

T
697.78
LUD
C-2



Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Mecánica

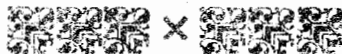


**“Evaluación de Vivienda Rural
Bioclimatizada Construida para Clima
Calido - Humedo”**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentada por:
FRANCISCO E. LUDENA JARAMILLO



Guayaquil - Ecuador

**Año
1987**



D-26916

CIB

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS ABUELITOS

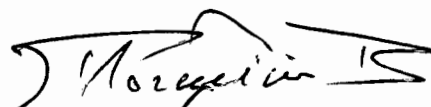
AGRADECIMIENTO

Al ING. Marco Pazmino B
Director de tesis, por
su ayuda y colaboración
para la realización de
este trabajo.

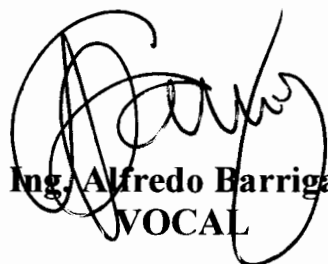
TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Eduardo Orcés P.
DECANO FIM



Ing. Marco Pazmiño B.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Alfredo Barriga R.
VOCAL



Ing. Rodolfo Paz M.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL)



Francisco E Ludeña J.

RESUMEN.

La necesidad de obtener en la edificación resultados económicos y prácticos, a motivado que personas de diferentes ramas técnicas unen sus criterios para aportar ideas nuevas a este respecto para con esto lograr consideraciones propias para nuestras latitudes, este estudio está dirigido para zonas de clima cálido húmedo, pudiendo utilizar para otros climas, si se toman en cuenta sus parámetros de confort.

La evaluación del diseño bioclimático, tema de este trabajo parte de las mismas inquietudes que llevaron a diseñar y construir la vivienda, la misma que hoy sirve a la comunidad agrícola agrupada en la cooperativa "FRANCISCO RULE", del cantón Balzar y su objetivo es hacer un análisis teórico-práctico para sugerir de ser necesario alternativas de mejoras que los datos microclimáticos hagan resaltar.

Así, por espacio de aproximadamente 5 meses se procede a la toma de datos valiéndose para esto

de una pequeña pero efectiva estación meteorológica, la misma que estaba compuesta por los equipos descritos en el capítulo I, en el capítulo II, todos los datos son analizados en diferentes diagramas que nos traducen los logros alcanzados y sobre todo que parámetros de confort fueron mejorados.

Se escogen los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, meses que son considerados sobrecalentados, donde predomina como característica principal la alta temperatura y humedad, es decir son los meses de problema el resto del año se puede considerar confortable.

De este periodo hemos sacado las siguientes conclusiones y recomendamos ciertas observaciones que a nuestro criterio van a influir en mejoras para la vivienda.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VII
INDICE GENERAL.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCION.....	20
1. MATERIALES Y EQUIPO PARA LA EVALUACION	
1.1 Instrumentos para la determinación experimental de la radiación	23
1.2 Medidores de temperatura, humedad, velocidad de viento, precipitación.	38
1.3 Carta psicrométrica.	43
1.4 Cartas solares.	51
1.4.1 Carta solar estereográfica.	55
1.5 Diagrama de isopletas con temperatura eficaz corregida.	58
1.6 Tablas de Mahoney.	59

II. CARACTERISTICAS CLIMATICAS DEL LUGAR Y SU INFLUENCIA EN LA OPTIMA UTILIZACION DE LA ENERGIA SOLAR, EOLICA. BIOGAS.

2.1 Condiciones del lugar.	75
2.2 Determinación de los diferentes factores climatológicos que caracterizan el clima del lugar.	75
2.3 Climograma de las cooperativa.	85
2.4 Determinantes del diseno solar.	99
2.5 Relaciones sol-sitio en mes, dia, año.	105

III. INDICES TERMICOS DEL CONFORT.

3.1 Escalas de indices térmicos.	113
3.2 Diagrama de Victor Olgyay adaptado al Ecuador.	118
3.3 Escala de temperatura eficas corregida determinación, uso.	123
3.4 Análisis del clima con temperatura eficaz corregida.	126
3.5 Confort térmico en viviendas.	127
3.5.1 Factores principales.	

IV. EL HOMBRE Y EL AMBIENTE TERMICO.

4.1 Regulación física y química del cuerpo respecto a la temperatura.	130
4.2 Calor emitido por el cuerpo.	133
4.2.1 Equilibrio térmico.	134
4.2.2 Cesión de calor por convección.	138
4.2.3 Cesión de calor por radiación.	140
4.3 El vestido como aislamiento térmico.	142
4.3.1 Grado del vestido.	146
4.4 Temperatura de bienestar.	146
4.4.1 Bienestar térmico.	1
4.4.2 Zona de bienestar.	152
4.5 Factores individuales y subjetivos del bienestar.	153

V. EVALUACION BIOCLIMATICA.

5.1 Metodología general del cálculo térmico.	156
5.2 Aportaciones de calor a través de muros y cubiertas.	174
5.2.1 Temperatura sol-aire.	182
5.3 Balance de pérdidas y ganancias de calor en régimen variable.	187

5.4 Cálculo para predecir temperaturas máximas internas.	194
5.5 Cálculo de infiltraciones.	196
5.5.1 Renovaciones de aire.	206
5.6 Inercia térmica.	207
5.6.1 Determinación del retardo térmico.	209
5.6.2 Coeficiente de amortiguamiento, determinación.	211
5.7 Determinación de la orientación de un edificio construido.	216
5.8 Evaluación de protecciones solares.	219
5.8.1 Método instrumental.	220
5.8.2 Método geométrico.	225
 VI. CONSIDERACIONES A LA EVALUACION.	
 6.1 Análisis comparativo entre el diseño teórico y los resultados reales.	241
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	257
 APENDICE.	268
 BIBLIOGRAFIA.	282

INDICE DE FIGURAS.

N

1.1	Radiacion Incidente, Reflejada y Emitida.	24
1.2	Piranómetro de Estrella.	27
1.3	Medidor de Heliofanía.	35
1.4	Termómetro de globo.	39
1.5	Anemómetro de Resistencia.	
1.6	Geometria de la carta Psicrometrica.	45
1.7	Psicrométro.	49
1.8	Proyección de la carta Fisher.	52
1.9	Proyección de postel.	53
1.10	Proyección de las trayectorias solares en el horizonte.	56
1.11	Trayectorias solares.	57
1.12	Tabla 1 de Mahoney.	69
1.13	Tabla 2 de Mahoney.	70
1.14	Tabla 3 de Mahoney.	71
1.15	Tabla 4 de Mahoney.	72
1.16	Tabla 5 de Mahoney.	73

2.1	Temperatura promedio en la cooperativa "Fco Rule".	80
2.2	Humedad relativa promedio.	81
2.3	Viento.	82
2.4	Ganancia de Calor solar.	83
2.5	Cambios de temperatura día\nnoche.	84
2.6	Climograma General.	92
2.7	Climograma 1.	93
2.8	Climograma 2.	95
2.9	Climograma 3.	97
2.10	Radiación Incidente: Cubierta Norte.	107
2.11	Radiación Incidente: Cubierta Sur.	108
2.12	Radiación Incidente: Pared Este.	109
2.13	Radiación Incidente: Pared Oeste.	110
2.14	Radiación Incidente: Pared Sur.	
2.15	Radiación Incidente: Pared Norte.	111
4.1	Balance Termico Humano.	133
4.2	Relación entre piel y vestido.	144
5.1	Resistencia térmica entre cámara	174

aire/espesor.	
5.2 Cambio de la Temperatura en la superficie externa del muro.	187
5.3 Transformación de la onda Térmica al atravesar el muro.	207
5.4 Retrazo y Amortiguación de la onda de temperatura al atravesar un muro.	210
5.5 Determinación del Norte verdadero.	217
5.3 Helioscopio, "A".	222
5.7 Heliodon.	223
5.3 Termoheliodon.	224
5.9 Angulo de los rayos solares al medio día.	226
5.10 Evaluación gráfica.	227
5.11 Distribución de Temperatura: Pared Sur.	240
5.12 Distribución de Temperatura: Pared Norte.	235
5.13 Distribución de Temperatura: Cubierta Norte.	236
5.14 Distribución de Temperatura: Pared Este.	237

5.15 Distribución de Temperatura:	
Cubierta Sur.	238
5.16 Distribución de Temperatura:	
Pared Oeste.	239
5.17 Distribución de Temperatura:	
Pared Sur.	240
6.1 Distribución de presiones en un local.	245
6.2 Disposición de colectores en cubiertas.	247
6.3 Cubiertas con chimenea.	248
6.4 Reducción de la velocidad del viento según ángulo de incidencia.	250
6.5 Plan de sombra 1.	254
6.6 Plan de sombra 2.	255
6.7 Plan de sombra 3.	256

INDICE DE TABLAS.

	Pag.
4.1 Calor generado por el cuerpo, en actividad.	131
4.2 Cesión de calor.	132
5.1 Coeficiente de convección termico.	162
5.2 Velocidad de viento.	229
5.3 Ganancia de calor global en la vivienda.	230
5.4 Determinación del Retardo Térmico y Amortiguamiento en la vivienda.	231
5.5 Radiación Incidente.	232
5.6 Incremento de Temperatura por Radiación Solar.	233
5.7 Temperatura Sol-Aire.	234

INDICE DE ABREVIATURAS.

- Tmrt= Temperatura radiante media.
- Tg = Temperatura del termómetro de globo.
- Ta = Temperatura del aire.
- fg = Factor del termómetro de globo.
- S = Factor de escala de la carta Psicrométrica, Btu/lbm.
- Sh = Factor de escala de entalpia.
- W = Razón de humedad del aire húmedo.
- hf = Entalpia del agua líquida.
- ma =Velocidad másica del aire seco.
- O =Angulo de inclinación de cualquier línea recta sobre la carta psicrométrica.
- O = Humedad relativa adimensional.
- Pw,s= Presión del agua saturada.
- S = Conductividad.
- hc,t= Coheficiente de convección

v = Velocidad del aire.

ϵ_{λ} = Poder emisor monocromático.

θ_1 = Temperatura externa.

θ_2 = Temperatura interna,

INTRODUCCION.

Para lograr el confort térmico en una vivienda se debe tomar en cuenta el macroclima de la naturaleza y el microclima de la vivienda, factores estos que son determinados por los aspectos atmosféricos.

Las consideraciones y observaciones realizadas por el presente trabajo están dirigidas específicamente para climas cálido-húmedo, clima que en la mayor parte de la costa y oriente es característico. La selección de un lugar adecuado por sus condiciones climáticas, supone ya una decisión energética de suma importancia. Al ser muy próximo el clima del lugar al clima de confort del hombre, disminuyen notablemente las necesidades de climatización tales como calefacción y refrigeración según sea el caso, con lo cual las posibles desviaciones entre el clima natural y el de confort se pueden compensar fácilmente con pequeñas variaciones en la forma de vestir, con el diseño y uso racional de la casa, de esta manera se obtiene un ahorro considerable de energía.

El arte de construir viviendas técnicas no es una inquietud de este tiempo , por el contrario fué Jenofonte, hace 400 años antes de cristo quien participó su sabiduria a Sócrates, aludiendo los solsticios de verano e invierno en relación con la mayor o menor penetración de los rayos solares en la viviendas.

Muchos edificios modernos son construidos de una manera tal que se convierten en grandes invernaderos y por ende devoradores de grandes cantidades de dinero combustible y tecnología, es decir en las sociedades consumistas como la nuestra, el confort térmico se ha convertido por completo en producto ostentativo donde el desperdicio energético es signo de una posición pudiente.

El Ecuador por estar situado en la latitud cero tiene como característica que las trayectorias solares se encuentran distribuidas simetricamente hacia ambos hemisferios 32.5 grados por lo que en nuestro caso la orientación de la vivienda es

E-OE, orientación ésta, que puede variar como lo determinaremos posteriormente.

C A P I T U L O I

MATERIAL Y EQUIPO PARA LA EVALUACION

1.1 Instrumento para la determinación experimental de la radiación.

Generalmente datos de radiación para cálculos en un lugar determinado, o una adecuada información metereológica está raramente disponible. En muchos casos, especialmente en nuestro medio son muy raros las estaciones metereológicas que están en la capacidad de dar valores, datos necesarios, especialmente de la radiación.

En virtud de eso, es necesario conocer algo respecto a los aparatos que nos suministran estos datos, y que tipo de información proporcionan.

Los datos de radiación solar son usados de varias formas y para varios propósitos. La información más detallada que tenemos es la radiación directa y difusa en una superficie horizontal por horas, la cual es útil para simulación de procesos solares.

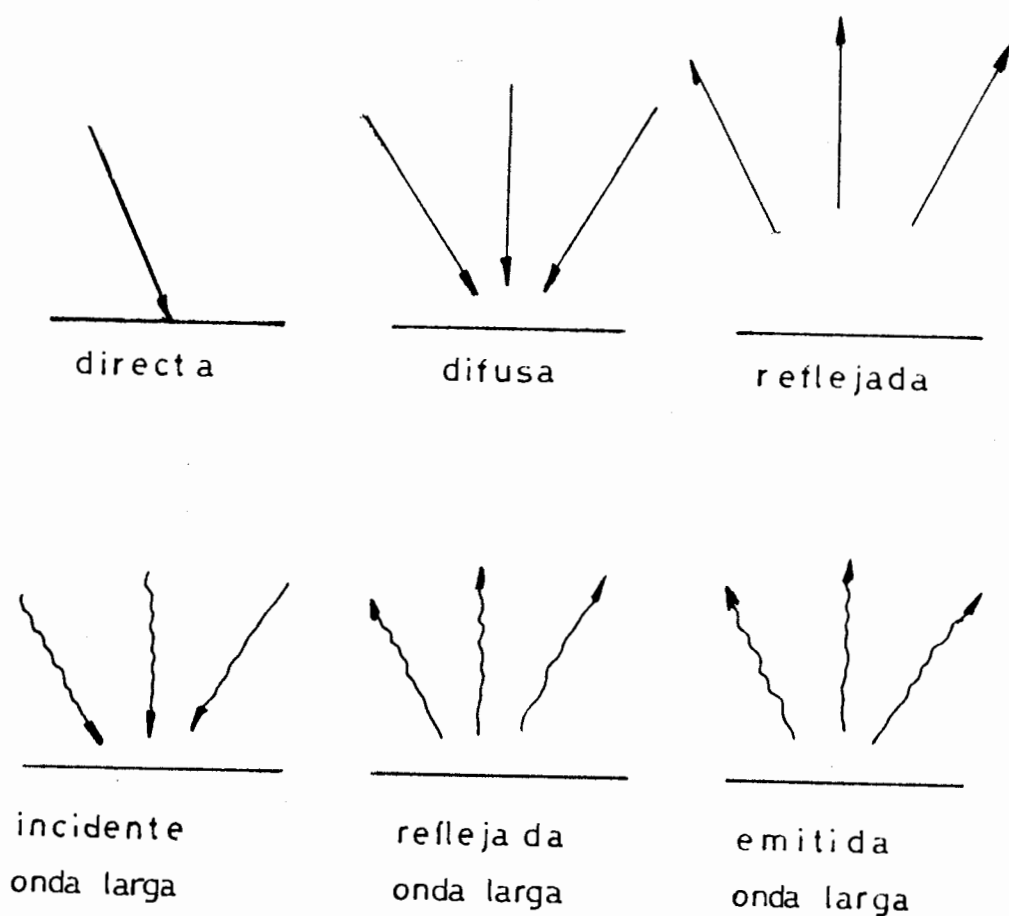


Fig 1.1 Radiación incidente, reflejada y emitida.

Como introducción al conocimiento de estos aparatos, es conveniente considerar dos rangos de longitud de ondas, así:

Radiación de onda corta.- Radiación proveniente del sol en el rango de longitud de onda comprendido entre 0.3 y 3.0 m

En la terminología usada, esta radiación incluye las componentes directa y difusa.

Radiación de onda larga.- Radiación originada en fuentes a una temperatura determinada y que se encuentra en el rango de hasta 3um., la longitud de onda larga es emitida por la atmósfera por un colector o por algún otro cuerpo a una temperatura ordinaria. La radiación originada en la tierra es también llamada radiación terrestre.

Los instrumentos para medir la radiación solar son, básicamente de dos tipos.

Pirheliómetro.- Es un instrumento que usa un detector colimado para medir la radiación solar, mide radiación directa a incidencia normal.

En 1905, ABBOT diseñó el Pirheliómetro de flujo de H₂O, el mismo que usa un cilindro negro con una cavidad, este cuerpo absorbe la radiación, la cual es admitida por un tubo colimado, agua fluye alrededor de la cavidad. La medición de la temperatura y el valor del flujo provee los medios para determinar la energía absorbida.

Este modelo fue modificado por el mismo ABBOTT en 1932 e incluye dos cámaras térmicas idénticas, dividiendo el agua de enfriamiento entre ellas, se calienta una cámara eléctricamente y la otra por radiación solar, cuando los instrumentos son ajustados se toma el calor producido en las cámaras idénticas, la potencia eléctrica de entrada es una medida de la energía solar producida.

ABBOTT puso también en consideración el Pirheliómetro de disco de plata. El mismo que usa un cilindro de 32 mm. La superficie expuesta a la radiación es negra y usa un termómetro de precisión con el bulbo de mercurio, se miden los cambios de temperatura en un determinado tiempo y

se grafican los resultados, se colocan en la ecuación de intensidad. El detector ve el cielo con un ángulo de 6 grados.

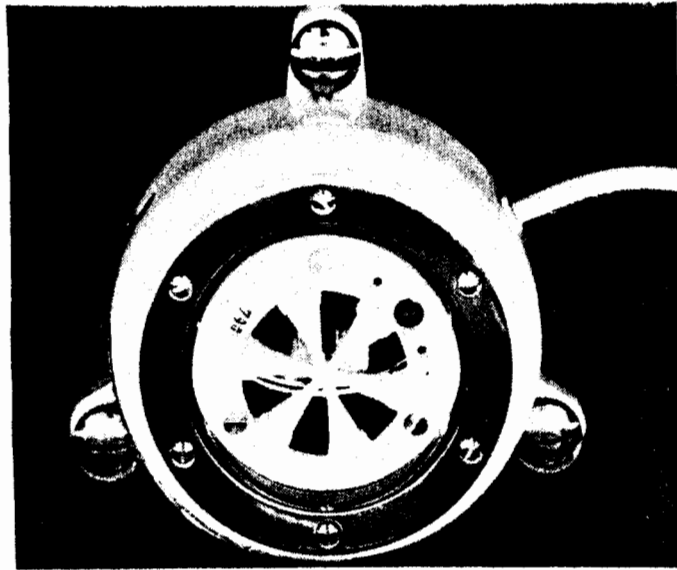


Fig 1.2 Piranometro de estrella.

Piranómetro.- Es un instrumento para medir la radiación solar hemisférica (directa + difusa), usualmente en una superficie horizontal. Este aparato puede ser usado para medir solamente radiación difusa con sólo producir un sombreado por medio de un anillo sobre el detector.

Los detectores para estos instrumentos, tienen una respuesta independiente de la longitud de ondas de radiación sobre el especto solar. Asi

mismo tiene una respuesta independiente del ángulo de incidencia de la radiación solar.

Los detectores de los piranómetros, están cubiertos por vidrios esféricos, que los protegen del viento y de otros efectos externos.

El piranómetro comunmente usado, es el Eppley 180, usa un detector que consiste en dos anillos de plata concéntricos, el ring externo es protegido con óxido de magnesio que tiene una alta reflectancia en el espectro solar y el anillo interior protegido de negro, el cual tiene una alta absorción para la radiación solar.

La diferencia de temperatura entre estos anillos, es una medida de la radiación absorbida, ésta es detectada por termopilas.

La simetría circular del detector minimiza los efectos del ángulo de Azimut de la superficie en la respuesta del instrumento.

Existen algunos otros aparatos en consideración, que naturalmente se van perfeccionando de acuerdo a los

avances técnicos así, tenemos:

El diseño por Robitzsch, el mismo que utiliza detectores, que son elementos bimetálicos, calentados por radiación solar.

Piranómetros también están basados, en detectores fotovoltaicos (células solares). Células de Silicón, son las más usadas para las mediciones de energía solar, también se usan las células de fósforo de cadmio y de selenio.

El Piranómetro que se usa en la ESPOL, tiene las siguientes características

R-413 PIRANOMETRO DE ESTRELLA.

DESCRIPCION.- El R 413 es un piranómetro de estudio, desarrollado para medir la radiación solar, la radiación dispersa y radiación reflejada desde la superficie de la tierra en longitud de onda comprendido entre 0.3 a 3 μ m. La señal de entrada, está en mV y puede ser trasladado inmediatamente a gm-cal/cm /min; o mW/cm.

Una termopila 72 CrNi Constatan que esta unida con 12 segmentos de Cu pintado de blanco y negro, están colocados alternativamente. La diferencia de temperatura entre la alta absorptividad del negro y la alta reflectividad del segmento blanco, crea una señal de aproximadamente de 8 mV por gm-cal/cm /min.

El elemento sensitivo, de 38 mm de diámetro es montado en una placa plana de color blanco.

Una cubierta de cristal de 70 mm de diámetro, cubre la placa sensitiva de la influencia del agua.

Aplicación. - Registra ininterrumpidamente la radiación solar, así como la radiación dispersa y la reflejada.

Instrumento útil usado para mediciones en el campo.

ESPECIFICACIONES. -SENSOR. -

TAMANO: 5.4"D x 3.6"H (13.5 cm x 9 cm)

PESO: 1.9 libras. (862 gms)

RESPUESTA EN EL ESPECTRO: 0.33 micrones

SENSITIVIDAD: Aproximadamente 8 mV, por gm-cal/cm
/min.

ORIENTACION DEL INSTRUMENTO: Hacia arriba, hacia
abajo o de lado.

IMPEDANCIA: Aproximadamente 35 ohms.

TIEMPO DE RESPUESTA: Aproximadamente 50 segundos.

ELEMENTOS SESORES: 6 segmentos negros y 6
segmentos blancos con contactos de termopila

TERMOPILAS: 72 uniones CrNi-Constantan.

CUPULA: Cristal esférico de 7cmtrs de diámetro.

Medidor de Heliofania. - Las horas de brillo solar, que es, el tiempo en cuál el disco solar es visible. Es de algún uso en la estimación de promedios largos de radiación solar. Dos equipos instrumentos son usados el Campbell - Stokes Sunsmine Recorder, usa una esfera de vidrio sólido de aproximadamente 10 cm. de diámetro que produce una imágen del sol en la superficie opuesta de la esfera.

Un papel tratado tipo va montado alrededor de la esfera sobre la base de sustentación de esta que sigue a su curvatura. La imágen solar, quema y marca en el papel la longitud de la parte quemada en el papel provee un índice de la duración del brillo solar.

Este instrumento no responde a bajos niveles de radiación y las condiciones del papel, pueden variar dependiendo de la humedad, es decir la interpretación de la porción quemada es incierta dependiendo de lo dicho. -

El registrador de brillo solar fotovoltaico, es un aparato nuevo en su uso. Este incorpora dos celulas fotovoltaicas, de las cuales una está

expuesta a la radiación y la otra está sombreada.

En ausencia de radiación solar directa, los dos detectores indican el mismo nivel de radiación. Cuando la radiación directa incide sobre la célula no sombreada, la salida de la célula es más alta que la de célula sombreada. La duración de la diferencia de radiación crítica detectada por celdas, es una medida de la duración del brillo solar.

Nosotros conocemos el aparato que se encuentra instalado en el laboratorio de energía solar de la ESPOL, el mismo que tiene las características siguientes:

R-431 REGISTRADOR DEL BRILLO SOLAR

Descripción.- Una bola esférica de vidrio tiene un diámetro de 96 mm, es usada para enfocar los rayos del sol en un papel sensible con lo cual se graba la duración del brillo solar para cada día. Este instrumento es normalmente instalado en un lugar donde no tenga obstrucción de ninguna clase

Su cuerpo de Aluminio, es montado en una base que no tenga problemas de vibración y donde es nivelado.

Las cartas son graduables con marcas de media hora y pueden ser leídas cada cinco minutos.

Aplicación.- Mide la duración del brillo solar a lo largo del día. Usado para obtener el tiempo total de brillo solar, si no está obstruida por nubes.

Especificaciones.-

SENSOR : Esféra de vidrio de 96 mm de
 diámetro

MARCADOR: Trazo quemado.

GRADUACION DE LA CARTA: Se le gradúa cada media
 hora.

TAMANO: (229mm x 191mm x 178mm).

PESO: 11 libras. (5.0 kgs).

PESO TOTAL: 25 libras. (11.4 kgs).

MARCADOR: Trazo quemado.



Fig 1.3 Medidor de Heliofanía.

Radiómetro.- Es un aparato que mide radiación neta, es decir la diferencia entre la radiación que llega (directa onda corta, difusa onda corta y larga) menos la radiación que sale (reflejada por el suelo y radiación emitida por el suelo).

En la cooperativa "Fco Rule" para la determinación de la radiación incidente se utilizó el aparato que a continuación detallamos.

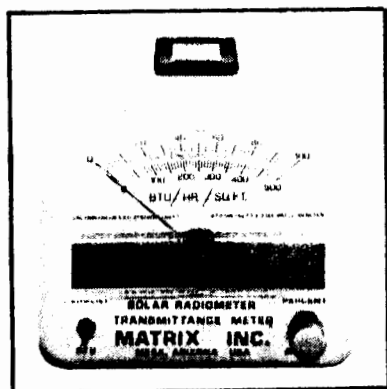


Fig 1.3 Radiometro solar portatil.

Descripción.- El R-422 radiómetro solar portátil, es un instrumento usado para la rápida medición de la insolación solar en paredes, sean éstas horizontales verticales u otras superficies directamente en Btu/hr/sq.ft. El aparato es compacto y es fácil de transportar. Puede ser usado para medir las cargas de calor en la paredes o cualquier superficie y también para determinar la efectividad del sombreado o el aislamiento de los materiales, la que se traduce en control térmico.

Cada R-422, es calibrado para el espectro solar completo por comparación con un radiómetro de

termopila standar a pleno brillo, es decir en un día claro.

Aplicación.- Este instrumento es extremadamente útil a diseñadores y es usado para dimensionar los dispositivos de control solar, arquitectura, ingeniería de calentamiento, aire acondicionado y está involucrado en el desarrollo de los colectores solares.

Especificaciones.- Usa un sensor, una célula de Silicón Fotovoltaica.

RESPUESTA EN EL ESPECTRO: 0.35 a 1.15 micrómetros.

Indicador de Medida.- Está provisto de una escala superior que nos provee lecturas en porcentaje de la transmitancia y reflectancia $\pm 2\%$. La escala inferior provee una lectura directa de la insolación solar en Btu/hr/sq.ft. $\pm 5\%$.

ENERGIA: No requiere de batería.

TAMANO: (140mm x 140mm x 64mm).

PESO NETO: 2 libras (0.9kg).

1.2. MEDIDORES DE VELOCIDAD DE VIENTO, TEMPERATURA, HUMEDAD Y PRECIPITACIONES. -

El interés de ésta evaluación se centra en el conocimiento y determinación de los parámetros que influyen en el bienestar térmico, logrado a partir del diseño bioclimático.

Parámetros, como RADIACION, TEMPERATURA, VELOCIDAD DEL VIENTO, HUMEDAD RELATIVA, son determinados en el sitio experimentalmente, usando para tal objetivo termómetros de bulbo de mercurio, termómetro de esfera, radiómetro solar, psicrómetro de bulbo seco húmedo y un anemómetro de resistencia, la dirección del viento la determinamos con la veleta.

Como dijimos la temperatura del aire fué determinada con termómetros de mercurio y por el termómetro de esfera en sitios de la vivienda que consideramos importantes.

El termómetro de globo, consta de una esfera de cobre y tiene un diámetro de 150 mm., pintada de negro en la cuál se coloca un termómetro de

mercurio, tal que su bulbo quede en el centro de la esfera, tiene una inercia de 15 min., pero transcurrido este tiempo su lectura da una combinación de la temperatura del aire y el efecto de cualquier radiación recibida o emitida. Se estima que en éste termómetro a un incremento de temperatura de 1 C más alto que el del aire corresponde un incremento de intensidad de radiación de 90 W/m.

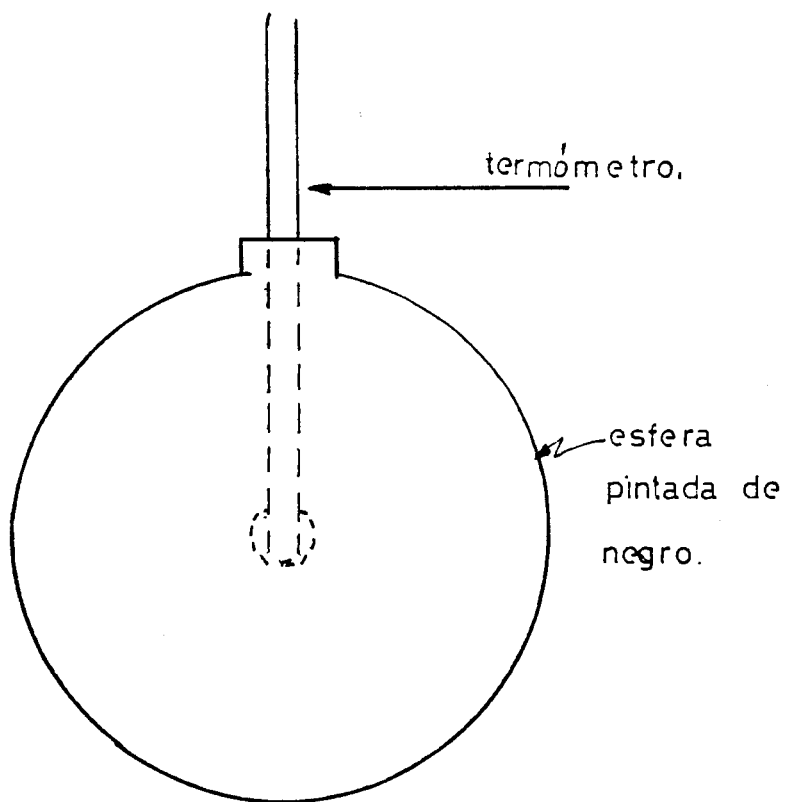


Fig 1.4 Termómetro de globo.

Los intercambios de calor del termómetro de esfera están dados por:

$$\text{Radiación} \quad R = hr(T_{mrt} - t_g) \quad (1.1)$$

$$\text{Convección} \quad C = hc(t_g - t_a). \quad (1.2)$$

T_{mrt} = Temperatura radiante media.

T_g = Temperatura del termómetro de globo.

T_a = Temperatura del aire.

Por equilibrio.

$$hr (T_{mrt} - t_g) = hc (t_g - t_a) \quad (1.3)$$

donde:

$$t_g = t_a + \frac{hr}{hr + hc} (T_{mrt} - t_a). \quad (1.3.a)$$

de aquí:

$$f_g = \frac{hr}{hr + hc} \quad (1.3.b)$$

Que depende de la velocidad del aire y del diámetro del termómetro del globo, para $D = 150$

mm; fg = 0,62.

En lo que respecta a la mediación de la velocidad de viento, hay que anotar que en la cooperativa Francisco Rule, éste tiene una velocidad baja, haciéndose necesario utilizar medidores de velocidad sencibles, tales como el termómetro de registrado en una escala calibrada que da una directa medida de la velocidad del aire, el anemómetro de resistencia está disponible para medir velocidades de aire entre 0 y 30 m/seg.

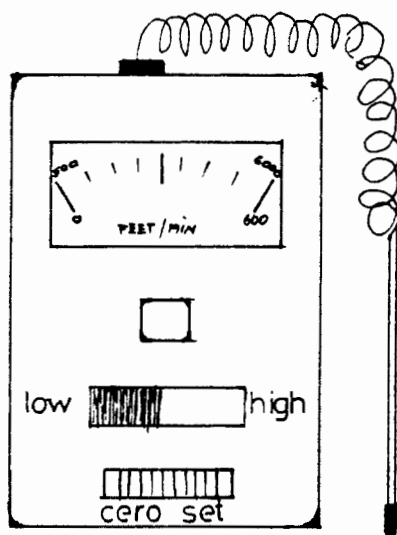


Fig 1.5 Anemómetro de resistencia.

La humedad fué evaluada como todos los datos, cada hora a partir de las 6 horas utilizando para el efecto un psicrómetro de bulbo seco y húmedo, éste está cubierto por una mecha humedecida, están montados en un marco provisto de escalas determinadas que van desde el 5 al 23.

El procedimiento seguido consiste en tomar la temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, anotamos la diferencia entre los dos, buscamos en las escalas, éste número y con la temperatura del bulbo seco determinamos la humedad relativa, para comparación utilizamos también la carta psicrométrica de la ASHRAE para una presión de 14.6 PSIA.

La evaporación desde la superficie de los océanos y continentes, son las fuentes de humedad de las precipitaciones.

Para que ocurra la precipitación se requiere de algún mecanismo que enfríe el aire para que llegue de esta manera cerca del punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas son necesarios para

que produzcan cantidades significativas de precipitación esto se logra cuando ascienden las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de procesos convectivos que resultan de radiaciones desiguales, las cuales producen calentamientos o enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmósfera.

La cantidad de lluvia caída en un tiempo determinado se expresa mm/mt² (un milímetro de altura en un metro cuadrado = un litro); los aparatos destinados a realizar estas mediciones se llaman pluviómetros y están constituidos en general por grandes embudos de diámetro conocido y colocados de modo conveniente para recoger la lluvia deben estar bien protegidos contra las pérdidas, salpicaduras y evaporación.

1.3 CARTA PSICROMETRICA. -

Las formas de determinar el estado de una mezcla de aire y vapor consisten en utilizar termómetros de bulbo seco y húmedo, indicadores de punto de rocío o un medio indirecto de medir la variación de una propiedad sobre la que tenga influencia la humedad.

Por facilidad y por las condiciones del lugar, se ha creído conveniente en éste caso, utilizar la temperatura de bulbo seco y húmedo, variables que son independientes en la carta Psicrométrica y suficientes, para situar un punto y determinar el estado de la mezcla aire y vapor de agua.

Es necesario conocer como se puede establecer una carta para así saber las limitaciones de ésta y poder calcular las propiedades en otras condiciones.

La mayoría de cartas Psicrométricas utilizan la temperatura de bulbo seco y la relación de humedad como coordenadas básicas, aquí tomamos la carta tipo Mollier, con coordenadas entalpia y relación de humedad, el uso de estas coordenadas tiene varias ventajas.

Las líneas de temperatura termodinámica de bulbo húmedo, son perfectamente rectas y en general la mayoría de los procesos Psicrométricos comunes,

aparecen como una línea recta sobre el diagrama h,W.

La geometría fundamental de la carta Psicrométrica, está mostrada en la siguiente figura.

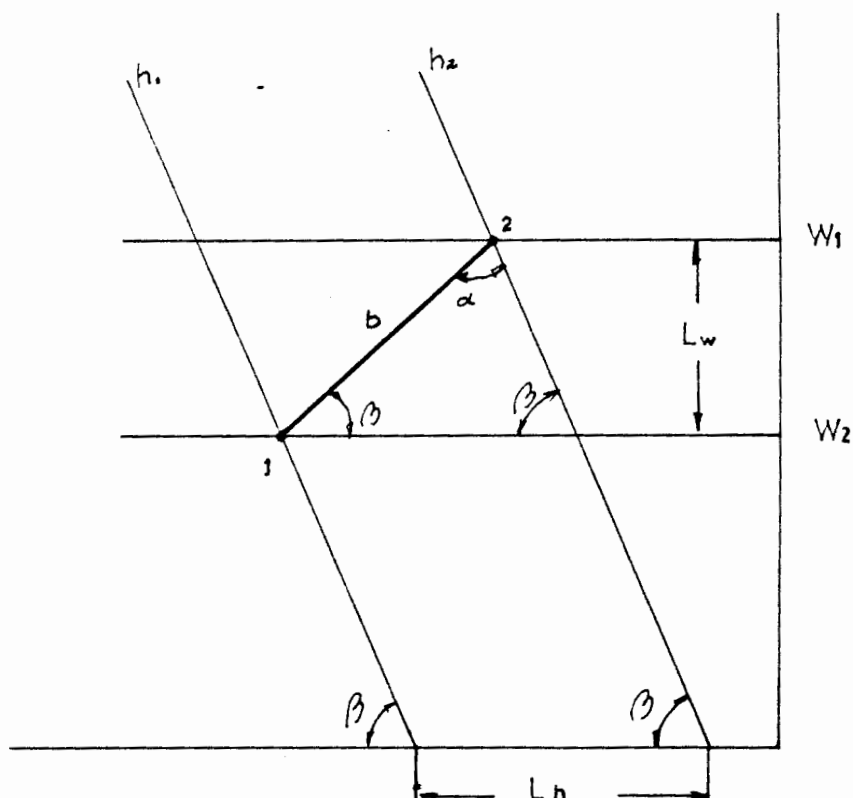


Fig 1.6 Geometría de la carta Psicrométrica.

Las líneas de entalpia, están inclinadas un ángulo β , con las líneas horizontales de W .

$$\cot \beta + \cot \theta = q'/s \quad (1.4)$$

Es la ecuación general para la construcción de las líneas rectas, sobre las cartas Psicrométricas. antes de poder dibujar algunas línea, debemos establecer el factor de escala S y el ángulo β .

El procedimiento para construir una carta Psicométrica, completa se analiza enseguida.

CURVA DE SATURACION.- Es el lugar geométrico de los puntos que representan el aire saturado y se grafican, tomando valores de h y W. Estos valores se toman de las propiedades del aire húmedo que se encuentra tabulado para una presión de 14.7 Psia. Para otras presiones barométricas usamos:

$$W_s = 0.623 \frac{P_{w,s}}{P - P_{w,s}} \quad (1.5)$$

$$h_s = 0.240 t + W h_g \quad (1.6)$$

LINEAS DE TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO: temperatura de bulbo húmedo se define como la temperatura indicada por un termómetro que tiene su bulbo humedecido e inmerso en una corriente de aire.

Para una línea de temperatura de bulbo húmedo constante tenemos:

$$\text{Cot } \theta = \frac{hf^*}{S} - \text{Cot } \beta \quad (1.7)$$

O sea que las líneas de temperatura termodinámica de bulbo húmedo son también líneas rectas.

LINEAS DE VOLUMEN.- Estas no son estrictamente rectas pero su curvatura es tan suave que puede ser dibujada como líneas rectas; usando la siguiente relación:

$$\text{Cot } \theta = \frac{0.001163 P_v + 854}{S} - \text{Cot } \beta \quad (1.8)$$

Para un valor escogido de v , puede encontrarse un valor de temperatura de bulbo seco en $W = 0$. Luego la línea de volumen puede ser trazada con el conocimiento de O .

LINEA DE HUMEDAD RELATIVA. -

$$W = 0.622 \frac{P_{w,s}}{P - P_{w,s}} \quad (1.9)$$

Con valores escogidos de O y de t podemos calcular valores de W y representar los puntos de una línea de humedad relativa constante.

Psicrómetro. - El termómetro de bulbo húmedo, consiste de un termómetro ordinario cuyo bulbo se cubre con una mecha de tela humedecida el mismo que se expone a una corriente de aire, cuando el instrumento hay un termómetro de bulbo seco y uno de bulbo húmedo al conjunto se le denomina Psicrómetro.

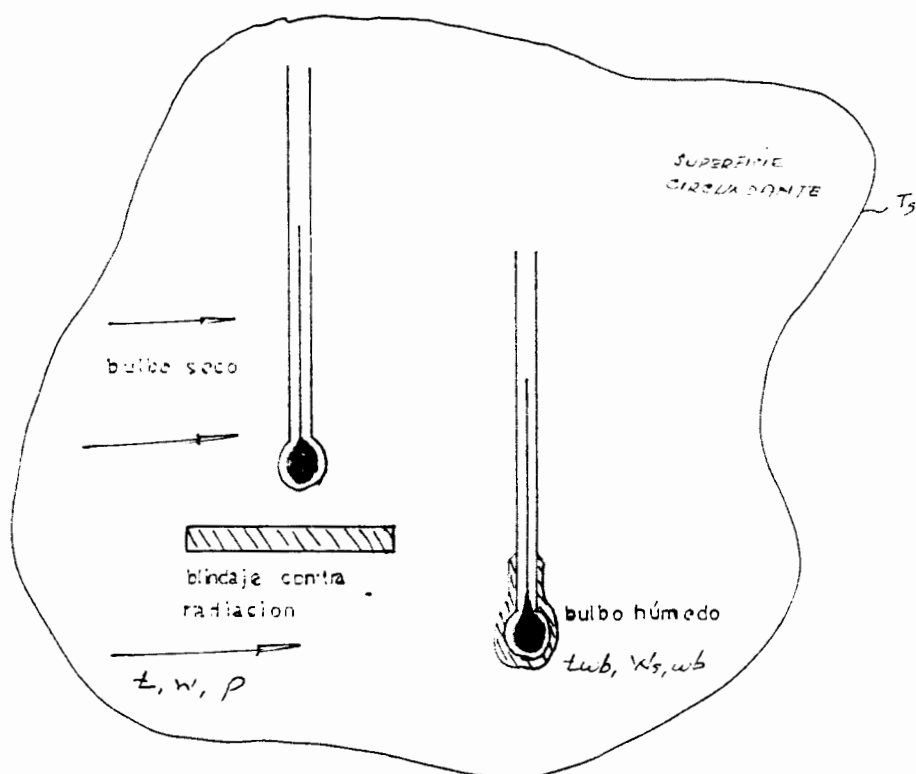


Fig 1.7 Psicrometro.

Hay que tener en cuenta los intercambios de calor, de los termómetros con el medio circundante y con el aire en movimiento, debe evitarse la transmisión de calor a lo largo del vástago por conducción y los intercambios por radiación a, o desde el termómetro.

En el sitio de pruebas, la velocidad, del viento es baja y las diferencias de temperatura entre las superficies circundantes y la del termómetro bulbo seco son pequeñas, entonces consideramos que la transferencia de calor por conducción a lo largo

del vástago es despreciable.

En estado estacionario para el termómetro de bulbo seco tenemos:

$$h_c (t_{db} - t) = h_r (t_s - t_{db}) \quad (1.10)$$

o lo que es lo mismo:

$$t = t_{db} - \frac{h_r}{h_c} (t_s - t_{db}) \quad (1.10.a)$$

Con lo cual calculamos temperatura de bulbo seco del aire.

Para termómetros de bulbo humedo tenemos:

$$h_D (W_{s,wb} - W) h_{fg,wb} = h_c (t - t_{wb}) + h_r (t_s - t_{wb}) \quad (1.11)$$

m = Flujo de masa de vapor de agua.

h_D = Coeficiente de transferencia de masa por convección.

* K = Coeficiente de bulbo humedo.

1.4 CARTAS SOLARES.-

Una carta solar, es una representación gráfica sobre un plano de las trayectorias aparentes del sol, desde un punto de la superficie de latitud dada.

En la construcción gráfica o cilíndrica de las trayectorias del sol en la bóveda celeste sobre una superficie plana o cilíndrica se representan las posiciones del sol en algunos días significativos del año, como pueden ser los solsticios y equinoccios indicando las horas y pudiendo leer su altura y azimut, teniendo en cuenta que las horas representadas son las horas solares.

Atendiendo el tipo de proyecciones utilizadas podemos clasificar las cartas solares de la manera siguiente:

CARTAS SOLARES DE PROYECCION.

Ortogonal.

Cilíndrica.

Equidistantes o de Postel.

Estereográfica.

Gnómica.

En el sistema Ortogonal las proyectorias del sol se proyectan ortogonalmente en el plano horizontal. Tiene el inconveniente de que dichas trayectorias se representan como elipse, las cuales son tangentes a la circunferencia en que la bóveda celeste corta al plano horizontal.

Ejemplo de esta proyección es la carta de Fisher.

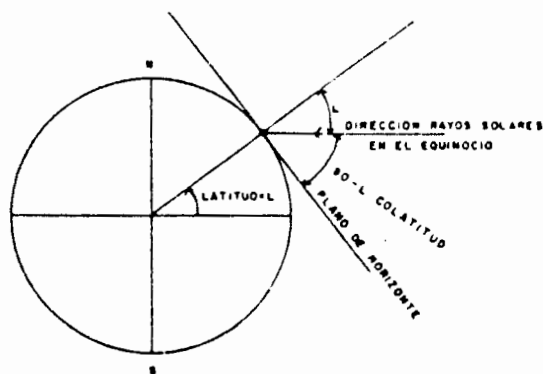


Fig 1.8 Proyección de la carta Fisher.

La proyección cilíndrica, supone un grado de complejidad mayor que el anterior, puesto que primero se realiza una proyección cónica sobre el cilindro y después se desarrolla éste sobre un plano. Este sistema se utiliza especialmente para el estudio de obstáculos solares.

La proyección equidistantes o de Postel, consiste en un sistema aproximado para desarrollar la semiesfera celeste sobre un plano, tiene la ventaja de representar los intervalos en altura a la misma distancia.

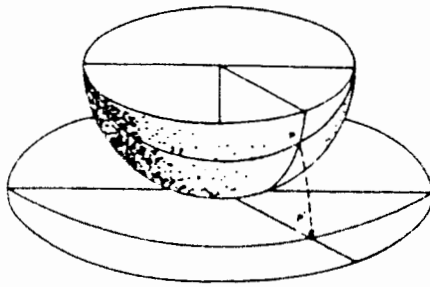


Fig 1.9 Proyección de Postel.

La proyección Estereográfica es una proyección cónica de los puntos de una superficie esférica, desde uno de ellos sobre un plano perpendicular al diámetro.

Para conocer el estudio de obstáculos y protecciones solares se conocen dos:

-Cónica sobre la superficie esférica.

-Estereográfica sobre el plano horizontal.

La proyección Gnómica nos permite construir el reloj de sol mediante un estilete o varilla de longitud, conocida y apoyada uno de sus extremos en un plano (generalmente horizontal a efectos prácticos para estudio de soleamiento) obtenemos la sombra del extremo superior de la varilla al incidir sobre está, los rayos del sol. Las líneas de sombra, se pueden construir geoméricamente sabiendo que son el resultado de la intersección de un cono de revolución con el horizontal, siendo por tanto cónicas. Las líneas horarias son rectas y se unen en un punto. Su uso es ventajoso al estudiar el asoleamiento del edificio por medio de modelos reducidos.

1.4.1 CARTA SOLAR ESTEREOGRAFICA.

La proyección estereográfica, representa las trayectorias aparentes del sol, en la bóveda celeste o lo que es lo mismo la proyección cónica de la esfera sobre un plano. Esta proyección tiene la propiedad de transformar en círculos, los círculos situados en la esfera, facilitando los trazos, además tiene como ventaja la conservación de los ángulos.

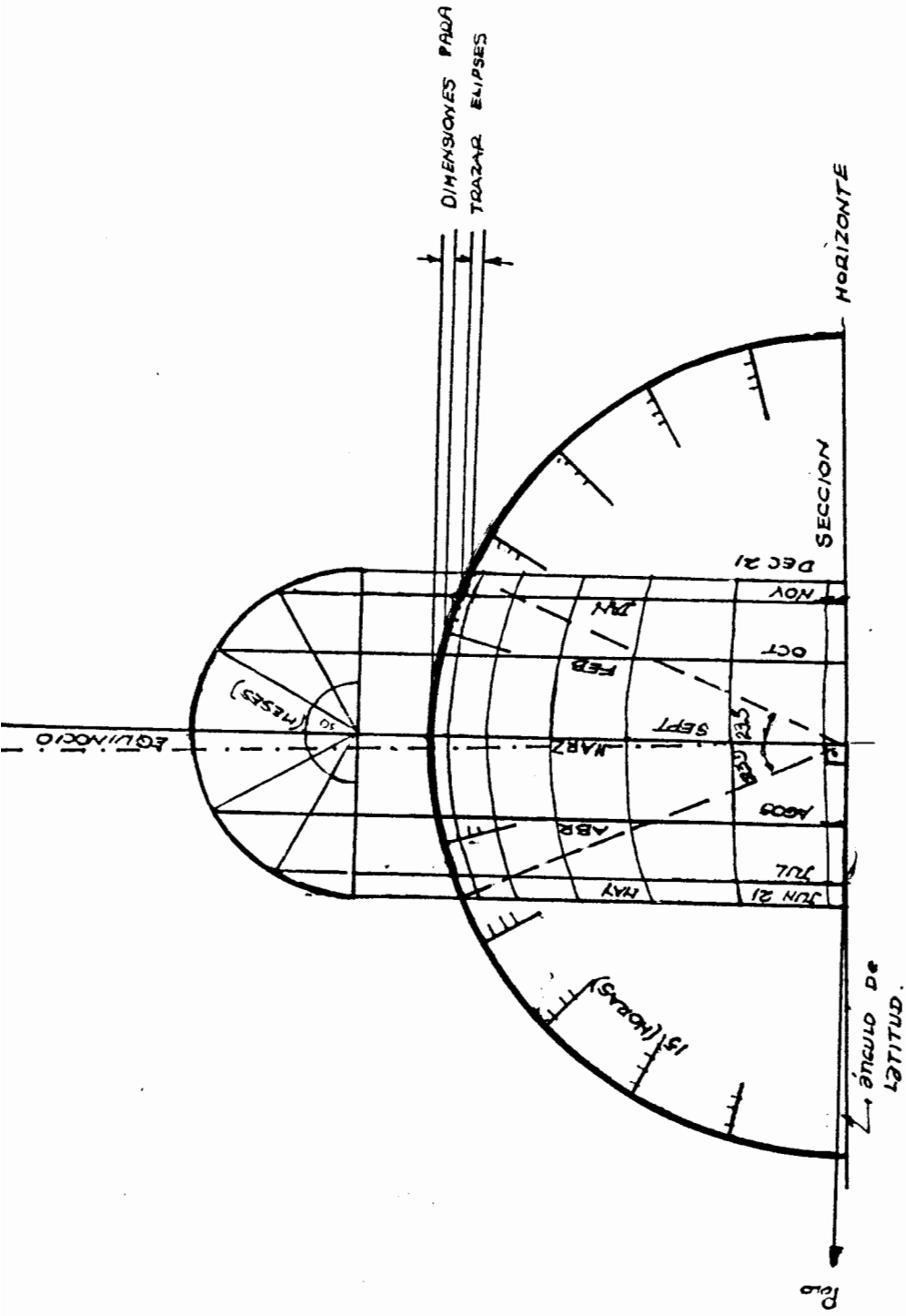


Fig 1.10 Proyeccion de las trayectorias solares en el horizonte.

En dicho diagrama, se representan también las líneas horarias, que son arcos y que por ser representaciones de círculos de la esfera pasan por el eje del mundo.

1.5 DIAGRAMAS DE ISOPLETAS DE TEMPERATURA SOL-AIRE.

La evaluación de aleros, lo vamos hacer geoméricamente utilizando para este fin el diagrama de las trayectorias solar de donde comparamos con los valores teóricos el período de sombra logrado.

Si bien no utilizaremos los diagramas isopleticos de temperatura sol-aire en la evaluación hay que resaltarlos en el sentido de que al considerarlos en la determinación del periodo de sombra tomamos en cuenta un parámetro, que para el presente estudio es fundamental considerar, la radiación.

Para esto nos valemos de datos horarios para el día crítico, en cada mes y para cada orientación de las paredes.

La variación anual y diaria se muestran en los diagramas de isópletas.

Para construir tales diagramas, hay que conocer los datos de temperatura del aire, la humedad, la temperatura radiante media y la velocidad del viento en un día típico de cada mes del año, al menos en intervalos de dos horas.

1.6. TABLAS DE MAHONEY.

C. Mahoney ha construido una serie de tablas con las cuales se pueden hacer un diagnóstico del clima, para que el proyectista tome las decisiones del caso.

Así:

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 indicaciones climáticas.

La tabla #3, traslada esto a especificaciones de

funcionamiento o recomendaciones para el diseño esquemático.

Estas tablas, se pueden usar para el diagnóstico de cualquier clima.

TABLA # 1.

La tabla # 1, se usa para reunir datos de temperatura, humedad, lluvia y viento.

Después de rellenar la identificación de la situación, se procede de la manera siguiente.

1) De los datos meteorológicos obtenidos, se escriben en las dos primeras líneas, los valores de la temperatura de aire máximo, medio y mínimo medio mensuales. Se redondean todos los valores al 0.5.C más próximo.

2) Se halla la diferencia media para cada mes entre los valores máximo, medio y mínimo medio.

3) En la casilla situada a la derecha, se escriben el más alto de los doce valores máximo y el más bajo de los valores mínimos.

4) Se suman estos dos valores y se divide el

resultado por dos, con lo que obtiene la temperatura media anual, y se escribe este valor en la casilla designada mediante TMA.

5) Se halla la diferencia entre dos valores, restando mínimo medio más bajo del máximo medio alto, lo que da la diferencia media anual y se escribe este valor en la casilla DMA.

HUMEDAD, LLUVIA, VIENTO.

Para la humedad relativa, el procedimiento es el siguiente:

a) De los datos meteorológicos recopilados, se toman los valores máximos medios mensuales (Lecturas matutinas) y los mínimos medios mensuales (lecturas después del medio día) de la humedad relativa HR en las dos primeras líneas.

b) La humedad media de cada mes, se logra sumando estos dos valores y dividiendo para dos. Estos valores se escriben en la tercera línea.

c) se establece el grupo de humedad de cada mes (1,2,3,4) según las categorías siguientes:

HR media: por debajo del 30% = grupo 1

30-50% = grupo 2.

50-70% = grupo 3.

sobre del 70% = grupo 4.

c) En la línea quinta, se escriben los valores medios mensuales de agua de lluvia. Sumando estos doce valores, se halla el agua de lluvia total y anual y se escribe éste valor en la casilla separada al final de esta línea.

e) En las dos últimas líneas, se escriben las direcciones del viento dominante y del secundario en cada mes, basándose en los picos primeros de las tablas o cifras de frecuencia de viento.

TABLA # 2.

Da el diagnóstico y la secuencia a seguir, es la siguiente:

a) Escribir la temperatura mínima media y máxima mensuales en las líneas primeras y cuarta, éstos valores son dados por la tabla 1.

b) Se hallan los límites de confort superior e inferior para el día y la noche en cada mes, basándose en la carta anteriormente anotada, definida por la temperatura media anual y el grupo de humedad de cada mes. Estos valores se escriben respectivamente en las líneas 2, 3, 5, 6.

c) Se comparan los límites de confort diurnos con la máxima media y los límites de confort nocturno con la mínima media y se establece la naturaleza de la sollicitación térmica poniendo en las dos últimas líneas los siguientes símbolos:

C (caliente) Si la media está por encima del límite.

O (confort) Si la media está entre los límites.

F (frío) Si la media está por debajo del límite.

INDICADORES. -

Se usan seis indicadores:

Tres indicadores húmedos H1, H2, H3.

Tres indicadores áridos A1, A2, A3.

El Procedimiento a seguir consiste en comprobar en la Tabla #2. Los índices de tensión térmica (diurno y nocturno) y de la Tabla #1. El grupo de humedad, el agua de lluvia y la diferencia medio mensual de temperatura frente a la definición de los indicadores y se coloca una marca en las líneas del indicador apropiado, donde los datos del mes corresponden a la definición.

En la última columna se muestra el número de meses en que es aplicable cada indicador.

ESPECIFICACIONES. -

Las especificaciones que resultan de los indicadores anteriores los da la Tabla #3.

Las especificaciones recomendadas se agrupan bajo los ocho encabezamientos:

cruzada.

ABERTURAS. -

4) Las aberturas deben ser grandes entre el 40% - 80% del área total de las fachadas norte y sur, deben estar protegidas del sol, del resplandor, del cielo y de la lluvia.

PAREDES. -

5) Paredes externas deben ser ligeras, con capacidad térmica baja.

TEJADOS. -

6) Tejado ligero pero bien aislado, con capacidad térmica baja.

RESGUARDO DE LA LLUVIA. -

7) En invierno llueve copiosamente, por lo tanto es necesaria una adecuada protección.

3) En algunos casos la primera coincidencia seleccionará dos encabezamientos. En este caso se continuará mas hacia la derecha el proximo indicador dará la elección definitiva.

ENCABEZAMIENTO DETALLADOS. -

DISTRIBUCION. -

1) Los edificios deben estar orientados según un eje E-O, dando al N y S los frentes, logrando con esto la reducción de la exposición al sol.

SEPARACION. -

2) La separación de los edificios debe ser grande para lograr que haya buena penetración del viento, el espacio entre largas filas de edificios no debe ser menor que cinco veces la altura.

MOVIMIENTO DEL AIRE. -

3) Las habitaciones deben estar en una sola fila, con ventanas en las paredes norte y sur, asegurando el movimiento de aire mediante amplia ventilación

Distribución

Separación.

Movimiento del aire.

Aberturas.

Paredes.

Tejados.

Resguardo de la lluvia.

Los encabezamientos están enumerados y se da una breve descripción de ellos en la Tabla #3.

Los pasos a seguir son:

- 1) Transferir los totales del indicador de la Tabla #2 a la primera línea de la Tabla #3.
- 2) Donde el total del indicador cae entre valores dados en la Tabla #3, se coloca una marca frente al encabezamiento de especificación en la misma línea.

Solo puede haber una especificación recomendada bajo cada uno de los ocho encabezamientos. Será la primera a seis la que se llega cuando se observa la tabla de la izquierda a derecha.

Las tablas así desarrolladas sirven solamente como una ayuda para el diseñador.

Es indiferente si estas recomendaciones se toman como decisiones de diseño amplias y básicas o solo como especificaciones del funcionamiento requerido.

En cualquier caso se deben usar como restricciones, junto con muchos factores aparte de los climáticos, al formular el diseño esquemático.

1.5 LATITUD SUR

COOPERATIVA "Fco Rulo"

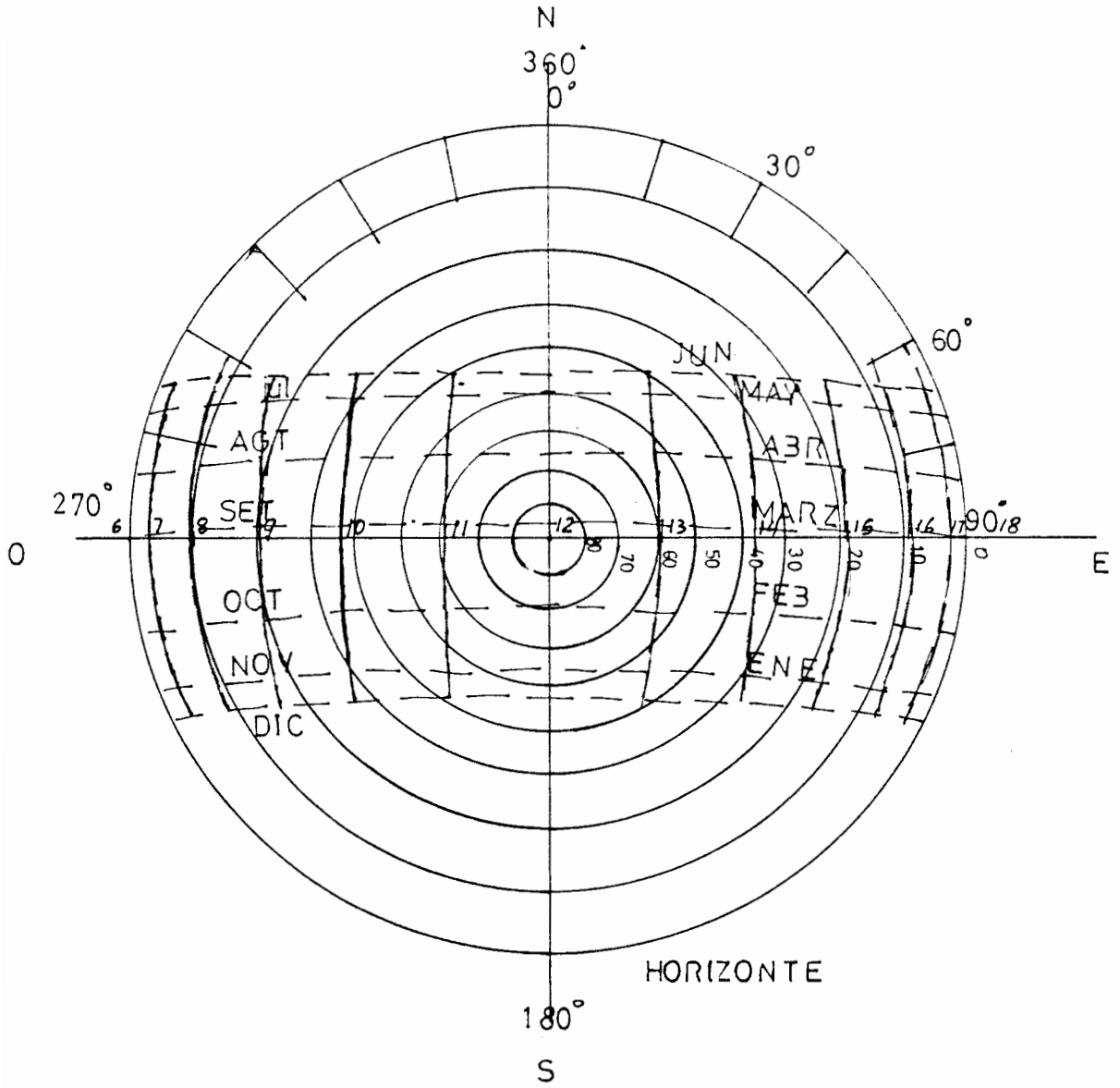


Fig.1.11 TRAYECTORIAS SOLARES.

TABLA 1

Situación	
Longitud	
Latitud	
Altitud	

Temperatura del aire: °C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Alto TMA	Baja DMA
Máx. mensual media													<input type="text"/>	<input type="text"/>
Min. mensual media													<input type="text"/>	<input type="text"/>
Diferencia media mensual													<input type="text"/>	<input type="text"/>

Humedad relativa: %

Max. media mensual por la mañana												
Min. media mensual por la tarde												
Valor medio												
Grupo de humedad												

Grupo de humedad: 1 Si la HR media: Por debajo del 30%

2 30-50%

3 50-70%

4 Por encima del 70%

Lluvia y viento

Agua de lluvia													<input type="text"/>	Total
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	-------

Viento dominante												
Viento secundaria												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Fig 1.12 Tabla 1 de Mahoney.

Límites de confort	TMA por encima de 20°C		TMA 15-20°C		TMA por debajo de 16°C	
	Diurna	Nocturna	Diurna	Nocturna	Diurna	Nocturna
Grupo de humedad: 1	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

TABLA 2
Diagnóstico: °C

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TMA
Máx. media mensual													
Confort diurno: superior													
inferior													
Mín. medio mensual													
Confort nocturno: superior													
inferior													
Solicitud térmica: diurna													
nocturna													

Indicaciones

Húmedo: H1		Totales
H2		
H3		
Seco: A1		
A2		
A3		

Aplicable cuando: Significativo:	Indicador	Solicitud térmica		Agua de lluvia	Grupo de humedad	Diferencia media mensual
		Diurna	Nocturna			
Maximización de aire exterior	H1	H			4	Menos de 10%
		H			2-3	
Maximización de aire desahable	H2		O		4	
Resguardo de la lluvia necesaria	H3			Mas de 200 mm		
Capacidad térmica necesaria	A1				1-2-3	Mas de 10%
Dormitorios exteriores deseables	A2		H		1-2	
Protección contra el frío	A3	H	O		1-2	Mas de 10%
		C				

Fig 1.13 Tabla 2 Mahoney.

TABLA 3

Especificaciones recomendadas

Totales de indicadores de la Tabla 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3

			0-10				1
			11, 12		5-12		2
					0-4		

Disposición

Orientación norte-sur (eje mayor este-este)

Plan de patio compacto

11, 12							3
2-10							4
0, 1							5

Espaciado

Separación amplia para penetración de brisa

Como 3, pero protección frente al viento caliente y frío

Distribución compacta de finca

3-12							6
1, 2			0-5				7
			6-12				
0	2-12						8
	0, 1						

Movimiento de aire

Habitaciones en fila simple, posición permanente para el movimiento del aire

Habitación en fila doble, posición temporal para el movimiento del aire

No se necesita movimiento de aire

			0, 1		0		9
			11, 12		0, 1		10
Cualquier otra condición							11

Aberturas

Aberturas grandes 40-80 %

Aberturas muy pequeñas 10-20 %

Aberturas medias 20-40 %

			0-2				12
			3-12				13

Paredes

Paredes ligeras, corto tiempo de retardo

Paredes internas y externas sólidas

			0-5				14
			6-12				15

Tejados

Tejados ligeros, aislados

Tejados sólidos, más de 8 h de tiempo de retardo

				2-12			16
--	--	--	--	------	--	--	----

Dormitorios exteriores

Se necesita espacio para dormitorios exteriores

		3-12					17
--	--	------	--	--	--	--	----

Resguardo de la lluvia

Necesaria protección contra la lluvia copiosa

Fig 1.14 Tabla 3 Mahoney.

Totales de los indicadores de la tabla 2

H1	H2	H3	A1	A2	A3

TABLA 4

Recomendaciones de detalles

Tamaño de las aberturas

		0, 1		0	1	Grande: 40-80%
		2-5		1-12	2	Medio: 25-40%
		6-10			3	Pequeño: 15-25%
		11, 12		0-3	4	Muy pequeño: 10-20%
				4-12	5	Medio: 25-40%

Posición de las aberturas

3-12					6	En las paredes norte y sur a la altura de un hombre y a barlovento
1-2			0-5			
			6-12		7	Como anteriormente, aberturas también en las paredes interiores
0	2-12					

Protección de las aberturas

				0-2	8	Evitar la luz solar directa
		2-12			9	Proteger de la lluvia

Paredes y suelos

			0-2		10	Ligeras, baja capacidad térmica
			3-12		11	Pesadas, tiempo de retardo de más de 8 h

Tejados

10-12			0-2		12	Ligeras, superficie reflectora, cámara
			3-12		13	Ligeras, bien aislados
0,9			0-5			
			6-12		14	Pesadas, tiempo de retardo de unas 8 h

Características externas

				1-12	15	Espacia para dormir al exterior
		1-12			16	Adecuado drenaje para la lluvia

Fig 1.15 Tabla 4 de Mahoney.

C A P I T U L O I I

CARACTERISTICAS CLIMATICAS DEL LUGAR Y SU INFLUENCIA EN LA OPTIMA UTILIZACION DE LA ENERGIA SOLAR, EOLICA BIOGAS.

2.1 DETERMINACION DE LOS DIFERENTES FACTORES CLIMATOLOGICOS QUE CARACTERIZAN EL CLIMA DEL LUGAR. -

Los factores climáticos globales, tales como radiación solar en la superficie de la tierra, inclinación del eje de la tierra, movimiento de aire y la influencia de la topografía contribuyen al clima de alguna área de la tierra.

Estos factores determinan la:

-Temperatura.

- Humedad
- Radiación solar
- Movimiento de aire
- Viento
- Condiciones del cielo

Para una localización específica podemos decir que la suma total de los factores climáticos dichos anteriormente determinan las necesidades de diseño para una vivienda solar.

En esencia, el clima es la condición dada con la cual la vivienda es diseñada.

Es decir esto sugiere que encontremos una definición adecuada para llegar a comprender esta aseveración, así.

La definición que da el diccionario WEBSTER es como sigue:

El clima, es el curso promedio o condición del tiempo en un lugar, sobre un periodo de años.

Como el tiempo es el estado momentáneo del medio ambiente atmosférico, (temperatura, velocidad del viento, precipitaciones, etc.) en alguna localidad particular, el clima también puede ser definido como la suma total de todos los tiempos que ocurre en algún lugar.

El clima está influenciado directamente por el sol y por las condiciones físicas de la tierra tales como:

- Cercanía a los océanos
- Presencia o ausencia de montañas
- Vientos predominantes

ELEMENTOS DEL CLIMA.-

El clima en la tierra está influenciado por fuerzas térmicas y gravitacionales, presión regional, temperatura y diferencias topográficas, influyen las condiciones climáticas en una escala continental.

Las condiciones de tiempo que forma y define el clima local y regional son llamados los elementos del clima. Los cinco mejores elementos del clima

son:

- Temperatura
- Humedad
- Precipitaciones
- Movimiento de aire
- Radiación solar

Adicionalmente. -

- Condiciones del clima
- Vegetación
- Eventos metereológicos especiales

A continuación por medio de gráficas observamos las variaciones climáticas en los meses de evaluación determinamos en el sitio. Esto no llega a ser un análisis climático del lugar sino más bien sirve como medio para lograr un análisis comparativo con el diagnóstico teórico.

En la zona que hemos limitado en el mapa adjunto y que abarca zonas tanto de la costa y del oriente, lo que queremos lograr es tener un control termico y

un control del viento, para con ésto contrarestar los periodos de sobrecalentamiento, es decir la temperatura elevada, la humedad alta, estas características predominantes de clima cálido-húmedo y que son las características de partida para diseñar.

En estos casos lo conveniente es preguntarse antes que nada. Cuáles son las características o qué es lo que se tiene para comenzar?.

En estos climas podemos decir que: tenemos demasiado calor para confort el 40% del año y podemos decir que el 50% se lo puede considerar como confortable. Después de la evaluación, que es lo que se ha logrado.

Demasiado calor para confort 20%, el 80% del año se puede considerar confortable.

Esto se logra en base a las siguientes recomendaciones:







Construcciones para climas predominantemente caliente húmedos.

Mapa de actividades Localidad:

Estación:

	Tiempo. 2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00
Temperatura °C											
44											
40											
36											
32											
28											
24											
20											

Espacio y actividad:

Clave	 Hombres  Mujeres  Niños			 Temperatura del aire exterior  Temperatura del aire interior  Zona de confort							

Notas

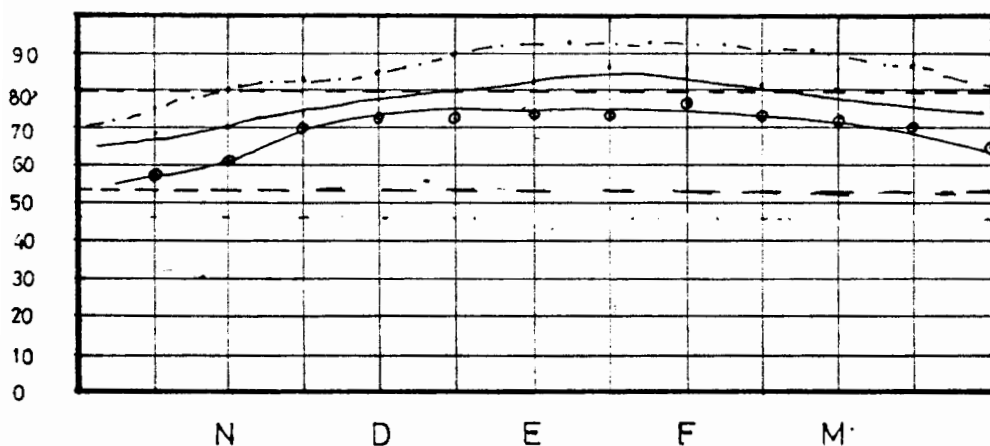
Fig 1.16 Tabla 5 de Mahoney.

- 1) Permitir ventilar la vivienda, localizando aberturas en la cara de presión positiva entre el 40% - 80% del área total.
- 2) Proteger la vivienda del sol.
- 3) Tomar en cuenta el intervalo de temperatura máxima y mínima diurna y nocturna.
- 4) Evitar la humedad adicional.

CONDICION CLIMATICA

Condiciones de temperatura promedio para la cooperativa. "FRANCISCO RULE."

FIG 2.1



- Temperatura con fortable.
- · - · - Temperatura máxima en la tarde.
- Temperatura diaria promedio.
- - - Temperatura minima en la mañana

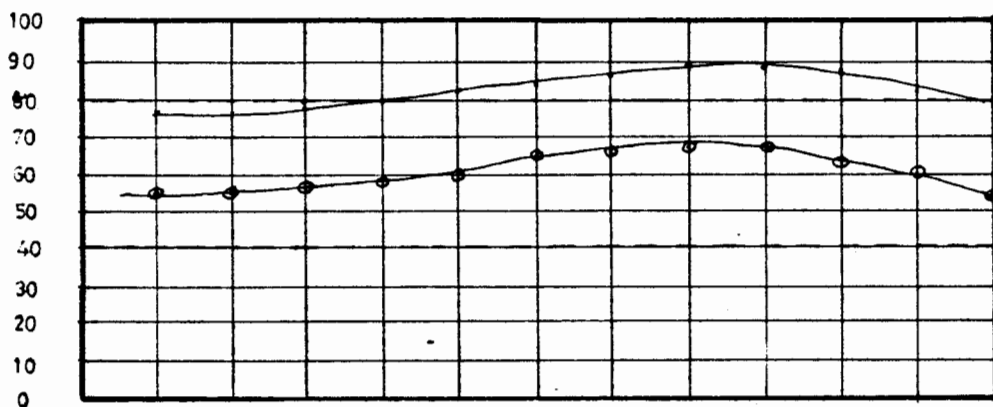
Confor es el rango de temperatura y humedad en la cual una mayoría de gente agrupada en una actividad normal tienen satisfacción térmica.

Los requerientos de confort asociado con el uso funcional del edificio son las formas básicas de demanda energética. El confort no está basado en

en condiciones de temperatura solamente,

CONDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO.

FIG 2.2



N D E F M

--- Rango humedad confortable.

— Humedad promedio mañana.

—○— Humedad promedio tarde.

En este clima, los efectos de humedad son significativos.

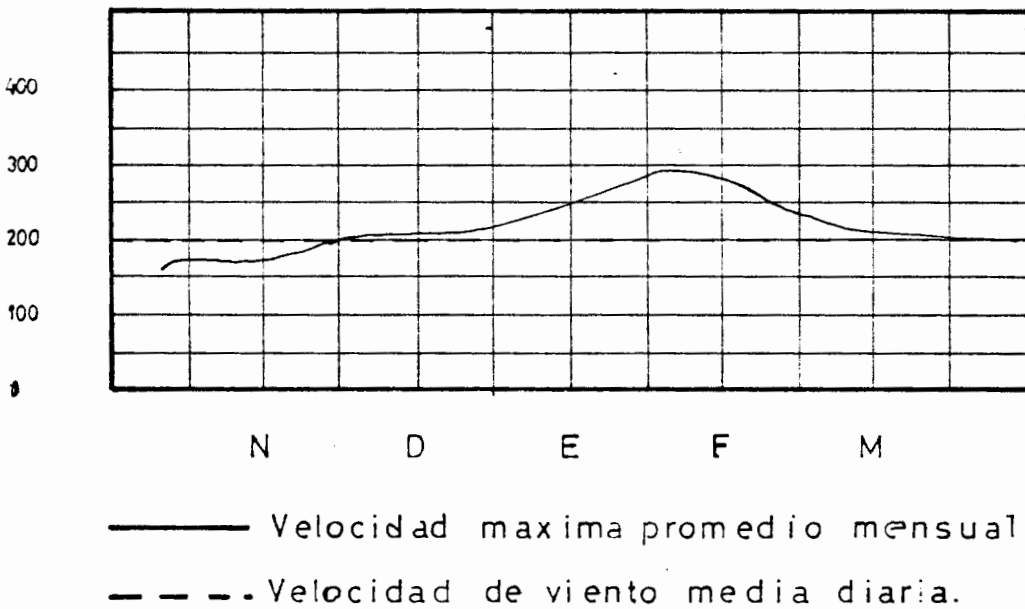
CONDICION CLIMATICA BASICA.

En esta area hay demasiado calor para o tener confort principalmente debido a la alta humedad.

El clima y el confort no son puramente una función de la temperatura y humedad. Los efectos de radiación solar y viento, pueden mejorar significativamente con el aprovechamiento adecuado, el confort buscado.

CONDICION BASICA: TEMPERATURA Y HUMEDAD.

FIG 2.3

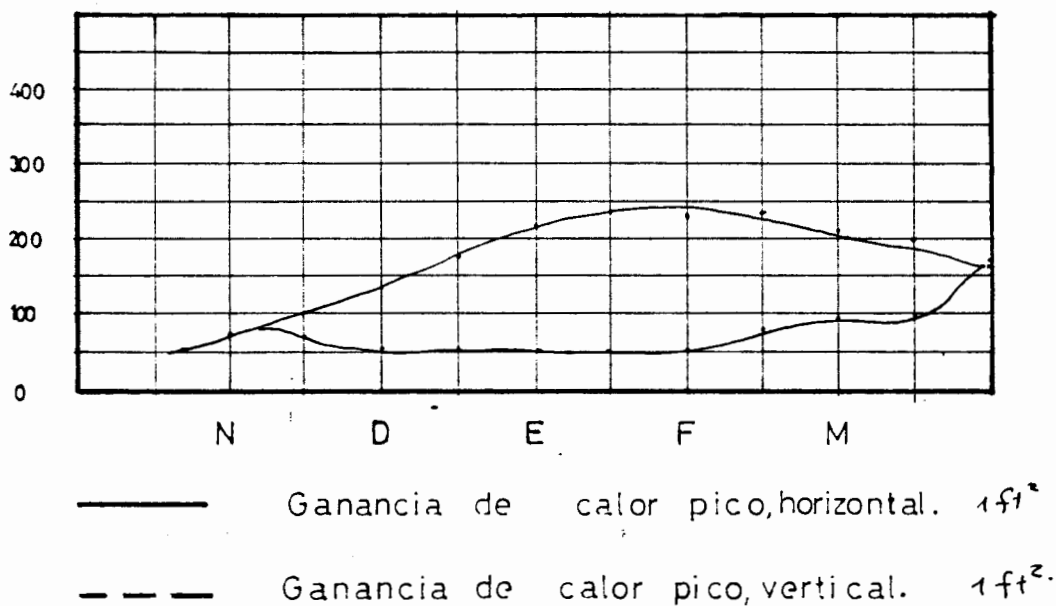


1. VIENTO: Ventaja cuando es demasiado caliente para confort.

En estos climas el viento, es usado para ventilar en forma natural y forzada, provee una efectiva ayuda de enfriamiento.

CONDICION BASICA: TEMPERATURA Y HUMEDAD.

FIG 2.4



2.- Una desventaja cuando es demasiado caliente para confort.

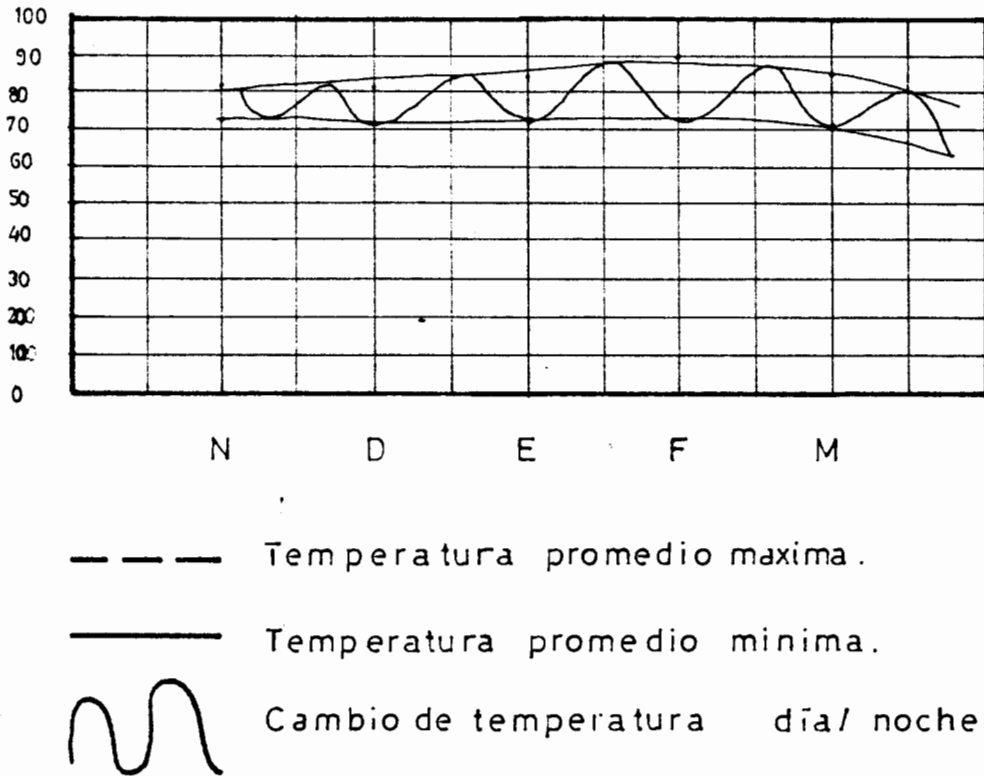
El sol puede causar algunos sobrecalentamiento durante periodos confortables y serios sobrecalentamientos cuando es bien caliente.

Por eso es necesario el uso de protecciones solares y aislamiento segun el caso.

CONDICIÓN BÁSICA: TEMPERATURA Y HUMEDAD

CAMBIOS DE TEMPERATURA DIURNO Y NOCTURNO

FIG 2.5



3.- CAMBIO DE TEMPERATURA DIA/NOCHE.

Su conocimiento es importante en lo que tiene que ver con la selección de materiales tanto para cubiertas como paredes.

2.2 CLIMOGRAMA DE LA COOPERATIVA "FRANCISCO RULE", BALZAR.

Es importante presentar los elementos climáticos en forma de climogramas, es decir regímenes simultáneos de temperatura del aire y de la humedad, así como radiación solar y velocidad de viento.

Todos los factores climáticos actúan simultáneamente sobre el edificio, ésta acción combinada provoca las "respuestas térmicas del edificio" respuesta que necesariamente se la debe plantear desde el punto de régimen periódico o variable lo que es más ajustado a la realidad.

La cooperativa "Fco. Rule" del cantón Balzar se encuentra en la cuenca del río Daule con una altitud de 10 metros sobre el nivel del mar, a una longitud de 79 56 Oeste y a una latitud de 130 sur colocándose dentro de la faja que va desde el Ecuador hasta aproximadamente 15 N y S.

Las variaciones estacionales a lo largo del año varían escasamente, lográndose notar sin embargo

el periodo de invierno que le corresponde a los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril los meses restantes forman el verano.

La temperatura del aire, es decir temperatura de bulbo seco (TBS) alcanza a la sombra una máxima media durante el día de 27 a 32 grados centígrados, pero ocasionalmente pasa de éste último valor, por la noche la mínima media varía 21 y 27 grados.

La humedad, HR se mantiene alta la mayor parte del tiempo, es del 75% pero puede variar desde el 55 al 100%, la presión del vapor es muy uniforme, variando sólo de 2500 a 3000 N/m .

Las precipitaciones especialmente en invierno son elevadas variando de 200 a 500 mm.

La radiación solar, es en parte reflejada y en parte dispersada por el manto de nubes o el alto contenido en vapor de la atmósfera, por lo que la radiación que alcanza el suelo es difusa, aunque fuerte y puede producir un deslumbramiento molesto.

El contenido de nubes y vapor evita también la radiación saliente de la tierra y el mar hacia el cielo nocturno y en consecuencia el calor acumulado no se disipa fácilmente.

El viento se mueve con velocidad normalmente bajas, los periodos de calma son frecuentemente, pero pueden aparecer vientos con alguna fuerza.

La vegetación crece rápidamente debido a las fuertes lluvias y altas temperaturas y es difícil de controlar.

La elevada humedad acelera el crecimiento de verdín y de algas, la putrefacción y el enmohecimiento. Los materiales orgánicos de edificación tienden a desintegrarse rápidamente, abundan los mosquitos y otros insectos.

Esto es una definición general para clima cálido húmedo y es una caracterización del clima que impera en éste lugar, con los datos tomados "in situ", y con los criterios de confort que usaremos, vamos a establecer el mes crítico de sobrecalentamiento.

En base a los climogramas y el resultado final será comparado con resultados iniciales de diseño que fueron realizados con datos de microclima.

La elaboración de los climogramas involucran datos simultáneos de temperatura y humedad relativa.

1) Se grafican: .

- Temperatura máxima diaria promedio mensual (15)

- Humedad relativa, la mínima diaria promedio mensual 15

2) Temperatura Mínima (7)

Humedad Relativa (7-8)

3) Temperatura Diaria Promedio.

Humedad Relativa Promedio Diario Mensual.

El análisis hecho con los climogramas nos sirve para demostrar los logros de confort obtenidos.

En el climograma # 1, se graficaron los siguientes valores:

Temperatura máxima diaria promedio mensual que corresponde a los datos de temperatura a las 15 horas, datos tomados en el lugar.

Humedad relativa: La mínima diaria promedio mensual que corresponde a los datos de humedad relativa a las 15 horas.

Al observar el climograma # 1 realizado notamos que el mes sobrecalentado es Febrero, la temperatura máxima diaria promedio mensual 29 C. y una humedad relativa de 61%. Del climograma concluimos que en este periodo necesitamos ventilación debido a que, estamos traspasando la curva de 1 m/s de velocidad de aire.

Los datos graficados son valores de temperatura y humedad tomados dentro de la vivienda, es decir una comprobación de los resultados climatizados.

El climograma # 2 se grafican los siguientes valores:

- Temperatura diaria promedio
- Humedad Relativa: Promedio Diario Mensual.

Los meses de la evaluación, están ubicados dentro de la zona de confort demarcada por la temperatura y la humedad de diseño. Se nota, que toma la marca de ventilación que tiene el valor de 1 m/seg., en la cooperativa el valor promedio del viento es aproximadamente de 1 a 1.5 m/seg, lo que quiere decir que no hay problemas.

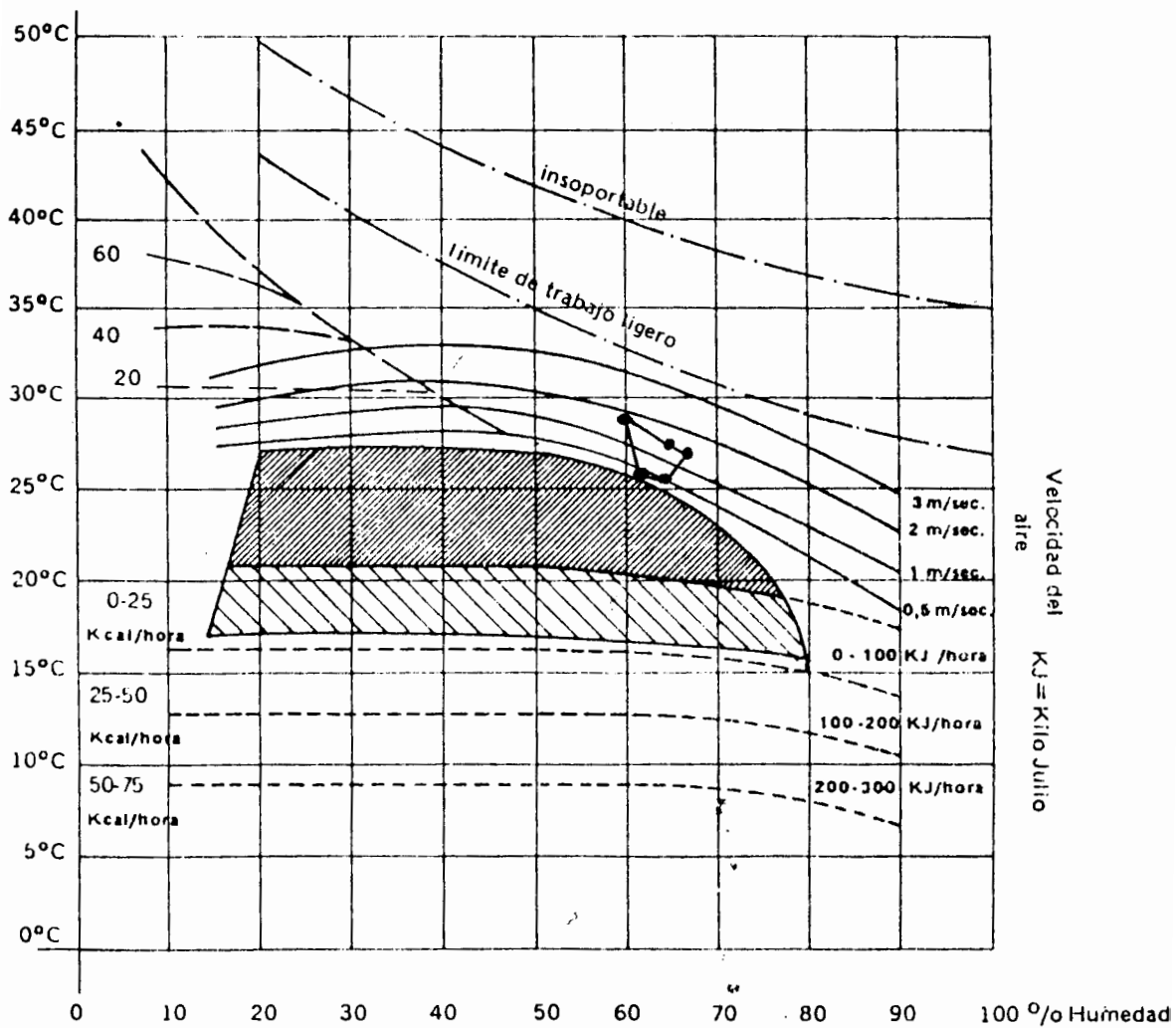
En el climograma # 3 se graficaron los siguientes valores:

-Temperatura: Mínima diaria promedio mensual que corresponde a los datos de temperatura registrados a las 7 horas.

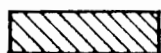
-Humedad Relativa Diaria promedio mensual que corresponde a los datos de humedad relativa a las 7 horas.

Es notorio en lo que respecta a la temperatura ésta dentro del rango de confort, no siéndolo así al observar la humedad donde el mes notorio por la alta humedad es Marzo. Así mismo, estos puntos caen dentro de las curvas de ventilación, que son características en ésta zona.

Así mismo es la graficación horaria determinamos que el día crítico es el 7 de Febrero siendo la hora crítica a las 15 horas.



Zona de confort hasta altitudes de 2 000 m



Extensión para altitudes 2 200 - 3 000 m



Extensión zona de confort para ventilación.



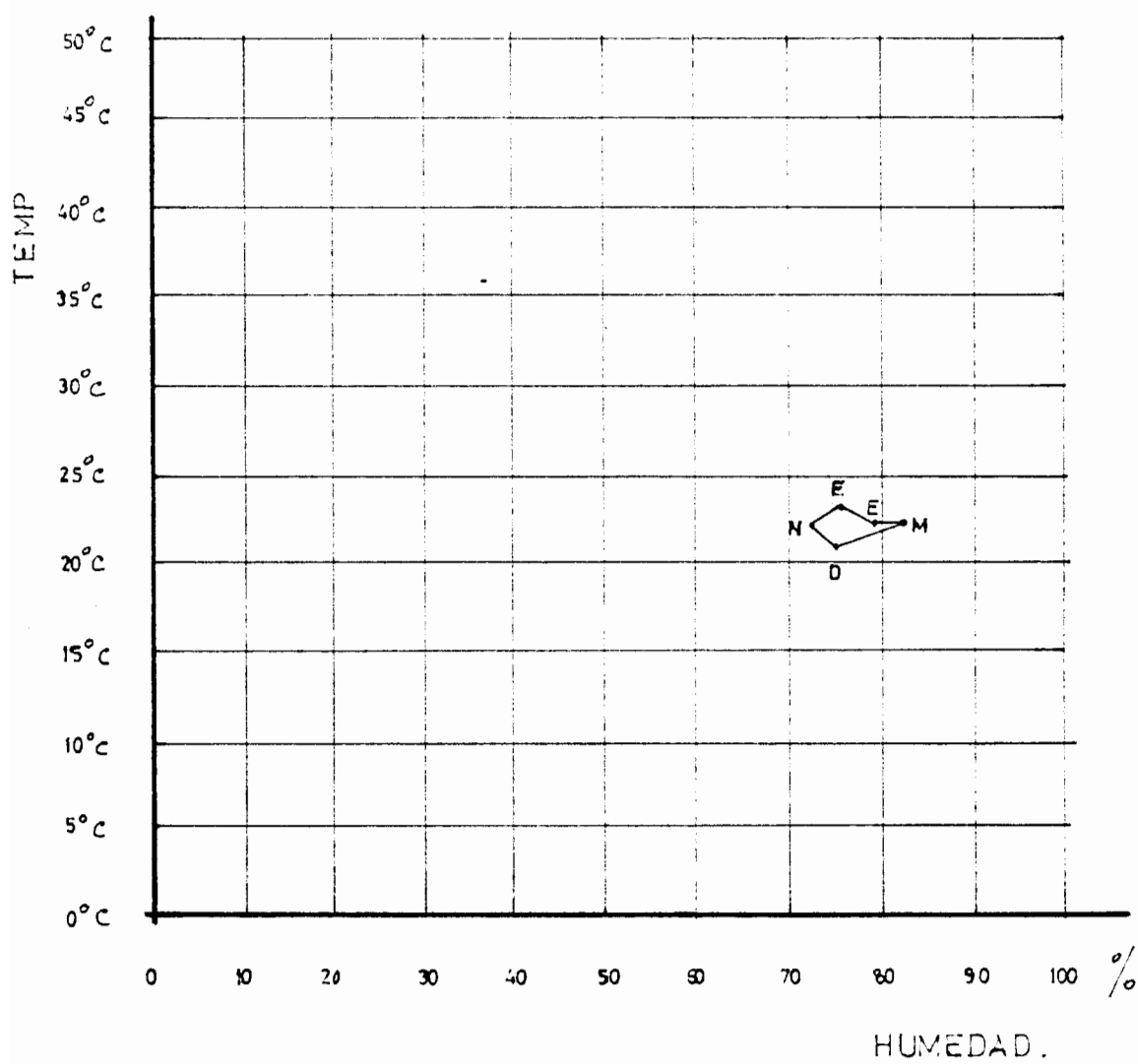
Extensión zona de confort para calefacción

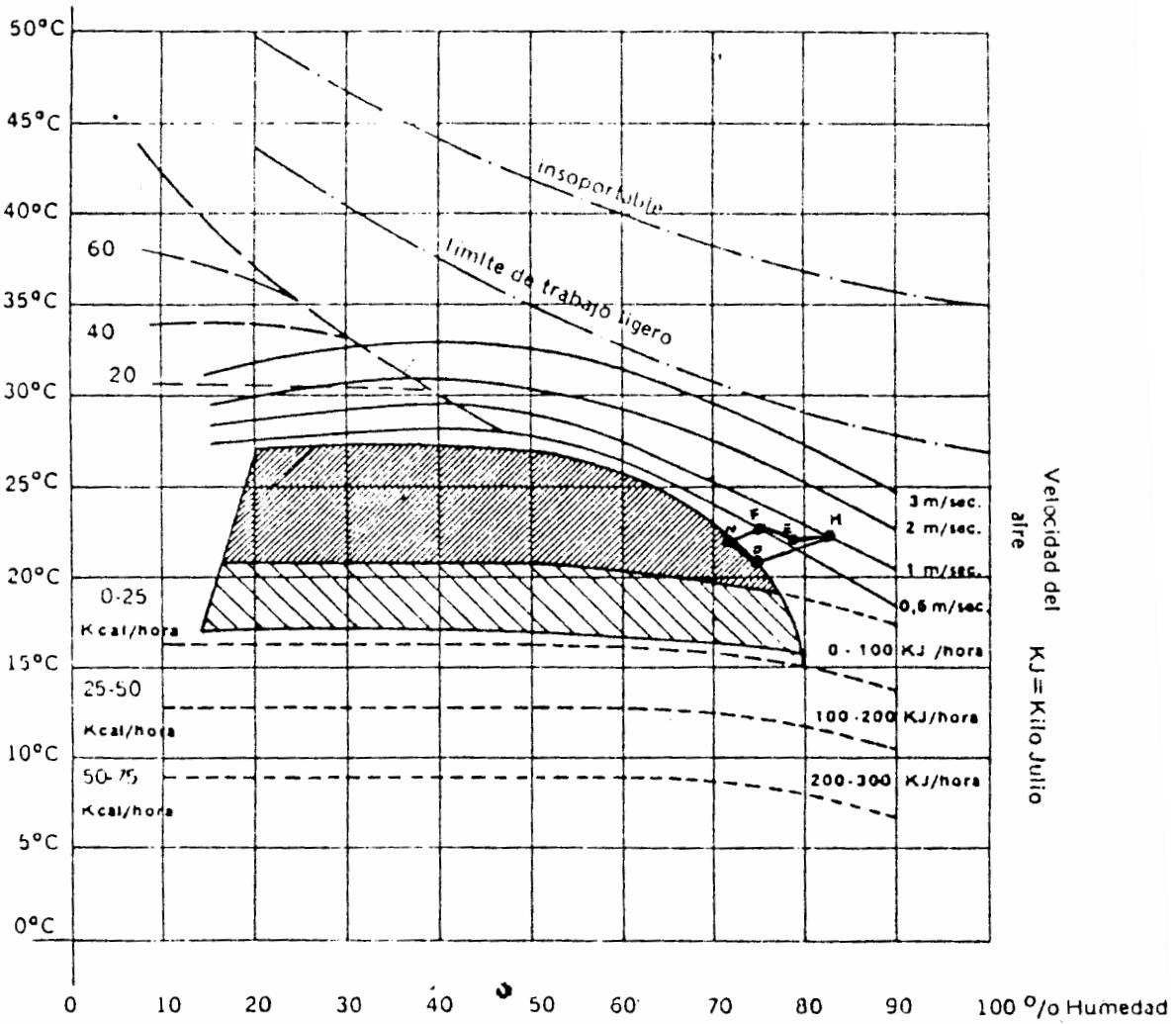


Extensión zona de confort para humidificación

gramos de agua por Kg de aire (1 Kg aire $35^{\circ}\approx 1 m^3$)

FIG 2.7 CLIMOGRAMA 1





Velocidad del
aire
KJ = Kilo Julio



Zona de confort hasta altitudes de 2 000 m



Extensión para altitudes 2 200 - 3 000 m



Extensión zona de confort para ventilación.

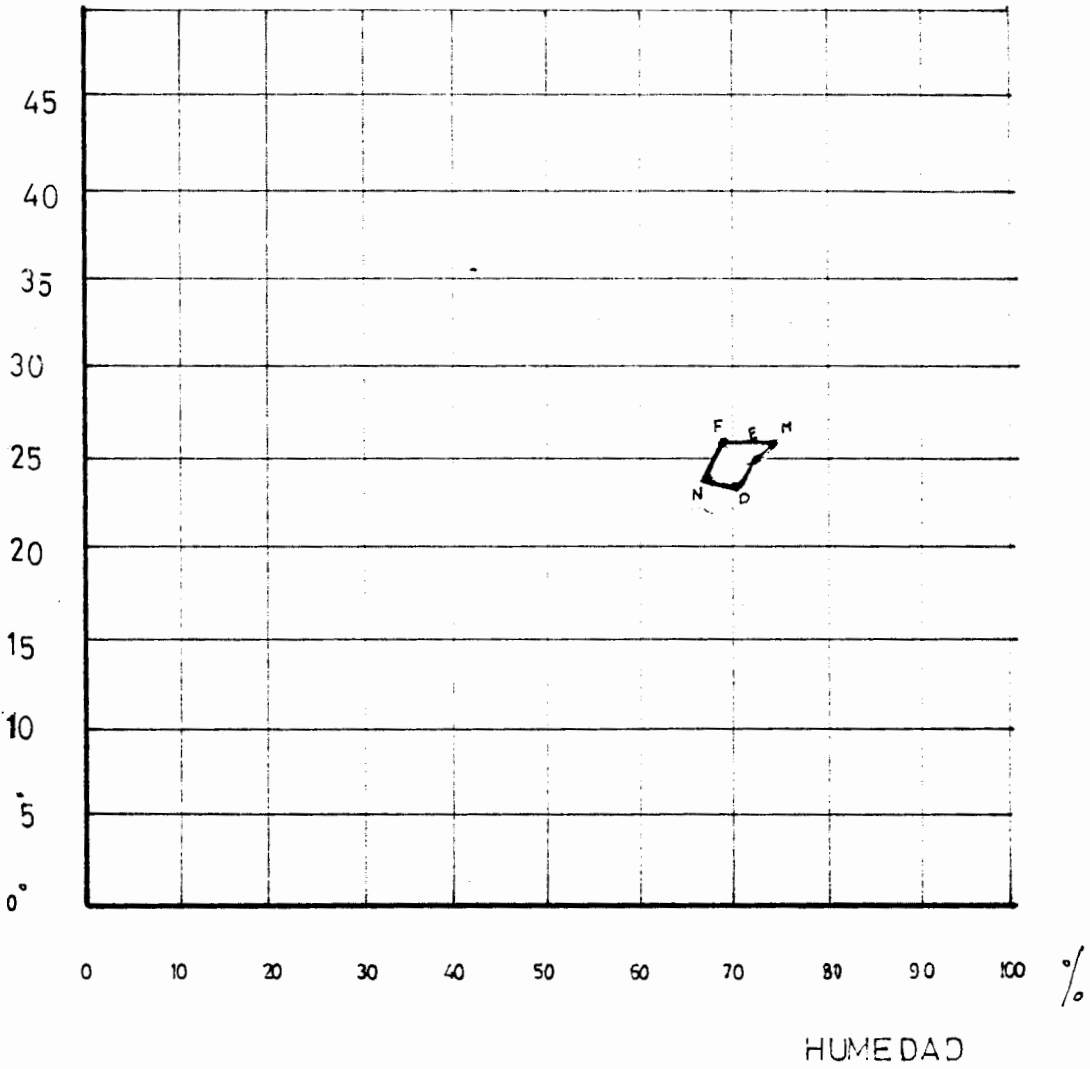


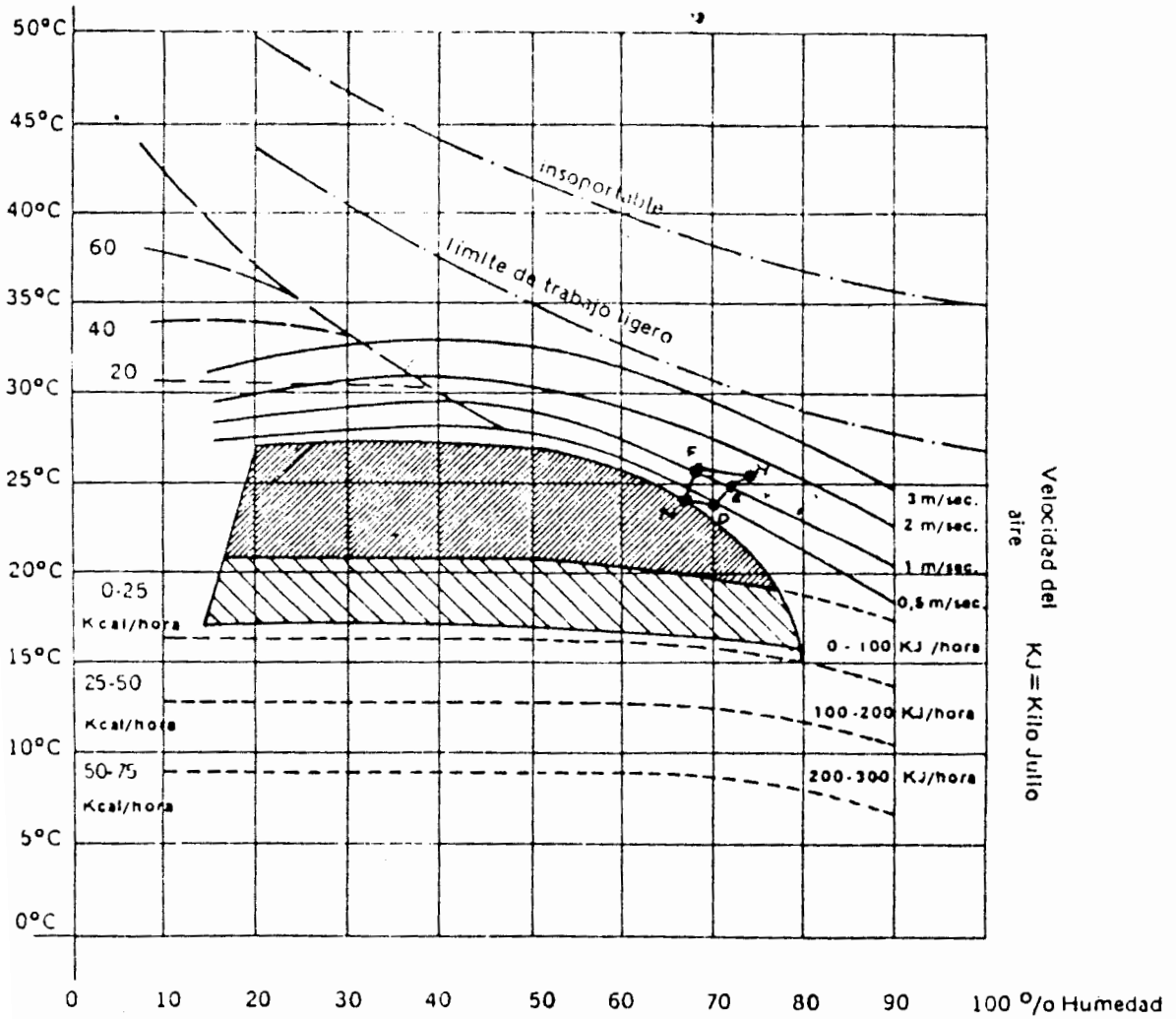
Extensión zona de confort para calefacción



Extensión zona de confort para humidificación
gramos de agua por Kg de aire (1 Kg aire 35^o ≈ 1 m³)

FIG 2.8 CLIMOGRAMA 2





Zona de confort hasta altitudes de 2 000 m



Extensión para altitudes 2 200 - 3 000 m



Extensión zona de confort para ventilación.

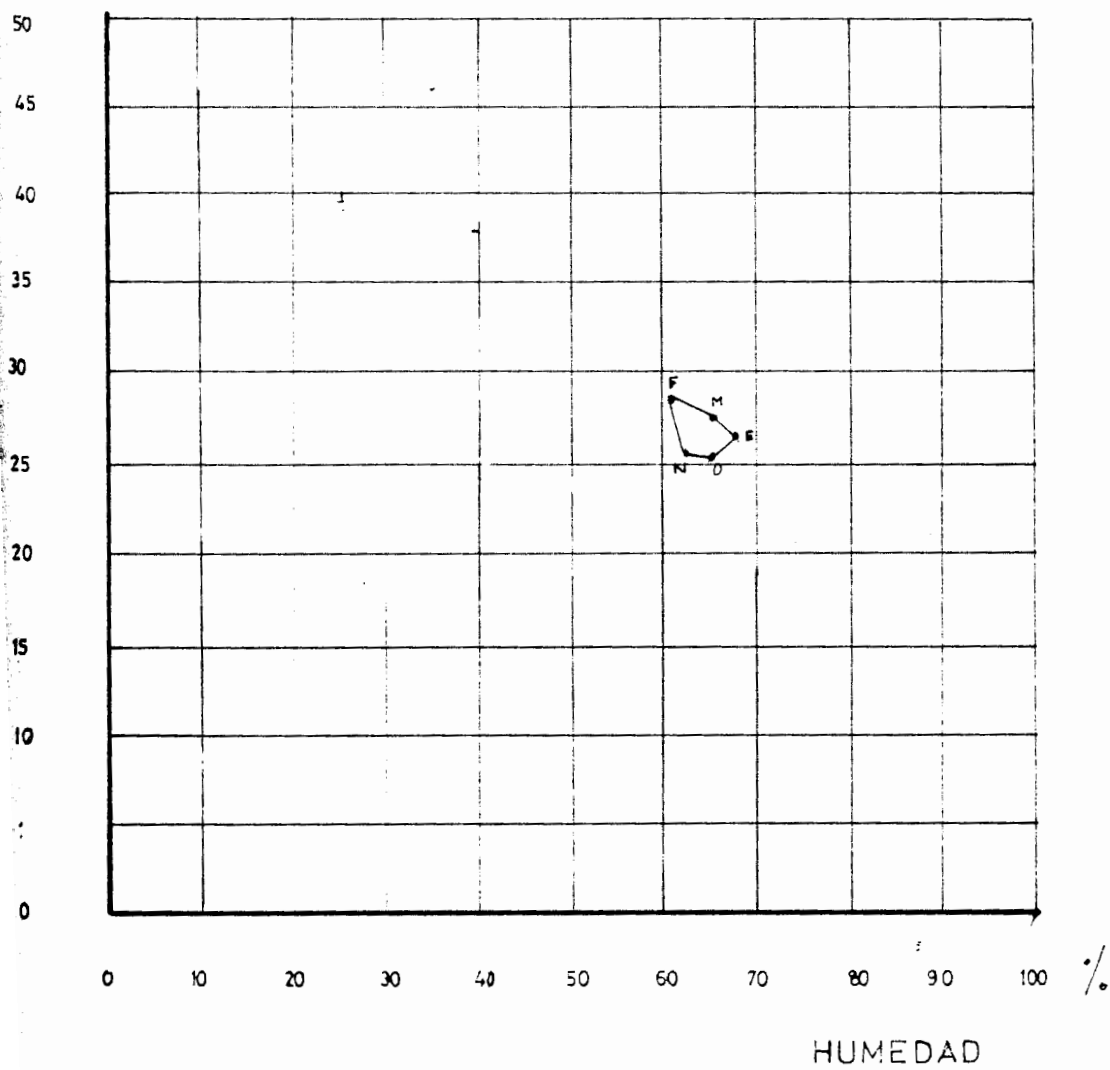


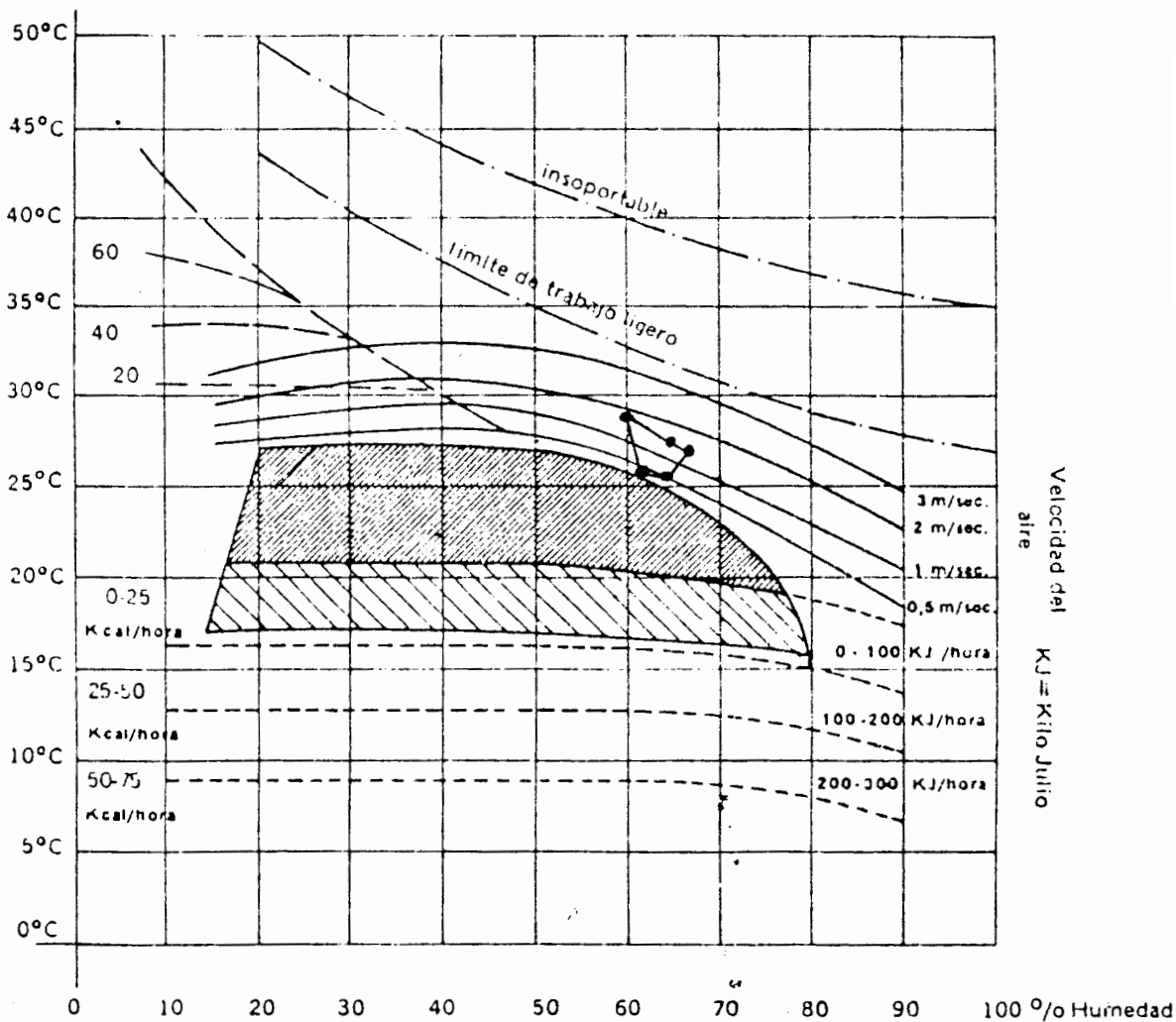
Extensión zona de confort para calefacción



Extensión zona de confort para humidificación
gramos de agua por Kg de aire (1 Kg aire $35^{\circ} \approx 1 m^3$)

FIG 2.9 CLIMOGRAMA 3





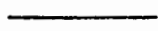
Velocidad del aire
KJ = Kilo Julio



Zona de confort hasta altitudes de 2 000 m



Extensión para altitudes 2 200 - 3 000 m



Extensión zona de confort para ventilación.



Extensión zona de confort para calefacción



Extensión zona de confort para humidificación
gramos de agua por Kg de aire (1 Kg de aire 35^o ≈ 1 m³)

2.3 DETERMINANTES DEL DISEÑO SOLAR. -

Se va a describir los factores que inciden en la utilización correcta de la energía solar haciendo una descripción breve de cada uno de ellos para así poder seleccionar el sitio y el diseño adecuado de la vivienda.

DETERMINANTES DEL DISEÑO SOLAR: C L I M A

Los factores climáticos que influyen en el diseño de la vivienda solar y sistema solares incluyen.

Tipo de radiación solar incidente en el sitio, directa, difusa, reflejada, el tiempo en el cual la demanda energética sea máxima.

Localización geográfica del sitio - inclinación del eje de la tierra que altera la relación sol sitio a lo largo del año. Sin embargo, la vivienda, el sitio o el sistema solar podrá ser acomodado a la variación del ángulo solar con el fin de asegurar una exposición adecuada a la radiación solar

o lo contrario. Atrapar la radiación solar en el rango de ultravioleta a infrarrojo - seleccionando un diseño apropiado y usando materiales adecuados.

La carga de enfriamiento o calentamiento debe ser expresadas en horas o días, cargas medias o promedios, semanal o mensual - En climas cálido-húmedo debe hacerse un estudio adecuado del viento, en razón de su importancia en lo que tiene que ver con la ventilación.

Las condiciones climáticas dadas y su estudio es el primer paso para comenzar a diseñar una vivienda solar diseñada un correcto sombreado selección del lugar apropiado para así poder usar la energía solar o controlar de acuerdo al clima y la circunstancia que interese ya sea esto calentar y enfriar.

Adicionalmente la demanda para calentamiento o enfriamiento puede ser reducida con una exposición adecuada, en todos los factores climáticos que puedan ser de beneficio o que sean indeseables para lograr un rendimiento térmico planeado deben ser tomados en cuenta.

DETERMINANTES DEL DISEÑO SOLAR: C O N F O R T

Los diseños del confort que influyen en el diseño de viviendas y sistemas solares incluyen.

Ganancias y pérdidas de calor en el cuerpo, grado de cada uno de ellos, todo esto está relacionado con la actividad, condición climática y preferencias térmicas.

La zona de confort humano, está relacionado a la región lugar, sitio idénticamente se necesita diseñar tipos de control térmico que reúnan condiciones para ubicar la zona de confort en los límites deseados.

Relación de fuentes de calor espacio ocupado control propio para colección solar, almacenamiento y distribución es básico para mantener el confort interior.

El propósito de los sistemas solares construcciones y otros controles térmicos es proveer un ambiente confortable a todas las personas que realicen

que realicen una actividad. Diseñadores y constructores, deben tener en cuenta esto cuando proyecten edificios en general y viviendas solares en particular.

Una vivienda que es diseñada para atrapar almacenar, y no distribuir la tremenda energía proveniente del sol es especialmente vulnerable a situaciones desfavorable al confort humano.

Las consideraciones adecuadas siempre serán para las personas que habitan las viviendas.

DETERMINANTES DEL DISEÑO SOLAR: CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION.

Las características que influyen en el diseño de viviendas y sistemas solares incluye.

Ganancias y pérdidas de calor, determinación de los requerimientos de calentamiento o enfriamiento.

Volumen el Área afecta los requerimientos de calentamiento o enfriamiento.

Area total de vivienda expuesta al ambiente exterior.

Orientación de la vivienda.

Composición y determinación de los materiales para la vivienda determinación del valor de la ganancia o pérdida de calor y si se puede usar el almacenamiento de energía solar.

Una construcción es el lugar dónde la demanda de clima y confort puede ser resuelto.

Los métodos para proveer confort humano y el diseño de edificios incluyen el uso de sistemas solares.

DETERMINANTES DEL DISEÑO SOLAR: SISTEMAS SOLARES

Los factores de un sistema solar que pueden influenciar en el diseño de viviendas solares, incluye lugares y sistemas.

Localización del colector solar, sean los colectores sueltos o integrados a la estructura del diseño.

Tipos de colectores y tamaños, dependiendo de las características térmicas, condiciones climáticas de vivienda, eficiencia del colector, requerimientos funcionales. Varios tipos de colectores pueden ser usados simultáneamente.

Orientación del colector solar, en nuestras latitudes generales deben de 10-20 grados orientados hacia el Sur o Norte dependiendo de la declinación solar sea esta positiva o negativa.

Pérdidas de calor por la base y lados del colector por lo que tendrá que ser apropiadamente aislado para reducir las pérdidas.

Tipos de almacenamiento y diseño.

Tamaño del almacenamiento, demanda de energía del edificio y variaciones climáticas.

- Tipos de distribución.

- Movimiento de aire.

El uso de sistema solares es crucial para la eficiente tarea de coleccionar y utilizar la energia solar ya sea su utilizaci3n para enfriar o calentar, etc.

2.4 RELACIONES SOL-SITIO EN MES, DIA, AÑO. -

El tipo de radiaci3n solar predominante en la zona, localizaci3n geogr3fica, inclinaci3n de los ejes alteran las relaciones del sol al sitio a lo largo del a3o.

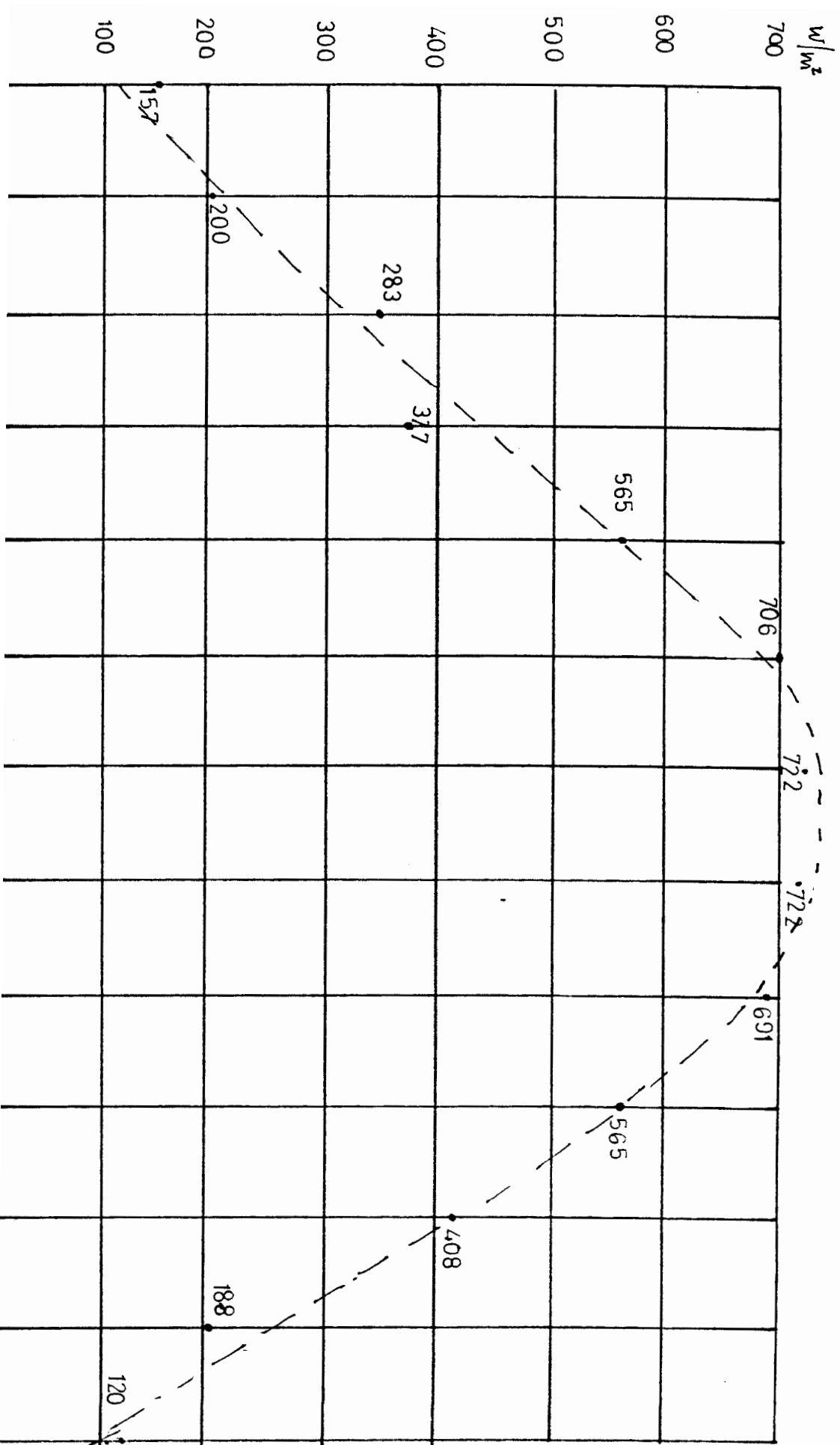
Es decir es un elemento importante en el dise3o de la vivienda, y al que debemos ponerle interes especial en su conocimiento, debido a que las trayectorias y los movimientos solares el hombre no puede influenciarlos, por lo que su control se los realiza con una ubicaci3n y orientaci3n adecuada, seg3n sean los requerimientos.

El sol provee a la tierra de energia en forma de radiaci3n, la radiaci3n solar es radiaci3n el3ctro magn3tica transmitida en longitudes de onda que va desde 0-29 a 3 en longitud VHF y otras ondas de

radio, los rayos gamma de sustancias radiactivas, y rayos cósmicos son ejemplo de ultravioleta o radiación de onda corta.

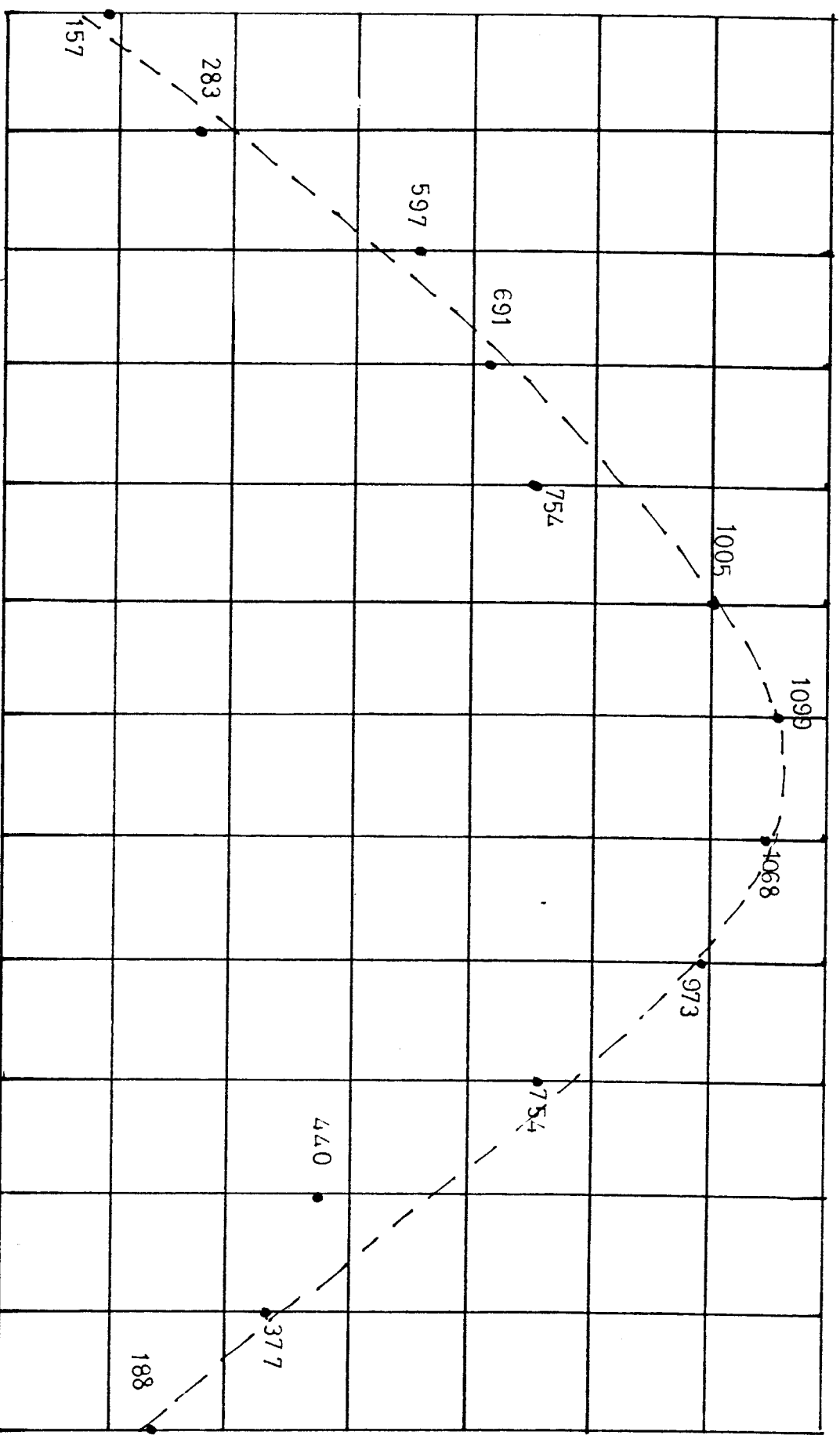
El ojo humano percibe radiación en el rango de ultravioleta e infrarojo, especialmente entre 0.36 y 0.76 micrones, es luz visible.

FIG 2.10 RADIACION INCIDENTE: CUBIERTA NORTE 7 FEBRERO / 85



m²

FIG. 2.11 RADIACION INCIDENTE: CUBIERTA SUR, 7 FEBRERO / 85



00

00

10

4.2 CALOR EMITIDO POR EL CUERPO. -

El calor emitido por el cuerpo humano depende principalmente del tipo de actividad; así, si el esfuerzo físico es muy intenso se puede sobrepasar entre cinco y diez veces la emisión normal de calor en una actividad sedentaria.

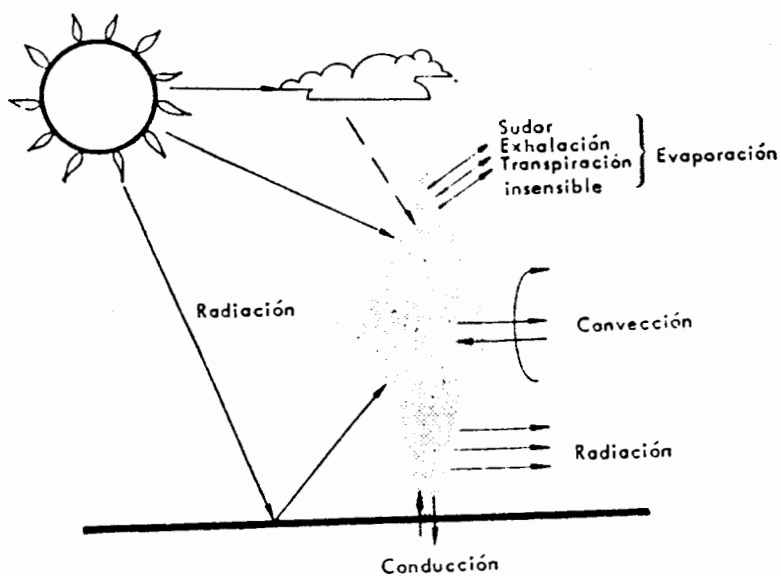


Fig 4.1 Balance térmico humano.

FIG 2.12 RADIACION INCIDENTE: PARED ESTE, 7 FEBRERO / 85

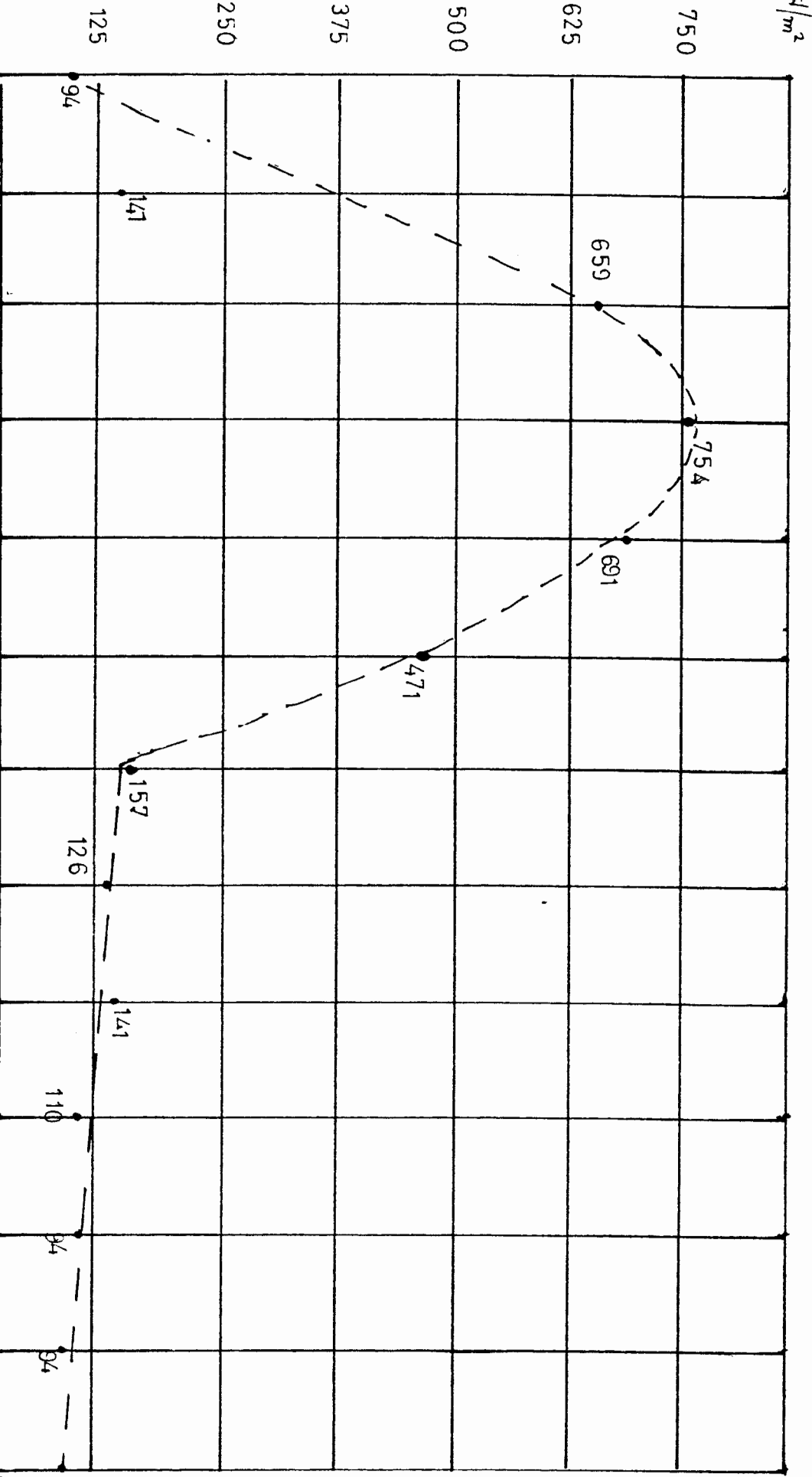


FIG 2.13 RADIACION INCIDENTE PARED OESTE 7 FEBRERO / 85

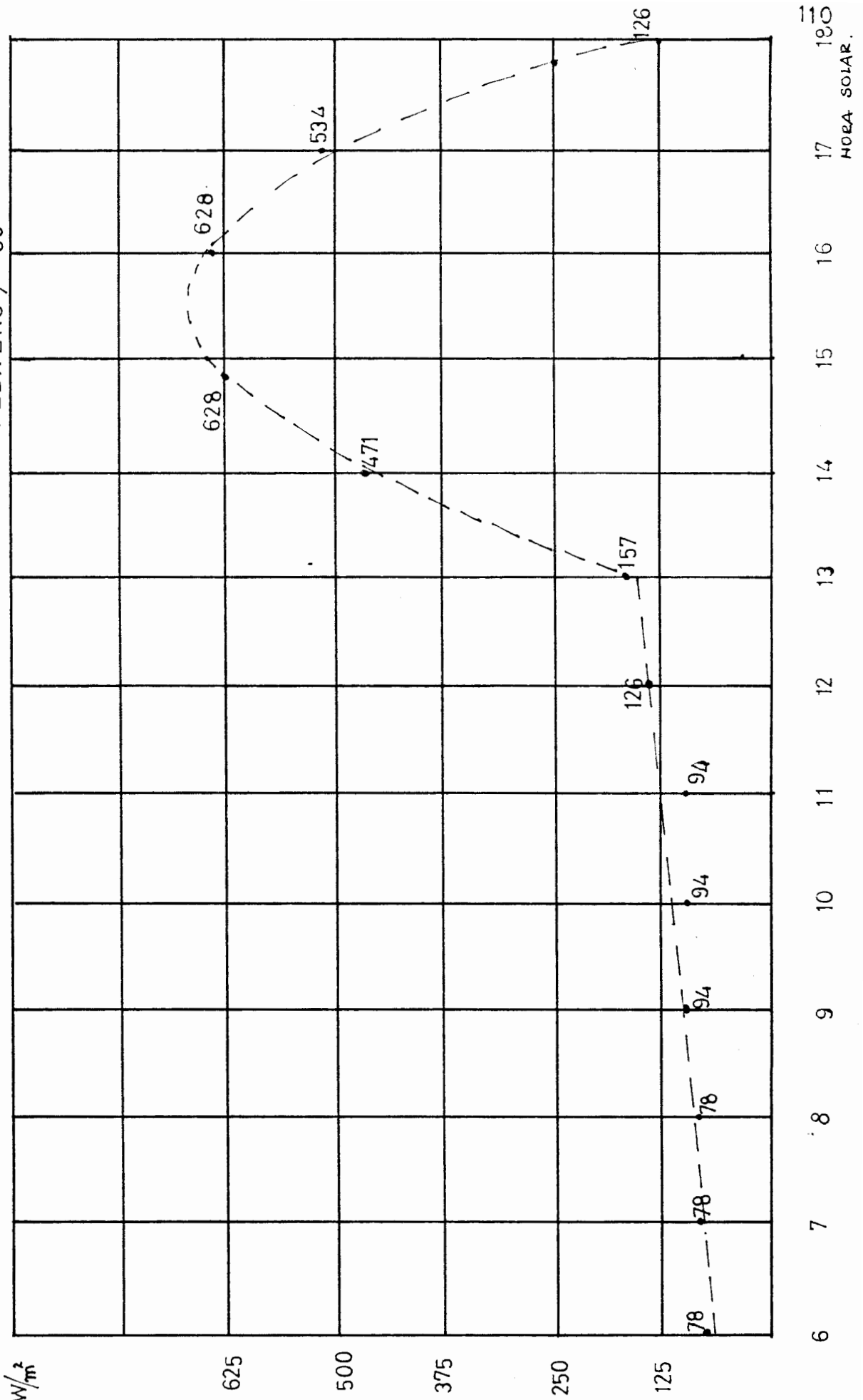


FIG 2.14 RADIACION INCIDENTE: PARED SUR, 7 FEBRERO 85

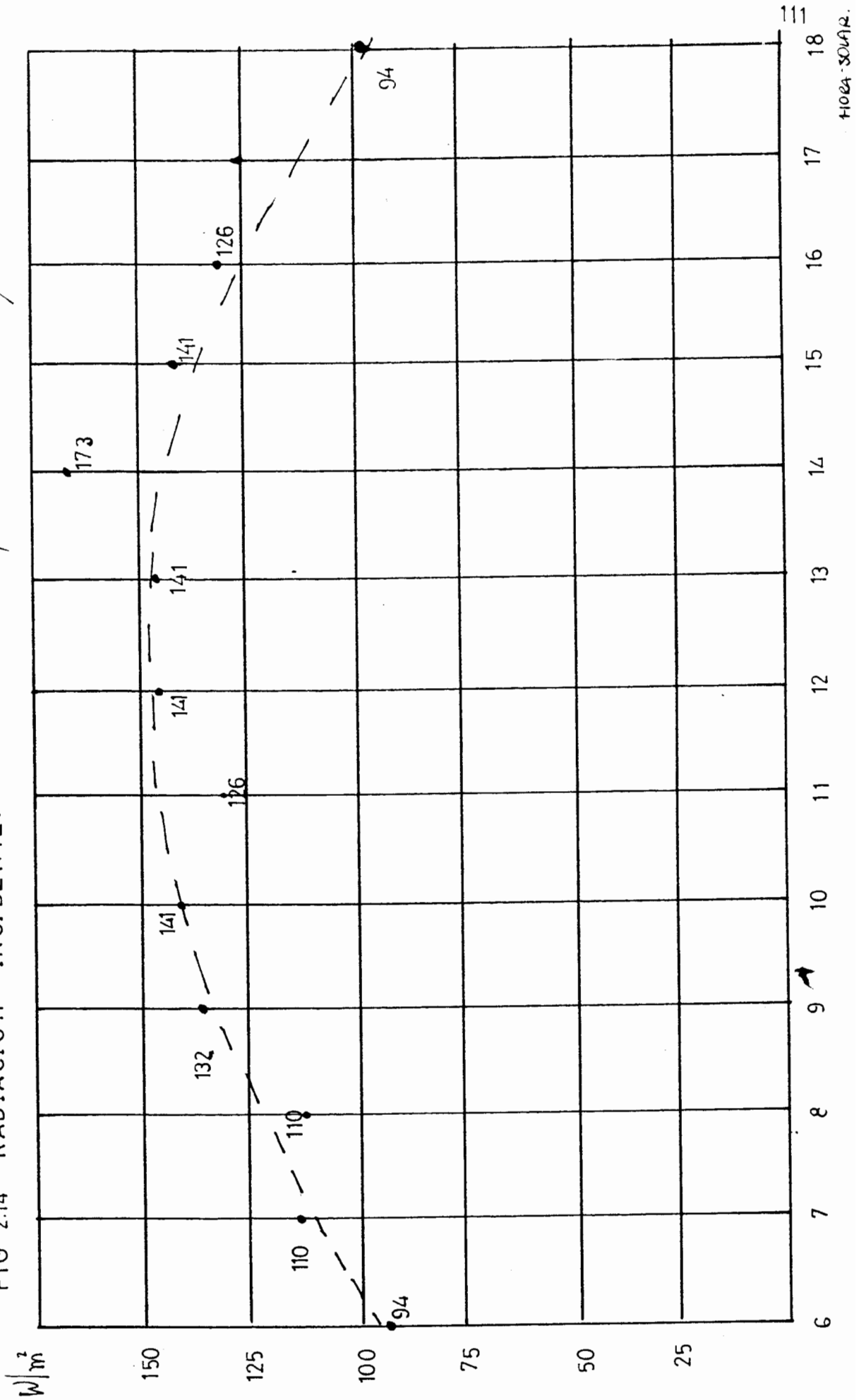
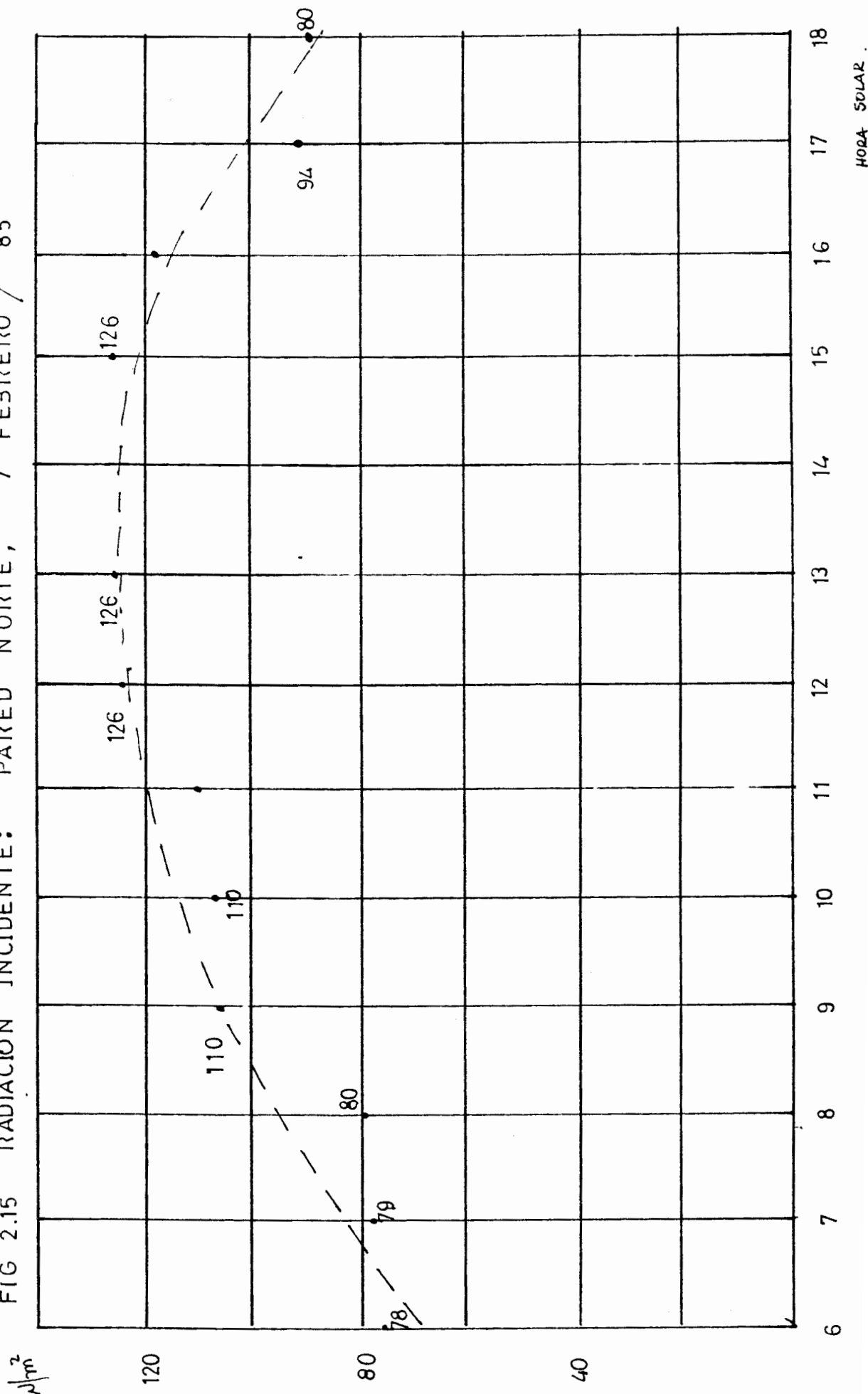


FIG 2.15 RADIACION INCIDENTE: PARED NORTE, 7 FEBRERO / 85



HORA SOLAR

C A P Í T U L O I I I .

INDICES TÉRMICOS DEL CONFORT

3.1 ESCALA DE INDICES TÉRMICOS.-

En diversas experiencias se ha comprobado que los ambientes artificialmente creados, si son constantes es decir, si no cambian durante periodos prolongados de tiempo, pueden producir efectos negativos en el organismo humano. Se produce en estos casos una sensación tanto psicológica como fisiológica de malestar.

Hay que tener en cuenta que el cuerpo humano funciona mejor en contacto con los ritmos que le marca la naturaleza, y si se rompe esa relación se pueden producir desajustes en los biorritmos del organismo.

parece ser que una necesidad básica del organismo humano es el cambio y la variación, los cuales se reflejan por ejemplo, en el ciclo diurno (movimiento del sol, variación de la luz natural, etc). Por ello los edificios con un ambiente climatizado constante y sin contacto con el exterior, pueden producir desajustes en el ser humano de orden biofísico y psíquico.

Para evaluar las condiciones climáticas en relación a las respuestas térmicas del cuerpo humano, es necesario manejar los valores de las cuatro variables climáticas; sin embargo, para simplificar esta relación se ha pretendido fundir en un sólo parámetro el efecto combinado de dichas variables sobre el cuerpo humano. Así la acción resultante de los factores climáticos se mide por un sólo parámetro denominado índice térmico.

Diversas son las propuestas y los experimentos para establecer un índice térmico. Para ello se evaluaron muchas respuestas subjetivas y objetivas estadísticamente, con grupos de

personas en locales con climas artificialmente controlados y se les preguntó, según un cuestionario acerca de sus relaciones subjetivas después de cada variación en las condiciones de acuerdo con una escala establecida que se extendía desde "Muy Caliente" a "Muy Frio", se evaluaron entonces muchas respuestas estadísticamente y el resultado se llevó a un gráfico dando en la mayoría de los casos un monograma que define las relaciones encontradas experimentalmente.

En un principio se estimó el efecto combinado de la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento sobre la sensación subjetiva, el bienestar de personas en reposo o con actividad sedentaria.

Posteriormente se incluyó la temperatura radiante y, por último se consideró el metabolismo, el vestido y la radiación solar.

Varios investigadores han ideado unas treinta escalas de índice térmico, de estas escalas

En este monograma se utilizan dos escalas, una para la temperatura de bulbo seco, TBS y otra para la temperatura de bulbo húmedo TBH.

Estos valores se sitúan en las escalas correspondiente y se unen mediante un segmento rectilíneo buscando su intersección con la línea correspondiente de la velocidad del aire v , obteniéndose así la temperatura efectiva para esa combinación de TBS, TBH y v .

2) Temperatura Efectiva Corregida (TEC): Índice muy utilizado, incluye los efectos de radiación de los alrededores, para tomar en cuenta la radiación del entorno se utiliza un termómetro de globo.

3) Temperatura Resultante: Índice análogo a TEC y desarrollado por THISENARD (Francia 1948).

- Temperatura del aire
- Radiación.
- Humedad.
- Velocidad del aire.

Se pueden resumir en un sólo parámetro, que es la temperatura eficaz corregida, utilizando un diagrama correspondiente para ver la desviación a lo largo del año de la situación climática respecto a la situación de confort, se parte de los valores máximos y mínimos medios de cada mes obteniendo a partir de ellos los valores de las temperaturas eficaces correspondientes.

4) INDICE DE TENSION TERMICA: Fue desarrollada con los años sesenta en la BRS de T.I.I.T. por GIONNI Y BERNERNIR y se basa en la tasa de sudor.

3.2 DIAGRAMA BIOCLIMATICO DE OLGYAY ADAPTADO AL ECUADOR. -

La representación gráfica de los elementos climáticos delimitan la zona en que el cuerpo requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al ambiente llamado zona de bienestar o de confort, es lo que se denomina climograma.

Esta representación utiliza un sistema cartesiano, llevando en ordenadas las temperaturas de termómetro seco y en las abscisas

las humedades relativas. Como la sensación de bienestar térmico depende además, en un ambiente al aire libre, de la velocidad del aire y de la radiación solar, se deben representar estas últimas en relación a la zona de confort.

La carta bioclimática de OLGYAY utiliza dos ejes donde se representan las temperaturas del aire y la humedad relativa, mostrando la zona de bienestar alrededor de ésta zona que representan una serie de curvas correspondientes a la radiación solar, viento y evaporación que expresan las medidas correlativas que con esas variables se pueden realizar para situar los puntos que están fuera de la zona de bienestar dentro de ella. Si se quiere utilizar esta carta en regiones de otra latitud (menor) habría que llevar el perímetro inferior de la zona de confort 0.5 C por cada disminución de 4 grados de latitud, subiendo proporcionalmente el perímetro superior, hasta un máximo de 30 C.

En esta carta se puede representar el clima de una zona conociendo sus temperaturas y humedades (temperaturas y humedades medias de cada mes)

de tal forma que se podría observar su desviación respecto a la zona de bienestar corresponderían a los periodos de tiempo en que no habría necesidad de medidas correctivas y estaríamos por tanto en una situación de bienestar térmico.

Sin embargo, los puntos que caen fuera de la zona de bienestar por su parte superior son los denominados sobrecalentados, y los que caen por debajo de su perímetro inferior serían los infracalentados en el primer caso se necesitarían frigorías y en segundo calorías para alcanzar la zona de bienestar. Así mediante la carta bioclimática tendríamos un diagnóstico del clima.

En el caso de puntos sobrecalentados se podrán adoptar medidas correctivas naturales como puede ser el aprovechamiento del viento por otra parte si tenemos humedades relativas bajas podemos aprovechar también el efecto refrigerante de la evaporación. También habrá que hacer uso de la protección solar para evitar el impacto térmico del sol, reduciendo así la temperatura sol-aire. Así por ejemplo una temperatura de 30 con una humedad del

70 por ciento requiere una velocidad del aire del orden de 3m/seg. Con esta misma temperatura y una humedad del 30 por ciento se podrían utilizar velocidades de 1 m/seg o bien hacer uso de la evaporación que en este caso debería ser de 2 g/Kg.

En caso contrario, es decir, de puntos infracaletados podríamos compensar las bajas temperaturas haciendo uso de la radiación solar (temperatura sol-aire). Así, como sabemos, una intensidad de radiación de 90W/m puede suponer un aumento de temperatura de 1 grado centigrado.

El límite inferior de la zona de confort = 21 C establece una separación por encima de la cual es necesario la utilización de la protección solar, y por debajo de la cual se necesita radiación solar, la zona de confort, por tanto asciende con el movimiento del aire y desciende por radiación solar.

La carta bioclimática está diseñada para condiciones de exterior haciendo abstracción del edificio dentro del cual las condiciones pueden ser distintas

METODO DE OLGYAY.

A pesar de sus limitaciones, es Olgay el primero que propone un método para adaptar el diseño del edificio al clima.

Dicho método se basa en las necesidades térmicas del hombre y hace uso de la carta bioclimática por él diseñada, tiene diferentes fases.

1) Representación de la carta bioclimática de los datos medios mensuales de temperatura y humedad relativa del clima (microclima) del lugar considerado. También se pueden usar datos diarios y horarios.

2) Diagnósis del clima respecto a la zona de bienestar térmico del hombre.

3) Traducción en el diseño de las medidas compensatorias para adaptar el edificio al clima.

Estas medidas pueden comprender: situación del edificio (localización en el terreno); orientación,

su forma, factor de forma situación, forma y tamaño de los huecos, protección solar, etc.

Hay que tomar en consideración las siguientes restricciones que limitan sus posibilidades:

El análisis de las necesidades fisiológicas para conseguir el bienestar se basa en el clima exterior y no en el que podría existir en el interior del edificio.

El método de Olgyay (clima exterior), tiene por tanto mayor aplicación en regiones húmedas debido a que existen pequeñas diferencias en temperatura entre las condiciones interiores y exteriores.

3.3 ESCALA DE TEMPERATURA EFICAZ CORREGIDA, DETERMINACION, USO.

La escala de temperatura eficaz no toma en cuenta el intercambio de calor radiante entre el cuerpo y su entorno. Sin embargo se ha encontrado que si se utilizan las lecturas del termómetro de esfera, en los monogramas conocidos, en lugar de los valo-

res TBS. Las relaciones subjetivas al intercambio de calor radiante son tenidas en cuenta de manera adecuada.

Los valores obtenidos en este caso se denominan Temperatura Eficaz Corregida o TEC. Comoeden usar.

Utilizar los mismos monogramas para la definición de ambas escalas.

La determinación de la temperatura eficaz corregida para una situación dada hay que realizar las siguientes etapas:

- 1) Medir la temperatura con el termómetro de esfera.
- 2) Medir la temperatura de bulbo húmedo.
- 3) Medir la velocidad del aire.
- 4) Localizar la línea de temperatura eficaz en la escala vertical izquierda del monograma.
- 5) Localizar la temperatura de bulbo húmedo en la

escala derecha.

6) Unir los dos puntos con una línea, en la práctica basta colocar un canto recto.

7) Seleccionar la curva apropiada a la velocidad del aire escala del extremo izquierdo.

8) Marcar el punto donde la curva de velocidad corta a la línea trazada.

9) Leer, el valor de la línea corta incluida que pasa a través del mismo punto; éste es el valor de la TEC.

Si no hay pérdida o ganancia de radiación y el aire está saturado, la temperatura del termómetro de esfera y de la ampolla húmeda serán idénticas: la línea de unión será horizontal. Si el aire es tranquilo el valor de la TEC también será el mismo que el de las temperaturas del termómetro de esfera y de la ampolla húmeda.

3.4 ANALISIS DEL CLIMA CON TEC.

Si se han recogido datos microclimáticos y si se han modificado de acuerdo con el clima local se pueden simplificar amalgamando los datos de temperatura del aire, radiación, humedad y movimiento de aire en una simple cifra TEC, con ayuda de los monogramas anteriores.

Esto se puede hacer a través de los valores medios máximos y mínimos de cada mes y se puede mostrar graficamente, con la zona de confort superpuesta.

El clima cálido-húmedo característico de la costa ecuatoriana en su mayor parte, siendo en algunas zonas cálido seco, es un clima compuesto de 2 días típicos horarios. Estos datos los convertimos en valores de TEC y se dibujan en un diagrama para observar los cambios diarios en esos días.

Mediante datos locales se ha determinado que los límites de confort son 72 F y 82 F de TEC.

3.5 CONFORT TERMICO EN VIVIENDAS

Así como la ropa sirve para proteger al hombre de los rigores del clima, la vivienda es, en este sentido, parte del confort térmico del hombre.

3.5.1 LOS FACTORES PRINCIPALES QUE DETERMINAN EL CONFORT TERMICO DENTRO DE LA VIVIENDA SON:

- El nivel de adaptación física del cuerpo en su situación.
- Temperatura del Aire.
- La Radiación.
- El movimiento de Aire.
- Humedad Relativa del Aire.

Estos factores principales están influenciados por variables meteorológicas como:

Radiación del sol, en su determinación entran concepto tales como:

- Hora Solar.
- Tiempo del Año.

- Altitud.
- Cantidad de Nubes
- Contaminación del Aire.
- Deslumbramiento de otras Superficies.

La temperatura del aire por radiación del sol por:

- La temperatura de los elementos de construcción alrededor.
- Calor mecánico.
- Calor metabólico.
- Cantidad de Personas en el mismo Lugar.
- La utilidad de equipos de calefacción o refrigeración.
- Iluminación Artificial.

La velocidad del aire por:

- La abertura.
- Medidas y Posiciones.
- El viento Fuerza y Dirección.
- La ventilación Artificial.

- Los Obstáculos.

La Humedad Relativa por:

- La Temperatura.
- La Vegetación.
- Cantidad de Personas.
- Artefactos de Humidificación.

Y otras variables con relación a la utilización del edificio, al plan arquitectónico de este y a los alrededores.

- Altitud sobre el nivel del mar.
- Protección por montañas y dirección del talud.
- Vecindad de selvas, desiertos y construcciones.
- Orientación del edificio, principalmente con
- Dirección al viento y asoleamiento.
- Medidas y posiciones de quitasoles y aberturas.

C A P I T U L O IV.

EL HOMBRE Y EL AMBIENTE TERMICO

4.1 REGULACION FISICA Y QUIMICA DEL CUERPO RESPECTO A LA TEMPERATURA

La temperatura interna del cuerpo humano se sitúa entre los 36.5. - 37 C, éste tiene como exigencia biofísica fundamentalmente mantener constante esta temperatura, bajo actividades musculares y condiciones ambientales diversas.

Para conseguir ésta autorregulación, el cuerpo humano dispone de dispositivos de control precisos, tales como; el centro de control, que se encuentra en el diencéfalo, el mismo que está conectado con una parte del sistema nervioso de la piel y es sensible a las temperatura que ésta tiene.

Dos son sus funciones principales:

a) La de activar la cesión de calor exterior, llamada regulación física de la temperatura.

b) La de generar calor, denominada regulación química de la temperatura.

Actividad	Potencia mkp/s	Kcal/h	Kcal/m ² h
En estado de reposo	—	70	40
Sentado, trabajo normal de oficina	—	80	45
De pie	—	100	55
Sentado, trabajo ligero	—	150	85
Yendo despacio (3 km/h)	3	200	110
Yendo deprisa (6 km/h)	6	350	200
Corriendo	—	500	275
Trabajo duro	—	600	350

Tabla 4.1 Calor generado por cuerpo, según actividad.

A través de los siguientes procesos el cuerpo intercambia calor con el medio circundante.

- Convección.
- Radiación.
- Evaporación.

- Respiración.
- Conducción.

Siendo la convección, radiación, evaporación los mecanismos principales.

La cesión de calor puede oscilar entre 60-700 calorías dependiendo de la actividad.

Temperatura del aire °C	Calor sensible Kcal/h	Calor latente (vapor de agua) Kcal/h	Emisión total de calor Kcal/h	Emisión de vapor de agua g/h
10	117	18	135	30
12	108	18	126	30
14	99	18	117	30
16	91	18	109	30
18	84	20	104	33
20	79	23	102	38
22	73	28	101	47
24	66	35	101	58
26	59	42	101	70
28	50	51	101	85
30	40	49	99	98
32	28	70	98	116

Tabla 4. Cesión de calor.

Las glándulas sudoríparas de la piel, son las que inician el proceso de eliminación de agua, proceso que comienza cuando el aumento de cesión de calor del cuerpo no es el suficiente para, mantener constante su temperatura. Al evaporarse ésta, se produce un efecto refrigerante muy notable, ya que por cada litro de H₂O eliminada

Se observa como el calor total emitido se mantiene CTTE a partir de los 18 C, siéndo su valor del orden 100 KCAL/HR. Al descender la temperatura por debajo de 18 C la emisión aumenta.

El calor emitido tiene dos componentes que son:

- a) Calor sensible, emitido por convección y radiación principalmente.
- b) Calor latente, emitido por evaporación.

El calor sensible es menor a medida que la temperatura aumenta; sin embargo, el calor latente aumenta con la temperatura, pasando de unas 18 Kcal/Hr; los 10 C a 70 Kca/hr a los 32 C.

4.2.1 EQUILIBRIO TERMICO.-

Anteriormente habíamos dicho que los mecanismos principales de autorregulación del cuerpo eran: convección, radiación y evaporación, en lo que tiene que ver con el equilibrio térmico, se hace necesario describir estos procesos.

LA CONVECCION.- Es un intercambio de calor entre el cuerpo y el aire, en contacto con la piel o los vestidos, éste aire se eleva y es desplazado por aire más frío. La proporción pérdida de calor por convección aumenta con un movimiento de aire más rápido, con una temperatura de aire más baja y con una temperatura de piel más alta. La pérdida de calor por radiación depende de la temperatura de la superficie y de la temperatura de las superficies opuestas. La pérdida de calor por evaporación está gobernada por la tasa de evaporación, la cuál, a su vez, depende de la humedad del aire, y de la cantidad de humedad disponible por evaporación. La evaporación tiene lugar en los pulmones a través de la respiración y en la piel como transpiración imperceptible y sudor. Este intercambio de calor será mayor o menor según las condiciones térmicas ambientales, el tipo de vestidos y la actividad, a lo cuál hay que añadir la propia arquitectura.

El vestido, como el edificio constituyen

barreras térmicas específicamente el edificio opera el espacio encerrado para transformar las variables climáticas y aproximarlas en el recinto interior donde habita el hombre a un nivel de bienestar térmico, utilizando para ello técnicas adecuadas.

Para mantener el cuerpo a una temperatura inferior de 37° C es necesario que exista un equilibrio entre la producción de calor y las pérdidas de calor.

Dentro de las ganancias tenemos el metabolismo, proceso por el cual, en el organismo humano, los alimentos se transforman en energía viva, se lo puede dividir en:

a) Metabolismo basal, que consiste en la producción de calor de los procesos vegetativos y automáticos.

b) Metabolismo muscular, que es la producción de calor por trabajo muscular consciente, que es también un proceso exotérmico. De la energía producida por el metabolismo, solamente se aprovecha un 20%, disipándose el 80% restante, entonces la producción metabólica dependerá, por tanto de las condiciones externas y de la actividad.

El resto de las ganancias podrán venir del exterior, por los mecanismos anteriores y por la evaporación.

Luego, equilibrio térmico existe cuando se cumple.

$$Q = \text{METABOLISMO} - \text{EVAPORACION} \pm \text{CONDUCCION} \pm \\ \text{CONVECCION} \pm \text{RADIACION} = 0$$

$$\text{Tal que. } \sum Q > 0. \quad (4.1)$$

Funcionaria el proceso de regulación vasomotora, transportando el calor hacia la piel para hacerlo al exterior por evaporación del sudor, o.

$$\sum Q < 0. \quad (4.1.a)$$

Se reduce la circulación sanguínea hacia la piel, y se puede producir de forma automática procesos musculares de generación de calor, como son los escalofríos.

4.2.2 CESION DE CALOR POR CONVECCION EN EL CUERPO HUMANO. -

La cesiom La cesión de calor q por convección en el cuerpo sería.

$$q_c = h_s(t_c - t_a) \quad (4.2)$$

donde.

h_c = Coeficiente de conveccion entre el cuerpo y el aire, depende del tipo de vestido y de la velocidad del aire.

S = superficie del cuerpo.

t_c = temperatura media de la superficie del cuerpo vestido.

t_a = temperatura media del aire circundante.

Para aire en reposo h_c se puede calcular por la expresion de NUSSELT.

$$h_c = 2.2 \sqrt[4]{\Delta T} \quad (4.2.a)$$

Para el cuerpo en movimiento: $h = 4.5 \text{ Kcal/m h c.}$

4.2.3 CESION DE CALOR POR RADIACION EN EL CUERPO HUMANO

El intercambio por radiación de la superficie del cuerpo con las superficies que le rodean se puede expresar así:

$$q_r = \epsilon \sigma S \left[\left(\frac{T_c}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ar}}{100} \right)^4 \right] \quad (4.3)$$

Siendo:

q_r = Calor radiado en kcal/h.

ϵ = Emisividad de la superficie del cuerpo

σ = Constante de Stefan - Boltzman

T_c, T_{ar} = Temperatura del cuerpo y las paredes respectivamente. ($^{\circ}K$).

El valor $\epsilon \sigma$ se puede establecer en:

$$= 4.5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h} \cdot \text{k}^4.$$

Igualamos:

$$q_r = \epsilon \sigma S \left[\left(\frac{T_c}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ar}}{100} \right)^4 \right] = h_r S (T_c - T_{ar}) \quad (4.4)$$

Siendo:

$$h_r = \epsilon \sigma B \quad ; \quad B = \frac{\left(\frac{T_c}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{ar}}{100}\right)^4}{T_c - T_{ar}} \quad (4.4.a)$$

$B \cong 1$ Para 20°C de temperatura media.

Entonces:

$$h_r = 4.5 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$$

t_c y t_{ar} , son temperaturas del aire y la temperatura media de las superficies de alrededor no son iguales, sumamos el calor cedido por convección y radiación, tenemos

$$q_c + q_r = (h_c + h_r) \left(t_c - \frac{h_c t_a - h_r t_{ar}}{h_c + h_r} \right) \quad (4.5)$$

Llamado temperatura ambiente t_{amb} a una temperatura ficticia que adopta un valor intermedio entre la temperatura del aire y de la temperatura radiante, tendremos:

$$q_c + q_r = (h_c + h_r) (t_c - t_{amb}) \quad (4.6)$$

Practicamente ambas temperaturas t_a y t_r tiene una influencia a partes iguales en la temperatura ambiente; es decir:

$$t_{amb} = \frac{t_a + t_r}{2} \quad (4.6.a)$$

La temperatura ambiente puede ser medida con un termómetro de bola. La simetria de temperatura radiante (superficies frias y calientes) da lugar a un malestar el cuál se tratará de evitar tratando de lograr una temperatura lo más uniforme posible.

Al aumentar la actividad del individuo, la temperatura que se siente es distinta, por lo que podría establecerse una temperatura resultante que contempla el factor actividad.

4.3 EL VESTIDO COMO AISLAMIENTO TERMICO.-

El vestido constituye una barrera térmica entre el cuerpo y el ambiente, que modifica los intercambios por convección y radiación. Al cambiar el tipo de vestido, se modifica los coeficientes superficiales

además, el vestido supone una resistencia térmica a la conducción calorífica entre la superficie de la piel y el ambiente. Sin embargo, en el invierno, el vestido puede constituir un obstáculo importante para la refrigeración del cuerpo, mediante la evaporación del sudor, que éste se evapora desde la superficie del vestido y no desde la piel; además aumentaría la humedad sobre ésta. Hay que añadir a lo anterior, que el h disminuye al reducirse el efecto del movimiento del aire sobre la piel.

Los intercambios por conducción se dan principalmente a través de la ropa, cuya influencia en el confort ambiental hay que destacar. En muchas ocasiones un cambio de vestido que se adecúe mejor a la situación ambiental puede suponer un importante ahorro de energía.

El vestido es como una segunda piel que modifica la resistencia térmica entre el cuerpo y el ambiente el calor transferido por unidad de superficie y tiempo entre superficie del cuerpo y el ambiente se puede expresar así.

$$q = \frac{t_c - t_v}{r} \quad (4.7)$$

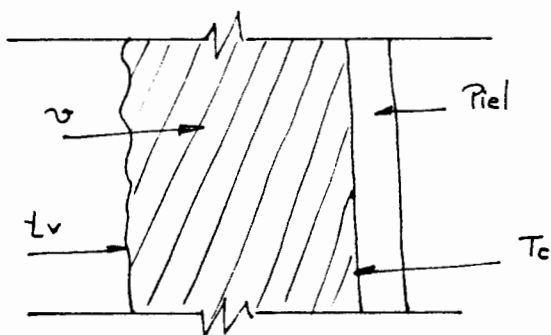


Fig 4.2 Relacion piel vestido,

t_c = Temperatura exterior de la piel.

t_v = Temperatura exterior del vestido.

r = Resistencia térmica.

En régimen estacionario, éste calor debe ser igual al intercambio entre el vestido y el ambiente, así:

$$q = (h_c + h_r) (t_v - t_{amb}) \quad (4.8)$$

Ambas expresiones son equivalentes, luego.

$$q = \frac{t_a - t_{amb}}{r + \frac{1}{h_r + h_c}} \quad (4.9)$$

$r =$ Es del orden de 0.18 m h/kcal , Para

$$h_r = h_{r'} = 4 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}.$$

Para un traje normal la resistencia total es del orden de:

$$R = 0.3 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal}.$$

Una forma práctica de saber la temperatura cutánea sería utilizar la temperatura de la frente que apròximadamente corresponde a la temperatura del cuerpo.

Tambièn podemos usar la fórmula de Fanger:

$$t = 35.7 - 0.032 \text{ q/s en } ^\circ\text{C}. \quad (4.10)$$

Qué nos da la temperatura media de la piel, de un cuerpo vestido, en función de la producción de calor metabólico, q , en kcal/h y de la superficie de la piel en m^2 .

4.3.1 EL GRADO DEL VESTIDO

El vestido es un factor importante del bienestar térmico. El grado del vestido, se ha determinado en función de su resistencia a la conducción de calor y se ha propuesto la unidad: clo la cuál equivale a:

$$1 \text{ clo} = 0.18 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C/kcal}$$

Así, en un lugar frío podemos alcanzar antes el bienestar térmico mediante un vestido de abrigo, por el contrario, cuando hay exceso de temperatura convendrá un vestido más ligero.

4.4 TEMPERATURA DE BIENESTAR. -

La temperatura de bienestar, para una persona en reposo o en actividad ligera y vestida, se puede

expresar mediante la siguiente ecuación:

$$t_b = t_{ic} - q \left(\frac{1}{k_1} + R + \frac{1}{h_c} \right) \quad (4.10)$$

Siendo:

T = Temperatura de bienestar

t = Temperatura inferior del cuerpo 37 C

q = Pérdida del calor del cuerpo en kcal/m h.

I- = Resistencia térmica de la piel 0.1 - 0.5 m²
h C/kcal

R = Número de unidades. clo.

I/h_c = Resistencia superficial del vestido o aire en
reposo 0.125 m²h°C/kcal.

4.4.1 EL BIENESTAR TERMICO.-

Las condiciones de bienestar térmico están directamente relacionadas con la mayor o menor

el estado de bienestar, como puede ser: El grado del vestido y la actividad.

Si nos referimos al anterior de un local, habrá que considerar el grado de ocupación del local y producción de calor dentro del mismo, que influirán a su vez en la temperatura ambiente y en la humedad relativa.

El papel del edificio en el ambiente térmico es de suma importancia. El efecto, el edificio se puede decir que se comporta como un (operador) E que transforma los valores de las variables climáticas (x) (Temperatura, Radiación, Velocidad del aire, Humedad) en otros internos (clima interior) es decir.

(Clima Exterior) E --- (Clima Interior).

Teniendo a crear un ambiente interior en el cuál el cuerpo humano no necesita realizar un esfuerzo excesivo para equilibrar las diferencias térmicas entre él y el ambiente.

posibilidad de cesión de calor del cuerpo humano para regular su temperatura interna. Los cuatro parámetros que determinan el estado térmico de un ambiente son:

- La temperatura del aire, t_a .
- La temperatura media de las superficie de alrededor t_r .
- La velocidad del aire, v .
- La humedad relativa HR.
- La radiación solar.

La cesión del calor está directamente relacionada con el valor que adoptan dichos parámetros, pudiéndose identificar los diferentes estados de bienestar o incomodidad térmica con los correspondientes estados térmicos del ambiente, es decir, existe una función tal que:

$(t_a, t_r, v, h, I_s) = F$ (Grado de bienestar térmico).

Existen además, otros factores que influyen en

Existen climas más adecuados al hombre, donde el esfuerzo para adaptarse en mínimo constituyendo un ahorro de energía para calefacción, refrigeración, se ha logrado medir los valores de los parámetros ambientales para conseguir climas artificiales confortables (zonas de confort) en distintas situaciones.

Al objeto de alcanzar un confort térmico, hay que distinguir entre épocas infracalentadas (verano) sobrecalentadas (verano) así como distinguir entre clima seco y húmedo.

En climas secos donde es difícil humidificar el aire, la temperatura ambiente no debe exceder de 28 C, se pueden aumentar los límites del bienestar utilizando la velocidad del aire, siempre y cuando no exceda de 0.4 m/s y para evitar molestias.

En climas húmedos, además de la temperatura ambiental es importante considerar en grado de humedad, así como la velocidad del aire, en

efecto, cuando el aire tiene excesiva humedad en los días calurosos, impide la evaporación del sudor, humedeciéndose la piel y la ropa, creando una situación de incomodidad térmica, produciéndose además, sensación de cansancio.

Por el contrario, el aire en movimiento aumenta el coeficiente superficial de transferencia de calor, siendo las pérdidas por convección además de mejorar la evaporación del sudor, lo cual contribuye a estimular el sistema nervioso. En cualquier caso la temperatura idónea del orden de 22 con una humedad relativa del 60% -80% en un clima cálido húmedo, el grado de vestimenta se reduce al objeto de establecer un mejor intercambio entre el cuerpo y el aire ambiente.

El aumento de la velocidad del aire, aunque mejora sustancialmente la velocidad de evaporación, también eleva el efecto convectivo. Habrá, pues, una situación óptima en la cual las pérdidas por evaporación

superen a las ganancias por convección cuando el aire esté más caliente que la superficie de la piel. En el caso de que el aire esté más frío. Se suman ambos efectos, el de convección y el de evaporación.

4.4.2 ZONA DE BIENESTAR. -

La zona de bienestar corresponde a las temperaturas y humedades que el mayor tanto por ciento de personas consideraban como de bienestar térmico.

La sensación de confort será algo diferente según la constitución, costumbre, sexo, edad, etc.

Hay que tener en consideración la zona donde a una determinada humedad, la temperatura sobrepasa los 45 C podría sobrevenir la muerte (shock térmico).

Estas condiciones de temperatura se pueden alcanzar en edificios muy acristalados, sin

protecciones solares cuando se daña el aire acondicionado en invierno y está ermeticamente cerrada la superficie acristalada lo que impide la ventilación natural.

4.5 FACTORES INDIVIDUALES Y SUBJETIVOS DEL BIENESTAR. -

La sensación de confort o incomodidad depende principalmente de las cuatro variables climáticas, Temperatura, Humedad, Velocidad del Viento, Radiación sin embargo las preferencias térmicas se ven influenciadas por diversos factores subjetivos o individuales.

El vestido puede ponerse a discreción de cada uno, así una persona que lleva un traje de calle normal y ropa interior de algodón, requerirá una temperatura de unos 9 C inferior a la del cuerpo desnudo.

La edad y sexo pueden influir en las preferencias térmicas, el metabolismo de las personas mayores es más lento, por lo que, normalmente, prefieren temperaturas más altas. La mujer también tiene un

inferior al del hombre: su preferencia es, por término medio 1 C más elevado que la del hombre.

La forma del cuerpo, es decir, la relación superficie a volumen, también influye. Una persona delgada tiene mucha mayor superficie que otra pequeña y corpulenta del mismo peso, puede disipar más calor y tolerará y preferirá una temperatura más alta.

La grasa subcutánea es decir, la grasa bajo la piel es un excedente aislante térmico. Una persona gruesa necesitará más aire más frío para disipar la misma cantidad de calor.

Ciertas clases de alimentos y bebidas pueden afectar el metabolismo lo cual puede ser una razón de la diferencia de dieta los pueblos tropicales y árticos.

El calor de la piel influye en el aporte calorífico por radiación se ha demostrado que la piel más clara refleja tres veces más radiación solar que la más oscura sin embargo, la piel

clara es sustancialmente más vulnerable a las quemaduras, úlceras, cáncer y otros, daños causados por el sol. La piel oscura contiene apreciablemente más pigmentación, que evita la penetración de los dañinos rayos ultravioletas, la piel oscura también aumenta la emisión de calor del cuerpo en la misma proporción que se ve afectada la absorción. En consecuencia, el calor de la piel no influye en las preferencias térmicas, pero es más resistente a los efectos del sol.

C A P I T U L O V.

EVALUACION BIOCLIMATICA.

5.1 METODOLOGIA GENERAL DEL CALCULO TERMICO. -

Para conseguir unas condiciones de bienestar térmico dentro de los edificios, se hace necesario mantener las temperaturas interiores dentro de unos valores determinados que dependerán principalmente, del tipo de clima y la época del año.

En el clima que nos compete al periodo de sobrecalentamiento estudiado, las variables que influyen en el balance térmico son:

a) Diferencia de Temperatura ($T - T$)

b) Radiación Solar

c) Humedad del aire

d) Viento, Ventilación del edificio

El flujo del calor entre el ambiente exterior y el ambiente interior está modificado por las características termofísicas de los materiales que componen ésta envoltura de las cuáles, la resistencia térmica, capacidad térmica son las principales.

Así es importante tener en cuenta el distinto comportamiento de las superficies externas de muros y cubiertas respecto a la radiación solar y a la radiación infrarroja al objeto de conseguir una mejor climatización natural, mejorando con ésto el ambiente interior.

El edificio desde el punto de vista térmico tiene 3 funciones básicas que son:

- La de barrera térmica, protegiendo al espacio interior de las inclemencias del tiempo, al objeto de mantener el clima interior lo más posible a las condiciones de bienestar humano.

- Acumulador - Estabilizador, la cual es debido principalmente al peso de la estructura del edificio (muros, cubierta, etc) y a su calor específico. La función de acumulación calorífica está relacionada con la de estabilizar la variación de las temperaturas internas, reflejo de las oscilaciones externas de temperatura y de la radiación solar.
- Captación Pasiva de la Energía Solar, un edificio es un captador de energía solar natural.

La captación de la energía solar lo realiza el edificio fundamentalmente a través de sus huecos, sobre todo si están acristalados, así como de sus muros y cubiertas.

Los mecanismos de transferencia de calor y que son considerados son:

CONDUCCION: Por la segunda ley de termodinámica, el calor fluye desde una temperatura mayor hacia una menor.

En este mecanismo Fourier estableció que la rapidez del flujo de calor por conducción (q) en un material, es igual al producto de las tres siguientes cantidades:

- 1) La conductividad térmica del material
- 2) El área de la sección a través de la cual fluye el calor por conducción, A (Área que debe ser medida perpendicularmente a la dirección del flujo de calor).
- 3) El Gradiente de temperatura en la sección; es decir, la rapidez de variación de la temperatura y con respecto a la distancia X en la dirección del flujo de calor. (dt/dx).

La ecuación elemental en estado estable se escribe así:

$$q_c = -KA \frac{dt}{dx} \quad (5.1)$$

K = Conductividad térmica, es una propiedad del

material e indica la cantidad de calor que fluirá a través de una área unitaria si el gradiente de temperatura es la unidad, depende de su composición y no de su forma geométrica.

CONVECCION: El intercambio calorífico entre una pared y el aire se realiza a través del mecanismo de la convección natural. Si el fluido, en este caso aire, es acelerado por fuerzas exteriores, como el viento, que no tiene que ver con la temperatura del fluido, estaríamos en el caso de convección forzada.

Las leyes que rigen la transmisión por convección son complejas y dependen de muchos factores, tales como:

La diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido, el calor específico y la conductividad del fluido, su densidad, viscosidad, la naturaleza de la superficie, su forma, orientación y dimensiones. Por otra parte, las condiciones físicas del fluido dependen de la presión y de la temperatura. Por todo ello, en la

mayoría de los casos los valores de la convección hay que obtenerlos experimentalmente.

La resistencia térmica a la conducción del calor entre la pared y el aire se puede suponer concentrada en una película de aire delgada de espesor Δx , llamada capa límite, donde los efectos de la viscosidad son apreciables, ya que en ella el movimiento del aire es frenado por el rozamiento con la pared suponiendo en la película una distribución lineal, temperatura (T_2) entre la pared y el aire hasta que éste alcance la temperatura (T_1), se podría aplicar la ley de Fourier, pero el problema reside en determinar Δx . Para salvar esta dificultad se recurre a un coeficiente de convección que resume en un sólo parámetro la influencia de los diferentes factores aplicando la ley de enfriamiento de Newton, para situación estacionaria tendremos:

$$q = hc (T_2 - T_1) S \quad (5.2)$$

hc = Coeficiente de convección, en el caso de

convección forzada será la suma de otros dos coeficientes que se refieren al intercambio por convección térmica, debido al gradiente térmico entre la pared y el aire, $h_{c,t}$, y al intercambio de calor producido por la velocidad de aquel $h_{c,v}$, es decir:

$$h_c = h_{c,t} + h_{c,v} \quad (5.2.a)$$

$$\text{Experimentalmente } h_{c,v} = 3.6 v \quad (5.2.b)$$

v = Velocidad de aire

Por otra parte, el coeficiente de convección térmico $h_{c,t}$ para paredes puede obtenerse de la siguiente tabla, en función del gradiente térmico:

$\Delta t \text{ } ^\circ\text{C}$	2	10	30
$h_{c,t} \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$	2	3	4

tabla 5.1

Cuando la velocidad del aire es nula, la convección se denomina Convección Natural. Por el contrario, cuando sopla el viento en la superficie exterior del edificio la componente principal de la convección es la Convección Forzada.

El inverso de h_c se denomina Resistencia Térmica Superficial.

RADIACION: Es un proceso mediante el cual la energía calorífica pasa de un cuerpo a otro cuando existe entre ellos una diferencia de temperatura y están separados en el espacio; en esta situación el cuerpo más frío obtiene energía a costa del más caliente.

La Radiación puede considerarse en la mayoría de los casos como energía electromagnética, y como tal se propaga en el espacio a la velocidad de la luz, cumpliéndose la consabida relación entre la velocidad, la longitud de onda y la frecuencia:

$$c = \lambda \nu \quad (5-3)$$

En éste estudio nos interesa la radiación solar y el resto de las radiación térmicas. La primera como sabemos, está comprendida al nivel de la superficie terrestre entre las longitudes de onda 0.29 y 3 micras. El conjunto de radiaciones térmicas incluyendo la ultravioleta, el espectro visible y la infrarroja, comprende aproximadamente una banda de longitudes de ondas entre $10^{-1}\mu m$ y $10^3\mu m$.

Todo el cuerpo cuya temperatura sea superior al cero absoluto emite energía radiante, siendo ésta mayor cuándo mayor sea su temperatura.

En relación con los edificios se puede decir que, así como las aportaciones por radiación solar alcanzan valores muy importantes, los intercambios por radiación de longitud de onda larga suelen ser en general, menores, teniendo en cuenta las temperaturas de emisión que se alcanzan en éstos y en las superficies que le rodean. Sin embargo, no deben ser despreciados estos intercambios en la zona áridas con cielo

despejado, donde la radiación nocturna del edificio hacia el espacio puede alcanzar valores importantes.

Las pérdidas térmicas por radiación de onda larga son en general, menores que las que se derivan de los mecanismos de convección y conducción.

Cuando la radiación incide sobre un cuerpo puede ocurrir que parte de la radiación incidente sea absorbida parte reflejada y una tercera parte transmitida a través del mismo. Así, se definen tres parámetros característicos de dicha superficie que son: la absortancia α , la reflectancia ρ y la transmitancia T . La Absortancia o poder absorbente se define como el cociente entre la energía radiante absorbida por el cuerpo y la energía radiante incidente, de forma análoga se definen la reflectancia y transmitancia.

$$\alpha = \frac{E_{\alpha}}{E} \quad (5.4)$$

$$\rho = \frac{E_{\rho}}{E} \quad (5.5)$$

$$\tau = \frac{E_{\tau}}{E} \quad (5.6)$$

E_{α} = Energía radiante absorbida

E_{ρ} = Energía radiante reflejada

E_{τ} = Energía radiante transmitida

E = Energía radiante incidente total.

Estos tres parámetros varían con el tipo de material, su estado superficial, la forma geométrica, la temperatura del cuerpo y la longitud de onda de la radiación.

Las leyes de la radiación, tales como la de Stefan-Boltzmann la misma que dice que si una superficie negra ideal se encuentra a la temperatura de T K emite una radiación térmica q por unidad de superficie y tiempo que viene dada por la ecuación:

$$q_r = \sigma T^4 \quad (5.7)$$

dónde

σ = Es la constante de proporcionalidad física de Stefan-Boltzman, cuyo valor es de $44,965 \times 10$ kcal/ $hm^2 \cdot k$.

Ninguna superficie puede emitir más energía radiante a la temperatura T que la que nos da la ley Stefan para un cuerpo negro.

Las superficies reales están afectadas por un coeficiente \underline{E} menor que la unidad entonces tenemos:

$$q'_r = \underline{E} \sigma T^4 \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}} \quad (5.8)$$

dónde.

\underline{E} , se llama emisividad y depende de la longitud

de onda. El poder emisor monocromático se define como la relación entre la energía radiante emitida por dicho cuerpo y la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.

$$\epsilon_{\lambda} = \frac{q'_{r\lambda}}{q_{r\lambda}} \quad (5.9)$$

La ley de Kirchoff establece la relación entre la emisividad y la absorptancia y dice, que la emisividad y absorptancia monocromática son iguales para cada longitud de onda (λ) determinado, es decir.

$$\epsilon_{\lambda} = \alpha_{\lambda} \quad (5.10)$$

Luego una superficie absorbente perfecta es también un radiador o emisor, monocromáticamente hablando.

Para superficies opacas como paredes y cubiertas queda la siguiente relación.

$$\epsilon_{\lambda} = \alpha_{\lambda} = 1 - \rho_x \quad (5.11)$$

que es útil para el cálculo de la radiación de

las superficies.

La ley de Plank, dice que la distribución espectral de la energía radiada por un cuerpo negro a la temperatura T cumple con la relación siguiente,

$$q_{\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} \quad (5.12)$$

De dónde por integración para todas las longitudes de onda de un cuerpo negro a una temperatura T se obtiene la ley de STEFAN-BOLTZMAN.

Wien dice que la curva de distribución de Plank para un cuerpo negro tiene un valor máximo correspondiente a la intensidad máxima de radiación para un valor de λ derivando la ecuación de Plank e igualando a cero determinamos la expresión siguiente:

$$\lambda_{\max}' = \frac{2898}{T} \quad (5.13)$$

Todas estas relaciones son importantes para el estudio de la radiación, igualmente de interés es conocer sobre las superficies donde la radiación incide.

Así, todas las superficies naturales son selectivas, es decir, la emisividad es función de la longitud de onda y de la temperatura. En virtud de esto es necesario distinguir tres tipos de superficies, las mismas que dependiendo del clima, ubicación hay que considerar en este tipo de construcciones.

Podemos distinguir en base a sus propiedades tres tipos de superficies selectivas:

- Superficie selectiva negra.
- Superficie selectiva fría.
- Superficie selectiva rugosa.

Son superficies selectivas negras, aquellas que son absorbentes para la radiación solar y muy reflectantes o poco emisoras a la radiación de ondas larga.

Superficies selectivas frías son aquellas, que tienen propiedades contrarias a las anteriores, es decir baja absorción a la radiación solar y alta emisividad en el infrarrojo. Este tipo de superficies tiene aplicación para refrigerar edificios cualquier superficie blanca no metálica es una superficie fría.

La pintura blanca para la radiación solar tiene una absorptancia media $\alpha_s = 0.2$ y para la radiación infrarroja la emisividad es $\epsilon_s = 0.9$, en las noches de cielo despejado la radiación emitida por un edificio pintado de blanco es mayor que la energía recibida del cielo y de los alrededores y por lo tanto se enfría.

El color de las superficies puede dar una indicación de la absorptancia a la radiación solar; en efecto cuando más oscuro sea, será más absorbente y al contrario más reflectante pero hay que tomar en cuenta que el color no indica nada respecto al comportamiento para la radiación infrarroja. Una superficie oscura y otra clara, aunque tienen distintas reflectancias para la

radiación solar, puede tener la misma emisividad para el infrarrojo.

En cuanto a la energía emitida en el infrarrojo especialmente en la noche dependerá de la temperatura respectiva en la superficie y de las altas capas de la atmósfera, de la emisividad y del ángulo sólido con que vea el cielo.

Podemos mejorar la absorción de las superficies no solamente a través de su color, sino también dándoles una textura rugosa; en efecto, las superficies rugosas que obligan al rayo solar incidente a múltiples reflexiones se comportan como superficies de gran absorción, lo que las hace parecer más oscuras que otras superficies pulimentadas del mismo material.

CAMARA DE AIRE. - Si la pared tiene cámara de aire, la consideración de que esta se comporta como una capa homogénea no es correcta, puesto que dentro de ella se producen intercambios por convección y radiación.

Suponiendo que las caras interiores de la cámara están a las temperaturas θ_1 y θ_2 , el aire dentro de ella tiene una temperatura media $\theta_1 + \theta_2 / 2$ el flujo por convección q_c sería:

$$\begin{aligned} q_c &= hc \left(\theta_i - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) \\ &= \frac{hc}{2} (\theta_1 - \theta_2) \end{aligned} \quad (5.14)$$

Por otra parte el flujo por radiación sería:

$$q_r = hr (\theta_1 - \theta_2) \quad (5.15)$$

Sumando ambos flujos:

$$q_r + q_c = \left(\frac{hc}{2} + hr \right) (\theta_1 - \theta_2) \quad (5.16)$$

Lo que equivale a considerar la cámara de aire como una capa cuya resistencia térmica es:

$$r = \frac{1}{\frac{hc}{2} + hr}$$

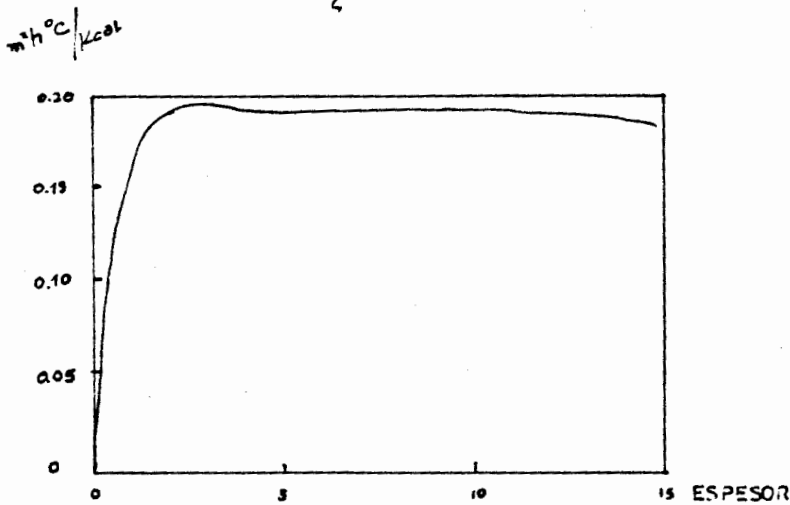


Fig 5.1 Resistencia de una cámara de aire / espesor.

5.2 APORTACIONES DE CALOR A TRAVES DE MUROS Y CUBIERTAS. -

En base al diagnóstico de Mohoney, notamos que el tamaño de las aberturas está comprendido entre el

40% y 80% del área de la pared, situado a Barlovento debido a la orientación dada y a la colocación de protecciones solares adecuadas, la radiación solar que reciben es sólo difusa, sucediéndolo mismo con la cara de Sotavento.

Las paredes son de baja capacidad térmica y ligeras de las cuáles, las paredes Este y Oeste reciben radiación directa en la mañana y tarde respectivamente.

La cubierta, está construida con material ligero, la misma que está provista de una cámara, siendo la parte de la vivienda que está expuesta al rigor térmico más horas en el día.

En virtud de lo dicho, y debido a que estamos en un clima cálido-húmedo, las aportaciones de calor por intercambio de aire ya sea, debido a una infiltración involuntaria o a una ventilación deliberada son pequeños debido a que entre el aire y exterior la diferencia de temperatura es pequeña.

Las paredes de un edificio modifican el flujo de calor entre el ambiente exterior y el espacio interior del mismo en función de las características termofísicas de los materiales que son, la capacidad térmica y la resistencia térmica.

La capacidad térmica se puede expresar así:

$$C = m.c \quad (5.17)$$

C = Calor almacenado

m = Masa (kg)

c = Calor específico

Otra manera de escribir es:

$$\begin{aligned} C &= m.c \\ &= (v \times \rho) \times c \\ &= S (e \times \rho) c \quad (5.1.8) \end{aligned}$$

v = Volumen (m³)

ρ = Densidad

S = Superficie

e = Espesor (m)

La influencia de la capacidad térmica en el interior de un edificio se aprecia mucho más cuando se precinde del control artificial del ambiente interno.

Suponiendo que en un edificio no interviene ningún sistema artificial de generación de calor, el mismo que está sometido a las oscilaciones de la temperatura exterior y de la radiación solar.

La temperatura externa y la radiación solar están sujetas a cambios diurnos y anuales de carácter periódicos. Las condiciones térmicas interiores siguen un comportamiento que es el reflejo de las condiciones térmicas exteriores, modificadas por éste operador térmico que es el propio edificio.

La amplitud de estas diferencias entre las condiciones exteriores e interiores dependen especialmente del diseño del edificio, y también de su uso en lo que se refiere fundamentalmente a los intercambios a través de los huecos. Estas

modificaciones se acusan principalmente en la amplitud de la variación de las temperaturas máximas y mínimas. Poco antes de salir el sol, el aire exterior alcanza su temperatura mínima, al igual que las superficies externas del edificio.

Al amanecer la temperatura del aire se eleva progresivamente alcanzando su máximo alrededor de las 13-15 horas por término medio. Esta elevación depende de múltiples factores con mayor o menor grado de incidencia, como son: la latitud, la época del año, la altitud del lugar, la distancia relativa, las grandes masas de agua, la nubosidad, la mayor o menor cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera, (la cual puede estar relacionada con la vegetación) la topografía, etc; la oscilación de las temperaturas, como sabemos dependen del grado de continentalidad de la zona donde se ubique el edificio: el aumento de la temperatura del aire exterior sigue con un cierto retraso a la densidad de la radiación solar.

Mientras la captación de energía solar a través

de los huecos es prácticamente instantánea desde que incide sobre ellos la radiación solar, por el contrario, en los muros no lo es llegando el flujo de calor solar con un cierto retraso y amortiguación al interior del local. Dicho flujo dependerá de la absorción a la radiación solar de la superficie exterior del muro, así como su resistencia térmica, capacidad térmica, densidad y espesor principalmente. Cuando aumenta la temperatura del aire exterior, así como la intensidad de la radiación solar sobre el muro, se produce una elevación de la temperatura superficial de su cara exterior la cuál si es superior a la temperatura interior de su cara interna, provoca un flujo de calor desde el exterior al interior. Si suponemos es muro dividido en varias capas paralelas a sus caras, a medida que el flujo de calor, penetra en él, se van elevando sucesivamente las temperaturas de dichas capas. Esta elevación se debe a la acumulación sucesiva del calor, el cuál es restado del flujo. Una vez que una capa cualquiera es la que hemos dividido el muro no puede admitir más calor porque haya alcanzado su

máxima capacidad de acumulación en las condiciones correspondientes, lo transfiere a la capa siguiente que está más fría. De esta forma cada capa recibe menos calor que la anterior, con lo cual se va reduciendo el flujo calorífico y se amortigua su oscilación. Así, queda almacenada una gran cantidad de calor en la envoltura del edificio y solamente una pequeña parte del calor exterior llega al interior. Este proceso de calentamiento del muro, se realiza mientras haya aporte de energía exterior, en caso contrario se produce un proceso de enfriamiento. Si la temperatura del muro es superior a la temperatura exterior e interior el calor acumulado en el conjunto de la pared fluye en dos direcciones, hacia el exterior y hacia el interior pero ambos flujos no son simétricos, ya que, al enfriarse antes el aire exterior, el flujo toma una dirección predominante es decir al ambiente externo. De esta forma cada una de las capas en mayor o menor medida, estaría sometida a sucesivos ciclos de calentamiento. La amplitud de la onda de temperatura en la superficie interior del muro es menor que la existente en su

superficie exterior. Reduciéndose así su máximo y mínimo, el cociente en la amplitud interna Θ_1 y externa Θ_2 mide precisamente la amortiguación del μ muro, que depende de las propiedades termofísicas del material de que está constituido y de su espesor.

Cuanto mayor es el espesor de un muro, mayor será la reducción de la amplitud de la onda interna y su retardo en el tiempo. Este proceso en la realidad es más complejo puesto que intervienen una serie de perturbaciones como la radiación solar a través de los huecos, la ventilación natural o cualquier tipo de generación de calor interno.

En la cara Este de la vivienda, la pared está formada por bloques perforados y por una cámara de aire, como es sabido las cámaras de aire son un buen aislante por ejemplo una $R = 0.15 \text{ m C/W}$, aproximadamente equivale a una pared de 180 mm.

La cara externa debe ser de una construcción ligera, G.K Kuba sugiere que la cara externa debe construirse de bloques o ladrillos huecos mejorando su aislamiento térmico al reducir su masa.

En lo que respecta ventilar la cámara de aire no conviene debido a que en la cooperativa "Francisco Rule" y debido al clima, existe una gran cantidad de insectos por lo que es mejor tener una cámara cerrada sin ventilar.

5.2.1 TEMPERATURA SOL-AIRE.-

Al determinar el valor del flujo de calor debido a la radiación solar actuando en el edificio es conveniente basar los cálculos en una diferencia de temperatura.

Cuando la superficie de un edificio esté sujeta a la radiación una elevación en la temperatura interna es producida. Una elevación similar será producida si la temperatura exterior es incrementada.

Esta temperatura va a ser obtenida con la radiación actuando en conjunto con la temperatura del aire externo y que tomó el nombre de temperatura sol-aire, así:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Valor de flujo de} & & \text{Valor de flujo de} \\
 \text{calor debido a} & & \text{debido a la radia} \\
 & = & \text{cion solar + tem} \\
 \text{la temperatura} & & \text{peratura aire} \\
 \text{sol - aire.} & & \text{externo actual.}
 \end{array}$$

Una expresión para la temperatura sol-aire puede ser derivada de la manera siguiente:

T_{so} = Temperatura Superficial Externa.

T_{Ao} = Temperatura Aire Externo.

R_{so} = Resistencia Superficial Externa.

El valor de flujo de calor a la superficie del edificio debido a la diferencia de temperatura por unidad de área.

$$\left(\frac{1}{R_{so}} \right) (T_{Ao} - T_{so}) \quad (5.19)$$

I_G = Irradiación solar global (D + d)

a = Absortividad de la superficie.

Radiación absorbida por unidad de área de construcción es: $a I_G$

Flujo de calor a superficie por unidad de área = Flujo debido a diferencia de temperatura actual + Ganancia debido a radiación solar.

$$\left(\frac{1}{R_{so}} \right) (T_{Ao} - T_{so}) + a I_G \quad (5.20)$$

Calor radiado al cielo y medio ambiente por radiación de onda larga.

Pérdida de calor por radiación de onda larga y unidad de área: $E \cdot I_L$

Dónde

I_L = Radiación de onda larga.

E = Emisividad

De aquí:

$$\left(\frac{1}{R_{so}} \right) (T_{ao} - T_{so}) + a I_g - E I_L \quad (5.21)$$

Flujo neto calor por unidad de área.

T_{eo} = Temperatura sol-aire entonces el valor del flujo de calor por unidad de área de superficie debido a la temperatura sol-aire está dado por:

$$\left(\frac{1}{R_{so}} \right) (T_{eo} - T_{so}) \quad (5.22)$$

pero

Valor del flujo de calor debido a temperatura sol-aire = Valor de flujo de calor debido a diferencia de temperatura actual + Efecto de Radiación Solar.

$$\left(\frac{1}{R_{so}}\right)(T_{eo} - T_{so}) = \left(\frac{1}{R_{so}}\right)(T_{\partial o} - T_{so}) + a I_G - E I_L$$

Multiplicando todo por R tenemos:

$$\begin{aligned} (T_{eo} - T_{so}) &= (T_{\partial o} - T_{so}) + a R_{so} I_G \\ &= - E R_{so} I_L. \end{aligned}$$

De donde.

$$T_{eo} = T_{\partial o} + R_{so} (a I_G - E I_L) \quad (5.23)$$

La IHVE GUIDE da un valor de 100 Wm para la radiación de onda larga, si el techo es horizontal y el día es claro, en el caso de superficie vertical EI puede ser tomado cero, se asume aquí que la radiación de onda larga con

que está emitiendo la pared es aproximadamente balanceada por la recibida desde la tierra.

5.3 BALANCE DE PERDIDAS Y GANANCIAS DE CALOR EN REGIMEN VARIABLE.

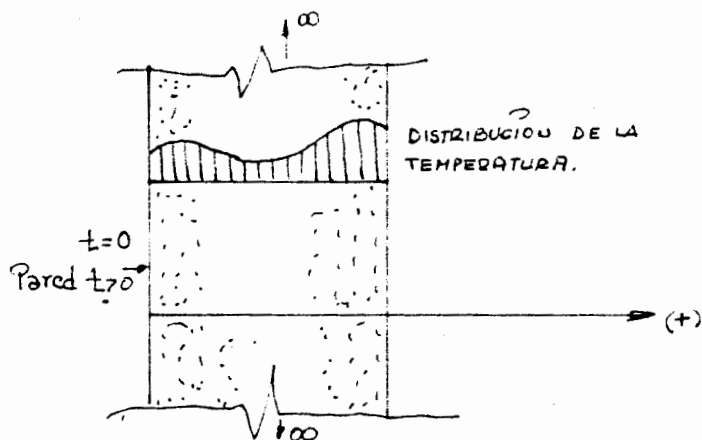


Fig 5.2 CAMBIO BRUSCO DE LA TEMPERATURA EN EL EXTERIOR DE UN MURO.

En régimen estacionario, la energía interna no sufre variación alguna y es conveniente su aplicación si se consideran constantes tanto la temperatura exterior e interior y si el periodo de tiempo que se considera es corto.

En las latitudes comprendidas entre $+16.5$ y -16.5 respectivamente, el asoleamiento es fuerte, razón por la cuál la temperatura de las paredes expuestas aumentan notablemente. Entonces es muy conveniente tener en cuenta los efectos de la capacidad calorífica de los materiales, con lo que estaríamos

en un régimen variable. En estas condiciones varían con el tiempo las temperaturas dando lugar a diferencias entre flujo entrante y saliente, como también la energía interna del muro.

En el análisis para flujo periódico de temperatura en un muro se puede analíticamente estudiar suponiendo que el muro es asimilable a una placa de espesor infinito en la cual el flujo calorífico se transmite exclusivamente en dirección normal al muro y donde los efectos de borde se puede despreciar.

Así, la variación de la temperatura dentro del muro dependerá exclusivamente de las condiciones impuestas en la superficie exterior ($X = 0$). La variación de temperaturas se supone sinusoidal.

Se supone, además, que alcanzando lo que se llama el estado de conducción casi constante, es decir que la variación cíclica de la temperatura en la superficie exterior se ha llevado a cabo durante el tiempo suficiente como para que los puntos del interior varíen repitiendo sus valores en cada

ciclo.

Las fluctuaciones en los puntos internos del muro se recibirán también por una ley periódica, cuyos valores de periodicidad, amplitud y retraso con respecto a los puntos del plano $X = 0$, constituyen el problema a resolver, teniendo en cuenta las características termofísicas del material o materiales de que esté constituido dicho muro.

La temperatura que se considera en la superficie del muro es la temperatura sol-aire. Esta oscilará entre un valor máximo t_{\max} y un valor mínimo t_{\min} , es decir, la temperatura media será:

$$t_m = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2} \quad (5.24)$$

Ahora bien el muro que estamos considerando en la evaluación no tiene gran espesor y se considera amparado de dos ambientes a distintas temperaturas.

Alford, Ryan y Urban han obtenido expresiones para θ y τ , en el caso de muros con espesor finito.

En un análisis comparativo de éste procedimiento con el caso del muro semi-infinito se observa muy poca diferencia a efectos prácticos sobre todo en

el retraso τ , en lo que se refiere a el amortiguamiento este es menor en el muro considerando finito, el análisis matemático de la ecuación de calor se lo hace suponiendo que las paredes se comportan como una placa semifinita.

Conocida es la ecuación general de conducción de calor para el caso unidimensional y tiene ésta forma.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (5.25)$$

Establezcamos la variable $\theta = t - t_m$.

Entonces la condición de contorno en la superficie del muro es:

$$\theta_{(x=0)} = \theta_0 \text{ Sen } (2\pi n \tau)$$

Siendo

$$\theta_0 = \text{Amplitud} = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2} \quad (5.26)$$

n = frecuencia.

τ = tiempo

En función de ésta nueva variable la ecuación anterior toma la forma:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad (5.27)$$

t_m es constante.

La solución general de esta ecuación es:

$$\theta_x = \text{EXP}(-m x / \sqrt{2}) \left[C_1 \text{Cos}(m^2 \alpha T - m x / \sqrt{2}) + C_2 \text{Sen}(m^2 \alpha T - m x / \sqrt{2}) \right] \quad (5.28)$$

dónde m , C_1 , C_2 son constantes.

La solución concreta queda:

$$\theta|_{x=0} \longrightarrow \theta_0 \text{ Sen}(2\pi n T)$$

$$\theta|_{x=L} \longrightarrow \theta_1 \text{ Sen}(2\pi n T - \phi)$$

$$\theta_x = \theta_0 \left[\exp(-x \sqrt{\frac{\pi n}{\alpha}}) \text{ Sen} 2\pi n T - x \sqrt{\frac{\pi n}{\alpha}} \right] \quad (5.29)$$

θ_x = Variación de la temperatura en un plano de profundidad $X = 0$

X = Plano considerado o espesor del muro considerado.

n = Frecuencia = $1/T$.

α = Difusividad.

De la ecuación se observa que la variación en el interior del muro es de carácter periódico pero con amplitud decreciente en forma exponencial con el espesor X respecto a la amplitud de las temperaturas superficiales o lo que es lo mismo, en $X = 0$.

La amplitud de las temperaturas en el plano X del muro es:

$$(\theta)_x = \theta_0 \left[\exp \left(-x \sqrt{\frac{\eta \alpha}{\lambda}} \right) \right] \quad (5.30)$$

A partir de esta distribución de temperatura en el muro estamos en la capacidad de determinar tanto el retraso de fase, como también el amortiguamiento, tal como lo demostraremos posteriormente.

Conociendo como se efectúa el intercambio de calor a través del muro, el balance de calor debido a este intercambio entre el edificio y el exterior será, análogamente al caso estacionario, la suma algebraica del valor transmitido por:

diferencia de temperatura en muros opacos q_1 y huecos q_2 , ventilación q_3 , ganancias de calor en muros opacos q_4 , y transparentes q_5 , y las aportaciones internas de calor debido a personas, máquinas o aparatos eléctricos q_6 .

Suponiendo que tanto la radiación solar como la temperatura tienen la misma ley periódica respecto al tiempo T , sinusoidal la ecuación sería:

$$q_T = \pm q_1 \pm q_2 \pm q_3 \pm q_4 \pm q_5 \pm q_6 \quad (5.31)$$

el signo.

+ Cuando sean ganancias.

- Cuando sean pérdidas.

5.4 CALCULO PARA PREDECIR TEMPERATURAS MAXIMAS INTERNAS.

Los métodos teóricos para predecir las temperaturas internas de un edificio en función de las condiciones externas suponen un estudio analítico

generalmente muy complejo, sin embargo, se han obtenido algunas relaciones de base experimental y estadística que permiten calcular en forma aproximada las diferencias entre las temperaturas exteriores e interiores, suponiendo una ventilación y penetración solar mínimas que no perturben las condiciones interiores.

Así, teniendo en cuenta que la temperatura que se alcanzan en el interior de un edificio dependen principalmente de la capacidad de acumulación del mismo, que en los materiales ordinarios dependen en definitiva del peso, TAYCHADURI y CHANDURI han establecido una ecuación empírica que relaciona la temperatura máxima interior con la temperatura máxima exterior en función del peso del edificio y de la superficie externa.

La ecuación depende principalmente de la temperatura exterior máxima. La expresión queda:

$$T_{mi} = T_{me} - 0.00082 \times P_x (T_{me} - 15.55). \quad (5.3.2)$$

T_{mi} = Temperatura máxima interior °C.

T_{me} = Temperatura máxima exterior ° C.

$$P = \frac{P_T}{S_T} \quad \text{kg/m}^2 \quad (5.33)$$

P_T = El peso total del edificio.

S_T = La superficie total exterior.

Su aplicación es más correcta en edificios de tamaño pequeño que en los grandes se puede alcanzar una diferencia mayor entre la temperatura interna utilizando colores claros correcta protecciones tanto en paredes y huecos, así como aumentar el peso de la construcción dependiendo del clima y de la región que consideramos.

5.5 CALCULO DE INFILTRACIONES. -

El aire puede entrar en un edificio debido a:

- Infiltración a través de endijas, ventanas, puertas, etc.
- Aire fluyendo a través de aberturas de ventilación. Causadas por la velocidad del flujo o variaciones entre la temperatura aire interna y externa

produciéndose lo que es llamado "Efecto Chimenea".

Por la orientación de la vivienda y por la dirección del viento predominante (SE) en el frente Sur tenemos presión de Barlovento, por ende en la cara Norte presión de Sotavento. Al impactar el viento en la cara del edificio se defleca sobre la cubierta y hacia los lados formándose áreas de succión que aumentan al incrementarse la velocidad del viento.

La cantidad de aire fluyendo en la construcción depende de la diferencia de presión entre la entrada y la salida y de la resistencia que alguna abertura da al flujo de aire.

Esta diferencia es producida por la acción de el flujo del viento o por la variación entre la temperatura interna y externa, variación ésta que afecta en la densidad del aire, nosotros aplicamos para nuestro estudio la diferencia de velocidades, determinadas en la entrada y la salida de las habitaciones, más no la de

temperaturas debido a que estas, externas e internas no alcanzan una diferencia notoria en el clima cálido-húmedo que es el característico de esta zona.

Por el contrario usaremos el efecto chimenea, es decir la diferencia de temperatura entre el ático y las habitaciones, lugar donde la temperatura debe tomarse en cuenta por ser la cubierta el lugar o parte de la vivienda que está expuesta, a la radiación solar por más horas en el día, incrementandose con esto la temperatura de esta cámara y por consiguiente una disminución en la densidad del aire caliente fluyendo, ocasionando de esta manera un flujo de aire caliente que coloca en la parte alta de las habitaciones y que desalojado por la abertura que para el efecto se diseñó en el cielo raso.

Las relaciones entre presión de viento y velocidad de viento pueden ser obtenidas de Barnoulli.

$$\text{Presión de viento: } P_w = \frac{\rho v^2}{2} = 0.613 v^2 \text{ Pa (5.34)}$$

ρ = Densidad del aire.

V = Velocidad de viento (m/seg).

De pruebas realizadas por la IHVE GUIDE el flujo de aire es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de presión, relación suficientemente válida para establecer los efectos principales de la infiltración de aire.

Luego,

$$V = 0.827 A (\Delta P)^{0.5} \text{ m}^3/\text{seg} \quad (5.25)$$

V = Valor del flujo de aire (m /seg).

A = Area del orificio (m²).

Δp = Diferencia de presión (Pa).

Cuando las aberturas están en paralelo la expresión cambia.

$$V = 0.827 \sum A (\Delta p)^{0.5} \text{ m}^3/\text{seg} \quad (5.36)$$

Para aberturas en serie, tenemos:

$$V = 0.827 \left[A_1 A_2 / (A_1^2 + A_2^2)^{0.5} \right] \quad (5.37)$$

Para poner estas relaciones en términos de velocidades combinamos $P_w = \rho V^2$ con las ecuaciones anteriores.

La ASHRAE de la ecuación.

$$C = E.A.V. \quad (5.38)$$

V = Flujo de aire (m /seg).

A = Area de entrada (m²).

E = Efectividad de la abertura. (0.5 - 0.6).

Esto es cuando el viento sobre la cara del edificio con un ángulo de 90 . Cuando el viento golpea a 45 el caudal de aire entrante disminuye en un 50%.

DIFERENCIA DE TEMPERATURA: EFECTO CHIMENEA.-

Conocemos que el aire caliente tiende a elevarse debido a la variación que viene siendo directamente proporcional a la temperatura absoluta del aire.

La diferencia entre la cámara formada con el ático, cubierta y las habitaciones en temperatura se determinó que existe una diferencia de temperatura de aproximadamente 5.6 C en el periodo de mayor asoleamiento en día claro, despejado y de 4 C para el periodo de menor rigor térmico teniendo como característica ser día nublado, entonces por lo dicho anteriormente existe una diferencia en sus densidades y como las aberturas está a niveles diferentes se produce un flujo de aire.

Para efectos de cálculo, conocemos que un metro cúbico de aire a (273 K) = 1.293 Kg.

Pero como la densidad del aire es proporcional a la temperatura absoluta, a otra temperatura absoluta $T^{\circ}k$.

La masa del mismo volumen de aire, tendrá que ser cambiada por la razón de temperatura.

$$\text{MASA} = 1.293 \times 273/T \text{ (kg)}.$$

La masa de aire dentro de las habitaciones va a estar a una temperatura T_0 , dentro de la cámara a una temperatura T_1 .

Entonces la masa de la columna de aire por unidad de área transversal está dada por:

$$\text{Masa}_0 = \left[1.293 \times \frac{273}{T_0} \right] H \text{ kg} \quad (5.39)$$

y para la otra.

$$\text{Masa}_1 = \left[1.293 \times \frac{273}{T_1} \right] H \text{ kg} \quad (5.40)$$

Como fuerza = Presión x Área.

$$\text{Presión aire} = 9.81 \left[1.293 \times \frac{273}{T_0} \right] H \text{ (Pa)}$$

$$\text{Presión aire} = 9.81 \left[1.293 \times \frac{273}{T_1} \right] H \text{ (Pa)}$$

Entonces la diferencia de presión está dada por:

$$P = 9.81 \left[\left(1.293 \times \frac{273}{T_0} \right) - \left(1.293 \times \frac{273}{T_1} \right) \right]$$

(5.41)

Para datos en grados centígrados queda:

$$\Delta p = 3463 H \left(\frac{1}{T_o + 273} - \frac{1}{T_o - 273} \right) \text{Pa} \quad (5.42)$$

Para diferencia de temperatura pequeñas la expresión que vamos a utilizar es la siguiente:

$$\Delta p = 0.043 H (T_1 - T_o) \text{Pa} \quad (5.43)$$

Los orificios de entrada y salida, con una diferencia de altura están colocados en serie por lo que utilizamos la ecuación determinada anteriormente.

Ahora en vez de relacionar el efecto chimenea a una diferencia de presión, es posible obtener una ecuación para el flujo de aire a través de una abertura de entrada debido a una diferencia de temperatura, la misma que tiene esta forma:

$$V = X A [H (t_1 - t_o)]^{0.5} \quad (5.44)$$

V = Volumen de flujo.

A = Area de entrada.

H = Diferencia de altura entre aberturas.

X = Constante.

Reemplazando ecuaciones, tenemos:

$$V = 0.827 \left[A_1 A_2 / (A_1^2 + A_2^2) \right] \left[0.043 H (t_1 - t_0) \right]^{0.5} \quad (5.45)$$

Por lo tanto en función de temperatura queda.

$$V = 1.171 \left[A_1 A_2 / (A_1^2 + A_2^2)^{0.5} \right] \left[H (t_1 - t_0) \right]^{0.5} \quad (5.46)$$

Relación que vamos a utilizar para cálculos de flujo de aire a través de aberturas de succión, dejada en el tumbado a lo largo de la vivienda.

En los diagramas presentados a continuación se observa el flujo de aire a través de la construcción, se nota la ventilación cruzada.

La dirección predominante del viento en el lugar

es como dijimos (SE) la cara que recibe este impacto es la Sur con un ángulo de aproximadamente 45 de la normal, así tenemos los circuitos de cálculos y en esos aplicamos las ecuaciones desarrolladas con anterioridad.

En el área de la cocina, tenemos aberturas en serie, en la sala comedor es notorio el circuito en paralelo, en el dormitorio 1 tenemos aberturas en serie y en el dormitorio 2 así tenemos las aberturas están en serie.

En los diagramas observamos la ventilación cruzada a través del diseño global.

La dirección predominante en la vivienda, es decir por donde golpea el viento con mayor frecuencia es Sur - Este, con un ángulo de aproximadamente 45 de la normal, así tenemos los circuitos de cálculo y en base a esos ubicamos las ecuaciones desarrolladas anteriormente.

5.5.1 RENOVACION DEL AIRE. -

La renovación de aire suele estar comprendida entre los valores, el menor que viene impuesto por la exigencia mínima de aire puro, y el mayor que no se debería superar para evitar molestias o pérdidas de calor, siendo éstas pérdidas son importantes en climas fríos.

5.6 INERCI A TERMICA. -

Si un edificio sometido a una temperatura exterior variable aumenta su capacidad calorifica, el flujo va decreciendo y sus fluctuaciones van siendo más atenuadas hasta alcanzar en el limite (capacidad calorifica infinita) un valor constante.

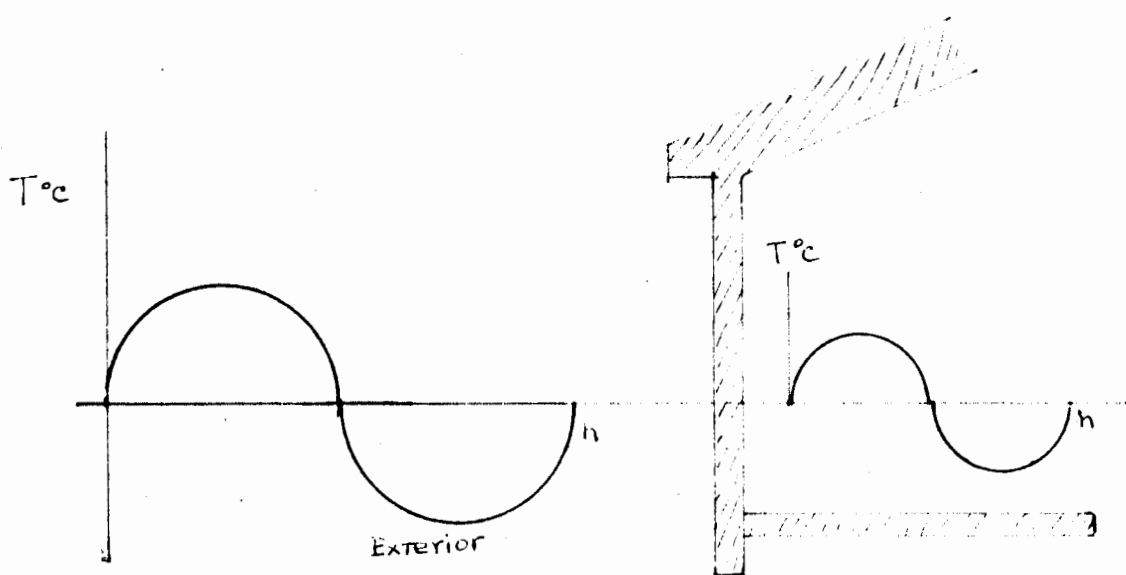


Fig 5.3 Transformación de la onda termica al atravesar el muro.

Una pared, opaca expuesta al sol eleva su temperatura superficial dependiendo del ángulo de incidencia de los rayos solares (orientación de la pared) y de su absorción; en concordancia, se eleva el flujo hacia el interior, pero este es parcialmente absorbido en una proporción que depende de la masa de la pared y de su calor específico.

Durante la noche desciende la temperatura, el calor almacenado en dicha pared es cedido tanto tanto al exterior como al interior moderando las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior, se produce por lo tanto un efecto de inercia, de tal forma que al bajar la temperatura del aire en contacto con dicha pared se provoca una cesión de calor acumulado en ella que, en la medida de lo posible, se opone a dicha variación.

El enfriamiento de la pared será más lento a medida que su masa sea mayor a estos fenómenos de

calentamiento y enfriamiento compensadores se debe al magnifico comportamiento térmico de las construcciones populares con muros de grandes espesores que permiten alcanzar diferencias de temperatura entre el exterior muy caliente y el interior más frío de hasta 10 durante el día, esto especialmente para climas cálido-seco de grandes diferencias térmicas entre la noche y el día.

5.6.1 DETERMINACION DEL RETARDO TERMICO. -

Anteriormente determinamos la amplitud de las temperaturas en el plano X del muro, ahora bien el periodo registrado en la superficie exterior del muro es igual al registrado en su interior en el plano X pero llevando un retraso de fase igual a:

$$\phi = \frac{T_x}{2\lambda} \sqrt{\frac{2\rho C_p}{\pi T}} \quad (5.47)$$

ϕ = Tiempo retardo. C_p = Calor específico
 T = Período. λ = Conductividad.
 ρ = Densidad.

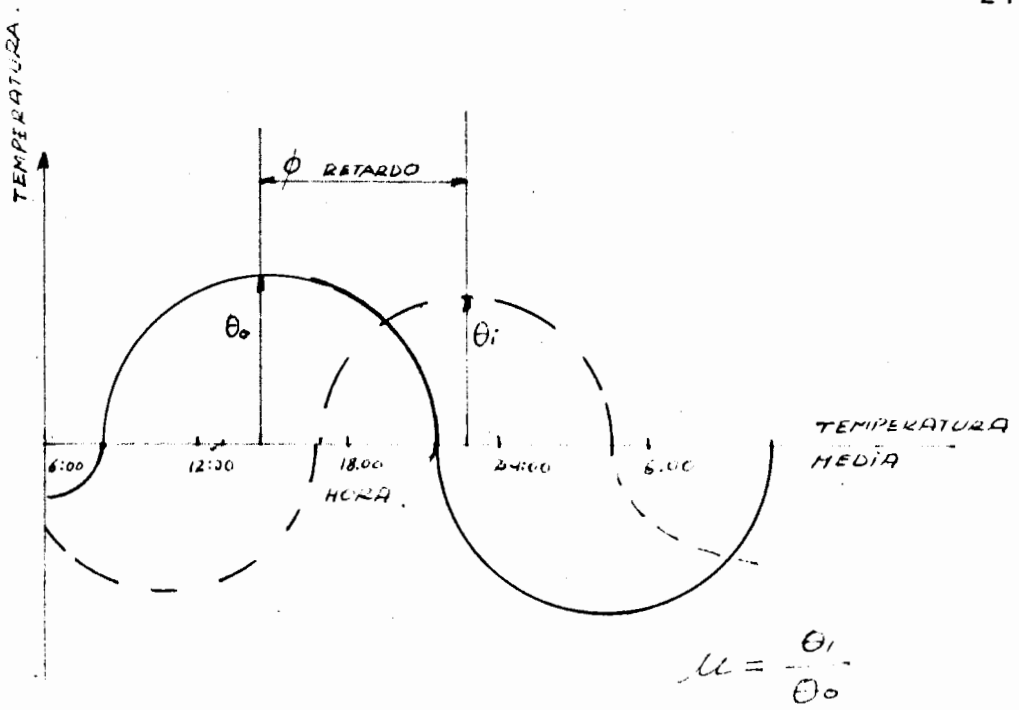


Fig 5.4 Retrazo y amortiguación de la onda al atravesar el muro.

Dónde $\rho\lambda c_p$ es la admisividad del material, así, para muros que tengan la misma resistencia térmica, la amortiguación y el retraso^{**} depende de $\sqrt{\lambda\rho c_p}$ como la mayoría de los materiales utilizados tienen un c_p aproximadamente igual, podemos decir que μ y ϕ dependen fundamentalmente del producto $\lambda\rho$.

La relación entre la onda térmica superficial y la onda interior dependen del periodo T.

Para un periodo de 24 horas la expresión correspondiente para el desfase será: "

$$\phi = 1.38 \times \sqrt{1/\alpha} \quad (5.48)$$

De donde $\sqrt{\pi/T} = 0.362$.

Periodo que es tomado en cuenta.

5.6.2 COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO, DETERMINACION. -

Vamos a definir el amortiguamiento μ como la relación entre la amplitud de la onda de temperatura en la superficie exterior del muro θ_0 y la registrada en x , $(\theta_m)_x$, entonces tendremos.

$$\frac{(\theta_m)_x}{\theta_0} = \exp\left(-x \sqrt{\frac{\pi x}{\alpha}}\right)$$

$$\mu = \exp\left(-x \sqrt{\frac{\pi}{\alpha T}}\right) \quad (5.49)$$

También podemos escribir al amortiguamiento de la manera siguiente:

$$\mu = \exp \left(- \frac{x}{\lambda} \sqrt{\frac{\pi \lambda \rho c_p}{T}} \right) \quad (5.50)$$

$\lambda \rho c_p$ Es la admisividad del material.

Para un periodo de 24 horas esta expresión queda:

$$\mu = \exp \left(- 0.362 * x * \sqrt{\frac{1}{\alpha}} \right) \quad (5.51)$$

Ya que:

$$\sqrt{\frac{\pi}{T}} = 0.362$$

Hay que tomar en cuenta también, cuando las paredes son compuestas, es decir, están constituidas por capas de diferentes materiales homogéneos y, en general de distintos espesor, se puede seguir el criterio de McKey y Wrigt de la pared homogénea equivalente, para el cálculo de la admisividad y en consecuencia del desfase y la amortiguación.

La pared homogénea ficticia que con idénticas direcciones externas ofrece la misma variación en el tiempo de la temperatura sobre su cara

interna que daría la pared real, entonces se puede emplear las ecuaciones siguientes para la obtención de μ y ϕ .

$$\mu = \exp \left(- A \sqrt{\pi B / T} \right) \quad (5.52)$$

$$\phi = \frac{T}{2} A \sqrt{\frac{B}{\pi T}} \quad (5.53)$$

Dónde A , es la resistencia total equivalente, siendo su expresión:

$$A = \sum_1^n \left(\frac{e_i}{\lambda_i} \right) \quad (5.54)$$

e_1 = Espesor de la capa 1.

λ_i = Conductividad de la capa 1.

Por otra parte, B es la admisividad equivalente, cuya expresión es:

$$B = \frac{1.1 \sum_1^{n-1} \left[\frac{e_i}{\lambda_i} (\lambda_i \beta_i C_i) \right] + \lambda_n \beta_n C_n \left[\frac{e_n}{\lambda_n} - 0.1 \sum_1^{n-1} \left(\frac{e_i}{\lambda_i} \right) \right]}{\sum_1^n \left(\frac{e_i}{\lambda_i} \right)} \quad (5.55)$$

dónde los sub índices 1,2,3,...,n indican las capas internas, intermedia y externas, respectivamente. La capa podrá ser interior o exterior, según la dirección del flujo calorífico. En nuestro clima no corresponde a la capa interna, la expresión de B se ha obtenido a partir de una ecuación empírica.

En ciertos casos, el multiplicador entre corchetes del término $\lambda_n \beta_n C_n$ se hace negativo, en este caso, la expresión entre corchetes se debe considerar cero.

Esto ocurre cuando la resistencia térmica de la capa interior es pequeña en relación a las otras capas con que está compuesto el muro. Si

una de las capas es una cámara de aire el término de, esta capa debe ser nulo.

Para la aplicación de la expresión de la admisividad equivalente se supone:

1) Que la temperatura exterior del aire y la radiación del aire y la radiación solar son funciones periódicas.

2) Que la temperatura interior del aire es constante.

Una conclusión importante que se deduce de la expresión de la admisividad equivalente, es que el orden en que están dispuestas las capas de los distintos materiales de un muro compuesto influye en su comportamiento térmico. Recordemos que en una situación estacionaria esto no era así ya que el no considerar la acumulación de calor del muro no intervenía el calor específico ni la densidad. En esta situación no estacionaria un muro compuesto de dos capas, una de ellas

aislante y la otra de fabrica, según que el _____
 aislante se coloque en la cara externa o
 interna tendremos en el primar caso mayor
 retraso ϕ incluso amortiguamiento μ que en
 el segundo.

Hay que tener en cuenta la proporción hueco
 maciso, ya que a medida que el muro tiene
 mayor superficie de huecos, los efectos de
 amortiguación y desfase disminuyen debido a la
 reducción de su peso y además a que los flujos
 a través de las ventanas no tienen
 prácticamente desfase ni amortiguación.

5.7 DETERMINACION DE LA ORIENTACION DE UN EDIFICIO CONSTRUIDO. -

La orientación ~~de un~~ edificio construido se puede
 determinar por medio de la brújula, pero debe
 recordarse que éste instrumento señala la dirección
 del norte magnético, mientras que los cálculos y
 cartas solares están referidos al norte geográfico.

Cuando se quiere obtener una gran precisión debe

averiguarse la diferencia entre ambas direcciones que son variables cada año y pueden ser facilitadas por los distintos astronómicos y geofísicos. La dirección N-S puede determinarse de forma aproximada, también con un simple estilete, colocado verticalmente, hallando en un mismo día dos sombras, sobre un plano horizontal (sombra en la mañana y tarde) que sean de la misma longitud y trazando la bisectriz del ángulo se forman, una descripción detallada al respecto se pone a consideración enseguida.

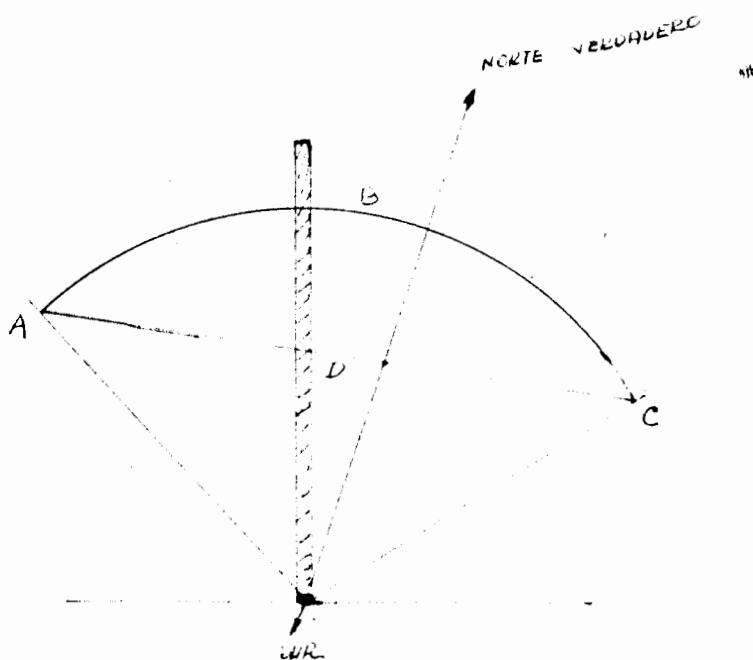


Fig 5.5 Determinación del norte verdadero.

PROCEDIMIENTO:

- 1) Colocar un madero, de 5 pies de largo en la tierra en una área abierta.
- 2) En la mañana marcar la sombra que proyecta la estaca, con un pequeño taco.
- 3) Tomar una cuerda, haciendo centro en la estaca, se mide la sombra proyectada y se traza un arco.
- 4) Anote el lugar dónde en la tarde se unen el arco con la sombra proyectada por la estaca.
- 5) Unir con una línea los dos puntos determinados por la sombra tanto en la mañana como por la tarde.
- 6) Marcar el punto medio de esta línea unirlo con la base de la estaca.
- 7) Este meridiano indica la línea norte-sur verdadero.

5.8 EVALUACION DE PROTECCIONES SOLARES.

La acción solar puede ser excesiva, aumentando las temperaturas interiores por encima de las condiciones de confort. La protección solar, utilizando voladizos y pantallas que obstaculicen la incidencia de la radiación es uno de los factores importantes que contribuyen a reducir el impacto solar en las construcciones.

La protección solar contra la radiación comienza con la orientación del edificio, nosotros estamos en la zona del Ecuador, razón por la cual la orientación escogida es eje mayor E-OE, la fachada principal está orientada al Sur, entonces a partir del 21 de Diciembre, donde la declinación solar es 23.5, el control solar se lo hace en esta cara por medio de aleros al igual que las caras Este y Oeste pero de menor longitud. Las caras E y OE están sometidas a un rigor térmico elevado por lo que el área de exposición respecto a las otras caras cumple con una proporsión de 2:1.

El control solar para el 21 de Junio donde la declinación alcanza 23.5 se lo hace en la pared

Norte utilizando el mismo alero horizontal.

Para evaluar una protección solar desde el punto de vista de escudo protector contra la radiación podemos utilizar dos procedimientos que son:

- a) Instrumental
- b) Geométrico.

5.8.1 METODO INSTRUMENTAL.

En el primero se trabaja con modelos reducidos en los que se estudia el efecto de protección mediante aparatos que simulan al sol como son los helioscopios o solariscopios.

Estos son métodos de carácter instrumental para estudiar el soleamiento en modelos reducidos o maqueta consiguiéndose mayor rapidez respecto a aquellos, en que la resolución de problemas de sombra propias y arrojadas en configuraciones volumétricas complicadas. Por otra parte mediante estos métodos se pueden estudiar distintas

alternativas de diseño con diferentes disposiciones volumétricas, lo que hacerse gráficamente exigiría mucho tiempo. Entre los aparatos que simulan los movimientos relativos del sol se distinguen los siguientes:

HELIOSCOPIO. -

También llamado solariscopio, está basado en una situación contraria a la anterior es decir, la plataforma permanece fija y la temperatura se mueve hasta situarse en la posición requerida de estudio. Existen dos versiones:

Helioscopio "A" el mismo que dispone de una plataforma horizontal y una lampara montada con un brazo muy largo que le permite el movimiento para ajustar latitud, día y hora.

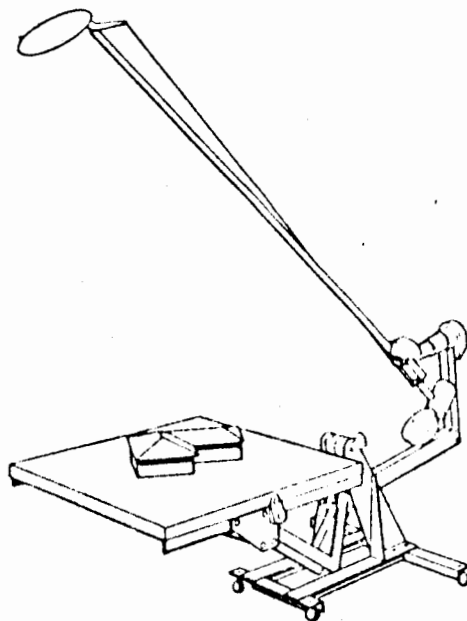


Fig 5.6 Helioscopio "A".

HELIODON. -

Consiste en una plataforma móvil, donde se fija la maqueta, la cual mediante movimientos puede ajustarse a la latitud y a la hora. La lámpara que simula al sol tiene un movimiento deslizante en una guía vertical fija y se ajusta a la declinación correspondiente, tiene el inconveniente este aparato que exige la fijación de la maqueta a la plataforma.

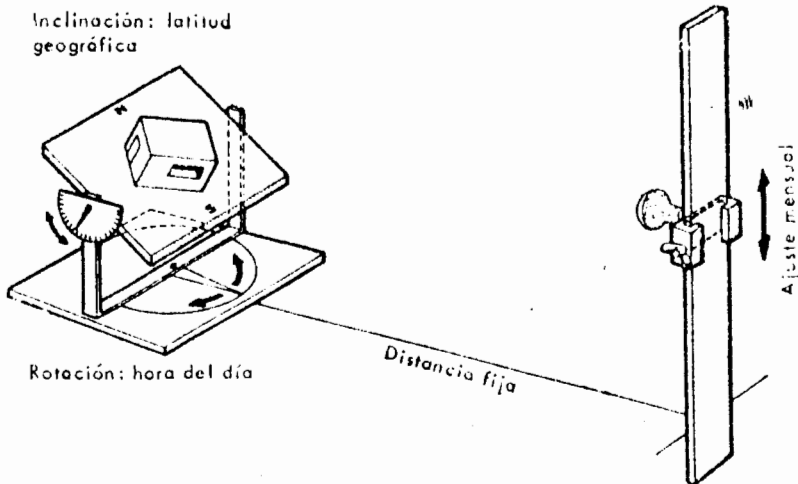


Fig 5.7 Heliodon.

TERMOHELIODON. -

Aparato diseñado por OLGAYAY y sus colaboradores, simula otros elementos además del soleamiento tales como: La temperatura y viento. El dispositivo de soleamiento es análogo al helioscopio B

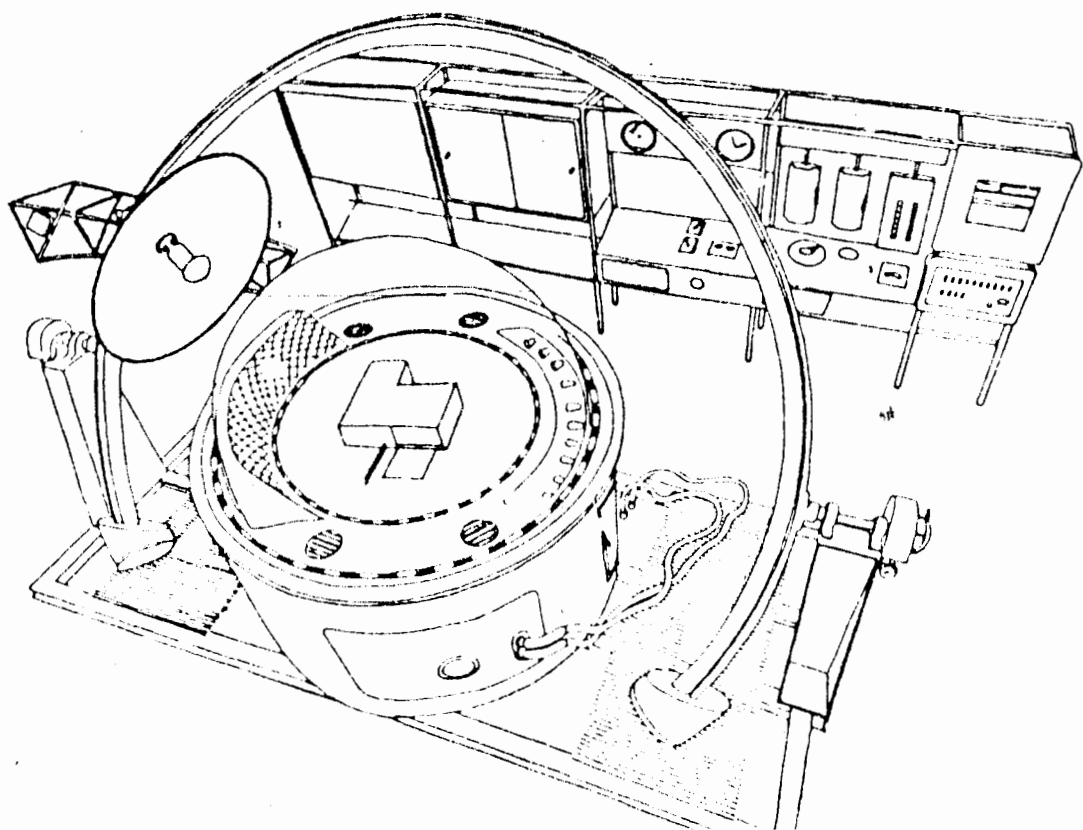


Fig 5.8 Termoheliodon.

Un instrumento menos complicado, es el reloj de sol de PLEIJEL para el estudio del soleamiento con maquetas, pudiendose simular el sol con un foco de luz artificial de rayos poco divergentes.

La sombra que marque el reloj indicará las condiciones de soleamiento en el día y hora señalados, las cuales se podrán apreciar en la maqueta orientada con aquel.

En el segundo caso se utilizan las cartas solares obteniendo en la representación la proyección de la protección solar superpuesta a la carta, evaluando la zona o periodo del año en que la protección impida la incidencia directa de la radiación solar en el punto considerado del edificio.

5.8.2 Método geométrico.

1.5° Cooperativa "Fco Rule".

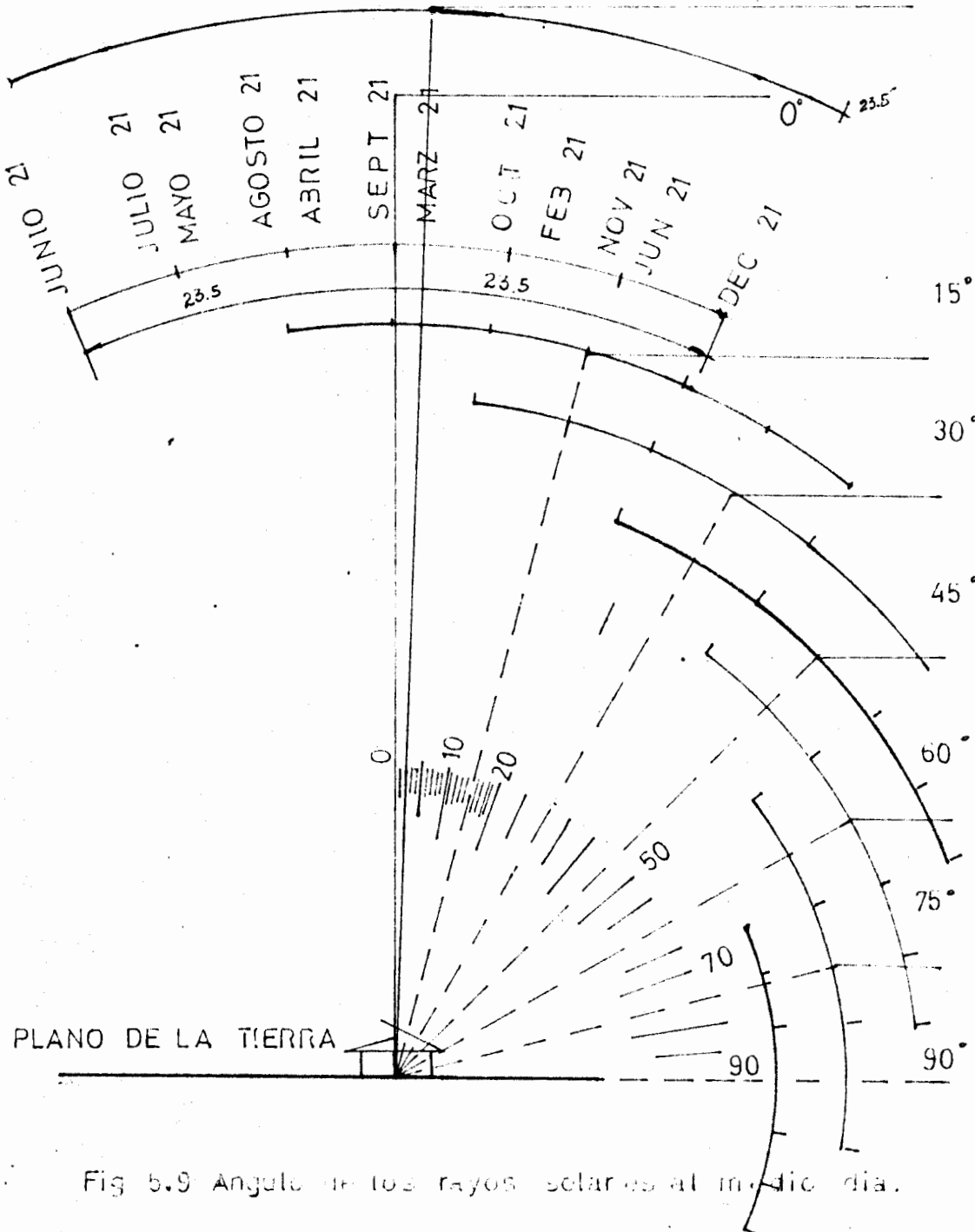
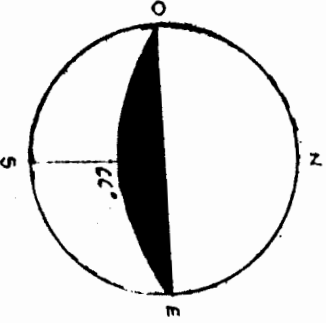


Fig 5.9 Angulo de los rayos solares al mediodia.

Plan de sombra real.



DIC 21

$\alpha = 66^\circ$

Declinacion 23.5°

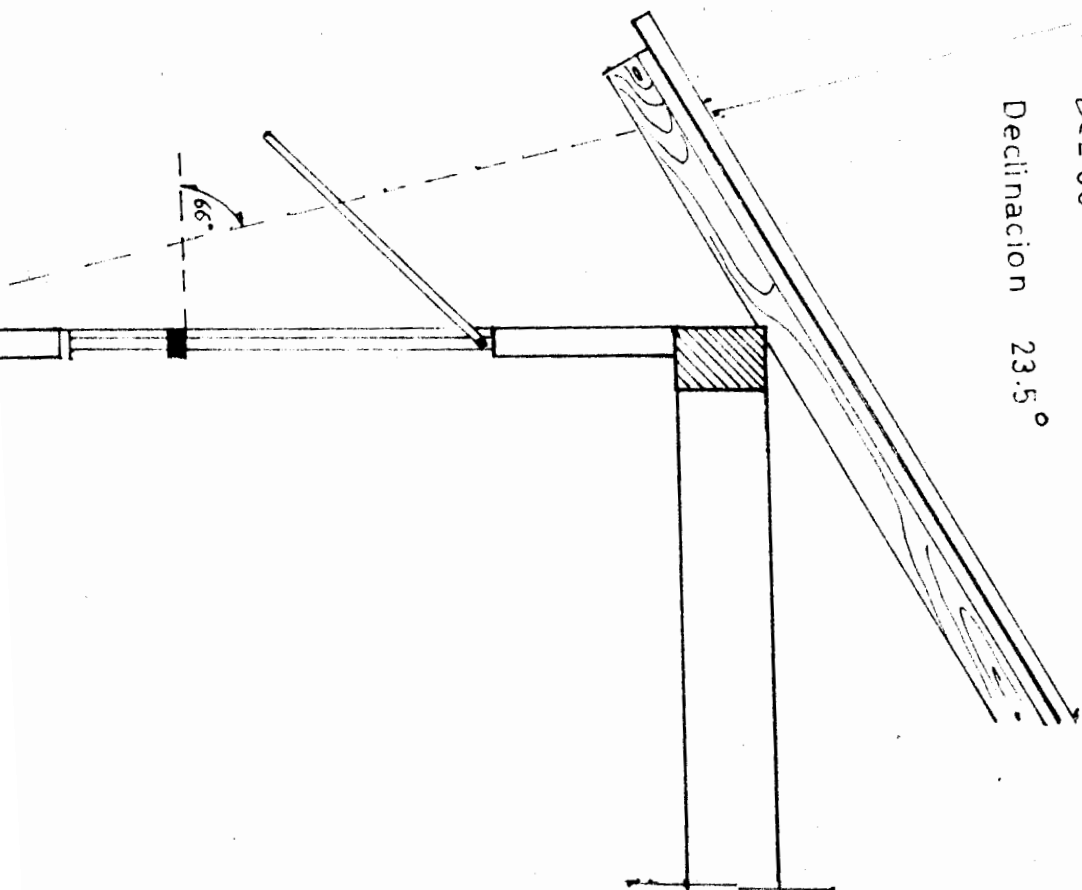


FIG. 510 EVALUACION GRAFICA.

CALCULO TERMICO.-

La climatización de la vivienda a través del ecodiseño y el uso de ecotécnicas en la construcción de la edificación, tiene por objeto garantizar, condiciones de confort en el interior de las realizaciones arquitectónicas.

El cálculo térmico es una manera de evaluar los resultados requeridos tomando a la edificación en forma global y analizando separadamente cada uno de los elementos constructivos que envuelven la misma.

El resultado final deberá responder eficazmente a los requerimientos y necesidades de confort.

La temperatura que se considera en los cálculos es la temperatura sol-aire.

La temperatura superficial oscilará entre un valor máximo $t_{\text{máx}}$, y un valor mínimo $t_{\text{mín}}$, la temperatura t_{m} será:

TABLA 5.2 VELOCIDAD DE VIENTO
7 DE FEBRERO / 85

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ENTRADA.	250	250	200	200	300	300	300	250	300	250	200	250	300
SALIDA.	150	120	100	120	200	200	190	150	200	160	100	160	200
DIRECCION PREDOMINANTE.			SE	SE	SE		SE	SE	SE	SE	SE		SE
DIRECCION SECUNDARIA.	NO E	NOE				SOE						E	
ΔP (Pa).													

TABLA 5.3 GANANCIA TERMICA DE CALOR GLOBAL DE LA VIVIENDA .

HORA	DISEÑO BIOCLIMATICO	EVALUACION BIOCLIMATICA	Temperatura interior evaluada	ERRO R
6	805	940	26	14.4 %
7	1384	1332	27	3 %
8	1884	1570	28.6	16.0 %
9	2105	1710	29	18.0 %
10	2411	1740	28	27.0 %
11	2583	1850	28	28.0 %
12	2643	1950	28.5	26.0 %
13	2650	2050	28.6	22.0 %
14	2440	2110	28.6	13.5 %
15	2194 [#]	2050	28.7	6.5 %
16	1790	1960	28.5	10.0 %
17	1330	1788	28	25.6 %
18	748	1200	27	37.7 %

TABLA 5.4 DETERMINACION DEL RETARDO TERMICO Y AMORTIGUAMIENTO

	$A = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{\lambda_i} \right)$	$B = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{\lambda_i} \right) / A}{\sum_{i=1}^n \text{ReCo} \left[\frac{q_i}{\lambda_i} \cdot \left(\frac{q_i}{\lambda_i} \right) \right]}$	$\mu = \exp \left(-A \sqrt{\frac{\pi B}{T}} \right)$	$\phi = \frac{T}{2} A \sqrt{\frac{B}{\pi T}}$
P SUR	0.24	162.3	0.33	2.98
P NORTE	0.24	162.3	0.33	3.0
P ESTE	3.34	0.701	0.24	2.75
P OESTE	0.21	2.94	0.007	5.00
C SUR	0.80	6	0.49	2.70
C NORTE	0.80	6	0.49	2.70

DIA CRITICO: 7 DE FEBRERO DE 1985.

TABLA 5. 5 RADIACION INCIDENTE. (W/m²).

TIEMPO SOLAR	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PARED NOROCCIDENTE	78.5	78.5	79.6	100	100	110	110	126	141	123	128	94	80
PARED SUR	94.0	100	100	132	141	126	141	173	173	141	141	124	94
PARED ESTE	94.0	141	141	78.4	78.4	126	126	141	141	110	110	94	94
PARED OESTE	78.0	78	80	84	84	94	126	157	173	128	128	128	128
CUBIERTA (30°)	152	200	200	691	784	1005	1005	935	935	754	440	377	189
CUBIERTA (45°)	152	200	200	377	535	706	722	722	691	565	409	339	181

DIA CRITICO: 7 DE FEBRERO DE 1985.

TABLA 5.6 INCREMENTO DE TEMPERATURA POR RADIACION SOLAR

TIEMPO SOLAR	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
RsoaIqv N(C)	2.2	2.4	2.5	3.4	3.4	3.4	3.2	3.9	4.4	3.93	3.93	2.93	2.5
RsoaIqv S(C)	2.9	3.4	3.4	4.1	4.4	3.9	4.4	4.4	5.4	5.4	4.4	4.0	3.0
RsoaIqv E(C)	2.9	4.4	2.1	2.9	2.2	1.5	5	4	4	3.4	3	3	2.8
RsoaIqv DE(C)	2.4	2.4	2.4	3.0	3.0	3.0	4.0	4.9	14.7	19.6	19.6	16.7	4.0
Rsoa(aIqv-EII)	4.3	8.3	18	21	23	30.1	33.8	33	29.8	23	13	11.2	5.3
Rsoa(aIqv-EIII)	4.3	5.0	8.3	11.2	17	21.5	22	21	21	17	12	5.3	3.2

DIA CRITICO: 7 DE FEBRERO DE 1985.

TABLA 5.7 TEMPERATURA SOL - AIRE (°C)

TIEMPO SOLAR	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Isol-aira (N)	26.45	30	32.5	34.4	35	39	40	41	40	40	39	37	35
Isol-aira (S)	29	31	33.44	35.0	36.0	40	41	41	41	41	39	38	36
Isol-aira (E)	29	32	50	55	54	51	41	41	40	39	38	37	36
Isol-aira (O)	28	30	32	34	35	39	40	42	51	56	55	51	37
Cubierta (C)	30	36	48	52	55	57	60	60	55	59	48	45	38
Cubierta (A)	30	36	58	42	45	50	54	54	53	50	47	39	35
Temper. Exterior	4.0	5.0	8.0	11.2	17	21.5	22	21	21	17	12	5.3	3.2

Fig 5.12 DISTRIBUCION DE TEMPERATURA.

PARED NORTE

7 FEBRERO / 85

TEMPERATURA SOL-AIRE,

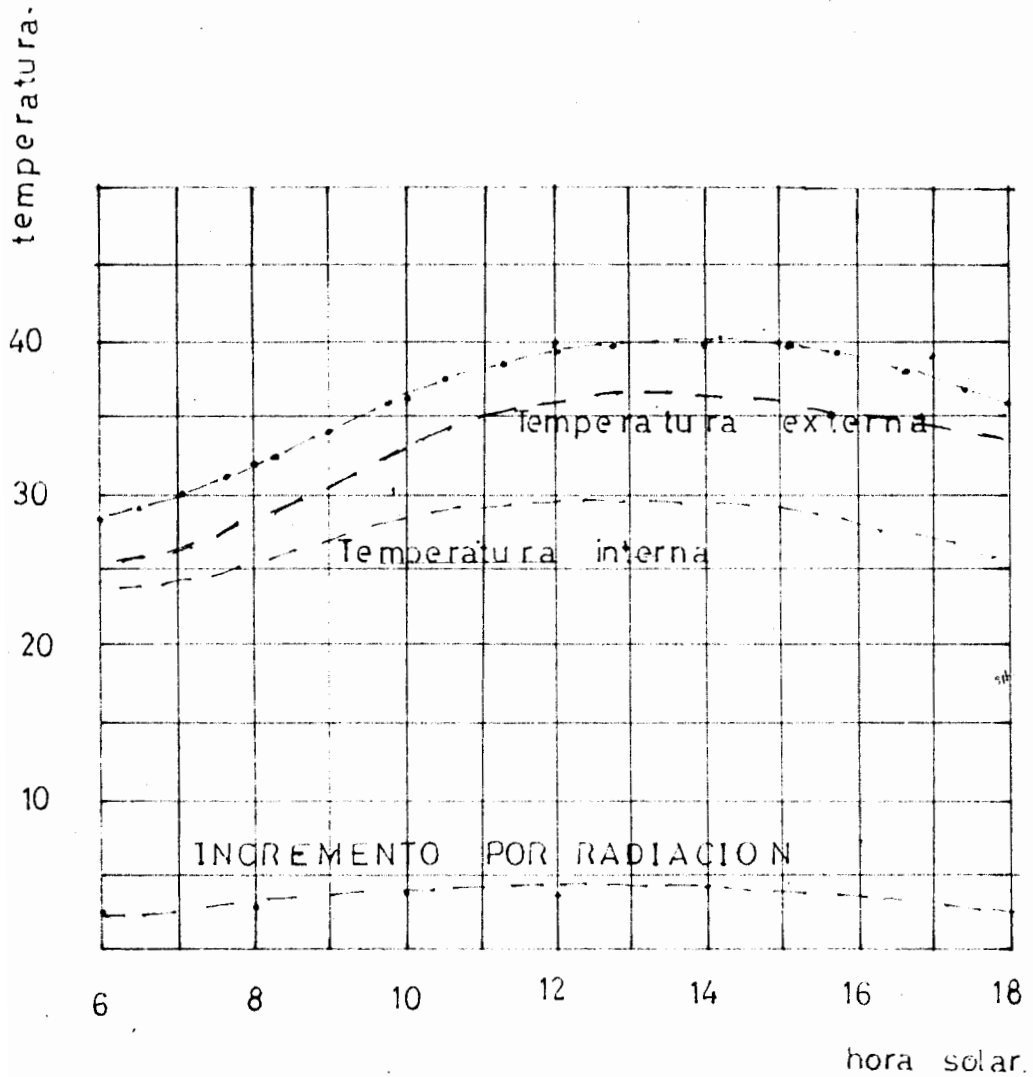


Fig 5.13 DISTRIBUCION DE TEMPERATURA.

CUBIERTA NORTE.

7 FEBRERO / 85

TEMPERATURA SOL-AIRE

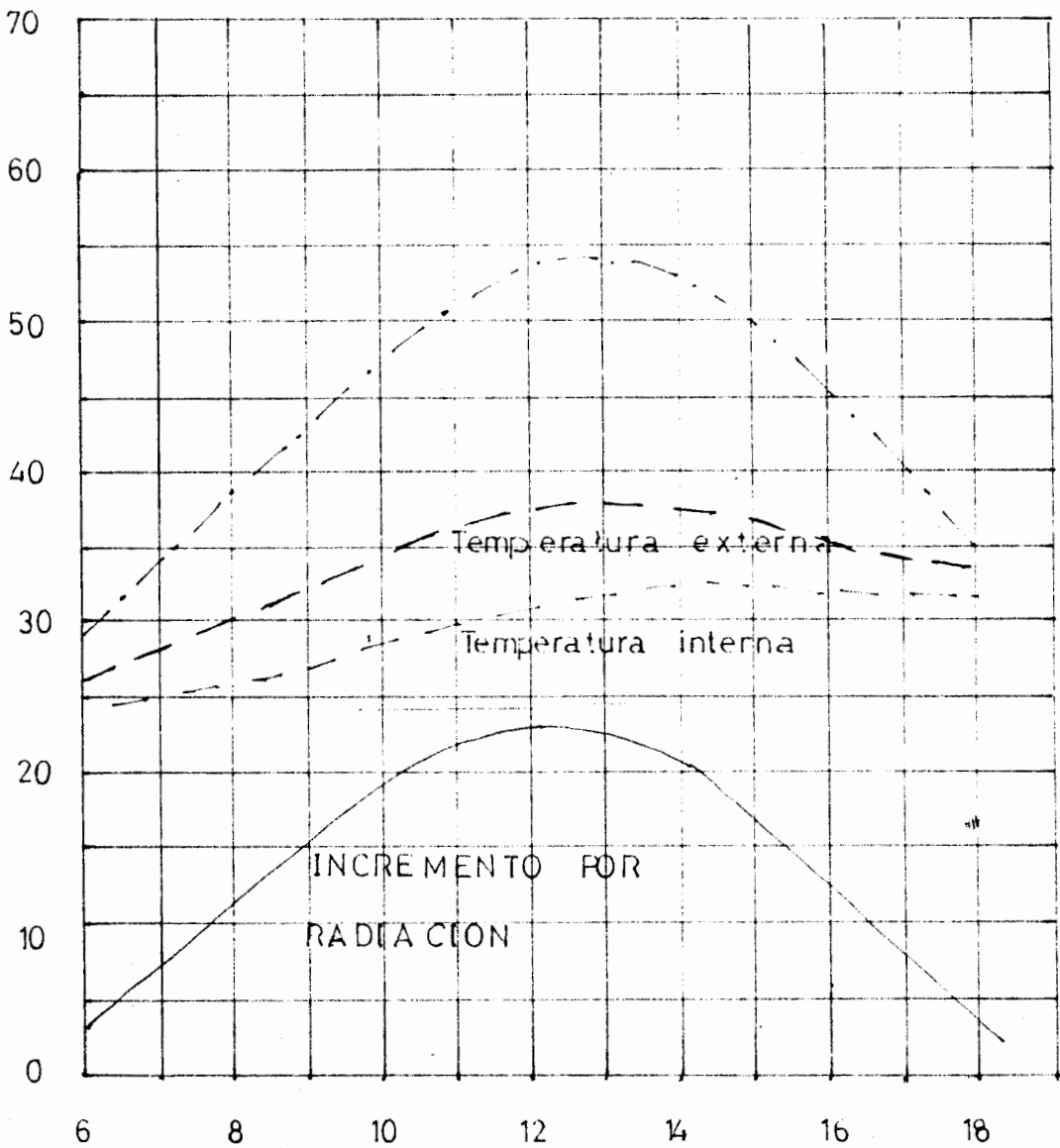
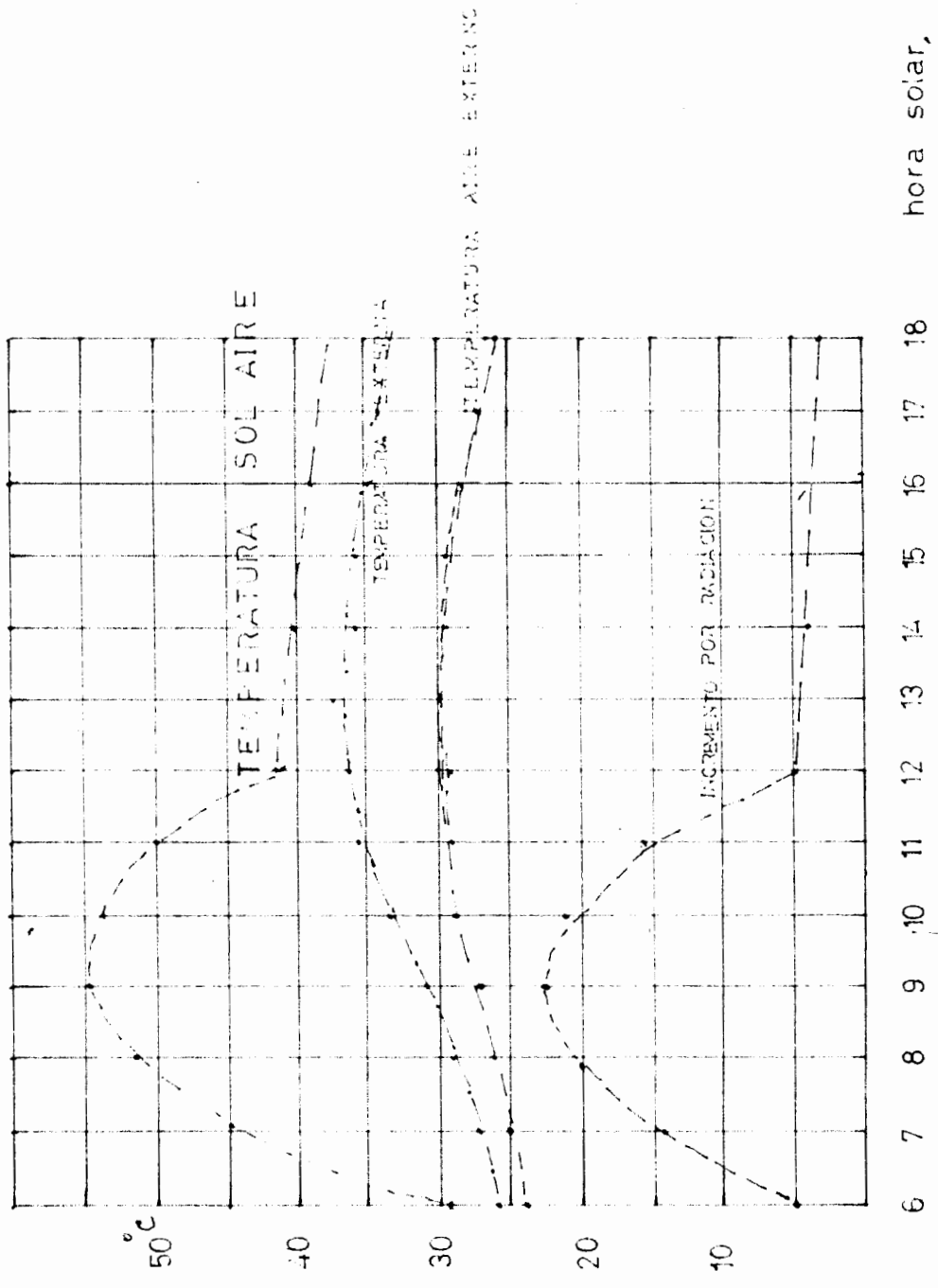


FIG 5.14 DISTRIBUCION DE TEMPERATURA PARED ESTE.



hora solar, 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Fig 5.15 DISTRIBUCION DE TEMPERATURA

CUBIERTA SUR

7 FEBRERO / 85

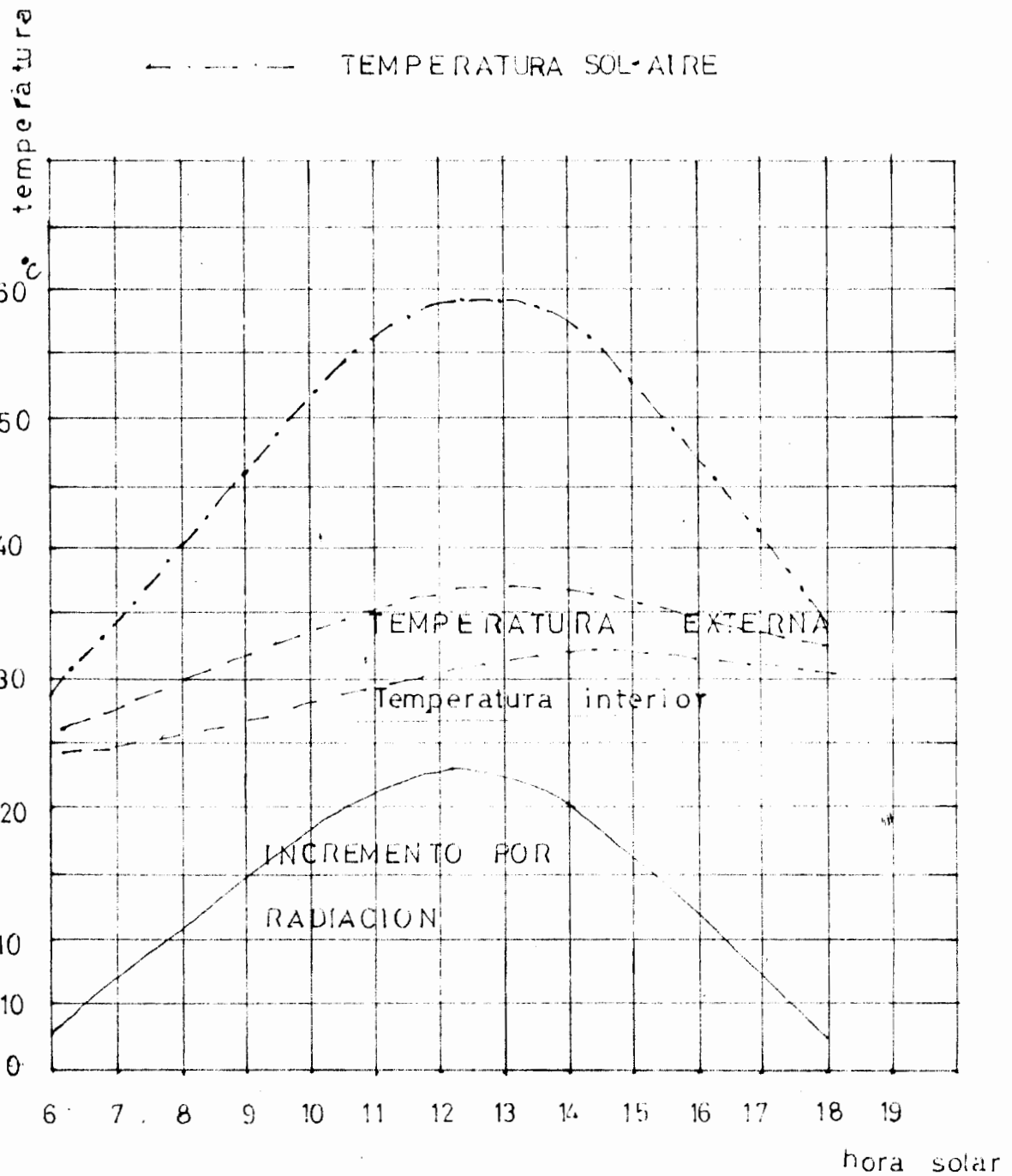


Fig 5.16 DISTRIBUCION DE TEMPERATURA.
PARED OESTE

7 FEBRERO 1985

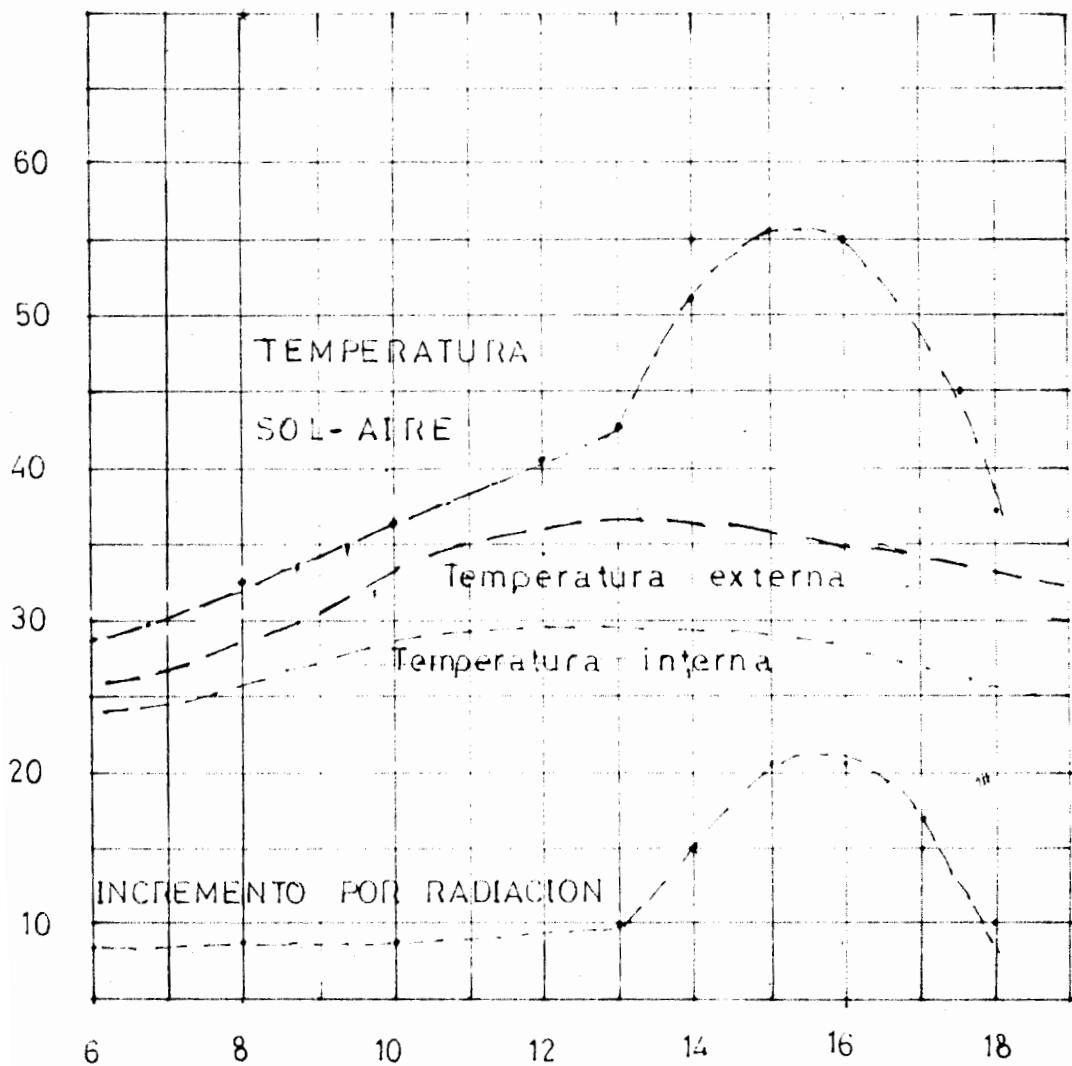
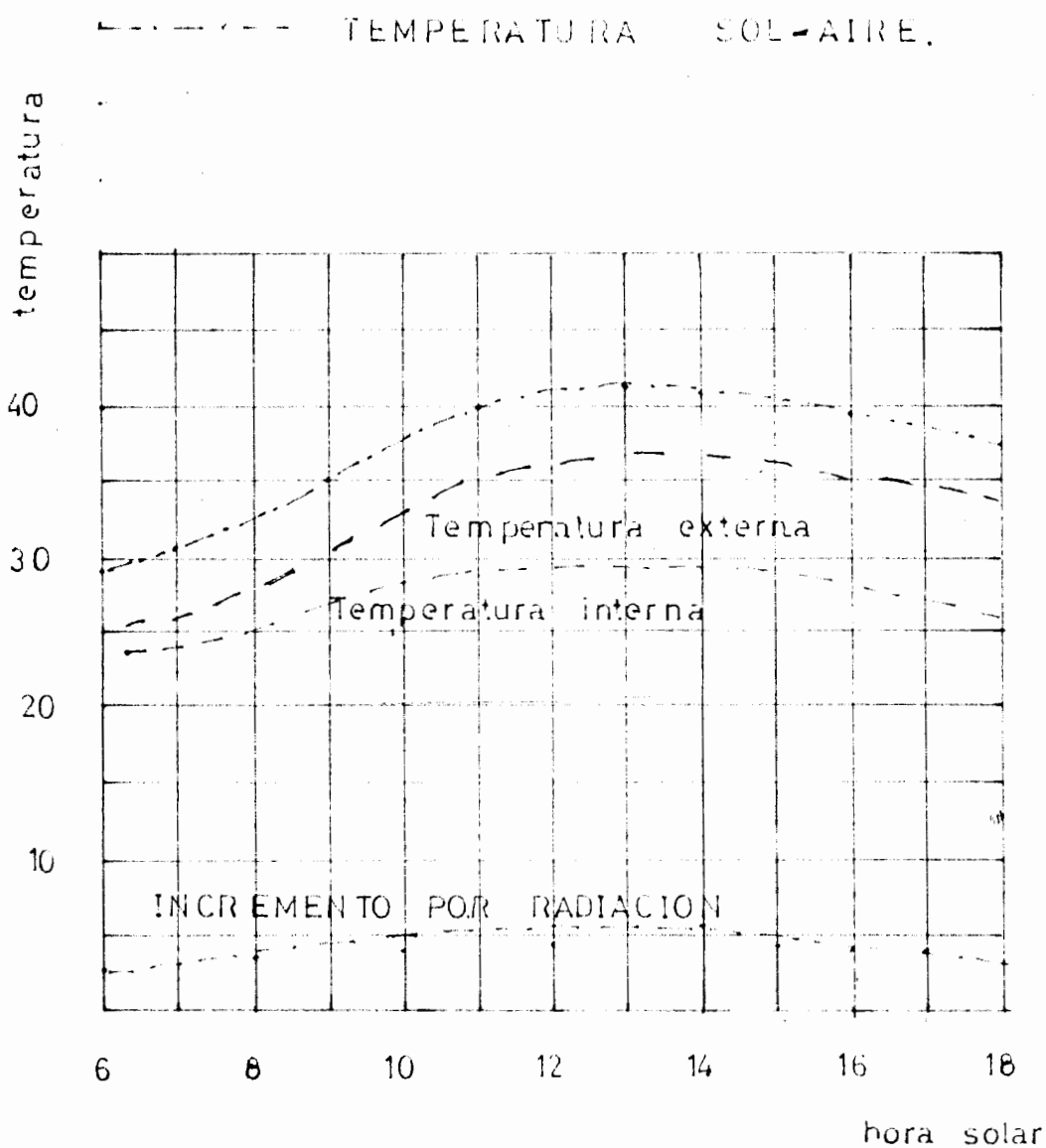


Fig 5.17 DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS.

PARED SUR.

7 FEBRERO / 85



C A P I T U L O VI.

CONSIDERACIONES A LA EVALUACION

6.1 ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO TEORICO Y LOS RESULTADOS REALES.

La evaluación in situ, como está descrita en los capítulos anteriores tiene la finalidad de obtener observaciones acerca del diseño bioclimático planteado para clima cálido-húmedo para que en base a esto se logren hacer consideraciones nuevas para mejorar lo que se ha alcanzado.

Justamente es éste capítulo, se plantea alternativas que en nuestro criterio, sirven para mejorar tanto la ventilación como también lograr un mejor control de la humedad, que de las observaciones dadas en los climogramas del capítulo 2, no se tenido una influ-

encia mayor, contrastando con la temperatura que está enmarcada en los valores de diseño.

Es conveniente introducir nuevos conceptos acerca de la ventilación y que en diseño no fueron tomados en cuenta, con el propósito de mejorar las condiciones de humedad que es el parámetro de importancia en éste análisis.

En nuestro clima, el calor pegajoso y la continua presencia de humedad, donde la temperatura se mantiene entre los 22 y 33 grados centígrados, los mantos de nubes y vapor de agua actúan como filtros ante la radiación directa del sol, por lo que ésta se reduce y difunde, éstas nubes impiden la radiación al espacio durante la noche, razón ésta, para sentir un calor sofocante en las noches de invierno.

La disipación térmica del cuerpo por convección o conducción es pequeña, debido a que la temperatura del aire es casi próxima a la de la piel, las pérdidas por radiación también son pequeñas.

En ambiente de alta humedad la evaporación de una pequeña cantidad de humedad procedente del cuerpo, forma un ambiente de aire saturado de vapor que se opone a toda evaporación posterior, bloqueando el último recurso de disipación de calor.

Entonces, para lograr un confort físico, es necesario conseguir una cierta disipación térmica del cuerpo hacia el medio por lo menos al nivel del calor producido por metabolismo que se logra mejorando la ventilación.

Varios tipos de ventilación se conocen:

- Ventilación espontánea.
- Ventilación debida a la apertura de puertas y ventanas.
- Ventilación por efecto chimenea.
- Ventilación por dispositivos pasivos de extracción de aire en cubiertas.

En la época sobrecalentada, se debe tratar de lograr velocidad interior del aire suficiente

para mejorar la evaporación del sudor. Por tanto, la velocidad es el concepto básico. Esto será más importante a medida que el clima sea más húmedo.

Entre sus ventajas se pueden anotar:

- Renueva el aire viciado de los locales para sustituirlo por aire más puro.
- Dar confort.
- Eliminar condensaciones.

En la vivienda construida y que es objeto de este estudio consta de lo siguiente en lo que a orientación y aberturas se refiere.

Amplias aberturas, tanto en barlovento, como en sotavento, aberturas en la parte superior de la cubierta donde el aire caliente escapa por la parte alta del techo, logrando de esta forma ventilar en una forma rápida y un movimiento de aire continuo, está orientada con su eje mayor E-OE, el viento golpea el frente de la vivienda con un ángulo aproximado de 45 grados.

Es así mismo importante conocer la diferencia de temperaturas que se pueden lograr en fachadas opuestas debido a que una está soleada y la otra no, como sucede en nuestra latitud, en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, el sol golpea la cara sur, lo contrario sucede en los meses de Junio, Julio, Mayo.

La distribución de temperaturas se muestra en el gráfico siguiente:

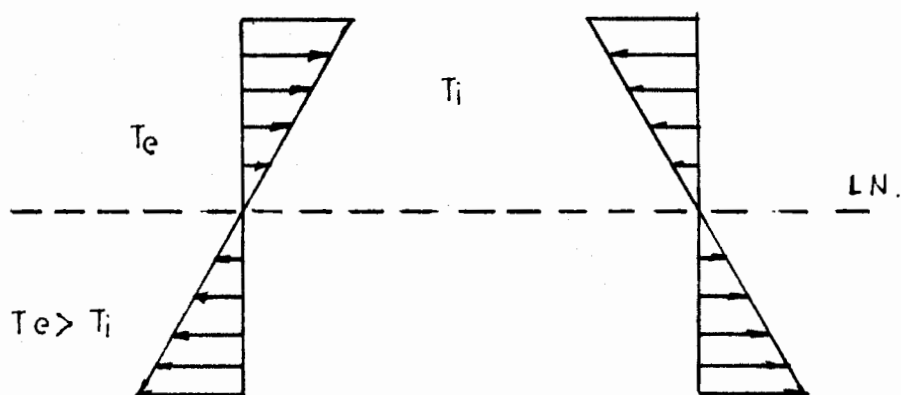


Fig 6.1 Distribución de presiones en un local.

Un principio que puede resultar muy útil, es el debido al cambio de densidades, sabido es que el aire caliente por ser más liviano asciende, se acumula en partes altas, se mejora éste efecto si se usa calor solar.

Para utilizar el efecto solar, se tiene que recurrir a superficies de captación como, colector solares, chimenea negras, etc.

En el caso de la chimenea solar, se basa en la convección natural del aire para obtener ventilación, los colectores solares también pueden sobrecalentar el aire con sólo colocarlos estratégicamente en las parte de interés, de tal manera que en el periodo de sobrecalentamiento reciban la radiación. Este colector es una plancha provista de tubos y es pintada de negro una o más hojas de vidrio lo cubren con lo cual se evitan pérdidas convectivas un aislamiento adecuado por los costados y por la base evitan pérdidas por conducción.

El sol al penetrar en la superficie calienta el aire en ésta zona por lo que se produce un cambio en la densidad del aire éste efecto produce un movimiento de aire ya que el aire calienta por ser más liviano asciende produciendose una succión, el aire frío reemplaza al caliente con lo cual el

movimiento del aire es aumentado.

En los gráficos que a continuación presentamos se pueden observar su disposición.

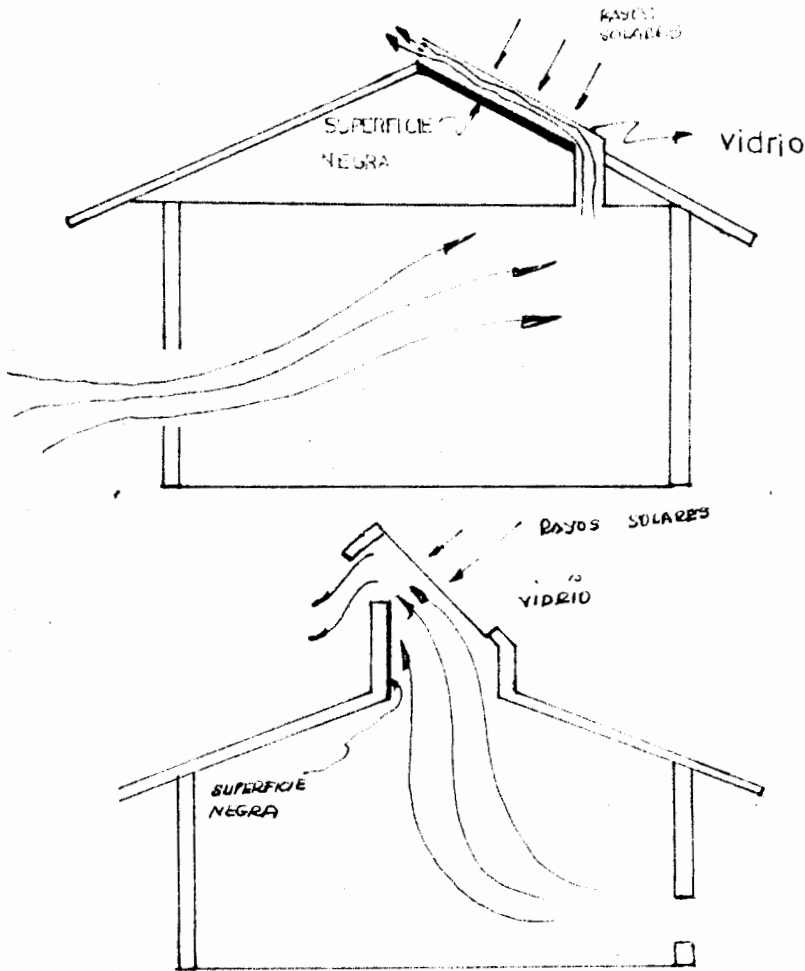


fig 6.2 Disposion de colectores en cubiertas.

La chimenea metálica negra, es otra alternativa en la cuál se usa el efecto venturi.

Este efecto se forma en el sobretecho, la corriente

de aire que tiene que pasar por las aberturas hacen que se formen zonas de baja presión, en este sitio y se absorba más rápidamente el aire interior.

La chimenea actúa en el caso que haya baja cantidad de corriente de aire, creando la zona de baja presión acelerando la salida de aire a través de ella.

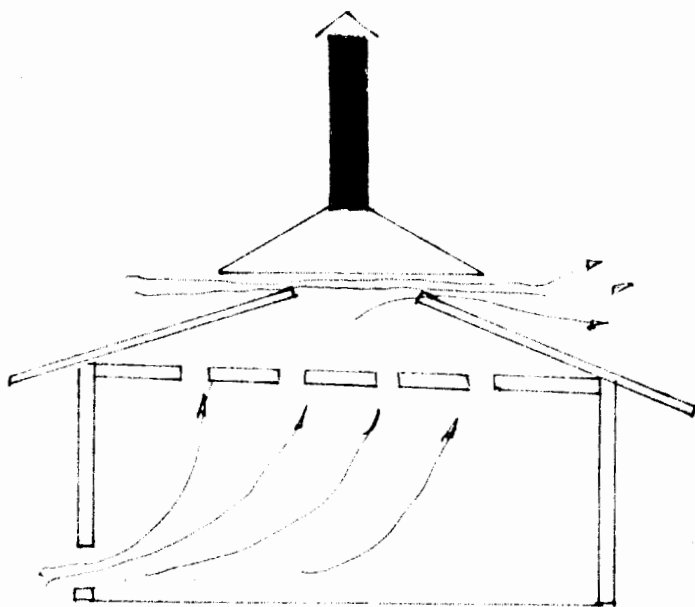


fig 6.3 Cubierta con chimenea

La orientación de la vivienda respecto al sol y a la dirección del viento predominante, es decir colocar la vivienda en una posición tal que no ingresen los rayos y que se aproveche de una




manera adecuada el flujo de aire fresco, con lo que mejoraríamos el intercambio de calor y humedad entre el cuerpo y el ambiente como está explicado en el capítulo cuatro.

La dirección predominante de viento en la cooperativa "Francisco Rule" es S E por lo que el viento golpea a la fachada sur con un ángulo aproximado o que oscila por los 45 grados, con lo cual estaríamos perdiendo un porcentaje considerable de la velocidad exterior, que si el viento incidiera a 90 grados más aún si en estas zonas la velocidad del viento es baja.

Ponemos a consideración estudio experimentales sobre éste punto con los siguientes cuadros.

Fig 6.4 Reduccion del viento segun incidencia.

SITUACION VENTANAS	ANGULO DE INCIDENCIA						
	0	15	30	45	60	75	90
	22 08	16 12	9 88	10 76	16 88	22 60	22 08
	19 96	14 88	9 88	8 88	13 64	20 96	25 36
	21 36	14 68	9 56	8 28	10 76	17 24	22 52
	24 16	21 80	11 76	8 96	17 84	23 48	26 12
	23 80	20 24	10 08	8 28	13 68	21 80	27 04
	22 20	19 20	12 48	8 44	10 80	18 20	23 72
	22 80	21 96	17 24	10 04	17 88	23 80	23 72
	23 88	21 20	14 48	10 80	14 40	22 48	27 60
	22 20	20 80	17 44	10 04	13 36	19 64	24 16

SITUACION VENTANAS	ANGULO DE INCIDENCIA							
	0	15	30	45	60	75	90	
	23.6	24.8	22.3	18.6	16.3	12.5	10.0	
	25.8	23.3	22.2	17.8	16.7	12.8	8.3	
	21.4	19.2	16.3	15.5	13.5	11.4	8.6	

Así mismo, creando zonas artificiales de presión y succión en una misma fachada, se pueden conseguir velocidades del aire interior superiores. En este caso se supone que el ángulo de incidencia del viento respecto a la fachada se sitúa entre 20 y 70 grados.

Los movimientos solares, sus trayectorias no son influenciadas por ninguna fuerza que esté al alcance del hombre, no así con el viento que con arreglos planteados se pueden dirigir sus movimientos especialmente en este tipo de viviendas.

Con éste planteamiento estaríamos dando a entender que necesariamente tenemos que orientar la vivienda en nuestra latitud con el eje mayor E-OE pero no es así, es básico comenzar haciendo un estudio de sombreado para diferentes posiciones con sus respectivas soluciones tanto de aleros y desviadores y no sólo centrar el estudio del sol, A continuación damos cuadros de sombreados y su influencia en el control solar, para diferentes variaciones angulares, partiendo del eje E-OE para la latitud de la cooperativa.

En cuanto a los materiales, éstos son muy importantes en el diseño, así se deben tomar en cuenta en base a las variaciones de temperatura entre el día y la noche que en nuestro clima no son mayores especialmente en el periodo de evaluación y en general en el año por lo que se deben tomar materiales bastante livianos, para evitar el sobrecalentamiento y humedad en el interior de la estructura.

Se realizó un estudio socio económico de los habitantes por lo que el costo de los materiales y mano de obra deben ser bajos y usar lo que el campesino tiene a su alcance, madera, guadúa, bambú, etc. Que son materiales simples y no necesita de obra de calificada, es decir abaratar la vivienda para que sea accesible para toda la comunidad.

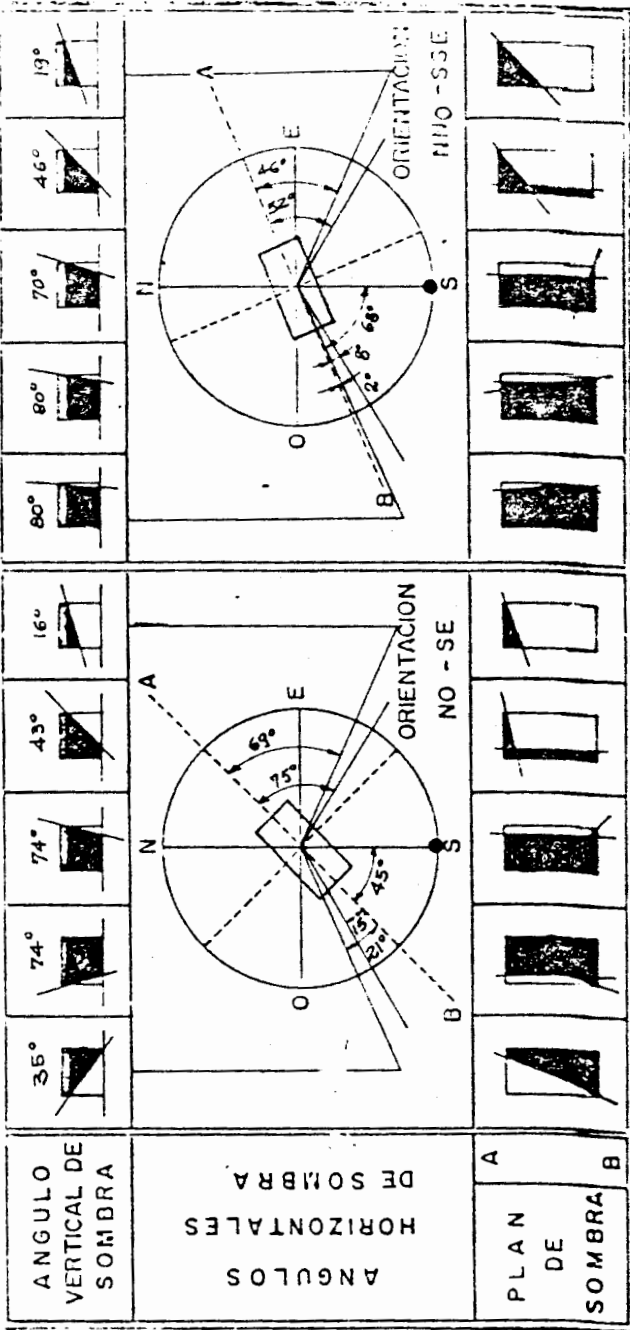


Fig 6.5 PLAN DE SOMBRA 1

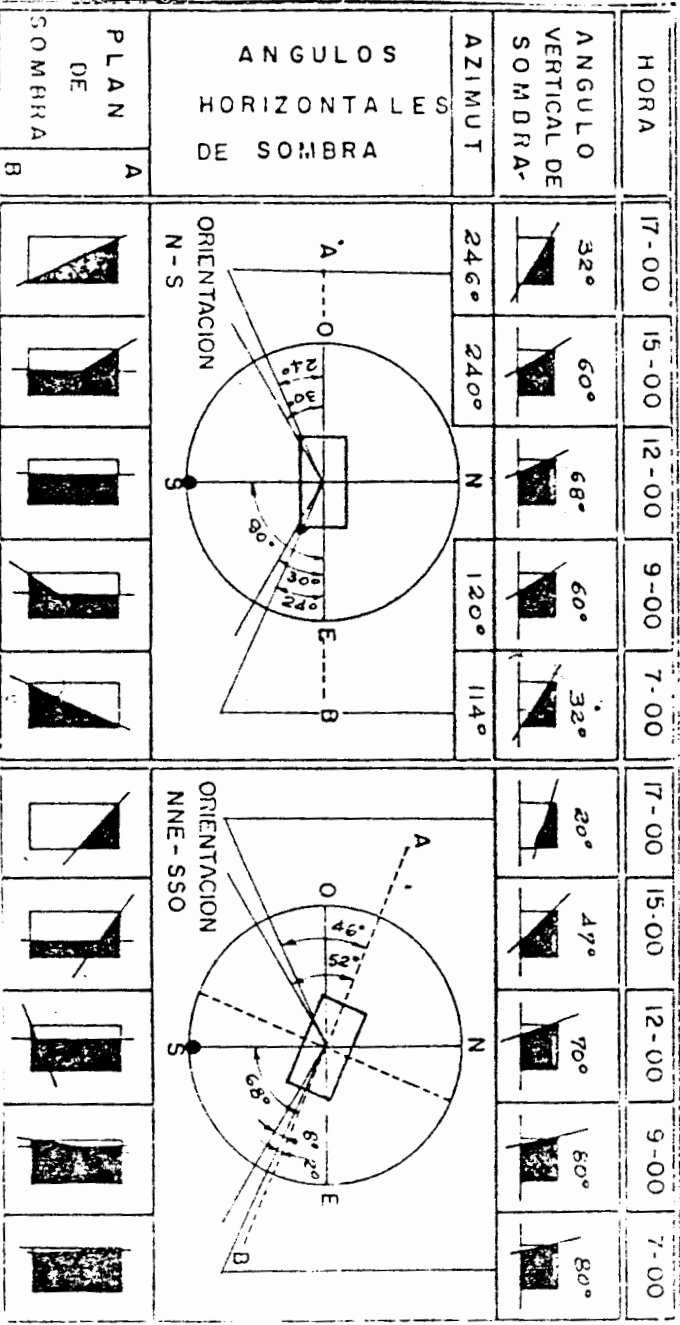


Fig 6.6 PLAN DE SOMBRA 2.

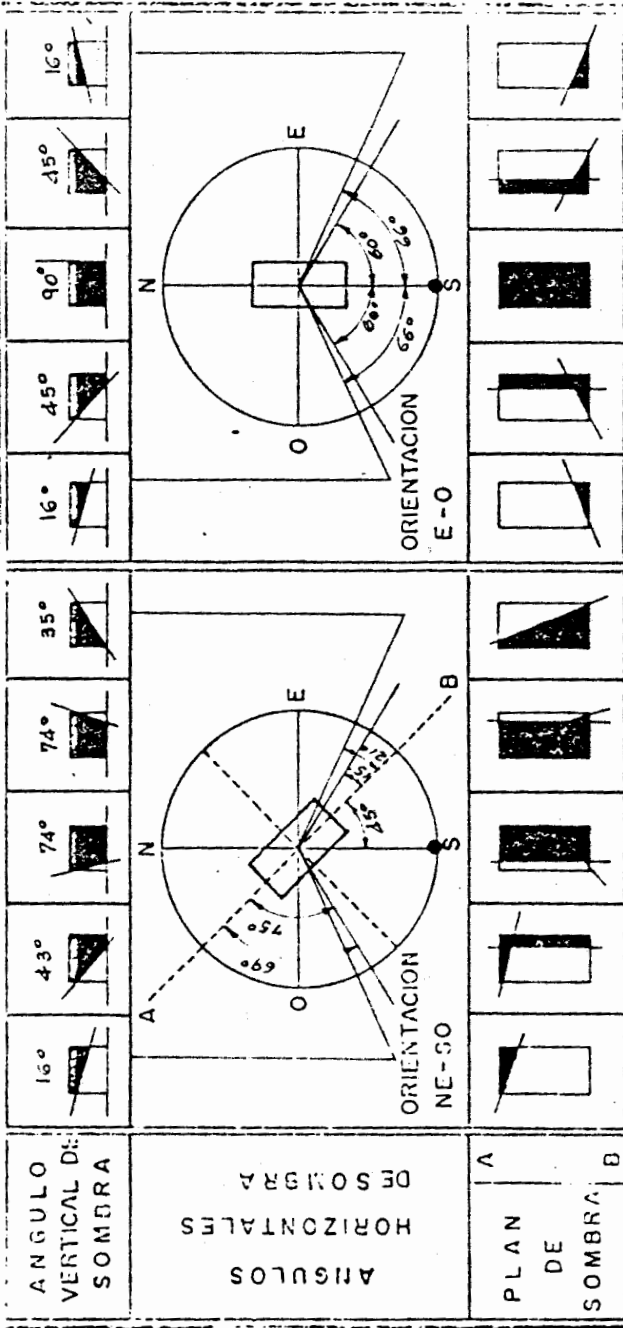


Fig 6.7 PLAN DE SOMBRA 3.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

CONCLUSIONES.-

1) En base a los conceptos utilizados de transferencia de calor, conducción, convección, radiación y sus leyes entre las que podemos mencionar la de Stefan-Boltzman, Wien, conceptos de longitud de onda, superficie selectiva, cuerpo negro, reflectancia, absorptancia, hemisférica, retardo térmico coeficiente de amortiguamiento, etc.

Podemos llegar a la conclusión de que un edificio tiene tres funciones básicas que son:

- Acumulador, estabilizador.
- Captación pasiva de energía solar.
- Barrera térmica.

Funciones que tomadas en cuenta dan como resultado condiciones térmicas y de confort agradables sin recurrir a medios artificiales.

2) Para determinar el mes crítico de sobrecalentamiento, el día y la hora, disponemos de datos microclimáticos obtenidos durante el período de evaluación, los que son graficados en un diagrama temperatura vs humedad relativa, y que son superpuesto en el diagrama bioclimático de Olgyay.

Presentamos tres climogramas desglosados así:

En el primero graficamos humedad relativa mínima diaria promedio mensual correspondiente a las 15 horas y temperatura máxima diaria promedio mensual que corresponde a datos de temperatura a las 15 horas.

En el climograma #2 se grafican, temperatura diaria promedio con humedad relativa promedio diario mensual.

En el climograma # 3 se grafican los siguientes valores:

Temperatura mínima diaria mensual vs humedad

relativa máxima diaria promedio mensual que corresponde a los datos de temperatura registrados a las 7-8 horas.

De dónde concluimos que el mes crítico es Febrero, siendo el periodo comprendido entre las 13-15 horas el desfavorable.

3) No son adecuadas las consideraciones hechas al asumir condiciones de régimen estacionario en los cálculos de transferencia de calor, sabemos que en éste estado la energía interna no sufre variaciones y que su aplicación es conveniente solamente si tomamos en cuenta que las temperaturas, externas e internas sean constantes en un periodo de tiempo corto.

La vivienda en consideración toma en cuenta los efectos de la capacidad calorífica de los materiales, es decir valores en régimen variable, en estas condiciones varían con el tiempo las temperaturas dando lugar a diferencias entre flujo entrante y saliente, como también la energía interna del muro.

Graficamos los valores de temperatura externa vs tiempo, donde observamos una variación cíclica en forma sinusoidal. Asumimos en los cálculos que la pared es una placa infinita en la cual el flujo se transmite exclusivamente en dirección normal al muro de donde los efectos de borde se pueden despreñar, suponemos además que el muro alcanzado lo que se llama el estado de conducción casi constante, en otras palabras estamos diciendo que la variación cíclica de la temperatura en la superficie exterior se ha llevado a cabo durante un tiempo suficiente como para los puntos del interior varíen repitiendo sus valores en cada ciclo. La temperatura que se considera en la superficie externas es la temperatura sol-aire.

El resultado de estos cálculos los llevamos al diagrama bioclimático de Olgyay donde son graficados, pudiéndose notar que están dentro de los límites de temperatura de diseño, con lo cual podemos decir que en la vivienda se ha logrado el control térmico deseado.

4) Es importante la orientación de la vivienda respecto al sol y a la dirección predominante del viento.

En la cooperativa "Francisco Rule" la vivienda está orientada con su eje mayor E-OE, es decir sus aberturas están orientadas con el eje N-S.

En esta posición y realizando la evaluación de los aleros en forma geométrica, notamos de los diagramas que, para los meses críticos de evaluación no tenemos incidencia directa del sol en el interior de la vivienda, siendo las paredes E, OE y la cubierta las partes que soportan todo el rigor térmico, ya sea en la mañana o la tarde, dependiendo de la posición solar principalmente del ángulo de incidencia y de la absortancia.

En cambio en lo que se refiere a la dirección predominante del viento, éste fué determinada por medio de la veleta, instrumento que indicó una incidencia predominante SE de aproximadamente 45 grado golpeando la cara S, de donde concluimos que

el efecto convectivo de la ventilación se perdió en aproximadamente un 50% y que debido a esto sobre la humedad no se logró el efecto deseado, es decir, tenemos valores de humedad altos, los mismos que graficados, están fuera del diagrama bioclimático de Olgay para clima cálido-húmedo.

✱ Con esto queremos decir que, la orientación N-S de la vivienda para la cooperativa "Francisco Rule", no es la adecuada pudiendose hacer variaciones de esta posición hacia la dirección predominante del viento (SE) de hasta 30 grados sin que se tenga, con los mismos aleros, una incidencia directa del sol en el interior.

5) La selección de bloques usados en las paredes Este, Oeste, se basó en el diagrama de actividades desde las 6,00 a.m. hasta las 18.00 horas, formulado después de un muestreo aleatorio de varias familias de la localidad.

El coeficiente de amortiguamiento y el retraso de fase depende fundamentalmente del producto de la conductividad térmica y de la densidad.

Estos valores los determinamos analíticamente y corresponden para las paredes mencionadas los siguientes valores, 3.00 horas y 3.6 horas respectivamente, es decir estas paredes desalojan el calor acumulado en horas donde la habitación no está ocupada. En otras palabras el retardo térmico de los bloques escogidos en el diseño y el determinado en la evaluación no tiene diferencias y cumple con sus requerimientos.

Un edificio eleva su temperatura interior, cuando está sujeto a la radiación, elevación que será igual si se elevara la temperatura externa.

El flujo de calor se determina basando los cálculos en una diferencia de temperatura, donde tomamos en cuenta el concepto de temperatura sol-aire, el mismo que involucra a la radiación y la temperatura externa en un mismo parámetro.

Aquí es importante si se tienen muros compuestos considerar, las formulas de admisividad equivalente donde el orden en que están dispuestas las capas de

los distintos materiales influyen en su comportamiento térmico.

Así, en un muro compuesto de dos capas, una de ellas aislante y la otra de fábrica como es el caso de la pared Este, y según se coloque el aislante en la cara externa o interna, tendremos en el primer caso mayor retarso e incluso amortiguación que en el segundo.

En la vivienda de Balzar el aislamiento se encuentra en la parte interna con valores de retardo térmico deseados.

RECOMENDACIONES.-

1) Los cálculos, gráficos y cartas que se utilizan en el estudio del sol y su energía están todos referidos al norte geográfico, mientras que la orientación de la vivienda en referencia está con el norte magnético determinado con la ayuda de la brújula. Para mantener concordancia de conceptos se recomienda seguir el procedimiento descrito en el capítulo V, en donde se dan los pasos que se sigue para determinar el norte geográfico.

La diferencia en valores de estas dos direcciones las pueden dar institutos astronómicos debido a que no son valores constantes y varían todos los años.

2) Para disminuir los efectos de la humedad es necesario mejorar la ventilación, mejoras que se pueden lograr utilizando medios alternativos de calentamiento como son el uso de paneles solares, chimeneas, colocadas estratégicamente en la cubierta para producir un efecto de succión adicional que ayudará a mejorar el flujo libre de

aire.

Igualmente en nuestro caso particular, es importante la orientación de la vivienda respecto a la dirección del viento sin descuidar la orientación respecto al sol, en éste punto se deben tomar en cuenta la topografía del terreno, sus elevaciones y especialmente los efectos que pueden producir los árboles grandes en el sombreado sin que obstruyan o disminuyan el flujo del aire.

3) Se ha tomado en cuenta para la evaluación cuatro variables climáticas, las mismas que relacionan las condiciones del clima con las respuestas térmicas del cuerpo humano. El efecto combinado de estas variables se miden en un sólo parámetro llamado "Temperatura eficaz corregida" y que nosotros lo hemos usado, debido a que es el índice que involucra directamente a la radiación.

Así mismo se puede utilizar la carta bioclimática de Olgyay aunque ésta definida para condiciones externas de clima, nosotros la usamos para clima cálido-húmedo debido a que no existen diferencias mayores entre la temperatura exterior y la

temperatura interior.

Es un buen recurso para realizar la evaluación.

4) La vegetación puede producir las velocidades de viento dónde este es deseable así como una buena situación de la vegetación puede eliminar o reducir el resplandor del sol, es conveniente mejorar la situación de la vivienda mediante soluciones normales en lugar de construcciones artificiales.

Para este clima es recomendable utilizar colores claros.

A P E N D I C E S

APENDICE A

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Balzar.

Diciembre 21.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	.5981	66.51
7	14.34	66.11
8	27.96	64.04
9	41.20	59.52
10	53.55	50.51
11	63.63	32.30
12	68.00	0.00
13	63.63	-32.30
14	53.55	-50.51
15	41.20	-59.52
16	27.96	-64.04
17	14.34	-66.11
18	.5981	-66.51

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Balzar.

Enero 21/Noviembre 20.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	.5174	69.83
7	14.59	69.53
8	28.57	67.75
9	42.26	63.64
10	55.25	55.41
11	66.25	37.11
12	71.32	0.00
13	66.25	-37.11
14	55.25	-55.41
15	42.26	-63.74
16	28.57	-67.75
17	14.59	-69.53
18	.5174	-69.83

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Baizar.

Febrero 20/Octubre 21.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	.3017	78.40
7	15.00	78.39
8	29.66	77.49
9	44.24	75.21
10	58.57	69.94
11	72.01	55.19
12	79.90	0.00
13	72.01	-55.19
14	58.57	-69.94
15	44.24	-75.21
16	29.66	-77.49
17	15.00	-78.39
18	.3017	-78.40

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Balzar.

Marzo 22/Septiembre 21.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	00.00	90.00
7	15.00	89.60
8	30.00	89.13
9	44.98	88.50
10	59.97	87.40
11	74.93	84.42
12	88.50	0.00
13	74.93	-84.42
14	59.97	-87.40
15	44.98	-88.50
16	30.00	-89.13
17	15.00	-89.60
18	00.00	-90.00

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Balzar.

Abril 21/Agosto 21.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	-30.17	78.40
7	14.37	77.62
8	28.98	75.85
9	43.41	72.44
10	57.43	65.49
11	70.15	48.31
12	76.90	0.00
13	70.15	-48.31
14	57.43	-65.49
15	43.41	-72.44
16	28.97	-75.85
17	14.37	-77.62
18	.3017	-78.40

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Balzar.

Mayo 22/Junio 21.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	-5.224	69.62
7	13.50	68.62
8	27.35	66.06
9	40.80	61.12
10	53.36	51.75
11	63.64	33.12
12	68.11	0.00
13	63.64	-33.12
14	53.36	-51.75
15	40.80	-61.12
16	27.35	-66.06
17	13.50	-68.62
18	.5224	-69.62

VALORES DE α Y γ PARA EVALUACION DE ALEROS

LATITUD: - 1.30

LOCALIDAD : Cooperativa "Francisco Rule", Canton
Balzar.

Junio 21.

Hora Solar	Angulo de Elevación	Angulo de Azimut
6	-59.81	66.51
7	13.11	65.44
8	26.61	62.66
9	39.63	57.35
10	51.58	47.55
11	61.05	29.37
12	65.00	0.00
13	65.05	-29.37
14	51.58	-47.55
15	39.63	-57.35
16	26.61	-62.66
17	13.11	-65.44
18	-59.81	-66.51

APENDICE 31

Conductancia y resistencia de cámara

cámara	conductancia R_c W/m ² grado C	resistencia $1/R_c$ m ² grado C/W
Vertical: 3 mm de ancho	14,50	0,069
6 mm de ancho	8,74	0,114
13 mm de ancho	7,04	0,142
20 mm de ancho	6,63	0,151
25 mm de ancho	6,52	0,153
38 mm de ancho	6,52	0,153
Horizontal 76 mm: flujo calorífico ascendente	7,48	0,133
flujo calorífico descendente	5,32	0,188
Valores normalmente utilizados en el Reino Unido para: cámara de 50 mm	5,67	0,176
cámara de 50 mm, con hoja de aluminio	2,84	0,352

APENDICE B2

Absorbancia y emitancia de superficies

superficie	absorbancia para radiación solar	α y ϵ 10 a 40 °C
Negra, no metálica	0,85-0,98	0,90-0,98
Ladrillo rojo, piedra, teja	0,65-0,80	0,85-0,95
Ladrillo amarillo y color cuero, piedra	0,50-0,70	0,85-0,95
Ladrillo, piedra, teja color crema	0,30-0,50	0,40-0,60
Cristal de ventana	Transparente	0,90-0,95
Aluminio, oropel o bronce brillantes	0,30-0,50	0,40-0,60
Latón, aluminio mates, acero galvanizado	0,40-0,65	0,20-0,30
Latón, cobre pulidos	0,30-0,50	0,02-0,05
Aluminio, cromo pulidos	0,10-0,40	0,02-0,04

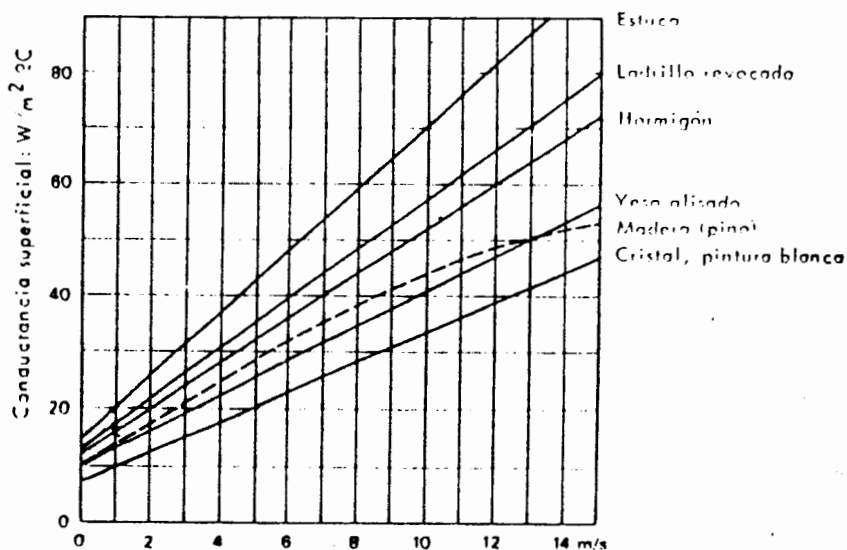
APENDICE 33

Conductancias y resistencias superficiales

superficie	conductancia f W/m ² grado C	resistencia $1/f$ m ² grado C/W
<i>Superficies Internas (I.):</i>		
Paredes	8.12	0.123
Suelo, techo, flujo calorífico ascendente	9.49	0.105
Suelo, techo, flujo calorífico descendente	6.79	0.149
Cara inferior del tejado	9.48	0.105
<i>Superficies externas (E.):</i>		
Paredes, cara sur: protegida	7.78	0.128
normal	10.00	0.100
exposición severa	13.18	0.076
Paredes, caras Oeste, Suroeste, Sureste: protegidas	10.00	0.100
normal	13.18	0.076
exposición severa	18.90	0.053
Paredes cara Noroeste: protegidas	13.18	0.076
normal	18.90	0.053
exposición severa	31.50	0.032
Paredes, caras Norte, Noreste, Este: protegidas	13.18	0.076
normal	18.90	0.053
exposición severa	81.20	0.012
Tejados: protegidos	14.20	0.070
normal	22.70	0.044
exposición severa	56.70	0.018

APENDICE 34

Conductancia superficial como función de la velocidad del viento



APENDICE C1

Tabla de coeficiente de conductividad Térmica (K), peso de los materiales (m) y calor específico (C).

MATERIALES	$\frac{K}{W/M^{\circ}K}$	$\frac{M}{KG/M^3}$	$\frac{C}{J/KG^{\circ}C}$
<u>LADRILLO</u>			
Muy ligero	0,24	1000	
	0,31	1200	
	0,42	1400	920
Ligero	0,56	1600	(900 - 1070)
Medio	0,73	1800	
Pesado	0,95	2000	
<u>CONCRETO</u>			
Con agregados pesados			
Muy ligero	0,55	1600	
Ligero	0,72	1800	1000
Ligero-Medio	0,95	2000	(830 - 1100)
Medio	1,20	2200	
Pesado	1,50	2400	
<u>CONCRETO</u>			
Con agregados ligeros			
	0,12	400	
	0,15	600	960
	0,19	800	
Varía según el peso	0,25	1000	
	0,32	1200	
	0,45	1400	
<u>MORTERO DE CEMENTO</u>			
1:3	1,40	2130	1000 - 890

MATERIALES	$\frac{K}{W/M^{\circ}K}$	$\frac{M}{KG/M3}$	$\frac{C}{J/KG^{\circ}C}$
<u>ASBESTO CEMENTO</u>			
Ligero	0,22	1200	900
Medio	0,36	1500	900
Pesado	0,58	2000	900
Yeso	0,28	700	840
Recubrimiento Plastico.	0,11	700	840
<u>ASFALTO:</u>			
Madera	0,58	1700	1140
Dura	0,14	820	2400
Suave	0,16	550	1400
Plywood	0,14	480-640	1400
Aglomerados	0,15	800	1400
Fibra de madera	0,065	240-400	1400
<u>LANA MINERAL</u>			
Pobre	0,03	100	750
Preparada	0,037	140	750
Especiales	0,049	300	750
<u>FIBRA DE VIDRIO</u>			
	0,034	64	650
	0,042	40-160	650
<u>ASBESTOS</u>			
Aliviadero	0.046	930	820
Pobre	--	470	820
Recubrimientos duros	0.093	320	1400
Aislante de madera y lana	0,093	400-600	1800
Corcho	0,049	120	1800
Polietireno expandido	0,033	30	1700

Tabla para corrección del coeficiente de transmisión de calor (U), para diferentes velocidades de viento.

(U) PARA 15 mph (BTU/Hft ² °F)	VALORES DE (U) DE 0 A 30 mph. DE VELOCIDAD DE VIENTO.					
	0	5	10	20	25	30
0.050	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.060	0.059	0.059	0.060	0.060	0.060	0.060
0.070	0.068	0.069	0.070	0.070	0.070	0.070
0.080	0.078	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080
0.090	0.087	0.089	0.090	0.090	0.090	0.090
0.100	0.096	0.099	0.100	0.100	0.101	0.101
0.110	0.105	0.108	0.109	0.110	0.111	0.111
0.130	0.123	0.127	0.129	0.131	0.131	0.131
0.150	0.141	0.147	0.149	0.151	0.151	0.152
0.170	0.158	0.166	0.169	0.171	0.172	0.172
0.190	0.175	0.184	0.188	0.191	0.192	0.193
0.210	0.192	0.203	0.208	0.212	0.213	0.213
0.230	0.209	0.222	0.227	0.232	0.233	0.234
0.250	0.226	0.241	0.247	0.252	0.253	0.254
0.270	2.241	0.259	0.266	0.273	0.274	0.275
0.290	0.257	0.278	0.286	0.293	0.295	0.296
0.310	0.273	0.296	0.305	0.313	0.315	0.317
0.330	0.288	0.314	0.324	0.333	0.336	0.338
0.350	0.303	0.332	0.344	0.354	0.357	0.359
0.370	0.318	0.350	0.363	0.375	0.378	0.380
0.390	0.333	0.368	0.382	0.395	0.399	0.401
0.410	0.347	0.385	0.402	0.416	0.420	0.422
0.430	0.362	0.403	0.421	0.436	0.441	0.444
0.450	0.376	0.420	0.439	0.457	0.462	0.465
0.500	0.410	0.464	0.487	0.509	0.514	0.518
0.600	0.474	0.548	0.581	0.612	0.620	0.626
0.700	0.535	0.631	0.675	0.716	0.728	0.736
0.800	0.592	0.711	0.766	0.821	0.836	0.847

A P E N D I C E C 3

Coeficiente de transmisión entre el aire y la superficie en contacto (H) y coeficiente de resistencia térmica de los materiales (R).

AIRE QUIETO (INTERIOR)

POSICION DE LA SUPERFICIE	COEF. DE TRANSMISION H (BTU/Hf ² °F)	COEF. DE RESISTENCIA R (Hf ² F/BTU).
Horizontal sobre nivel de piso	1.63	0.61
Inclinación mayor a 45°	1.60	0.62
Vertical	1.46	0.68
Inclinación menor a 45°	1.32	0.76
Horizontal a nivel de piso	1.08	0.92

BIBLIOGRAFIA.

- 1)- Kreith, F. Principios de Transferencia de Calor, Herrero Hnos, 220 págs.
- 2)- Nienhuys, S y Lara G., Asoleamiento y sus Aplicaciones para el diseño Climático de la vivienda en el Ecuador, Quito, INEN, 1978, 82 págs.
- 3)- Szokolay, S V., Energía Solar y Edificación, Madrid, H Blume ediciones, 1978, 150 págs.
- 4)- Aladar y Victor Olgyay., Solar Control and Shading devices. Princeton University, Press Princeton, New Jersey, 202 págs.
- 5)- Koenigsberger, O. H, Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales, Madrid: Paraninfo, 1977, 328 págs.
- 6)- Threlkeld, F., Ingeniería del Ambiente Térmico, Editorial Prentice/Hall Internacional, 1973, 501 págs.

- 7)- Perez, A., La Bioclimatización Aplicada al Diseño de la Vivienda Rural en el Litoral Ecuatoriano., Tesis de grado. ESPOL: 1984, 437 págs.
- 8)- Pazmino, M., Energía Solar., Teoría y Experimentos, ESPOL. 165 págs.
- 9)- Paz, R., Uso Pasivo de la Energía Solar para vivienda., Universidad de Minnesota, 1981.
- 10)- Watson, D., Designing - Building a Solar House your Place in the Sun. Garden way Publishing Charlotte, Vermont 05445.
- 11)-AIA Research Corporation, Washington D. C for U.S. Department of Housing and Urban Development., Solar Dwelling Design Concepts., Abril 1978, 146 págs.
- 12)-U.S Department de Housing and Urban Develoment in Cooperation with the U.S Department de Energy., A Survey of Passive Solar Building., Febrero 1979, 287 págs.

13)-U.S. Department de Housing and Urban Develoment in
Cooperation with the U.S. Department de Energy.,
Regional Guidelines for Building Passive Energia
Conserving Home., Noviembre, 1978.