas indirectas, 43  
gas, 37, 59, 62, 70, 71, 72, 76, 94, 96,  
99, 123, 154, 155

### H

Humedad, 22, 28, 32

### I

Indirect Gain, 43, 48  
Industrializados, 75  
Interiores, 28  
Isolated Gain, 43

### J

Jalca, 17  
Janca, 17

## **L**

La Terma Solar, 119  
Ladrillo, 81, 83  
Las Regiones Geográficas, 16

## **M**

madera, 72, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 83,  
91, 93, 115, 116, 117  
Madera, 77, 81, 83  
Masas acumuladoras, 54  
Masas térmicas, 46  
MATERIALES, 76  
Metabolismo, 31  
Muro Trombe, 48, 95

## **O**

Omagua, 19

## **P**

Páramo, 17  
parasoles, 45, 46, 55, 58, 63  
Partículas, 84  
PASIVOS, 41, 45, 54, 57  
Precipitación, 22  
Procesos térmicos, 46  
propano, 71  
Puna, 17

## **Q**

Quechua, 17  
Quincha, 80

## **R**

Radiación, 23, 27, 38  
Reflectores, 45  
Reflejantes, 77

Refrigeración, 94, 147  
Regulación, 40  
Rompevientos, 103, 104  
Rupa-Rupa, 17, 19

## **S**

sifón, 97  
Sistemas Captadores, 59  
sistemas constructivos, 13, 74, 116, 130  
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS, 74,  
132  
Sistemas Híbridos, 44  
Storage Roof, 42  
suelo radiante, 93  
Suni, 17

## **T**

Tapial, 80  
Temperatura, 22, 28, 32  
Termocirculación, 47, 53  
Termohigrométrico, 26

## **V**

Vanos, 93  
vegetación, 17, 34, 48, 56, 94, 97, 98,  
99, 100, 102, 103, 105, 130  
Vegetación, 97, 98  
Venacular, 74  
Ventilación, 96, 97, 152  
Vientos, 23, 102, 112

## **Y**

Yunga, 16, 17

## **Z**

zonas térmicas, 42, 55