

DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y ECONOMÍA ENERGÉTICA EDILICIA

Fundamentos y métodos

Autores

Jorge Daniel Czajkowski

Analía Fernanda Gómez

Arquitectos

ISBN: 978-987-05-4908-6

Publicación de la Editorial de la Universidad Nacional de La Plata

REPÚBLICA ARGENTINA
LA PLATA, 2002

INDICE

INTRODUCCIÓN	7
1 - HACIA UN METODO DE DISEÑO BIOCLIMATICO	9
Introducción. Diseño convencional y diseño bioclimático. Partido energético. Partido energético espontáneo. Partido energético conciente. Partido energético optimizado. El proceso de diseño bioclimático.	
2 - CLIMA Y ARQUITECTURA	17
Generalidades. Datos principales. Temperaturas. Humedad. Viento. Heliofanía. Grados día. Zonas Bioambientales. Recomendaciones generales sobre diseño. Evaluación del asoleamiento mínimo y las protecciones solares. Microclimas. Tablas de datos meteorológicos. Ejemplo: Análisis climático.	
3 - HABITABILIDAD Y CONFORT HIGROTÉRMICO	47
Los factores bioclimáticos. Elementos del bienestar higrotérmico (convección, conducción, radiación y evaporación). Evolución de los niveles de confort higrotérmico. Relación entre la arquitectura y el clima. Relación de los elementos climáticos respecto del confort, el método de Olgyay. Exigencias de confort higrotérmico en locales de vivienda. Uso de los diagramas de confort como apoyo al diseño edilicio, el método de Givoni. Situación de confort en viviendas, casos de la región y del país. Ejemplo: Análisis y diagnóstico bioclimático de la ciudad de La Plata.	
4 - SOL Y ARQUITECTURA. ASOLEAMIENTO DE EDIFICIOS	73
Introducción. Asoleamiento, sol y radiación solar. Movimientos relativos de la tierra y el sol. Cartas solares. Control solar. Protección solar de ventanas. Diseño de protecciones solares para ventanas. Protección solar de muros y cubiertas. Ejemplo: Sombras y asoleamiento de edificios.	
5 - VIENTO, VENTILACION Y ARQUITECTURA	89
Generalidades. Viento, características y comportamiento. Efectos del viento en función de formas edilicias y sus agrupamientos. Barreras rompevientos. Determinación del área protegida a barlovento. Ventilación. Movimiento del aire en el interior de locales en función de la forma, tamaño y ubicación de las aberturas.	
6 - CALIDAD TERMICA EDILICIA	101
Generalidades. El coeficiente de transmitancia térmica "K". El coeficiente global de pérdidas térmicas "G". Determinación de la carga térmica anual de un edificio. Costo de energía en calefacción. Verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial. La condensación superficial. La condensación intersticial. Modos de ubicación del aislante térmico y la barrera de vapor en muros. Conceptos sobre los efectos de la humedad en los materiales de construcción. Cálculo del riesgo de condensación. Método de verificación del riesgo de condensación superficial. Proceso inverso para determinar la resistencia térmica mínima evitando la condensación superficial. Verificación del riesgo de condensación intersticial.	

7 - FORMAS , EMPLAZAMIENTO Y ENERGIA	141
Generalidades. Indicadores formales y de agrupamiento. Factor de compacidad “Fc”. Factor de forma “Ff”. El agrupamiento como factor de ahorro de energía, el factor de exposición “Fe”.	
GLOSARIO DE TERMINOS USUALES	149
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	151
ANEXOS	152
Anexo 1: Grupos de investigación y desarrollo bioclimáticos del país.	
Anexo 2: Software de aplicación.	

INTRODUCCION

En la década del '70 una crisis energética mundial provocó que los países desarrollados invirtieran fondos en la investigación y desarrollo de planes para la racionalización y uso racional de la energía. Países como EEUU, Suecia, Francia y Alemania entre otros lograron disminuir significativamente la demanda de energía mediante la ejecución de planes de ahorro energético. Paralelamente se desarrollaron numerosos emprendimientos de edificios bioclimáticos y solares.

Promediando la década se formaron grupos de investigación en nuestro país, que con apoyo estatal llevaron adelante la difusión del URE-Uso Racional de la Energía. Estos grupos y profesionales pertenecientes a universidades o institutos privados y/o nacionales se asentaron en Buenos Aires, Salta, Mendoza, Tucumán, Catamarca, Córdoba, Neuquén y Santa Fé. Analizaron en profundidad las necesidades regionales que permitieron la construcción de numerosos edificios bioclimáticos y solares, se desarrollaron y/o adaptaron metodologías de diagnóstico y evaluación energética, se propusieron medidas de diseño para los diversos climas del país que se sintetizaron en normas. Estos grupos aglutinados en la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) trabaja en la investigación, desarrollo, y difusión de la problemática Energía y Ambiente.

En la actualidad los problemas ya no son solo energéticos sino ambientales. El abusivo, intensivo y siempre creciente uso de energías de origen fósil para el desarrollo de la civilización a provocado una crisis ambiental global. El efecto invernadero, el agujero en la capa de ozono, los cambios climáticos, se dicen son provocados por las emisiones gaseosas de los grandes centros urbanos. Ante esta situación es imprescindible frenar la demanda de energía mediante el URE, el aprovechamiento de las fuentes alternativas como el sol, el viento y fundamentalmente mediante un DISEÑO CONSCIENTE.

Los actores sociales del sector construcciones (arquitectos, ingenieros y técnicos) deben concientizarse del problema y capacitarse para poder resolverlo. A ellos está dirigido este libro. El objetivo de este texto es introducir al lector en los métodos y técnicas que permitan desarrollar un edificio bioclimático pasivo. En el capítulo 1 se definen los conceptos de diseño bioclimático y se describen los métodos y técnicas de aplicación.

En el capítulo 2 se describen los climas del país como condicionantes de diseño y se plantean métodos para analizarlos. Los conceptos de habitabilidad y confort higrotérmico son tratados en el capítulo 3 en donde se plantean los factores bioclimáticos que inciden en el confort. El factor sol es tratado en el capítulo 4 donde se plantean los métodos que tiendan a generar un control solar en los edificios. Luego el capítulo 5 describe el efecto del viento en las construcciones, mientras el capítulo 6 trata con profusión los problemas de calidad térmica edilicia con ejemplos claros para que el lector aborde el problema. Finalmente el capítulo 7 describe como la forma de los edificios y su agrupamiento inciden en la economía energética edilicia.

El libro cuenta con un glosario de términos y referencias bibliográficas para quien desee profundizar determinados temas. En los anexos se listan los grupos de investigación del país que trabajan en el tema. Se ofrecen programas descargables desde el portal de la Cátedra de los autores, para los que necesiten mejorar y acelerar el proceso de diseño.

<http://www.arquinstal.net>

Esperamos que esta primer edición colabore en la difusión del diseño bioclimático, junto a otros pocos textos escritos en el país.

Los autores agradecen su interés en el tema y desearían recibir sugerencias, dudas y críticas que ayuden a mejorar futuras ediciones.

J.D.C. y A.F.G.

Hacia un método de diseño bioclimático



1- INTRODUCCIÓN

Para plantear un método de diseño bioclimático deberemos primero entender que es la Arquitectura Bioclimática. En las reuniones científicas se discuten nombres y conceptos para un objeto similar: arquitectura bioclimática, solar, energéticamente consiente, helioenergética, climática y últimamente ecológica entre tantas designaciones.

En cada caso, o se designa lo mismo con diferentes nombres, o las diferencias son mínimas entre cada una de ellas.

El término “arquitectura bioclimática” fué acuñado a fines de los '70 por J.L. Izard y A. Guyot en su libro homónimo. Definían al bioclimatismo en arquitectura como: “...la ciencia que tiende a cumplir por medio de la arquitectura misma la función de satisfacción de las exigencias térmicas mínimas del ocupante, recurriendo preferentemente a la ingeniería climática...”, apoyada preferentemente en sistemas pasivos que definían como: “...sistemas térmicos de captación y de almacenamiento de la energía solar que pone en juego elementos de la arquitectura y cuyo funcionamiento es autónomo...”.

Esto los llevó a pensar ¿Que puede considerarse una buena arquitectura bioclimática?, planteando que todo edificio que se beneficie de ambientes interiores cercanos a condiciones de confort higrotérmico respecto de la variabilidad climática exterior sin hacer uso de acondicionamiento artificial del aire interior, cumple la idea.

De esta forma se engloban y sintetizan los problemas arquitectura-clima en un solo concepto.

En nuestro país, ya en los '30, Wladimiro Acosta planteaba la relación entre arquitectura y clima pero focalizando su planteo en el asoleamiento edilicio.

En los '50 Borgato y Tedeschi continuaron tratando el tema desde el asoleamiento, aunque comenzaron a incursionar en la relación naturaleza-arquitectura, planteando en el libro “Teoría de la arquitectura”, al clima y sus componentes como un condicionante de diseño. Ambos culminaron formando grupos de investigación y docencia en Rosario y Mendoza respectivamente, que entre sus logros se encuentran las dos primeras casas solares de la Argentina.

En los años subsiguientes, siempre en nuestro país y siguiendo tendencias internacionales se fueron formando grupos que progresivamente ampliaron la base de conocimiento para dar lugar a un marco teórico de carácter científico. Este proceso se consolidó en los '70 donde se produjo abundante cantidad de investigaciones, se construyeron edificios y módulos solares o bioclimáticos, se institucionalizó en concursos nacionales de arquitectura y se organizaron en asociaciones nacionales e internacionales. Este avance se debió principalmente a que concurren profesionales de la arquitectura, ingeniería, física, química, etc. sustentados por subsidios del estado.

Nosotros nos centraremos en los métodos desarrollados por el IAS, Instituto de Arquitectura Solar La Plata y el Grupo de Energía y Medio Ambiente del IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP, que integran los autores.

2- DISEÑO CONVENCIONAL Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Previo a plantear una metódica de diseño que tienda a lo bioclimático, es preciso definir las diferencias entre un diseño convencional con uno solar.

La Figura 1 muestra una clasificación del diseño en función de un creciente compromiso con el clima y la tecnología. La “arquitectura convencional” (E.Rosenfeld) se define por las siguientes características comunes del parque edilicio construido:

- a. “Un programa que no expresa las reales necesidades y características de los modos de vida.”
- b. “Una resolución funcional, constructiva y formal que responde fundamentalmente a teorías y estereotipos estilísticos, de lucro y realización personal.”
- c. “Un proceso de diseño y método de producción que por la búsqueda desequilibrada de la minimización del costo inicial, desconociendo las variables sociales, ambientales y energéticas, resultan en la expresión del despilfarro. Transfiriendo al usuario el costo operativo que en los casos masivos los constriñe generalmente a niveles inferiores de habitabilidad.”

En este contexto no nos sorprenderá constatar que la arquitectura convencional produce edificios que:

- a. “Están emplazados y orientados sin cuidado respecto a la protección y ganancia solar, puesto que se privilegian otros requerimientos: formales, rentabilidad del suelo, obtención de trama variada, etc.”
- b. “No se adaptan a los condicionantes climáticos, descuidando la elección de sistemas constructivos, aislaciones térmicas, etc.”
- c. “No se adaptan a los modos de vida y la utilización de materiales regionales.”
- d. “No se toma en cuenta el diseño y dimensionamiento adecuado de la iluminación natural y artificial.”
- e. “Se resuelven los problemas de acondicionamiento ambiental a través de sistemas convencionales no optimizados.”

Esta descripción conceptual del autor nos muestra edificios cuyo funcionamiento y habitabilidad dependen del uso de desproporcionadas cantidades de energía para corregir un sistema naturalmente alejado de los condicionantes climáticos y el modo de vida de los usuarios.

En contraposición a la arquitectura convencional podemos oponer la arquitectura helioenergética sustentada en un “partido energético” (E.Rosenfeld).

3- PARTIDO ENÉRGICO

Se entiende por “partido arquitectónico” al grupo esencial de intenciones y decisiones con que se plantea un proyecto. Esto surge de las ponderaciones y jerarquizaciones de ideas centrales que subordinan a otras complementarias. Las intenciones y decisiones se basan en problemas de uso, del lugar, funcionales, formales y constructivos.

Definido el “partido” podemos introducir el concepto de “partido energético” con un proceso similar, pero con una metodología de diseño más rica, debido a que los condicionantes, intenciones y decisiones se les asigna el carácter de subsistemas (funcionales, estructurales, productivos, energéticos, sociales, económicos, etc.), donde algunos de estos tomarán en un orden jerarquizado diferentes niveles en función de que el proceso y sus variables lo justifiquen.

“El partido energético es el conjunto de decisiones e intenciones que abarca la determinación de los tipos de energía interviniente, la magnitud de sus aportes, las aplicaciones de dichas energías y la tecnología apropiada”. (Rosenfeld)

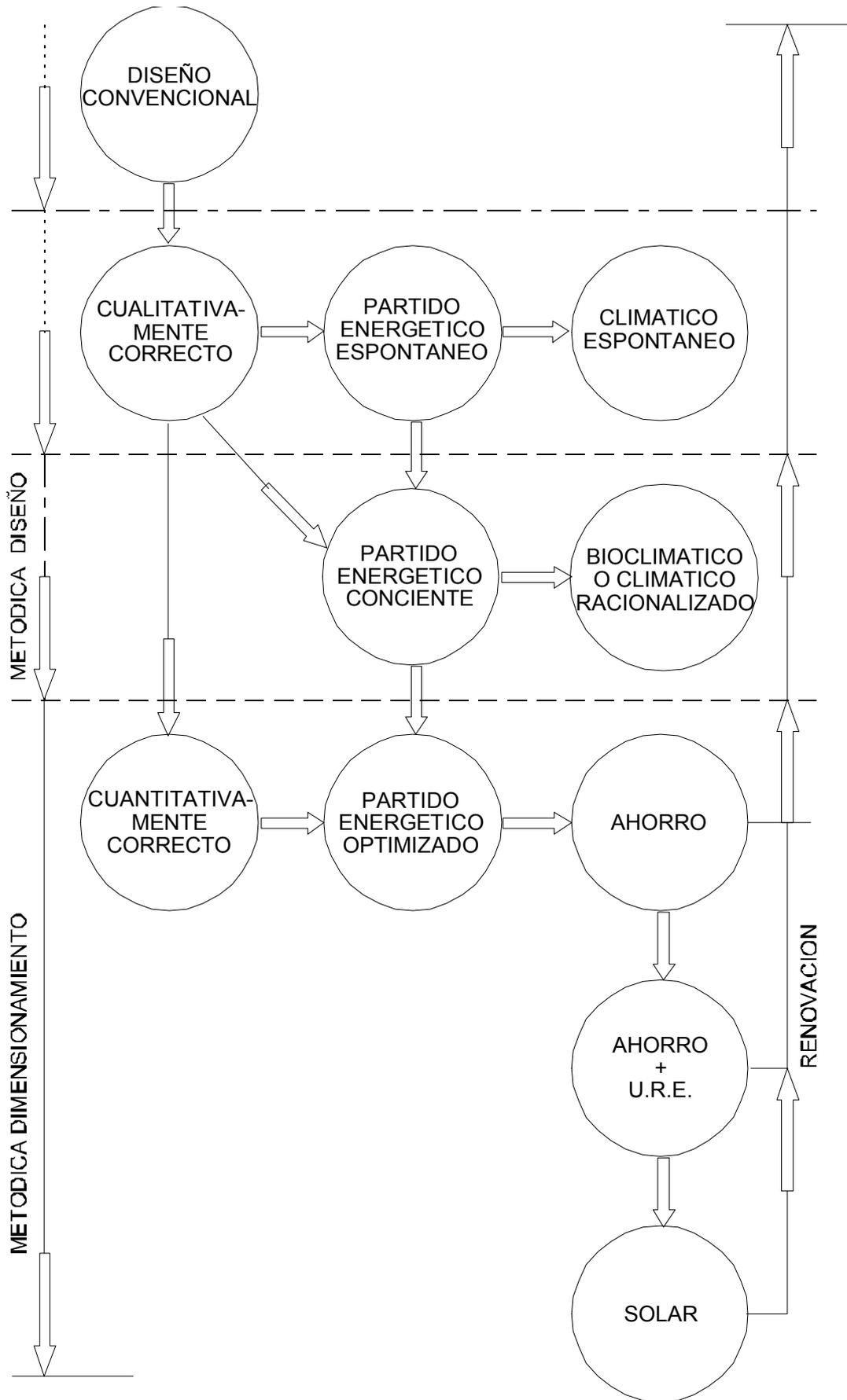


Figura 1: Relación entre el diseño convencional y el diseño bioclimático (E. Rosenfeld, 1984)

La Figura 1 nos mostraba tres niveles de partido energético: el partido energético espontáneo, el partido energético conciente y el partido energético optimizado. Esta clasificación nos permitirá entender los niveles de compromiso ante el clima y los grados de complejidad que implica cada uno de ellos. Esto incide en el grado de autonomía energética del edificio y por ende en los costos del mismo. Sirve asimismo para limitar los alcances del libro, ya que solo se abordarán los métodos y técnicas para llegar a concebir un edificio energéticamente optimizado con Ahorro de energía.

Se encuentra en preparación un texto complementario de nivel medio que abarca la temática solar, sus técnicas y métodos. Hasta su publicación recomendamos a los lectores que deseen un mayor nivel de complejidad o llegar a un edificio solar remitirse a la bibliografía, a los centros regionales o a los autores.

4- PARTIDO ENERGÉTICO ESPONTÁNEO

Definimos el partido energético espontáneo o climático espontáneo, al producido a lo largo de generaciones por culturas en diversas partes del planeta. Podemos encuadrar en esta categoría los ranchos correntinos y su adaptación a climas cálido-húmedos; los caseríos de la puna y su adaptación a climas cálido-secos; las viviendas de las estancias patagónicas adaptadas a un clima frío, entre otros ejemplos nacionales. En estos casos, salvo el patagónico, se conjugan la utilización de materiales del lugar, una correcta implantación, buen aprovechamiento de los vientos y el sol, adecuada selección de los materiales en función del clima, etc.

5- PARTIDO ENERGÉTICO CONSCIENTE

Definimos el partido energético conciente al producido por profesionales de la arquitectura e ingeniería que utilizan para la concepción del edificio recomendaciones generales de diseño. El edificio podrá tener o no un buen comportamiento bioclimático, debido a que se utilizaron medidas de diseño cualitativas. En otras palabras es difícil prever cual será su comportamiento una vez puesto en funcionamiento. El paso siguiente es el energético optimizado donde se recomienda acudir a profesionales capacitados, realizar pasantías de formación en centros regionales y/o realizar cursos de formación de posgrado, según el nivel de complejidad que se desee alcanzar.

TÉCNICAS DE DISEÑO:

- a. Prever una buena protección solar en verano.
- b. Prever un buen asoleamiento en invierno.
- c. Prever una correcta ventilación natural en verano (cruzada en climas húmedos y selectiva en climas secos).
- d. Proteger el edificio de los vientos fríos en invierno.
- e. Optimizar la implantación en función de la orientación.
- f. Maximizar la compacidad, minimizando la relación envolvente edilicia y superficie habitable, especialmente en climas templados y fríos.
- g. Evitar los puentes térmicos en climas templados y fríos.
- h. Correcta ubicación de equipos de acondicionamiento ambiental (calefactores y refrigeradores).
- i. Control de flujos de calor en edificios de pisos.
- j. Ubicación de locales secundarios como espacios tapón.

VER: Capítulos 2 a 5.

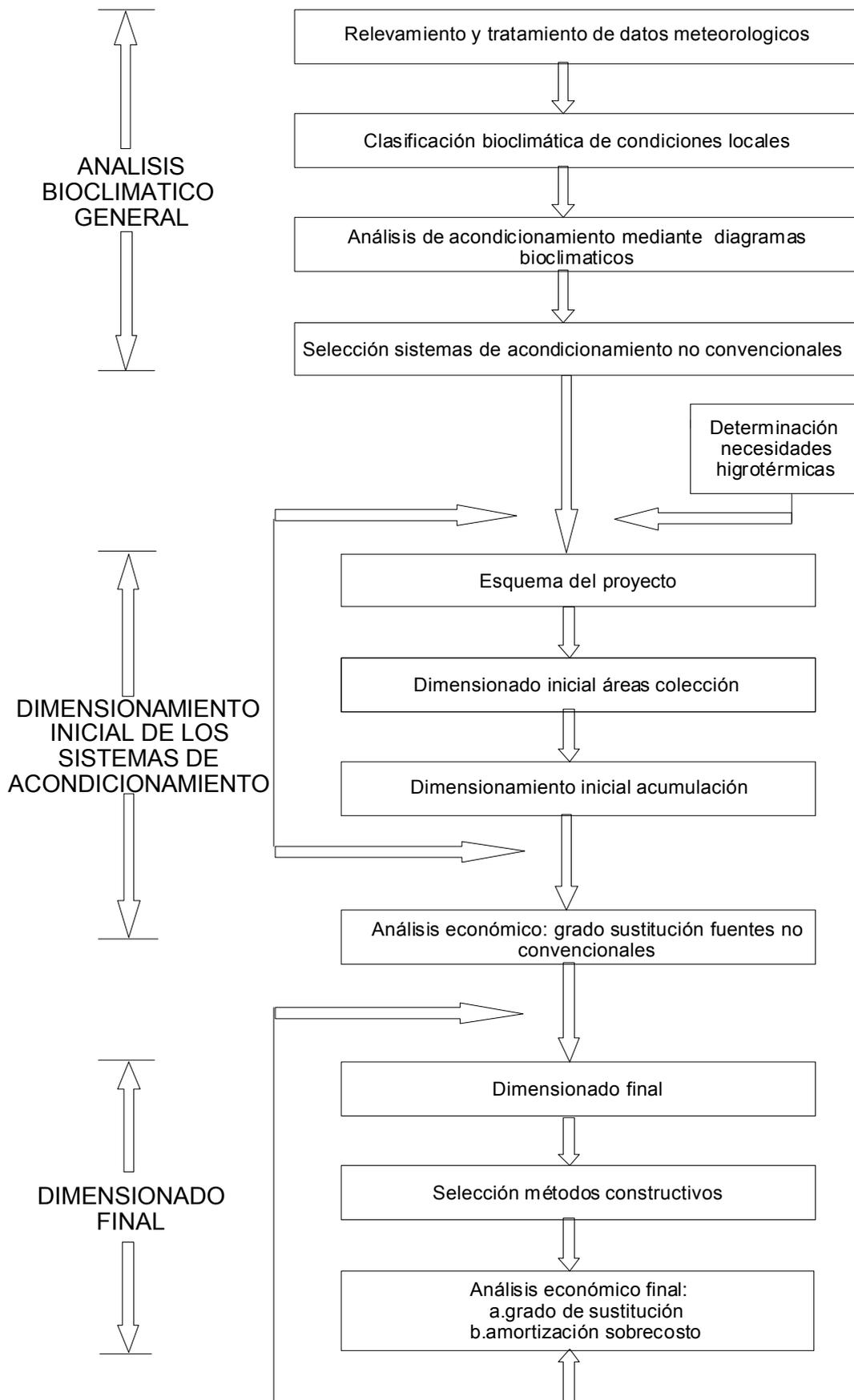


Figura 2: El proceso de diseño bioclimático. Etapas de diseño y dimensionamiento.

6- PARTIDO ENERGÉTICO OPTIMIZADO

Este nivel de partido al tener un carácter cuantitativo posee varios niveles de complejidad en función de los resultados que se desee obtener: ahorro, ahorro + URE y solar. Para lograr estos niveles se dan las siguientes técnicas de diseño que se suman a las anteriores.

TÉCNICAS DE DISEÑO:

Ahorro:

- a. Optimizar la aislación térmica evitando riesgos de condensación superficial e intersticial
- b. Reducir las pérdidas térmicas por infiltración.
- c. Correcto uso de la capacidad e inercia térmica.
- d. Optimizar la compactidad y el agrupamiento.

VER: Capítulos 6 y 7.

Ahorro + URE:

- a. Optimizar el diseño.
- b. Utilizar equipamiento de acondicionamiento ambiental, energéticamente eficiente.
- c. Usar la administración energética.
- d. Reducir las pérdidas de los sistemas.
- e. Recuperar y reciclar pérdidas térmicas y calor residual.

Solar pasivo:

- a. Colección por ganancia directa.
- b. Colección por ganancia indirecta.
- c. Refrescamiento pasivo.
- d. Retraso térmico.
- e. Extractores de aire pasivos (chimenea solar).

Solar activo:

- a. Agua caliente solar.
- b. Calefacción solar.
- c. Enfriamiento y refrigeración solar.
- d. Aire acondicionado solar.
- e. Calentamiento de natatorios.
- f. Autogeneración de electricidad y fuerza motriz.

En estos casos debemos sumar un componente importante que es la administración de la energía. Esta se realiza mediante análisis de costos y determinación del retorno de la inversión, auditorías y evaluaciones energéticas para edificios en funcionamiento y una correcta programación del mantenimiento.

EL PROCESO DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

La Figura 2 nos muestra un flujograma que permite seguir el proceso de diseño bioclimático en función de tres etapas principales:

1. Análisis bioclimático general.
2. Dimensionado inicial de los sistemas de acondicionamiento.
3. Dimensionado final.

Hasta aquí hemos seguido los conceptos que aclaran y diferencian los procesos de diseño y toma de partido. En este texto se encontrarán las herramientas conceptuales y de cálculo mínimas para concebir un edificio bioclimático.

Para ampliar conocimientos se deberá recurrir a la bibliografía sugerida o acercarse a los centros regionales listados en el Anexo 1.

Si se posee una computadora y mínimo manejo del lenguaje Basic se podrán utilizar los programas del Sistema BIOCLIM que pueden descargarse de:

<http://www.arquinstal.net/bioclim/>

Estos programas servirán para determinar cartas solares, calcular el plano óptimo de colección solar, determinar la radiación incidente sobre cualquier plano en cualquier latitud y orientación, calcular el coeficiente de transmisión térmica "K" de un sistema constructivo, calcular el coeficiente global de pérdidas térmicas "G" de un edificio y conocer su demanda energética anual y discriminada mensualmente, realizar un análisis de retorno de la inversión en sistemas pasivos, entre otros.

CLIMA Y ARQUITECTURA



1. GENERALIDADES

Las construcciones humanas deben adecuarse bioclimáticamente para conformar un habitat racional, económico y con el mayor grado de eficiencia que permita cada momento histórico. Pero entonces surge la primera pregunta a la hora de iniciar el proceso de diseño en un sitio. ¿Cómo es el clima?, además de otras dudas como: ¿cuáles son las variables climáticas intervinientes?, ¿cómo interactúan entre ellas y sobre las construcciones? y muchas otras.

El primer paso es obtener datos que nos permitan analizar el clima de un sitio. Estos datos podemos obtenerlos de las “Estadísticas climatológicas” que publica el Servicio Meteorológico Nacional S.M.N. La última edición contiene los datos correspondientes a la década 1971-80, sobre una base de 170 estaciones meteorológicas.

Las tablas que contiene indican los valores promedios y extremos de la década mencionada. La frecuencia de mediciones y confiabilidad de los datos varía con la jerarquía de la estación y la disponibilidad de personal de las mismas. Las estaciones meteorológicas se encuentran en los aeropuertos y aeródromos privados o dependientes de la Fuerza Aérea Argentina, en las estaciones del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y en centros de investigación dependientes de universidades o entes públicos o privados. También se colectan datos de manera esporádica con estaciones meteorológicas no permanentes.

La confiabilidad de los datos depende de muchos factores. Uno de ellos es la calidad y estado del instrumental de medición, otro depende del personal que lee los instrumentos ya que no son muchas las estaciones automáticas y además de cuán bien calibrado se encuentre el instrumental. Con instrumental manual la frecuencia de recolección de datos puede ser diaria u horaria en el mejor de los casos, mientras que con instrumentos automáticos la frecuencia depende de la necesidad del investigador y puede ser de minutos o aún menos.

En las tablas del S.M.N. los datos son medios mensuales, pero si necesitara una frecuencia menor, esta puede calcularse.

El diseño bioclimático necesita otros datos que no se encuentran en las “Estadísticas...” del S.M.N. como ser: los días típicos de diseño, los grados día, la radiación solar o el índice de claridad atmosférica, que podremos obtenerlos de otras fuentes o determinarlos como veremos más adelante.

En el Cuadro 1 se muestran los datos climáticos correspondientes a La Plata extraídos del S.M.N..

ESTACION LA PLATA AERO		LAT 34 58 S		LONG 57 54 W DE O		ALT 19 METROS		PERIODO 1971/80						
VALORES MEDIOS Y ABSOLUTOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AGO
PRES ATM NIV EST MS		1008,8	1010,1	1012,1	1013,6	1014,2	1014,6	1014,5	1015,8	1015,8	1013,6	1010,8	1009,0	1012,8
TEMP MAX ABSOLUTA C		36,8	36,5	35,9	29,2	28,2	22,5	28,4	24,8	27,4	30,4	31,7	37,8	37,8
OCURRENCIA DIA-ARO		26 75	25 79	20 80	22 80	13 80	25 72	31 79	22 74	25 73	7 77	30 78	30 71	DIC 71
TEMP MAXIMA C		28,3	27,3	25,2	21,9	18,1	14,9	14,4	15,4	18,0	20,7	23,2	26,9	21,2
TEMP TERM SECO C		22,4	21,4	19,7	16,1	12,8	9,9	9,6	10,3	12,8	15,4	18,0	21,3	15,8
DESV D L NORMAL C														
TEMP TERM HUMEDO C		19,5	19,0	17,8	14,5	11,7	8,7	8,8	9,1	11,2	13,8	15,4	18,1	14,9
TEMP MINIMA C		17,2	16,4	15,0	11,0	8,4	5,8	5,8	5,9	7,9	10,6	12,2	15,8	11,4
TEMP MIN ABSOLUTA C		6,3	4,1	3,6	1,3	- 2,6	- 4,1	- 4,6	- 2,6	- 2,6	- 1,2	1,0	1,3	- 4,6
OCURRENCIA DIA-ARO		18 75	26 71	31 77	19 71	5 71	17 74	23 74	18 74	2 78	5 72	2 73	5 71	JUL 74
TEMP PUNTO ROCIO C		16,5	16,6	15,8	12,3	9,7	6,5	6,8	6,7	8,5	11,3	12,0	14,8	11,5
TENSION VAPOR MB		19,4	19,4	18,4	14,8	12,5	10,2	10,3	10,2	11,6	13,9	14,5	17,4	14,4
HUMEDAD RELATIVA %		71	76	78	78	81	80	82	78	75	77	70	68	76
VELOC VIENTO KMH		21	19	16	15	15	17	17	17	20	19	21	20	18
PRECIPITACION MM		100	118	106	58	75	75	71	68	74	104	78	74	1001
DESV D L NORMAL MM														
HELIOF EFECT H HS		8,7	8,3	7,4	6,6	5,0	4,6	4,5	5,6	6,5	7,3	8,8	8,5	6,8
HELIOF RELAT %		61	63	59	59	48	47	44	51	54	57	63	56	55
HUBOSIDAD TOTAL 0-8		3,6	3,6	3,3	3,3	4,5	4,5	4,6	4,2	3,9	4,1	3,5	3,7	3,9

ESTACION LA PLATA AERO		LAT 34 58 S		LONG 57 54 W DE O		ALT 19 METROS		PERIODO 1971/80						
NUMERO MEDIO DE DIAS CON		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AGO
CIELO CLARO		11	10	12	14	7	8	7	10	11	10	11	10	121
CIELO CUBIERTO		8	7	8	7	11	12	13	11	10	10	6	7	110
PRECIPITACION		8	8	8	6	8	8	8	7	7	9	7	8	92
GRANIZO		0	0	0,2	0	0,1	0	0,2	0	0	0,2	0	0,2	0,8
NEVADA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIEBLA		0,4	1	2	4	6	4	5	4	5	2	0,7	2	36,1
HELADA		0	0	0	0	0,6	4	4	2	1	0,2	0	0	11,8
TORMENTA ELECTRICA		6	5	4	2	2	0,9	1	3	2	5	4	6	42,9
TEMPERSTAD DE POLVO		0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2

VIENTO - FRECUENCIA DE DIRECCIONES EN ESCALA DE 1000 Y VELOCIDAD MEDIA POR DIRECCION EN KMH														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AGO	
	N VM													
N	147 20	127 19	151 15	151 17	137 17	142 19	150 19	143 19	97 20	101 19	152 24	152 20	136 19	
NE	179 22	183 19	147 19	113 15	98 15	87 15	84 17	83 19	114 19	125 20	141 22	160 20	126 19	
E	190 22	205 20	179 19	118 17	107 19	86 19	123 19	99 17	172 22	210 20	164 20	174 20	152 20	
SE	136 24	114 20	109 19	68 20	73 20	77 22	86 20	109 26	122 24	127 22	81 22	135 24	103 22	
S	88 26	84 24	112 20	98 20	105 19	107 20	89 20	97 22	123 26	99 28	94 24	81 28	98 22	
SW	68 22	80 22	79 22	88 24	101 20	88 22	91 20	90 24	101 24	115 24	127 28	60 26	91 24	
W	53 24	77 24	57 22	73 22	109 22	131 24	114 24	116 24	89 22	73 24	49 28	59 31	83 24	
NW	50 22	37 24	29 20	85 19	79 17	116 22	96 20	81 20	62 24	35 22	47 26	50 22	63 20	
CALMA	88	93	157	206	192	167	167	180	130	116	123	122	146	

CUADRO 1 - Datos climáticos correspondientes la ciudad de La Plata. Fuente: Estadísticas Climatológicas 1961-70. Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina. Buenos Aires, 1980.

2. DATOS PRINCIPALES

Si definimos al clima como el estado medio de la atmósfera, este será representado por el conjunto de elementos y fenómenos meteorológicos referidos a un período de 30 años, por las variaciones periódicas y aperiódicas, y por el desarrollo normal del tiempo en el transcurso del año.

Estos elementos servirán para conformar una regionalización bioclimática o bioambiental que nos permita sintetizar en sectores territoriales características homólogas. Esta regionalización podemos definirla como una "...zonificación general que está basada en la combinación de parámetros meteorológicos, referentes a la interacción hombre-vivienda-clima."

Los principales datos de base que utilizaremos son las temperaturas medias, máximas absolutas y medias, mínimas absolutas y medias; la presión o tensión del vapor; la humedad relativa; las velocidades y frecuencias medias del viento; la precipitación; la heliofanía relativa y la nubosidad total. Mediante estos datos pueden determinarse otros indicadores como los correspondientes a los días tipo de diseño (días típicamente calidos y típicamente fríos), como las: temperaturas máxima, media y mínima; temperaturas efectiva corregida máxima y media; humedad, etc.; o indicadores energéticos como los grados día de calefacción y enfriamiento.

2.1. Temperaturas

La temperatura del aire se mide con termómetros de bulbo seco que pueden ser de registro simple o doble. Los de registro doble muestran las máximas y mínimas del período de medición que generalmente es diario. Estos datos se registran libres de influencias exteriores, para lo cual se ubican dentro de casillas de resguardo meteorológico. Estas se elevan 1,50 metros del suelo y se localizan libres de la influencia de vegetación o edificios.

Existen otros medios de registrar de forma continua la temperatura y es mediante instrumentos mecánicos, como los termohigrógrafos o electrónicos mediante sensores especiales.

Temperaturas máximas y mínimas absolutas: Estos datos representan los extremos térmicos producidos en la década y normalmente van acompañados de la fecha en que se produjo. Por ejemplo para la estación que estamos analizando la máxima absoluta anual es 38,1°C y se produjo en el mes de febrero del año 1965, mientras que la mínima absoluta anual fue -5,7°C y se produjo en el mes de junio del año 1967. Estos datos se utilizan solo cuando queramos conocer condiciones extremas a la que será sometido el edificio o materiales de este.

Temperatura máxima media: Esta temperatura surge del promedio de las máximas diarias del período considerado y habitualmente ocurre entre las 13 y las 15 hs del día.

Temperatura mínima media: Surge de realizar el promedio de las mínimas diarias del período y ocurre poco antes de la salida del sol.

Temperatura media: También llamada temperatura de termómetro seco por el S.M.N. surge del promedio de todas las observaciones del mes y ocurre cerca de las 10 de la mañana y las 8 de la tarde.

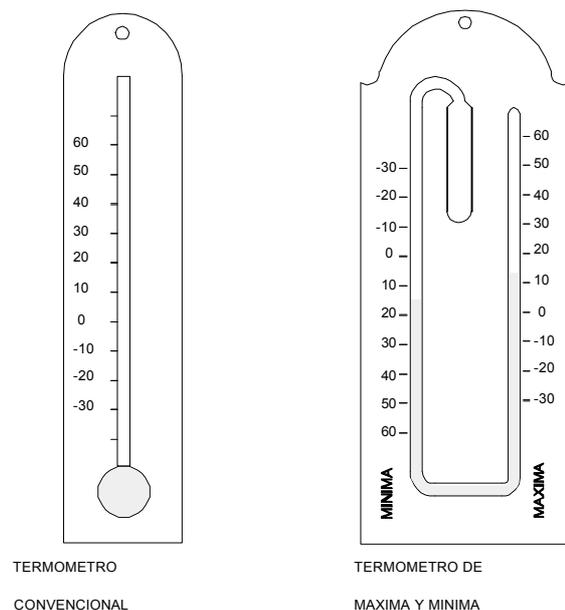


FIGURA 1 - Tipos de termómetros

(1) Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires, noviembre de 1992.

Temperatura de bulbo húmedo: El instrumento que mide esta temperatura posee su bulbo envuelto en un género sumergido en un recipiente con agua y también se lo denomina psicrómetro. Esta temperatura es la de rocío del aire considerado y es aquella en la que el aire está saturado y deja de evaporar agua.

Temperatura de rocío: Es la temperatura que alcanzaría el aire a una misma temperatura estando saturado de humedad. Se percibe habitualmente esta situación cuando hay neblina y ocurre en nuestra región durante la noche o madrugada cuando el aire con una cantidad constante de vapor de agua disuelto en el aire desciende su temperatura comprimiendo sus moléculas hasta condensar el vapor en forma de pequeñas gotas.

TEC (Temperatura Efectiva Corregida): Índice empírico de confort que tiene en cuenta el efecto combinado de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo (temperatura radiante media - ver ábaco de la Figura 1) y la velocidad del aire. Por lo tanto, es una medida de la temperatura operativa.

Temperatura operativa: Temperatura de un recinto imaginario en el cual el cuerpo humano intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real.

Amplitud térmica: Diferencia entre la temperatura máxima, mensual y la temperatura mínima media mensual (Figuras 8 y 9).

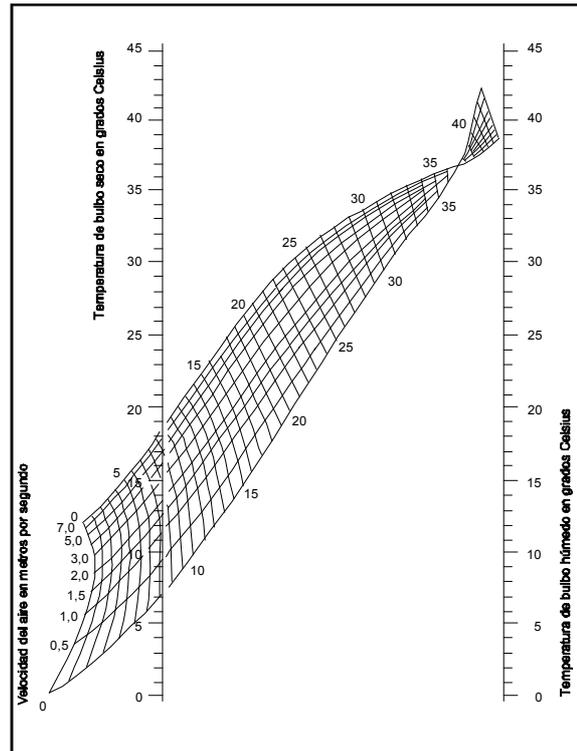


FIGURA 2 - Nomograma para la determinación de la temperatura efectiva corregida (TEC). (IRAM 11.603 / 92).

2.2. HUMEDAD

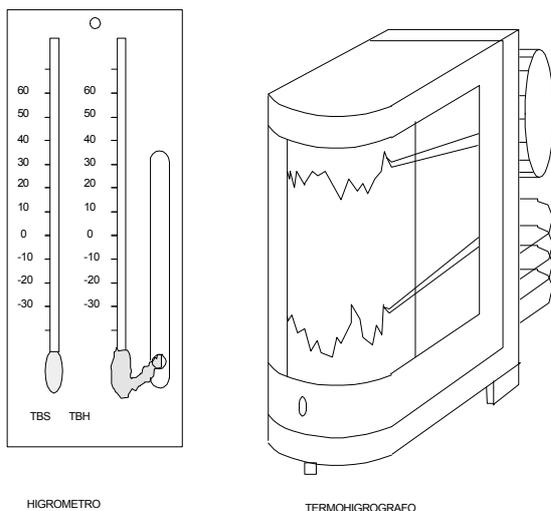


FIGURA 3 - Higrómetro y termohigrógrafo.

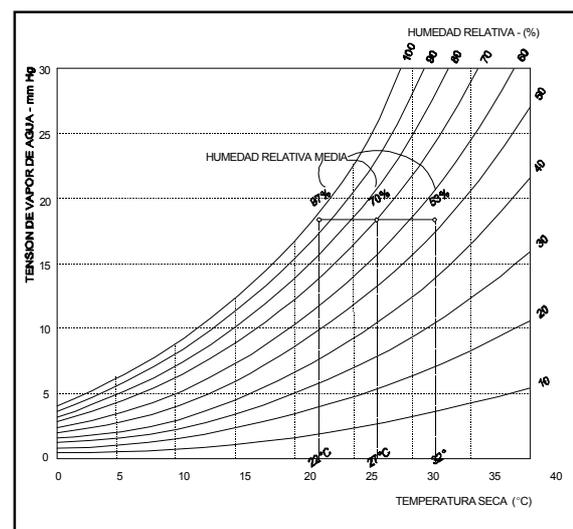


FIGURA 4 - Determinación de la humedad relativa para las temperaturas máxima y mínima, mediante un diagrama psicrométrico.

La humedad se expresa como humedad absoluta (HA) o humedad relativa (HR). Los instrumentos utilizados para medirlas son los higrómetros pero se puede determinar a partir de un termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo y un diagrama psicrométrico. Los higrómetros miden el contenido de humedad del aire por la dilatación de un haz de crines de caballo.

La HA es el contenido de agua presente en forma de vapor en el aire a una temperatura dada y se mide en gramos de agua por kilogramos de aire seco. La HR surge de la relación porcentual entre la presión de vapor para una situación determinada y la presión de vapor del mismo aire saturado a temperatura constante. Las tablas del S.M.N. consignan la humedad relativa, la temperatura de rocío y de bulbo húmedo y la presión de vapor.

Debe aclararse que la HR que se consigna corresponde a la temperatura media. Si quisiéramos conocer la HR de la temperatura máxima media y mínima media deberemos recurrir a un diagrama psicrométrico. Así primero deberemos marcar el punto correspondiente a la temperatura media y su HR. Luego suponiendo un contenido de vapor constante trazamos una línea paralela al eje x que pase por el punto marcado. Finalmente trazamos dos líneas perpendiculares al eje x correspondientes a las temperaturas máxima y mínima hasta cortar la primer línea. Los puntos definidos nos indicaran las HR correspondientes.

2.3. VIENTO

Las tablas del S.M.N. muestran la velocidad media mensual del viento en kilómetros por hora y en un cuadro aparte las velocidades y frecuencias medias correspondientes a ocho direcciones o cuadrantes característicos.

Este parámetro se mide con anemómetros. Este instrumento consiste en un molinete de múltiples aspas muy livianas que se ubica perpendicular a la dirección del viento. Un odómetro registra la velocidad de giro de las aspas al pasar el viento a través de ellas.

Estos datos pueden graficarse en una rosa de vientos, que nos indicará en cada período del año, las direcciones y frecuencias predominantes que son muy útiles al momento de diseñar la forma del edificio y sus aberturas para protegerlo en invierno y abrirlo en verano. Esto se tratará en el capítulo 4.

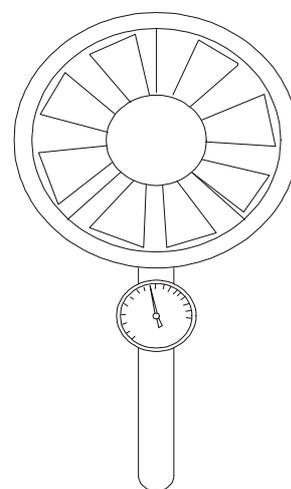


FIGURA 5 - Anemómetro manual.

2.4. HELIOFANIA

La heliofanía es un indicador útil ya que indica las horas efectivas o relativas de sol brillante o directo promedio que se da en cada mes.

Las tablas del Servicio Meteorológico Nacional nos indica la Heliofanía absoluta y la relativa, esta última es quizás la más útil ya que al estar expresada en forma relativa nos indica el porcentaje de horas del día en la que disponemos de radiación directa. Así podremos evaluar la conveniencia de utilizar sistemas de captación solar.

El instrumento utilizado para medir la Heliofanía se denomina "heliógrafo" y consiste en una esfera de cristal que concentra los rayos solares para chamuscar un papel térmico ubicado sobre un soporte cóncavo. Este papel se cambia diariamente. La porción chamuscada indica las porciones del día en las que hubo radiación solar directa.

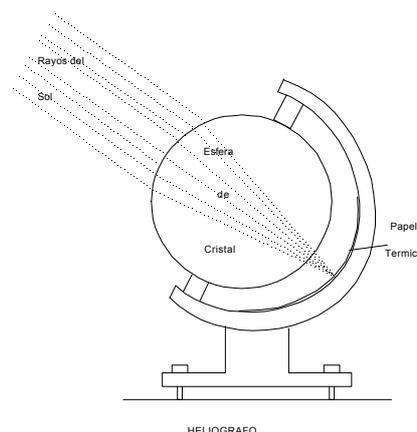


FIGURA 6 - Heliógrafo.

2.5. GRADOS DIA

Grados día de calefacción: Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior inferior a una temperatura base (16, 18, 20 o 22°C), con respecto a este valor para todos los días del año. Para el período frío, las líneas de igual cantidad de grados están graficadas en la Figura 11. Estos indicadores se utilizarán en el Capítulo 6 para la determinación de la carga térmica de edificios.

Cuando los Cuadros de datos climáticos no cuenten con este indicador puede determinarse a partir de temperaturas medias mensuales con la siguiente expresión, donde: N_i son los días del mes considerado, T_{Bc} es la temperatura base de calefacción, T_{MAX} y T_{MIN} son temperaturas medias mensuales y X_c es un coeficiente lógico que valdra uno cuando la temperatura media mensual sea menor a la T_{Bc} y cero cuando sea mayor o igual a T_{Bc} .

$$GDC = \sum_n^i \left(T_{Bc} - \frac{T_{Máx} + T_{Mín}}{2} \right) * N_i * X_c$$

(1) Grados día de calefacción

Grados día de enfriamiento: Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura máxima media del aire exterior superior a la temperatura base de enfriamiento (23, 25, 27°C), con respecto a este valor para todos los días del año.

Este indicador puede determinarse a partir de temperaturas máximas medias mensuales con la siguiente expresión, donde: N_i son los días del mes considerado, T_{Be} es la temperatura base de enfriamiento, T_{MAX} es temperatura máxima media mensual y X_e es un coeficiente lógico que valdra uno cuando la T_{MAX} media mensual sea mayor a la T_{Be} y cero cuando sea menor o igual a la T_{Be} .

$$GDe = \sum_n^i \frac{T_{Máx} - T_{Be}}{2} * N_i * X_e$$

(1) Grados día de enfriamiento

3. ZONAS BIOAMBIENTALES

Una descripción general de los climas lo dan las clasificaciones bioclimáticas o bioambientales. En la Argentina contamos con la Norma IRAM 11 603 que divide al país “bioclimáticamente” en regiones.

Esta división es acompañada por datos climáticos y días de diseño para invierno y verano que se utilizan en la verificación de la calidad térmica de los edificios, y recomendaciones de diseño para condiciones microclimáticas específicas.

Las zonas bioambientales se definen de acuerdo con el mapa de la Figura 6. En caso de que una localidad se encuentre en una situación de borde deberán satisfacerse las condiciones más desfavorables. Las consideraciones microclimáticas prevalecerán sobre las generales de la zona bioambiental.

A continuación se sintetizan las principales características de cada zona bioambiental y recomendaciones de diseño para las mismas.

3.1. ZONA I: Muy Cálida

Se ubica en el centro Este del extremo Norte del país con una entrada al Sud—oeste en las zonas bajas de Catamarca y La Rioja.

Los valores de TEC media superiores a 26.3°C, en el día típicamente cálido. Asimismo se subdivide en dos subzonas, según las amplitudes térmicas: Subzona Ia. con amplitudes térmicas mayores de 14°C y la Subzona Ib. con amplitudes térmicas menores de 14°C. En la época caliente toda la zona presenta valores de temperaturas máxima superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C, con amplitudes térmicas siempre inferiores a los 15°C.

La tensión de vapor mínima es de 1870 Pa (14 mm Hg) y aumenta según el eje Sur Oeste-noroeste. En el período invernal las temperaturas medias durante el mes más frío son algo superiores a los 12°C.

Recomendaciones de diseño:

Color: Claros en paredes exteriores y techos.

Aislación térmica: Grande en techos y paredes orientadas al este y al oeste.

Radiación solar: Todas las superficies deberán estar protegidas

Orientación: La orientación óptima resulta la NO-N-NE y la SO-S-SE; con una situación crítica en relación al asoleamiento en el verano. Eje mayor de los edificios será, preferentemente, Este-oeste. Ventanas, dentro de lo posible, no orientadas al Este o al Oeste, y minimizar su superficie.

Minimizar las superficies que miren al Oeste y al Este

Ventilación: Subzona húmeda: cruzada, fundamental, por el beneficio de la velocidad del aire, para disminuir el “discomfort”. Subzona seca: selectiva.

Mayor cuidado con la sensible reducción de ventilación generada por las protecciones contra insectos en espacios semi-cubiertos (galerías, balcones, terrazas, patios).

Vientos: Se deberán predominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumentar la circulación de aire.

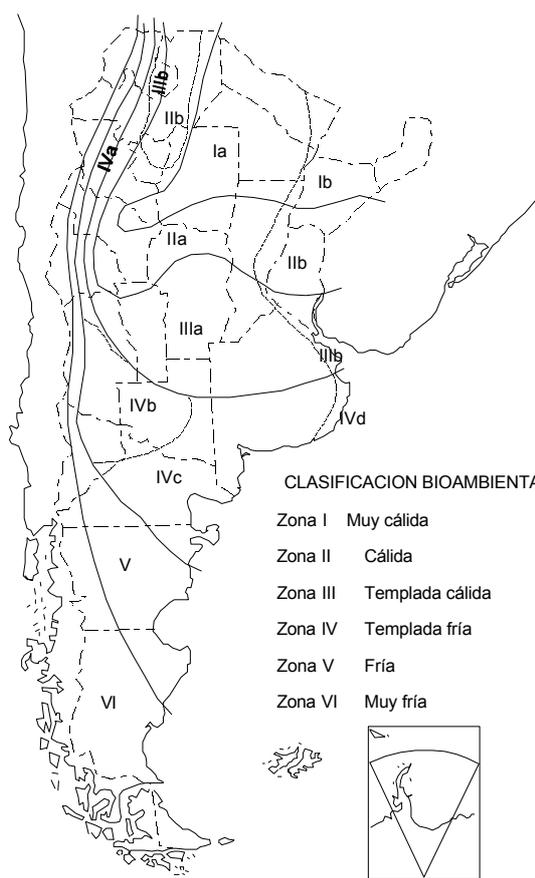


FIGURA 7 - Clasificación bioambiental de la República Argentina. (IRAM 11.602/92)

3.2. ZONA II: Cálida

Está comprendida por dos angostas fajas, una Este-oeste centrada alrededor del paralelo 30° y otra Norte-sur recortada sobre la falda oriental de la Cordillera de los Andes. Tiene por límites las isolíneas de TEC 26.3 y 24.5,

El verano es la estación crítica, la temperatura media supera los 24°C y la máxima es superior a los 30°C. Es esta la época de las mayores amplitudes térmicas del año, con valores que no superan los 16°C. Asimismo es el período en que la presión de vapor es más alta, con valores medios inferiores a los 2135 Pa (16 mm Hg). Por esto habrá que tenerse en cuenta la aislación para la prevención de riesgo de condensación, la aislación planteada para el verano podrá llegar a ser la solución para esta situación que se plantea en la época invernal.

El invierno en cambio es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias que se encuentran entre 8°C y 12°C.

Esta zona está subdividida en dos subzonas: Subzona IIa. con amplitudes térmicas mayores de 14°C y la Subzona IIb. con amplitudes térmicas menores de 14°C

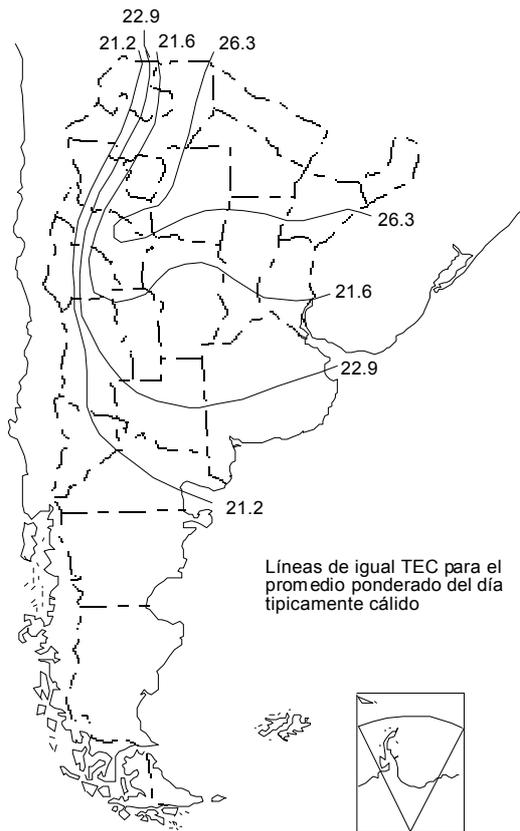


FIGURA 8 - Isolíneas de igual TEC del día típicamente cálido. (IRAM 11.603 / 92).

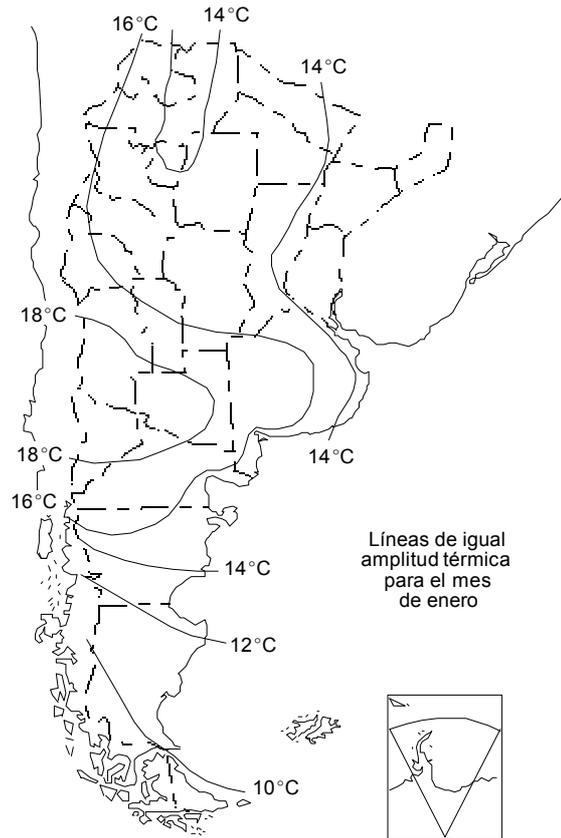


FIGURA 9 - Isolíneas de igual amplitud térmica de verano. (IRAM 11.603 / 92).

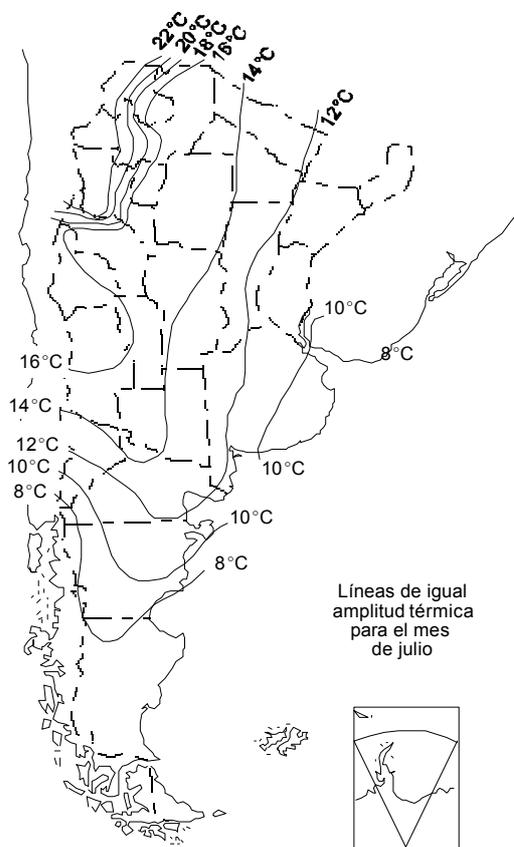


FIGURA 10 - Isolíneas de igual amplitud térmica de invierno. (IRAM 11.603 / 92).



FIGURA 11 - Isolíneas de igual cantidad de Grados Día en período frío. (IRAM 11.603 / 92)

Recomendaciones de diseño:

Se tendrán en cuenta las consideradas en la zona muy cálida, salvo para la orientación.

Orientación: Dada la característica cálida de la zona son favorables las orientaciones de bajo asoleamiento como la Norte y Sur.

Deberán evitarse por todos los medios las orientaciones Este y Oeste, debido a que la baja altura del sol provoca recalentamientos en los ambientes agravando la situación de "disconfort".

3.3. ZONA III: Templada Cálida

Está comprendida por una faja de extensión Este-Oeste, centrada alrededor de los 35° y otra Norte-sur, situada en las estribaciones montañosas del Noroeste, sobre la Cordillera de los Andes y limitada por las isolíneas de TEC 24.6 y 22.9. El período estival es relativamente caluroso, presentando temperaturas medias entre 20°C y 26°C, con máximas que superan los 30°C, en la porción Este-Oeste.

El período invernal no es muy frío, presentando temperaturas medias entre 8°C y 12°C, y con mínimos que rara vez alcanzan los 0°C. Las tensiones de vapor son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superen, en promedio, los 1870 Pa (14 mm Hg).

Esta se subdivide en dos: Subzona IIIa. con amplitudes térmicas mayores de 14°C y la Subzona IIIb. con amplitudes térmicas menores de 14°C.

Recomendaciones de diseño:

Color: Valdrán las mismas recomendaciones de la Zona Muy Cálida.

Aislación térmica: Buena aislación en toda la envolvente, recomendándose el doble de aislación en techos respecto de muros. En la subzona húmeda se verificará el riesgo de condensación. La relación superficie vidriada superficie opaca no deberá superar el 20%. Se recomienda el uso de edificios agrupados y la utilización de la inercia térmica, en la subzona seca.

Radiación solar: Todas las aberturas deberán tener sistemas de protección solar, evitando, en lo posible, la orientación oeste.

Orientación: Para latitudes superiores a los 30°, la orientación óptima es la NO-N-NE-E. Para latitudes inferiores a los 30° la orientación óptima es la NO-N-NE-E-SE.

Ventilación: Se evitará la ventilación cruzada en la subzona seca, favoreciendo la ventilación selectiva y lo inverso en la subzona húmeda.

Vientos: Esta zona no presenta condiciones rigurosas de vientos. En el período estival se recomienda aprovechar los vientos del N-NE durante el día y del S-SE durante la noche. En la subzona IIIb (costera) deberá evitarse la orientación SE por las frecuentes tormentas invernales, de no ser posible las aberturas tendrán reducidas dimensiones y una excelente estanqueidad.

3.4. ZONA IV: Templada Fría

Se ubica en una faja meridional paralela a la Zona III, ubicada en mayor altura de la Cordillera de los Andes y la región llana del centro y Sur del territorio, que alcanza la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires y Río Negro.

Tiene como límite superior la isolínea de 1170 grados día (coincidente con la isolínea de 22.9°C de TEC), y como línea inferior la isolínea de 1950 grados día.

El período estival no es riguroso, con temperaturas máximas promedio que no superan los 30°C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4°C y 8°C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a 0°C.

Las tensiones de vapor, alcanzan en verano sus máximos valores, no superando los valores medios los 1333 Pa (10 mm Hg).

Esta zona se subdivide en cuatro subzonas mediante las líneas de amplitud térmica 14°C y 18°C: Subzona IVa. de montaña, Subzona IVb. de máxima irradiancia, Subzona IVc. de transición y Subzona IVd. marítima.

Recomendaciones de diseño:

Aislación térmica: Se recomienda una muy buena aislación en toda la envolvente, sugiriendo el doble de aislación en techos respecto de muros. En las subzonas a y b que poseen las mayores amplitudes térmicas del país se agruparán los edificios favoreciendo el mejoramiento de la inercia térmica. Esta recomendación disminuirá progresivamente hacia la subzona d. La relación superficie vidriada superficie opaca no deberá superar el 15%. En las subzonas c y d se verificará el riesgo de condensación, controlando los puentes térmicos.

Radiación solar: Las subzonas a y b poseen una excelente radiación solar potencial en el invierno, que deberá ser aprovechada; recomendándose no solo la ganancia directa, sino la utilización de toda captación y acumulación solar pasiva. Mientras que la subzona d debido a una alta nubosidad no posee recurso solar significativo, recomendándose en ésta fuerte aislación y control de infiltraciones.

Orientaciones: Para latitudes superiores a 30° la orientación favorable es la NO-N-NE-E. Para latitudes inferiores a 30° la orientación favorables es la NO-N-NE-E-SE.

Ventilación: En las subzonas secas se recomienda ventilación selectiva con inercia térmica y en las subzonas húmedas deberá controlarse la infiltración en el período invernal y favorecer la ventilación cruzada en el verano.

3.5. ZONA V: Fría

Se encuentra ubicada sobre una larga faja Norte-Sur a lo largo de la Cordillera y la región central de la Patagonia. Está limitada entre las isolíneas de 1950 y 2730 grados día.

En el invierno las temperaturas medias son del orden de 4°C y mínimas inferiores a 0°C, lo caracterizan como riguroso. En verano los días son frescos, con temperaturas medias inferiores a los 16°C. Las tensiones de vapor son muy bajas, con valores medios inferiores a los 1300 Pa (10 mm Hg).

Recomendaciones de diseño:

Aislación térmica: La aislación en paredes, pisos y techos será un factor primordial y las ventanas, salvo la orientación norte, serán lo más reducidas posible. Deberán evaluarse los riesgos de condensación superficial e intersticial y evitarse los puentes térmicos.

Radiación solar: La radiación solar en esta zona no permite la realización de edificios totalmente solares debido a la alta nubosidad y escasas horas de sol invernales. Se recomienda evitar o minimizar las aberturas en el cuadrante SE-S-SO, generando galerías vidriadas en las fachadas NE-N-NO que capten radiación durante el día y amortiguen las pérdidas durante la noche.

Orientaciones: El asoleamiento es necesario en todas las épocas del año, por las bajas temperaturas. Por lo tanto, las orientaciones favorables son las de máxima ganancia de calor radiante, siendo las mismas NE-N-NO.

Ventilación: Los fuertes vientos presentes a lo largo del año hacen que sea necesario favorecer la estanqueidad del edificio con un eficiente control de infiltraciones.

3.6. ZONA VI: Muy Fría

Comprende toda la extensión de las altas cumbres de la Cordillera de los Andes y el extremo Sur de la Patagonia, Tierra del Fuego, Islas Malvinas y Antártida. Donde los valores en grados día son superiores a 2730.

En verano, las temperaturas medias son inferiores a los 12°C, y en invierno no superan los 4°C. Las tensiones de vapor son, durante todo el año, inferiores a los 1700 Pa (8 mm Hg). La faja comprendida al norte del paralelo 37, presenta la rigurosidad propia de la altura. Las velocidades del viento oscilan entre los 15 y 30 Km/h, con velocidades máximas que alcanzan los 100 Km/h.

Recomendaciones de diseño:

Valen las recomendaciones para la Zona V, pero en forma más acentuada. Al sur del paralelo 38° se presentan altas amplitudes térmicas durante buena parte del año recomendándose una mayor inercia térmica en las estructuras.

Radiación solar: Deberán considerarse las mismas recomendaciones de la Zona V pero con la salvedad que mientras las características climáticas son relativamente homogéneas el asoleamiento no ya que depende de la latitud.

Orientaciones: La orientación óptima en latitudes superiores a los 30°, es la NO-N-NE-E, y para latitudes inferiores la óptima es NO-N-NE-E-SE.

4. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE DISEÑO

La Norma sugiere que deben respetarse algunos principios básicos de manera prioritaria, tales como:

- a. La zona del litoral marítimo y fluvial tiene un alto tenor de humedad relativa, por lo que deberán tomarse los recursos necesarios para evitar condensación.
- b. Se recomienda respetar las orientaciones dadas en la Figura 11.
- c. En las zonas IV, V y VI, la protección contra el viento será de suma importancia.

5. CONDICIONES DE ASOLEAMIENTO MINIMO

Normativamente se recomienda un mínimo de 2 horas de sol diarias a lo largo del año, en todo el territorio nacional, en las habitaciones de máxima ocupación. Considerándose asoleada una ventana cuando la radiación que pene-tra a través de ella en la habitación (directa más difusa) sea mayor de 209.200 J/m²h (50 Kcal/m²h).

En las zonas cálidas no existen problemas para satisfacer esta recomendación ya que las horas de sol permiten cumplirla. El problema se presenta en las zonas frías donde el día tiene corta duración, como por ejemplo Ushuaia que posee solo 4,5 horas de sol en invierno.

La Figura 12 muestra las orientaciones térmicamente óptimas, regulares y desfavorables para cada zona bioclimática donde puede cumplirse el asoleamiento mínimo.

5.1. Zonas en las que necesitan protecciones solares

En las zonas I y IV para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE se sugiere el uso de sistemas de protección solar: parasoles horizontales y verticales, cortinas de enrollar de color claro; diseñados y calculados con cartas solares.

6. MICROCLIMAS

Diversas condiciones provocan la aparición de microclimas. Estos son devidos a condiciones de urbanización, ubicaciones costeras o en proximidades de grandes espejos de agua y en zonas montañosas. En todos estos casos no existen reglas específicas que permitan caracterizar los recursos climáticos debiendo realizarse una evaluación específica para cada situación planteada. Solo pueden esbozarse recomendaciones de tipo general que a continuación se detallan:

Microclimas urbanos: Las aglomeraciones urbanas generan la aparición de las denominadas "islas calientes", especialmente en el invierno. Este fenómeno es favorecido por la energía emitida por los edificios generando un aumento en la temperatura ambiental local respecto de las zonas de menor densidad urbana.

En el verano la rugosidad determinada por las diferentes alturas de los edificios permite que aumente la captación solar calentando diferencialmente unos sectores respecto de otros. Este fenómeno provoca la aparición de corrientes de aire que se canalizan entre los edificios desde las zonas más calientes a las más frescas; esto puede suceder aún en situaciones de calma. A este efecto se le suma que cuando se presentan corrientes de aire sobre las zonas urbanas la rugosidad de estas disminuye la velocidad del viento por un aumento de la fricción.

Estos fenómenos generados en los microclimas urbanos son estudiados desde hace pocos años por algunos grupos de investigación del país y el extranjero (ver M.Hoffman en bibliografía).

Microclimas costeros: La presencia de grandes masas de agua generan un efecto amortiguador de las temperaturas debido a la alta inercia térmica de estas masas y al aumento de la presión de vapor atmosférica. Las diferencias de presión que se dan entre el continente y el agua se invierte del día a la noche. Durante el día la tierra aumenta su temperatura más rápidamente que el agua por su menor capacidad térmica generando una menor presión sobre la tierra que favorece la aparición de una corriente de aire desde el agua hacia la costa, denominado brisa marina o costera.

Durante la noche se invierte la situación ya que la tierra se enfría más rápidamente provocando un aumento en la presión del aire que favorece la aparición de una corriente de aire desde el continente hacia el agua. En las zonas templadas húmedas puede aprovecharse este tipo de corrientes de aire de baja velocidad para refrescar el interior de los edificios.

Microclimas de montaña: En las zonas montañosas se presentan dos situaciones características en función de la dirección del viento, clima de sotavento y clima de barlovento. En el clima de barlovento el viento golpea los macizos montañosos ascendiendo, en este recorrido deja la mayor parte de humedad siendo frecuente las lluvias en esta zona, continuando con aire seco en el clima de sotavento. Al superar la cima montañosa, región de sotavento, continua con aire seco que se calienta adiabáticamente a razón de 1°C por cada 100 m de descenso.

En el clima de sotavento el aire será seco y cálido con días despejados, poca precipitación pluvial, intensa irradiación solar con grandes amplitudes térmicas. Esto es característicos en la ladera oriental de los Andes al norte de los 38° de latitud, debido a la gran altura de los mismos.

En el clima de barlovento el aire será húmedo con días cubiertos y abundantes precipitaciones, que en consecuencia generará poca radiación solar y pequeñas amplitudes térmicas.

Además de estas dos macrozonas se presentan microclimas de valle y de montaña. En esta situación se presenta brisas particulares que dependen de calmas generales del aire. Los primeros rayos de sol calientan las laderas en mayor medida respecto del valle generando un descenso en la presión que favorece la aparición de una brisa que sopla del valle hacia la ladera. En la noche se se invierte la situación haciendo que el aire que está sobre la ladera, se enfríe deslizándose hacia el valle denominado "brisa de pendiente".

En las zonas boscosas cuando se presentan condiciones de viento regulares, el sector de barlovento es el más afectado. Si se presentan calmas en el momento de calentamiento se favorece la transpiración de las plantas, produciéndose un ascenso del aire sobre el bosque, resultando en un movimiento del aire desde las afueras hacia el bosque; favoreciendo las precipitaciones.

ZONAS	ORIENTACIONES DESFAVORABLES SEGUN APARTAMIENTO DE CONFORT	ORIENTACIONES DONDE NO SE CUMPLE EL ASOLEAMIENTO MINIMO EN INVIERNO	ORIENTACIONES FAVORABLES PROMEDIO DE LAS DOS SITUACIONES ANTERIORES
I MUY CALIDO			
II CALIDO			
III TEMPLADO CALIDO			
IV TEMPLADO FRIO			
V FRIO			
VI MUY FRIO			

* NOTA: en las zonas cálidas del país, las orientaciones que no reciben un mínimo de dos horas de sol en invierno coinciden con las de menor apartamiento de la zona de confort.

FIGURA 12-Orientaciones donde puede cumplirse con un mínimo de dos horas de sol en invierno y las desfavorables de verano. (según IRAM 11603)

6.4. Recomendaciones generales de diseño en los microclimas

La Norma IRAM 11 603/92, recomienda para cada clima lo siguiente:

En microclimas comprendidos en zonas frías recomienda: "...en la zona fría y extremadamente ventosa de nuestro país, las distribuciones edilicias apretadas pueden resultar las más aptas, siempre que se eviten los callejones de altas velocidades. De existir obstáculos bajos (zonas boscosas) la ubicación a sotavento del obstáculo puede brindar buena protección. La ubicación cercana a masas de agua, también se ve favorecida por la acción atemperadora de éstas (siempre que existan masas de agua se desarrollarán, si es posible, las brisas de agua y tierra detalladas en el punto anterior). La ubicación al pie de la pendiente en valles, siempre que no resulten callejones de altas velocidades, también puede brindar buena protección."

En microclimas comprendidos en zonas templadas recomienda: "...en las zonas III y IV (templadas), es importante la ubicación que aprovecha favorablemente las manifestaciones microclimáticas durante todo el año."

En microclimas comprendidos en zonas cálidas recomienda: "...las distribuciones edilicias abiertas atenúan el efecto de "isla caliente" y favorecen la ventilación. Por este motivo, resultan favorecidas las ubicaciones a barlovento de cualquier obstáculo (sierra, zona boscosa)."

En microclimas montañosos recomienda: "...La distribución edilicia al pie de la pendiente en lo valles evita el marcado calentamiento diario y aprovecha la brisa de pendiente durante las noches. Por su efecto atemperador, la cercanía a masas de agua resulta beneficiosa como en la zona fría."

Los temas vistos en este capítulo se tratarán particularmente en los capítulos siguientes.

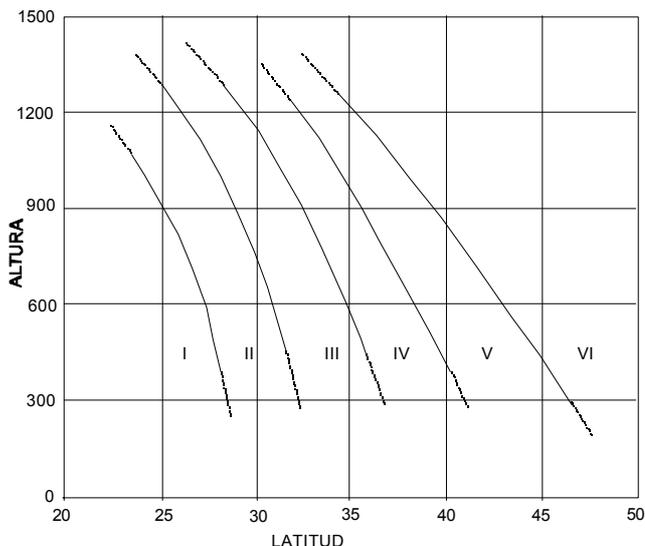


FIGURA 13 - Límites de las zonas bioambientales según latitud y altura (según EVANS).

7. TABLAS DE DATOS METEOROLOGICOS

Las estaciones meteorológicas se encuentran ordenadas por provincia y luego por localidades.

Sigla Provincia

A Salta - **B** Buenos Aires - **C** Capital Federal - **D** San Luis - **E** Entre Ríos - **F** La Rioja -
G Santiago del Estero - **H** Chaco - **J** San Juan - **K** Catamarca - **L** La Pampa - **M** Mendoza
N Misiones - **P** Formosa - **Q** Neuquén - **R** Río Negro - **S** Santa Fé - **T** Tucumán
U Chubut - **V** Tierra del Fuego, Antártida e Is del Atlánt. Sur - **W** Corrientes - **X** Córdoba
Y Jujuy - **Z** Santa Cruz

Los datos de invierno incluyen los siguientes indicadores:

LAT Latitud

LONG Longitud

ASN Altura sobre el nivel del mar en metros

TMAX Temperatura máxima media en grados celsius.

TMED Temperatura media, promedio de los meses de invierno en grados celsius

TMIN Temperatura mínima media, promedio en grados celsius

TDMD Temperatura de diseño media en grados celsius

TDMN Temperatura de diseño mínima en grados celsius

TROC Temperatura de rocío corresp. a la media

TVAP Presión parcial del vapor de agua en hectopascales

HR Humedad relativa en % corresp a la TMED

PREC Precipitación media de invierno en milímetros

HELR Heliofanía relativa en %

GDCnn Grados día de calefacción con varias temperaturas base.

Los datos de verano agregan los siguientes:

TDMD Temperatura de diseño media en grados celsius

TDMX Temperatura de diseño máxima en grados celsius

TECMD Temperatura efectiva corregida media

TECMX Temperatura efectiva corregida máxima

GDEnn Grados día de calefacción con varias temperaturas base

Direcciones del viento: La numeración corresponde a las orientaciones siguientes:

1. Norte
2. Noreste
3. Este
4. Sudeste
5. Sur
6. Sudoeste
7. Oeste
8. Noroeste.

Invierno: los vientos consignados corresponden a las direcciones más críticas; cuando aparece más de una dirección, el primer valor corresponde a las máximas frecuencias y la velocidad media a esta dirección.

Verano: los vientos corresponden a las direcciones de mayor frecuencia.

ESTACION	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TDMD	TDMN	TROC	TVAP	HR	VV	PREC	HEL R	GD16	GD18	GD20	GD22
ORAN	A	23,2	64,3	357	15,3	23,5	9,4	16,0	4,9	10,3	13,0	75	4,3	4	41	23	145	340	619
SALTA	A	24,9	65,5	1226	10,8	20,5	3,7	11,6	-0,8	3,9	8,5	69	3,3	3	49	386	703	1126	1703
ARGERICH	B	38,8	62,6	10	8,6	15,1	2,6	8,3	-1,9	3,3	8,2	71	10,7	31	-	954	1382	1862	2429
AZUL	B	36,8	59,8	132	7,7	14,2	2,4	7,8	-2,1	4,7	9,0	84	8,7	42	41	1140	1598	2166	2843
BAHIA BLANCA	B	38,7	62,2	83	8,4	14,5	3,7	8,6	-0,8	2,5	7,8	70	15,7	28	39	941	1369	1859	2433
BALCARCE	B	37,8	58,3	130	8,1	13,1	3,9	8,0	-0,6	5,6	9,4	85	14,7	53	-	1181	1669	2225	2947
BARROW	B	38,3	60,3	120	7,9	13,5	2,8	7,6	-1,7	4,1	8,6	79	16,7	38	44	1209	1690	2262	2942
BOLIVAR	B	36,3	61,1	93	9,5	15,1	3,8	9,0	-0,7	6,8	10,4	83	4,0	41	-	856	1284	1765	2337
BORDENAVE	B	37,9	63,0	212	7,5	13,8	2,2	7,5	-2,3	2,8	8,0	74	11,7	22	48	1143	1571	2098	2708
CASTELAR	B	34,7	58,7	22	10,5	15,9	5,9	10,4	1,4	6,8	10,4	78	9,0	55	50	617	1019	1467	2009
COMANDANTE ESPORA	B	38,7	62,2	74	8,2	14,5	3,1	8,3	-1,4	3,1	8,1	74	16,0	31	50	999	1427	1927	2514
CORONEL SUAREZ	B	37,5	62,0	234	7,2	13,3	2,2	7,3	-2,3	3,4	8,3	79	4,0	35	44	1257	1717	2298	2942
DOLORES	B	36,4	57,7	9	8,8	14,9	4,2	9,0	-0,3	5,7	9,7	81	13,7	57	41	906	1345	1868	2523
EL PALOMAR	B	34,6	58,6	21	10,5	15,8	6,2	10,5	1,7	6,6	10,2	79	11,7	60	38	597	995	1439	1977
EZEIZA	B	34,8	58,5	20	10,0	15,7	5,2	9,9	0,7	6,5	10,2	81	11,3	50	32	695	1106	1568	2128
HILARIO ASCASUBI	B	39,4	62,6	22	8,6	14,6	2,1	7,9	-2,4	2,6	7,7	69	15,3	25	49	1064	1516	2047	2696
ISLA MARTIN GARCIA	B	34,2	58,3	36	11,8	15,9	8,1	11,5	3,6	8,2	11,2	80	10,0	59	41	432	772	1201	1719
JUNIN	B	34,6	61,0	81	9,4	15,8	4,3	9,6	-0,2	5,7	9,8	80	11,7	32	48	740	1148	1606	2169
LA PLATA AERO	B	35,0	57,9	23	9,7	15,0	5,5	9,7	1,0	6,9	10,4	82	16,3	59	37	758	1178	1668	2251
LA PLATA OBS	B	35,0	57,9	15	10,2	15,2	6,9	10,5	2,4	7,9	11,1	84	11,0	68	45	600	992	1448	2043
LAPRIDA	B	37,6	60,8	212	7,9	13,3	2,4	7,4	-2,1	2,0	7,6	68	5,7	40	-	1195	1638	2182	2807
LAS FLORES	B	36,0	59,1	34	9,1	14,9	3,8	8,9	-0,7	5,8	9,7	81	5,0	51	-	909	1337	1859	2480
LOPEZ JUAREZ	B	37,5	59,6	233	7,1	12,8	2,3	7,1	-2,2	3,6	8,3	80	9,3	46	46	1325	1844	2440	3159
LOS HORNOS	B	34,9	58,0	15	10,2	14,9	5,5	9,7	1,0	7,5	10,8	83	7,0	67	-	736	1148	1636	2197
MAR DEL PLATA	B	38,1	57,6	5	9,5	13,6	5,0	8,8	0,5	6,6	10,1	83	14,7	73	43	1001	1486	2078	2808
MAR DEL PLATA AERO	B	37,9	57,6	24	8,5	13,5	4,0	8,3	-0,5	5,6	9,5	84	16,7	72	40	1145	1653	2285	3015
MERCEDES	B	34,7	59,4	43	10,6	16,0	4,3	9,7	-0,2	7,8	11,2	84	0,0	56	-	746	1163	1656	2243
MORON	B	34,7	58,6	24	10,5	15,9	6,1	10,5	1,6	6,9	10,5	81	12,0	55	43	597	993	1433	1970
NECOCHEA	B	38,6	58,7	8	8,9	13,2	5,1	8,6	0,6	5,3	9,2	80	12,3	81	-	1003	1465	2023	2712
NUEVE DE JULIO	B	35,5	60,9	76	9,7	15,7	4,6	9,7	0,1	6,3	10,1	80	8,0	45	-	723	1128	1591	2153
PARQUE PEREYRA	B	34,9	58,2	12	10,2	15,0	5,9	9,9	1,4	7,1	10,6	81	8,3	63	-	715	1133	1610	2188
PEHUAJO	B	35,9	61,9	87	8,7	15,4	3,3	8,9	-1,2	4,9	9,2	79	16,0	33	48	868	1296	1782	2358
PERGAMINO	B	33,9	60,6	65	9,6	15,0	4,1	9,0	-0,4	6,3	10,1	81	11,3	36	50	762	1165	1624	2174
PIGUE	B	37,6	62,4	298	7,0	12,7	1,9	6,8	-2,6	2,4	7,7	75	11,0	25	48	1311	1794	2363	3043
PINAMAR	B	37,1	56,9	13	9,1	13,8	5,0	8,9	0,5	6,0	9,7	82	8,3	61	-	943	1401	1945	2626
PUNTA INDI	B	35,4	57,3	22	9,9	15,0	5,4	9,7	0,9	7,2	10,6	85	14,3	65	47	764	1185	1677	2265
SAN CLEMENTE	B	36,4	56,7	3	9,1	13,4	6,4	9,4	1,9	7,7	10,8	88	9,7	84	-	876	1309	1809	2440
SAN MIGUEL	B	34,6	58,7	26	10,3	15,8	5,8	10,3	1,3	6,6	10,3	79	9,7	67	49	637	1045	1497	2057
SAN PEDRO	B	33,7	59,7	28	10,5	16,4	5,6	10,5	1,1	7,0	10,6	80	14,0	51	48	541	909	1337	1847
SIERRA DE LA VENTANA	B	38,1	61,8	260	8,5	13,7	3,1	7,9	-1,4	2,7	7,9	70	4,7	40	-	1114	1553	2098	2737
TANDIL	B	37,2	59,3	175	7,7	13,3	3,2	7,7	-1,3	4,5	8,8	82	14,7	50	45	1166	1654	2226	2939
TRENQUE LAUQUEN	B	36,0	62,7	95	9,1	15,9	3,7	9,3	-0,8	3,7	8,2	73	8,7	27	-	753	1165	1600	2149
TRES ARROYOS	B	38,4	60,3	109	8,2	13,8	3,8	8,3	-0,7	4,0	8,6	77	9,0	47	-	1069	1506	2039	2659
AEROPARQUE	C	34,6	58,4	6	11,3	14,9	8,3	11,1	3,8	7,7	11,0	80	13,3	58	43	499	850	1278	1786
BUENOS AIRES	C	34,6	58,5	25	11,4	16,1	7,6	11,4	3,1	7,5	10,9	79	10,3	61	44	452	793	1221	1719
SAN LUIS	D	33,3	66,4	713	10,2	17,9	3,8	10,4	-0,7	1,0	7,0	57	16,0	7	66	562	871	1297	1793
UNION	D	35,2	66,0	372	8,4	16,8	1,0	8,4	-3,5	4,2	8,6	76	8,3	10	-	895	1323	1769	2326
VILLA REYNOLDS	D	33,7	65,4	486	8,6	18,5	0,8	9,2	-3,7	2,3	7,8	69	7,3	8	58	750	1146	1586	2136
CONCORDIA	E	31,3	58,0	38	13,1	18,5	8,3	12,9	3,8	9,3	12,4	80	10,7	90	-	239	532	924	1376
GUALEGUAY CHU	E	32,9	58,5	14	11,5	17,1	5,7	10,9	1,2	8,7	11,8	84	11,0	62	-	531	903	1335	1857
GUALEGUAY CHU AERO	E	33,0	58,6	24	11,3	17,2	6,2	11,2	1,7	7,9	11,2	81	11,3	56	44	476	822	1250	1751
MAZARUCA	E	33,6	59,4	5	11,0	16,7	6,3	11,0	1,8	7,8	11,1	82	7,3	51	49	497	853	1280	1812
PARANA	E	31,8	60,5	110	12,5	17,7	8,0	12,3	3,5	7,2	10,8	72	20,0	29	55	295	591	979	1429
PARANA AERO	E	31,8	60,5	62	12,2	18,3	7,0	12,2	2,5	7,8	11,3	77	13,7	32	55	326	632	1039	1488
CHAMICAL	F	30,4	66,3	461	12,6	19,7	6,0	12,3	1,5	3,6	8,5	58	10,3	4	38	292	526	832	1221
CHEPES	F	31,3	66,6	658	11,5	18,2	5,2	11,2	0,7	4,1	8,6	63	12,0	5	-	404	690	996	1398
CHILECITO	F	29,2	67,5	1170	10,3	17,9	3,0	10,0	-1,5	2,0	7,4	59	6,7	5	-	616	922	1338	1808
LA RIOJA	F	29,4	66,8	430	12,2	21,0	4,9	12,4	0,4	3,7	8,4	60	7,7	4	66	281	495	786	1101
LA BANDA	G	27,8	64,3	187	14,0	21,9	7,1	14,0	2,6	7,8	11,2	69	8,3	6	53	140	325	596	915
MONTE QUEMADO	G	25,8	62,9	221	16,2	24,0	10,1	16,6	5,6	7,9	11,4	61	10,0	7	-	0	108	278	538
SANTIAGO DEL ESTERO	G	27,8	64,3	199	13,8	21,8	6,6	13,7	2,1	6,2	10,3	65	8,0	5	50	166	350	623	940
COLONIA BENITEZ	H	27,4	58,9	54	15,7	22,4	10,3	15,9	5,8	11,7	14,5	76	15,0	45	55	0	145	375	733
COLONIA CASTELLI	H	26,0	60,6	111	16,3	24,7	10,3	17,0	5,8	10,0	13,1	68	7,7	18	-	0	70	232	334
LAS BREÑAS	H	27,1	61,1	102	15,3	22,8	9,5	15,7	5,0	8,8	12,2	67	13,3	19	58	26	170	387	707
PRESIDENCIA R.S. PEÑA	H	26,8	60,5	92	16,1	23,4	10,3	16,3	5,8	10,4	13,4	73	9,0	18	57	0	108	306	608
RESISTENCIA	H	27,5	59,1	52	15,5	22,2	10,4	15,8	5,9	11,1	13,9	78	9,3	48	43	8	156	385	713
RESISTENCIA AERoclUB	H	27,5	59,0	51	16,0	22,2	11,7	16,5	7,2	11,8	14,5	77	8,0	39	-	0	96	326	644
ROQUE SAENZ PEÑA	H	26,9	60,5	90	15,7	22,9	9,7	15,8	5,2	10,5	13,5	72	9,3	20	57	9	154	357	676
VILLA ANGELA	H	27,6	60,7	74	14,9	22,6	9,2	15,4	4,7	10,1	13,2	73	14,7	22	-	35	210	479	811

CUADRO 2 - INVIERNO: Datos bioclimáticos medios y de diseño.

ESTACION	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TDMD	TDMM	TROC	TVAP	HR	VV	PREC	HELR	GD16	GD18	GD20	GD22
EL BALDE	J	31,0	68,6	928	8,8	18,1	-1,4	7,8	-5,9	-2,1	5,5	50	5,3	2	-	886	1197	1625	2082
JACHAL	J	30,3	68,8	1165	9,2	18,1	0,4	8,8	-4,1	0,8	6,8	60	6,7	4	61	825	1209	1641	2173
SAN JUAN	J	31,6	68,5	615	9,3	18,3	3,0	10,2	-1,5	1,0	6,8	61	5,3	4	66	590	896	1275	1703
SAN JUAN AERO	J	31,6	68,4	598	8,3	18,0	0,3	8,7	-4,2	-1,6	5,7	55	7,3	2	72	736	1042	1449	1877
VALLEFERTIL	J	30,6	67,5	857	10,3	18,5	4,0	10,8	-0,5	1,7	7,2	59	7,0	2	-	498	804	1201	1660
CATAMARCA	K	28,5	65,8	531	12,6	21,0	5,8	12,9	1,3	4,0	8,5	60	8,0	5	51	238	447	730	1053
CATAMARCA INTA	K	28,5	65,7	525	12,8	20,6	6,4	13,0	1,9	5,4	9,3	62	8,3	5	65	232	426	694	1000
TINOGASTA	K	28,1	67,6	1201	10,5	21,0	-0,3	9,8	-4,8	0,4	6,6	55	18,7	1	-	637	943	1342	1784
GENERAL PICO	L	35,7	63,8	141	8,9	16,1	2,7	8,9	-1,8	3,7	8,5	74	11,0	15	40	788	1204	1653	2203
GUATRACHE	L	37,6	63,6	175	8,4	14,2	2,3	7,8	-2,2	2,9	8,0	52	11,0	19	47	1077	1505	2012	2598
MACACHIN	L	37,1	63,7	142	8,2	15,4	1,8	8,1	-2,7	2,2	7,7	71	8,7	19	-	980	1407	1880	2450
PUELCHES	L	38,1	65,9	232	7,3	15,3	1,0	7,6	-3,5	1,0	7,0	69	6,0	14	48	1022	1450	1883	2433
QUEMU QUEMU	L	36,1	63,6	120	8,6	15,9	2,7	8,8	-1,8	2,6	7,9	71	14,0	18	-	828	1244	1681	2231
SANTA ROSA	L	36,6	64,3	189	8,2	15,9	1,8	8,3	-2,7	3,4	8,3	76	10,3	17	48	903	1331	1802	2364
BARDAS BLANCAS	M	35,9	69,8	1450	5,2	11,4	-1,2	4,6	-5,7	-2,0	5,5	63	9,0	0	-	1688	2240	2891	3621
CHACRAS DE CORIA	M	33,0	68,9	921	7,0	14,7	0,9	7,3	-3,6	-0,2	6,3	63	7,3	4	61	1081	1509	2027	2626
COLONIA ALVEAR	M	35,0	67,7	465	8,5	17,4	1,5	8,9	-3,0	1,3	7,2	65	9,0	6	-	784	1169	1605	2135
CRISTO REDENTOR	M	32,8	70,1	3832	-6,6	-3,2	-9,8	-7,0	-14,3	-14,8	2,1	57	24,3	0	-	6265	6995	7725	8455
ING DAGOBERTO SARDINA	M	33,3	69,2	750	6,9	15,6	-0,6	7,0	-5,1	0,5	6,6	67	9,3	3	-	1031	1451	1905	2451
MALARGUE	M	35,5	69,6	1423	4,3	11,8	-2,1	4,3	-6,6	-2,8	5,2	65	4,7	20	50	1801	2357	3045	3775
MENDOZA	M	32,9	68,9	828	8,8	15,7	4,2	9,4	-0,3	0,3	6,5	58	6,7	4	60	706	1051	1479	1986
MENDOZA AERO	M	32,8	68,8	704	8,3	16,8	1,7	8,8	-2,8	0,0	6,4	60	4,0	2	61	795	1128	1556	2040
PUENTE DEL INCA	M	32,8	69,9	2720	0,9	6,7	-4,8	0,5	-9,3	-10,9	3,0	50	17,0	57	50	3229	3959	4689	5419
SAN CARLOS	M	33,8	69,0	940	5,9	15,1	-2,2	6,0	-6,7	-0,6	6,1	67	5,0	9	-	1366	1849	2402	3118
SAN MARTIN	M	33,1	68,4	653	7,9	16,8	1,9	8,8	-2,6	0,4	6,6	62	6,7	2	68	784	1135	1564	2081
SAN RAFAEL	M	34,6	68,4	748	8,1	16,2	1,4	8,3	-3,1	0,1	6,5	61	4,7	5	55	914	1341	1834	2405
CERRO AZUL	N	27,7	55,4	270	16,2	21,6	11,3	16,0	6,8	11,6	14,2	76	7,3	120	-	4	142	413	797
IGUAZU	N	25,7	54,5	180	15,4	23,3	9,4	15,8	4,9	13,0	15,5	85	3,0	104	37	11	153	411	790
LORETO	N	27,4	55,5	163	16,0	22,5	10,4	16,0	5,9	13,3	16,0	85	4,3	138	48	0	147	433	808
OBERA	N	27,5	55,1	343	16,1	21,3	11,3	15,8	6,8	10,9	13,6	73	20,0	116	-	20	154	413	790
POSADAS	N	27,4	56,0	133	16,5	22,6	11,4	16,5	6,9	12,0	14,7	77	11,7	94	47	0	92	328	656
FORMOSA	P	26,2	58,2	60	17,2	23,3	12,2	17,3	7,7	12,5	15,2	76	10,7	58	57	0	21	205	481
LAS LOMITAS	P	24,7	60,6	130	17,3	25,0	11,1	17,6	6,6	10,2	13,3	68	13,0	13	59	0	41	179	409
SAN FRANCISCO	P	26,2	58,7	75	17,0	24,0	11,8	17,4	7,3	12,4	15,1	77	6,3	39	-	0	25	193	473
TACAAGLE	P	25,0	58,8	87	18,3	24,8	12,6	18,2	8,1	12,7	15,3	73	13,7	32	-	0	0	118	325
CUTRAL CO	Q	39,0	69,2	612	6,4	13,2	0,6	6,4	-3,9	-2,1	5,5	61	8,3	11	-	1343	1798	2361	2997
LAS LAJAS	Q	38,5	70,4	713	6,0	12,7	-0,9	5,4	-5,4	0,6	6,6	69	2,3	27	-	1553	2151	2804	3534
NEUQUEN	Q	39,0	68,1	270	6,4	14,1	0,0	6,6	-4,5	-1,2	5,8	64	10,0	8	48	1250	1678	2183	2752
ALTOVALLE	R	39,0	67,7	242	6,9	15,0	-0,7	6,6	-5,2	-0,6	6,1	64	5,3	10	-	1255	1688	2222	2863
BARILOCHE	R	41,2	71,2	836	2,5	7,0	-1,1	2,5	-5,6	0,0	6,3	84	20,3	124	41	2951	3681	4411	5141
CATEDRAL2000	R	41,3	71,6	1955	-2,7	-0,4	-4,9	-3,2	-9,4	-5,0	4,4	86	31,0	231	30	4981	5711	6441	7171
CHOELE CHOEL	R	39,3	65,7	131	8,4	15,2	2,8	8,5	-1,7	0,2	6,5	61	12,0	15	-	892	1318	1748	2281
CIPOLLETTI	R	39,0	68,0	265	7,1	14,6	1,2	7,4	-3,3	-1,2	5,9	62	9,0	10	-	1103	1531	2019	2591
EL BOLSON	R	41,9	71,6	310	3,9	9,4	-0,1	4,2	-4,6	1,7	7,1	84	5,3	138	-	2245	2975	3705	4435
MAQUINCHAO	R	41,3	68,7	888	2,5	8,2	-3,2	2,0	-7,7	-3,0	5,1	70	9,3	14	-	2460	3155	3885	4615
RIO COLORADO	R	39,0	64,1	79	8,3	15,6	2,2	8,4	-2,3	1,5	7,1	68	13,0	20	-	930	1358	1821	2374
SAN ANTONIO OESTE	R	40,7	65,0	7	8,9	14,5	3,8	8,7	-0,7	2,2	7,4	67	14,7	16	47	884	1312	1780	2341
SIERRA COLORADA	R	40,6	67,8	665	4,5	11,1	-1,7	4,2	-6,2	-2,7	5,3	65	8,7	19	-	1850	2394	3009	3739
VILLA REGINA	R	39,2	67,1	205	7,0	14,7	-0,5	6,6	-5,0	1,6	7,1	72	11,3	10	-	1330	1780	2321	2978
ANGEL GALLARDO	S	31,6	60,7	18	12,6	18,6	6,9	12,3	2,4	7,9	11,3	74	9,7	31	-	303	597	967	1409
CERES	S	29,9	62,0	88	13,1	20,4	7,2	13,3	2,7	7,8	11,4	74	6,3	22	55	200	434	745	1167
ESPERANZA	S	31,5	60,9	38	12,5	19,1	7,0	12,6	2,5	7,9	11,3	75	10,0	27	-	271	559	914	1342
OLIVEROS	S	32,6	60,9	26	11,1	17,3	5,8	11,1	1,3	7,6	11,1	79	13,3	35	51	493	834	1262	1763
RECONQUISTA	S	29,1	59,4	49	14,4	20,8	9,3	9,9	4,8	11,0	13,9	83	11,0	35	58	150	367	674	1099
ROSARIO	S	32,6	60,5	27	10,6	17,2	5,2	6,1	0,7	6,9	10,6	81	12,0	35	54	631	995	1423	1948
TUCUMAN	T	26,8	65,2	481	12,9	20,0	6,7	12,9	2,2	7,6	10,9	73	3,7	12	59	242	481	797	1204
TUCUMAN AERO	T	26,8	65,2	420	13,1	20,7	7,4	13,5	2,9	6,9	10,4	69	3,3	11	47	180	386	686	1057
VILLA NOGUES	T	26,9	65,4	1388	10,3	15,4	6,5	10,5	2,0	3,9	8,5	67	8,3	30	-	613	1059	1646	2376
CABO RASO	U	44,4	65,2	9	7,2	11,6	2,4	6,5	-2,1	2,2	7,4	72	14,7	19	-	1575	2259	2989	3719
COMODORO RIVADAVIA	U	45,8	67,5	61	7,1	11,4	3,4	6,9	-1,1	-1,4	5,7	58	30,0	22	41	1322	1854	2522	3252
ESQUEL	U	42,9	71,4	785	2,2	7,0	-2,5	1,8	-7,0	-2,0	5,4	76	17,0	77	-	2953	3683	4413	5143
GOBERNADOR COSTA	U	44,0	70,4	730	2,1	7,2	-2,4	1,9	-6,9	-2,4	5,3	74	11,3	25	-	2918	3647	4378	5108
TRELEW	U	43,2	65,3	39	6,8	13,1	1,8	6,9	-2,7	-1,5	5,8	60	20,7	14	49	1230	1673	2240	2932
BASE ESPERANZA	V	63,4	57,0	8	-11,4	-6,8	-15,8	-11,8	-20,3	-13,6	2,5	80	28,0	61	-	7865	8595	9325	10055
ISLAS ORCADAS	V	60,7	44,7	4	-8,8	-4,8	-13,2	-9,5	-17,7	-9,6	3,4	86	22,7	57	6	7161	7891	8621	9351
USHUAIA	V	54,8	68,3	14	1,9	4,9	-1,0	1,5	-5,5	-1,6	5,6	78	11,0	39	22	3755	4485	5215	5945
BELLA VISTA	W	28,4	58,9	70	15,3	21,1	10,3	15,2	5,8	10,7	13,6	76	12,3	40	-	35	212	488	866
CORRIENTES	W	27,5	58,8	60	16,9	22,7	12,1	16,9	7,6	12,0	14,7	75	8,0	42	-	0	56	262	568
CORRIENTES AERO	W	27,5	58,8	62	15,8	22,2	10,6	15,9	6,1	11,3	14,0	77	11,3	41	56	0	150	390	738
GENERAL PAZ	W	27,8	57,6	74	16,1	22,3	11,4	16,4	6,9	12,1	14,7	79	13,0	61	-	0	105	332	662

CUADRO 3 - INVIERNO: Datos bioclimáticos medios y de diseño (continúa ...)

ESTACION	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMAX	TMIN	TDMD	TDMN	TROC	TVAP	HR	VV	PREC	HELGR	GD16	GD18	GD20	GD22
GOYA	W	29,1	59,3	36	15,2	20,8	9,1	14,5	4,6	10,9	13,7	78	6,3	40	-	93	294	600	1017
ITUZAINGO	W	27,6	56,7	80	16,7	22,1	10,7	15,9	6,2	13,2	15,8	80	14,0	92	-	0	145	427	786
MONTE CASEROS	W	30,3	57,7	54	14,0	19,4	9,1	13,8	4,6	9,8	12,8	78	11,0	59	52	159	412	753	1181
PASO DE LOS LIBRES	W	29,7	57,2	70	14,1	19,8	9,2	14,0	4,7	10,4	13,4	80	16,3	67	43	139	377	713	1141
BELLVILLE	X	32,6	62,7	130	10,8	17,9	4,2	10,6	-0,3	5,8	9,9	74	14,7	17	-	539	870	1296	1787
CORDOBA	X	31,4	64,2	425	12,0	19,5	5,8	12,1	1,3	3,5	8,5	60	5,0	10	57	309	608	991	1449
CORDOBA AERO	X	31,3	64,2	474	11,3	19,1	5,0	11,6	0,5	3,6	8,6	64	11,3	10	61	392	703	1118	1617
DIQUE CRUZ DEL EJE	X	30,8	64,8	515	13,0	20,4	7,5	13,4	3,0	5,3	9,5	63	12,7	9	-	190	383	683	1056
DIQUE LA VIÑA	X	31,9	65,0	838	10,7	18,3	4,3	10,8	-0,2	2,7	7,6	61	5,0	10	-	507	819	1247	1756
DIQUE PISCO HUASI	X	30,3	64,0	600	11,2	19,4	4,5	11,4	0,0	4,0	8,9	66	4,7	14	-	390	702	1112	1619
EMBALSE	X	32,2	64,4	548	10,8	18,0	5,2	11,1	0,7	4,3	8,8	68	6,3	10	56	461	782	1200	1687
HUERTA GRANDE	X	31,1	64,5	1015	9,1	15,5	4,5	9,5	0,0	3,6	8,2	71	11,0	4	-	850	1281	1844	2555
LABOULAYE	X	34,1	63,4	138	9,7	17,5	3,9	10,2	-0,6	3,7	8,6	71	6,3	44	53	588	930	1359	1858
MARCOS JUAREZ	X	32,7	62,2	114	10,4	17,9	4,8	10,8	0,3	5,7	9,9	76	17,7	17	44	510	842	1265	1756
MIRAMAR	X	30,9	62,7	80	12,2	18,3	7,6	12,5	3,1	8,5	11,6	78	7,3	15	-	280	573	926	1354
PILAR	X	31,7	63,9	338	11,0	18,5	5,0	11,3	0,5	3,8	8,7	66	8,0	10	60	429	744	1161	1649
RIO CUARTO	X	33,1	64,3	421	10,0	17,1	4,8	10,5	0,3	2,3	7,9	64	13,3	11	57	562	912	1341	1874
VILLA DOLORES	X	32,0	65,1	569	11,5	19,2	5,6	11,9	1,1	1,6	7,4	55	9,0	9	64	330	617	952	1380
VILLA MARIA	X	29,9	63,7	341	12,2	20,0	4,2	11,6	-0,3	5,5	9,6	67	5,3	18	-	375	681	1078	1531
ALTO DEL COMEDERO	Y	24,2	65,3	1253	11,5	19,9	6,0	12,5	1,5	5,1	9,3	70	6,0	4	59	330	665	1084	1685
HUMAHUACA	Y	23,2	65,4	2980	8,4	20,2	-2,6	8,3	-7,1	-5,0	4,4	44	7,3	0	-	1212	1942	2672	3402
JUJUY	Y	24,2	65,3	1303	11,4	20,3	4,7	12,0	0,2	5,3	9,3	71	7,3	7	-	343	651	1063	1630
JUJUY EL CADILLAL	Y	24,4	65,1	905	13,3	21,2	6,9	13,5	2,4	5,5	9,5	63	9,0	2	57	179	398	701	1107
LA QUIACA	Y	22,1	65,6	3459	4,7	15,8	-6,6	4,1	-11,1	-13,8	2,5	29	5,7	0	87	2249	2979	3709	4439
LAGO ARGENTINO	Z	50,3	72,3	220	1,6	5,6	-2,0	1,3	-6,5	-3,3	4,9	72	8,7	26	38	3052	3782	4512	5242
PUERTO DESEADO	Z	47,7	65,9	79	4,3	8,2	0,8	4,0	-3,7	0,0	6,3	75	24,0	20	34	2167	2897	3627	4357
RIO GALLEGOS	Z	51,6	69,3	17	1,7	5,3	-1,6	1,4	-6,1	-1,5	5,7	81	17,7	13	34	3081	3811	4541	5271

CUADRO 4 -INVIERNO: Datos bioclimáticos medios y de diseño .

ESTACION	P	LAT	LONG	ASNM	TMAX	TMED	TMIN	TDMD	DMX	TECMD	TECMX	TROC	TVAP	HR	VV	PREC	HELR	GDe23	GDe25	GDe27
ORAN	A	23,2	64,3	357	32,6	25,6	20,6	29,1	36,1	24,3	27,8	20,9	25,0	77	5	151	46	1036	738	73
SALTA	A	24,9	65,5	1226	27,1	20,8	15,8	24,3	30,6	20,7	24,5	16,1	18,4	77	3	151	40	347	148	8
ARGERICH	B	38,8	62,6	10	30,7	22,5	14,0	26,0	34,2	21,1	25,3	11,1	13,9	52	16	66	-	473	319	71
AZUL	B	36,8	59,8	132	28,2	20,1	12,6	23,6	31,7	19,4	24,0	14,3	16,8	73	10	94	55	287	150	5
BAHIA BLANCA	B	38,7	62,2	83	29,5	21,7	14,7	25,2	33,0	20,8	25,1	9,6	12,6	51	19	62	64	379	228	14
BALCARCE	B	37,8	58,3	130	26,6	19,1	12,9	22,6	30,1	18,9	23,5	13,7	16,3	74	15	109	-	194	73	2
BARROW	B	38,3	60,3	120	28,1	20,1	12,6	23,6	31,6	19,4	24,0	11,5	14,2	62	17	76	67	263	137	2
BOLIVAR	B	36,3	61,1	93	29,8	22,4	14,4	25,9	33,3	21,2	25,1	16,8	19,7	74	4	95	-	400	249	27
BORDENAVE	B	37,9	63,0	212	29,2	21,3	13,7	24,8	32,7	20,4	24,7	10,6	13,4	54	14	61	71	357	206	9
CASTELAR	B	34,7	58,7	22	29,0	22,7	16,5	26,2	32,5	22,0	25,4	15,0	17,6	64	10	95	69	349	198	0
COMANDANTE ESPORA	B	38,7	62,2	74	29,6	21,8	14,5	25,3	33,1	20,8	25,0	10,9	13,6	55	18	62	66	385	234	15
CORONEL SUAREZ	B	37,5	62,0	234	28,4	20,2	12,9	23,7	31,9	19,5	24,2	11,6	14,1	63	8	56	64	282	154	8
DOLORES	B	36,4	57,7	9	27,9	20,8	13,8	24,3	31,4	20,2	24,3	14,9	17,5	72	15	85	62	274	140	0
EL PALOMAR	B	34,6	58,6	21	29,0	22,7	16,8	26,2	32,5	22,0	25,5	15,0	17,6	65	14	100	52	349	198	1
EZEIZA	B	34,8	58,5	20	29,1	22,3	16,0	25,8	32,6	21,5	25,3	15,1	17,6	67	12	92	53	353	202	5
HILARIO ASCASUBI	B	39,4	62,6	22	28,8	21,4	13,0	24,9	32,3	20,4	24,3	11,9	14,5	59	17	54	67	336	185	0
ISLA MARTIN GARCIA	B	34,2	58,3	36	28,6	23,3	18,4	26,8	32,1	22,8	25,8	16,5	19,3	68	10	78	57	325	174	2
JUNIN	B	34,6	61,0	81	29,9	22,3	15,1	25,8	33,4	21,2	25,3	14,7	17,2	65	12	88	65	405	254	30
LA PLATA AERO	B	35,0	57,9	23	27,9	21,7	15,8	25,2	31,4	21,3	24,8	15,5	18,1	70	18	79	50	274	139	2
LA PLATA OBS	B	35,0	57,9	15	27,8	21,8	16,1	25,3	31,3	21,4	24,9	16,2	18,9	72	12	85	66	268	132	4
LAPRIDA	B	37,6	60,8	212	28,5	20,6	14,1	24,1	32,0	20,0	24,6	12,9	15,6	63	7	76	-	296	159	9
LAS FLORES	B	36,0	59,1	34	28,8	21,5	13,6	25,0	32,3	20,5	24,5	14,4	16,9	67	6	79	--	334	188	2
LOPEZ JUAREZ	B	37,5	59,6	233	27,3	19,2	12,0	22,7	30,8	18,8	23,5	11,4	14,0	65	11	82	64	206	102	6
LOS HORNOS	B	34,9	58,0	15	28,8	22,3	16,0	25,8	32,3	21,6	25,2	16,4	19,1	71	8	89	-	317	179	1
MAR DEL PLATA	B	38,1	57,6	5	24,9	19,6	14,2	23,1	28,4	19,8	23,3	15,0	17,5	76	17	90	61	85	11	0
MAR DEL PLATA AERO	B	37,9	57,6	24	25,2	19,2	13,0	22,7	28,7	19,3	23,1	14,4	16,9	76	21	87	55	97	18	0
MERCEDES	B	34,7	59,4	43	29,7	22,8	14,0	26,3	33,2	21,4	24,9	17,4	20,1	73	0	93	-	404	244	22
MORON	B	34,7	58,6	24	29,2	22,9	16,9	26,4	32,7	22,1	25,6	15,3	17,9	65	15	96	57	361	210	0
NECOCHEA	B	38,6	58,7	8	25,7	19,4	14,8	22,9	29,2	19,7	23,7	13,8	16,1	72	14	93	-	125	33	0
NUEVE DE JULIO	B	35,5	60,9	76	29,6	22,5	15,3	26,0	33,1	21,5	25,3	15,9	18,6	69	8	98	-	388	233	15
PARQUE PEREYRA	B	34,9	58,2	12	28,3	22,0	15,9	25,5	31,8	21,4	25,0	16,4	19,1	72	10	86	-	298	159	0
PEHUAJO	B	35,9	61,9	87	30,0	22,1	14,4	25,6	33,5	20,9	25,2	13,6	16,2	63	17	87	71	414	263	36
PERGAMINO	B	33,9	60,6	65	30,1	22,9	14,9	26,4	33,6	21,6	25,3	15,6	18,3	66	10	90	68	436	275	40
PIGUE	B	37,6	62,4	298	27,8	20,0	12,9	23,5	31,3	19,5	24,0	9,6	12,6	56	13	71	70	236	124	2
PINAMAR	B	37,1	56,9	13	25,6	20,0	15,1	23,5	29,1	20,2	23,8	14,6	17,1	73	9	88	-	127	33	0
PUNTA INDIO	B	35,4	57,3	22	27,7	21,8	15,8	25,3	31,2	21,4	24,8	16,0	18,7	73	17	73	68	257	129	6
SAN CLEMENTE	B	36,4	56,7	3	25,2	19,8	17,0	23,3	28,7	20,5	24,2	16,8	19,6	83	12	91	-	113	18	0
SAN MIGUEL	B	34,6	58,7	26	28,7	22,2	16,2	25,7	32,2	21,6	25,2	14,7	17,4	65	11	114	70	328	179	5
SAN PEDRO	B	33,7	59,7	28	30,0	23,2	16,5	26,7	33,5	22,1	25,7	15,9	18,7	66	13	100	66	445	285	37
SIERRA DE LA VENTANA	B	38,1	61,8	260	28,9	20,8	13,2	24,3	32,4	19,9	24,4	11,3	14,0	60	5	83	-	323	177	4
TANDIL	B	37,2	59,3	175	26,8	19,8	13,0	23,3	30,3	19,5	23,6	13,4	15,9	70	15	103	57	190	80	8
TRENQUE LAUQUEN	B	36,0	62,7	95	30,9	23,0	15,2	26,5	34,4	21,7	25,7	12,8	15,4	57	10	78	-	477	323	76
TRES ARROYOS	B	38,4	60,3	109	28,9	20,3	13,7	23,8	32,4	19,6	24,6	10,6	13,3	59	11	83	-	326	182	5
AEROPARQUE	C	34,6	58,4	6	27,7	23,2	19,1	26,7	31,2	23,0	25,7	16,5	19,4	68	16	92	53	262	123	1
BUENOS AIRES	C	34,6	58,5	25	29,0	23,5	18,4	27,0	32,5	22,9	26,0	15,7	18,4	64	13	100	60	357	206	2
SAN LUIS	D	33,3	66,4	713	30,6	23,8	16,8	27,3	34,1	22,6	26,1	11,8	14,4	51	19	86	71	533	331	82
UNION	D	35,2	66,0	372	31,2	23,3	14,0	26,8	34,7	21,6	25,5	14,8	17,5	63	13	80	-	555	368	17
VILLA REYNOLDS	D	33,7	65,4	486	30,6	22,5	14,2	26,0	34,1	21,2	25,3	14,5	17,0	64	10	92	68	540	339	88
CONCORDIA	E	31,3	58,0	38	31,0	24,8	18,3	28,3	34,5	23,5	26,6	16,6	19,5	63	11	128	-	544	351	0
GUALEGUAY CHU	E	32,9	58,5	14	30,3	23,7	16,0	27,2	33,8	22,4	25,7	16,7	19,6	67	10	93	-	456	296	53
GUALEGUAY CHU AERO	E	33,0	58,6	24	30,6	23,7	16,7	27,2	34,1	22,5	26,0	15,5	18,1	64	12	92	63	485	320	72
MAZARUCA	E	33,6	59,4	5	30,0	22,9	16,5	26,4	33,5	21,9	25,7	16,3	19,0	68	8	101	67	434	268	33
PARANA	E	31,8	60,5	110	30,3	24,1	18,3	27,6	33,8	23,1	26,4	16,1	18,9	63	17	103	68	500	316	65
PARANA AERO	E	31,8	60,5	62	30,9	24,3	17,5	27,8	34,4	23,0	26,4	16,2	18,9	63	12	107	69	553	359	8
CHAMICAL	F	30,4	66,3	461	33,1	25,9	19,3	29,4	36,6	24,2	27,6	14,5	17,2	54	12	67	50	841	599	94
CHEPES	F	31,3	66,6	658	33,7	25,8	19,6	29,3	37,2	24,1	27,9	15,8	18,4	57	13	60	-	855	630	25
CHILECITO	F	29,2	67,5	1170	31,1	23,4	16,5	26,9	34,6	22,1	26,2	15,0	17,5	60	10	33	-	611	402	36
LA RIOJA	F	29,4	66,8	430	35,3	27,3	20,4	30,8	38,8	25,1	28,7	16,5	19,2	56	10	53	63	1132	863	24
LA BANDA	G	27,8	64,3	187	33,6	25,9	19,5	29,4	37,1	24,2	27,8	19,1	22,5	68	9	92	60	1013	729	87
MONTE QUEMADO	G	25,8	62,9	221	34,8	27,2	20,8	30,7	38,3	25,2	28,7	17,9	21,0	64	10	104	-	1257	953	78
SANTIAGO DEL ESTERO	G	27,8	64,3	199	33,9	26,6	19,9	30,1	37,4	24,7	28,1	18,2	21,3	63	10	95	57	1038	758	16
COLONIA BENITEZ	H	27,4	58,9	54	32,5	25,5	19,6	29,0	36,0	24,0	27,5	19,7	23,5	71	15	136	65	849	576	47
COLONIA CASTELLI	H	26,0	60,6	111	35,2	26,5	20,4	30,0	38,7	24,5	28,7	19,1	22,5	66	7	126	-	1312	988	92
LAS BREÑAS	H	27,1	61,1	102	33,5	26,0	20,0	29,5	37,0	24,4	27,9	18,1	21,4	64	13	133	70	1004	705	63
PRESIDENCIA R.S. PEÑA	H	26,8	60,5	92	33,4	26,5	20,3	30,0	36,9	24,8	28,0	19,4	23,0	68	8	137	63	1017	714	66
RESISTENCIA	H	27,5	59,1	52	32,4	25,9	20,1	29,4	35,9	24,5	27,6	19,2	22,8	70	8	157	55	838	565	42
RESISTENCIA AERoclUB	H	27,5	59,0	51	31,9	26,1	21,0	29,6	35,4	24,9	27,7	19,7	23,5	70	7	155	-	783	527	22
ROQUE SAENZ PEÑA	H	26,9	60,5	90	34,1	26,2	19,7	29,7	37,6	24,3	28,1	19,2	22,8	67	9	118	69	1041	751	93
VILLA ANGELA	H	27,6	60,7	74	33,8	26,0	19,9	29,5	37,3	24,2	28,0	19,2	22,8	68	15	126	-	979	689	56

CUADRO 5-VERANO: Datos bioclimáticos medios y de diseño (continúa).

ESTACION	P	LAT	LONG	ASNM	TMAX	TMED	TMIN	TDMID	TDMX	TECMDI	TECMX	TROC	TVAP	HR	VV	PREC	HEL	R	GDe23	GDe25	GDe27
EL BALDE	J	31,0	68,6	928	32,7	25,6	17,2	29,1	36,2	23,7	26,9	10,2	13,0	40	9	14	-		733	521	36
JACHAL	J	30,3	68,8	1165	31,2	23,6	16,1	27,1	34,7	22,2	26,0	13,4	15,8	55	7	21	68		577	374	22
SAN JUAN	J	31,6	68,5	615	33,6	25,5	18,4	29,0	37,1	23,6	27,6	12,8	15,2	48	8	15	77		817	605	17
SAN JUAN AERO	J	31,6	68,4	598	34,5	26,4	18,0	29,9	38,0	24,1	27,8	10,5	13,3	40	13	16	79		882	649	49
VALLEFERTIL	J	30,6	67,5	857	31,5	23,6	16,6	27,1	35,0	22,3	26,3	14,6	17,0	58	7	62	-		643	431	58
CATAMARCA	K	28,5	65,8	531	33,0	26,8	21,0	30,3	36,5	25,2	28,1	15,8	18,3	54	17	69	53		928	661	34
CATAMARCA INTA	K	28,5	65,7	525	32,4	26,0	21,2	29,5	35,9	24,7	27,9	17,1	19,9	59	11	69	67		863	604	73
TINOGASTA	K	28,1	67,6	1201	32,7	24,5	16,2	28,0	36,2	22,7	26,6	14,2	16,4	54	19	27	-		863	614	96
GENERAL PICO	L	35,7	63,8	141	30,9	23,4	15,1	26,9	34,4	21,9	25,7	12,3	14,9	228	13	78	53		473	319	80
GUATRACHE	L	37,6	63,6	175	29,7	21,9	14,1	25,4	33,2	20,8	25,0	10,9	13,7	55	11	68	70		379	228	21
MACACHIN	L	37,1	63,7	142	30,8	22,5	13,9	26,0	34,3	21,0	25,3	11,1	14,0	54	10	70	-		477	326	79
PUELCHES	L	38,1	65,9	232	24,6	17,4	11,0	20,9	28,1	17,7	22,3	5,7	9,7	51	22	21	48		556	398	47
QUEMU QUEMU	L	36,1	63,6	120	31,3	23,2	15,3	26,7	34,8	21,8	25,9	11,7	14,5	54	14	73	-		502	347	96
SANTA ROSA	L	36,6	64,3	189	30,3	22,3	13,8	25,8	33,8	21,0	25,1	12,9	15,4	59	14	74	68		449	297	49
BARDAS BLANCAS	M	35,9	69,8	1450	27,0	18,5	10,7	22,0	30,5	18,0	23,1	0,3	6,8	36	7	0	-		201	88	6
CHACRAS DE CORIA	M	33,0	68,9	921	28,4	21,6	14,5	25,1	31,9	20,9	24,6	12,0	14,5	55	7	31	69		309	166	2
COLONIA ALVEAR	M	35,0	67,7	465	32,0	22,7	14,6	26,2	35,5	21,1	25,9	10,9	13,9	53	11	36	-		631	422	70
CRISTO REDENTOR	M	32,8	70,1	3832	9,0	3,2	-0,9	6,7	12,5	7,3	13,5	-5,8	4,3	58	24	0	-		0	0	0
ING DAGOBERTO SARDIN	M	33,3	69,2	750	30,6	23,2	15,6	26,7	34,1	21,9	25,7	12,3	14,9	52	10	32	-		486	311	72
MALARGUE	M	35,5	69,6	1423	27,1	18,7	9,7	22,2	30,6	18,0	22,8	6,6	10,3	49	6	17	71		191	93	2
MENDOZA	M	32,9	68,9	828	29,5	22,9	17,8	26,4	33,0	22,3	25,9	12,0	14,4	51	6	29	61		404	249	15
MENDOZA AERO	M	32,8	68,8	704	31,7	24,2	16,9	27,7	35,2	22,7	26,4	12,0	14,6	50	7	23	66		615	412	53
PUENTE DEL INCA	M	32,8	69,9	2720	28,0	20,4	11,8	23,9	31,5	19,5	23,7	1,7	8,8	36	15	26	71		0	0	0
SAN CARLOS	M	33,8	69,0	940	29,3	20,4	10,9	23,9	32,8	19,2	23,9	9,9	12,6	53	6	31	-		370	219	4
SAN MARTIN	M	33,1	68,4	653	31,7	23,1	15,7	26,6	35,2	21,7	26,1	12,7	15,3	54	8	28	77		613	409	52
SAN RAFAEL	M	34,6	68,4	748	30,2	22,5	13,9	26,0	33,7	21,1	25,1	10,7	13,5	50	5	39	72		431	279	45
CERRO AZUL	N	27,7	55,4	270	31,0	24,7	19,2	28,2	34,5	23,6	26,9	18,7	22,0	72	7	169	-		659	426	38
IGUAZU	N	25,7	54,5	180	32,3	24,7	18,8	28,2	35,8	23,3	27,2	20,8	24,9	80	4	152	47		896	603	73
LORETO	N	27,4	55,5	163	31,8	24,9	18,6	28,4	35,3	23,5	26,9	21,0	25,2	80	4	177	59		782	513	97
OBERA	N	27,5	55,1	343	31,8	24,8	19,6	28,3	35,3	23,7	27,2	18,6	21,9	71	17	164	-		705	463	78
POSADAS	N	27,4	56,0	133	32,1	25,6	20,1	29,1	35,6	24,3	27,5	19,4	22,9	71	10	157	57		827	546	34
FORMOSA	P	26,2	58,2	60	33,0	26,6	21,2	30,1	36,5	25,1	28,1	20,5	24,5	71	10	159	67		958	665	21
LAS LOMITAS	P	24,7	60,6	130	34,7	27,4	21,0	30,9	38,2	25,4	28,6	18,9	22,4	64	11	114	66		1304	973	78
SAN FRANCISCO	P	26,2	58,7	75	34,6	27,0	20,6	30,5	38,1	25,1	28,5	20,4	24,4	70	5	163	-		1138	823	60
TACAAGLE	P	25,0	58,8	87	34,7	27,7	21,8	31,2	38,2	25,7	28,9	20,6	24,7	68	11	134	-		1271	936	45
CUTRAL CO	Q	39,0	69,2	612	29,0	20,5	12,9	24,0	32,5	19,6	24,4	2,2	7,5	34	12	13	-		337	189	8
LAS LAJAS	Q	38,5	70,4	713	27,0	18,7	9,6	22,2	30,5	18,0	22,8	7,3	10,6	49	4	11	-		235	101	2
NEUQUEN	Q	39,0	68,1	270	30,5	19,0	13,7	22,5	34,0	18,3	25,1	5,5	9,6	38	16	11	64		455	304	59
ALTOVALLE	R	39,0	67,7	242	30,1	21,4	11,9	24,9	33,6	20,0	24,5	9,3	12,4	48	9	13	-		440	289	41
BARILOCHE	R	41,2	71,2	836	20,4	13,2	5,6	16,7	23,9	14,2	19,3	5,4	9,1	62	28	30	72		0	0	0
CATEDRAL2000	R	41,3	71,6	1955	11,9	6,9	2,7	10,4	15,4	10,3	15,6	0,9	6,7	70	25	63	64		0	0	0
CHOELE CHOEL	R	39,3	65,7	131	31,2	23,0	15,1	26,5	34,7	21,5	25,8	7,0	10,5	40	17	22	-		531	376	25
CIPOLLETTI	R	39,0	68,0	265	29,9	21,4	14,2	24,9	33,4	20,4	25,1	6,5	10,4	41	15	11	-		423	272	31
EL BOLSON	R	41,9	71,6	310	23,1	15,0	6,5	18,5	26,6	15,3	20,5	8,5	11,3	66	8	37	-		20	0	0
MAQUINCHAO	R	41,3	68,7	888	24,7	16,6	7,6	20,1	28,2	16,4	21,4	2,2	7,5	42	14	12	-		76	12	0
RIO COLORADO	R	39,0	64,1	79	31,0	22,7	14,2	26,2	34,5	21,2	25,5	8,9	12,0	47	16	35	-		496	342	91
SAN ANTONIO OESTE	R	40,7	65,0	7	29,2	21,7	15,5	25,2	32,7	21,0	25,2	9,0	12,1	50	18	19	68		366	215	1
SIERRA COLORADA	R	40,6	67,8	665	28,0	19,4	10,6	22,9	31,5	18,5	23,4	1,6	7,5	36	12	18	-		264	134	4
VILLA REGINA	R	39,2	67,1	205	29,8	21,0	11,8	24,5	33,3	19,7	24,4	12,7	15,2	60	12	15	-		416	265	26
ANGEL GALLARDO	S	31,6	60,7	18	30,8	24,1	17,9	27,6	34,3	22,9	26,4	16,7	19,8	66	12	105	-		560	354	3
CERES	S	29,9	62,0	88	32,1	25,1	18,3	28,6	35,6	23,6	27,0	17,3	20,3	66	6	112	66		767	522	18
ESPERANZA	S	31,5	60,9	38	31,9	24,6	18,1	28,1	35,4	23,2	26,9	16,9	19,8	65	11	101	-		659	447	80
OLIVEROS	S	32,6	60,9	26	30,2	23,3	16,5	26,8	33,7	22,2	25,8	17,0	19,9	69	13	99	67		465	301	50
RECONQUISTA	S	29,1	59,4	49	31,8	25,5	19,3	29,0	35,3	24,1	27,2	19,5	23,1	72	11	148	69		715	476	83
ROSARIO	S	32,6	60,5	27	30,2	23,2	16,3	26,7	33,7	22,1	25,8	16,3	19,1	69	13	109	70		468	298	47
TUCUMAN	T	26,8	65,2	481	30,1	23,9	18,8	27,4	33,6	23,1	26,4	19,3	22,6	76	5	172	53		600	370	88
TUCUMAN AERO	T	26,8	65,2	420	30,9	24,9	19,5	28,4	34,4	23,8	26,9	18,7	21,9	71	6	160	43		695	447	48
VILLA NOGUES	T	26,9	65,4	1388	23,4	18,6	15,5	22,1	26,9	19,5	23,2	14,8	17,2	79	9	237	-		22	0	0
CABO RASO	U	44,4	65,2	9	22,0	16,2	11,0	19,7	25,5	17,2	21,4	8,0	11,2	61	19	11	-		0	0	0
COMODORO RIVADAVIA	U	45,8	67,5	61	24,6	18,2	12,5	21,7	28,1	18,5	22,7	3,0	8,0	40	35	13	47		70	6	0
ESQUEL	U	42,9	71,4	785	20,0	13,4	6,5	16,9	23,5	14,6	19,5	1,9	7,2	51	30	22	-		0	0	0
GOBERNADOR COSTA	U	44,0	70,4	730	20,9	13,0	5,6	16,5	24,4	14,0	19,5	1,7	7,1	50	22	6	-		0	0	0
TRELEW	U	43,2	65,3	39	27,4	19,7	13,1	23,2	30,9	19,3	23,9	2,9	8,0	38	28	11	66		251	108	7
BASE ESPERANZA	V	63,4	57,0	8	2,9	-0,1	-2,7	3,4	6,4	5,4	10,9	-2,8	4,9	83	21	58	-		0	0	0
ISLAS ORCADAS	V	60,7	44,7	4	2,5	0,4	-1,3	3,9	6,0	6,2	11,1	-1,5	5,5	87	19	69	7		0	0	0
USHUAIA	V	54,8	68,3	14	13,4	9,1	5,1	12,6	16,9	12,1	16,8	4,0	8,3	72	17	52	30		0	0	0
BELLA VISTA	W	28,4	58,9	70	31,8	25,9	19,8	29,4	35,3	24,5	27,3	18,5	21,9	67	12	107	-		706	468	77
CORRIENTES	W	27,5	58,8	60	33,1	26,8	21,2	30,3	36,6	25,2	28,1	19,5	23,1	68	7	168	-		911	628	11
CORRIENTES AERO	W	27,5	58,8	62	32,2	26,0	20,2	29,5	35,7</												

ESTACION	P	LAT	LONG	ASNM	TMAX	TMED	TMIN	TDMD	TDMX	TECMD	TECMX	TROC	TVAP	HR	VV	PREC	HELR	GDe23	GDe25	GDe27
GOYA	W	29,1	59,3	36	32,3	26,1	18,9	29,6	35,8	24,4	27,2	19,9	23,8	71	6	126	-	733	495	6
ITUZAINGO	W	27,6	56,7	80	31,8	26,1	19,4	29,6	35,3	24,6	27,2	21,2	25,7	76	12	164	-	749	503	91
MONTE CASEROS	W	30,3	57,7	54	31,2	25,2	18,9	28,7	34,7	23,9	26,9	17,0	20,0	64	10	134	68	593	383	29
PASO DE LOS LIBRES	W	29,7	57,2	70	31,4	25,4	19,1	28,9	34,9	24,1	27,0	17,6	20,6	65	16	123	54	602	393	41
BELLVILLE	X	32,6	62,7	130	30,8	23,6	16,2	27,1	34,3	22,3	25,9	16,5	19,4	68	14	106	-	544	350	99
CORDOBA	X	31,4	64,2	425	30,7	23,4	17,1	26,9	34,2	22,3	26,2	14,5	17,1	61	6	107	62	573	352	95
CORDOBA AERO	X	31,3	64,2	474	29,6	23,0	16,5	26,5	33,1	22,0	25,6	15,7	18,3	67	11	112	63	478	277	27
DIQUE CRUZ DEL EJE	X	30,8	64,8	515	32,6	24,9	18,7	28,4	36,1	23,4	27,3	15,4	18,0	59	15	82	-	817	574	60
DIQUE LA VIÑA	X	31,9	65,0	838	30,0	22,4	15,2	25,9	33,5	21,3	25,4	14,2	16,6	62	5	103	-	530	320	64
DIQUE PISCO HUASI	X	30,3	64,0	600	30,3	22,5	15,5	26,0	33,8	21,4	25,6	15,1	17,7	66	4	112	-	557	335	74
EMBALSE	X	32,2	64,4	548	29,7	22,1	17,0	25,6	33,2	21,4	25,8	15,0	17,6	67	6	101	62	463	280	29
HUERTA GRANDE	X	31,1	64,5	1015	26,2	19,2	13,8	22,7	29,7	19,2	23,7	13,8	16,1	73	11	105	-	171	56	0
LABOULA YE	X	34,1	63,4	138	31,6	23,2	16,0	26,7	35,1	21,8	26,2	14,3	16,8	62	7	93	68	589	392	41
MARCOS JUAREZ	X	32,7	62,2	114	30,8	23,1	16,0	26,6	34,3	21,9	25,9	15,9	18,6	67	17	102	61	541	352	1
MIRAMAR	X	30,9	62,7	80	31,2	24,0	18,6	27,5	34,7	22,9	26,7	19,3	22,7	76	7	133	-	590	390	31
PILAR	X	31,7	63,9	338	30,3	22,8	16,5	26,3	33,8	21,8	25,9	15,3	17,9	66	7	101	65	514	316	65
RIO CUARTO	X	33,1	64,3	421	29,1	22,1	16,4	25,6	32,6	21,5	25,4	13,7	16,2	63	14	113	64	388	225	2
VILLA DOLORES	X	32,0	65,1	569	31,9	24,3	17,6	27,8	35,4	22,9	26,7	13,6	16,1	55	10	94	67	716	488	95
VILLA MARIA	X	29,9	63,7	341	31,7	24,3	16,2	27,8	35,2	22,7	26,3	16,9	19,6	67	6	123	-	679	447	71
ALTO DEL COMEDERO	Y	24,2	65,3	1253	26,5	20,2	16,0	23,7	30,0	20,4	24,4	16,3	18,7	80	5	183	44	274	98	0
HUMAHUACA	Y	23,2	65,4	2980	23,6	14,8	8,2	18,3	27,1	15,3	21,2	6,7	9,9	63	8	41	-	70	0	0
JUJUY	Y	24,2	65,3	1303	27,7	21,0	15,3	24,5	31,2	20,6	24,6	16,7	19,1	78	6	167	-	398	189	9
JUJUY EL CADILLAL	Y	24,4	65,1	905	30,5	23,6	17,6	27,1	34,0	22,6	26,2	16,5	19,1	68	8	122	54	685	445	33
LA QUIACA	Y	22,1	65,6	3459	20,4	12,4	6,8	15,9	23,9	13,8	19,7	4,3	8,5	63	8	70	66	0	0	0
LAGO ARGENTINO	Z	50,3	72,3	220	18,3	12,7	7,2	16,2	21,8	14,5	19,1	0,0	6,3	44	22	15	51	0	0	0
PUERTO DESEADO	Z	47,7	65,9	79	20,1	13,9	6,9	17,4	23,6	15,0	19,6	-4,4	5,5	35	24	9	62	0	0	0
RIO GALLEGOS	Z	51,6	69,3	17	18,5	12,6	6,9	16,1	22,0	14,3	19,0	3,2	8,0	56	29	22	27	0	0	0

CUADRO 7 - VERANO: Datos bioclimáticos medios y de diseño.

Localidades	direcciones predominantes	velocidad media (Km/h)	Localidades	direcciones predominantes	velocidad media (Km/h)
Buenos Aires	5-6	11	Jujuy	4-7	9
Azul	6	17	General Acha	6-7	17
Balcarce	6-8	16	Macachín	6-5	13
Dolores	6-7	18	Santa Rosa	5	14
Fortín Mercedes	6-7	18	Victorica	5-6-7	10
Junin	5-6	13	Chepes	7	13
Las Flores	4-6	7	La Rioja	5	10
Mar del Plata	6-7-1	17	Cristo Redentor	6	34
Nueve de Julio	6	15	Mendoza	7-6	8
Patagones	7	22	Chos Malal	8	26
Pergamino	5-6	18	Las Lajas	6	7
Trenque Lauquen	6	21	Cipolletti	7	15
Tres Arroyos	7-6	12	Cnel. J.J.Gómez	7	16
Andalgalá	5	5	Choele Choel	7	13
Catamarca	5	10	San Antonio Oeste	7-8	12
Bell Ville	5-6	22	Bariloche	7	10
Córdoba	5	12	Coronel Moldes		
Pilar (Córdoba)	5	17	Salta		
Río Cuarto	6	28	San Juan	5	13
Villa Dolores	5-7	9	San Luis	4	14
Villa María	4-5	8	Puerto Santa Cruz	7-6	24
Mercedes (Corrientes)	4-5	14	Río Gallegos	7	28
Paso de los Libres	5	12	Angel Gallardo	6	11
Comodoro Rivadavia	7-6	39	Casilda	5	10
Esquel	8-7	31	Ceres	5	12
Sarmiento	7	27	Esperanza	5-6	11
Trelew	7	22	Rosario	5-6	13
Concordia	5	13	Vera	4-5	8
La Paz (Entre Ríos)	4-5	11	Santiago del Estero	5	21
Paraná	5-6	14	La Cocha	6	4
Victoria	4-5	9	Tucumán	5-6	8
La Quiaca	7-8	18	Ushuaia	6	24

CUADRO 8 - INVIERNO: Datos de velocidades medias y orientaciones frecuentes del viento. (IRAM 11.603)

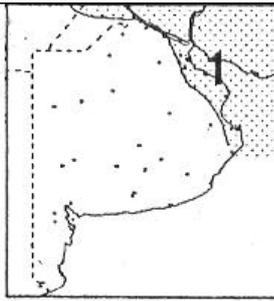
Localidades	direcciones predominantes	velocidad media (Km/h)	Localidades	direcciones predominantes	velocidad media (Km/h)
Buenos Aires	2-1-3	12.5	Macachín	1-6	13.0
Azul	8-1-2	17.0	Formosa	1-5	13.0
Balcarce	8-1-2	15.0	San Francisco Laishi	1-4	6.0
Dolores	2-1	16.0	Tacagle	1-5	14.0
Fortín Mercedes	7-3-1	19.0	Jujuy	4-7	8.0
Junin	1-2	10.0	General Acha	1-6-2	10.0
Las Flores	1-8	5.0	Santa Rosa	1-2	15.0
Mar del Plata	1-2-8	22.0	Victorica	5-1-2	13.0
Nueve de Julio	1-8-6	13.0	Chepes	2-3	23.0
Patagones	5-6-7	22.0	La Rioja	5	12.0
Pergamino	1-3	10.0	Mendoza	5-4-2	11.0
San Miguel	3-2-1	10.0	Posadas	2-5	13.0
Trenque Lauquen	1-2-6	14.0	Cipolletti	7-6	18.0
Tres Arroyos	1-5	15.0	Cnel. J.J.Gómez	6-7	18.0
Andalgalá	2	12.0	Choele Choel	7	15.0
Catamarca	2	20.0	San Antonio Oeste	4-3-7	12.0
Bell Ville	2-1	14.0	Coronel Moldes	1-2	9.0
Córdoba	2	9.0	Rivadavia	1-5	14.0
Pilar (Córdoba)	2-1-6	9.0	Salta	2-1	10.0
Río Cuarto	1	19.0	San Juan	5	14.0
Villa Dolores	1-5	9.0	San Luis	1-3	18.0
Villa María	3-2-4	9.0	Angel Gallardo	2	10.0
Corrientes	3-2	9.0	Casilda	1-3	8.0
Goya	1-2	10.0	Ceres	3-2-1	10.0
Mercedes (Corrient.)	4-3	18.0	Esperanza	2-3-1	9.0
Paso de los Libres	3-1	9.0	Rosario	2-3-1	10.0
P. Roque Saenz Peña	2	9.0	Vera	2-4	9.0
Concordia	3-2	9.0	Campo Gallo	2	10.0
La Paz (Entre Ríos)	2-3-1	10.0	Santiago del Estero	2-4	17.0
Paraná	1-3-4	14.0	La Cocha	4-2	8.0
Victoria	2-4	8.0	Tucumán	6	9.0

CUADRO 9 - VERANO: Datos de velocidades medias y orientaciones frecuentes. (IRAM 11603).

CARACTERIZACION BIOCLIMATICA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Se han realizado numerosos estudios particularizados de las características y potencialidades bioclimáticas de las diversas regiones argentinas. Los más significativos fueron la caracterización del NOA por el INENCO-UNSa (Salta); la región cuyana por el LAHV-CRICYT (Mendoza); el NEA por CEB-UNR (Rosario); la región pampeana y extremo patagónica por el IDEHAB-UNLP (La Plata) y sectores parciales cordilleranos por el CIHE-UBA (Buenos Aires) y CEVEQu-UNC (Neuquén), entre otros.

Se presenta la caracterización bioclimática de la provincia de Buenos Aires sintetizada en cinco fichas. Todo lector interesado en conocer con mayor profundidad otras regiones del país podrá dirigirse a los centros mencionados anteriormente, cuya nómina se encuentra en el Anexo 1.



Características Climáticas

1

REGION 1: Templado cálido húmedo

MES	TMAX	TMED	TMIN	TMD	TMDN	TDX	AT	TVAP	HR	YV	PRECIP	NUB	KT	GD16	GD18	GD20	G622	GDE23	GDE25	GDE27
ENE	29.1	23.0	17.3	22.7	12.8	32.6	11.8	18.9	68	12.7	82.3	3.2	0.55	0	0	0	0	95	64	34
FEB	28.4	22.4	17.2	22.3	12.7	31.9	11.3	19.1	70	12.2	89.1	3.0	0.56	0	0	0	1	76	48	22
MAR	25.8	20.0	14.8	19.8	10.3	29.3	10.9	17.6	75	11.3	128.5	3.2	0.55	0	0	3	53	43	13	0
ABR	22.3	16.5	11.5	16.4	7.0	25.8	10.7	15.0	78	9.9	93.8	3.3	0.55	0	33	93	153	1	0	0
MAY	18.7	13.5	8.8	13.3	4.3	22.2	9.9	12.9	81	9.9	64.1	3.7	0.53	69	131	193	255	0	0	0
JUN	15.0	10.2	6.2	10.1	1.7	18.5	8.7	10.8	83	11.0	55.2	4.5	0.50	162	222	282	342	0	0	0
JUL	15.0	10.1	6.2	5.6	1.7	10.5	8.8	10.6	83	11.1	61.2	4.6	0.49	167	229	276	353	0	0	0
AGO	16.2	10.9	6.4	10.8	1.9	19.7	9.9	10.5	78	11.5	68.3	4.0	0.52	146	208	270	332	0	0	0
SET	18.6	13.2	8.3	12.9	3.8	22.1	10.3	11.6	76	13.7	64.3	3.9	0.52	77	137	197	257	0	0	0
OCT	20.8	15.6	10.7	15.3	6.2	24.3	10.1	13.6	76	14.0	111.1	4.2	0.51	14	69	131	193	0	0	0
NOV	24.5	19.1	13.8	18.7	9.3	28.0	10.7	16.2	73	12.7	91.6	3.8	0.53	0	0	26	85	24	2	0
DIC	27.6	21.6	15.8	21.2	11.3	31.1	11.8	17.5	68	13.3	102.5	3.3	0.55	0	0	0	17	72	41	13

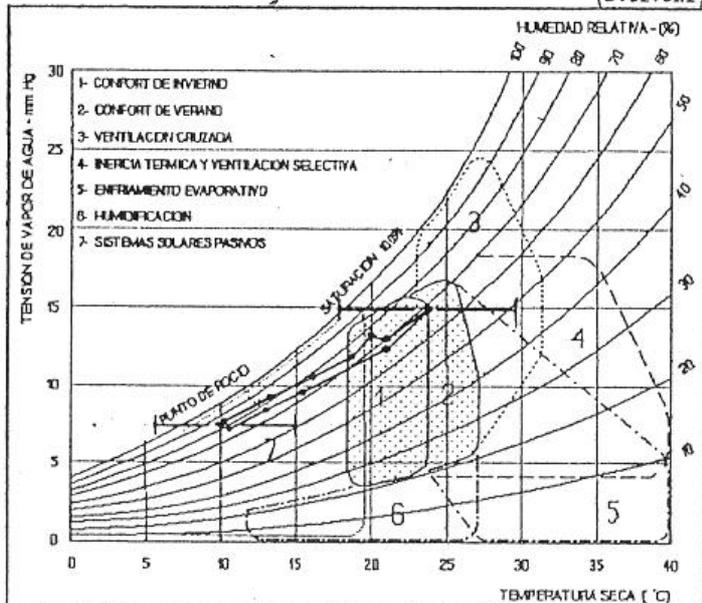
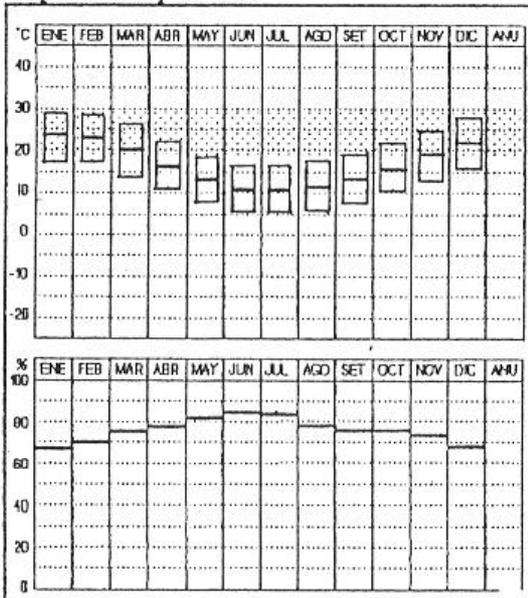
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

Tabla síntesis de días típicamente fríos y cálidos

ZONA	TMAX	TMED	TMIN	TMD	TMDN	TDX	AT	TVAP	HR	YV	PRECIP	NUB	KT	GDC16	GDC18	GDC20	GDC22	GDE23	GDE25	GDE27
INVIERNO	15.4	10.4	6.3	5.9	1.8	10.9	9.1	10.6	81	11.2	61.6	4.3	0.50	634	1029	1498	2124	---	---	---
VERANO	28.4	22.4	16.8	25.9	20.3	31.9	11.6	18.5	69	12.7	91.3	3.2	0.55	---	---	---	---	311	171	69

Gráfico zonal de valores medios de temperaturas y humedad

Diagrama de Confort higrotérmico ampliado (B.GIVONI)





Características Climáticas

2

REGION 2: Templado cálido transición

MES	TMAX	TMED	TMIN	TDMD	TDMN	TDMX	AT	TVAP	HR	VV	PRECIP	NUB	KT	GD16	GD18	GD20	GG22	GDE23	GDE25	GDE27
ENE	30.6	23.1	15.0	22.3	10.5	34.1	15.6	18.1	65	10.4	78.6	3.3	0.55	0	0	0	2	117	86	55
FEB	29.9	22.3	14.6	21.7	10.1	33.4	15.2	18.0	68	9.6	81.1	3.1	0.56	0	0	0	6	96	68	40
MAR	26.5	19.3	12.5	19.0	8.0	30.0	14.0	16.7	74	9.5	119.2	3.3	0.55	0	0	17	78	54	23	0
ABR	22.9	15.8	9.4	15.7	4.9	26.4	13.6	14.3	78	8.3	84.8	3.6	0.54	6	55	116	176	3	0	0
MAY	19.3	12.6	6.6	12.5	2.1	22.8	12.8	12.0	80	8.4	50.7	4.1	0.51	94	156	218	280	0	0	0
JUN	14.5	9.0	4.0	8.7	-0.5	18.0	10.4	10.0	83	9.3	37.2	4.6	0.49	203	263	323	383	0	0	0
JUL	15.1	9.1	3.9	4.6	-0.6	10.6	11.2	9.9	82	9.6	40.6	4.8	0.48	202	264	335	388	0	0	0
AGO	16.7	10.1	4.1	9.9	-0.4	20.2	12.6	9.6	76	10.5	48.4	4.1	0.51	174	236	298	360	0	0	0
SET	19.4	12.7	6.0	12.2	1.5	22.9	13.4	10.8	72	12.0	60.8	4.0	0.52	100	160	220	280	0	0	0
OCT	21.3	15.0	8.8	14.6	4.3	24.8	12.5	13.2	76	12.0	104.6	4.3	0.50	29	91	153	215	0	0	0
NOV	25.5	18.9	12.1	18.3	7.6	29.0	13.4	16.0	73	10.8	106.3	4.0	0.52	0	1	36	96	38	10	0
DIC	28.5	21.4	13.9	20.7	9.4	32.0	14.5	17.2	68	10.9	104.1	3.5	0.54	0	0	0	25	85	54	23

Tabla de datos bioclimáticos mensuales

Tabla síntesis de días típicamente fríos y cálidos

ZONA 2	TMAX	TMED	TMIN	TDMD	TDMN	TDMX	AT	TVAP	HR	VV	PRECIP	NUB	KT	GDC15	GDC18	GDC20	GDC22	GDE23	GDE25	GDE27
INVIERNO	15.4	9.4	4.0	4.9	-0.5	10.9	11.4	9.8	80	9.8	42.1	4.5	0.50	807	1227	1751	2383	----	----	----
VERANO	29.6	22.2	14.5	25.7	18.0	33.1	15.1	17.8	67	10.3	87.9	3.3	0.55	----	----	----	----	430	251	119

Gráfico zonal de valores medios de temperaturas y humedad

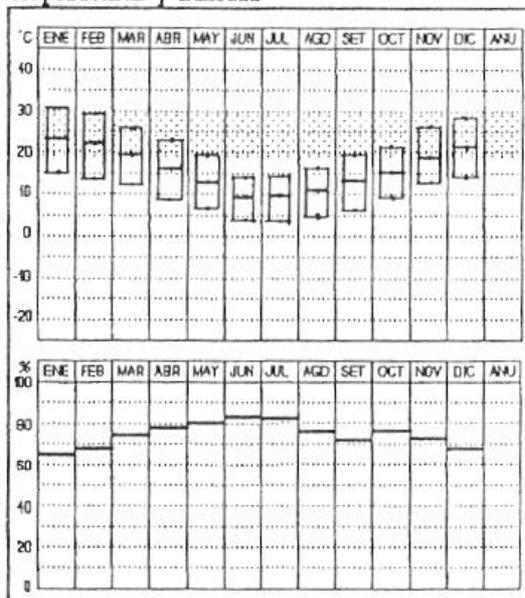
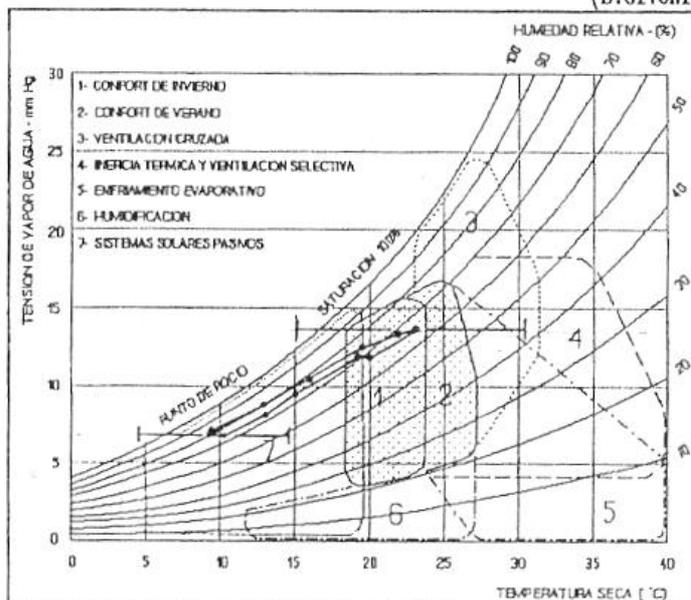
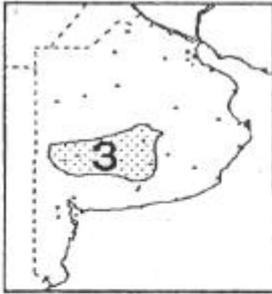


Diagrama de Confort higrotérmico ampliado (B.GIVONI)





Características Climáticas

3

REGION 3: Templado muy frío de transición

MES	TMAX	TMED	TMIN	TOMD	TDNN	TOMX	AT	TVAP	HR	VV	PRECIP	HUB	KT	GD16	GD18	GD20	GG22	GDE23	GDE25	GDE27
ENE	29.4	21.0	13.6	21.0	9.1	32.9	15.8	14.6	61	8.8	70.8	3.3	0.55	0	0	0	18	98	67	36
FEB	28.4	20.2	13.0	20.2	8.5	31.9	15.4	14.6	63	8.7	74.0	3.3	0.55	0	0	1	37	76	48	20
MAR	24.8	17.3	10.8	17.3	6.3	28.3	14.0	13.7	69	7.0	103.2	3.3	0.55	0	9	69	131	27	2	0
ABR	20.6	13.7	7.6	13.6	3.1	24.1	13.0	11.8	74	5.8	58.0	3.6	0.54	58	118	178	238	0	0	0
MAY	16.9	10.5	4.7	10.3	0.2	20.4	12.3	9.8	74	5.7	44.3	4.0	0.52	161	223	285	347	0	0	0
JUN	12.8	7.5	2.7	7.3	-1.8	16.3	10.1	8.5	79	6.2	38.2	4.6	0.49	247	307	367	427	0	0	0
JUL	12.5	7.0	2.1	2.5	-2.4	8.0	10.4	8.1	78	7.2	38.3	4.7	0.49	269	331	393	455	0	0	0
AGO	14.7	8.2	2.4	8.0	-2.1	16.2	12.3	7.9	72	8.3	37.8	4.0	0.52	232	294	356	418	0	0	0
SET	17.1	10.3	4.0	10.0	-0.6	20.6	13.2	8.7	69	9.8	48.2	4.1	0.52	164	224	284	344	0	0	0
OCT	19.4	12.9	6.6	12.5	2.1	22.9	12.8	10.8	71	9.7	82.7	4.1	0.52	93	155	217	279	0	0	0
NOV	23.8	16.8	10.3	16.5	5.8	27.3	13.5	13.5	71	9.0	105.3	4.1	0.51	0	30	90	150	12	0	0
DIC	26.8	19.2	12.2	19.0	7.7	30.3	14.6	14.4	66	9.3	86.5	3.5	0.54	0	0	18	78	58	27	3

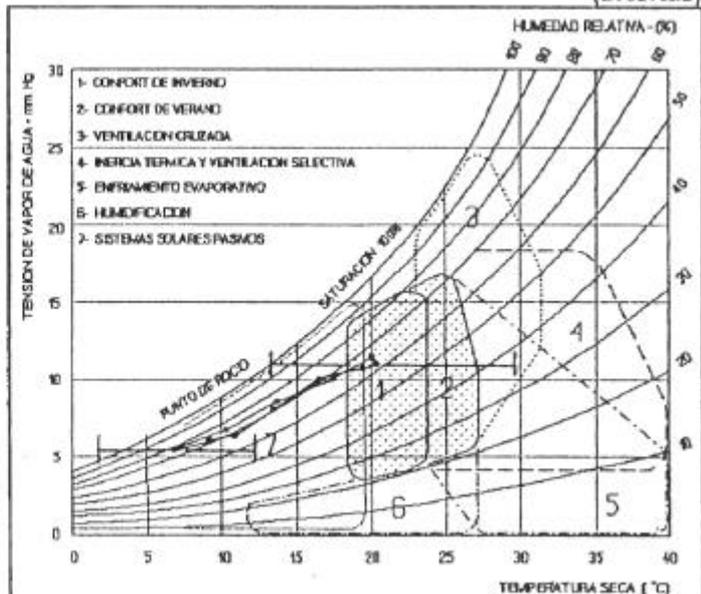
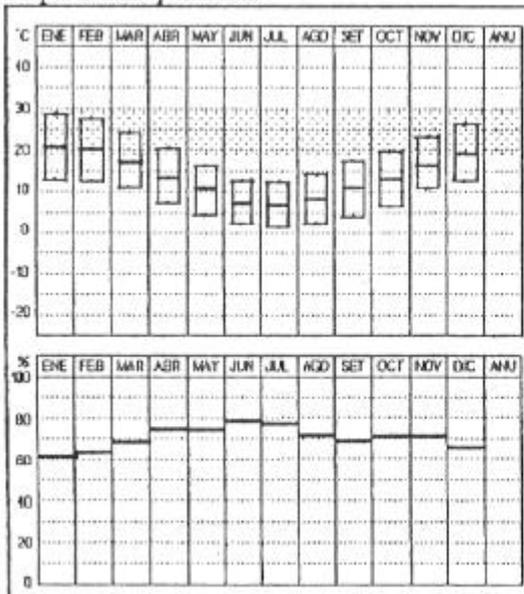
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

Tabla síntesis de días típicamente fríos y cálidos

ZONA 3	TMAX	TMED	TMIN	TOMD	TOMN	TOMX	AT	TVAP	HR	VV	PRECIP	HUB	KT	GDC16	GDC18	GDC20	GDC22	GDE23	GDE25	GDE27
INVIERNO	13.3	7.5	2.4	3.0	-2.1	8.8	10.9	8.1	76	7.2	38.1	4.4	0.50	1224	1721	2347	3072	----	----	----
VERANO	28.2	20.2	12.9	23.7	16.4	31.7	15.2	14.5	63	8.9	77.1	3.4	0.55	----	----	----	----	284	144	59

Gráfico zonal de valores medios de temperaturas y humedad

Diagrama de Confort higrotérmico ampliado (B.GIVONI)





Características Climáticas

4

REGION 4: Templado frío húmedo

MES	TMAX	TMED	TMIN	TOMO	TOMI	TOMX	AT	TYAP	HR	VV	PRECIP	NUB	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GDE23	GDE25	GDE27
ENE	29.3	21.5	14.4	21.3	9.9	32.8	15.0	14.6	59	15.7	78.3	3.5	0.54	0	0	0	17	98	67	37
FEB	28.4	20.7	13.8	20.6	9.3	31.9	14.6	14.7	63	14.9	67.8	3.4	0.55	0	0	3	28	76	48	24
MAR	25.3	18.3	11.8	18.1	7.3	28.8	13.5	14.3	68	13.2	83.1	3.3	0.55	0	1	44	106	36	9	0
ABR	21.2	14.5	8.5	14.3	4.0	24.7	12.7	12.1	72	12.7	62.0	3.7	0.53	35	95	155	215	0	0	0
MAY	17.3	11.2	5.9	11.1	1.4	20.8	11.4	10.2	75	13.1	44.9	4.4	0.50	137	199	261	323	0	0	0
JUN	13.4	8.1	3.4	7.9	-1.1	16.9	10.0	8.7	79	12.9	44.8	4.7	0.49	228	288	348	408	0	0	0
JUL	13.1	7.6	2.9	3.1	-1.6	8.6	10.2	8.5	79	13.1	42.6	4.9	0.48	248	310	371	434	0	0	0
AGO	15.3	8.9	3.4	8.9	-1.1	18.8	11.9	8.1	71	15.0	34.4	4.3	0.51	206	268	330	392	0	0	0
SET	17.6	10.9	4.8	10.7	0.3	21.1	12.8	8.9	68	15.4	49.5	4.2	0.51	145	205	265	325	0	0	0
OCT	20.2	13.6	7.3	13.2	2.8	23.7	12.9	10.8	69	15.3	63.6	4.2	0.51	70	132	194	256	0	0	0
NOV	24.4	17.2	10.5	16.9	6.0	27.9	13.9	12.8	66	15.3	76.9	4.1	0.52	3	26	77	137	24	6	0
DIC	27.4	20.0	12.9	19.7	8.4	30.9	14.5	13.8	61	16.0	84.4	3.9	0.52	0	0	8	57	68	37	12

Tabla de datos bioclimáticos mensuales

Tabla síntesis de días típicamente fríos y cálidos

ZONA 4	TMAX	TMED	TMIN	TOMO	TOMI	TOMX	AT	TYAP	HR	VV	PRECIP	NUB	KT	GDC16	GDC18	GDC20	GDC22	GDE23	GDE25	GDE27
INVIERNO	13.9	8.2	3.2	3.7	-1.3	9.4	10.7	8.4	76	13.7	40.6	4.6	0.49	1076	1551	2133	2835	----	----	----
VERANO	28.4	20.8	13.7	24.3	7.2	31.9	14.7	14.4	61	15.5	76.8	3.6	0.54	----	----	----	----	327	174	73

Gráfico zonal de valores medios de temperaturas y humedad

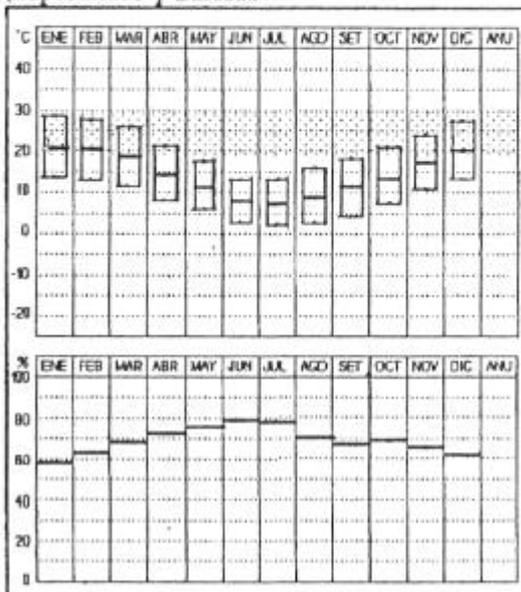
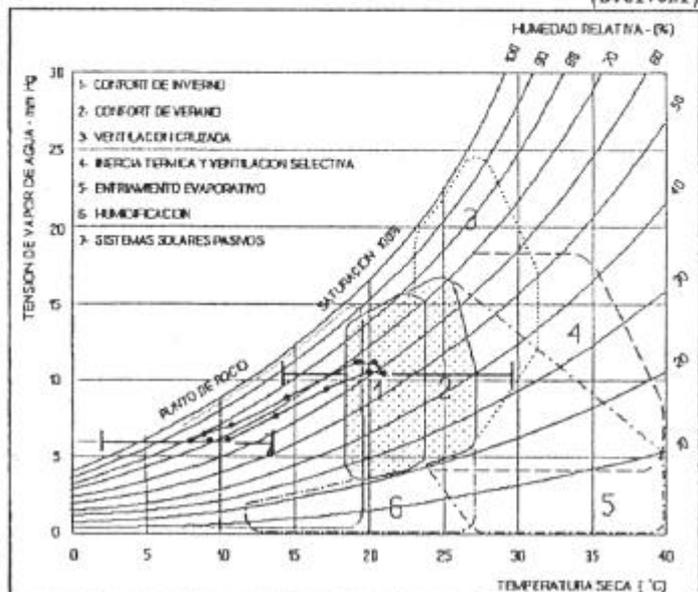
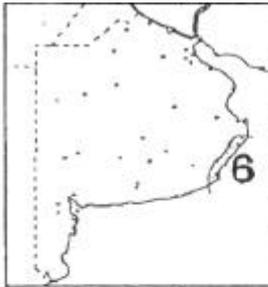


Diagrama de Confort higrotérmico ampliado (B.GIVONI)





Características Climáticas

6

REGION 6: Templado frío muy húmedo

MES	TMAX	TMED	TMIN	TOMD	TOMN	TOMX	AT	TVAP	HR	VV	PRECIP	NUB	KT	GD16	GD18	GD20	GD22	GDE23	GDE25	GDE27
ENE	25.9	20.1	14.5	19.7	10.0	29.4	11.4	17.7	75	15.7	97.0	3.9	0.52	0	0	4	56	45	14	0
FEB	25.3	20.1	14.6	19.5	10.1	29.0	10.9	17.9	76	15.0	79.7	3.9	0.52	0	0	6	55	35	7	0
MAR	23.1	18.1	13.0	17.6	8.5	26.6	10.1	16.4	78	14.3	104.0	3.9	0.52	0	7	60	122	4	0	0
ABR	20.4	14.9	9.6	14.5	5.1	23.9	10.8	13.6	80	12.0	52.0	4.1	0.51	29	89	150	210	0	0	0
MAY	17.4	12.0	6.9	11.6	2.4	20.9	10.5	11.6	81	11.7	62.3	4.4	0.50	120	182	244	306	0	0	0
JUN	13.6	9.1	5.0	8.8	0.5	17.1	8.6	10.0	84	12.7	56.3	5.1	0.47	202	262	322	382	0	0	0
JUL	13.1	8.7	4.5	4.2	0.0	8.6	8.6	9.6	84	12.7	61.7	5.1	0.47	223	285	347	409	0	0	0
AGO	14.2	9.3	4.6	8.9	0.1	17.7	9.6	9.6	81	14.3	87.7	4.6	0.49	205	267	329	391	0	0	0
SET	15.7	10.8	6.0	10.4	1.5	19.2	9.6	10.4	80	17.3	59.7	4.7	0.49	155	215	275	335	0	0	0
OCT	17.8	13.0	8.0	12.4	3.5	21.3	9.8	11.3	79	16.0	70.3	4.6	0.49	96	158	220	282	0	0	0
NOV	21.5	16.3	11.1	15.8	6.6	25.0	10.4	14.6	78	15.7	69.0	4.6	0.49	1	50	110	170	0	0	0
DIC	24.3	18.6	13.2	18.3	8.7	27.8	11.0	16.0	74	16.0	89.3	4.2	0.51	0	0	39	101	20	0	0

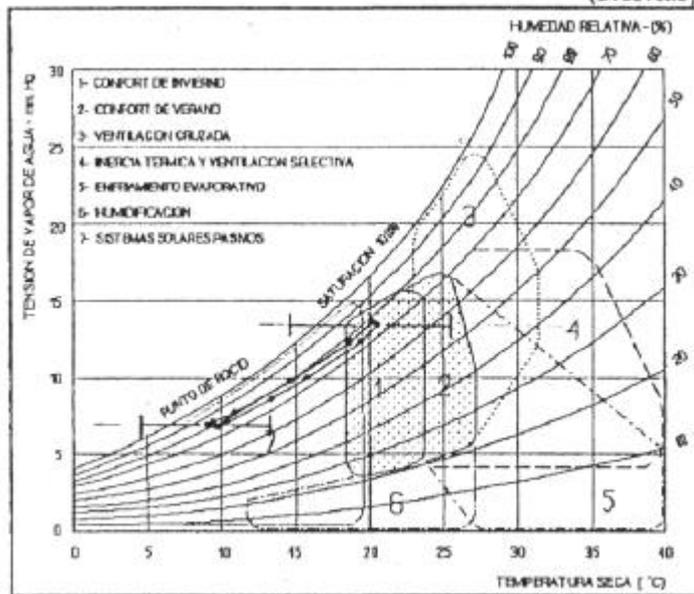
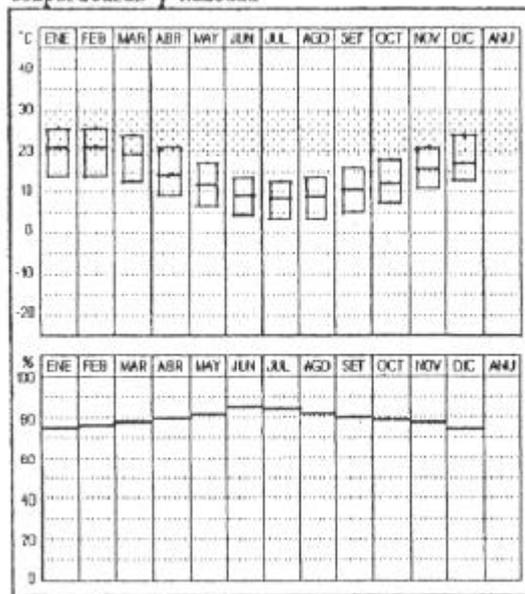
Tabla de datos bioclimáticos mensuales

Tabla síntesis de días típicamente fríos y cálidos

ZONA 6	TMAX	TMED	TMIN	TOMD	TOMN	TOMX	AT	TVAP	HR	VV	PRECIP	NUB	KT	GDC16	GDC18	GDC20	GDC22	GDE23	GDE25	GDE27
INVERNO	13.6	9.0	4.7	4.5	0.2	9.1	9.0	9.8	83	13.2	68.6	4.9	0.48	1031	1563	2213	2986	----	----	----
VERANO	25.2	19.6	14.1	23.1	17.6	28.7	11.1	17.2	75	15.6	88.7	4.0	0.52	----	----	----	----	103	20	0

Gráfico zonal de valores medios de temperaturas y humedad

Diagrama de Confort higrotérmico ampliado (B.GIVONI)



HABITABILIDAD Y CONFORT HIGROTÉRMICO

¿Cómo se realiza un análisis climático?

De lo tratado en el capítulo, surgen tres preguntas que deberemos responder:

- A. ¿Como interpretar los datos del SMN?
- B. ¿Qué características climáticas posee el sitio?.
- C. ¿Como convertir temperaturas medias mensuales a temperaturas estimadas bi-horarias?.
- D. ¿Podemos extraer medidas de diseño de esta información?.

1) Para conocer las características climáticas del sitio, deberemos primero obtener los datos climáticos del lugar (suministrados por el SMN); para proceder luego a graficarlos de manera de hacerlos más comprensibles.

Localidad	La Plata	Provincia	Buenos Aires
-----------	----------	-----------	--------------

Latitud	- 34.55	Longitud	57.56	Alt.s/nivel mar	15 metros
---------	---------	----------	-------	-----------------	-----------

Meses	Tmed °C	Tmáxme d °C	Tmínmed °C	Tmáxabs °C	Tmínabs °C	HR %	VV Km/h	Precip. mm	Heliof. %
Enero	22.4	28.5	17.6	35.5	8.3	71	12	82	68
Febrero	21.9	27.8	17.6	37.5	9.1	74	11	80	65
Marzo	19.7	25.5	15.4	36.0	3.6	77	11	121	60
Abril	16.4	22.0	12.4	30.0	2.4	80	10	102	53
Mayo	13.4	18.6	9.6	27.5	0.4	83	10	64	54
Junio	10.3	14.9	7.0	24.7	-4.4	86	11	59	43
Julio	9.7	14.6	6.7	24.1	-1.8	86	11	69	42
Agosto	10.7	16.0	7.0	26.1	-1.8	81	11	76	49
Setiembre	12.8	18.1	8.6	28.2	1.0	79	12	73	50
Octubre	15.1	20.5	11.2	29.4	3.0	79	13	109	53
Noviembre	18.6	24.0	14.1	32.9	5.1	76	12	95	60
Diciembre	21.0	27.0	16.2	37.2	7.3	72	13	92	64
Anual	16.0	21.5	12.0	37.5	-4.4	79	11	1022	55

T med : Temp. media (°C)

T máx.med : Temp. máxima media (°C)

T mín.med : Temp. mínima media (°C)

T máx.abs : Temp. máxima absoluta (°C)

T mín.abs : Temp. mínima absoluta (°C)

HR : Humedad relativa (%)

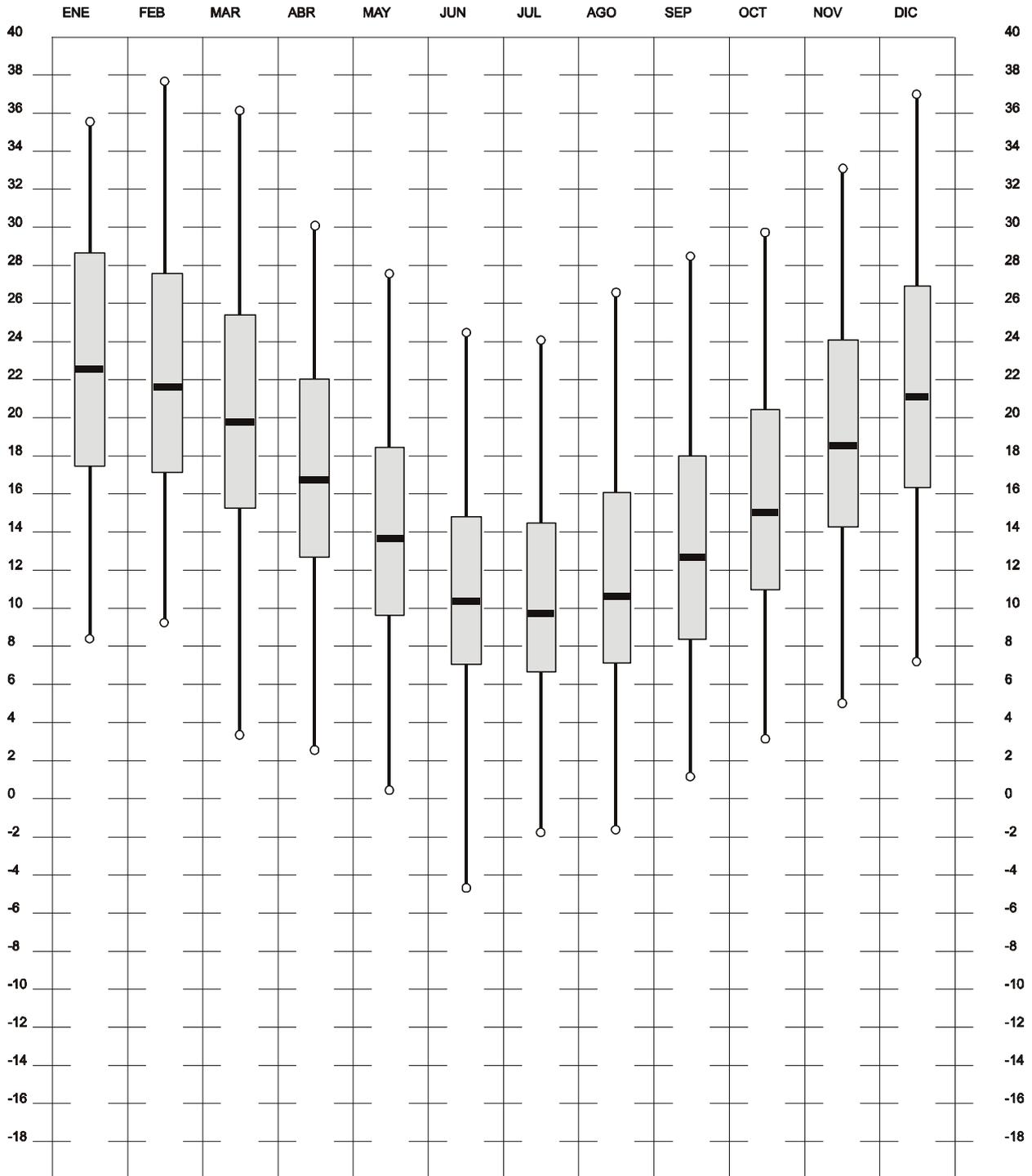
VV : Velocidad media de viento (Km/hora)

Precip. : Precipitación media (mm)

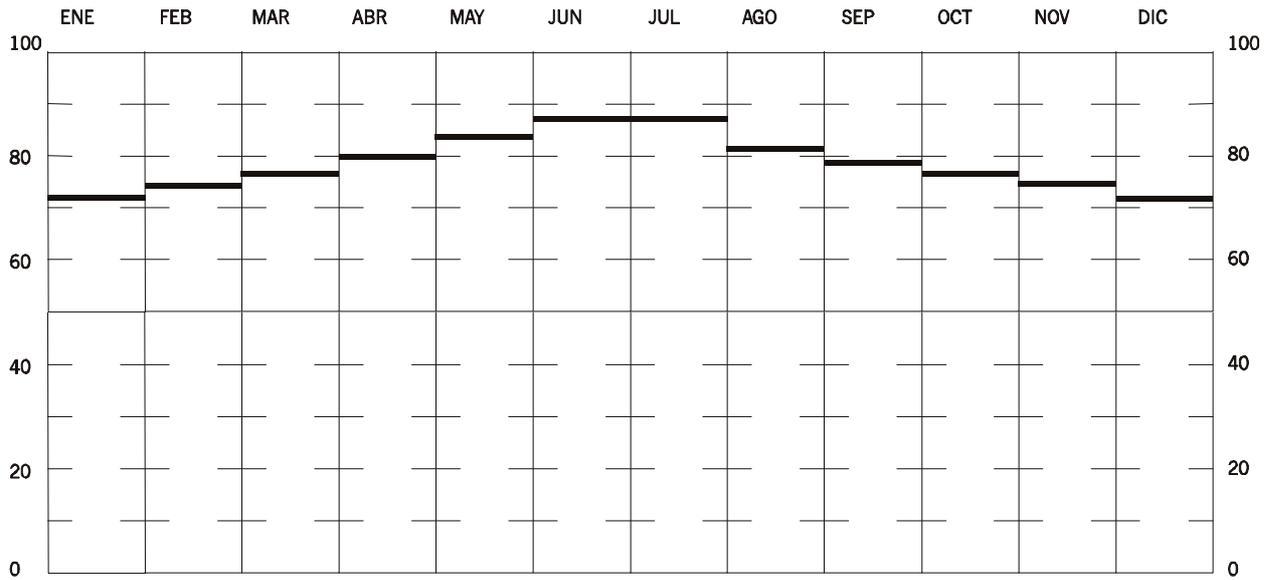
Heliof. : Heliofanía relativa (%)

2) En los siguientes esquemas se gráficarán las temperaturas media, máxima y mínima media mensual. Además la máxima y mínima absoluta, la humedad relativa, la heliofanía y la precipitación. Esto nos mostrará como varían los indicadores climáticos a lo largo del año.

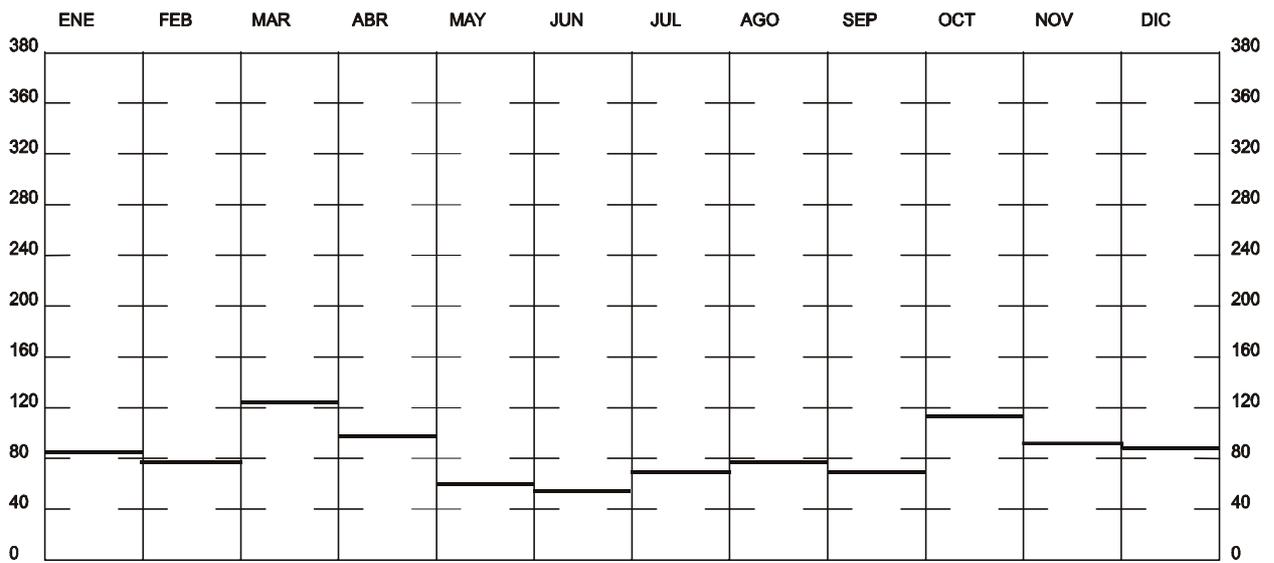
GRÁFICOS DE DATOS CLIMÁTICOS - TEMPERATURAS (°C)



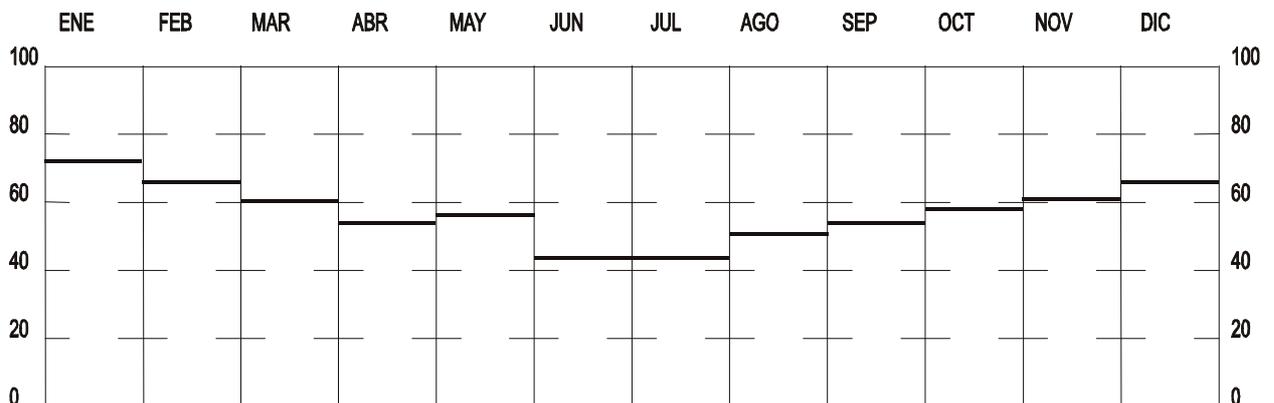
HUMEDAD RELATIVA (%)



PRECIPITACION (mm)



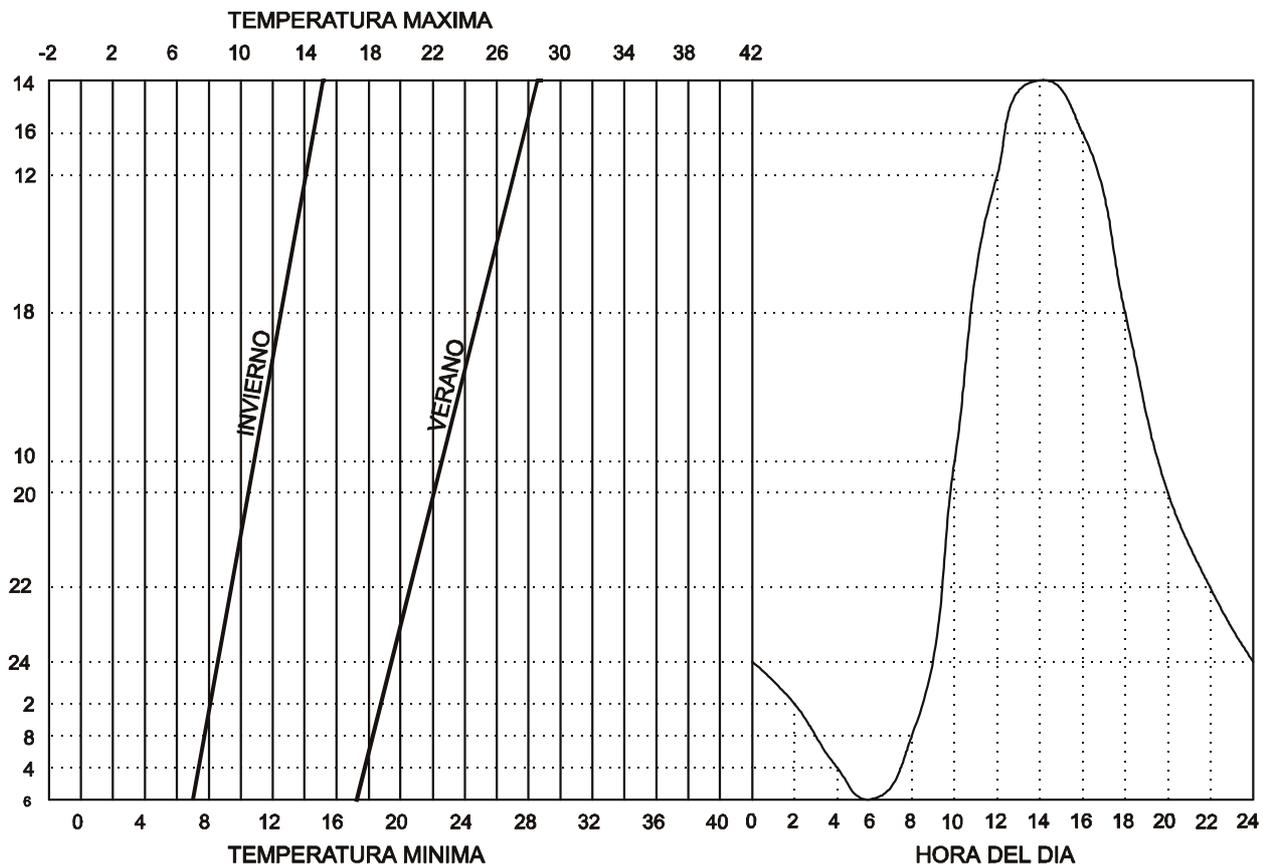
HELIOFANIA RELATIVA (%)



Análisis de la variación diurna de temperatura

3) La siguiente figura nos permitirá estimar la variación bi-horaria de temperatura en función de valores máximos y mínimos medios mensuales.

Se deberá determinar la variación de temperaturas para los meses más rigurosos del año.



El siguiente cuadro nos permitirá volcar las temperaturas bi-horarias de los días típicamente cálidos y fríos del sitio analizado.

Temperaturas

Horas	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Invierno	8,2	7,9	7,2	6,7	7,5	10,6	13,7	14,6	14,1	12,0	10,1	9,0
Verano	19,5	19,0	17,9	17,6	18,5	22,9	27,0	28,5	27,6	24,9	22,3	20,8

4) La información con que contamos y la técnica utilizada nos permite aproximar al conocimiento de las características climáticas del sitio, pero sin poder extraer pautas de diseño del mismo. Para esto en el siguiente capítulo se analizan los métodos de Olgyay y Givoni que permiten determinar estas pautas en función de la relación existente entre las variables climáticas y el confort higrotérmico.

HABITABILIDAD Y CONFORT HIGROTÉRMICO



1. LOS FACTORES BIOCLIMÁTICOS

El concepto de *confort* está ligado al de la constancia en la temperatura y humedad respecto del ambiente externo. La consideración de estas dos variables simultáneas nos amplía el concepto de confort a *confort higrotérmico*, que de ahora en adelante denominaremos «C.H.».

Por supuesto la sensación de confort depende de muchos otros factores subjetivos o perceptivos: como el mobiliario, la forma y funcionalidad del ambiente, los colores y luminosidad, los ruidos, el equipamiento (sanitario, electrodomésticos, etc) que nos provoque la sensación de confort.

La insistencia de considerar el confort se basa en que de todos los factores mencionados el que tiene mayores consecuencias en el consumo de energía, es el de mantener la vivienda confortable higrotérmicamente. Sin embargo muchas veces nos olvidamos de esto y hacemos prevalecer el diseño formal.

El comportamiento ante el uso y consumo de energía es distinto si hacemos un corte socio-económico en tres niveles:

- *alto* : consume más energía que la necesaria para estar en C.H.
- *medio* : consume menos de la energía necesaria para mantener en C.H. la totalidad de la vivienda o mantiene en C.H. una parte de ella.
- *bajo* : no calefacciona o si lo hace se concentra en torno al elemento de calor.

La conservación y uso racional de la energía, es aplicable a los tres niveles en forma diferente según su comportamiento. En los tres casos la principal variable en juego es la de poder acceder al C.H. en función de su capacidad económica, pero independientemente de la tecnología aplicada en la vivienda.

¿Qué queremos decir con esto?. Se ha evaluado que la mayoría de los edificios, de nuestra región en particular, no fueron pensados conservativamente y al final del veremos en que situación de C.H. se encuentran estos sectores y cuanto gastan en energía.

Pero hay medidas de diseño de costo cero que nos permitirán ahorrar hasta un 30% y otras con las que podremos llegar hasta el 50% de ahorro en climatización, aplicando medidas de U.R.E. -Uso Racional de la Energía-.

Eso sí, nos tendremos que olvidar de que toda la responsabilidad del C.H. recaiga en los sistemas de calefacción o aire acondicionado.

Ante estas situaciones vemos que las variables que están en juego no son pocas ni tampoco simples de ser manejadas. Esto es por que casi siempre nos olvidamos como diseñadores que un edificio no solo se define por su forma o función, sino también por la inserción en un determinado sitio. Un sitio posee múltiples características:

- si es urbano o suburbano, en cuanto a densidad edilicia.
- si existe o no vegetación y de que tipo.
- como es el clima.
- cual es la latitud del lugar en cuanto a la altura del sol en cada época del año.
- cuales son los materiales disponibles.
- si perdura algún tipo de arquitectura autóctona de la cual podamos extraer medidas de diseño

Y luego, solo luego, atacar la toma de partido y el diseño en relación al programa de necesidades. Por eso es importante que comprendamos la importancia del diseño bioclimático.

En la arquitectura vernácula de cualquier cultura, donde no existe la figura del arquitecto, el usuario actúa como arquitecto-constructor. Este conoce el clima del sitio donde vive y sabe como debe orientar su vivienda, como debe ser su forma y organización funcional, que tecnología debe utilizar y cuales son los materiales con que cuenta para materializar su edificio. Todo esto apoyado en una teoría de la arquitectura simple que se construyó a lo largo de generaciones.

En la actualidad estas nociones han perdido vigencia ya que los arquitectos construimos para otros, en variedad de lugares y climas y en consecuencia nos preocupa solamente la elección de la tecnología y los materiales. El tema de la climatización, o no la consideramos o se la dejamos a los ingenieros.

En el peor de los casos diseñamos un edificio que puede localizarse indistintamente en Formosa, La Plata o Río Gallegos.

En síntesis, lo que prima es la imagen, el diseño, la forma y la originalidad, descuidando totalmente el hecho de que no todos los climas son iguales ni una tecnología es totalmente adaptable a todos los sitios.

Un buen proyecto no se puede realizar sin mínimos conocimientos referidos a las variables climáticas, a los fenómenos relativos al confort térmico humano y al comportamiento térmico de la estructura de los edificios sometidos al clima. Estos son los conocimientos y las técnicas que comenzaremos a desarrollar.

2. ELEMENTOS DEL BIENESTAR HIGROTÉRMICO

El cuerpo humano está preparado para reaccionar ante los cambios climáticos, pero estas reacciones le hacen consumir *energía metabólica*. La sensación de comodidad surge de la generación de un microclima que evita la reacción del cuerpo ahorrando gastos de energía, que se denomina *termoregulación natural* en oposición al abrigo que es un fenómeno de *termoregulación artificial*.

La temperatura normal del cuerpo es de 37°C. Cuando enfermamos se eleva hasta los 41°C o 42°C (hipertermia) donde se hace peligrosa. Nuestro cuerpo es muy sensible a los aumentos de su temperatura interior y solo 5 o 6 grados de más pueden causar la muerte. Toleramos aún menos las bajas temperaturas y a los 35°C (hipotermia) comenzamos a sentir somnolencia hasta caer en un profundo letargo.

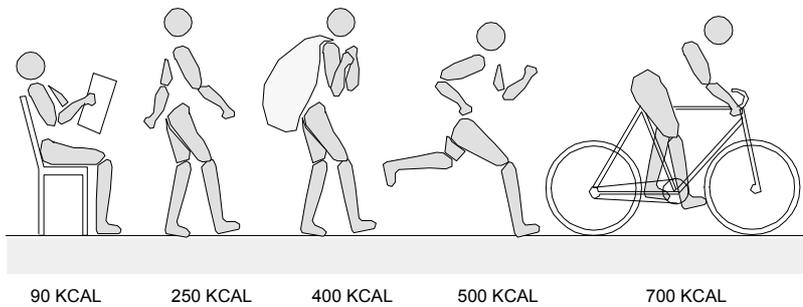
Sentados en una habitación con ropas livianas y realizando una actividad ligera, la sensación de satisfacción térmica se alcanza entre los 18°C y 26°C. La humedad relativa -HR-, a la que siempre le echamos la culpa de nuestro disconfort, es la que menos nos perjudica; ya que la tolerancia de nuestro cuerpo es grande, entre 20% y 75%.

Nuestro cuerpo es muy sensible a los cambios de radiación. Si la temperatura es inferior a 18°C pero hay buen sol, de inmediato sentimos que la sensación de C.H. aumenta. Este principio es usado por la calefacción tipo losa radiante y por el sistema de radiadores. Pero así como es agradable que el sol ingrese por una ventana en invierno, se vuelve perjudicial en el verano.

Para comprender que condiciona el bienestar y su relación con la arquitectura debemos recordar como nuestro cuerpo produce calor y como lo intercambia con el medio ambiente.

Dentro del organismo se producen transformaciones químicas que nos mantienen con vida produciendo calor. Este flujo permanente de energía se llama *metabolismo energético* y varía según el nivel de actividad de las personas, según la edad, el sexo y el estado psicológico. La figura 1 muestra los diferentes gastos de energía según actividades.

- *metabolismo base*: es la energía necesaria para el mantenimiento de la vida vegetativa (en ayunas o en reposo), aprox. 70 Kcal/h para un hombre de estatura media.
- *metabolismo de reposo*: es el metabolismo mínimo ya que el anterior es experimental; 90Kcal/h
- *metabolismo de trabajo*: además de las funciones del metabolismo base, comprende los gastos energéticos motrices. Su nivel depende del tipo de actividad; desde 90 Kcal/h para una tarea intelectual a 700 Kcal/h para un esfuerzo físico intenso.



Hemos visto que el organismo debe mantenerse en una temperatura constante, para evitar enfriamientos o calentamientos, con este fin poseemos mecanismos de evacuación del calor residual que son idénticos a los de los edificios. Son los siguientes:

Figura 1: Gastos energéticos horarios para distintas actividades. (Bardou y Arzoumanian)

- *Convección*: Es la transmisión de calor de la piel al fluido ambiente o a la inversa. El flujo de calor es proporcional a un coeficiente de convección y a la diferencia de temperatura entre el aire y la piel; la rapidez de renovación del aire (viento) acelera la convección (entonces se llama forzada).
- *Conducción*: Es la transmisión de calor entre la superficie del cuerpo y los elementos de contacto. Este flujo de calor depende del coeficiente de conductibilidad térmica de estos elementos.
- *Radiación*: Es la transmisión de calor a través del medio ambiente, principalmente por radiación en el infrarrojo. Este flujo de calor es proporcional a la constante universal de radiación, al poder de absorción de la piel (que es muy elevado) y a la diferencia de temperatura entre la piel y las paredes radiantes.

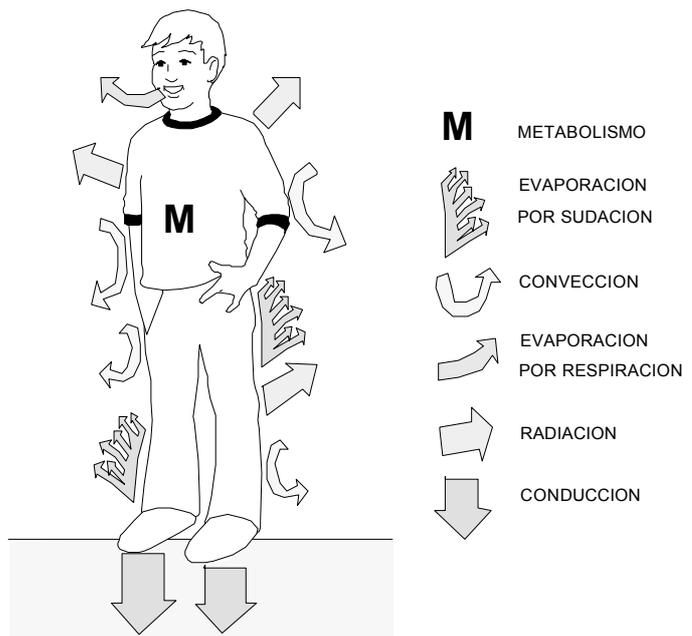


Figura 2: Diferentes tipos de transmisión del calor en el cuerpo humano.

- *Evaporación*: Es la transmisión de calor unidireccional del organismo hacia el aire ambiente por la evaporación cutánea y respiratoria. Esta pérdida de calor del organismo depende del volumen de aire ambiente ventilado, de su temperatura y de la presión parcial de vapor de agua.

Mientras las tres primeras formas de transmisión se refieren al *calor sensible*, la evaporación se refiere al *calor latente*.

A fin de que la temperatura interna del hombre permanezca constante, el balance térmico que contempla aportes y pérdidas de calor por convección, conducción, radiación y evaporación debe permanecer constante.

La sensación de bienestar no depende únicamente de la temperatura del aire. Para conseguir este bienestar deberemos controlar:

- *la radiación* (o falta de ella) *de los materiales circundantes* y principalmente de las paredes de la envolvente del edificio, es decir, también su temperatura y su capacidad calorífica;
- *la temperatura ambiente del aire*;
- *la velocidad del aire* (impedirlo o provocar una ventilación forzada: corriente de aire...);
- *la presión parcial de vapor de agua o tensión de vapor* del aire ambiente.

2.1. Evolución de los niveles de confort higrotérmico

A pesar de parecer tan simple el concepto de abrigo, la idea que hoy tenemos de este se ha alejado del simple objeto de control bioclimático, se ha reducido el bienestar a un simple problema de temperatura ambiente, y a lo largo de todo el siglo se ha ido elevando el nivel del mismo, desde los 16°C que se toleraban en la casa de final del Siglo XIX pasando por los 18°C exigidos por la Norma IRAM, hasta la exigencia de 22 a 23°C de las Normas Europeas y Americanas.

En esta escalada de calorías debido al aumento de las temperaturas de confort, los sistemas de calefacción crecieron en potencia a medida que evolucionaban los combustibles disponibles y las redes de distribución hasta alcanzar niveles de derroche (en los países desarrollados).

La calefacción que al principio se reservó para las habitaciones más frecuentadas (cocina y/o estar) se extendió por toda la vivienda. En nuestra región, esto es así para viviendas de lujo, no siendo la misma situación para las viviendas populares donde la familia concentra sus actividades en la cocina dejando el resto de la casa sin climatizar. En otras palabras, se utiliza efectivamente el 30% de la superficie útil de la vivienda (situación de invierno), que es una forma de ahorrar energía pero perdiendo calidad de vida.

Con la disponibilidad de energías fósiles baratas se desarrollaron edificios como las torres cerradas de vidrio: Catalinas Norte o las Torres Gubernamentales de La Plata; que son la demostración de un gran desafío tecnológico, pero una aberración respecto de la energía que necesitan para funcionar y donde ni siquiera se consigue un nivel homogéneo de confort en el interior del edificio.

La decisión está en nosotros como arquitectos, disponemos de toda la tecnología para proponer un edificio de cristal en Misiones o en Tierra del Fuego, pero ¿a qué costo?. Podemos mantener el confort gastando energía. Como ejemplo sería el caso de estar desabrigados en medio de la nieve donde podríamos evitar la hipotermia ingiriendo grandes dosis de calorías y manteniéndonos activos, pero si lo pensamos, en algún momento nuestro sistema colapsará. Lo mismo puede asimilarse a la arquitectura. La segunda posibilidad es abrigarnos conservando el calor con vestimenta adecuada; ponernos de cara al sol, que nos dará energía radiante adicional y colocarnos al reparo del viento que evitará la pérdida acelerada de calor por convección.

2.2. Relación entre la arquitectura y el clima

Los arquitectos preocupados por comprender la relación entre arquitectura y clima, desarrollaron métodos y técnicas que fueron conformando el sustento teórico de lo que se dio en llamar *diseño bioclimático*.

La primer medida fue analizar los datos climáticos, traducirlos en cuadros síntesis para luego relacionarlos. Esto se sintetizó en climogramas como los del arquitecto Victor Olgyay, que relacionan la temperatura y la humedad (Ver Figura 3).

En este diagrama los valores de la temperatura se ajustan a un índice determinado por la temperatura de la piel. El uso de este es aplicable a personas con ropa ligera, en situación de reposo.

Fuera de la zona de confort indicada como ideal, se expresan las diferentes sensaciones que se producen con la variación de temperatura y humedad.

Los principales parámetros que se inter-relacionan en el diseño bioclimático, corresponden al clima, al diseño mismo del edificio y al modo de uso del mismo.

A su vez el diseño urbano supone modificaciones de estos parámetros por las condiciones morfológicas y físicas propias de las ciudades respecto al campo, que genera los denominados *microclimas urbanos*. Vale destacar que en la generalidad de los casos las estaciones climáticas que obtienen los datos se encuentran en la periferia de los núcleos urbanos.

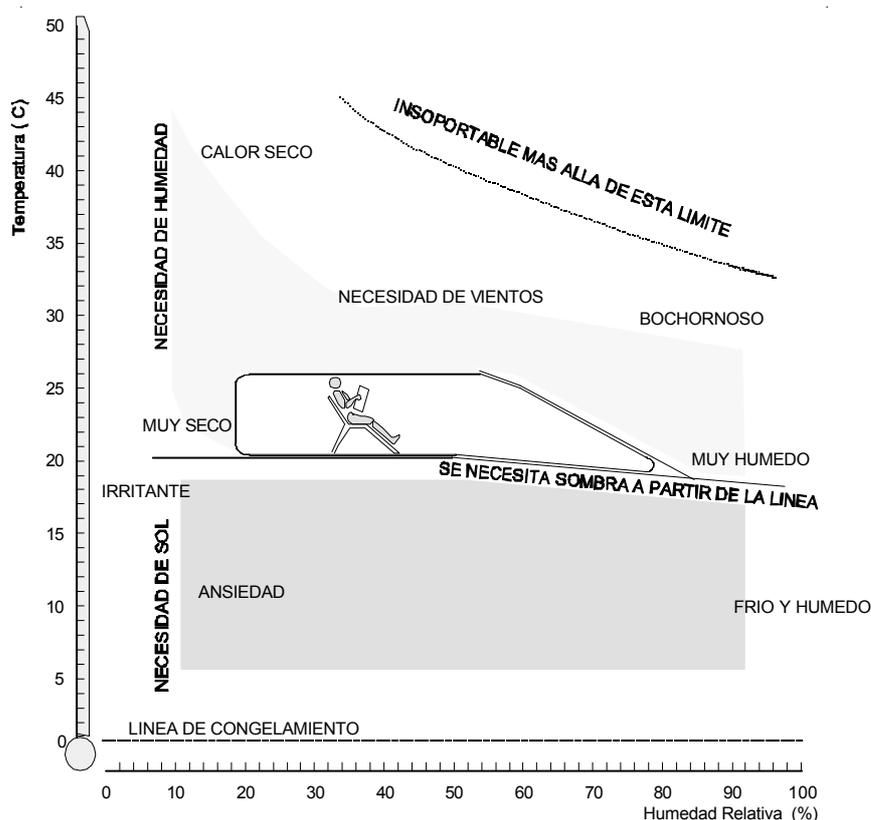


Figura 3: Climograma de Olgay esquematizado.

Parámetros climáticos:

- radiación solar.
- temperatura del aire exterior (medias, máximas y mínimas).
- velocidad del viento (frecuencia y dirección).
- humedad del aire (absoluta, relativa y presión de vapor).
- heliofanía relativa.
- grados día de calefacción y enfriamiento.
- nubosidad.
- cantidad de días de cielo claro y cubierto.
- precipitación.

Parámetros edilicios:

- superficie cubierta del edificio.
- volumen habitable.
- orientación de el edificio y de sus cerramientos horizontales y verticales.
- factor de compacidad, forma y exposición.
- superficies del cerramiento discriminados en opacos y transparentes.
- resistencias térmicas y/o conductividades del cerramiento, sus absorciones, densidades y calores específicos de: muros, techos, pisos y carpinterías.

- g. elementos de protección solar si existieran.
- h. coeficiente de pérdidas térmicas totales «UA» en Watt por °C.
- d. coeficiente global de pérdidas térmicas «G» en Watt/m³°C.
- e. carga térmica anual del edificio.

Parámetros de uso:

- a. nivel de ocupación del edificio o sus locales.
- b. cantidad de renovaciones de aire.
- c. temperaturas de confort por locales.
- d. energía aportada por las personas.
- e. energía aportada por iluminación y máquinas.
- f. ventilación selectiva del edificio.

3. RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS RESPECTO DEL CONFORT. El método de Víctor Olgyay.

El método de Olgyay basado en climogramas denominados *cartas bioclimáticas*, permite diagnosticar el clima de un lugar con el objeto de adecuar el diseño a esas condiciones, mediante la utilización de estrategias no mecánicas para obtener el confort.

Estas estrategias permiten amortiguar las condiciones climáticas exteriores con el diseño arquitectónico.

De esta forma se establece una zona de confort que puede ampliarse utilizando estrategias como la utilización de la radiación solar cuando las temperaturas son bajas, humidificación del aire cuando las temperaturas son altas y la humedad baja, ventilación cuando las temperaturas y humedad son altas, etc.

Más adelante veremos el método de Givoni que plantea algunos avances respecto de Olgyay, especialmente en lo arquitectónico edilicio.

Los principales aportes de Olgyay al diseño bioclimático se refieren a:

- a. la determinación de la orientación del edificio basado en el efecto combinado de la temperatura y la radiación solar, denominado *temperatura sol-aire*.
- b. un método gráfico para el diseño de protecciones solares, basado en cartas solares, que permite cerrar el interior del edificio a las sobrecargas térmicas en verano y abrirlo en el período invernal.
- c. determinación de la forma óptima según el tipo de clima.

Pero los puntos principales de su método se reducen a lo que él denomina escalones en el diseño arquitectónico.

El primer escalón consiste en obtener datos climáticos del sitio. En un segundo escalón debemos volcar estos datos a la carta bioclimática y obtener un diagnóstico del clima en relación al confort higrotérmico. Este diagnóstico nos permitirá conocer algunos de los condicionantes para generar un microclima donde ubicar el edificio respecto del viento, la radiación solar, la humidificación del aire, etc. En el último escalón deberemos evaluar las posibles soluciones de diseño edilicio y tecnológico que contribuyan a concretar lo que Olgyay denomina la *casa equilibrada*. Esto quiere decir generar un edificio que minimice las pérdidas térmicas en invierno y las ganancias del verano.

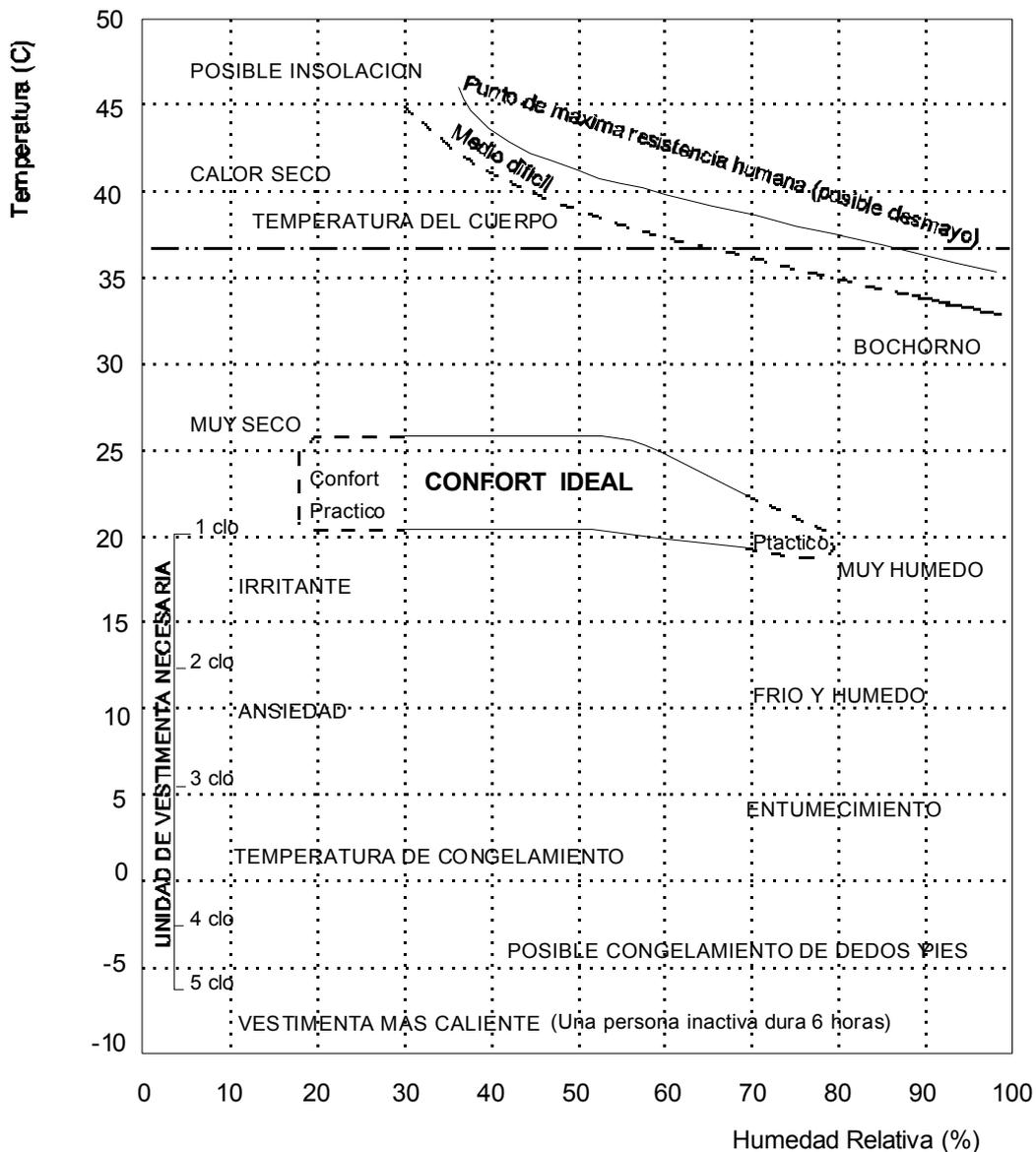


Figura 4: Zonas de confort higrotérmico (V. Olgay)

Para esto deberemos estudiar las condiciones y características del sitio de implantación, las orientaciones, las protecciones solares, la forma del edificio, el efecto del viento y el efecto térmico de los materiales de construcción.

Finalmente deberemos como diseñadores integrar equilibradamente los diversos condicionantes de diseño en una propuesta arquitectónico-edilicia concreta.

A continuación se describe la relación entre los diversos elementos climáticos y el confort higrotérmico.

3.1. Temperatura y humedad del aire

La combinación de temperatura de bulbo seco y la humedad relativa del aire es fundamental para conocer el nivel de C.H. A su vez, el nivel de confort, la temperatura y la humedad indican los recursos de diseño necesarios para optimizar las condiciones de confort.

El gráfico de la fig.4 indica la zona de confort ideal con la combinación de la temperatura y la humedad. Los límites están dados por 20°C de mínima y 26°C de máxima con 30% de humedad relativa de mínima y 70% de máxima.

En *Invierno*, el límite mínimo de la zona se establece en 18°C y el máx. en 24°C considerando en ambos casos 30% de HR mín. y 80% de máx. En esta zona será necesario controlar la incidencia del sol y el impacto del viento, aún cuando la temperatura y HR se encuentren en zona de confort.

Se debe proporcionar protección solar total cuando la temperatura es superior a 24°C. Cuando las temperaturas sean menores a este valor se necesita protección del movimiento del aire, ya que la sensación de refrescamiento deseable con temperaturas elevadas equivale a una sensación de frío, cuando las temp. se encuentran alrededor del límite inferior de confort.

En *Verano*, la temperatura máx. de confort varía con la HR: con 80% la temp. máx. es 26°C, con 50% es de 28°C y con 30% es de 29°C. En esta zona será necesario evitar el impacto del sol, pero a diferencia del invierno, un leve movimiento de aire no provoca disconfort.

Para lograr confort nocturno durante las horas de descanso, se deberán considerar límites menores de temperaturas máximas.

3.2. Movimiento del aire

El movimiento del aire afecta el enfriamiento del cuerpo sin disminuir la temperatura. Produce sensación refrescante debido a la pérdida de calor por convección y evaporación. A medida que la velocidad del movimiento aumenta, el límite superior del confort se eleva.

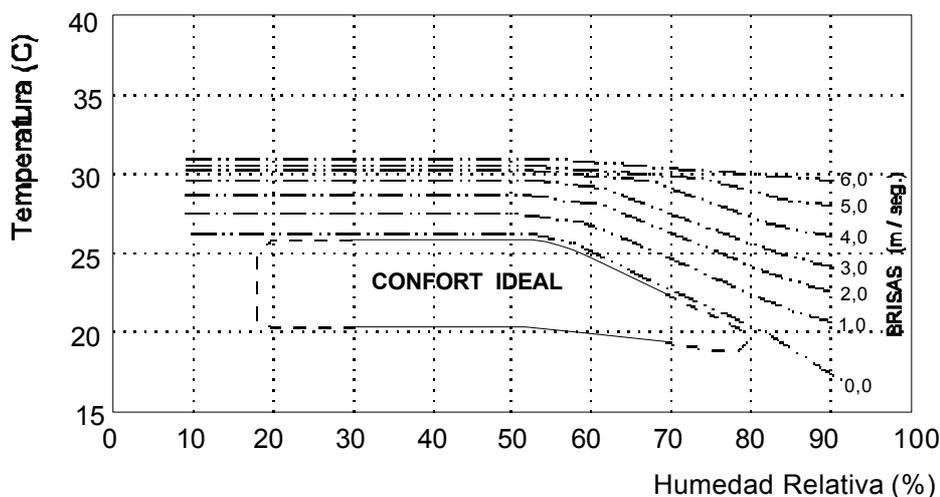


Figura 5: El confort HT en función del movimiento del aire (V. Olgyay)

La Figura 5 muestra las velocidades del viento que se necesitan para restablecer el confort cuando la temperatura y humedad relativa caen fuera de la zona del mismo.

Estas velocidades deben controlarse por sus efectos sobre el ser humano.

- Velocidades hasta 0,25 m/seg. : No se sienten.
- Velocidades de 0,25 a 0,5 m/seg. : Agradable.
- Velocidades de 0,5 a 1,0 m/seg. : Agradable, se percibe el movimiento del aire.
- Velocidades de 1,0 a 1,5 m/seg. : Llega a ser un viento molesto.
- Velocidades de 1,5 en adelante : Deben tomarse medidas para mantener la eficacia del trabajo y la salud.

3.3. Efectos del viento sobre la presión de vapor

El aire atmosférico contiene una cantidad variable de vapor de agua cuya presión se denomina tensión de vapor. Se mide en milímetros de mercurio mediante el psicrómetro.

Si la marca es mayor de 15 mm de mercurio, una sensación de depresión es notoria. Cada milímetro adicional puede ser contrarrestado por vientos de aproximadamente 0,5 m/seg.

La variación de 15 a 23 mm de tensión de vapor que apreciamos en la figura 6, está compensada con velocidades de vientos que llegan hasta 3,5 m/seg.

3.4. Evaporación

La evaporación de agua del medio (tierra, agua, plantas, animales y los hombres) requiere consumo de calor de los alrededores inmediatos, lo cual quitará calorías a la superficie y reducirá también la temperatura de ella. La evaporación disminuye la temperatura.

El enfriamiento producido por la evaporación se puede lograr por medios mecánicos y hasta cierto punto por medios arquitectónicos, utilizando piscinas y rociadores o elementos vegetales que con su evaporación carguen de humedad el aire.

Las curvas de la Figura 7 están calibradas en intervalos equivalentes a 5 gr. de humedad por kilogramo de aire seco y se considera que la disminución de la temperatura debe ser tal que ofrezca una sensación como la que se obtiene en el límite superior de la zona de confort.

Este efecto es importante en climas cálidos y secos, donde los efectos del viento para bajar la temperatura son casi nulos.

3.5. Irradiación solar

Las curvas de irradiación indicadas en la Figura 8, están referidas para el exterior.

Los cálculos indican que 10 cal/cm²/hora de radiación solar equilibran una disminución de temperatura de 1,7 °C.

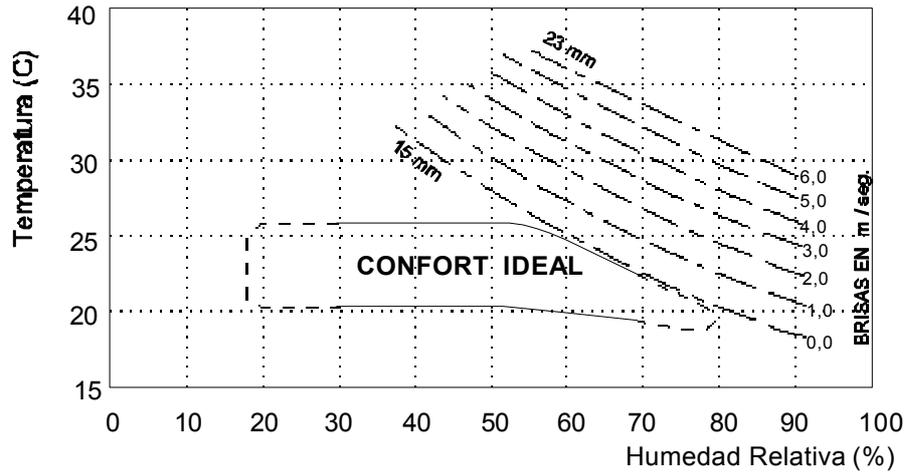


Figura 6: El confort HT en función de la tensión del vapor. (V. Olgay)

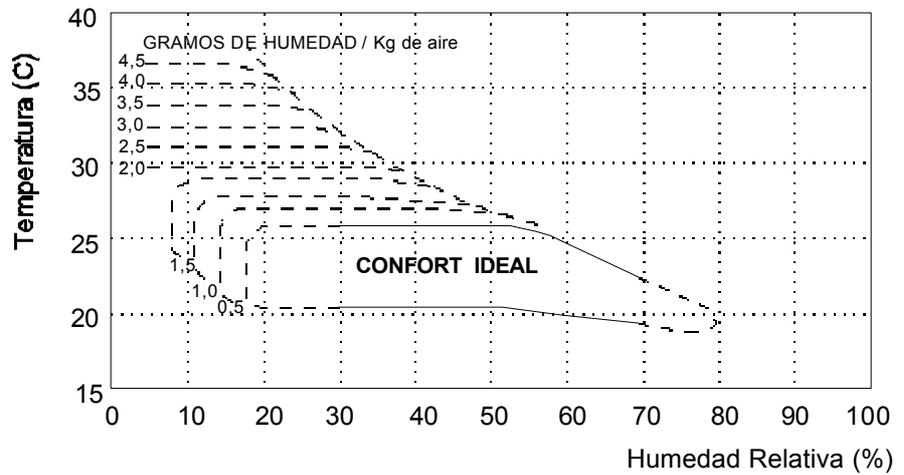


Figura 7: El confort HT en función de la eveporación. (V. Olgay)

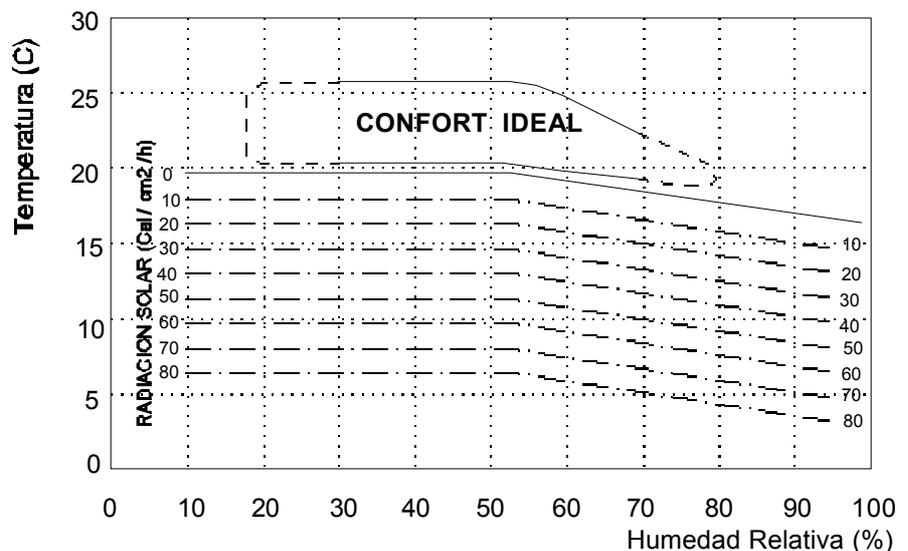


Figura 8: El confort HT en función de la irradiación solar. (V. Olgay)

3.6. Representación gráfica del ambiente bioclimático

Los efectos climáticos anteriormente estudiados se resumen en la Figura 9, que tiene como ordenada la temperatura y como abscisa la humedad relativa.

La zona de confort tiene graficados a su alrededor los elementos climáticos, los cuales indican mediante curvas, las medidas necesarias de corrección para restablecer la situación óptima.

Cualquier estado climático determinado por su temperatura y humedad puede tratarse en la figura. Si el punto encontrado está comprendido en la zona óptima, se tiene sensación de confort a la sombra. Si está sobre el límite superior de la zona, significa que la temperatura sobrepasa su nivel máximo considerado confortable, por lo cual se necesitarán movimientos de aire para restablecer las condiciones óptimas. Los movimientos de aire están graficados con líneas casi paralelas al límite superior de la zona y cada una indica la velocidad del viento en m/seg.

Si la temperatura es alta y la humedad relativa es baja, existe la sensación de mucha sequedad y calor, no siendo de gran ayuda los vientos; por lo tanto deberá emplearse la evaporación para contrarrestar las altas temperaturas. Las líneas punteadas indican los gramos de humedad necesarios para reducir las temperaturas hasta alcanzar el nivel dado por el perímetro superior de la zona de confort.

Si por el contrario el punto ubicado está por debajo del límite inferior del confort (línea de sombra), se hace necesaria la irradiación para equilibrar las temperaturas. Las líneas paralelas al nivel inferior de la zona de confort nos permiten leer las calorías por cm² y por hora que son necesarias para el restablecimiento del equilibrio higratérmico.

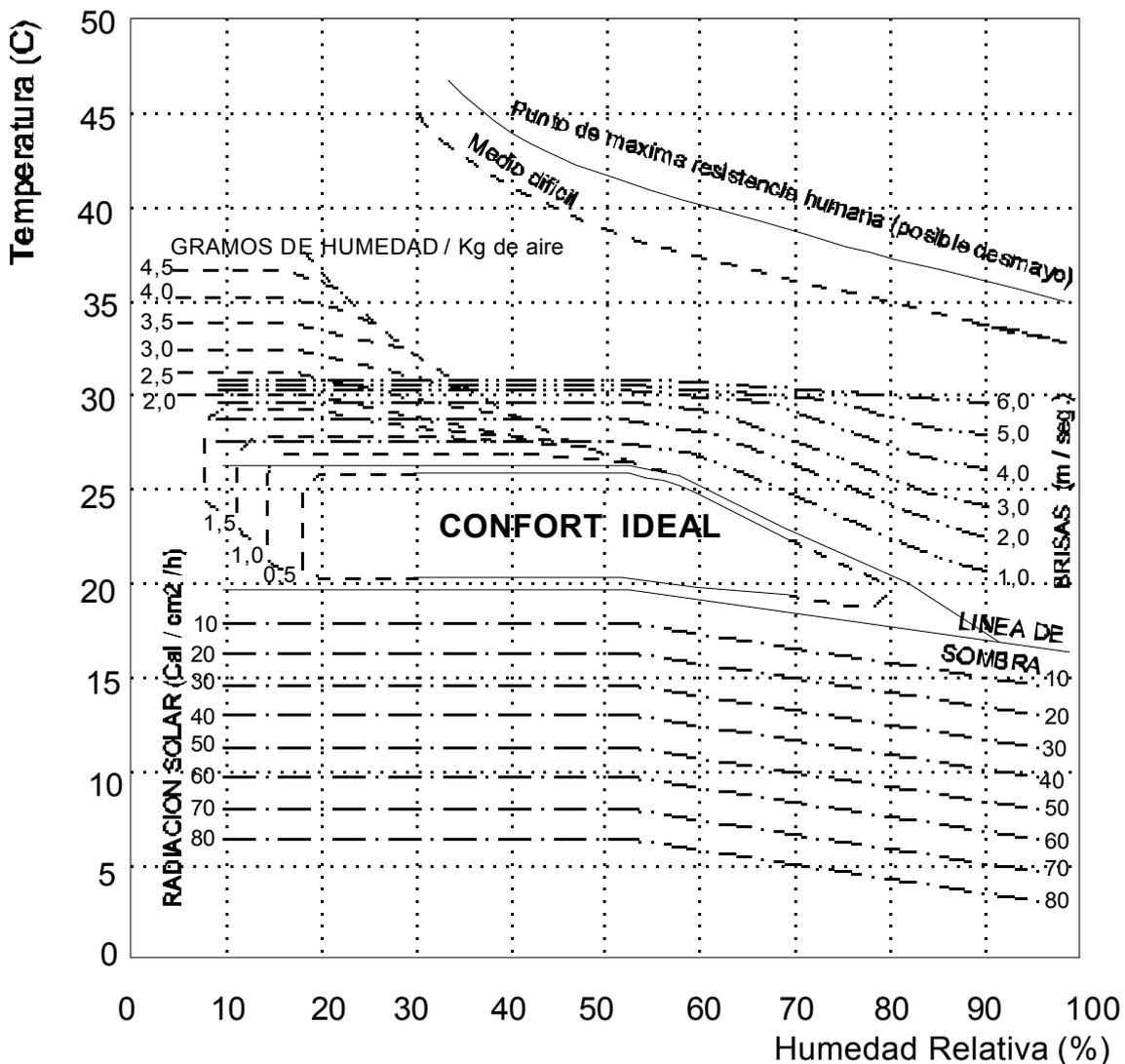


Figura 9: Gráfico de la zona de confort HT en función del clima. (V. Olgyay)

Podemos simplificar, para una mejor comprensión las relaciones de los distintos elementos climáticos entre sí en un esquema de gráfico climático.

4. EXIGENCIAS DE CONFORT HIGROTÉRMICO EN LOCALES DE VIVIENDAS

En el cuadro 1 se plantean los valores deseables y las higrometrías mínimas y máximas durante las estaciones calientes y frías, y para tres clases de confort. En verano, solo el confort denominado superior es un verdadero confort; la mayoría de los humanos se sienten inconfortables con ambientes que alcanzan 29,5°C y HR= 30% o 27°C y HR= 60%. Aclaramos que es necesaria la ventilación para permanecer en estos límites en verano.

CONFORT		Modesto	Medio	Superior
INVIERNO	Temperatura resultante seca mínima. H.R. mínima	Dormitorio 12°C Sala estar 18°C Baño 22°C 30%	Dormitorio y Sala estar 18°C Baño 22°C 30%	22°C en el conjunto de la vivienda 30%
	VERANO	Temperatura resultante seca mínima. H.R. mínima	Nada 28°C Cualquiera	26°C ← 24°C ↓ ↓ 30% → 60%

CUADRO 1: Condiciones de confort para invierno y verano. (según Rougeron)

Durante el período de calefacción, el aire exterior que reemplaza al aire viciado es aire frío que no debe contener gran cantidad de vapor de agua, aún para una fuerte higrometría. Una vez recalentado este aire bajará su higrometría rápidamente.

En una vivienda se establece generalmente un equilibrio con las zonas de producción de humedad como la cocina y el baño. Si existiera calefacción central por radiadores deberán preverse humidificadores.

Si la calefacción se realizara por equipos a gas o kerosene de combustión directa (estufas radiantes, pantallas, hornallas u horno, etc.), deberá considerarse un incremento de la humedad, ya que estos sistemas producen vapor de agua en la combustión.

Hay que recordar que en invierno el aire exterior es más húmedo y la vivienda no se ventila por lo tanto aumenta el riesgo de condensación tanto superficial como intersticial en los paramentos del edificio.

Evidentemente el mejor sistema es el aire acondicionado porque permite regular la higrometría aunque la mayor desventaja es el costo de funcionamiento.

5. USO DE LOS DIAGRAMAS BIOCLIMÁTICOS COMO APOYO AL DISEÑO EDILICIO. El método del Dr. Baruch Givoni

La envoltura de la arquitectura cumple la función de intermediaria entre el clima exterior y los ambientes interiores. Cuando el clima exterior fluctúa, lo cual sucede muy a menudo, es posible atenuar estas variaciones hasta el punto de hacerlas apenas perceptibles en el interior, mediante la elección de una envolvente determinada.

Como ya hemos visto, la característica física que se pone en juego para lograr este resultado es la inercia térmica de los materiales que forman las paredes del edificio.

¿Cuándo se consigue este resultado? Si admitimos ninguna radiación solar en el interior del local y si la renovación del aire es débil, la temperatura de las superficies interiores del edificio tenderán a acercarse a la temperatura media del aire exterior. La diferencia de temperatura que pudiera haber se deberá a la absorción de radiación solar de la superficie exterior del edificio y transmitida al interior por conducción.

Si vemos la situación del edificio en verano las paredes deberán ser de color claro (baja absorción), las carpinterías y vanos deberán ser sombreados y la ventilación limitada al mínimo necesario (1,5 renovaciones por hora).

Pero se deberá ventilar de noche cuando las temperaturas descieran (ventilación selectiva), refrescando el interior del edificio.

5.1. Diagrama Bioclimático

El diagrama elaborado por el Dr. Arq. B. Givoni, Figura 10, sintetiza sobre un diagrama psicrométrico las zonas de confort higrotérmico C.H. para invierno y verano.

Pero con la gran innovación de mostrar las medidas de diseño que deberemos aplicar para mantener el interior de nuestro edificio en confort.

Estas medidas a pesar de ser generales nos permitirán conocer rápidamente que decisiones de diseño deberemos adoptar.

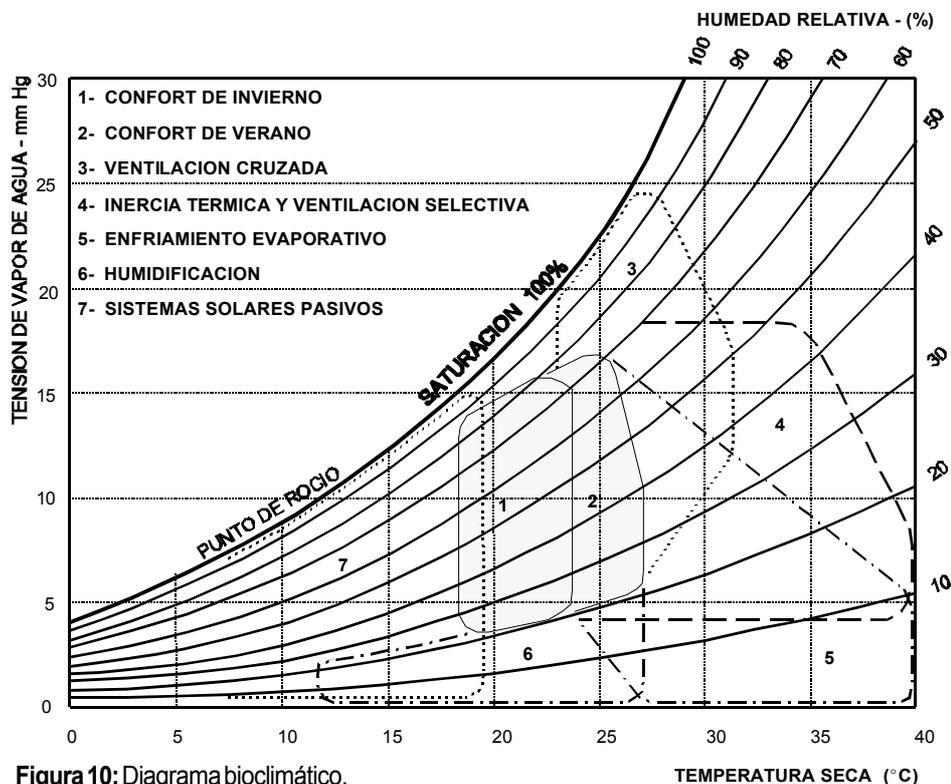


Figura 10: Diagrama bioclimático.

5.2. La inercia térmica

La figura 11 muestra el conjunto de las condiciones higrotérmicas exteriores para las cuales el confort térmico interior puede ser mantenido únicamente gracias a la inercia térmica del edificio (zonas M y M').

Los límites de estas zonas se dirigen hacia unas temperaturas menos elevadas cuando la tensión del vapor aumenta, debido al hecho de que las amplitudes diurnas de las temperaturas exteriores disminuyen cuando se humedece el clima y la influencia de la inercia térmica es menor si dichas amplitudes son más débiles.

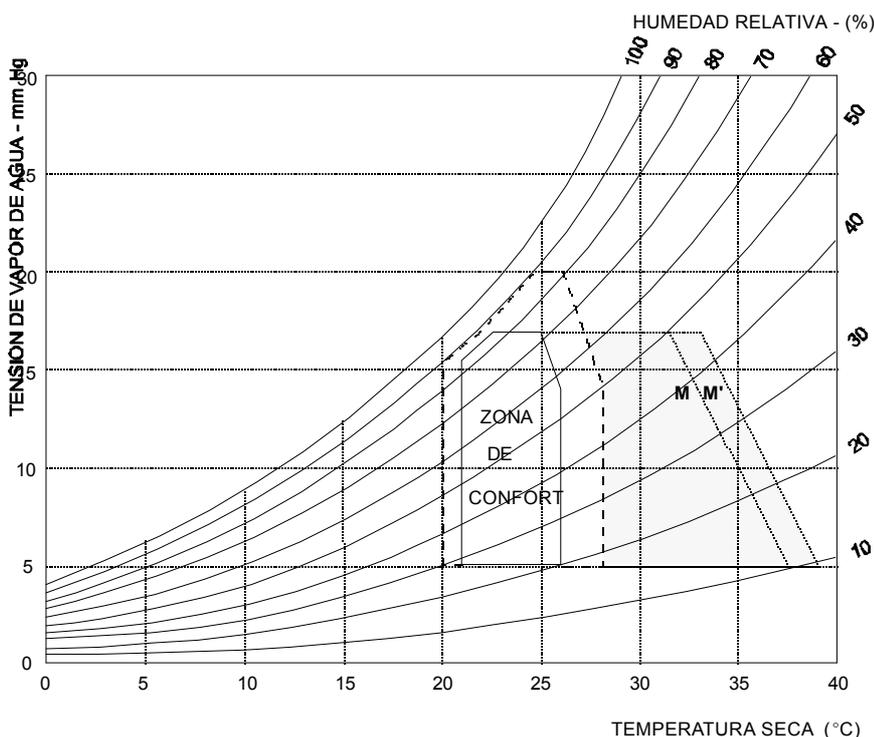


FIGURA 11: Diagrama bioclimático del edificio. Condiciones de confort con inercia térmica.

La inercia térmica asegura también temperaturas interiores más elevadas durante las horas nocturnas, debido al almacenamiento de calor durante el día y su posterior devolución durante la noche cuando las temperaturas exteriores disminuyen.

La zona de confort ampliada por la inercia térmica está limitada hacia la humedad por una tensión de vapor de 17 mm Hg, luego de la cual deberemos ventilar haciendo desaparecer la sensación de disconfort.

5.3. Ventilación cruzada y ventilación selectiva

La ventilación posee un doble efecto sobre el confort térmico: activa los intercambios convectivos y mejora la eficacia de la transpiración del cuerpo. Por lo tanto, las condiciones higrotérmicas de confort en presencia de ventilación cruzada producirá una disminución de temperatura equivalente a 2°C, resultando un recurso valioso en climas de gran humedad relativa. Es lo que muestra la figura 12 (zonas V y V').

En esta situación el viento debe poder circular entre los edificios cuando se diseñen conjuntos de ellos. Este efecto de refrescamiento no resulta efectivo cuando el tenor de humedad es bajo ya que puede producir desecación cutánea generando molestias. Es en estos casos cuando debemos apelar a la *ventilación selectiva*.

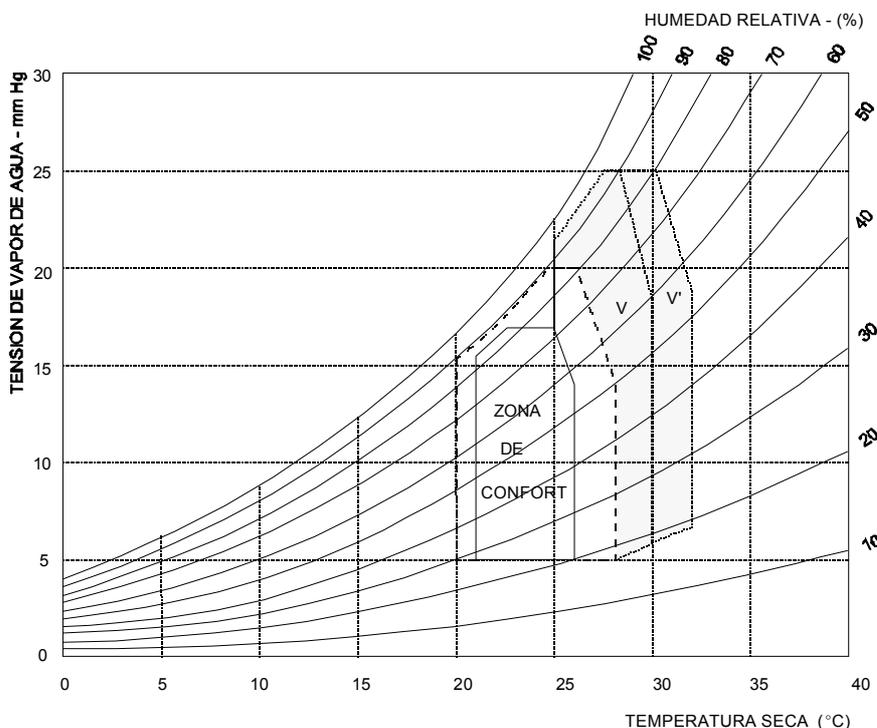


FIGURA 12: Diagrama de confort del edificio. Condiciones de confort con ventilación.

Podemos ver en la figura que la ventilación anula los efectos de la inercia térmica y que deberemos tener en cuenta la velocidad del aire. En cualquiera de los dos casos deberemos tener en cuenta la orientación de los vanos, sus orientaciones y dimensiones para captar los vientos deseables en el momento necesario.

No obstante, debemos tener en cuenta que no se trata más que de la influencia directa de la ventilación sobre el confort térmico, y no de la que podría tener sobre el refrescamiento del interior del edificio en especial durante la noche.

5.4. Calefacción por sistemas convencionales o por sistemas solares pasivos

Hasta ahora no fue necesario recurrir a sistemas adicionales de acondicionamiento térmico. Lo que Izard denomina temperatura de no calefacción, es la responsable de las economías de energía que se pueden realizar durante el período frío. Esta temperatura de *no calefacción* depende de las siguientes variables.

- El clima exterior (temperatura, sol y viento).
- La inercia térmica interna del edificio.
- La dimensión de los vanos y su protección térmica nocturna.

Para Izard cuando más soleado es el clima, más inercia térmica debe poseer el edificio, más captación solar diurna y protección nocturna debemos disponer, entonces menor será la temperatura de no calefacción.

Esto se ve en la figura 13, donde las condiciones higrotérmicas exteriores están limitadas por la calefacción. Las curvas H y H' hacen de límites para dos inercias térmicas diferentes.

Debemos tener en cuenta que esta temperatura de no calefacción es particular de cada tipo de construcción (inercia térmica, tamaño de vanos, etc).

5.5. Enfriamiento evaporativo y humidificación

En la figura 13 podemos ver también las condiciones higrométricas exteriores límites en las cuales podemos obtener un enfriamiento por evaporación de la humedad del aire (usado corrientemente en África del norte y oriente medio donde reinan condiciones de calor y sequedad). La vegetación permite también mejorar las condiciones de C.H. por enfriamiento evaporativo en épocas cálidas-secas. (zonas EC y EC').

El diagrama bioclimático sirve, como hemos visto, para comprobar simultáneamente la exigencia humana, el clima local y la respuesta cualitativa global de soluciones arquitectónicas. Es entonces un instrumento cualitativo de síntesis de múltiples y complejos fenómenos térmicos, pero claro en lo concerniente al diseño arquitectónico bioclimático en la génesis de la idea arquitectónica.

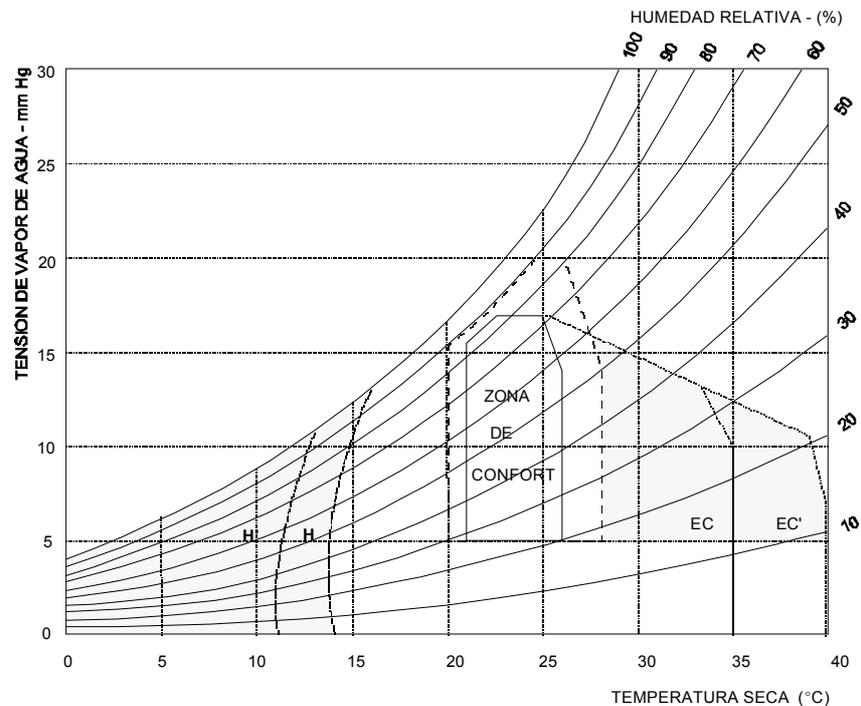


FIGURA 13: Diagrama bioclimático del edificio. Condiciones de confort con humidificación y calefacción.

6. SITUACIÓN DE CONFORT EN VIVIENDAS. Casos de la región y del país

Diversos proyectos de investigación en el campo del Hábitat-Energía realizados en nuestro país en los últimos años, permitieron conocer en que situación de confort se encuentran los diversos sectores socio-económicos de nuestro país.

Algunos resultados de estas investigaciones se sintetizan a continuación:

6.1. Región templada húmeda

- En las viviendas de los sectores medios se detecta una sectorización en el acondicionamiento térmico de las viviendas que implica una economía de energía a costa de disminuir los niveles de C.H.
- En el verano la mayoría de las viviendas se sitúan fuera del área de C.H. pero dentro de la zona donde es posible llegar al mismo con ventilación natural o mecánica.
- En general las unidades de los últimos pisos sufren sobrecalentamiento en verano por aislación deficiente de azoteas.

- La mala elección y localización de sistemas de calefacción (pantallitas radiantes o calefactores sin tiro exterior), generan un incremento de la humedad que favorece la condensación de humedad en el interior de los locales.

- Es muy importante la influencia de la orientación de las viviendas en función del C.H.

- En el caso de que se cuente con gas natural los usuarios de las viviendas asumen el costo del confort, no así cuando deben recurrir a otras fuentes de energía como el gas envasado, el kerosene o la leña.

- La falencia en los niveles de aislación de muros, techos y carpinterías es casi total en todos los sectores socioeconómicos de la región.

- En los sectores de bajos recursos las temperaturas medias se reducen a los 15°C para los que poseen gas natural y 12°C para otros combustibles.

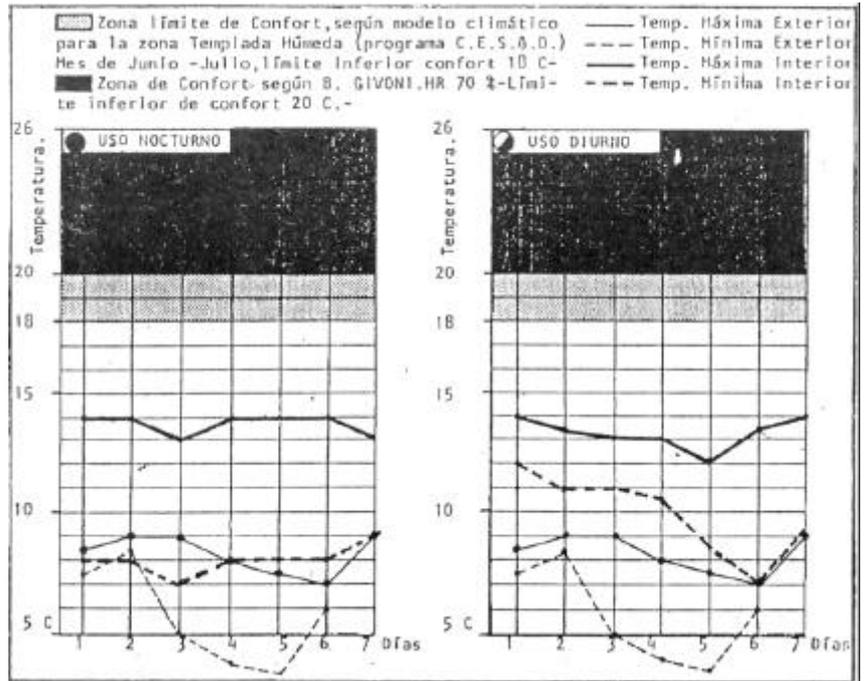


FIGURA 14: Gráficos comparativos en temperaturas en ambientes de uso diurno y nocturno en una vivienda del área metropolitana de Buenos Aires. (de Proyecto "Audibaires", '87)

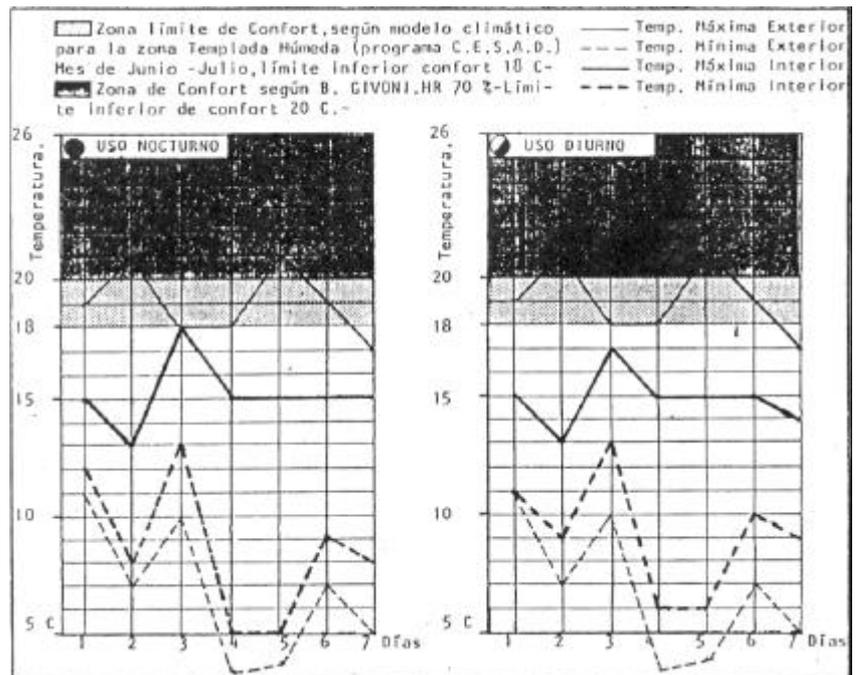


FIGURA 15: Gráficos comparativos en temperaturas en ambientes de uso diurno y nocturno en una vivienda del delta bonaerense. (de Proyecto "Zárate", '88)

FICHA RESUMEN Nº 9		T 15		IMPLANTACION	
TIPOLOGIA: BLOQUE BAJO		MODELO: -A-			
LOCALIZACION: Barrio 5 de Mayo - Esc.45 - 3ºB		ENSENADA			
PERIODO HISTORICO					
DESCRIPCION	CONFORMA UN BLOQUE DE PERIMETRO LIBRE EN EL CUAL EL LARGO ES MAYOR QUE LA ALTURA Y EL ANCHO. LAS CIRCULACIONES VERTICALES SE RESUELVEN POR ESCALERAS QUE ALIMENTAN 3 u 4 NIVELES ALTOS. EL NIVEL CERO SE CONFIERNA CON ESPACIOS DE USO COMUN Y EN ALCUNOS CASOS ESPACIOS PRIVATIVOS DE LAS UNIDADES DE PLANTA BAJA.		ESQUEMA DE PARTIDO PLANTA A- Núcleo circulatorio vertical: escaleras. C- Unidad de vivienda.		LOCALIZACION DEL RELEVAMIENTO 34° LATITUD SUR 994 G.D.- 18°C

DOCUMENTACION GRAFICA

OBSERVACIONES: Departamento inserto en una tipología multifamiliar, ubicación en el último piso entre unidades similares. Tejido abierto con espacios de uso público entre bloques. De media densidad en tres niveles. Sector periférico de la localidad de Ensenada próximo al río, muy expuesto a los vientos.

Operación: FOMAVI
Año de proyecto: 1979

ASPECTOS DIMENSIONALES			
1. SUPERFICIE HABITABLE		64,0	m ²
2. VOLUMEN HABITABLE		172,9	m ³
3. COMPACIDAD	-Co-	0,36	--
4. FACTOR DE FORMA	-f-	1,04	--
5. FACTOR DE EXPOSICION	-fe-	0,69	--
6. ALTURA MEDIA DE LOCALES	-h-	2,70	m
7.			

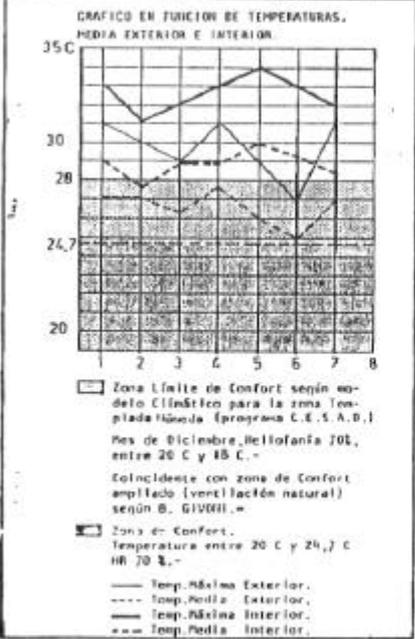
ASPECTOS ENERGETICOS				
1.	CONSUMO ANUAL/m ² : ELECTRICIDAD		17,8	KW.h / m ² /año
2.	: GAS NATURAL		15,4	m ³ / h.m ² .a
3.	COEF. GLOBAL DE PERDIDAS	-G-	2,9	W/m ² .C
4.	COEF. DE PERDIDAS P/m ²	-Kprima-	7,9	W/m ² .C
5.	COEF. MEDIO DE PERDIDAS	-Kmedio-	2,79	W/m ² .C
6.	PERDIDAS	TECHOS	33,3	X 179,15 MJ
7.	POR	MUROS	23,6	X 126,97 MJ
8.		ABERTURAS	9,4	X 50,57 MJ
9.		PISOS	16,9	X 90,92 MJ
10.	ENVOLVENTE	RENOV.AIRE	16,5	X 88,77 MJ
11.	NECESIDAD DE ENERGIA POR BALANCE		1.378	MJ
12.	APORTE DE ENERGIA SEGUN MEDICIONES		1.211	MJ
13.	DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE 11 Y 12		13	%
14.				

TECNOLOGIA		DESCRIPCION
CUBIERTA		.Tejas cerámicas .Aislación térmica (2cm) .Cartón alquitranado sobre entablonado de madera 3/4" .Cielorrazo suspendido de yeso de roca.
		KT(W/m ² .C) 0,61 KI(W/m ² .C) 0,79
MURO EXTER.		.Mampostería de bloques cerámicos huecos, esp.0,20m. .Revolcado en ambas caras.
		K (W/m ² .C) 1,84
MURO INTER.		.Mampostería de bloques cerámicos huecos, esp.0,10m. .Revolcado en ambas caras.
		K (W/m ² .C) 2,79
SOLADO		.Solado de baldosas calcáreas sobre mezcla de asiento de cal y arena. .Carpeta de concreto sobre losa alivianada de bovedillas cerámicas. .Cielorrazo aplicado a la cal.
		K (W/m ² .C) 1,79
ABERTURAS		K (W/m ² .C) 5,80

① SITUACION DE CONFORT EN VERANO

Lectura: 15 al 22 de Diciembre de 1986

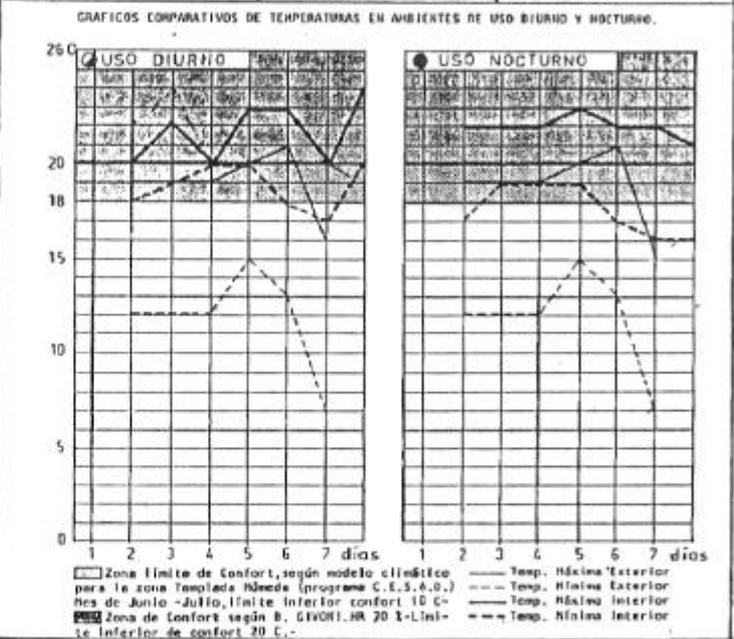
Temp. semanal Máx: 29,5C Med: 26,5C



② SITUACION DE CONFORT EN INVIERNO

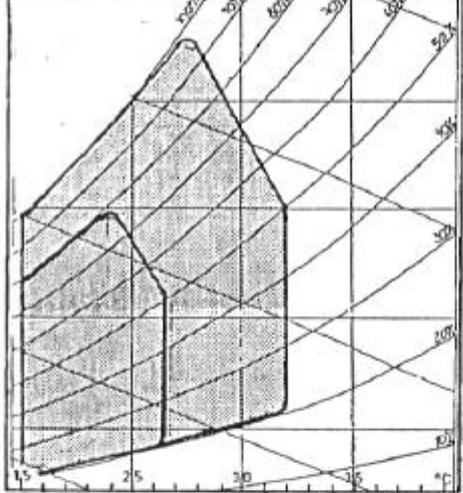
Lectura: 6 de Agosto al 13 de Agosto de 1986

Temperatura semanal Máx: 18,6C Min: 15,3C

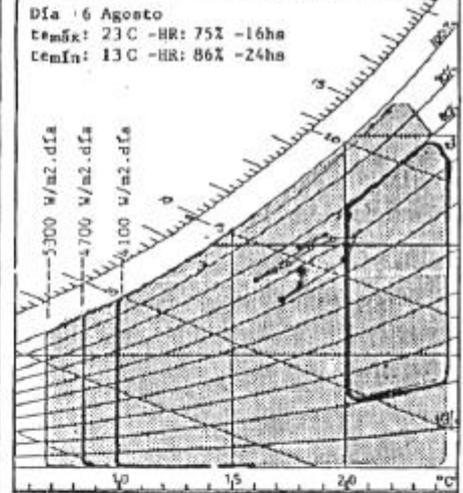


REFERENCIAS:
 * INICIO DE LECTURA: hora 24 - Secuencia cada 1 ha
 ① ZONA DE CONFORT HIGROTÉRMICO Según B. GIVONI
 ② ZONA DE CONFORT AMPLIADO (Ventilación natural o mecánica), Según B. GIVONI
 ③ ZONA DE CONFORT HIGROTÉRMICO, Según B. GIVONI
 ④ ZONA DE CONFORT AMPLIADO (con calentamiento solar pasivo), Según B. GIVONI

③ SITUACION DE CONFORT HIGROTÉRMICO EN VERANO



④ SITUACION DE CONFORT HIGROTÉRMICO EN INVIERNO

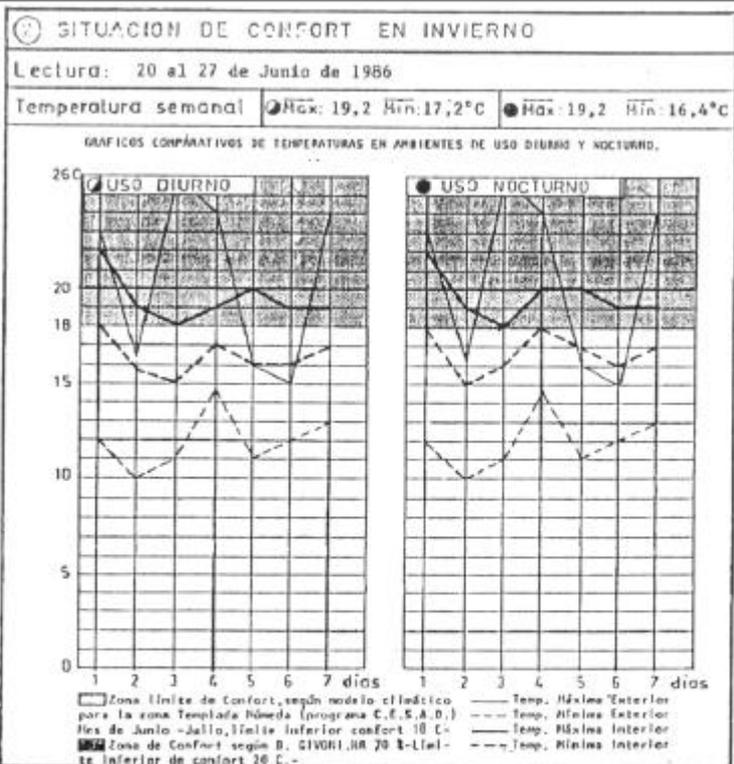
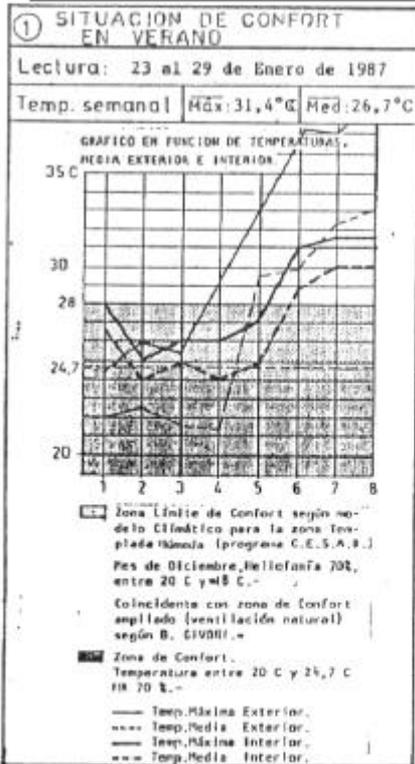


DIAGNOSTICO

FICHA RESUMEN Nº2		T 2		IMPLANTACION	
TIPOLOGIA: CAJON		MODELO: -A-			
LOCALIZACION: 502 N° 1125 - M.B.GONNET					
PERIODO HISTORICO					
DESCRIPCION	ORGANIZACION COMPACTA DE FORMAS GEOMETRICAS SIMPLES, GENERADAS A PARTIR DE UNA PLANTA APOLIHADAMENTE CORADA, QUE NO DEFINE LOGANES EXTERIORES SALVO FRENTE Y FONDO, CONECTADOS CON POCA CONTINUIDAD. DISEÑADA POR EL SECTOR PRIVADO.				LOCALIZACION DEL RELEVAMIENTO
			<p>A- Jardín del fondo B- Jardín del frente C- Pasa (elemento distribuidor) D- Vivienda (sector cubierta)</p>		34° LATITUD SUR 994 G.D. - 18°C

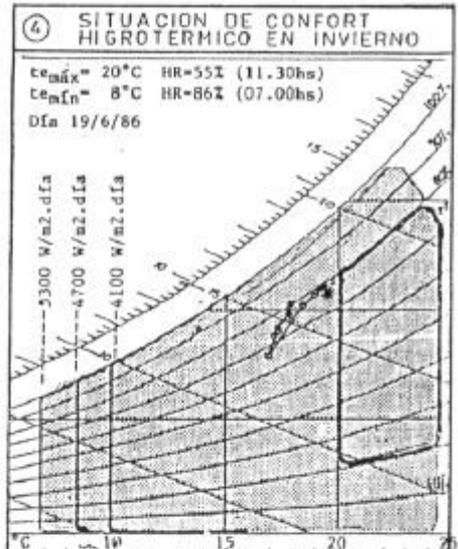
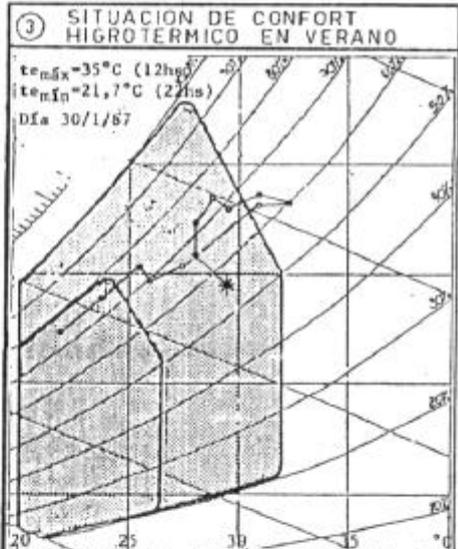
DOCUMENTACION GRAFICA			<p>OBSERVACIONES:</p> <p>Vivienda exenta en tejido cerrado, suburbano de baja densidad y bajas alturas. Sector periférico de la ciudad de La Plata. Vivienda muy expuesta a los vientos por estar implantada en un sector escasamente urbanizado muy descampado.</p>

ASPECTOS DIMENSIONALES				TECNOLOGIA		DESCRIPCION	
1.	SUPERFICIE HABITABLE		72	m ²	CUBIERTA 	.Chapa metalica .Entablonado de madera 1/2" .Cielorazo suspendido de yeso	
2.	VOLUMEN HABITABLE		187,2	m ³		Kt(W/m ² .C) 0,92 Kt(W/m ² .C) 1,44	
3.	COMPACIDAD	-Co-	0,39	--			
4.	FACTOR DE FORMA	-f-	0,98	--			
5.	FACTOR DE EXPOSICION	-fe-	1,00	--			
6.	ALTURA MEDIA DE LOCALES		2,6	m			
7.							
ASPECTOS ENERGETICOS				MURO EXTER.		DESCRIPCION	
1.	CONSUMO ANUAL/m ² : ELECTRICIDAD		18,2	KW.h m ² /año	MURO EXTER. 	.Mampostería de ladrillo común, esp. 0,20m .Revocado en ambas caras	
2.	: GAS NATURAL		10,3	m ³ h.m ² .a		K (W/m ² .C) 2,21	
3.	COEF. GLOBAL DE PERDIDAS		-G-	3,1	W/m ² .C		
4.	COEF. DE PERDIDAS P/m ²		-kprima-	8,1	W/m ² .C		
5.	COEF. MEDIO DE PERDIDAS		-Kmedio-	3,16	W/m ² .C		
6.	PERDIDAS POR	TECHOS	21,4	X	115,13	MJ	
7.		MUROS	32,9	X	177,00	MJ	
8.		ABERTURAS	14,9	X	80,16	MJ	
9.		PISOS	11,4	X	61,33	MJ	
10.	ENVOLVENTE RENOV. AIRE		19,2	X	103,30	MJ	
11.	NECESIDAD DE ENERGIA POR BALANCE		1.504		MJ		
12.	APORTE DE ENERGIA SEGUN MEDICIONES		1.488		MJ		
13.	DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE 11 Y 12		1		X		
14.							
				MURO INTER.		DESCRIPCION	
				MURO INTER. 		.Mampostería de ladrillos huecos, esp. 0,10m .Revocado en ambas caras	
				K (W/m ² .C) 2,79			
				SOLADO		DESCRIPCION	
				SOLADO 		.Solado de baldosas cerámicas esmaltadas sobre mezcla de asiento de cal y arena. .Contrapiso de H° de cascotes sobre terreno natural.	
				K (W/m ² .C) 1,57			
				ABERTURAS		DESCRIPCION	
				K (W/m ² .C) 5,80			



REFERENCIAS:

* EPICIO DE LECTURA: Hora 24 - Secuencia cada 2 hr
 [] ZONA DE CONFORT HIGROTÉRMICO según B. CIVORRI
 [] ZONA DE CONFORT AMPLIADO (Ventilación natural o mecánica), según B. CIVORRI
 [] ZONA DE CONFORT HIGROTÉRMICO, según B. CIVORRI
 [] ZONA DE CONFORT AMPLIADO (con calentamiento en las paredes), según B. CIVORRI



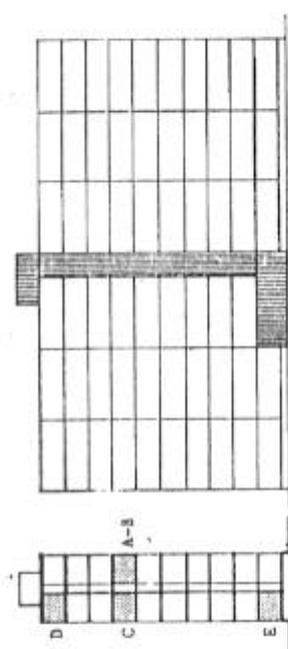
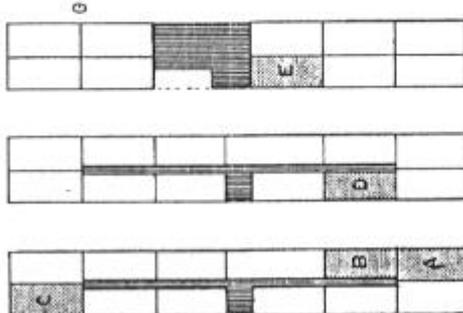
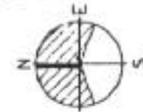
DIAGNOSTICO

SITUACION DE VERANO EN LA TIPOL. Nº 17 "PLACA"

EN FUNCION DE LA ORIENTACION Y UBICACION. Ficha 43

- ESQUEMA DEL EDIFICIO CON LA UBICACION RELATIVA DE LAS VIVIENDAS RESPECTO DE LA ORIENTACION.

LECTURA: 15 al 22 Diciembre 1985
 LOCALIZACION: 64 Nº 820 - LA PLATA



VISTA

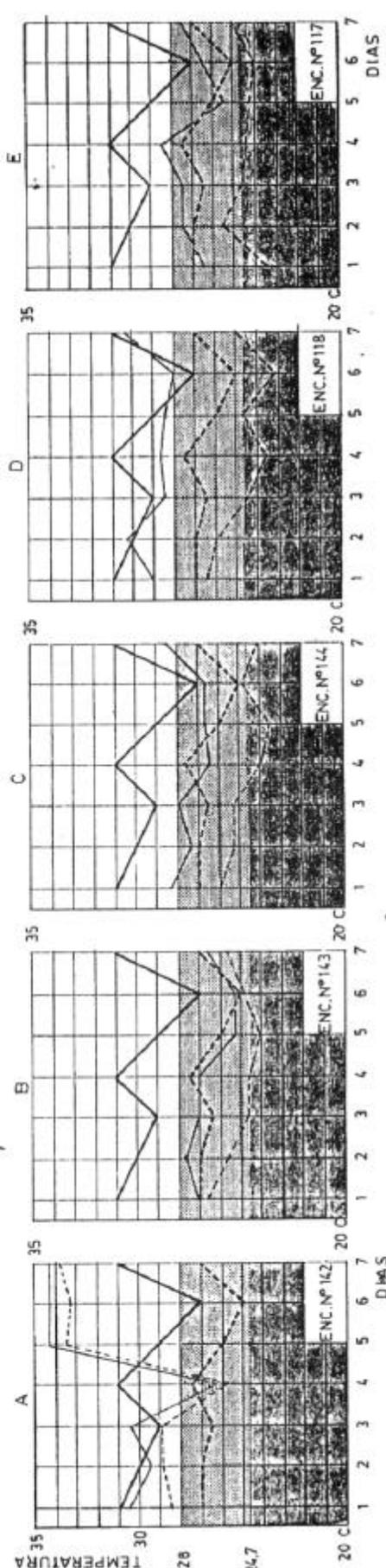
NOTA: EL COMPORTAMIENTO DEL DEPARTAMENTO A, ENCUESTA Nº 142 ESTA CONDICIONADO POR UN HABITO DE USO DE NO REALIZAR PROTECCION SOLAR EXPLICITAMENTE.

GRAFICOS COMPARATIVOS DE VIVIENDAS Y SU UBICACION EN EL EDIFICIO EN FUNCION DE TEMP. EXTREMAS Y MEDIA, EXTERIOR E INTERIOR.

ZONA LIMITE DE CONFORT TERMICO SEGUN MODELO CLIMATICO PARA LA ZONA TEMPLADA HUMEDA (MODELO CESAD)
 - Mes Diciembre Heliofania 70%, entre 20 C y 28 C.
 * Coincidente con zona de Comfort ampliado (ventilación natural o mecanica) según GIVONI.

ZONA DE CONFORT TERMICO DE GIVONI
 - Temp. entre 20 C y 24,7 C - H.R. 70%.

TEMP. MÁXIMA EXTERIOR - VARIACION SEMANAL
 TEMP. MEDIA EXTERIOR
 TEMP. MÁXIMA INTERIOR
 TEMP. MEDIA INTERIOR



6.2. Región fría y muy fría

- Los niveles de aislación térmica son absolutamente deficientes. En la mayor parte de los casos son similares a los encontrados en la región templada.
- Las viviendas o conjuntos de ellas se construyen con las mismas falencias que en la zona templada pero las patologías se incrementan.
- Las vivienda con bajo nivel de inercia térmica, caso prefabricación liviana, presentan fluctuaciones muy grandes en los niveles térmicos.

En las páginas siguientes se exponen fichas de diagnósticos energético-tipológicos realizados sobre casos reales de la región del área metropolitana de Buenos Aires y un caso de la micro-región del Río Turbio en la provincia de Santa Cruz.

Este último caso es indicativo de un clima de extremo frío aunque es poco representativo en lo referente a consumo de energía ya que la energía es distribuida gratuitamente por YCF.

HABITABILIDAD Y CONFORT HIGROTÉRMICO

Análisis Bioclimático

En el capítulo anterior en ejemplo práctico nos permitió reconocer algunas de las variables principales que definen el clima. Pudo percibirse, al graficar estos datos, la variación anual de los mismos. Asimismo se determinaron las temperaturas bi-horarias para los días típicamente fríos y cálidos.

Pero, solo con la interacción de la temperatura y la humedad podremos reconocer el comportamiento climático del sitio en relación al confort. Las preguntas a responder aquí serán:

- A. ¿Cuáles son las condiciones de confort higrotérmico del sitio?.
- B. ¿Qué medidas de diseño debemos adoptar en este clima?.

El climograma de V. OLGAY relaciona estos parámetros y nos permitirá conocer y deducir cuales serán las condiciones bioclimáticas que deberán prevalecer en torno al edificio para lograr el confort.

Para esto deberemos seguir los siguientes pasos:

1°. Tomar la temperatura media y su humedad relativa correspondiente, del mes de enero, dibujándola con un pequeño círculo.

2°. Tomar la TMED y HR del mes de febrero y dibujarlo sobre el climograma. Luego unir ambos puntos con una línea y repetir el procedimiento para los meses restantes hasta cerrar diciembre con enero.

3°. Pasar al climograma de B. GIVONI y repetir el procedimiento.

Esto nos mostrará la variación de temperaturas y humedades medias a lo largo del año. Como ya hemos dicho el gráfico de OLGAY nos permitirá analizar las condiciones de diseño del **fuera** y el de GIVONI las del **dentro**.

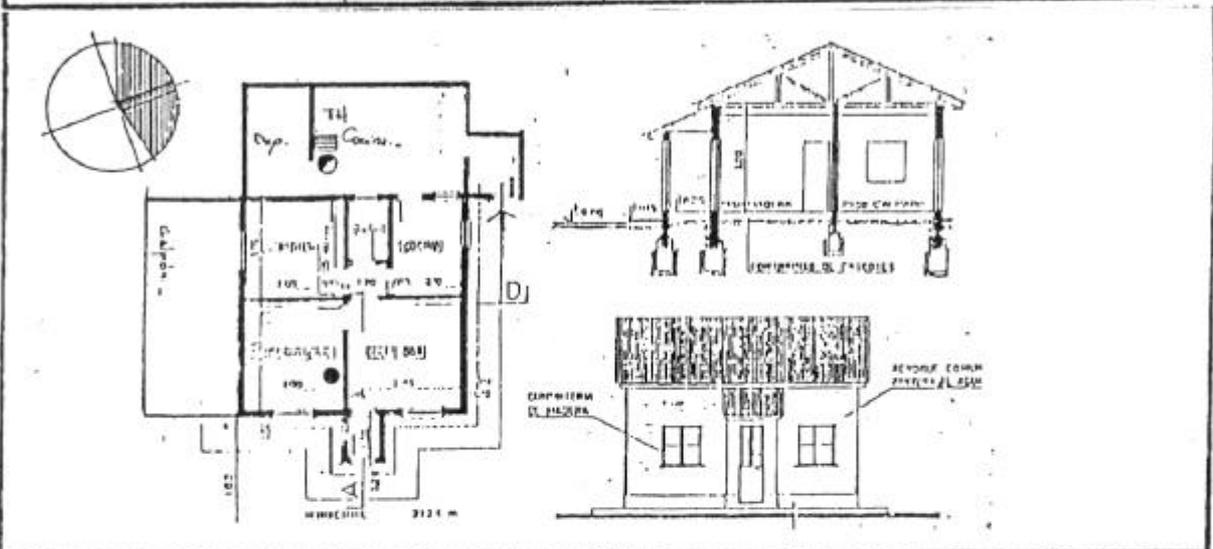
4to. Este procedimiento podemos repetirlo sobre el diagrama de GIVONI con las temperaturas bi-horarias de invierno y verano determinadas en el práctico anterior. Pero como no conocemos las humedades relativas correspondientes a estas temperaturas, apelaremos al ejemplo de la Figura 4-Cap1; donde partiendo del supuesto que la humedad absoluta es constante a lo largo de un día, podremos encontrar las humedades relativas correspondientes.

5to. Este procedimiento lo realizamos para el día típicamente frío y cálido.

6to. Entonces halladas las temperaturas y sus correspondientes humedades relativas, repetimos el procedimiento sobre el gráfico de OLGAY.

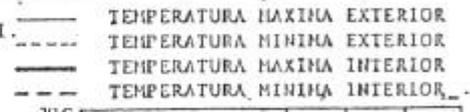
Esto nos permite no solo conocer el comportamiento higrotérmico anual, sino también en un día típico de invierno y verano.

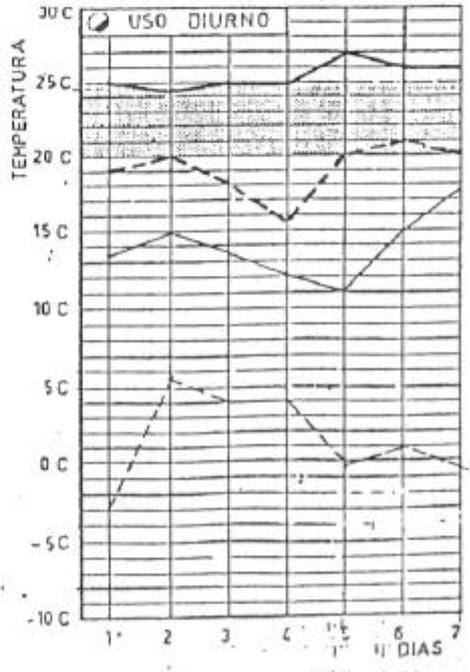
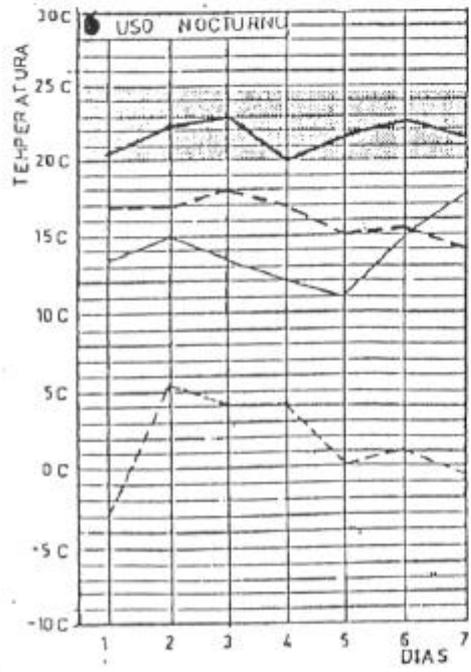
IDEHAM 	CODIGO	I.O.VIVIENDA UNIFAMILIAR		CANT: 50	Fecha: 4/88	HOJA N° 3
	8	TIPOLOGIA	MODELO	RIO TURBIO 51°33' Lat. sur 72°26' Long oeste		
CODIGO DE VIVIENDA: F 15		CASA F PIEDRABUENA				
DIRECCION: RIO TURBIO		CASA "F"				
LOCALIDAD: RIO TURBIO						
CODIGO POSTAL: 9407						
PROVINCIA: SANTA CRUZ						
ENCUESTA N°: 45						
LECTURA: 30 Setiembre al 7 Octubre de 1987						
PROMEDIO TEMP.SEMANAL		● Mx:21.6-Mn:16.2		● Mx:25.5-Mn:16.5		Manzana 61



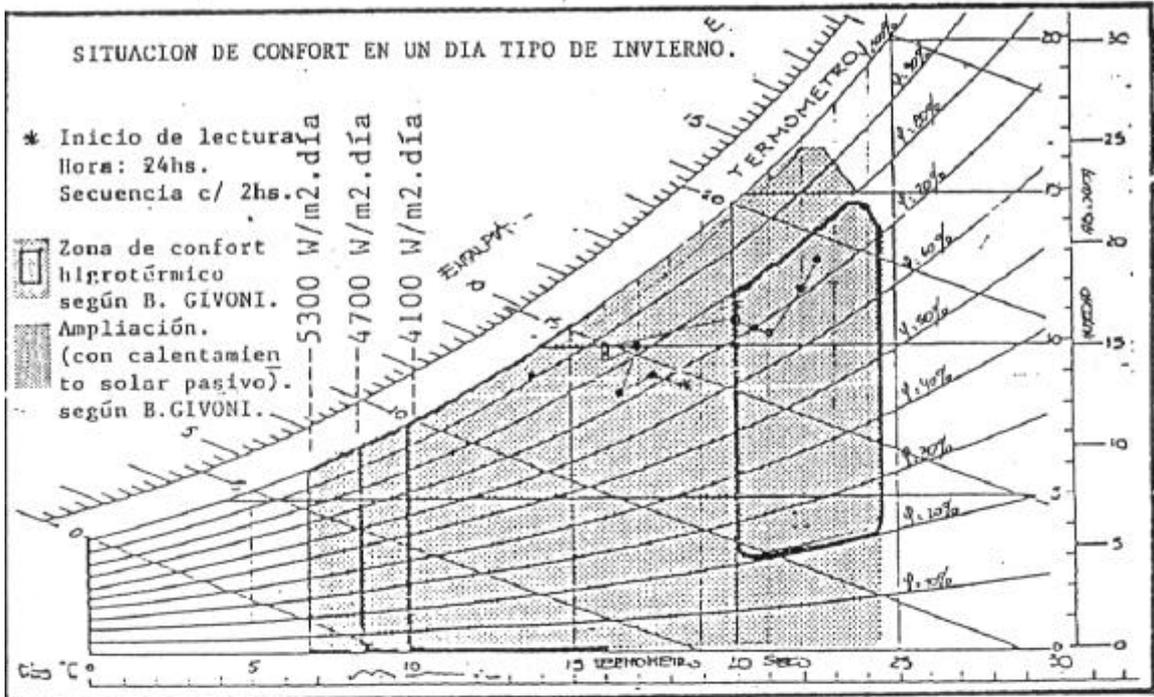
GRAFICOS COMPARATIVOS DE VIVIENDAS EN AMBIENTES DE USO DIURNO Y NOCTURNO

 ZONA DE CONFORT TERMICO SEGUN CIVONI.
 Humedad Relativa minima 20%.
 Limite inferior de confort 20 C.


 ——— TEMPERATURA MAXIMA EXTERIOR
 ——— TEMPERATURA MINIMA EXTERIOR
 - - - - - TEMPERATURA MAXIMA INTERIOR
 - - - - - TEMPERATURA MINIMA INTERIOR



IDEHAB UI 2	CODIGO 8	L.O. VIVIENDA UNIFAMILIAR TIPOLOGIA COMPACTA	CANT. 50 MODELO CASA "F"	Fecha: 4/88 RIO TURBIO 53°33' Lat. Sur 72°33' Long. Oeste	HOJA N° 4
----------------	-------------	--	--------------------------------	--	-----------



EVALUACION

1- Comportamiento térmico.

En las viviendas medidas, se observaron variaciones diarias de temperatura interior con amplitudes entre 5 y 7 C. Esto se vincula al hecho de tratarse de viviendas de construcción semi pesada con calefacción por medio de equipos individuales, regulados estos por el uso dado a la vivienda. No están conectadas a la red urbana de calefacción.

2- Calidad térmica.

El coeficiente Q de esta vivienda, se encuentra un 50% por encima del permitido por la Norma IRAM 1100 (Julio 1984) para esta zona. Se observan muy altos consumos de energía. Esto debe atribuirse al estado, forma (compactad) y tipo de envolvente. Se evidencia que la mayoría de las pérdidas son por muros, así como también tienen gran importancia las producidas por techos y aberturas.

3- Conveniencia de recuperación.

Si bien el comportamiento térmico no es eficiente, existen razones para recuperarla por su valor como construcción y por su peso dentro del parque habitacional.

4- Posibles medidas de conservación de energía.

Como medidas de mejoramiento de la envolvente térmica deberá procederse a:

- Aislar techos colocando en el ático aislación suelta.
- Reducción de infiltración en aberturas mediante la colocación de burletes y control de pérdidas en base a la instalación de protección exterior, doble vidrio o sistema similar. Como opción de estas deberá colocarse cortinas interiores pesadas.
- Para los muros hay dos posibilidades:
 - Colocación de aislación exterior adecuadamente protegida del medio ambiente.
 - Colocación de aislación interior resolviendo el problema de los puentes térmicos.

Señala que el costo de tales medidas no depende del espesor del aislante a colocar se recomienda no adoptar valores de 5cm de poliestireno expandido de densidad comercial normal o su equivalente.

OBSERV.

1. COMPARACION BALANCE IRAM-APORTES MEDIDOS

AMBIENTE	ESTAR	T. MIN	T. MAX	T. MED	MS	COU
AMBIENTE 1	ESTAR	10.4	22.4	20.8	10	10
AMBIENTE 2	CHIFLENERA	14.2	19.2	16.7	NO	COU
AMBIENTE 3	DORMITORIO	16.2	21.4	18.7	10	10
AMBIENTE 4	DORMITORIO	16.2	21.4	18.7	10	10
AMBIENTE 5	LAVADERO	14.9	14.7	14.7	1	1
AMBIENTE 6	COCINA-CORREDOR	19.2	25.7	22.5	4	4
AMBIENTE 7	CHIFLENERA	14.7	14.7	14.7	NO	COU
AMBIENTE 8	HALL-PASILLO	19.8	14.2	20.9	10	10
AMBIENTE 9	HALL-PASILLO	17.2	22.3	19.7	10	10
AMBIENTE 10	BANO	17.7	23.5	20.6	10	10

TEMPERATURA DEL EXTERIOR 7.22 C

APORTE DE RENOVACIONES DE AIRE 1.5

APORTE DE VAPOR DE MEDICION DEL CONSUMO ENERGETICO 144 H

GAS NATURAL CONSUMIDO 0 MS

GAS ENERGETICO CONSUMIDO 24.00

COMBUSTIBLE LIQUIDO CONSUMIDO 48.5 LT

APORTE PERDIDAS SISTEMA CALEFACCION URBANA 0

CARBON CONSUMIDO 0.10

ELECTRICIDAD CONSUMIDA 63.71 MH

APORTE DE HABITANTES 0

AREA HABITABLE DE LA VIVIENDA 61.6 M2

VOLUMEN DE LA VIVIENDA 185.0 M3

NECESIDADES DE ENERGIA CALCULADAS POR BALANCE 2220 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO AL CONSUMO DE GAS NATURAL 0 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO AL CONSUMO DE GAS ENERGETICO 2011 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO AL CONSUMO DE COMB. LIQUIDOS 1451 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO AL SISTEMA CALEFACCION URBANA 0 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO AL CONSUMO DE CARBON 0 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO AL CONSUMO DE ELECTRICIDAD 226 MJ

APORTES DE ENERGIA DEBIDO A LA OCUPACION 69 MJ

APORTES DE ENERGIA SUPERADO A PARTIR DE MEDICIONES 4029 MJ

DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE CONSUMO CALCUL. Y MEDIDO -45 %

2. ASIGNACION PORCENTUAL DE PERDIDAS TERMICAS SEGUN BALANCE

CONSUMO DEBIDO A PERDIDAS POR TECHOS	17.7 %
CONSUMO DEBIDO A PERDIDAS POR MURD	47.3 %
CONSUMO DEBIDO A PERDIDAS POR PUERTAS	0 %
CONSUMO DEBIDO A PERDIDAS POR VENTANAS	11.5 %
CONSUMO DEBIDO A PERDIDAS POR PISOS	4.2 %
CONSUMO DEBIDO A PERDIDAS POR RENOVACIONES DE AIRE	12.7 %

3. RESUMEN CARACTERISTICAS TERMICAS DE LA VIVIENDA BALANCE IRAM

DEFICIENTE UA DE LA VIVIENDA 0.93 M2C

DEFICIENTE UA POR UNIDAD DE AREA 1.6 M2/M2C

DEFICIENTE UA POR UNIDAD DE VOLUMEN 2.1 M2/M3C

HABITABILIDAD Y CONFORT HIGROTÉRMICO

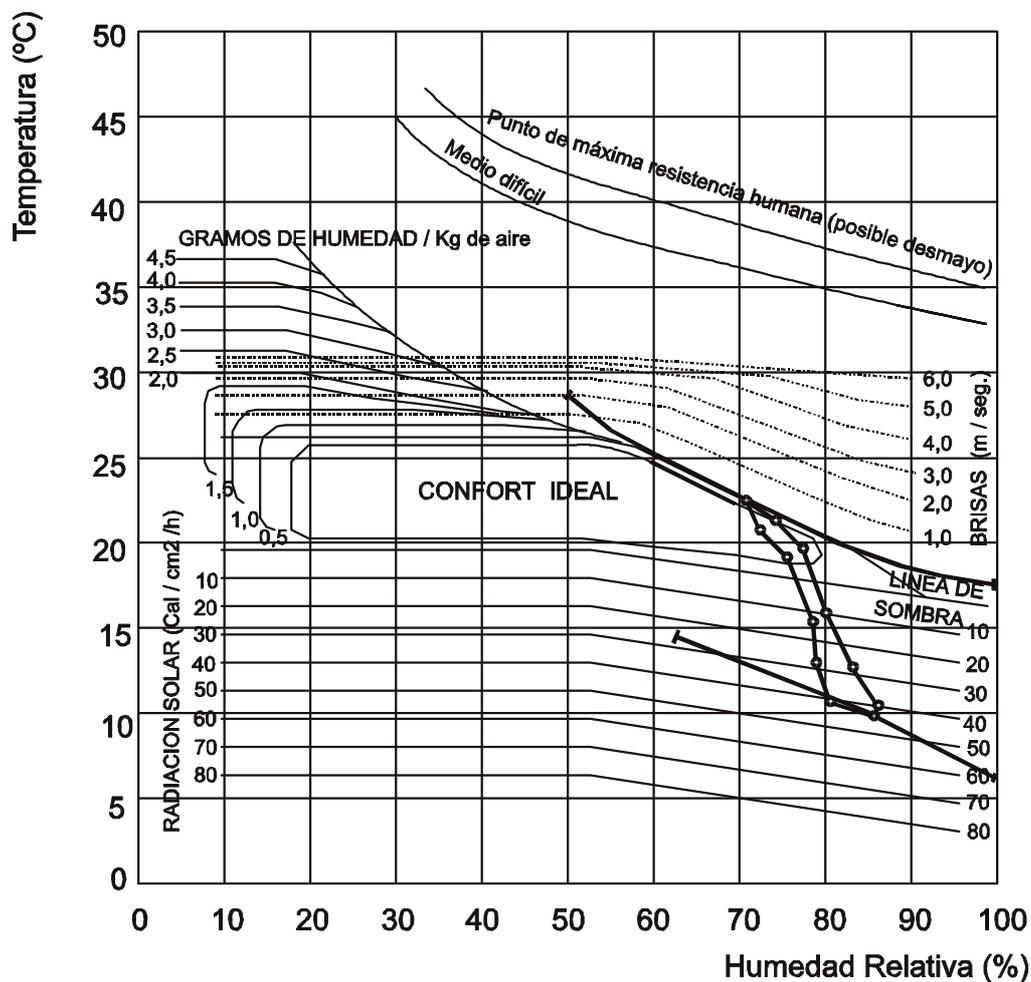
Análisis Bioclimático

En el capítulo anterior en ejemplo práctico nos permitió reconocer algunas de las variables principales que definen el clima. Pudo percibirse, al graficar estos datos, la variación anual de los mismos. Asimismo se determinaron las temperaturas bi-horarias para los días típicamente fríos y cálidos.

Pero, solo con la interacción de la temperatura y la humedad podremos reconocer el comportamiento climático del sitio en relación al confort. Las preguntas a responder aquí serán:

- A. ¿Cuáles son las condiciones de confort higrotérmico del sitio?.
- B. ¿Qué medidas de diseño debemos adoptar en este clima?.

El climograma de V. OLGYAY relaciona estos parámetros y nos permitirá conocer y deducir cuales serán las condiciones bioclimáticas que deberán prevalecer en torno al edificio para lograr el confort.



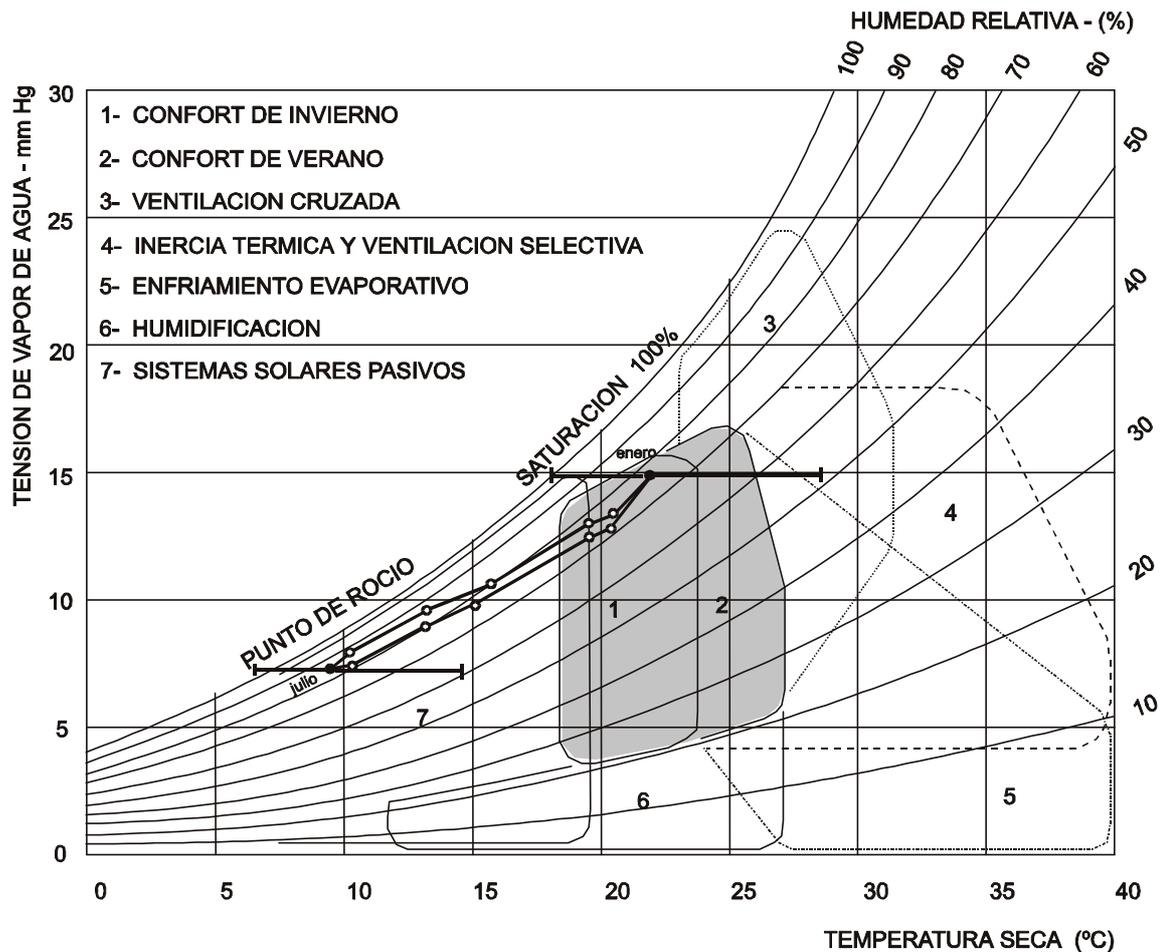
Para esto deberemos seguir los siguientes pasos:

1°. Tomar la temperatura media y su humedad relativa correspondiente, del mes de enero, dibujándola con un pequeño círculo.

2°. Tomar la TMED y HR del mes de febrero y dibujarlo sobre el climograma. Luego unir ambos puntos con una línea y repetir el procedimiento para los meses restantes hasta cerrar diciembre con enero.

3°. Pasar al climograma de B. GIVONI y repetir el procedimiento.

Esto nos mostrará la variación de temperaturas y humedades medias a lo largo del año. Como ya hemos dicho el gráfico de OLGAYAY nos permitirá analizar las condiciones de diseño del **fuera** y el de GIVONI las del **dentro**.



4°. Este procedimiento podemos repetirlo sobre el diagrama de GIVONI con las temperaturas bi-horarias de invierno y verano determinadas en el práctico anterior. Pero como no conocemos las humedades relativas correspondientes a estas temperaturas, apelaremos al ejemplo de la Figura 4-Cap.2; donde partiendo del supuesto que la humedad absoluta es constante a lo largo de un día, podremos encontrar las humedades relativas correspondientes.

5°. Este procedimiento lo realizamos para el día típicamente frío y cálido.

6°. Entonces halladas las temperaturas y sus correspondientes humedades relativas, repetimos el procedimiento sobre el gráfico de OLGAYAY.

Esto nos permite no solo conocer el comportamiento higrotérmico anual, sino también en un día típico de invierno y verano.

DIAGNOSTICO BIOCLIMÁTICO DE LA CIUDAD DE LA PLATA

Del climograma de OLGAY deducimos que las condiciones bioclimáticas de La Plata responden a un clima templado, donde el 40% de los meses del año las condiciones exteriores medias permanecen dentro del área de confort. El 60% restante permite acceder al confort con radiación solar. Las condiciones del **fuera** no son rigurosas y en el período estival el día tipo nos muestra que a la sombra y con brisas de 2 m/seg. podemos estar en confort. Esta zona se caracteriza por tener suaves brisas del cuadrante N-NE-E que correctamente aprovechadas nos garantizan el confort exterior. En un día típicamente frío necesitaremos radiación solar con una intensidad de 28 a 45 Kcal/cm²/h para mantener el confort exterior, por supuesto al reparo del viento. Del Trab. Pract. Nro.1 extraemos que la heliofanía relativa de julio es del 42%, esto quiere decir que solo durante ese porcentaje de horas del día tendremos sol brillante, el resto de las horas el sol estará cubierto. Podemos deducir que las condiciones exteriores de invierno no son favorables, ya que a pesar de no ser extremadamente bajas las temperaturas, la disponibilidad potencial de sol es escasa. Esto quiere decir que deberemos acentuar el diseño en el edificio para restablecer el desequilibrio.

Del climograma de GIVONI deducimos que para el día típicamente cálido las condiciones diurnas se mantienen dentro del área de confort en las primeras y últimas horas del día, necesitando durante 5 horas una combinación de ventilación cruzada y selectiva con una leve inercia térmica. Durante la noche se deberá ventilar para extraer el calor acumulado durante el día. Siempre evitando el ingreso del sol al interior del edificio. Durante el período invernal nos encontramos en la zona de confort ampliado mediante el uso de sistemas pasivos (ganancia solar directa y/o acumulación). Esto significa que con un correcto diseño de las aberturas y sus orientaciones podremos mantenernos en confort durante un día soleado. El resto del período será cubierto utilizando medidas de conservación de energía y sistemas convencionales de calefacción (analizado en el Capítulo 6).

PAUTAS DE DISEÑO EXTERIORES

VERANO:

- Elementos de sombra, en lo posible vegetales.
- Favorecer la ventilación en torno al edificio.
- Evitar la sobrecarga de calor en muros y techos (colores claros).
- Evitar aumentar la humedad con espejos de agua cercanos al edificio.

INVIERNO:

- Proteger al edificio de los vientos del cuadrante SO-S-SE.
- Favorecer el asoleamiento del edificio y su entorno.
- Evitar aumentar la humedad del aire.
- Evitar provocar corrientes de aire entre edificios o efecto Venturi (capítulo 4).

PAUTAS DE DISEÑO INTERIORES

VERANO:

- Evitar el ingreso de sol en los locales.
- Prever el uso alternado de ventilación cruzada y selectiva en función de días cálidos húmedos o poco húmedos.
- Favorecer la extracción del aire caliente y vapores del interior del edificio.
- Prever leve inercia térmica (8 a 15 cm) en paramentos interiores.

INVIERNO:

- Permitir el máximo asoleamiento de locales.
- Evitar la acumulación de humedad en el interior del edificio por generación de vapores en cocina y baños.
- Minimizar las pérdidas térmicas (capítulo 6).

SOL Y ARQUITECTURA



por Gustavo SAN JUAN ⁽¹⁾

1. INTRODUCCION

En épocas pasadas se reconocía ya que la adaptación regional constituía un principio esencial de la arquitectura. Vitruvius escribió en su "De Architectura": "Es manifiestamente evidente que el estilo de los edificios debe ser diferente en Egipto y en España, en el Ponto y en Roma, y en países y regiones de variado carácter. Pues hay partes en las que la tierra sufre la opresión del sol en su carrera; hay otras en las que se encuentra alejada del astro; y existen otras en que es afectada por éste a una distancia moderada".

Y después de 2.000 años el mismo pensamiento aparece reflejado en palabras de Le Corbusier: "La sinfonía del clima no ha sido comprendida. El sol varía según la curva del meridiano; su intensidad varía sobre la superficie terrestre de acuerdo al ángulo de su incidencia".

En un estado más cercano W.Acosta en su libro "Vivienda y Clima" decía: "... La arquitectura moderna impone, ante todo, un nuevo vínculo sustancial entre el arquitecto y las condiciones objetivas del tema, originado por la incorporación de una serie de disciplinas científicas a su trabajo. No es, pues, un sistema de formas invariables, una receta estética, aplicable dondequiera, sin respeto a la índole del tema y a las particularidades geometeorológicas del lugar. Todo lo contrario. Es un nuevo modo de plantear problemas, conducente a soluciones arquitectónicas que contemplan, en toda su extensión y hondura, las características de cada paisaje y clima, de cada tipo de vida y actividad.

Cada nuevo lugar, cada nuevo tema, cada nuevo recurso técnico, deben engendrar nuevas formas ..." y con claridad sintetizaba: "... La Arquitectura es en esencia el arte de crear espacios altamente habitables, cuyo destino es dar cabida y abrigar a la vida del hombre, beneficiario definitivo de una labor..."

La orientación de las fachadas de los edificios respecto al Sol, ha constituido desde la más remota antigüedad una cuestión de gran importancia por razones climáticas e higiénicas, favorecidas incluso por motivos religiosos. Aristóteles propugnaba que la ciudad en su conjunto debía estar en lo posible expuesta a mediodía, a fin de aprovechar el sol durante el invierno. La orientación solar junto a la adaptación al clima y al terreno, han sido referencias básicas en la arquitectura popular de todo el mundo. Razones de beneficio económico, especialmente la especulación del suelo por unos pocos, y el advenimiento de la energía fósil barata, contribuyeron a la conformación de la ciudad industrial, donde la gran mayoría de las viviendas no tenían soleamiento suficiente durante el año, especialmente en invierno.

(1) Colaboración por invitación. Es Arquitecto, Profesor Adjunto de Arquitectura en la FAU-UNLP e Investigador del CONICET.

(2) Vitruvius, " De Architecture ". Book Vi, Chapter 1.

(3) "Building an Entire New City in India, Chandigarh". Architectural Forum, Sept. 1953.

Así, una ordenación urbana especulativa y abstracta desde el punto de vista humano, determinaba un trazado de calles, definiendo las alineaciones de los edificios, que en muchos casos, o bien no tenían una orientación adecuada o estaban en la zona de sombra de otros durante la mayor parte del año. A esto habría que añadir la situación de aquellas viviendas que no veían nunca el Sol y cuyo contacto con el exterior se realizaba a través de patios angostos.

Después de la primera guerra mundial se pensó en dar respuesta, de forma generalizada, a las condiciones higiénicas de la vivienda, siendo la adecuada orientación solar una de las claves para ello; en este sentido, se establecieron ordenanzas municipales donde se determinaba la relación del ancho de la calle con respecto a la altura de los edificios que la limitaban, para permitir el, cada vez, mayor volumen de transporte y el acceso del sol a las viviendas. Sin embargo, después de tanto tiempo transcurrido, como podemos observar a nuestro alrededor, poco se ha realizado en la práctica para mejorar las condiciones de soleamiento. La densidad de edificación ha aumentado excesivamente en nuestros núcleos urbanos, donde, si bien ya no aparecen aquellas viviendas que se abrían solamente a patios oscuros, sí se sigue dando la mala orientación y los efectos de sombra de unos edificios sobre otros.

Es indudable, que el sol posee una influencia formativa y constituye la fuente más importante de las variaciones de los elementos climáticos. El sol, por su energía radiante, regula todos los otros factores del tiempo. Las fluctuaciones de la temperatura, tanto estacionales como diurnas, están gobernadas por el ciclo solar. También lo están el viento, a raíz de las áreas de alta y baja presión que el influjo solar crea en la atmósfera, y el fenómeno de la evaporación, que genera la humedad del aire, y además, las lluvias. (Figura 1)

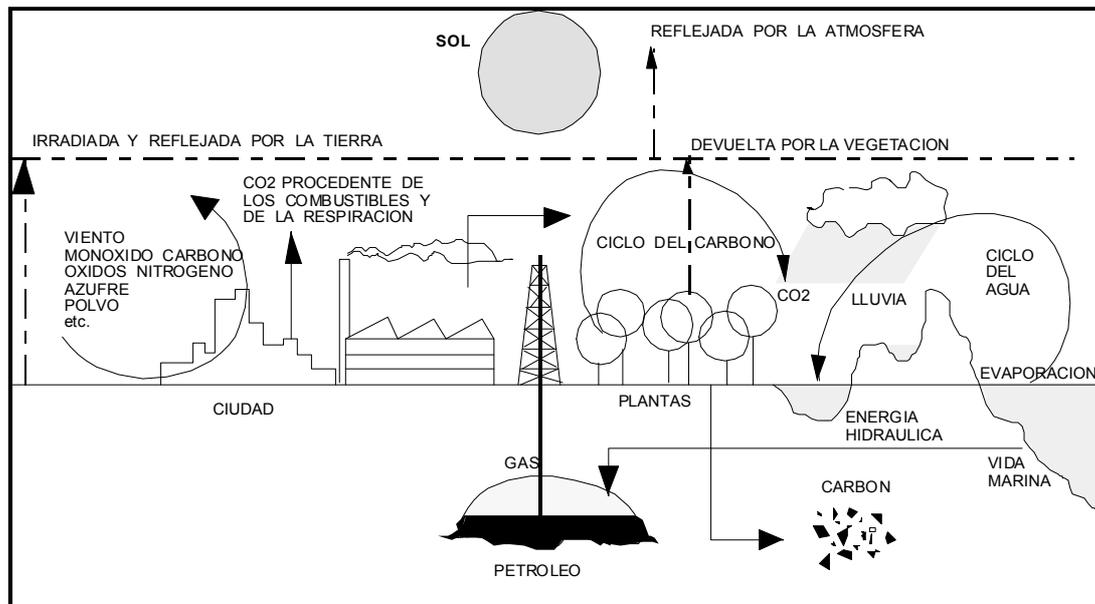


FIGURA 1: Ciclo del agua y del carbono por influencia solar.

De acuerdo con todo ello, uno de los principios más importantes de la arquitectura se refiere a la exposición del edificio al sol, es decir, a lo que brevemente se denomina la orientación del mismo. La "orientación total" de un edificio involucra naturalmente la consideración de muchos factores. Los factores fisiológicos a considerarse son las radiaciones térmica y lumínica del sol, las variaciones de la temperatura del aire, el castigo del viento, los efectos acústicos, el polvo y otras impurezas y olores del aire en torno al edificio. Los factores psicológicos tales como las vistas desagradables y la privacidad son también importantes para el caso.

También es necesario considerar como se inserta el edificio en el trazado urbano, ya que no puede omitirse su relación con esa matriz, a su vez influida por factores políticos y sociales.

Así como las estaciones se diferencian marcadamente por la inclinación del eje de la tierra hacia el sol, la orientación de un edificio se halla afectada por las cantidades de radiación solar que se descargan sobre sus diferentes fachadas en distintas épocas. Y tales efectos térmicos pueden fácilmente determinar la diferencia entre confort y desconfort.

Aunque la orientación eólica en algunas situaciones puede ser determinante, como es el caso de las zonas costeras y en general donde existe la acción de vientos de gran frecuencia e intensidad, sin embargo, la orientación solar es primordial y tiene mayor importancia desde el punto de vista energético, climático, higiénico y psicológico. Esta orientación se hace más importante a medida que nos alejamos de la costa.

2. ASOLEAMIENTO

2.1. Sol y radiación solar

Como sabemos, el Sol irradia cantidades ingentes de energía al espacio de la que sólo una pequeña fracción llega hasta nosotros, siendo ésta, sin embargo, mayor que toda la energía generada en la Tierra. La potencia total emitida por el Sol es del orden de 1023Kw, siendo la interceptada por la Tierra del orden de 1014Kw. En la capa superior de la atmósfera terrestre, la irradiancia recibida es prácticamente constante y su valor se aproxima a 1.400 W/m², siendo la superficie receptora perpendicular a la dirección de propagación de la radiación.

Esta estrella, según los astrofísicos, nació hace unos 5.000 millones de años, encontrándose actualmente en una fase intermedia de su ciclo vital. Se cree, por tanto, que dentro de otros cinco mil millones de años, se dilatará para volverse una "gigante roja" que abrasará a sus planetas antes de convertirse en una "enana" tan negra y fría como el espacio interestelar.

La temperatura media de la superficie del Sol, considerado como un cuerpo negro, es de unos 6.000°K (5.727°C). Sin embargo las temperaturas en las zonas centrales se hallan comprendidas entre los 8 y los 40 millones de grados, aumentando también allí la densidad entre 80 y 100 veces la del agua.

La acción del Sol sobre la Tierra no se comprendería sin el movimiento de traslación y rotación de esta última. El primero alrededor del Sol en una órbita elíptica con una excentricidad del 3 por 100 y el segundo alrededor de su eje N-S, que da lugar a ese movimiento aparente del Sol en el espacio visto desde la superficie terrestre.

Como sabemos, la insolación de la superficie terrestre no tiene lugar de modo uniforme, debido a la forma redondeada de nuestro planeta. Las zonas irradiadas verticalmente se calientan más que las que reciben los rayos en dirección oblicua, dando lugar a la aparición de un gradiente horizontal de temperaturas que en términos generales se extiende del ecuador a los polos.

En forma global, alrededor de 1/3 de la energía incidente interceptada por la Tierra y su atmósfera es devuelta inmediatamente hacia el espacio exterior por reflexión, difusión y refracción; esta fracción es lo que se llama el albedo. Los 2/3 restantes son absorbidos por el hemisferio iluminado y, después de sufrir diversas transformaciones, son devueltos en su mayor parte (lo que no, es acumulado en la Tierra como reserva energética y el resto se utiliza en los diferentes ciclos atmosféricos y biológicos) al espacio exterior, bajo una forma degradada de energía: la radiación infrarroja emitida por toda la superficie terrestre. Gracias a este intercambio térmico de la Tierra con el Sol y el espacio extraterrestre, se establece el equilibrio térmico de la misma.

La radiación solar que llega hasta nosotros aportando luz y calor establece los ciclos naturales tales como los del carbono y del agua, dando lugar además indirectamente a las otras formas de energía naturales, como la eólica y la hidráulica. (Figura 1)

La radiación solar penetra en la atmósfera terrestre decreciendo en intensidad al mismo tiempo que su distribución espectral se altera por absorción, reflexión y difusión. La atmósfera es casi transparente para las radiaciones lumínicas, pero no lo es tanto para las radiaciones infrarrojas y ultravioletas. (Figura 2)

El grado de nubosidad de la atmósfera también será determinante en la cantidad de radiación solar absorbida.

Además hay que tener en cuenta las grandes cantidades de gases nocivos que se producen sobre todo en las grandes aglomeraciones urbanas, ya que también contribuyen a reducir la energía incidente. La transparencia del aire se ha visto muy perjudicada en los últimos años en estas zonas debido al notable aumento de la contaminación atmosférica. Esta transparencia pues, varía entre amplios límites, pero conviene destacar la influencia de la altitud del lugar, no solamente porque la longitud de la capa atravesada varíe sensiblemente, sino sobre todo, porque los lugares más bajos son los más afectados por la densidad del polvo.

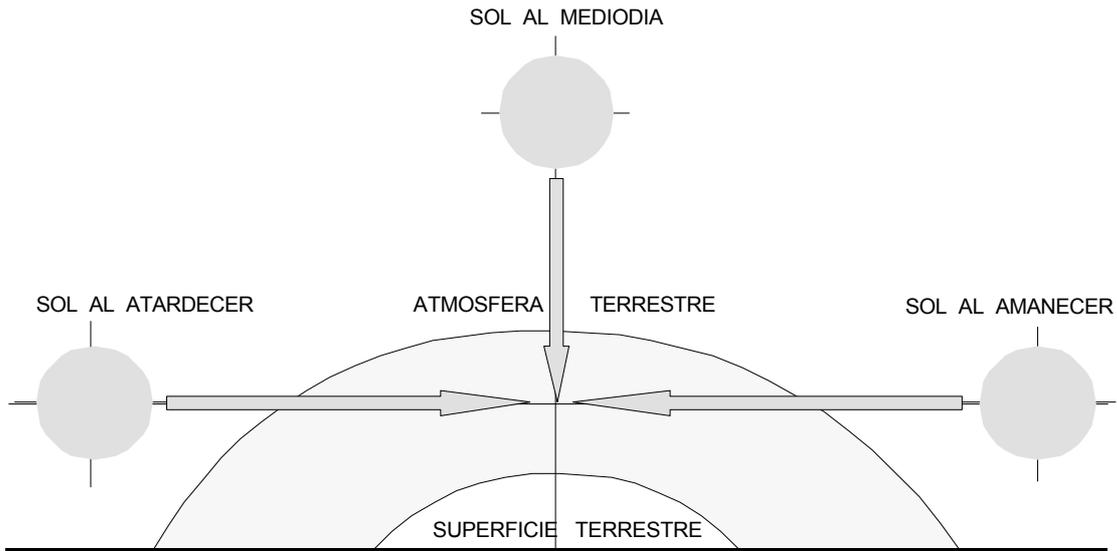


Figura 2: Intensidad de la radiación solar en función del espesor atmosférico

La cantidad de energía solar por unidad de superficie incidente en una determinada región de la Tierra depende de dos factores: la intensidad (o potencia energética) y la duración de la insolación solar (horas de sol), es decir,

donde: $E = \int_{t_1}^{t_2} I dt$ $E = \frac{\text{Energía}}{m^2 \text{ día}};$ $I = \frac{\text{intensidad}}{m^2} = \frac{\text{Energía} / \text{tiempo}}{m^2};$

t_1, t_2 = horas del amanecer y ocaso, es decir $t_2 - t_1$ = horas de Sol

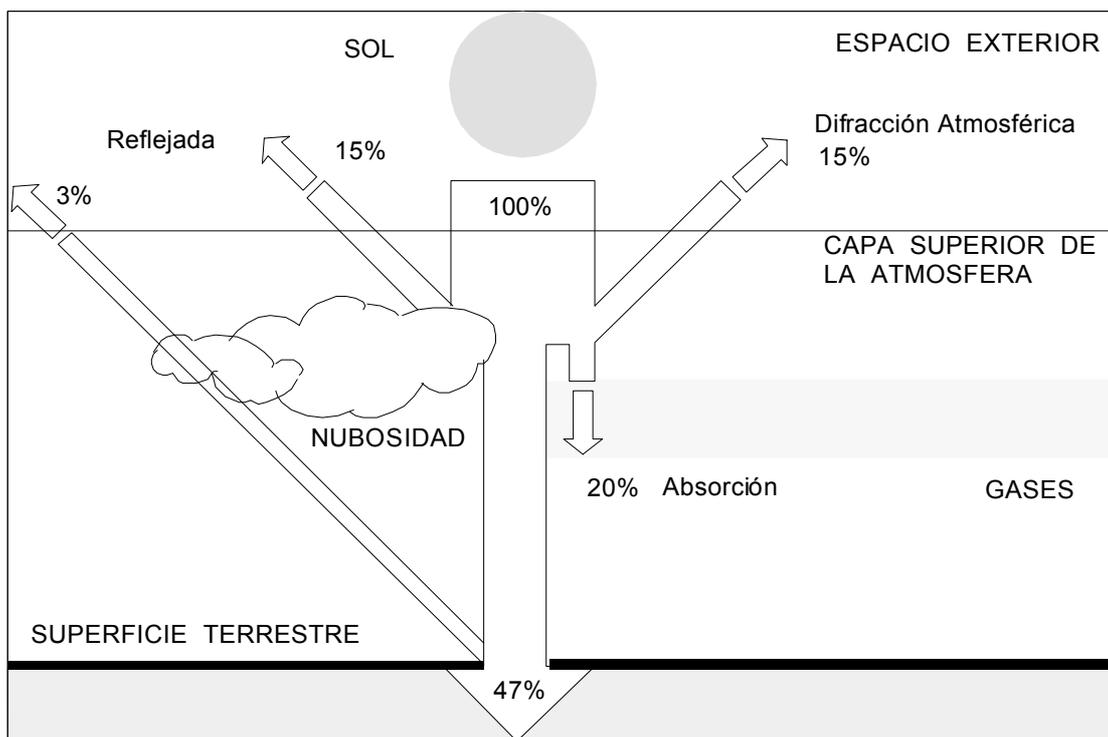


FIGURA 3: Recorrido atmosférico de los rayos solares.

La intensidad o potencia de la radiación solar que llega hasta la Tierra depende del espesor de la capa atmosférica que tiene que atravesar antes de alcanzar la superficie terrestre, siendo este espesor función de la altura del Sol sobre el horizonte. Si al atravesar la atmósfera la radiación solar encuentra moléculas o partículas de tamaños análogos o menores que los de su longitud de onda, ésta es refractada o difundida en el espacio. Las moléculas de aire difunden mayor cantidad de radiaciones de corta longitud de onda, luz azul y violeta, siendo la causa principal del color azul del cielo. Por otra parte, cuando la atmósfera contiene grandes cantidades de polvo la proporción de luz amarilla y roja se incrementa (Figura 3).

A la superficie de la Tierra llega un valor menor al incidente en el límite superior de la atmósfera. Una importante parte de esta energía es reflejada al espacio por la nubosidad y parte es absorbida y difractada en todas direcciones por las partículas suspendidas. Se ha reflejado aproximadamente el 30% de la energía incidente y otro 20% ha sido absorbido por el vapor de agua, anhídrido carbónico y ozono de la atmósfera.

Así pues, tendremos que la radiación incidente se descompone en dos tipos de radiación: radiación directa y radiación difusa.

Se entiende por radiación directa I_p aquella que se recibe del Sol sin haber sufrido ningún cambio de dirección por reflexión o difusión. La radiación difusa I_d es, por el contrario, aquella que se recibe del Sol después de haber sufrido cambios de dirección al atravesar la atmósfera por los fenómenos expuestos. Por lo tanto la radiación global o total que se recibe en la superficie de la Tierra es la suma de las dos:

$$I_G = I_d + I_p$$

En la Figura 4 se muestra la carta de radiación global para la Argentina en el período anual en Kcal/cm².

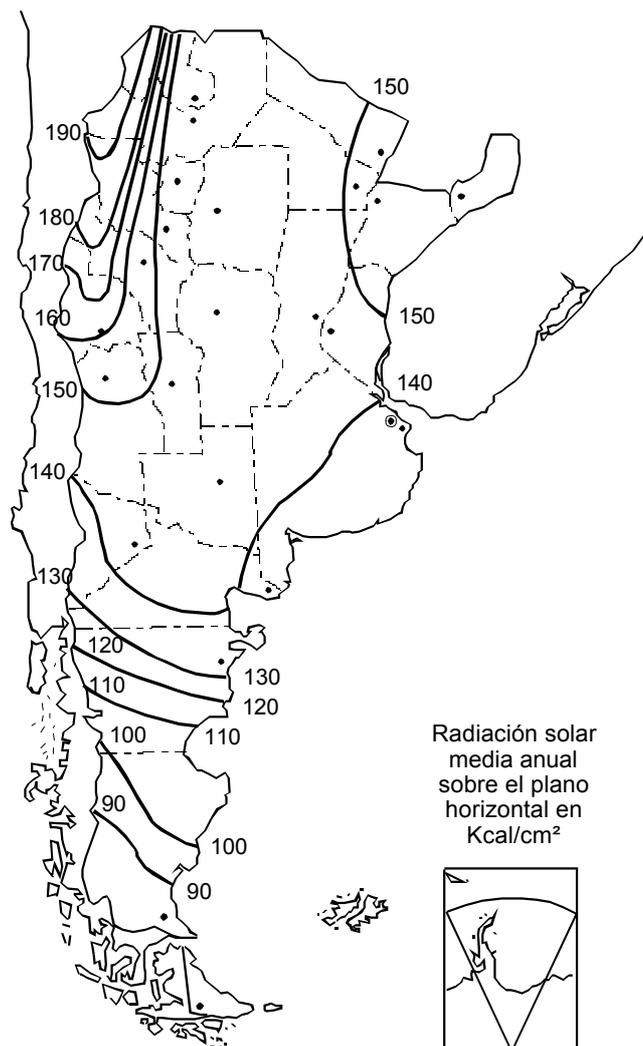


FIGURA 4: Distribución de la radiación solar en la Argentina

2.2. Movimientos relativos de la tierra y el sol

Como sabemos, la Tierra realiza dos movimientos simultáneamente, que son: el movimiento de rotación y el movimiento de traslación. El primero, alrededor de su eje Norte-Sur geográfico, con un período de 24 horas aproximadamente (tiempo medio) dando lugar al día y la noche. El sentido de este giro es tal, que si un observador se sitúa en el hemisferio norte y suponemos la Tierra fija, el movimiento relativo de todos los astros es de Este a Oeste. El movimiento de traslación, lo realiza alrededor del Sol describiendo una órbita elíptica de pequeña excentricidad, $e = 0,0176$, donde el Sol ocupa uno de los focos. Este movimiento también es periódico, siendo el período de un año solar, en el cual se desarrollan las diferentes estaciones. (Figura 5)

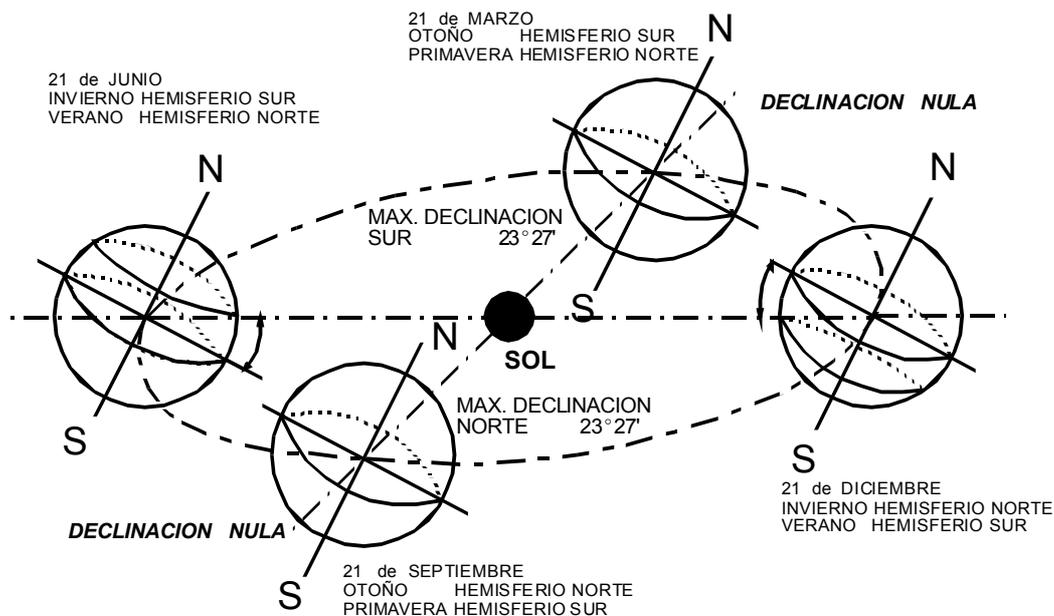


FIGURA 5: Movimientos relativos de la tierra en torno al sol.

Debido a que este período de traslación no es múltiplo del período de rotación, se toma el año oficial de 365 días que supone un cierto error subsanado con los años bisieptos. El plano de la órbita anual tiene una inclinación respecto al plano del ecuador de $23^{\circ}27'$ ($=23,45^{\circ}$). En dicha órbita existen dos posiciones extremas de la Tierra que corresponden a los solsticios de verano (21 de diciembre) y de invierno (21 de junio); hay dos posiciones intermedias, que son los equinoccios de primavera y otoño, que corresponden, respectivamente, al 21 de setiembre y 21 de marzo.

El plano de la eclíptica⁽⁵⁾ forma con el ecuador un ángulo diedro, en principio, constante durante todo el año, pero si hallamos la intersección con el plano meridiano que pasa por el Sol, a lo largo del año, obtendremos un ángulo diferente para las distintas posiciones de la Tierra. Este ángulo se llama declinación y varía de $+23^{\circ}27'$ en el solsticio de invierno a $-23^{\circ}27'$ en el solsticio de verano, siendo nulo en los equinoccios. Esta variación en la declinación determina la distinta duración relativa de los días y las noches en las diferentes épocas del año. Así, en el hemisferio sur, los días en que la declinación es negativa serán más largos que las noches (verano); cuando la declinación es positiva ocurrirá lo contrario (invierno). En el hemisferio norte será a la inversa. Durante los equinoccios, como la declinación es nula, la duración del día y la noche es idéntica.

El movimiento de translación de la Tierra alrededor del Sol es ligeramente elíptico, provocando variaciones según los meses del año, mientras el movimiento de rotación produce variaciones horarias. La inclinación respecto a la perpendicular al plano que forma la órbita terrestre es responsable de la variación estacional del clima.

2.3. Cartas solares

Una carta solar es la representación gráfica sobre un plano de las trayectorias aparentes del Sol desde un punto de la superficie terrestre (supuesta ésta en principio esférica) de latitud dada.

(5) El plano que contiene la órbita de la Tierra se llama plano de la eclíptica.

La construcción gráfica de una carta solar se basa en la proyección cónica o cilíndrica de las trayectorias del Sol en la bóveda celeste sobre una superficie plana o cilíndrica.

En dichas cartas 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 acimut.

Mediante el programa "DIAGSOL.EXE" (Ver Figura 6), que forma parte del sistema "BIOCLIM"⁽⁴⁾ se definieron las cartas solares (polar y cilíndrica) para diez situaciones de latitud de nuestro país. La latitud es la variable que define el curso aparente del Sol.

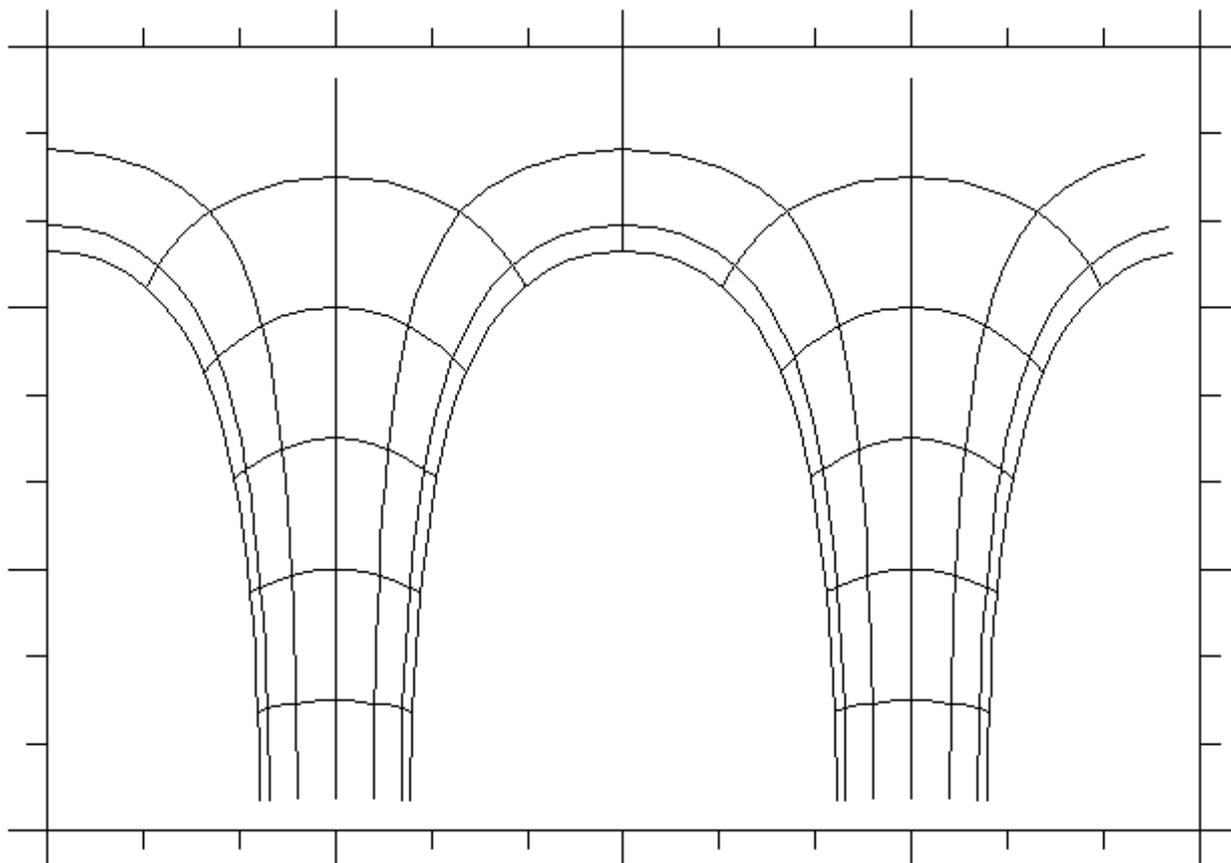


FIGURA 6: DIAGSOL - versión 1.2/93 actualización de la 1.0/88. Gráficos de trayectorias de sol.

Se seleccionaron las latitudes coincidentes con situaciones de máxima población o regiones características (Figura 7):

24° Jujuy, Salta, Norte de Formosa.

28° Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero, Chaco, Corrientes, Posadas.

32° Mendoza, San Juan, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos. 35° Capital Federal, La Plata, La Pampa.

39° Viedma, San Martín de los Andes.

43° Esquel, Rawson.

48° Puerto Deseado.

52° Río Turbio, Río Gallegos.

55° Ushuaia.

64° *Antártida Argentina, Base Alte. Brown, Base Matienzo, Base Esperanza.*

De las gráficas de trayectorias solares, sean de proyección cilíndrica u ortográfica, pueden extraerse los valores de acimut y altitud correspondientes a cada hora durante los meses del año.

(4) El programa RADIAC.EXE o el Sistema BIOCLIM pueden descargarse desde <http://jdczajko.tripod.com/bioclim/>

En la Figura 8 se muestra que la posición del sol se define en función de dos ángulos a partir de un plano imaginario dado por la superficie de la tierra en un determinado sitio. Así la altura del sol será cero cuando se encuentre en el horizonte y 90 cuando esté en el cenit o perpendicular al plano, indicado con la letra h en la figura. La posición respecto de la orientación sobre el plano se denomina azimut y por convención es 0° en el norte, 90° en el este u oeste y 180° en el sur. Indicado con la letra A .

De esta manera podremos indicar la posición del sol en cualquier latitud de la tierra, para una hora y día determinados con la altura y el azimut. Por ejemplo para el día 21 de diciembre a l mediodía en el verano de la ciudad de La Plata (Lat = -35°) el sol se encontrará a una altura de 78° sobre el horizonte y con un azimut de 0° , en el mismo día pero a las 18 hs la altura será de 6° y el azimut de 109° hacia el oeste. A las 6 de la mañana el sol tendrá la misma altura pero 109° hacia el este.

En este punto debemos hacer notar que el sol saldrá exactamente por el este (90°) y se ocultará en el oeste (90°) en dos días del año, el 21 de marzo y el 21 de septiembre.

De la misma manera para el día 21 de diciembre a l mediodía en el verano de la ciudad de Ushuaia (Lat = -55°) el sol se encontrará a una altura de 58° sobre el horizonte y con un azimut de 0° , en el mismo día pero a las 18 hs la altura será de 11° y el azimut de 115° hacia el oeste. Vemos que en el verano los días se alargan a medida que nos alejamos del ecuador, donde todos los días del año duran 12 hs, y en los polos el día solar dura 24 hs girando en torno al horizonte a una altura de $23^\circ 27'$.

Esta altura se corresponde con la declinación del eje de la tierra tal como se vió en el apartado 2.2.

Volviendo al caso de La Plata pero en invierno la altura del sol al mediodía será de 31° el 21 de junio y a las 6 o 18 hs el sol ya se habrá ocultado en el horizonte.

El día solar habrá durado casi 9 1/2 hs.

En el otro extremo del país, Ushuaia, en invierno la altura del sol al mediodía será de solo 12° el 21 de junio, amaneciendo cerca de las nueve de la mañana y atardecido a las 3 de la tarde.

El día solar habrá durado solamente 6 1/2 hs.

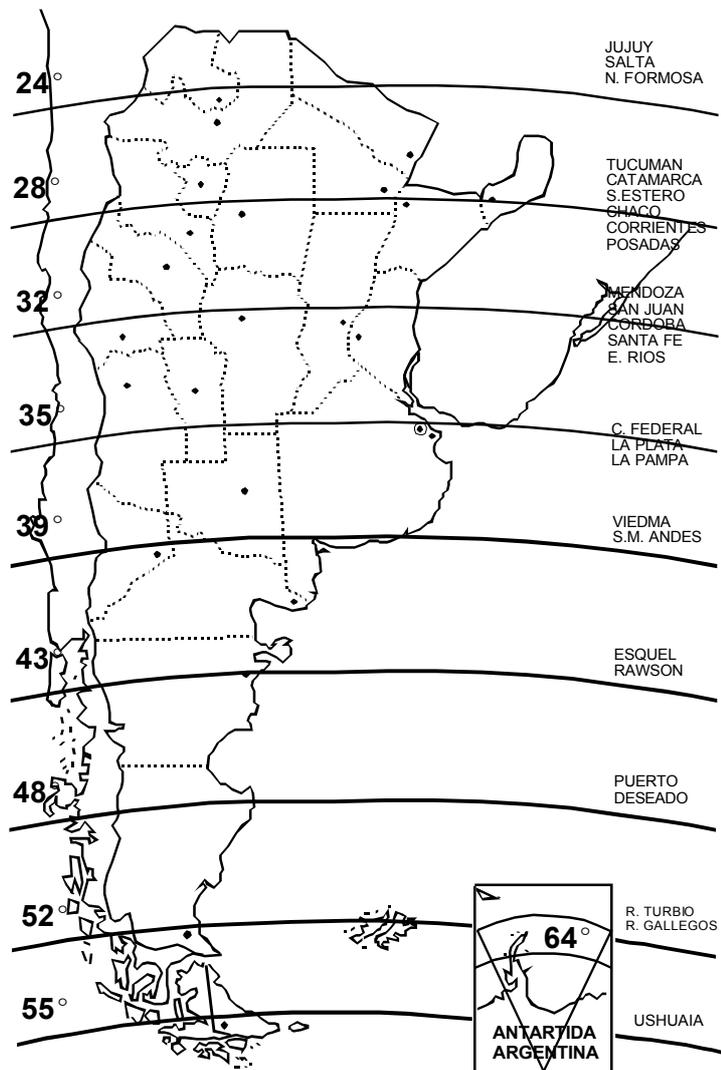


FIGURA7: Mapa de la República Argentina indicando las latitudes seleccionadas para la confección de las gráficas de trayectorias del sol y la Tabla 1.

en el verano los días se alargan a medida que nos alejamos del ecuador, donde todos los días del año duran 12 hs, y en los polos el día solar dura 24 hs girando en torno al horizonte a una altura de $23^\circ 27'$.

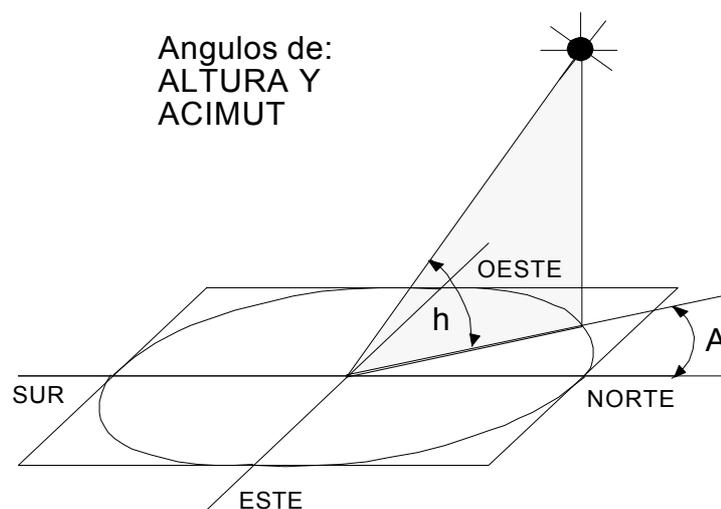


FIGURA 8: definición de la posición del sol mediante los ángulos de altitud

Es muy importante tener en cuenta que esto se da en una situación ideal donde el horizonte se encuentra siempre en 0°. Con esto decimos que en Ushuaia las montañas que se encuentran al norte arrojan sombra sobre la ciudad en invierno que es cuando más se necesita la radiación solar. En otro caso la ciudad de Merlo en la provincia de San Luis que se halla ubicada sobre la ladera oeste de la sierra de los Comechingones en invierno el sol amanece sobre la localidad recién cerca de las 11 de la mañana. Mientras en la localidad de Cachi, Salta, que se ubica en la ladera este de la cordillera de los Andes la situación es opuesta.

En la Tabla 1 puede encontrarse una síntesis de la posición del sol para las nueve latitudes mencionadas anteriormente. En algunos casos resulta más simple el uso de estos valores que la lectura de las gráficas de trayectoria solar.

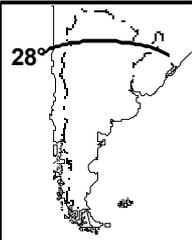
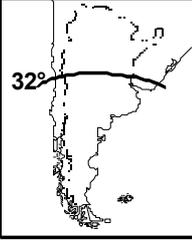
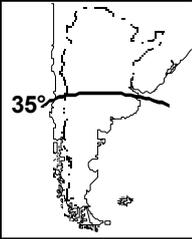
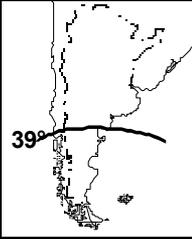
LATITUD	ANGULO DE	SOLSTICIOS Y EQUINOCCIOS	HORA (h)								
			4 20	5 19	6 18	7 17	8 16	9 15	10 14	11 13	12
 24°	ALTURA (H)	21 Diciembre	---	---	10	23	36	49	63	77	89
		21 Marzo-setiem	---	---	---	12	26	39	51	61	66
		21 Junio	---	---	---	3	15	25	34	40	43
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	---	111	106	102	98	95	90	0
		21 Marzo-setiem	---	---	---	85	78	69	57	27	0
		21 Junio	---	---	---	63	55	46	34	18	0
 28°	ALTURA (H)	21 Diciembre	---	---	11	24	27	50	63	76	85
		21 Marzo-setiem	---	---	---	12	25	37	49	58	62
		21 Junio	---	---	---	1	12	22	31	36	39
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	---	111	105	99	94	87	74	0
		21 Marzo-setiem	---	---	---	84	76	66	53	33	0
		21 Junio	---	---	---	63	55	45	33	18	0
 32°	ALTURA (H)	21 Diciembre	---	1	13	25	37	50	63	75	81
		21 Marzo-setiem	---	---	---	11	24	35	46	54	58
		21 Junio	---	---	---	---	10	20	27	33	35
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	117	110	103	96	89	79	60	0
		21 Marzo-setiem	---	---	---	83	74	64	49	30	0
		21 Junio	---	---	---	---	54	44	31	17	0
 35°	ALTURA (H)	21 Diciembre	---	2	6	25	37	50	62	73	78
		21 Marzo-setiem	---	---	---	11	23	34	44	51	55
		21 Junio	---	---	---	---	8	17	25	30	31
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	117	109	107	94	86	74	51	0
		21 Marzo-setiem	---	---	---	82	73	62	47	27	0
		21 Junio	---	---	---	---	54	43	31	16	0
 39°	ALTURA (H)	21 Diciembre	---	5	15	26	38	49	60	69	73
		21 Marzo-setiem	---	---	---	10	21	32	40	47	50
		21 Junio	---	---	---	---	5	14	20	25	27
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	117	108	99	90	80	65	41	0
		21 Marzo-setiem	---	---	---	81	71	59	44	25	0
		21 Junio	---	---	---	---	53	42	30	16	0

TABLA 1: Síntesis de valores de altura y azimut del sol para trss momentos del año (verano, otoño/ primavera e invierno), en 9 latitudes características de la República Argentina.

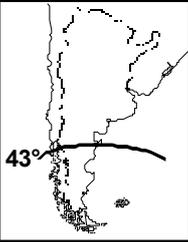
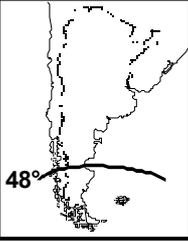
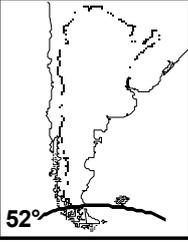
LATITUD	ANGULO DE	SOLSTICIOS Y EQUINOCCIOS	HORA (h)									
			4 20	5 19	6 18	7 17	8 16	9 15	10 14	11 13	12	
	ALTURA(H)	21 Diciembre	---	6	16	27	38	48	58	66	69	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	9	20	29	38	43	46	
		21 Junio	---	---	---	---	3	11	17	21	23	
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	117	107	97	87	75	59	35	0	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	81	70	57	42	23	0	
		21 Junio	---	---	---	---	53	42	29	15	0	
	ALTURA(H)	21 Diciembre	---	6	16	27	38	48	58	66	69	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	9	20	29	38	43	46	
		21 Junio	---	---	---	---	3	11	17	21	23	
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	117	107	97	87	75	59	35	0	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	81	70	57	42	23	0	
		21 Junio	---	---	---	---	53	42	29	15	0	
	ALTURA(H)	21 Diciembre	---	6	16	27	38	48	58	66	69	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	9	20	29	38	43	46	
		21 Junio	---	---	---	---	3	11	17	21	23	
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	---	117	107	97	87	75	59	35	0	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	81	70	57	42	23	0	
		21 Junio	---	---	---	---	53	42	29	15	0	
	ALTURA(H)	21 Diciembre	4	11	19	28	36	45	52	57	58	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	8	16	23	29	33	35	
		21 Junio	---	---	---	---	---	3	7	10	12	
	AZIMUT (A)	21 Diciembre	127	115	103	91	79	64	47	25	0	
		21 Marzo-setiem	---	---	---	79	66	52	37	20	0	
		21 Junio	---	---	---	---	---	41	28	14	0	

TABLA 1 (Cont.): Síntesis de valores de altura y azimut del sol para trss momentos del año (verano, otoño/ primavera e invierno), en 9 latitudes características de la República Argentina.

En el Anexo 2 pueden verse las salidas del programa DIAGSOL.EXE correspondientes a las latitudes 24°, 28°, 32°, 39°, 43°, 48°, 52°, 55° y 64°.

Si se desea obtener valores para cualquier otra latitud en el hemisferio norte y sur se recomienda el uso del programa.

Este opera entre + 70° y - 70° que se corresponden a latitudes cercanas a los círculos polares donde se concentra mayormente la población en el planeta.

3. CONTROL SOLAR

Mientras en invierno la radiación solar contribuye en forma natural a la calefacción de los edificios, durante el verano la acción solar puede ser excesiva, aumentando las temperaturas interiores por encima de las condiciones de confort. Diversos factores pueden contribuir a reducir el impacto solar en las construcciones, como pueden ser: la utilización del color blanco en las superficies exteriores, la reducción de la superficie de huecos, la protección solar, utilizando voladizos y pantallas que obstaculicen la incidencia de la radiación solar, la inercia térmica, que amortigua y retrasa el flujo periódico de calor de componenete solar y el aislamiento térmico de huecos y muros, que reduce el flujo calorífico en los mismos.

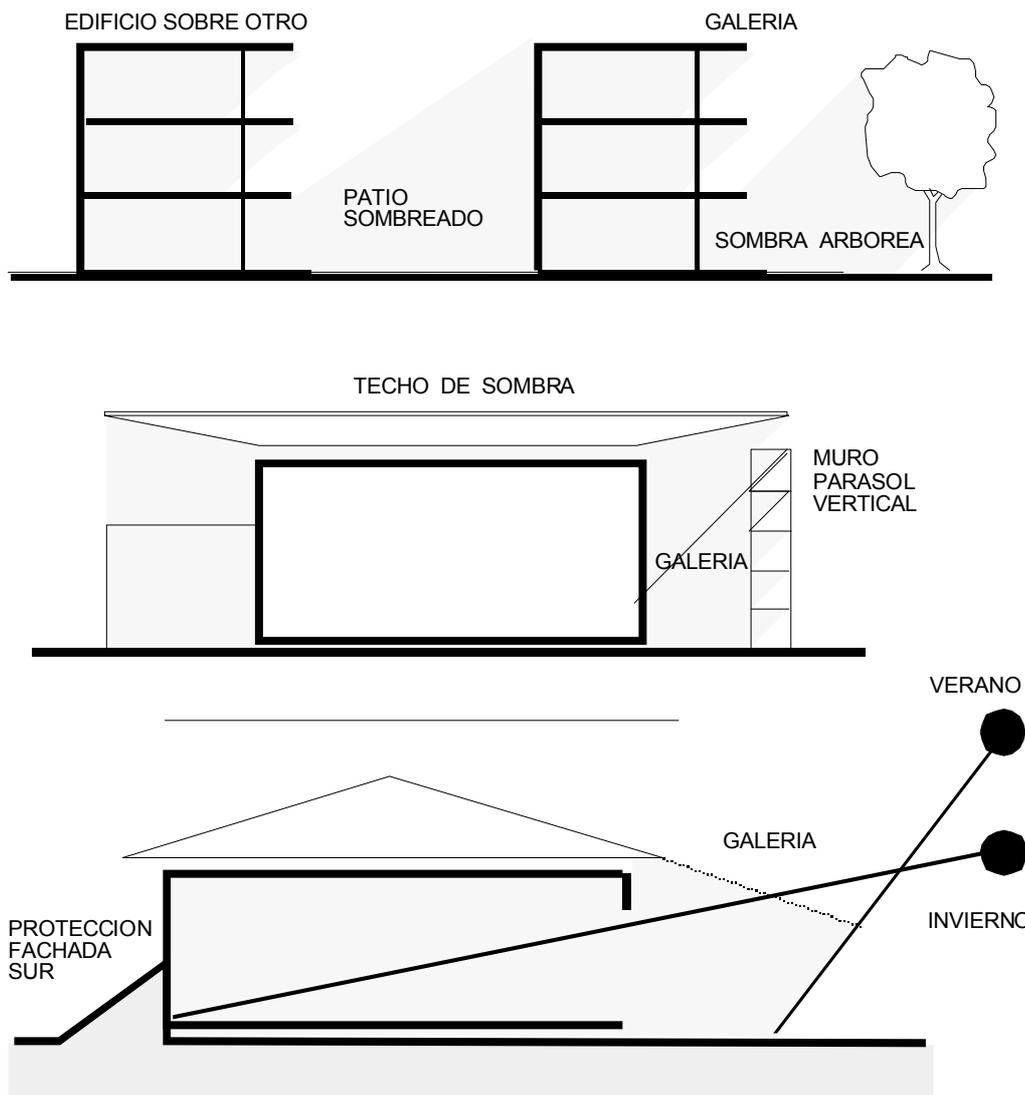


FIGURA 9: El sol, las sombras y los edificios.

Los huecos acristalados contribuyen en gran medida al aumento excesivo de las ganancias solares en verano; por ello, hay que evitar también por esta razón (la otra sería las pérdidas caloríficas en invierno) el uso arbitrario y exagerado del vidrio en las fachadas de los edificios, propuesto por algunos precursores de la arquitectura moderna y aceptado por innumerables seguidores. Aquella idea de unir el espacio interior con el exterior mediante grandes paneles acristalados, que en cierto modo “introducían” el paisaje en el interior de los edificios, hoy día supone un abuso en el consumo energético, pues este tipo de huecos implica, en general, grandes necesidades energéticas tanto en verano, para refrigerar como en invierno, para calentar el edificio.

El efecto térmico de una pared de vidrio depende, además de su superficie, orientación, ventilación y condiciones de sombreado, de las propiedades espectrales de su composición vítrea. Como sabemos una característica de los materiales transparentes, como el vidrio y ciertos plásticos, consiste en la propiedad de transmitir energía radiante a través de ellos con pérdidas muy pequeñas, principalmente las radiaciones de la franja visible siendo, sin embargo, opacos a radiaciones de longitud de onda larga a partir del infrarrojo.

Los grandes edificios con gran predominio de superficie vidriada en sus fachadas (“cajas de cristal”) y con ausencia de protección solar en las mismas, se convierten en enormes invernaderos humanos que se sobrecalientan en verano y se enfrían excesivamente en invierno, en ausencia de aire acondicionado artificial. Las instalaciones artificiales de acondicionamiento del aire palian el problema generado por este error en el diseño a costa de un derroche energético. La protección solar en estos edificios evitaría la componente radiante en el incremento de la temperatura interior, que puede ser muy importante debido al efecto invernadero. Queda sin solución, debido a la escasa resistencia térmica del muro transparente, la componente correspondiente a la temperatura exterior del aire.

En un edificio, en situación de verano, cuando las ventanas están en sombra, un aumento del tamaño de éstas acercaría la temperatura interior al mismo nivel que la exterior, debido a la escasa resistencia térmica del vidrio en relación con los muros opacos. Por otro lado, cuando las ventanas no están en sombra se convierten en verdaderos colectores solares, y un aumento de su tamaño originaría un considerable incremento del calor solar, elevando las temperaturas interiores muy por encima de las exteriores.

La protección contra la radiación solar comienza con la orientación del edificio. En efecto, un edificio cuyo eje más largo se sitúe en la dirección Este-Oeste tiene una posición más favorable para la protección solar, ya que, dispone de una fachada principal orientada al Sur y las fachadas Este y Oeste tienen menor superficie expuesta. Así por ejemplo, Olgay ha estimado que las fachadas orientadas al Este y al Oeste reciben aproximadamente dos veces y media más radiación solar en verano que en invierno en la latitud 40° N, mientras que la fachada sur recibe en verano casi dos veces menos radiación que en invierno. Se puede decir, por tanto, que una vivienda con la fachada principal orientada al Norte entre medianerías (fachada Este y Oeste opacas) y con una superficie mínima de huecos orientadas al Sur reúne unas condiciones óptimas tanto para el verano como para el invierno, pues es más fácil de refrigerar en verano (menor carga frigorífica) y más fácil de calentar en invierno (mayor aportación calorífica solar).

A pesar de varios intentos, con diferentes tipos de vidrios (reflectantes, absorbentes, etc.), para evitar la radiación solar, se ha llegado a la conclusión de que la forma mejor de protegerse consiste en un dispositivo exterior que produzca sombra sobre el hueco acristalado.

Los dispositivos de sombra, como sabemos, son pantallas interpuestas entre el sol y el elemento a proteger. Su función consiste, por así decirlo, en acercar lo más posible la fachada soleada a aquella que está orientada al Sur. Estos dispositivos son en su mayoría fijos, pero también pueden ser de tipo variable, de forma que puedan orientarse en relación a las distintas posiciones del Sol. En la mayoría de los casos basta disponer de pequeños voladizos, los cuales, calculados adecuadamente con arreglo a la trayectoria aparente del Sol, evitarán el calor de éste en verano y permitirán su paso en invierno. En lugares muy calurosos, los dispositivos de protección solar no se limitan a la protección de huecos acristalados, sino que también se disponen para proteger muros exteriores. Se han construido parasoles incluso en cubiertas o, más aún, se pueden proyectar de forma que protejan a un edificio en su totalidad e incluso a un conjunto de ellos. En estos casos, de protección de muros opacos y cubiertas, conviene como primera medida la utilización del color blanco que refleja gran parte de la radiación solar incidente. Hay que tener en cuenta que gran parte del calor solar que pueda alcanzar un muro puede ser debido no sólo a la radiación directa sino a la radiación indirecta debida a la reflexión en el suelo de los rayos solares, a lo cual hay que añadir la radiación difusa.

Otro factor importante a tener en cuenta en verano es la ventilación de la fachada, de tal forma que el aire caliente ascendente pueda fluir y no se quede estancado como ocurre con frecuencia con los voladizos macizos que entorpecen la circulación del aire caliente, provocando un sobrecalentamiento de la fachada. Por ello, son preferibles los sistemas perforados o con lamas que permiten una mejor "respiración" de la fachada expuesta.

Los parasoles tienen la ventaja de permitir una iluminación natural mejor y más abundante en los locales que la que se obtendría interponiendo cortinas o persianas para atenuar el impacto solar.

Podemos considerar el efecto de inercia térmica, en los muros de gran espesor, como una forma de protección solar importante siendo precisamente en verano cuando este tipo de muros cumple mejor su papel de amortiguación y desfase de la onda térmica sol-aire.

Otro aspecto a tener en cuenta en la protección solar de edificios puede ser el efecto de sombra de unos edificios sobre otros, del cual tenemos un buen ejemplo en el urbanismo árabe, cuyas calles estaban protegidas del sol debido a su estrechez, y el de los árboles de hojas caducas de alrededor que ejercen sombra en verano y dejan pasar los rayos solares en invierno.

3.2. Protección solar de ventanas

La protección solar en las ventanas o, en general, en los huecos acristalados, podrá colocarse en el exterior o en el interior de los locales correspondientes, siendo sustancialmente diferente el comportamiento en uno y otro caso. En el caso de protecciones verticales (persianas, pantallas, parasol, etc) la protección exterior es más efectiva que la interior, pues en este último caso tenemos como desventajas el efecto invernal y la disipación del calor de la protección, que en gran parte revierte hacia el interior del local.

En el caso de situar la protección solar en el interior, la radiación solar que atraviesa el acristalamiento está constituida por tres componentes: la reflejada, que siendo de onda corta atraviesa prácticamente en su totalidad el vidrio y vuelve al exterior; la absorbida por la protección, cuyo calor es disipado en el interior de la habitación por convección y radiación de onda larga, dando lugar en este último caso al efecto invernadero al irradiar hacia el vidrio y reflejarse; una tercera componente podría atravesar la protección, con lo que la radiación incidiría sobre las paredes de la habitación siendo prácticamente absorbida.

Está claro, pues, que los elementos de protección solar, tanto exteriores como interiores, deben tener tonalidades muy claras o mejor ser de color blanco.

Los voladizos constituyen un excelente sistema de protección solar que no impide la entrada de radiación difusa, con lo que no disminuye la iluminación natural de los locales como en el caso de protecciones verticales opacas. En el caso de las fachadas Este y Oeste estos voladizos alcanzan mayores dimensiones debido a la menor altura del sol incidente. Estas se pueden establecer a partir de los métodos analíticos, que nos dan la posición del Sol en las diferentes horas y épocas del año, o basándose en las cartas solares.

Cuando las ventanas no se colocan a filo exterior de fachada sino hacia el interior del hueco, la cantidad de calor solar que penetra por ellos disminuye notablemente debido a la sombra proyectada por las aristas del dintel y las jambas, sobre todo en muros de gran espesor. Por tanto, en un hueco acristalado con el vidrio colocado hacia el interior a cierta distancia, sólo una fracción de la superficie total de la ventana recibirá radiación directa.

3.3. Diseño de protecciones solares para ventanas

Para diseñar una protección solar lo primero que hay que conocer es el período del año en que ésta es necesaria. Dicho período será aquél en el cual el acceso de la radiación solar en el interior del edificio supone un acceso de ganancias caloríficas, las cuales contribuyen el discomfort térmico y en consecuencia al posible consumo de energía para producir frío que compense este exceso de calor. Olgay llama a este período el sobrecalentado, y se podría establecer mediante un valor de la temperatura del aire exterior fijándola en los 18°C, por ejemplo, y encima de la cual es necesaria la protección solar. Se podría precisar mejor este límite de temperaturas con variaciones de 3 y 4°C si consideramos las características del edificio (inercia, color, huecos, etc.) y del clima.

Por el contrario, en el período infracalentado del año es necesaria la penetración de la radiación solar en el edificio para contribuir a elevar la temperatura del aire y de las superficies interiores (calefacción solar pasiva).

El método de Olgay para el diseño de una protección solar se puede resumir en los siguientes puntos:

- a. Determinar el período del año en que se necesite protección solar (período sobrecalentado).
- b. Reflejar en la carta solar dicho período mediante una línea de separación.

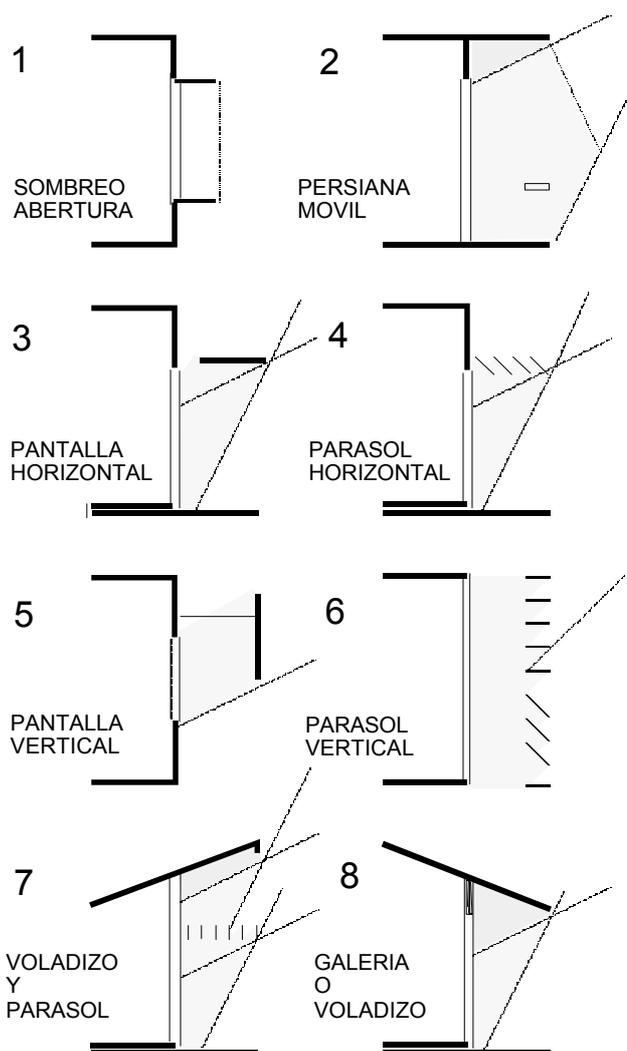


FIGURA 10: Diversos tipos de protección solar.

d. Dimensionar la protección solar que se ajuste a dicho período. Por ejemplo, en un punto de un hueco sabiendo el ángulo h del Sol por encima del cual se quiere evitar la radiación solar, podemos determinar la longitud l de un voladizo (cuya altura sea dada de antemano). La protección se podrá completar con otros elementos verticales, etc., que en su conjunto cubran la zona sobrecalentada.

e. Comprobar que se permite el acceso del sol en el edificio durante el período infracaletado del año.

Se ha comprobado experimentalmente que la protección horizontal es, en términos generales, mejor que la vertical para huecos situados en muros verticales en cualquier orientación. Las ventanas de forma predominantemente horizontal son más adecuadas para las orientaciones Este y Oeste, mientras la forma preferentemente vertical es más adecuada para la orientación Norte, permitiendo una mejor penetración de la radiación solar.

El dejarse llevar por aspectos predominantemente estéticos en el diseño de una protección solar da lugar a diseños inadecuados, ya que no cumplen las dos condiciones básicas de este tipo de dispositivos, que son: a. rechazar el impacto solar el verano y b. permitir la entrada de la radiación solar en el edificio durante el invierno.

3.4. Protección solar de muros y cubiertas

La protección solar de una pared opaca (o transparente) es un problema complejo donde intervienen los siguientes factores:

- La forma geométrica y situación de la protección solar.
- La reflectancia .
- La emisividad de la cara interior y de la cara exterior de la pared que protege.
- La ventilación de la protección solar y la pared.
- El aislamiento térmico de la protección solar con respecto a la pared.
- El aislamiento térmico de la propia protección solar.

La acción combinada de todos estos factores puede contribuir a reducir la absorción a de la pared en cuestión. Podemos así distinguir tres tipos de parasoles para paredes opacas:

- a.** Parasoles verticales.
- b.** Parasoles horizontales.
- c.** Parasoles de cubierta.

El color de las superficies exteriores de los muros o cubiertas, es muy importante, porque determina la mayor o menor capacidad de absorción de radiación solar, medida por la absorción a de dichas superficies a la radiación solar. Así, por ejemplo, en verano una terraza horizontal con recubrimiento asfáltico puede llegar a absorber el 90% de la radiación solar incidente, mientras que si su recubrimiento fuese de color blanco se reduciría a un 20%.

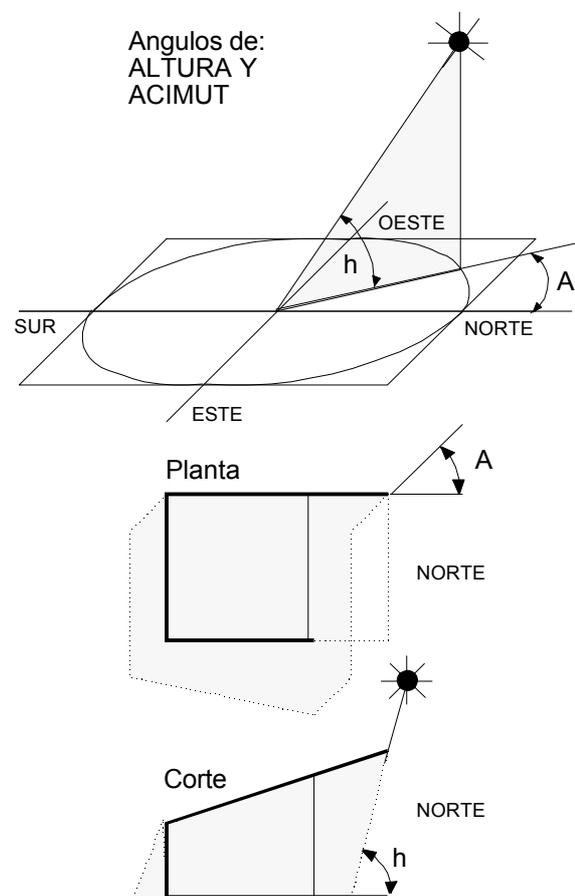


FIGURA 11: Técnica para dibujar sombras a partir de la altura y azimut del sol.

En zonas de clima continental, la gran amplitud de la onda de temperaturas, es decir, su diferencia entre el día y la noche puede causar dilataciones y contracciones importantes de los materiales de construcción, acelerando de esa forma su proceso de deterioro. Un procedimiento para reducir el impacto solar en las cubiertas, aparte del tratamiento óptico mediante el color, consiste en ventilarlas, con lo que no solamente se reducen las ganancias caloríficas durante el verano, sino que además se reducen los problemas de condensaciones en el invierno, al disminuir la humedad relativa en ellas.

La ventilación como sistema para atenuar el impacto solar se puede aplicar también a los muros, principalmente lo orientados al Oeste. Para ello se dispondrá una cámara de aire ventilada entre el muro a proteger y un tabique de pequeño espesor delante de él. Se puede utilizar una plancha de fibrocemento pintada de blanco por su parte exterior que tiene dos aberturas, una superior y otra inferior que permiten la circulación del aire de abajo a arriba cuando éste se calienta en dicha cámara, generando una circulación natural ascendente, debida a la diferencia de densidad entre el aire caliente, en contacto con el tabique y el aire exterior. Por la noche la circulación puede ser en sentido contrario, debido al enfriamiento del fibrocemento por radiación nocturna. Las aberturas en dicho dispositivo pueden ser practicables, de tal forma que se abran al objeto de reducir un mayor aislamiento térmico al mismo tiempo que se quiera evitar la penetración del agua de lluvia.

SOMBRAS Y ASOLEAMIENTO DE EDIFICIOS

El presente práctico se compone de dos partes:

a) Evaluar el asoleamiento a nivel urbano en La Plata, para invierno (junio) y verano (enero) apoyados en los cuadros de las pag. 63 y 64 o con la carta solar correspondiente.

b) Evaluar el asoleamiento a nivel edilicio en el interior de locales para invierno y verano según el siguiente esquema:

b1. Dibujar el asoleamiento dentro de los locales para todas las horas posibles.

b2. Diseñar una protección solar para la abertura, que permita máxima sombra durante el verano y máxima insolación durante el invierno.

VIENTO, VENTILACIÓN Y ARQUITECTURA



1. GENERALIDADES

El viento es quizás uno de los factores más importantes a considerar en el proceso de diseño por el efecto que causa sobre las construcciones. Estos efectos tienen dos características principales, las mecánicas y las concernientes al confort.

Las características mecánicas son muy importantes por sus efectos perjudiciales sobre las construcciones humanas tanto urbanas como rurales. Aquí no analizaremos el efecto sobre las estructuras, pero sí los comportamientos generales y la forma de atenuarlos en algunos casos y modificarlos en otros.

El efecto sobre el confort es del que más nos ocuparemos, en cuanto a los modos de protección y aprovechamiento del viento según sea el caso.

Respecto de ciertos comportamientos del viento en las construcciones nuestro análisis es insuficiente y se deberá recurrir a las simulaciones. Estas según el grado de complejidad podrán realizarse en túneles de viento como los existentes en el Departamento de Hidráulica de la UNLP o el Centro de Estudios Bioambientales de la FADU-UBA. Existen otros recursos como los informáticos pero o están en estado experimental o se circunscriben a la ventilación en el interior de los edificios.

2. VIENTO. CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO

El viento se produce a escala global por la diferencia de presión en la atmósfera, provocando movimientos del aire desde las zonas de alta presión (anticiclónicas) a las de baja presión (cyclónicas).

La velocidad del viento varía en función de dos factores principales, la altura y la rugosidad del terreno. Esta rugosidad genera la denominada capa límite que varía en su espesor en relación a la referida rugosidad. Esto quiere decir que sobre la superficie del mar o lagos el espesor será mínimo respecto a las áreas urbanas.

Según lo dicho la velocidad varía con la altura y la rugosidad y podemos ver en la Figura 1 como para una misma velocidad de 160 km/h, esta se produce a diferentes alturas según sea sobre una llanura, un pueblo o una ciudad. Esta velocidad disminuye más fuertemente con la rugosidad que con la altura.

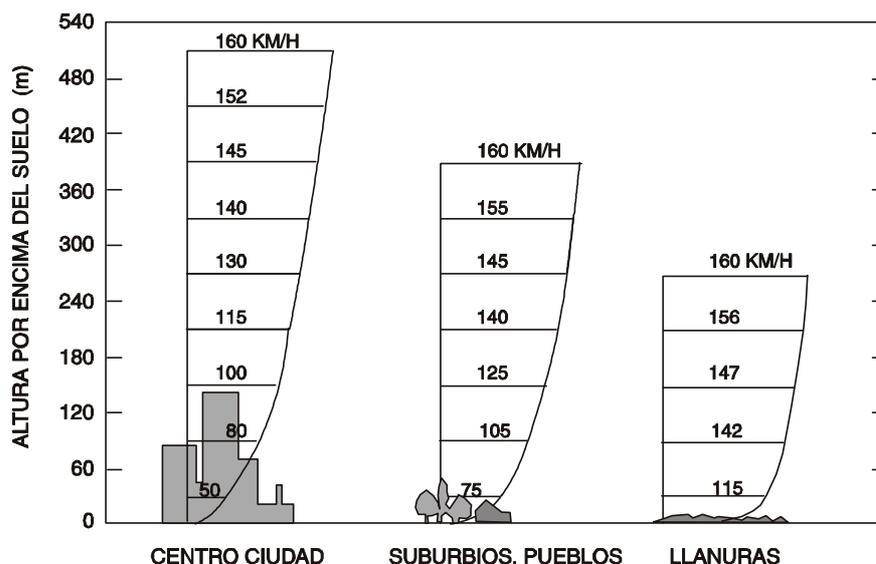


FIGURA 1: Velocidad del viento según distintas zonas (rugosidad).

En nuestro país se dan vientos típicos en diferentes épocas del año o sitios que es importante conocer.

En la zona pampeana son destacables el Pampero, la Sudestada y el viento Norte. El primero proveniente del cuadrante SO tiene una gran frecuencia anual y se caracteriza por sus fuertes ráfagas de más de 100 km/h que son causantes de fuertes tornados. La Sudestada es muy conocida en los sectores ribereños por los cuantiosos daños que provoca y por la duración de las tormentas, ambos provocan un descenso de 10 o más grados en la temperatura ambiente en pocos minutos y normalmente son acompañados de fuertes lluvias. El viento Norte, cálido y húmedo, proveniente del Brasil se carga de humedad en su paso por los esteros correntinos y el delta bonaerense provocando una rápida suba en la temperatura, es un viento pesado que provoca malestares de carácter en los individuos.

En nuestra zona son características las brisas del mar o río de La Plata (cuadrante NE-E) durante el día en el verano, que duran hasta entrada la noche; son lo suficientemente fuertes y persistentes que en algunos casos frenan los vientos típicos. La brisa de tierra o terral, se deja sentir durante todo el año en las primeras horas de la mañana, es menos activa pero posee menor temperatura y es más seca. Esta brisa puede ser aprovechada para el refrescamiento del interior del edificio durante el verano.

Otros vientos particulares son el Zonda proveniente del Oeste-NO, afecta la zona sanjuanina y se caracteriza por ser muy caliente, seco y polvoriento. Es causantes de gran discomfort por las subas de hasta 20° en la temperatura del aire y disminuciones del 80% en la humedad relativa.

Es conveniente un análisis particular de los vientos de cada sitio para una mayor protección de los perjudiciales y un aprovechamiento de los útiles en distintas épocas del año. Para esto se debe recurrir a una rosa de los vientos donde se volcarán los datos proporcionados por el S.M.N. en cuanto a frecuencias, orientaciones y velocidades medias. En la Figura 2 se muestra el caso de La Plata.

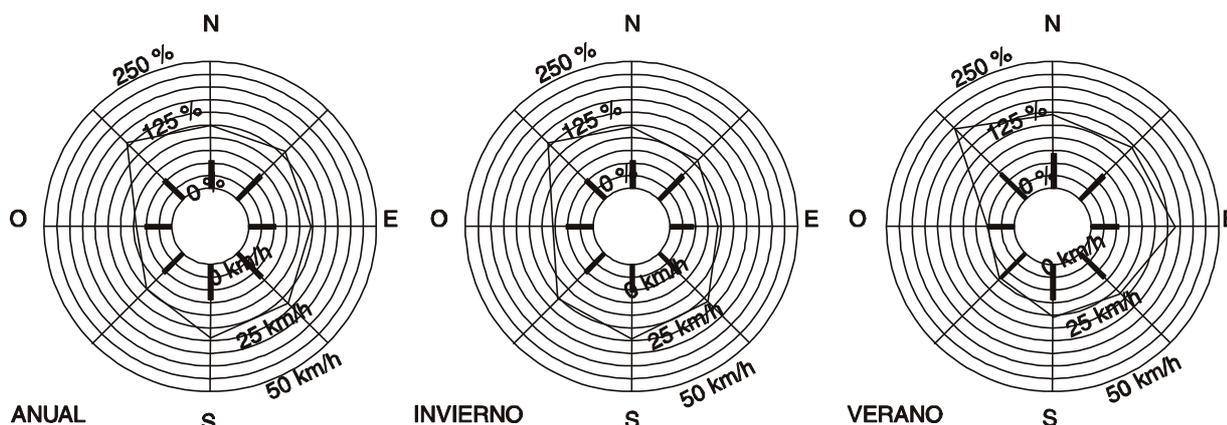


FIGURA 2: Ciudad de La Plata, Rosa anual, enero y julio de vientos.

Este análisis podrá ser anual, periódico o mensual según el nivel de profundidad con que deseemos trabajar.

El viento puede clasificarse según su velocidad y comportamiento, como por ejemplo, la escala de Beaufort (ver Tabla 1). Podemos conocer también la sensación térmica provocada por efecto del viento (Ver Tabla 2). En el Capítulo 2 se analizaron otros efectos del viento sobre el confort cuando se expuso el método de Olgay para el estudio de climas.

2.1. Efectos del viento en función de formas edilicias y sus agrupamientos

El viento al actuar sobre las edificaciones genera zonas de presión y zonas de succión sobre los mismos, además provoca una sombra a barlovento en la cual las velocidades disminuyen considerablemente. Estas variaciones de velocidad, presión y dirección varían con las formas y proporciones de los edificios.

La agrupación de edificios en conjuntos urbanos puede provocar la generación de fuertes corrientes de aire al nivel del suelo, causantes de malestar en los peatones.

Escala de Beaufort Denominación		Velocidad		Impacto en el hombre, los edificios y la vegetación
		m/seg	Km/hora	
0	Calma	0 - 0.5	0 - 0.9	Sin sensación de refrescamiento, espejos de agua calma, el humo sube verticalmente.
1	Ventolina	0.6 - 1.5	1 - 6	Viento indicado por humo (no por veletas), movimiento perceptible por el efecto de enfriamiento.
2	Brisa suave	1.6 - 3.3	6 - 11	Sensación de aire sobre la cara, movimiento de veletas y hojas.
3	Brisa leve	3.4 - 5.4	12 - 19	Movimiento del cabello, se inicia el discomfort, hojas en movimiento, banderas extendidas.
4	Brisa moderada	5.5 - 7.9	20 - 28	Discomfort. Levanta polvo y papeles, movimiento de pequeñas ramas.
5	Viento regular	8.0 - 10.7	29 - 38	Se siente la fuerza del viento sobre el cuerpo, hojas de árboles en leve movimiento.
6	Viento fuerte	10.8 - 13.8	39 - 49	Ruido en las orejas, dificulta el caminar, levanta arena y nieve, ramas en movimiento.
7	Viento muy fuerte	13.9 - 17.1	50 - 61	Arboles en movimiento, inconvenientes para caminar contra el viento.
8	Temporal	17.2 - 20.7	62 - 74	Rompe pequeñas ramas, el movimiento contra el viento equivale a una pendiente de 1/5.
9	Temporal fuerte	20.8 - 24.4	75 - 87	Las ráfagas producen pérdida de equilibrio en las personas, daños leves a edificios, tejas levantadas.
10	Temporal muy fuerte	24.5 - 28.4	88 - 102	Movimiento prácticamente imposible, daños estructurales a edificios. Se experimenta rara vez en zonas mediterráneas.
11	Tempestad	28.5 - 32.6	103 - 117	Árboles derrumbados. se experimenta muy raras veces; ocasiona daños generales por doquier.
12	Huracán	> 32.6	> 117	Daños extensos a zonas edificadas.

TABLA 1: Velocidad del viento y su impacto según la escala de Beaufort (Evans, 1994)

Estas corrientes de aire a altas velocidades no deben producirse en las entradas de los edificios, en la circulación peatonal, zonas de juegos de niños y estacionamientos, entre otros. Se deberá prestar especial atención al diseño de agrupamientos para evitar efectos indeseables, o acudir a especialistas que asesoren al equipo de proyecto y que conjuntamente, mediante simulaciones a escala permitan concretar el proyecto minimizando los problemas generados por el mismo.

Las formas edilicias generan turbulencias provocadas por la existencia de plantas libres, basamentos, saledizos, etc., que podemos ver en la Figura 3.

Para implantaciones cercanas a edificios altos Evans propone tres situaciones características: a. áreas cercanas a las esquinas en edificios altos, b. pasajes que penetran de un lado al otro en edificios altos y c. edificios bajos frente a edificios altos.

Velocidad del viento Km/hora	Temperatura del aire °C				
	10.0	7.5	5.0	2.5	0.0
0	10.0	7.5	5.0	2.5	0.0
4	9.5	7.0	4.5	2.0	-0.5
8	9.0	6.5	4.0	1.0	-1.5
12	7.0	5.0	2.0	-1.5	-4.0
16	5.0	2.5	-1.0	-5.0	-7.5
20	3.0	0.5	-2.5	-6.5	-9.0
24	2.0	-1.0	-5.0	-7.0	-11.0

TABLA 2: Sensación térmica generada por efecto del viento sobre la temperatura (Evans, 1994).

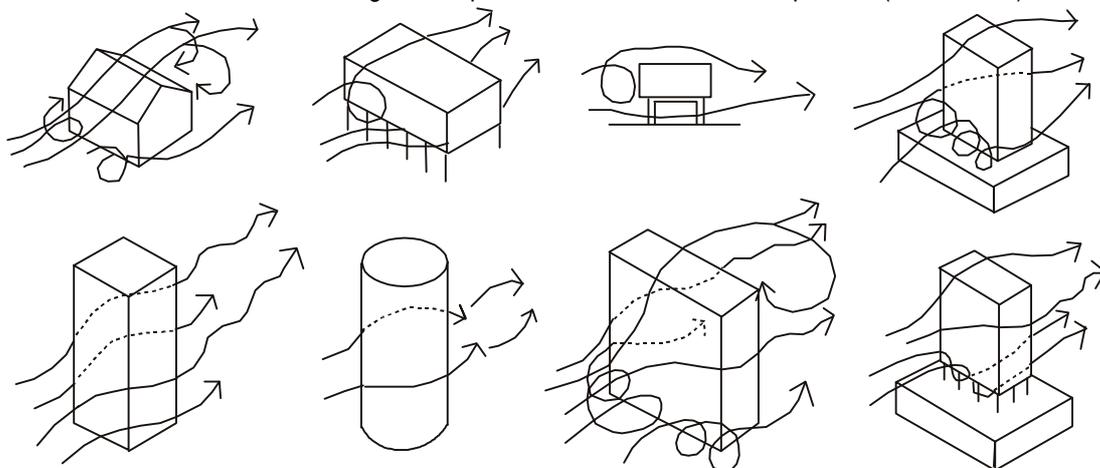


FIGURA 3: Flujo alrededor de los edificios (Sealey en Energía Solar... de Yañez, 1984).

a. Areas cercanas a las esquinas en edificios altos: “Los remolinos que se producen frente a los edificios altos, escapan por los lados, y a estos se agregan el viento que sopla por el frente y escapa por las esquinas.(Figura 4) Con edificios altos la combinación de estos factores y la tendencia del viento de bajar desde el edificio, producen vientos más fuertes por las esquinas que en las zonas frente al edificio. La velocidad máxima se encuentra al costado del edificio (entre una octava parte y una cuarta parte del largo del frente F). El área de alta velocidad, a nivel de planta baja, puede extenderse hasta una distancia igual a la altura del edificio, A. En esta zona las velocidades del viento a nivel peatonal pueden superar las velocidades promedio a nivel del techo del edificio alto”.

b. Pasajes que penetran de un lado al otro en edificios altos: “Edificios con pasajes o con planta baja libre pueden experimentar vientos fuertes en estos espacios bajo el edificio. (Figura 5) Como esta área es casi siempre utilizada como entrada o zona de circulación peatonal, es importante prevenir y tomar medidas para evitar posibles molestias. La combinación de áreas de alta y baja presión en los dos lados del edificio crea velocidades que pueden superar las velocidades a nivel techo en un 20%”

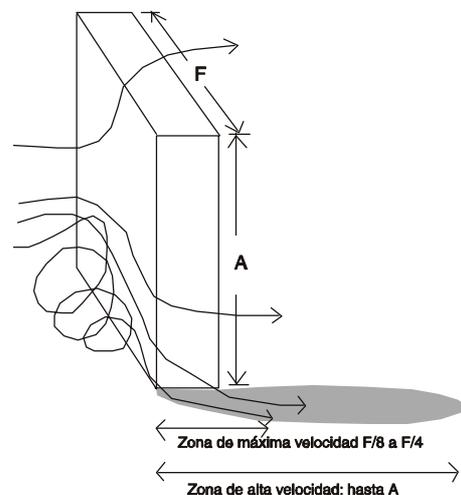


FIGURA 4: Turbulencias en las esquinas.

(1) J.M. Evans " El viento y el movimiento del aire en y alrededor de los edificios". Ficha de la Cátedra de diseño bioambiental. FADU-UBA. Buenos Aires, 1983.

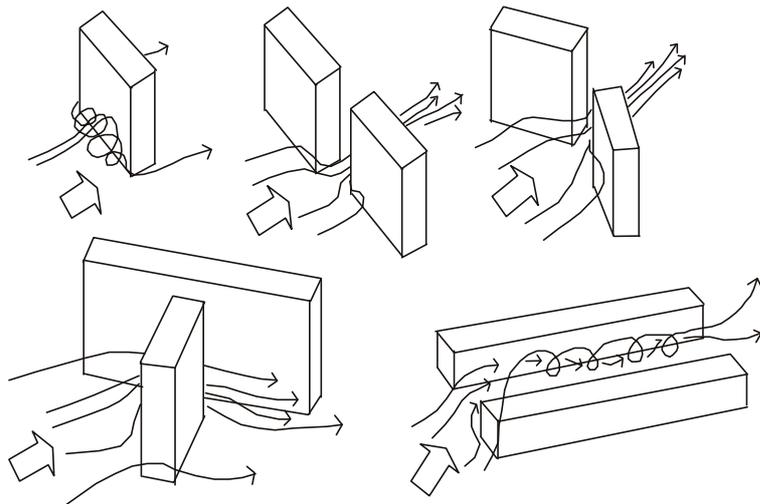


FIGURA 7: Combinación de edificios que deberán evitarse. (Evans, 1994)

c. "Vientos en frente de edificios altos y largos. En el área frente a edificios altos con grandes superficies expuestas al viento se encuentra una superficie a nivel peatonal con turbulencia en forma de un remolino. (Figura 6) La velocidad de este espacio a nivel peatonal como proporción de: - la velocidad del viento a nivel del techo del edificio depende de la dirección del viento. - de las proporciones del edificio, en especial la relación altura A y frente F. - la altura y la distancia hasta los edificios a barlovento. Con un edificio alto (entre 2 y 8 veces más alto que el edificio a barlovento) la velocidad del viento a nivel peatonal es máxima cuando la proporción $F/A > 0$ y $D/A > 0.5$ y < 1.0 ".

Existen combinaciones de edificios que en lo posible deben evitarse por los problemas que pueden acarrear y se exponen en la Figura 7.

2.1.1. Algunas recomendaciones de diseño:

Cuando la velocidad media del viento supere los 20 km/hora, como en la patagonia, es conveniente que los edificios no superen los tres pisos de altura para minimizar la fuerte presión del viento en los pisos altos.

En lo posible se deberán evitar los pasajes por debajo de los edificios y las plantas libres en todo el país salvo las zonas cálidas (zonas 1 y 2). En grandes aglomeraciones urbanas es conveniente la realización de simulaciones.

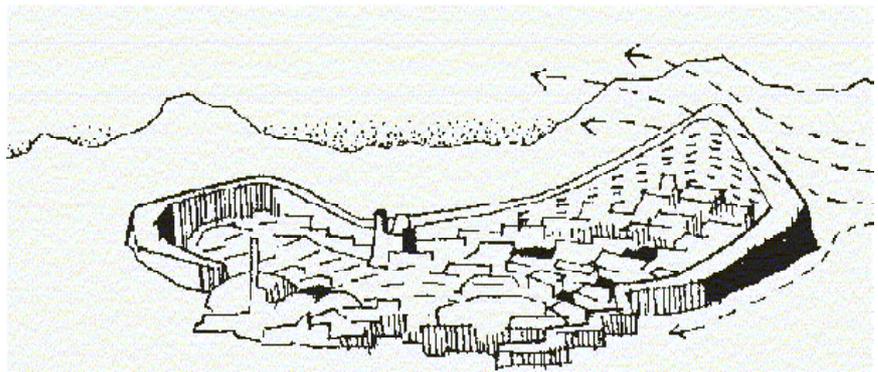


FIGURA 8: Proyecto de Erskine para una ciudad en el círculo polar ártico (Evans, 1994)

En la patagonia el viento predominante es del cuadrante O-SO, con lo cual una barrera de árboles en esa orientación proporcionara un área protegida de aproximadamente tres veces la altura de la barrera. Ubicando otros edificios dentro de esta área se podría extender sucesivamente la zona protegida.

Esta situación de barrera contra el viento fué planteada por R.Erskine para una ciudad en el círculo polar ártico donde un edificio cinta de altura variable genera un gran área protegida que puede ser habitada (ver Figura 8).

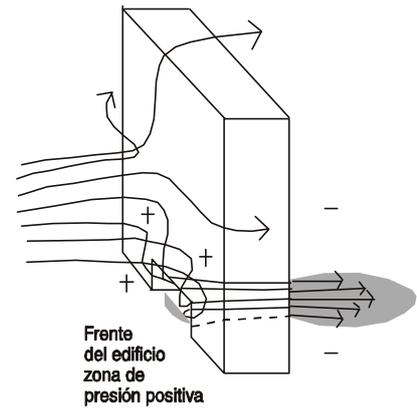


FIGURA 5: Turbulencias en los pasajes.

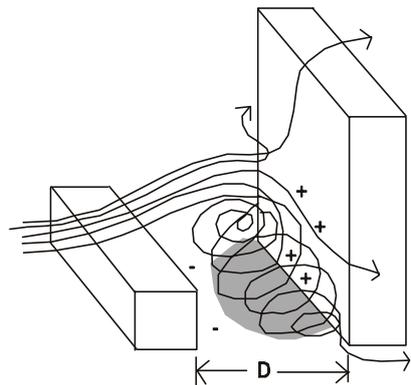
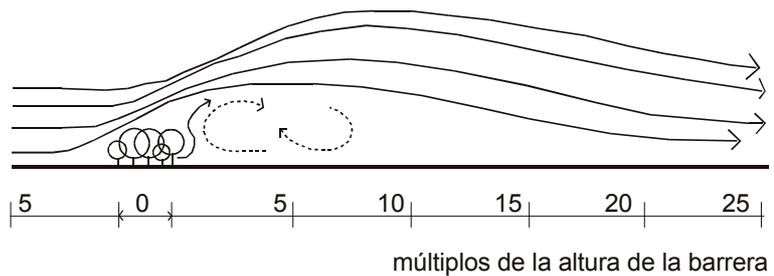


FIGURA 6: Turbulencias entre edificios bajos y altos.

2.2. Barreras rompevientos

Las barreras rompevientos pueden ser macizas en el caso de construcciones o permeables en el caso de cortinas vegetales. Las vegetales son más eficientes ya que protegen un área de 15 veces su altura, mientras que las no permeables protegen un área mucho menor sumado al inconveniente que el aire al descender lo hace con mayor fuerza.



Otro efecto de las barreras permeables se produce a sotavento por una fuerte disminución de la velocidad del viento (ver Figura 9).

A sotavento el aire retoma la velocidad original a una distancia de 20 veces la altura de la barrera, con lo cual si se ubican barreras sucesivas a esta distancia se logra una protección continua. Esto podemos verlo en toda la zona pampeana argentina donde desde fines del siglo pasado se cambió la rugosidad del terreno con la forestación de barreras de eucaliptus.

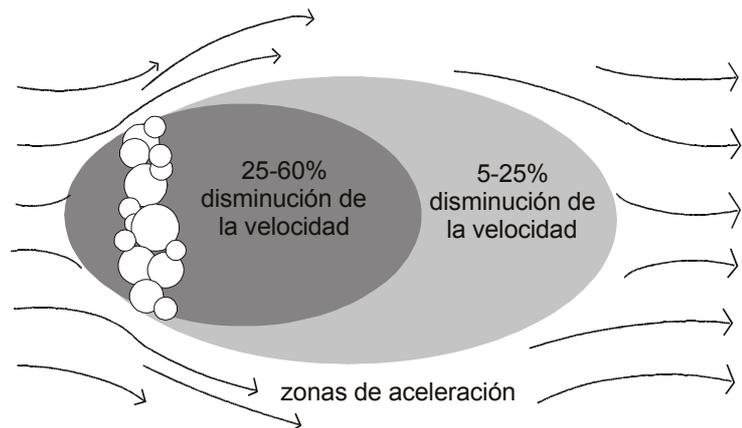


FIGURA 9: Barreras de viento vegetales.

2.3. Determinación del área protegida a barlovento

Para la determinación de la sombra del viento provocada por edificios, podemos utilizar los datos consignados en la Tabla 3.

Esta tabla se apoya en el comportamiento de un edificio ante el viento graficado en la Figura 10.

Podemos tomar como ejemplo un edificio de ocho pisos ($H=24$ m) de altura, nueve metros de ancho ($A=12$ m) y noventa y seis metros de largo ($F=96$ m).

Si el ancho es de 12 m, la altura será $H=2A$ y el largo $F=8A$.

La sombra del viento será 11.75 por el ancho A (12 m) igual a 141 metros. Este será la sombra del viento generada por el edificio.

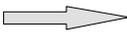
SOMBRA DE VIENTO SEGÚN SOMBRA como múltiplo de A (o de H=altura)					
Dirección del viento 	F largo del edificio (frente)				
	2A	4A	8A	16A	24A
A x A 	2.5	3.75	5.25	8.0	8.75
A= 2A 	2.0	2.75	3.75	6.0	7.0
A= 3A 	2.25	3.25	4.25	5.75	5.5
H= 2A 	5.25 (2.5)	8.25 (4.0)	11.75 (6.0)	16.25 (8.0)	18.0 (9.0)
H= 3A 	6.25 (2.25)	11.5 (3.75)	16.5 (5.5)	18.75 (6.25)	20.75 (7.0)
H= 2A  45°	2.75 (1.5)	5.25 (2.5)	9.25 (4.5)	13.25 (6.5)	15.0 (7.5)
H= 1.5A  30°	3.0 (2.0)	4.0 (2.5)	6.75 (4.0)	10.0 (6.25)	13.0 (8.25)
H= 1.25A  15°	3.0 (2.5)	5.25 (4.0)	8.5 (6.5)	11.5 (9.0)	14.75 (11.5)
H= 1.25A  15°	2.25 (2.0)	4.25 (3.25)	6.5 (5.0)	11.0 (8.75)	13.75 (10.75)

TABLA 3: Relación entre las proporciones y forma del edificio y el sector a proteger. (Evans. 1994)

Esto quiere decir que si separamos los edificios 142 metros el segundo tendrá una buena ventilación cruzada, mientras que si por ejemplo los separamos 100 metros lograremos proteger el sector entre edificios y el edificio siguiente.

3. VENTILACION

El edificio que diseñemos deberá responder a dos situaciones diferenciadas de ventilación correspondientes a las necesidades de verano e invierno. En el primer caso se denomina ventilación de confort y en el segundo, ventilación higiénica o mínima.

La ventilación de confort corresponde a la necesidad de renovación de aire de acuerdo a las distintas épocas del año, por lo que deberá ser regulable. Esta depende de diversos factores como: las dimensiones del ambiente, la relación dimensional de las aberturas y su orientación, las protecciones que posean los vanos y carpinterías (aleros, mosquiteros, postigones, etc), la cantidad de personas, etc.

La ventilación mínima o de higiene tiene por finalidad la evacuación de aire viciado de los ambientes, olores, vapores, gases de combustión y humo. Este tipo de ventilación debe ser permanente a lo largo del año. Esta depende de factores fijos como los correspondientes a la ventilación de confort y a factores variables como la dirección y velocidad del viento, la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior, la densidad del aire, etc.

Se plantea además otra clasificación en función del modo de distribución del aire dentro de los locales, correspondiente a: ventilación cruzada, ventilación por efecto chimenea, ventilación unilateral, ventilación semi-cruzada y ventilación forzada o por conductos.

3.1. Ventilación cruzada

Esta ventilación es la más eficiente, debiendo estar al nivel del usuario las carpinterías para generar una corriente de aire útil en el período caluroso y en el caso de la ventilación higiénica las aberturas deberán estar en la parte superior de los locales. (Figura 11)

3.2. Ventilación unilateral

Este tipo de ventilación se produce cuando se dispone en solo una de las caras del local dos aberturas superpuestas ya que si existiera solo una no se produciría ventilación. Esta no es la más eficiente porque la corriente de aire se produce en un mismo plano. (Figura 12)

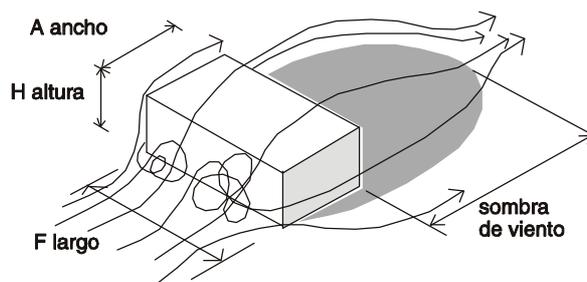


FIGURA 10: Modelo para tabla 3.

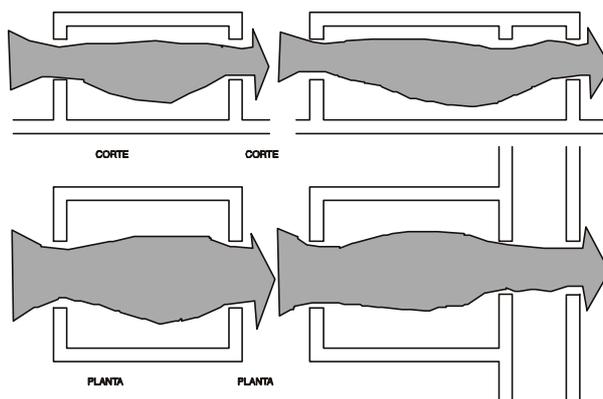


FIGURA 11: Ventilación cruzada.

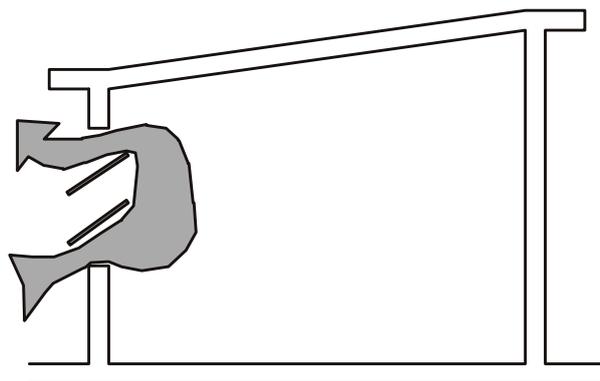


FIGURA 12: Ventilación unilateral.

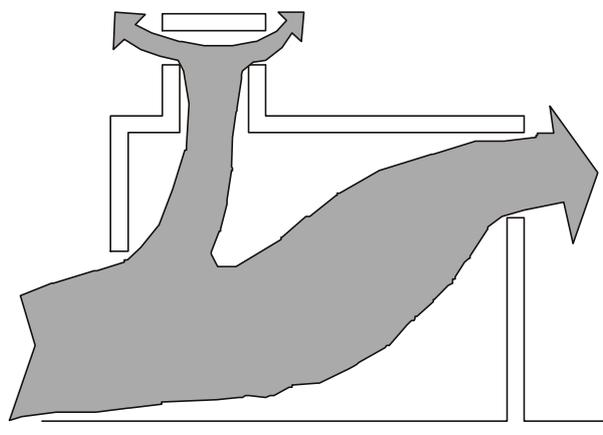


FIGURA 13: Ventilación por efecto chimenea.

3.3. Ventilación por efecto chimenea

Este es un buen método para generar ventilación sumando el efecto del viento a la diferencia de temperatura entre el aire interior y el exterior. Se sustenta en que el aire caliente es menos denso y por lo tanto más liviano generando una corriente de aire hacia la parte superior de los locales donde se localizarán los conductos de evacuación. Es un sistema utilizado habitualmente en la ventilación de depósitos industriales.

La eficiencia de este sistema de ventilación dependerá de las superficies de las aberturas, de la diferencia de altura entre ellas y de la diferencia de temperaturas del aire. Puede ser asociada a la ventilación cruzada mientras la distancia entre la entrada y la salida de aire sea grande. (Figura 13)

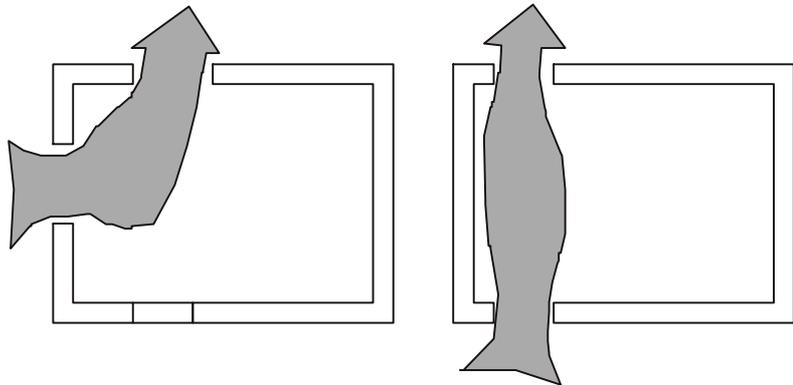


FIGURA 14: Ventilación semi-cruzada.

3.4. Ventilación semi-cruzada

Este tipo de ventilación no es tan eficiente como la cruzada pero es significativamente mejor que la unilateral.

Consiste en ventilar solo una parte del local quedando la otra en calma, lo cual es muy perjudicial desde el punto de vista de la ventilación. (Figura 14)

3.5. Ventilación forzada (por conductos)

Este sistema se utiliza habitualmente para ventilar baños y cocinas, es económica y eficiente para evacuar vapores, olores y aire viciado.

Puede concretarse con rejillas en la parte superior de los locales o por conductos chimenea. Como ejemplo un conducto de 10 cm de diámetro produce un flujo de aire de 28 a 42 m³/hora sin otras aberturas especiales como tomas de aire.

En cualquiera de los dos casos la eficiencia del sistema se sustenta en que existan aberturas de acceso de aire, de lo contrario el flujo evacuado dependerá de la estanqueidad de las carpinterías.

Si estas fueran muy estancas, como es conveniente para el período frío, la ventilación puede ser muy escasa debiendo preverse tomas de aire adicionales.

3.6. Efecto de la situación de los huecos en locales y la reducción de la velocidad del viento

En la ventilación cruzada es importante considerar la relación entre la superficie de los huecos y los muros ya que de lo contrario pueden producirse significativas disminuciones en la velocidad del aire.

En habitaciones con ventilación cruzada y dimensiones iguales entre los vanos GIVONI propone una expresión para estimar la velocidad interior media en función de la velocidad exterior.

$$V_i = 0,45 (1 - e^{-3,54 \times X}) V_e$$

donde: V_i es la velocidad interior media; X es la relación entre la superficie del hueco y la superficie del muro; V_e es la velocidad del viento exterior.

3.7. Movimiento del aire en el interior de locales en función de la forma, tamaño y ubicación de las aberturas

El movimiento del aire dentro de los locales puede modificarse en función de las necesidades. Estos comportamientos diferenciados de los flujos de aire dependen de la ubicación de las aberturas en paramentos opuestos (Figura 15), de las dimensiones de las aberturas y del sentido del viento (Figura 16), de la existencia de persianas o celosías que permitan modificar la orientación del flujo de aire (Figura 17), de los tipos de aleros existentes sobre las carpinterías (Figura 18), de los tipos de barreras próximas a las aberturas (Figura 19) y de efectos combinados en situaciones particulares (Figura 20)

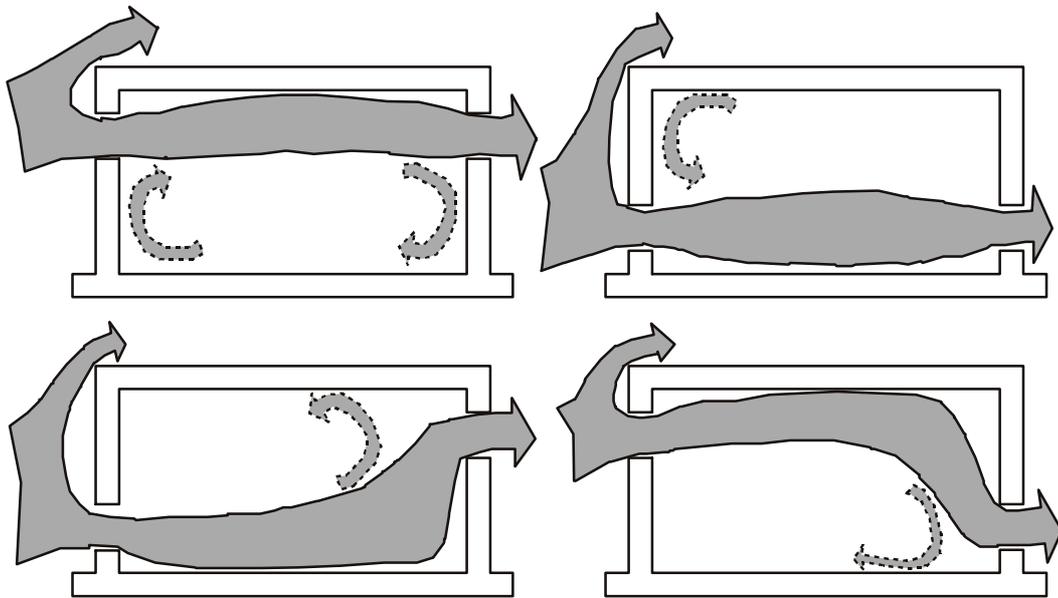


FIGURA 15: Efecto del flujo de aire por la posición de las aberturas.

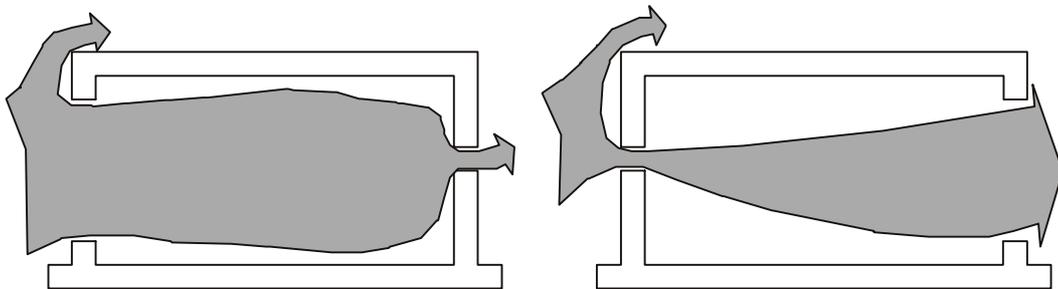


FIGURA 16: Efecto del flujo de aire con diferencia en las dimensiones de las aberturas.

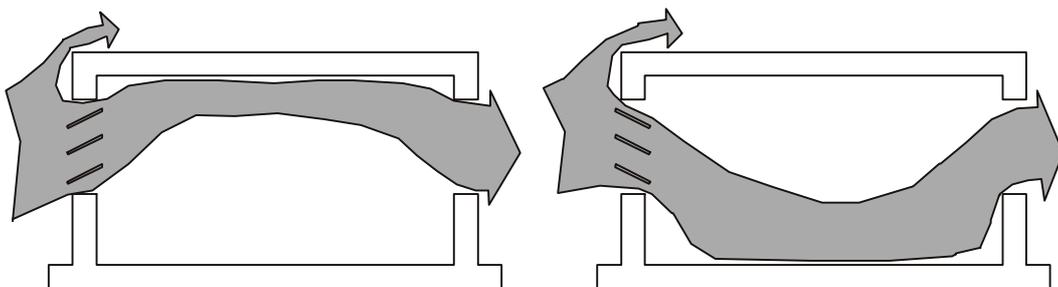


FIGURA 17: El uso de persianas o celosías permite orientar hacia abajo o hacia arriba el flujo de aire dentro de la habitación.

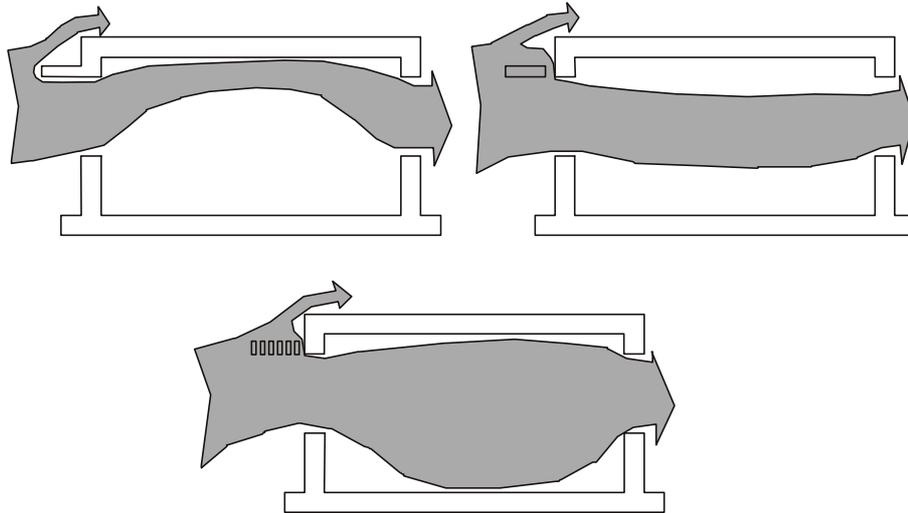


FIGURA 18: La existencia de aleros y su diseño permite orientar el flujo y la distribución del aire.

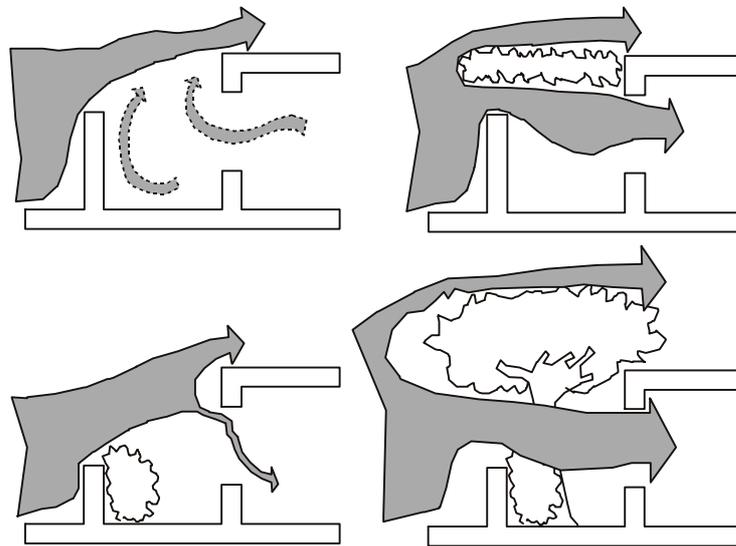


FIGURA 19: La existencia de barreras dificulta el flujo del aire al interior de los locales. En ciertos casos es posible usar la vegetación por su forma o características de comportamiento en verano-invierno para favorecer y canalizar el aire donde sea necesario además de bajar en dos o tres puntos la temperatura.

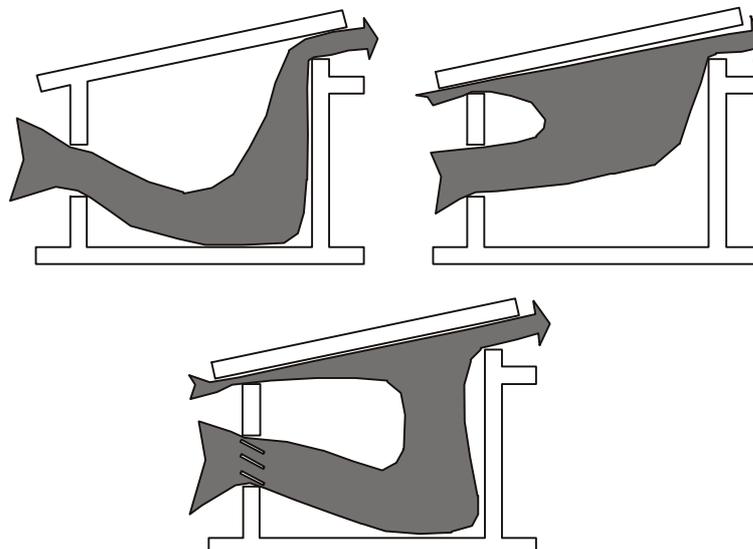


FIGURA 20: Situaciones combinadas permiten optimizar la distribución del flujo de aire.

Como ya mencionáramos es conveniente que las aberturas estén en paredes opuestas para favorecer las corrientes de aire. Sin embargo Givoni realizó estudios sobre modelos a escala, para determinar si se podrían lograr mejoras en la ventilación con aberturas en un solo muro.

Comprobó que creando zonas artificiales de presión y succión en la misma fachada se pueden conseguir un significativo aumento en la velocidad del aire en el interior de los locales.

La Figura 21 muestra las velocidades internas medias en % de la velocidad exterior, con uso y sin uso de pantallas verticales de diversos anchos, siendo siempre el ancho del hueco 1/3 de la longitud de fachada.



FIGURA 21: Variación de la velocidad del aire en el interior de locales en función del ángulo de incidencia del viento y la utilización de pantallas verticales fijas (Givoni, 1969).

Calidad técnica edilicia



1. GENERALIDADES

Este capítulo resume los fundamentos y técnicas para el control de la calidad técnica edilicia. La importancia del tema radica en que previo a la aplicación de optimización de los aportes térmicos y solares debemos minimizar las pérdidas térmicas del edificio analizado.

También se conoce esto bajo el concepto de URE, Uso Racional de la Energía, donde se somete el edificio y sus partes a un profundo análisis para determinar bajo que conceptos ocurren los mayores intercambios de calor y luego reducirlos.

Estas pérdidas se producen por muros, techos, carpinterías, pisos y por renovaciones de aire o infiltración. El análisis puede sintetizarse en cuatro o cinco pasos:

- a. Determinación del coeficiente de conductividad térmica "K" de las partes edilicias que constituyen el edificio.
- b. En función de las zonas bioclimáticas y de la masa, contrastar el "K" de proyecto con el "K admisible" por norma IRAM.
- c. Realizar la verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial en las mismas partes edilicias.
- d. Analizadas las partes, proceder a determinar el "G" de proyecto para contrastarlo con el "G admisible" de la norma IRAM.
- e. Realizado esto se cuenta con un perfil higrotérmico del edificio y sus partes y puede procederse a una revisión para introducir mejoras en función de los consumos de combustibles que desee tenerse.

2. COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA "K"

Se han desarrollado métodos para estimar cómo se pierde calor en un edificio, calculando las cantidades de calor que se pierden a través de cada elemento. Utilizándolos, se puede calcular la cantidad de calor por unidad de tiempo que se pierde a través de muros, pisos, cubierta, ventanas, etc., y luego sumando estos resultados podemos tener la pérdida de calor de todo el edificio.

El valor que representa la pérdida de calor unitaria de una parte de envolvente del edificio se la llama coeficiente "K".

Este valor corresponde a temperaturas interiores y exteriores estables en el tiempo. No corresponde a elementos expuestos a la radiación solar que calienta la superficie del elemento, ya que el flujo de calor depende de las diferencias de temperatura a ambos lados del elemento y no de la superficie. La unidad de "K" es $W/m^2\text{°C}$.

Por ejemplo, una ventana normal de vidrio simple tiene un coeficiente "K" de 5,3 vatios por metro cuadrado y grado centígrado. Esto significa que cada metro cuadrado de ventana perderá una cantidad de calor por unidad de tiempo de 5,3 W por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. En otras palabras, si la temperatura interior es de 20°C y la temperatura exterior es de 19°C cada metro de ventana perderá 5,3 W; si la temperatura exterior baja hasta 0°C (punto de congelación) y la interior se mantiene a 20°C el calor que se pierde a través del cristal subirá hasta $5,3 \times 20 = 106$ W. Para mantener la temperatura de la casa habrá que suministrar 106 W de calefacción por cada metro cuadrado de cristal.

En las Tablas 1a y 1b se muestran algunos coeficientes "K" característicos para algunas partes del edificio. Cuanto menor sea el coeficiente "K" mejor será el aislamiento.

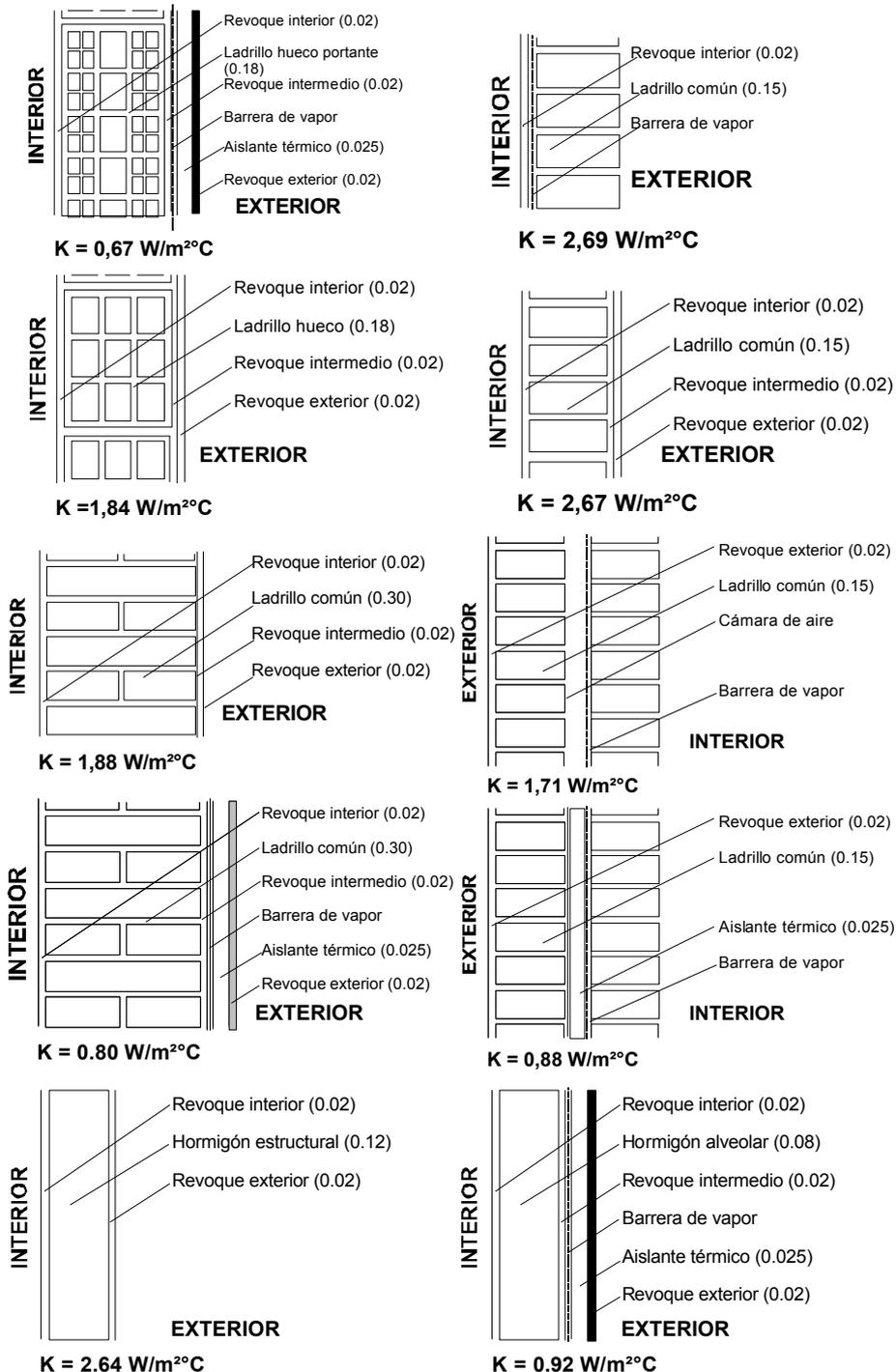
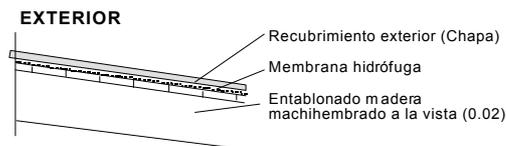
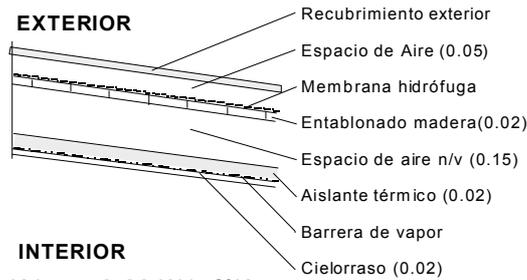


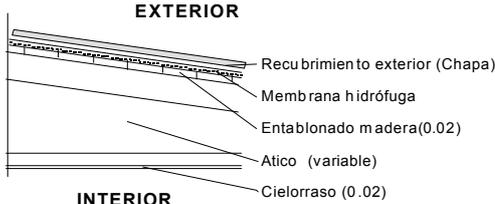
TABLA 1a: Valores de transmitancia térmica para algunas soluciones constructivas usuales de muros.



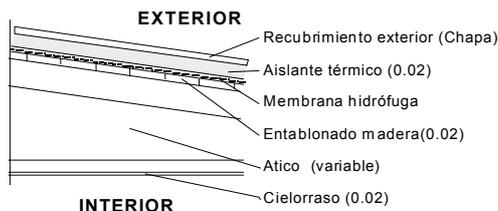
INTERIOR
 $K_{inv} = 2.58 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$



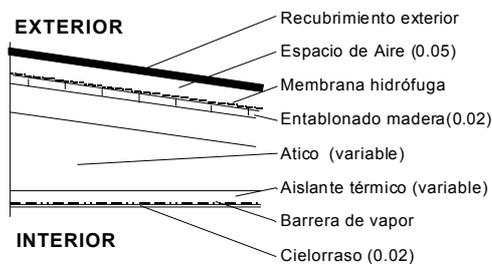
INTERIOR
 $K_{inv} = 0.66 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 0.83 \text{ W/m}^2\text{K}$



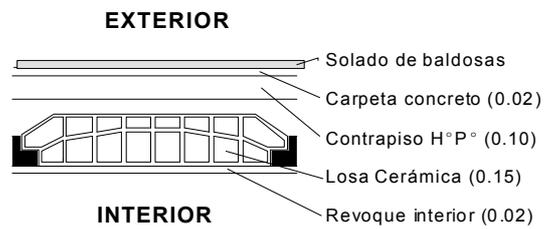
INTERIOR
 $K_{inv} = 0.98 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 1.23 \text{ W/m}^2\text{K}$



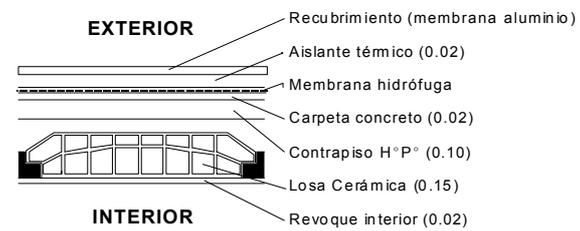
INTERIOR
 $K_{inv} = 0.68 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$



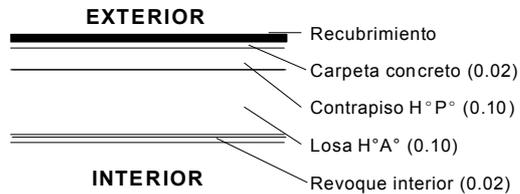
INTERIOR
 $K_{inv} = 0.68 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$



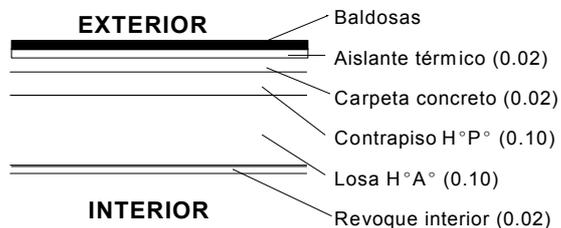
INTERIOR
 $K_{inv} = 1.62 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 2.03 \text{ W/m}^2\text{K}$



INTERIOR
 $K_{inv} = 0.90 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 1.12 \text{ W/m}^2\text{K}$



INTERIOR
 $K_{inv} = 3.82 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 4.78 \text{ W/m}^2\text{K}$



INTERIOR
 $K_{inv} = 1.35 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $K_{ver} = 1.69 \text{ W/m}^2\text{K}$

TABLA 1b: Valores de transmitancia térmica para algunas soluciones constructivas usuales de cubiertas.

Interior R_{si}			Exterior R_{se}		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)	Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

(*) La resistencia térmica superficial varía en función de numerosos parámetros, tales como las propiedades de la superficie, en particular la emisividad de la superficie, la velocidad del aire a lo largo de la superficie, y las temperaturas de la superficie, del aire ambiente y de las superficies circundantes.

Esta norma no considera expresamente los posibles aumentos de las R_{si} o R_{se} que pudieran lograrse aplicando terminaciones de baja absorción y/o emisividad de la radiación, por cuanto se considera que el mantenimiento en el tiempo de tales propiedades, no puede asegurarse en las condiciones reales de las obras.

Tabla 2: Resistencias superficiales en m^2K/W

Estado de las superficies de la cámara de aire (2)	Espesor de la capa de aire (mm)	Resistencia térmica ($m^2.K/W$)		
		Dirección del flujo de calor		
		Horizontal (Muros)	Ascendente (Pisos o techos)	Descendente (Pisos o techos)
Superficies de mediana o alta emitancia (caso general)	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,14	0,13	0,15
	20	0,16	0,14	0,18
	50 a 100	0,17	0,14	0,21
Una o ambas superficies de baja emitancia	5	0,17	0,17	0,17
	10	0,29	0,23	0,29
	20	0,37	0,25	0,43
	50 a 100	0,34	0,27	0,61

(1) Estos valores corresponden a cámaras de aire cerradas, y son válidos para una temperatura media de la cámara de aire comprendida entre 0 y + 20 °C, y con una diferencia de temperatura entre las superficies límites inferior a 15 °C.

(2) Los valores dados para una cámara de aire con una o ambas superficies reflectivas sólo pueden ser utilizados si la emitancia de la superficie es controlada, debiéndose lograr que la superficie permanezca limpia y exenta de grasa, polvo o condensación de agua. En la tabla A.7 se establece una clasificación de los materiales de construcción según su emitancia.

TABLA 3: Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas, en las cuales las medidas superficiales son mucho mayores que el espesor (1)

Grado de ventilación	Componente vertical	Componente horizontal	Áticos
Sin ventilación o débilmente ventiladas	$\frac{S}{L} < 20$	$\frac{S}{A} < 3$	$\frac{S}{A_f} < 3$
Medianamente ventilada	$20 \leq \frac{S}{L} < 500$	$3 \leq \frac{S}{A} < 30$	$3 \leq \frac{S}{A_f} < 30$
Muy ventilada	$\frac{S}{L} > 500$	$\frac{S}{A} \geq 30$	$\frac{S}{A} \geq 30$

TABLA 4: Clasificación de las cámaras de aire ventiladas.

Material	Densidad aparente (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m.K)		
<u>ROCAS Y SUELOS NATURALES</u>				
Rocas y terrenos	1200	0,31		
Toba (Purmicita)	1400	0,38		
Caliza porosa	1700	0,93		
Caliza compacta	2000	1,16		
Piedra pómez	600	0,19 a 0,31		
	800	0,27 a 0,41		
	1000	0,35 a 0,46		
	1400	0,58 a 0,66		
Placas o bloques				
Mármol	2500 a 2800	2,1 a 3,5		
Ónix		2,7		
Granito	2600 a 2900	2,9 a 4,1		
Cuarcita	2800	6,0		
Basalto	2800 a 3000	1,3 a 3,7		
Arcilla (1)	1200	0,37		
Suelo natural (1) (depende de la composición del grado de compactación y de la humedad)	1600 a 1900	0,28 a 2,8		
<u>MATERIALES PARA RELLENO DE SUELOS DESECADOS AL AIRE, EN FORJADOS, ETC.</u>				
Arena	Humedad 2 %	1300 a 1500	0,58	
	de río		Humedad 10 %	0,93
			Humedad 20 %	1,33
			Saturada	1,88
	de mar		Humedad 10 %	1,24
			Humedad 20 %	1,75
Saturada		2,44		
Arenisca		2200	1,40	
		2400	2,10	
Escorias porosas		800	0,24	
		1000	0,29	
		1200	0,33	
		1400	0,41	
Gravas		1500 a 1800	0,93	
<u>MORTEROS, HORMIGONES Y YESO</u>				
Revestimientos continuos				
Morteros de revoques y juntas (exterior)	1800 a 2000	1,16		
Morteros de revoques y juntas (interior)	1900	0,93		

(1) De no disponerse de datos sobre el tipo de suelo y su contenido de humedad, se adoptará $\lambda = 1,2$ W/m.K, según la IRAM 11604.

TABLA 5: Conductividades térmicas de materiales de construcción en función de su densidad en W/m.K (IRAM 11601/02)
... continua...

Material			Densidad aparente (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m.K)
Mortero de cemento y arena	1:3	Humedad 0 %	1900	0,89
		Humedad 6 %	2000	1,13
		Humedad 10 %	2100	1,30
	1:4	Humedad 0 %	1950	0,92
		Humedad 5 %	2000	1,10
		Humedad 12 %	600	0,19
Mortero con perlita		1500	0,65	
Mortero de yeso y arena		1400	0,70	
Mortero de cal y yeso		800	0,40	
Enlucido de yeso		1000	0,49	
		1200	0,64	
<u>HORMIGONES NORMALES Y LIVIANOS</u>				
Hormigón normal con agregados pétreos			1800	0,97
			1900	1,09
			2000	1,16
			2200	1,40
			2400	1,63
			2500	1,74
			1600	0,76
Hormigón de ladrillo triturado			1800	0,93
			2200 a 2400	1,40
Hormigón normal con escoria de alto horno			700	0,22
			800	0,29
			900	0,35
			1000	0,42
			1400	0,57
			1600	0,89
			500	0,14
Hormigón con vermiculita			600	0,16
			600	0,16
			800	0,22
Hormigón celular (incluye hormigones gaseosos y hormigones espumosos)			1000	0,30
			1200	0,40
			1400	0,50
			500	0,14
Hormigón con vermiculita			600	0,16
			1100	0,37
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado			1300	0,45
			1600	0,63
			2000	1,09
			300	0,09
Hormigón con poliestireno expandido			500	0,15
			1000	0,26
			1300	0,35
			1300	0,35

TABLA 5 continuación...: Conductividades térmicas de materiales de construcción en función de su densidad en W/m.K (IRAM 11601/02) ... continua...

Material	Densidad aparente (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m.K)
Hormigón con fibras celulósicas	300	0,09
	400	0,14
Hormigón con fibras de vidrio (resistente a los álcalis)	2100	1,11
Hormigón refractario	900	0,18
Hormigón con carbón	600	0,13
Hormigón con viruta de madera	400	0,14
	500	0,16
<u>PANELES O PLACAS</u>		
De yeso	600	0,31
	800	0,37
	1000	0,44
	1200	0,51
De fibrocemento	600	0,15
	700	0,26
	800	0,30
	1200	0,39
	1300	0,45
	1400	0,51
	1500	0,58
	1700	0,70
	1800	0,87
	1800 a 2200	0,95
<u>MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS Y BLOQUES MACIZOS</u>		
Ladrillo cerámicos macizos	1600	0,81
	1800	0,91
	2000	1,10
Bloques de suelo cemento macizos	1800	0,62
<u>VIDRIOS</u>		
Vidrio para ventanas	2400 a 3200	0,58 a 1,05
Vidrio armado con malla metálica	2700	1,05
Vidrio resistente al calor	2200	1,00 a 1,15
<u>PLÁSTICOS RÍGIDOS EN PLANCHAS</u>		
Resina acrílica	1140	0,20
Polycarbonato	1150	0,23
Poliétileno		
	De baja densidad	920
De alta densidad	960	0,50
Polipropireno	915	0,24
Poliestireno	1050	0,17
Poli (cloruro de vinilo), rígido	1350	0,16

TABLA 5 continuación...: Conductividades térmicas de materiales de construcción en función de su densidad en W/m.K (IRAM 11601/02)

... continua...

Material		Densidad aparente (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m.K)	
Tableros lignocelulósicos de partículas aglomeradas mediante resinas sintéticas (con o sin impregnación en aceite)		100	0,24	
Laminado plástico decorativo				
	en una cara	1400	0,49	
	en ambas caras	1400	0,44	
<u>PISOS</u>				
Baldosas	cerámicas		0,70	
	de hormigón	2100	1,15	
	de plástico	1000	0,51	
	de corcho	530	0,08	
Caucho		800	0,11	
		1300	0,13	
		1500	0,19	
Parquet		500	0,17	
		700	0,23	
<u>CUBIERTAS</u>				
Techado y fieltro asfáltico		1100 a 1200	0,17	
Asfalto (espesor mínimo 7 mm y membranas asfálticas)		2000	0,70	
Chapas metálicas (ver metales)				
Tejas curvas			0,70	
Tejas planas			0,76	
<u>MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS</u>				
Lana de vidrio		8 – 10	0,045	
		11 – 14	0,043	
		15 – 18	0,040	
		19 – 30	0,037	
		31 – 45	0,034	
		46 – 100	0,033	
Lana mineral		30 – 50	0,042	
		51 – 70	0,040	
		71 – 150	0,038	
Perlita	Suelta (granulado volcánica expandido)	30 a 130	0,054	
	Mortero de perlita con yeso)	400	0,10	
		500	0,12	
		600	0,14	
		Mortero de perlita con cemento	700	0,18
			300	0,088
			400	0,093
			500	0,12
	600	0,14		
	700	0,16		

TABLA 5 continuación...: Conductividades térmicas de materiales de construcción en función de su densidad en W/m.K (IRAM 11601/02) ... continua...

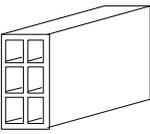
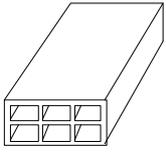
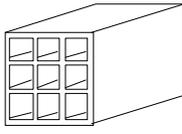
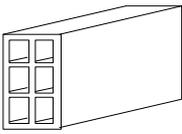
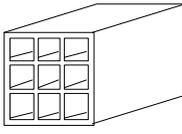
Material		Densidad aparente (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m.K)
Poliestireno expandido	En planchas	15	0,037
		20	0,035
		15	0,033
		30	0,032
Poliuretano (espumas rígidas)	Entre capas o placas que hacen de barrera de vapor	30 – 60	0,022 – 0,024
	Placas aislantes sin protección	30 – 60	0,027
	Proyectadas in situ, protegidas entre barreras de vapor	30 – 60	0,022
	Proyectadas in situ, protegidas entre frenos de vapor	30 – 60	0,024
Vermiculita	Suelta	80 a 130	0,070
		400	0,11
		500	0,13
		600	0,17
		700	0,20
	Y yeso (placas o revoques)	800	0,24
		200	0,11
		400	0,13
		500	0,15
		600	0,19
		700	0,22
		800	0,26
		900	0,29
		1000	0,34
MATERIALES VARIOS			
Hielo		917	2,21
Nieve		150	0,12
		300	0,23
		500	0,47

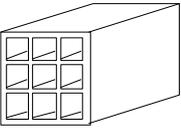
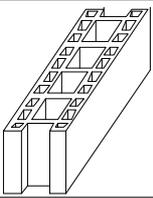
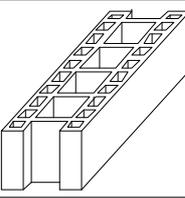
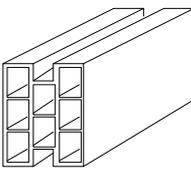
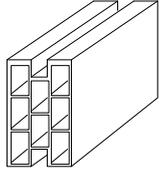
TABLA 5 continuación....: Conductividades térmicas de materiales de construcción en función de su densidad en W/m.K (IRAM 11601/02)

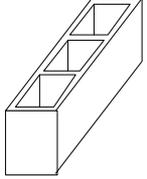
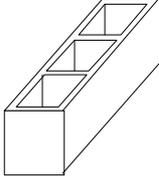
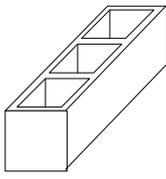
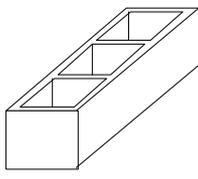
2.1. Resistencia térmica para mampostería de ladrillos y bloques huecos

En la Tabla 6 se muestran valores de resistencia térmica de algunas mamposterías de ladrillos y bloques huecos cerámicos y de hormigón. Estos valores no incluyen el revestimiento de las superficies ni las resistencias térmicas superficiales.

Los valores corresponden a un flujo de calor en dirección horizontal, perpendicular a las superficies interna y externa del cerramiento. Constituyen promedios orientativos (no del bloque sino de la mampostería con sus respectivos morteros de asiento), no especificándose por ello espesores de paredes y de cámaras de aire. Estos valores surgen de datos experimentales obtenidos por el INTI.

	Bloque cerámico	Bloque cerámico	Bloque cerámico	Bloque cerámico	Bloque cerámico
					
e	0.08	0.18	0.18	0.12	0.15
h	0.15	0.08	0.18	0.18	0.18
l	0.25	0.25	0.40	0.33	0.33
masa	69	168	142	96	106
R	0.37	0.51	0.49	1.38	0.56

	Bloque cerámico	Bloque cerámico	Bloque cerámico	Bloque cerámico	Bloque cerámico
					
e	0.18	0.12	0.18	0.18	0.23
h	0.18	0.18	0.18	0.20	0.20
l	0.33	0.33	0.33	0.30	0.30
masa	125	1.04	140	110	118
R	0.57	0.59	0.62	1.72	1.27

	Bloque hormigón	Bloque hormigón	Bloque hormigón	Bloque hormigón	Bloque hormigón
					
e	0.08	0.11	0.16	0.20	0.24
h	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
l	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
masa	125	161	198	234	268
R	3.72	3.43	2.91	2.70	2.15

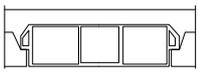
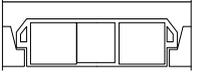
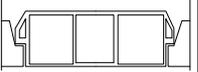
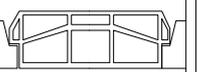
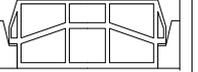
	Losa cerámica	Losa cerámica	Losa cerámica	Losa cerámica	Losa cerámica
					
e	----	----	----	----	----
h	0.12	0.16	0.20	0.20	0.20
l	0.50 a 0.70	0.50 a 0.70	0.50 a 0.70	0.50 a 0.70	0.50 a 0.70
masa	210	220	270	310	360
R	↑ 0.29 ↓ 0.36	↑ 0.31 ↓ 0.37	↑ 0.27 ↓ 0.41	↑ 0.39 ↓ 0.48	↑ 0.41 ↓ 0.50

TABLA 6: Resistencias térmicas de mamposterías de bloques cerámicos, cementicios y losas cerámicas usuales.

Tipo	Transmitancia térmica (K)
	W/m ² .K
Vidrio incoloro común	5,82
Vidrio incoloro común con cortina de madera (cerrada)	2,79
Vidrio incoloro común con cortinas internas	5,00
Polycarbonato transparente incoloro de 3 mm de espesor	5,46
Doble vidriado hermético, con vidrio incoloro común y cortina de madera (cerrada)	2,15
Doble vidriado hermético, compuesto por 2 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y una cámara de aire de 6 mm	3,23
Doble vidriado hermético, compuesto por 2 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y una cámara de aire de 12 mm	3,08
Triple vidriado hermético, compuesto por 3 vidrios comunes incoloros de 3 mm cada uno y 2 cámaras de aire de 6 mm cada una	2,23
Doble vidriado hermético, compuesto por un vidrio reflectante obtenido por proceso pirolítico de 4 mm de espesor sobre base gris, cara reflectante hacia el exterior y vidrio incoloro común de 3 mm hacia el interior, cámara de aire de 6 mm	3,45
Doble vidriado hermético, compuesto por un vidrio reflectante obtenido por proceso pirolítico de 4 mm de espesor sobre base gris, cara reflectante hacia el interior de la cámara de aire de 6 mm de espesor, y vidrio incoloro común de 3 mm hacia el interior	2,80

(*) **NOTA.** Para el caso de ventanas en posición horizontal o inclinada, deberá calcularse la transmitancia térmica utilizando los valores dados en esta tabla, pero modificándolos mediante la adopción de las resistencias térmicas superficiales que corresponden a la posición adoptada.

TABLA 7: Transmitancia térmica de ventanas en posición vertical.

Superficie de mediana o alta emitancia (no reflectivas)	Superficie de baja emitancia (reflectiva)
Aluminio anodizado u oxidado	Película de aluminio (muy brillante)
Cobre oxidado	Lámina de aluminio
Hierro galvanizado	Cinc pulido
Filtro bituminoso	Cobre pulido
Filtro con superficie mate	
Pintura blanca "a la cal"	
Pintura de aluminio	
Pinturas rojas (tipo óxido de hierro III)	
Pinturas amarillas	
Negro mate	
Pintura verde militar	
Hormigón	
Asbesto cemento	
Poliestireno expandido	
Vidrio transparente	
Mampostería de ladrillos comunes y cerámicos (rojos)	
Tejas cerámicas	
Tejas de pizarra	
Tejas asfálticas	
Mármol blanco	
Revestimiento de yeso	
Granítico (rojizo)	
Tierra	
Arena	
Madera	
Pasto	

TABLA 8: Clasificación de materiales de construcción según su emitancia (€)

Material	Densidad (ρ)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)	Permeancia al vapor de agua (Δ)
	kg/m ³	g/m.h.kPa	g/m ² .h.kPa
Aire en reposo		0,626	
MATERIALES AISLANTES			
Lana de roca		0,6	
Lana de vidrio		0,5	
Poliestireno expandido	en copos	$0,75 \cdot 10^{-2}$ a	
	en planchas	$2,25 \cdot 10^{-2}$	
Espuma de poliuretano rígido en planchas (poros cerrados)		$0,75 \cdot 10^{-2}$	
Espuma de poliuretano flexible (poros abiertos)		0,4	
HORMIGONES			
Hormigón armado	1800	$4,4 \cdot 10^{-2}$	
	2000	$3,0 \cdot 10^{-2}$	
	2200	$2,2 \cdot 10^{-2}$	
	2400	$2,0 \cdot 10^{-2}$	
Hormigones livianos	600	$15,0 \cdot 10^{-2}$	
	700	$12,0 \cdot 10^{-2}$	
	800	$10,0 \cdot 10^{-2}$	
	900	$8,0 \cdot 10^{-2}$	
	1000	$7,0 \cdot 10^{-2}$	
	1200	$6,0 \cdot 10^{-2}$	
Hormigón celular		$11,0 \cdot 10^{-2}$	
MORTEROS			
de cemento	2000	$2,2 \cdot 10^{-2}$	
de cal y cemento	1800	$4,4 \cdot 10^{-2}$	
de cal y cemento con siliconas	2100	$2,7 \cdot 10^{-2}$	
de cal y cemento con impermeabilizantes de cal	1700	$3,7 \cdot 10^{-2}$	
de cal y yeso	1400	$5,0 \cdot 10^{-2}$	
de yeso con arena	1400	$6,5 \cdot 10^{-2}$	
de yeso	1200	$7,0 \cdot 10^{-2}$	
Enlucido de yeso y placas de yeso	1000	$11,0 \cdot 10^{-2}$	
Cielorraso con mortero de cemento	1900	$4,7 \cdot 10^{-2}$	
Cielorraso con mortero de yeso	1200	$11,0 \cdot 10^{-2}$	
MAMPOSTERÍA			
De ladrillos comunes macizos con mortero de asiento y sin revoque	1500	$8,0 \cdot 10^{-2}$	
De bloque cerámico portante con agujeros verticales con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1200	$10,0 \cdot 10^{-2}$	
De bloque cerámico portante con agujeros horizontales, con asiento de mortero y sin revoque	850 a 1100	$13,0 \cdot 10^{-2}$	
MADERAS			
Tableros porosos	300	0,33	
Tableros duros (tipo "hardboard")		$0,7 \cdot 10^{-2}$	
Madera terciada con pegamentos resinosos		$0,09 \cdot 10^{-2}$ a	
Madera enchapada	600	$0,2 \cdot 10^{-2}$	
Tablero de fibras duras	600	$1,0 \cdot 10^{-2}$	
	800	$4,3 \cdot 10^{-2}$	
	1000	$1,6 \cdot 10^{-2}$	
Maderas en general		$0,9 \cdot 10^{-2}$	
		$2,25 \cdot 10^{-2}$ a	
		$4,50 \cdot 10^{-2}$	
FIBRO CEMENTO			
Placas	1400	$2,6 \cdot 10^{-2}$	
	1800	$1,0 \cdot 10^{-2}$	
REVESTIMIENTOS			
Cerámicos, tipo porcelana con mortero de cemento	1900	$0,32 \cdot 10^{-2}$	
Azulejos con mortero de cemento	1700	$0,32 \cdot 10^{-2}$	
Baldosas de pavimentación con mortero de cemento	2300	$0,2 \cdot 10^{-2}$	
Placas de clinker con mortero de cemento	2000	$0,2 \cdot 10^{-2}$	
Linóleo	1200	$0,13 \cdot 10^{-2}$	
De plástico y de caucho	1300	$0,08 \cdot 10^{-2}$	

Tabla 9 : Permeabilidades y permeancias al vapor de agua de materiales de construcción (IRAM 11601/02) ... continua.

Material		Densidad (ρ)	Permeabilidad al vapor de agua (δ)	Permeancia al vapor de agua (Δ)
		kg/m ³	g/m.h.kPa	g/m ² .h.kPa
VIDRIO			6,4 . 10 ⁻⁵	
METALES		0	0	
MASILLAS Y ADHESIVOS		Espesor (mm)		
Bituminosa, asfalto		5,0		6,5 . 10 ⁻²
Caucho artificial de polisulfuros (Thiokol)		10,0		2,2 . 10 ⁻²
Resina epoxi		0,5		0,13 . 10 ⁻²
		2,0		0,16
PINTURAS				
Una capa	En frío, bituminosa	0,1		1,08
Dos capas	Asfáltica sobre madera terciada			0,08
	Aluminizada sobre madera			0,66 a 0,19
	Esmalte sobre revestimiento liso			0,1 a 0,3
	Selladora sobre tablero aislante			0,19 a 0,43
	Imprimación y pintura al óleo liviana sobre revestimiento Al agua, tipo emulsión			0,62
Tres capas	Pintura exterior al óleo sobre madera			0,21
	Látex			1,13
	Mastic polietileno cloro-sulfonado (1130 g/m ² a 2260 g/m ²)			0,012
	Mastic asfáltico			0,10
PINTURAS		Espesor (m)		
Pintura a la cal		200 . 10 ⁻⁶		75
Pintura tipo "epoxi"		210 . 10 ⁻⁶		1,13
Pintura a base de siliconas		205 . 10 ⁻⁶		3,75
Pintura esmalte aplicada sobre enlucido				0,4
Resina acrílica de vinil-tolueno				1,2
Resina acrílica		133 . 10 ⁻⁶		3,86
Terpolímero de acetato, cloruro y laurato de vinilo		1000 . 10 ⁻⁶		9,0
Poliisocianato más poliéster				0,4
Resina acrílica de estireno (pintura texturada)		220 . 10 ⁻⁶		5,0
Copolímero de cloruro de vinilo-acetato de vinilo más ácido maleico				0,1
Resinas de poliuretano		200 . 10 ⁻⁶		1,76
PELÍCULAS Y BARRERAS DE VAPOR		Espesor (mm)		
Hoja de aluminio		25		0
		8		1,12 . 10 ⁻²
Polietileno		0,05		3,3 . 10 ⁻²
		0,1		1,6 . 10 ⁻²
		0,15		1,2 . 10 ⁻²
		0,20		0,8 . 10 ⁻²
		0,25		0,6 . 10 ⁻²
Poliéster		25		0,15
BARRERAS Y FRENOS DE VAPOR		Espesor (mm)		
no plastificado		0,05		0,14
plastificado		0,10		0,29
Fieltros	Alquitranado			2,28
	Asfáltico			0,67
	Saturado y revestido en rollos pesados para cubiertas			0,03
	Bituminado con hoja de aluminio			0,03
Papel	Kraft y láminas de asfalto reforzado			0,15
	Kraft (500 g/m ²)			7,60
Lámina de papel embreado y revestido				0,23
Película plástica tipo "MYLAR"		0,025		0,01
Hule				0,015

Tabla 9 : Permeabilidades y permeancias al vapor de agua de materiales de construcción (IRAM 11601/02)

2.1. Componentes con cámaras de aire ventiladas

Las cámaras de aire ventiladas tienen comportamientos diferentes en verano e invierno y esto se encuentra reflejado en la Norma IRAM 11601/02.

Para el cálculo de la resistencia térmica en condición de verano la cámara de aire se la considera no ventilada, utilizándose los valores indicados en la Tabla 3.

Mientras que en la condición de invierno el cálculo de la resistencia térmica del componente dependerá del grado de ventilación de la cámara de aire. En elementos verticales, es función de la relación: S/L

siendo:

- S la sección total de los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados;
- L la distancia vertical entre los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados.

Para componentes horizontales, es función de la relación: S/A

siendo:

- S la sección total de los orificios de ventilación, en centímetros cuadrados;
- A el área del componente, en metros cuadrados.

Los orificios de entrada y de salida deben tener la misma superficie con una tolerancia máxima del $\pm 20\%$, y una ubicación que asegure una buena distribución del aire en la cámara. En la Tabla 4 se muestra una clasificación de las cámaras de aire en función del grado de ventilación.

2.2. Ejemplo

Para hallar las pérdidas de calor en un muro de ladrillo macizo con cámara de aire con una ventana de marco metálico y vidrio simple hay que multiplicar el coeficiente "K" del muro por la superficie, y el coeficiente "K" de la ventana por su área. Si el muro tiene 5 metros de largo y 2,3 metros de altura, midiendo la ventana 1 metro por 1,2 metros, la superficie será $5\text{ m} \times 2,3\text{ m} = 11,5\text{ m}^2$ menos la superficie de la ventana, $1,0\text{ m} \times 1,2\text{ m} = 1,2\text{ m}^2$, dando una superficie total del muro de $10,3\text{ m}^2$. Las pérdidas de calor a través del muro serán $10,3\text{ m}^2 \times 1,7$ (el coeficiente "K" se toma de la tabla) = $17,51\text{ W/}^\circ\text{C}$; las pérdidas de calor a través de la ventana serán $1,2\text{ m}^2 \times 5,6 = 6,72\text{ W/}^\circ\text{C}$ por cada grado de diferencia de temperatura.

2.3. Coeficiente K: Pisos y Muros

Evidentemente surge un problema en el cálculo de las pérdidas de calor, si el elemento constructivo en cuestión no figura en ninguna tabla o si lo que se quiere saber es el efecto que tiene sobre un coeficiente K conocido la colocación de un aislamiento suplementario. Para solucionar este problema se necesita saber cómo hallar un coeficiente K determinado.

2.2.1. La fórmula

El coeficiente K de cualquier elemento constructivo es el recíproco de su resistencia; así pues, $K=1/R$. La resistencia R es la suma de las resistencias de cada parte de que se compone el elemento constructivo. Por lo tanto:

$$R = R_{si} + R_{se} + R_{ca} + R_1 + R_2 \dots + R_n \quad [1]$$

En esta ecuación los símbolos tienen los siguientes significados:

R_{si} es la resistencia de la superficie interior; esto es, la propiedad aislante de la delgada capa de aire en reposo que se encuentra inmediatamente detrás del material. Esta capa se encuentra en reposo debido a la aspereza (a veces microscópica) de la superficie, y al estar en reposo no transmite el calor por convección. A medida que nos vamos alejando de la superficie, el aire empieza a moverse, añadiendo pérdidas de calor por convección a las originadas por conducción y por radiación a través de la capa de aire en reposo.

En la resistencia de la superficie interior influye la emisividad de la superficie, siendo ésta la capacidad del material para reflejar o absorber la energía de radiación (Ver Tabla 8). Todos los materiales constructivos, incluido el vidrio, tienen una emisividad alta: los valores de la emisividad más baja a partir de los cuales hallamos valores de R_{si} (en el centro a la izquierda) sólo se deben utilizar para superficies metálicas no pintadas como el aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado, etc., que reflejan el calor irradiado.

R_{se} es la resistencia de la capa de aire en reposo que hay en la superficie exterior. A menudo, se supone que este valor varia según el grado de exposición del edificio, pero para hallar los coeficientes K estándar no se tienen en cuenta las variaciones (que tienen muy poca influencia en la respuesta final) utilizándose los valores de la Tabla 2.

R_{ca} es la resistencia de las cámaras de aire que pueden existir dentro del elemento. Si, por ejemplo, hay una cámara de aire que tiene una lámina de aluminio en ambos lados, su poder de aislamiento mejorará al reducirse las pérdidas de calor originadas por la radiación. Si hay más de una cámara de aire, entonces se ponen en la ecuación tantos coeficientes R_{ca} como cámaras de aire haya. Los coeficientes estándar son los que se dan en la Tabla 3. La columna de "emisividad superficial" se refiere a la emisividad de los materiales que forman los lados de la cámara de aire.

Estos valores se aplican también a las cámaras de aire en cubiertas, poco ventiladas, para impedir la condensación, y a las cámaras de aire en muros normales, pero para cámaras de aire ventiladas se deben utilizar los valores de la Tabla 4.

R_1, R_2 , etc. son las resistencias de los materiales utilizados en el cerramiento. Estas se hallan dividiendo el espesor de cada capa de material, en metros, por su conductividad térmica expresada con la letra griega lambda λ con la unidad $W/m \text{ }^\circ K$.

$$R = e / \lambda \quad [2]$$

Los coeficientes λ de la mayor parte de los materiales constructivos más corrientes se han hallado mediante ensayos de laboratorio, y cuando estos materiales se utilizan en estado seco, el coeficiente λ se puede hallar en el cuadro y utilizar directamente en los cálculos. Sin embargo los materiales de albañilería que estén expuestos a la lluvia como, por ejemplo, los muros exteriores de una casa, perderán parte de su poder aislante debido a la humedad.

En la Tabla 9 se dan algunos ejemplos. Los valores "secos" se deben utilizar para los elementos de albañilería de la hoja interior de un muro con cámara de aire y los valores "húmedos" para la hoja exterior. Los valores correspondientes a densidades que no se den en el cuadro pueden obtenerse por interpolación.

En las Tablas 5 y 9 damos algunos ejemplos de características físicas e higrotérmicas más corrientes para algunos materiales de construcción. Estos se pueden utilizar junto con los valores de corrección debido al aumento de la humedad relativa en su masa, según tabla 10.

DENSIDAD EN SECO	PARED DE LADRILLO PROTEGIDA DE LA LLUVIA, HUMEDAD 1%	HORMIGÓN O PIEDRA PROTEGIDOS DE LA LLUVIA, HUMEDAD 3%	LADRILLO, HORMIGÓN O PIEDRA EXPUESTOS A LA LLUVIA, HUMEDAD 5%
200	0.09	0.11	0.12
400	0.12	0.15	0.16
600	0.15	0.19	0.20
800	0.19	0.23	0.26
1000	0.24	0.30	0.33
1200	0.31	0.38	0.42
1400	0.42	0.51	0.57
1600	0.54	0.66	0.73
1800	0.71	0.87	0.96
2000	0.92	1.13	1.24
2200	1.18	1.45	1.60
2400	1.49	1.83	2.00

TABLA 10: Variación de la conductividad térmica de algunos materiales de construcción en función del tenor de humedad expresado como porcentaje del volumen. (Vale, Brenda y Robert, 1983)

Si el muro no tiene cámara de aire no habrá separación entre sus superficies seca y húmeda por lo que se debe utilizar el coeficiente λ correspondiente al muro expuesto a la lluvia.

Finalmente para calcular las transmitancias térmicas K necesitaremos un listado de los λ que no son de albañilería y entre los que se encuentran los aislantes térmicos.

2.2.2. Ejemplo:

Utilizando estos valores y las fórmulas dadas anteriormente podemos calcular la transmitancia térmica K de cualquier elemento constructivo monocapa o multicapa. Como ejemplo consideraremos un muro doble de ladrillos macizos con una cámara de aire de 2 cm y un revoque completo hacia el interior del local.

Recordando que $K = 1 / R$ y que $R = R_{si} + R_{se} + R_{ca} + R_1 + R_2 \dots + R_n$, es simple sustituir los valores dados en las tablas dentro de la ecuación de la siguiente forma:

$R_{si} = 0.12$ porque el muro tiene una emisividad alta (no está hecho de metal pulido) y el flujo de calor es horizontal (ya que hablamos de un muro).

$R_{se} = 0.043$ porque es un muro de alta emisividad.

$R_{ca} = 0.15$ porque la cámara de aire tiene un ancho mayor a 2 cm, tiene superficies de alta emisividad (ladrillo), el flujo de calor es horizontal y no está ventilada.

$R_1 = 0.12 / 0.91$ donde 0.12 es el espesor del ladrillo en metros y 0.91 es el λ obtenido de tabla para ladrillos comunes de una densidad igual a 1800 kg/m³, secos.

$R_2 = 0.12 / 0.91$ donde 0.12 es el espesor del ladrillo en metros y 0.91 es el λ obtenido de tabla para ladrillos comunes de una densidad igual a 1800 kg/m³, secos.

$R_3 = 0.02 / 1.16$ donde 0.02 es el espesor del revoque en metros y 1.16 es el λ obtenido de tabla para mortero para revoques y juntas.

Sumando estos valores tendremos:

$$R = 0.12 + 0.043 + 0.15 + 0.12 / 0.91 + 0.12 / 0.91 + 0.015 / 1.16 =$$

$$R = 0.12 + 0.043 + 0.15 + 0.13 + 0.13 + 0.017 =$$

$$R = 0.59 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$K = 1 / 0.59 = 1.71 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Después de hallar la transmitancia térmica y luego de comprobar que el aislamiento que nos proporciona esta solución constructiva no es suficiente para cubrir nuestras necesidades de ahorro de energía decidiremos llenar la cámara de aire con algún aislante térmico, como por ejemplo el poliestireno expandido. Para conocer el nuevo K no necesitaremos reiniciar todo el cálculo sino simplemente reemplazar el R_{ca} de la cámara de aire por un R_4 correspondiente a un espesor de 2,5 cm de aislante de densidad 15 Kg/m³.

$$R_4 = 0.025 / 0.038 = 0.66 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Entonces:

$$R' = 0.59 \text{ m}^2\text{K/W} - 0.15 + 0.66 = 1.1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$K' = 0.91 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Podemos observar que al reemplazar los 2.5 cm de cámara de aire por un aislante térmico en el mismo espesor hemos casi duplicado la aislación del muro o lo que es lo mismo, reducido casi a la mitad las pérdidas de calor.

¿Que es lo que sucedió? Bueno..., en ambos casos el elemento aislante es el *aire* pero en el aislante se encuentra confinado en pequeñas burbujas estancas rodeadas por un polímero plástico que minimiza la convección. Si recordamos lo tratado en capítulos anteriores sabremos que al reducir la convección, o movimiento del aire entre una superficie más fría respecto de otra más cálida estamos reduciendo la posibilidad de que la cara interior de nuestro muro le entregue el calor a la cara más fría.

Recordemos que ni el poliestireno, ni la lana de vidrio, ni el poliuretano son los aislantes sino el aire o gas que se encuentra atrapado en ellos.

En la planilla de la tabla 12 se muestra el cálculo del coeficiente "K" con el ejemplo analizado.

La norma IRAM 11605/96 nos propone valores admisibles de "K" a partir de conocer la temperatura de diseño si verificamos la calidad para invierno (Ver Tabla 11) y la zona bioambiental si verificamos la calidad térmica para verano (Ver Tabla 12). Luego de obtener estos valores para nuestra localidad adoptaremos la situación más desfavorable como valor admisible, o sea, el K admisible más bajo.

Temperatura exterior de diseño (T_{ed}) [°C]	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
-15	0.23	0.20	0.60	0.52	1.01	1.00
-14	0.23	0.20	0.61	0.53	1.04	1.00
-13	0.24	0.21	0.63	0.55	1.08	1.00
-12	0.25	0.21	0.65	0.56	1.11	1.00
-11	0.25	0.22	0.67	0.58	1.15	1.00
-10	0.26	0.23	0.69	0.60	1.19	1.00
-9	0.27	0.23	0.72	0.61	1.23	1.00
-8	0.28	0.24	0.74	0.63	1.28	1.00
-7	0.29	0.25	0.77	0.65	1.33	1.00
-6	0.30	0.26	0.80	0.67	1.39	1.00
-5	0.31	0.27	0.83	0.69	1.45	1.00
-4	0.32	0.28	0.87	0.72	1.52	1.00
-3	0.33	0.29	0.91	0.74	1.59	1.00
-2	0.35	0.30	0.95	0.77	1.67	1.00
-1	0.36	0.31	0.99	0.80	1.75	1.00
0	0.38	0.32	1.00	0.83	1.85	1.00

TABLA 11: Valores de K_{MAXADM} para condición de invierno en $W/m^2°C$. Para valores intermedios interpolar linealmente

En la condición de verano, la versión actual de la Norma, a cambiado el procedimiento ya que anteriormente se utilizaba el concepto de Resistencia Térmica superficial exterior con flujo de calor hacia abajo. En la actualidad, y luego de casi tres años de investigación por parte de dos institutos, se decidió proponer valores admisibles en función de la zona bioambiental y del coeficiente de absorción de la radiación solar del muro o techo.

Entonces los valores límites expuestos en la Tabla 12 corresponde a elementos de cerramiento cuya superficie exterior presenta un coeficiente de absorción de la radiación solar de $0,7 \pm 0,1$. Para coeficientes menores que $0,6$ se deben incrementar los valores de K máx adm en un 20% para muros y 30% para techos. En caso de que el coeficiente de absorción sea mayor a $0,8$ se deben disminuir los valores de K máx adm en un 15% para muros y 20% para techos.

Zona Bioambiental de IRAM 11.603	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
I y II	0.45	0.18	1.10	0.45	1.80	0.72
III y IV	0.50	0.19	1.25	0.48	2.00	0.76

TABLA 12: Valores de K_{MAXADM} para condición de verano en W/m^2K .

En la Tabla 13 de indican valores de referencia para el coeficiente de absorción de la radiación solar.

Es bueno conocer que las Normas IRAM son un instrumento en permanente revisión y actualización y a partir del año 1996 se modificó totalmente la manera de obtener los valores de K_{adm} para invierno y verano. Ahora se plantean tres niveles de calidad térmica conocidos como NIVEL A, NIVEL B y NIVEL C.

El Nivel A es el de mayor calidad y por ende el de valor K más bajo y se obtuvo a partir de considerar para la condición de invierno una temperatura interior de 22°C en el análisis del riesgo de condensación superficial y que la diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura superficial interior del cerramiento opaco no supere 1°C.

El Nivel B de calidad media se obtuvo a partir de considerar para la condición de invierno una temperatura interior de 20°C en el análisis del riesgo de condensación superficial y que la diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura superficial interior del cerramiento opaco no supere 2,5°C.

El Nivel C de calidad mínima se obtuvo a partir de considerar para la condición de invierno una temperatura interior de 18°C en el análisis del riesgo de condensación superficial y que la diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura superficial interior del cerramiento opaco no supere 4°C.

En todos los casos se realizaron ambas verificaciones y se adoptó la más desfavorable para la definición de los K_{adm} de invierno.

Para la situación de verano se realizó un análisis considerando solamente las diferencias de temperatura entre el ambiente interior y la temperatura superficial interior del cerramiento usadas en la condición de invierno y un coeficiente de absorción de la radiación solar igual a 0,7 en la superficie exterior. Este valor de 0,7 corresponde al hormigón a la vista, al ladrillo común visto y a colores como: amarillo oscuro, verde mediano y rosa oscuro entre otros.

El procedimiento se ha simplificado sobremanera aunque tiene un problema implícito que calificaríamos de grave y es que la calidad se basa en la idea de uso de aislantes térmicos mientras que el protocolo anterior consideraba la masa del muro.

Este nuevo protocolo puede aceptarse para ser implementado en zonas templadas frías a muy frías pero es absolutamente inadecuado desde el funcionamiento bioclimático en zonas templadas cálidas secas a muy cálidas secas.

Para comprender porque es esto así es que los reglamentos y normas tienen un componente técnico científico y un componente político. En este último intervienen fuerzas que son las que finalmente fijan los valores admisibles en el marco de discusiones entre representantes de empresas, de cámaras de profesionales, de organismos del estado y de las universidades.

MATERIALES	Coeficiente de absorción	PINTURA	Coeficiente de absorción		
			Claro	Mediano	Oscuro
Ladrillo común	0.70	Amarillo	0.30	0.50	0.70
Ladrillos negros u oscuros	0.75 a 0.85	Castaño claro	0.35	0.55	0.90
Ladrillos rojos claros	0.50 a 0.60	Castaño	0.45	0.75	0.98
Hormigón a la vista	0.70	Rojo	0.65	0.80	0.90
Hormigón a la vista texturado	0.80	Verde	0.40	0.70	0.85
Hormigón con agreg. cemento blanco	0.50	Azul	0.40	0.75	0.90
Revoque	0.55	Gris	0.45	0.65	0.75
Revoque claro	0.40	Anaranjado	0.40	0.60	0.75
Marfil blanco	0.40 a 0.50	Rosa	0.45	0.55	0.70
Baldosas rojas	0.85	Púrpura	0.60	0.80	0.90
Fibrocemento	0.60	Aluminio		0.45	
Aluminio anodinado natural	0.45	Negro			0.95
Aluminio envejecido	0.80	Valores orientativos del coeficiente de absorción de la radiación solar para superficies exteriores.			
Chapa galvanizada	0.50				

TABLA 13: Valores del coeficiente de absorción solar para superficies exteriores, sean materiales o colores.

2.3. Coeficiente K: Cubiertas

En cuanto al cálculo del "K" de techos se procede de la misma manera que los anteriores con dos precauciones: a. Se deberá considerar el período en que se realiza la verificación (invierno o verano) para la adopción del K_{adm} . b. Se deberá considerar la presencia de ático en el entretecho y si éste es ventilado o no, según Tabla 8.

En la Planilla de la Tabla 14 se muestra la resolución del "K" de un tipo de techo.

CALCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA "K" DE CERRAMIENTOS SEGÚN NORMA IRAM 11.601 Y 11.605

1. ELEMENTO: Muro doble de ladrillo macizo					
2. FORMA CONSTRUCTIVA: Doble con cámara de aire					
3. SENTIDO FLUJO DE CALOR Horizontal					
4. ZONA BIOAMBIENTAL: III b					
5. LOCALIDAD Y TEMPERATURA MÍNIMA DISEÑO: La Plata 1°C					
6. Resistencias superficiales, capas de materiales, resistencias de cámaras de aire.	7 espesor	8 conductiv. térmica	9 resistencia térmica	10 densidad	11 peso x m2
	e metros	λ W/m°C	$R = e / \lambda$ m²°C/W	Kg/m3	$P = e \cdot \delta$ Kg/m²
	Esp. de c/ capa	Tabla 5	Tabla 2 y 3	Tabla 5	
R.S.I.	-----	-----	0.12	-----	-----
REVOQUE	0.015	1.16	0.013	1800	29
LADRILLO COMUN	0.12	0.91	0.13	1800	216
CAMARA DE AIRE	0.02	-----	0.15	-----	-----
LADRILLO COMUN VISTO	0.12	0.91	0.13	1800	216
R.S.E.	-----	-----	0.043	-----	-----

12. Resistencia total del elemento (sumatoria columna 9) m²°C/W 0.57

14. Peso por m² (sumat. col. 11) Kg/m² 459

13. Coeficiente "K" de proyecto $K = 1 / R$ 1.71 W/m²°C

	NIVEL A	NIVEL B	NIVEL C
15. K adm. invierno Tabla 11 W/m²K	0.38	1.00	1.85
16. K adm. verano Tabla 12 W/m²K	0.50	1.25	2.00

17. Comparación entre 13 respecto de 15 y 16:
K_{proy} < K_{adm}

1.71 menor 1.85 y 2.00
Cumple la Norma NIVEL C

CALCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA "K" DE CERRAMIENTOS SEGÚN NORMA IRAM 11.601 Y 11.605

1. ELEMENTO: Techo de chapa	<p style="text-align: right;">EXTERIOR</p> <p style="text-align: left;">INTERIOR</p>
2. FORMA CONSTRUCTIVA: con cielorraso suspendido de yeso	
3. SENTIDO FLUJO DE CALOR Vertical hacia arriba	
4. ZONA BIOAMBIENTAL: III b	
5. LOCALIDAD Y TEMPERATURA MÍNIMA DISEÑO: La Plata 1 °C	

6. Resistencias superficiales, capas de materiales, resistencias de cámaras de aire.	7	8	9	10	11
	espesor	conductiv. térmica	resistencia térmica	densidad	peso x m2
	e metros	λ W/m°C	$R = e / \lambda$ m²°C/W	Kg/m3	P=e. δ Kg/m²
	Esp. de c/ capa	Tabla 5	Tabla 2 y 3	Tabla 5	
R.S.I.	----	-----	0.12	-----	-----
CIELORR. SUSP. YESO	0.02	0.65	0.03	1550	31
ATICO NO VENTILADO	----	-----	0.23	-----	-----
ENTABLONADO MADERA	0.015	0.15	0.10	500	7.5
CARTON ALQUITRANADO	0.003	0.14	0.02	1100	3.3
POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.025	0.041	0.61	15	0.4
R.S.E.	-----	-----	0.03	-----	-----

12. Resistencia total del elemento (sumatoria columna 9) m²°C/W

1.25

14. Peso por m²

(sumat. col. 11) Kg/m²

42.2

13. Coeficiente "K" de proyecto $K = 1 / R$

0.8

W/m²°C

15. K adm. invierno

Tabla 11 W/m²°C

NIVEL A NIVEL B NIVEL C

0.32

0.83

1.00

16. K adm. verano

Tabla 12 W/m²°C

0.19

0.48

0.76

17. Comparación entre 13 respecto de 15 y 16:
 $K_{\text{proy}} < K_{\text{adm}}$

$0.80 < 0.83$ y > 0.76
Cumple invierno NO verano

3. EL COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS TERMICAS "G"

Se define como la "...energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario, que deberá suplir el sistema de calefacción para mantener constante la temperatura interna del local. Se mide en Watt por metro cúbico y grado kelvin."

Este coeficiente se calcula con la siguiente fórmula:

$$G_{cal} = \frac{\sum K_m S_m + \sum K_v S_v + \sum K_r S_r + Per P_p}{V} + 0,35n \quad [3]$$

donde:

G_{cal} = Coeficiente volumétrico del edificio calefaccionado, en watt por metro cúbico kelvin ($W/m^3 \cdot K$).

K_m = la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos que lindan con el exterior (muros, techos y pisos en contacto con el aire exterior) Coeficiente de transmisión de calor de los cerramientos opacos verticales (muros) que lindan con el exterior ($W/m^2 \cdot C$).

S_m = Area de los cerramientos opacos verticales (m^2).

K_v = Coeficiente de transmisión del calor de los cerramientos vidriados en muros y techos.

S_v = Area de elementos vidriados.

γK_r = la transmitancia térmica corregida de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos y no opacos, que lindan con locales no calefaccionados, de acuerdo con el punto 3.1., en watt por metro cuadrado kelvin. Simplificando podemos considerar el factor de corrección γ igual a 0,5 para locales contiguos calefaccionados y 1,0 para otros casos.

S_r = Area de los elementos opacos y no opacos anteriores en metros cuadrados.

Per = Perímetro del piso en contacto con el suelo y el aire exterior (m).

P_p = las pérdidas del piso en contacto con el terreno, calculadas de acuerdo con el punto 3.2., en watt por metro.

V = Volumen interior del edificio vivienda calefaccionado en m^3 .

0,35 = calor específico del aire en ($W/h m^3 \cdot K$).

n = Número de renovaciones de aire promedio por hora. Operativamente podremos adoptar para nuestra región (IIIb, poco ventosa) un valor de $n = 1,5$ para carpinterías medianamente estancas y $n = 2$ a 4 para carpintería poco estancas. Definimos como estancas a carpinterías de madera de doble contacto o simple contacto con burletes, corredizas de aluminio, madera o plástico, de buena calidad con control de infiltración. Son poco estancas las de abrir de madera, chapa doblada o perfilería de acero de simple contacto y corredizas de chapa doblada u otros de baja calidad sin elementos de control de infiltración.

Otra manera aproximada de obtener el "G" es mediante el gráfico de la Figura 1, que se compone de cuatro cuadrantes:

a. Superior izquierdo. Servirá para obtener las pérdidas por infiltración, mediante el volumen del edificio y el número de renovaciones de aire.

b. Superior derecho. Para calcular las pérdidas por conducción tanto de elementos opacos como vidriados, en función de la superficie de los mismos.

c. Inferior derecho. Accedemos a éste sumando los valores de pérdidas por infiltración, muros, techos y vidriados, y en función del volumen calefaccionado obtenemos el "G" de proyecto.

d. Inferior izquierdo. Nos permitirá obtener el "G" admisible en función del volumen calefaccionado y los grados día del sitio de emplazamiento del edificio.

Los grados día se definen como la "...suma de las diferencias de temperaturas, entre 18°C y la media horaria diaria, para los días del año en que la media diaria sea menor que 18°C." . Este fue tratado oportunamente en el Capítulo 1 donde constan las tablas bioclimáticas del país.

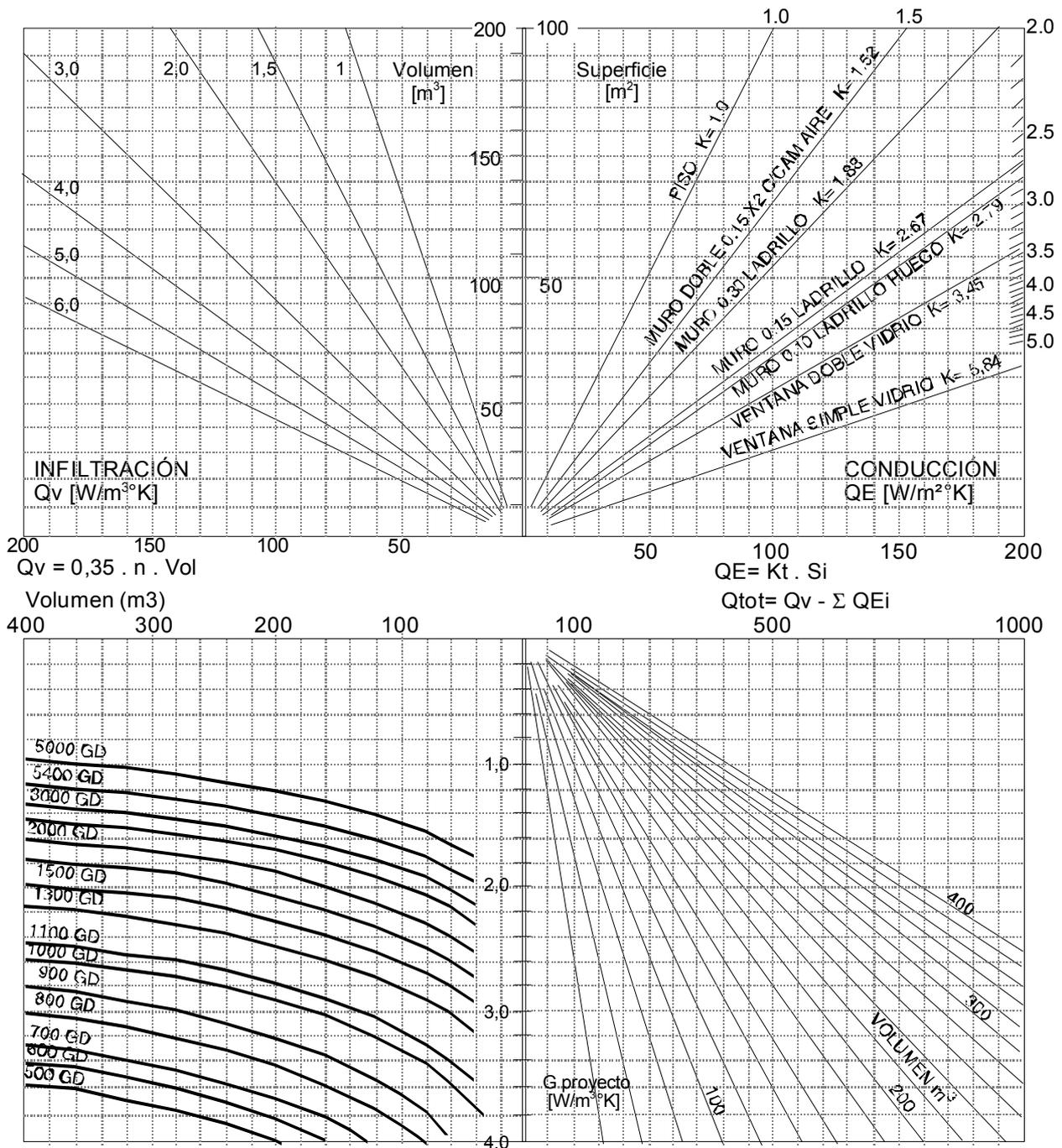


FIGURA 1: Nomograma para el cálculo simplificado del coeficiente global de pérdidas térmicas "G" con valores admisibles de la Norma IRAM 11604/86.

Volumen calefaccionado (m ³)	Grados Día de calefacción (base 18°C)											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	2500	3000	4000	5000
50	2.713	2.661	2.606	2.560	2.530	2.493	2.469	2.457	2.409	2.353	2.287	2.118
100	2.213	2.173	2.133	2.099	2.077	2.050	2.032	2.022	1.986	1.942	1.893	1.762
200	1.860	1.828	1.798	1.773	1.757	1.737	1.723	1.715	1.687	1.652	1.613	1.510
300	1.704	1.676	1.650	1.629	1.615	1.598	1.587	1.579	1.554	1.523	1.490	1.399
400	1.610	1.585	1.562	1.543	1.531	1.516	1.505	1.498	1.475	1.446	1.416	1.332
500	1.547	1.523	1.502	1.485	1.473	1.459	1.449	1.443	1.421	1.394	1.366	1.287
1000	1.389	1.368	1.352	1.339	1.330	1.319	1.311	1.306	1.287	1.264	1.241	1.174
1500	1.319	1.300	1.286	1.274	1.266	1.257	1.250	1.245	1.228	1.206	1.185	1.124
2000	1.277	1.259	1.246	1.236	1.228	1.220	1.213	1.208	1.193	1.172	1.152	1.094
2500	1.249	1.232	1.219	1.210	1.203	1.195	1.188	1.184	1.169	1.149	1.130	1.074
3000	1.228	1.211	1.199	1.190	1.184	1.176	1.170	1.165	1.151	1.131	1.113	1.059
3500	1.211	1.195	1.184	1.175	1.169	1.162	1.156	1.151	1.137	1.118	1.100	1.048
4000	1.198	1.182	1.171	1.163	1.157	1.150	1.144	1.140	1.126	1.107	1.090	1.038
4500	1.187	1.172	1.161	1.153	1.147	1.140	1.135	1.130	1.117	1.098	1.081	1.030
5000	1.178	1.163	1.152	1.145	1.139	1.132	1.127	1.122	1.109	1.091	1.074	1.024
7500	1.147	1.132	1.123	1.116	1.110	1.104	1.099	1.095	1.082	1.065	1.049	1.002
10000	1.128	1.114	1.105	1.099	1.093	1.088	1.083	1.079	1.067	1.050	1.035	0.988

Tabla 14: Valores de G admisibles en función del volumen calefaccionado y los grados día de calefacción

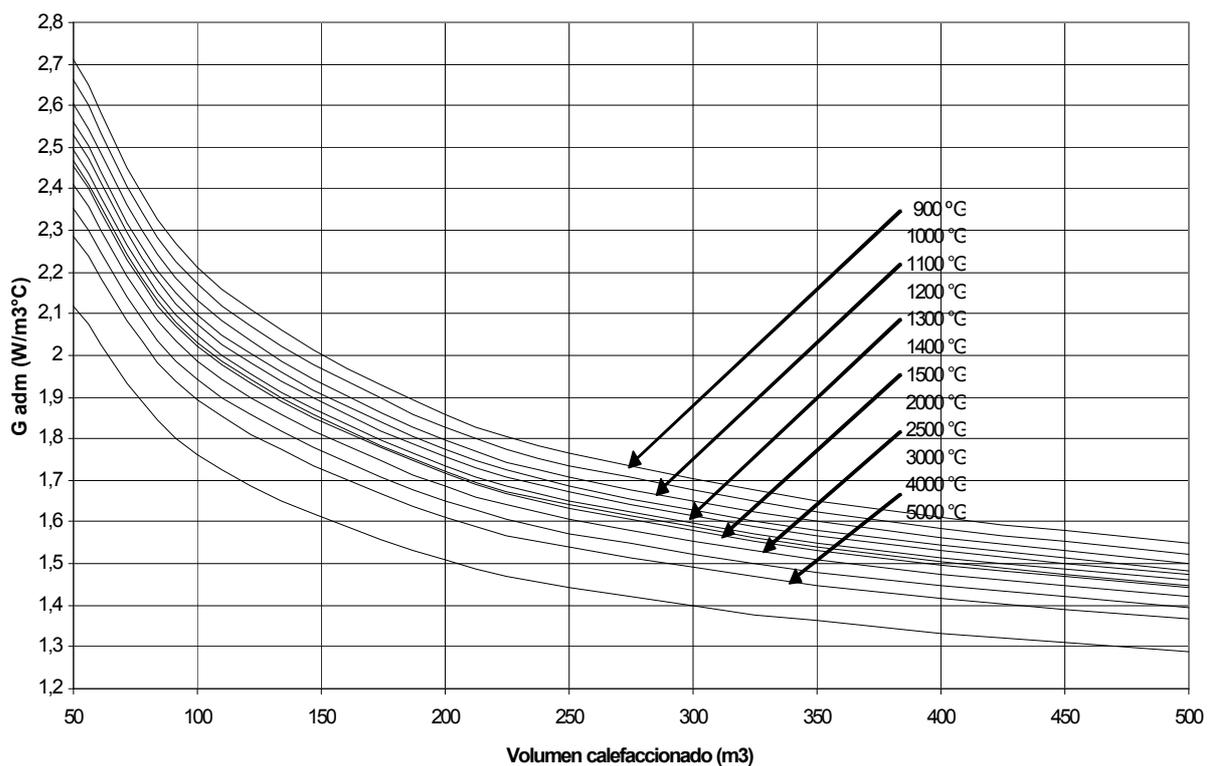


FIGURA 2: Valores máximos admisibles (G_{adm}) para edificios de vivienda en función del volumen calefaccionado (Rango 50 a 500 m³)

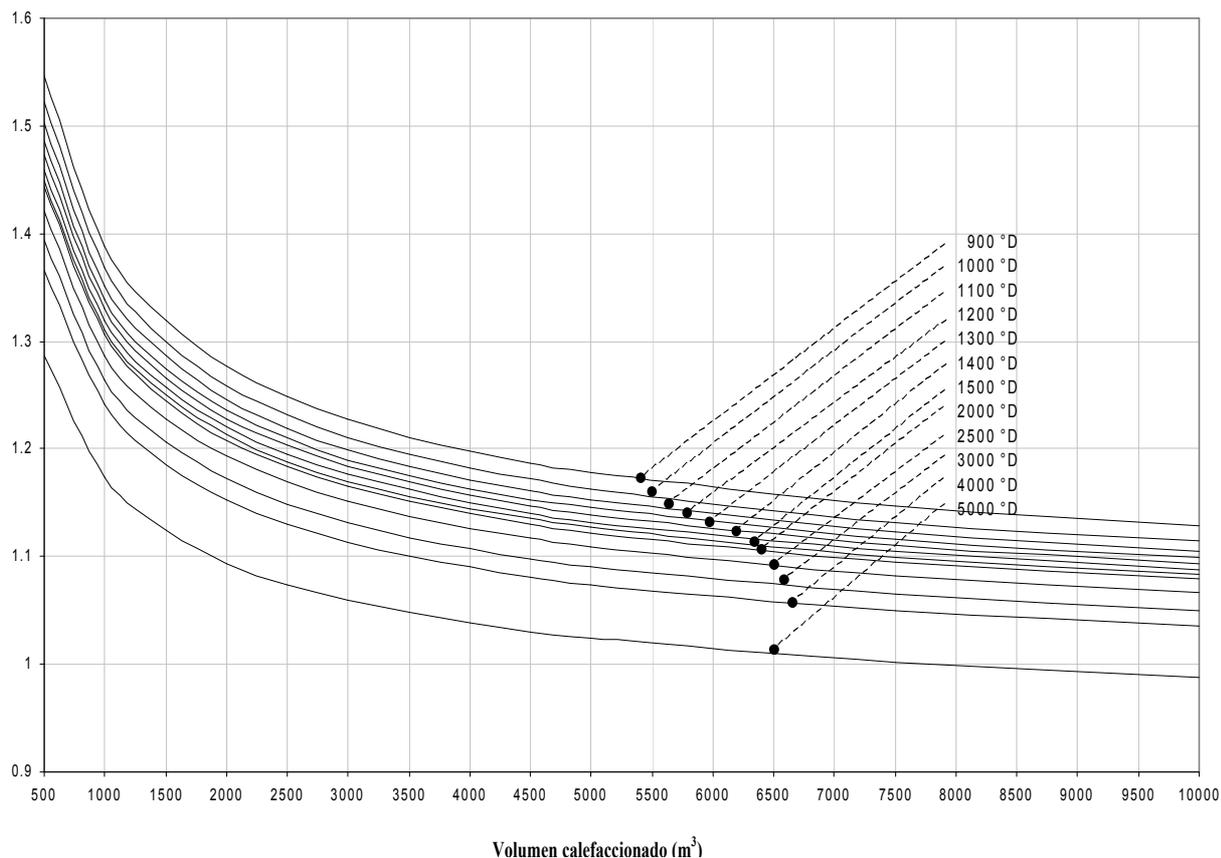


FIGURA 3: Valores máximos admisibles (G_{adm}) para edificios de vivienda en función del volumen calefaccionado (rango 500 m³ a 9500 m³).

3.3. Determinación del "G" para una vivienda.

Utilizando cualquiera de los métodos explicados anteriormente, sea el analítico o el gráfico, podremos determinar el coeficiente global de pérdidas térmicas "G". Por ejemplo podremos calcularlo para la vivienda aislada tipo duplex de la Figura 2, siguiendo los siguientes pasos:

- Localización del edificio según zonas bioambientales y localidades disponibles en el Cuadro 2 del Capítulo 2, de donde se extraerá el valor de Grados Día anuales con base 18°C.
- Según documentación gráfica: determinación de superficies discriminadas según tipos constructivos de muros, techos, ventanas y puertas; determinación del perímetro de piso en contacto con el suelo; determinación del volumen calefaccionado y adopción de cantidad de renovaciones de aire.
- Conocer los valores de transmitancia térmica "K" de cada parte constructiva o determinarlos según indicaciones del apartado 2 del presente Capítulo.
- Conocidos estos datos, aplicar la expresión matemática [3] o utilizar el Nomograma adjunto. En caso de querer facilitar el proceso puede recurrirse al programa *Eva/G* que integra el Sistema *Bioclim* (puede descargarse de www.arquinstal.net/software/bioclim/).
- Mediante el cuadrante 3 del Nomograma de la Figura 1 o la Figura 2, determinar el "G_{adm}" en función de los Grados Día de la localidad y el volumen calefaccionado.
- El "G" de proyecto deberá ser menor al "G" admisible según Norma IRAM 11604/01. En caso contrario se deberá mejorar la aislación térmica de la envolvente edilicia.

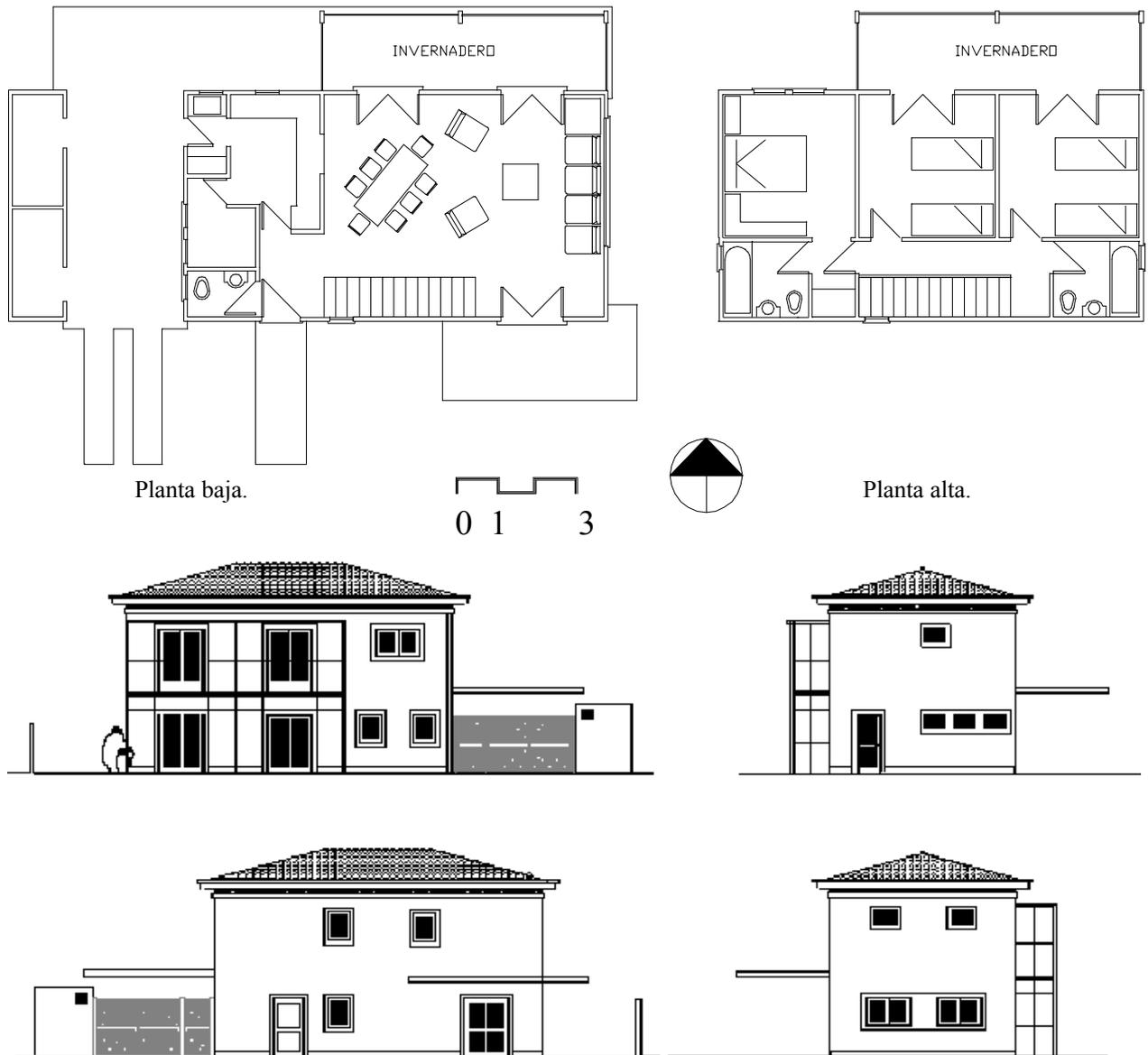


FIGURA 5: Prototipo de vivienda unifamiliar ubicado en la patagonia Argentina.

Para nuestro caso los datos de cálculo serán los siguientes:

Datos generales

Zona Bioambiental: IIIb (Templada Cálida húmeda)

Localidad: La Plata Provincia : Buenos Aires

GD 18: 1178 °C

Renovaciones de Aire : 1,5 R/h

Datos Edificio

Superficie calefaccionada: 120,40 m²

Volumen calefaccionado: 313,00 m³

Perímetro cont. c/suelo: 32,70 m

Sup. muro exterior: 143,80 m²

Sup. techo: 60,20 m²

Sup. ventanas y puertas ventanas : 22,84 m²

Sup. puertas: 3,40 m²
 K muro (Ejemplo planilla 1): 1,71 W/m²°C
 K techo (Ejemplo planilla 2): 0,80 W/m²°C
 K ventanas (metálica simple vidrio): 5,88 W/m²°C
 K puertas (madera maciza c/marco metálico) : 3,50 W/m²°C
 K piso (normal): 1,00 W/m²°C

Determinación del "G" de proyecto

Perdidas por muros	= 1,71 W/m ² °C x 143,80 m ²	= 245,9 W/°C	38.6 %
Pérdidas por ventanas	= 5,88 W/m ² °C x 22,84 m ²	= 134,3 W/°C	21.0 %
Pérdidas por puertas	= 3,50 W/m ² °C x 3,40 m ²	= 11,9 W/°C	1.9 %
Pérdidas por muros med.	= 0,00 W/m ² °C x 0 m ² x 0,5	= 0,0 W/°C	
Pérdidas por pisos	= 1,00 W/m ² °C x 32,70 m x 1 m	= 32,7 W/°C	5.1 %
Pérdidas por techos	= 0,80 W/m ² °C x 60,20 m ²	= <u>48,2 W/°C</u>	7.6 %
Sumatoria de pérdidas térmicas por conducción		= 472,9 W/°C	
Pérdidas por infiltración	= 313 m ³ x 0.35 W/m ³ °C x 1.5	= <u>164.3 W/°C</u>	25.8 %
PÉRDIDAS TOTALES		= 637.2 W/°C	

$$G_{cal} = 472,9 / 313 + 0,35 \times 1,5 = 2,04 \text{ W/m}^3\text{°C}$$

Obtenido el " G_{cal} " de proyecto encontramos en la Figura 3 que el "G" admisible correspondiente a 1178 Grados Día y 313 m³ es de 1,63 W/m³°C. Realizando la comparación vemos que el G de proyecto es mayor al G admisible por lo tanto NO cumplimos con los estándares de calidad térmica de la Norma IRAM 11604/01 y debemos aumentar el nivel de aislación de la envolvente.

Del análisis de las pérdidas porcentuales podemos observar que la mayoría, un 38.6% se produce por muros y un 21% por ventanas. Es en estos lugares donde deberemos aumentar la aislación. En el caso de ventanas podremos hacerlo mediante doble vidriado que cuesta aproximadamente 80 U\$S/m² mientras que mejorar el nivel de aislación en muros rellenando la cámara de aire con 4cm de aislante costará alrededor de 10 U\$S/m². La decisión es clara y optamos por aislar los muros siendo ahora el K= 0.58 W/m²°C que multiplicado por la superficie nos da una pérdida de 83.4 W/°C. Hecho esto obtendremos un $G_{cal} = 1.52 \text{ W/m}^3\text{°C} < G_{adm} = 1.63 \text{ W/m}^3\text{°C}$.

4. CARGA TERMICA ANUAL DEL EDIFICIO

La carga térmica anual la obtendremos de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{N \times GD18 \times G \times V}{1000} \quad [4]$$

donde:

Q = Carga térmica anual en calefacción en (KWh/año).

N = Tiempo de calefacción diaria en horas que variará en función de la ocupación de la vivienda.

GD18 = Grados día anuales (°C).

G = Coeficiente global de pérdidas térmicas (W/m³°C).

V = Volumen calefaccionado del edificio (m³).

	Valor de N para un edificio		
	Pesado	Normal	Liviano
Calefacción continua	24	24	24
10 hs diarias	22	19	15
4 hs diarias	18	14	10

Utilizando el ejemplo anterior podemos determinar la carga térmica anual correspondiente.

$$Q = (24 \text{ hs} \times 1178 \text{ }^\circ\text{C} \times 1,52 \text{ W/m}^3\text{ }^\circ\text{C} \times 313 \text{ m}^3) / 1000 = 13451 \text{ KWh/año}$$

Con esto obtendremos las pérdidas térmicas anuales de energía en calefacción. Si quisiéramos conocer el costo demandado en energía apelariamos a la siguiente fórmula:

$$CECA = \frac{Q \times C_C}{P_C \times \rho} \quad [5]$$

donde:

CECA = Costo energía en calefacción anual (u\$s/año).

Q = Carga térmica anual (KWh/año).

C_C = Costo combustible: (Valor tarifa domiciliaria en junio 2001)

Gas envasado = 1,723 u\$s/Kg.

Gas natural = 0,3053 u\$s/m³

Energía eléctrica = 0,031 u\$s/KW.h

P_C = Poder calórico de combustibles:

Gas envasado = 13,9 KWh/Kg (12.000 cal/Kg).

Gas natural = 10,7 KWh/m³ (9.000 cal/m³).

ρ = Rendimiento de equipos calefactores individuales:

Tiro balanceado = 0,3 a 0,4

Tiro natural = 0,4 a 0,5

Radiantes = 0,9

sistemas centralizados (media caldera mural + terminales)

Piso radiante PEX = 0,75 a 0,85

Radiadores aluminio = 0,65 a 0,75

Según esto nuestro gasto anual en calefacción para gas natural y sistema tipo tiro balanceado será de:

$$CECA = (13451 \text{ Kwh/año} \times 0,3053 \text{ u}\$/\text{m}^3) / (10,7 \text{ Kwh/m}^3 \times 0,3) = 1280 \text{ u}\$/\text{año}$$

De lo tratado hasta aquí poseemos las herramientas necesarias para evaluar térmicamente un edificio. Hemos analizado los edificios sin considerar las ganancias solares por lo tanto las evaluaciones realizadas no poseen la característica de un balance térmico exhaustivo, tampoco se han considerado las ganancias térmicas por ocupación.

Respecto de las ganancias solares, se mencionó el Sistema Bioclim que puede descargarse del sitio www.arquinstal.net utilizando los programas Radiac2 y RadOpt que nos permitirán determinar el aporte solar por superficies vidriadas. Como dato informativo podemos decir que para edificios de vivienda de construcción tradicionales el aporte solar no supera el 9 a 11%. Si deseáramos aumentar el factor solar deberemos mejorar la aislación térmica de la envolvente; optimizar las superficies vidriadas en cuanto a orientación, protecciones y dimensiones; aumentar la estanqueidad a las infiltraciones y realizar un balance térmico estacionario global diurno y nocturno o un balance térmico en estado transitorio.

En cualquiera de estos casos se recomienda acudir a alguno de los centros regionales donde profesionales especializados realizarán el análisis detallado, dado que su tratamiento excede el nivel de este texto.

5. VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION SUPERFICIAL E INTERSTICIAL

5.1. Comportamiento de muros y techos en función de la temperatura y humedad

A continuación estudiaremos el comportamiento de los muros frente a la transmisión de calor y humedad, problema este último muy ligado al primero, puesto que los materiales de construcción y los aislantes térmicos específicos pierden resistencia al paso del calor cuando están húmedos.

Cuando entre las dos caras de un muro de composición homogénea hay una diferencia de temperatura, podríamos representar el reparto de temperatura en el espesor del muro como se muestra en la Figura 6.

En las caras del muro pueden verse unos saltos de la temperatura que se deben a la dificultad que tiene el calor para atravesar un medio discontinuo. Este efecto debido a la resistencia superficial, también está relacionado con las cámaras de aire.

Cuando queremos enfriar algo, por ejemplo un motor de combustión interna, aumentamos su superficie específica dotándole de aletas como en las motos, o aumentamos la velocidad del aire en su alrededor por medio de un ventilador. Podemos hacer un edificio con poca superficie específica y con los paramentos muy lisos pero no podemos regular la velocidad del aire que los castiga, por lo que es necesario calcular la calefacción necesaria teniendo en cuenta este efecto. El coeficiente de resistencia superficial exterior está en función de la velocidad del viento, ya que este aumenta las pérdidas de calor. La Norma IRAM 11 601 considera como valor único un $R = 0,03$ para invierno y $R = 0,04$ para verano, independientemente de la velocidad del viento.

Dentro de un muro se produce una caída de temperatura como la graficada en la Figura 6. La pendiente de esta recta es directamente proporcional a la resistencia térmica del o los materiales que lo componen, con esto queremos decir que si el espesor o la resistencia térmica es insuficiente el salto térmico se realizará en parte fuera del muro y su cara interior tendrá una temperatura inferior en varios grados a la del ambiente.

Bajo esta condición además de producirse una sensación de incomodidad, si el ambiente tiene una humedad próxima a la de saturación ($HR = 100\%$) y la cara fría del muro estuviese a una temperatura inferior a la temperatura de rocío se producirán condensaciones al entrar el aire en contacto con ella.

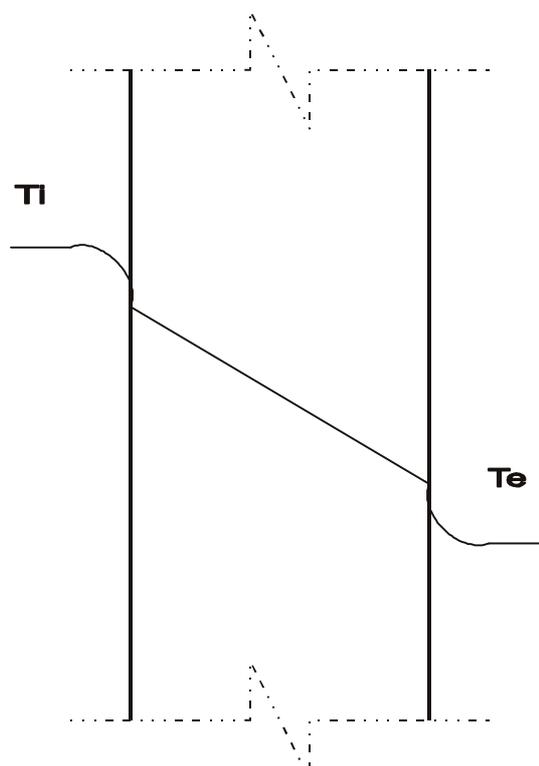


FIGURA 6: Caída de temperaturas en un muro homogéneo.

En ciertos casos aparecerá una mancha de humedad, que habitualmente se suele suponer que proviene del exterior o de la pérdida de una cañería entre otras hipótesis. En casos más leves la humedad resulta imperceptible pero en el paramento se fijará el polvo con mayor facilidad ennegreciéndose.

A modo ilustrativo podemos observar que este fenómeno ocurre con mayor frecuencia en los muros de orientación sur, en zonas por sobre el dintel de las aberturas donde se estratifica el aire caliente ó donde se produce una discontinuidad en la homogeneidad del muro. Esta discontinuidad que llamaremos puentes térmicos se producen cuando los muros o techos contienen, por ejemplo: vigas, columnas, etc.

Existen dos tipos de condensación que vamos a analizar y verificar:

- a. Condensación superficial
- b. Condensación intersticial

5.2. La condensación superficial

Tipo de condensación se refiere a la producida en la cara superficial interior del elemento cuando en esta o próxima a ella se produce el punto de rocío. La condensación intersticial se refiere a la producida en alguna capa intermedia del elemento.

Como referencia un elemento de cerramiento con un $K = 4 \text{ W/m}^2\text{C}$, produce condensación superficial bajo los parámetros de la Norma IRAM 11 625 en la zona de La Plata (IIIb).

El ejemplo más claro son los vidrios que durante el invierno se empañan por alcanzar la superficie de los mismos la temperatura de rocío. La solución al problema es aumentar la resistencia térmica (aislación) de los mismos hasta evitar la condensación.

En el apartado 5.6. se explica un procedimiento para determinar el riesgo de condensación superficial y como conocer la resistencia térmica que evitaría el fenómeno de condensación.

5.3. La condensación intersticial

El vapor de agua del ambiente interior penetra en el interior de un muro aunque este tenga una resistencia térmica adecuada, en algún plano interior puede ocurrir que la temperatura del muro sea inferior a la de rocío para la presión de vapor existente produciéndose condensación.

Al estar el material empapado y perder resistencia térmica, en las inmediaciones del plano donde ha habido condensaciones la recta de las temperaturas perderá pendiente y la temperatura de rocío se alcanzará un poco más a la derecha aumentando progresivamente la porción de muro empapado. La humedad también avanzará por capilaridad hacia el interior dando como resultado que el proceso vaya también en dirección contraria, pudiendo terminar el muro completamente empapado. Este fenómeno se da con mayor frecuencia cuando la diferencia entre la temperatura interior y exterior es grande, o cuando la humedad relativa interior es muy alta.

Para solucionar el problema pueden ventilarse los locales eliminando el exceso de vapor que pudiera haber en el aire interior y reduciendo la presión del mismo, lo cual supone incrementar las pérdidas de calor, o añadir una capa al muro que impida su penetración hasta las que tienen temperatura inferior a la de rocío, y que por esta razón se llaman barreras de vapor.

La posición de esta barrera debe estudiarse con cuidado porque si es demasiado superficial pueden darse condensaciones en el paramento (revestimientos de baños y cocinas). En los locales en los que ocasionalmente puede haber una gran producción de vapor, como el los baños durante la ducha conviene que haya elementos capaces de absorber el exceso momentáneo de humedad para cederla al ambiente a medida que se normalice la situación. Para cumplir esta función podemos utilizar yeso en el cielorraso que es muy adecuado por su higroscopicidad, pero siempre que la pintura de acabado no forme barrera de vapor (pinturas acrílicas o sintéticas).

Otro medio de evitar condensaciones intersticiales es conseguir que la pendiente de la línea de temperaturas sea muy grande cerca de la cara exterior del muro, colocando en ella el aislante térmico, con lo que el vapor llegará con una presión muy reducida a la zona del muro donde las temperaturas son bajas. El problema de esta disposición es que los materiales aislantes tienen escasa resistencia mecánica por lo que para situarlos en el exterior es necesario protegerlos superficialmente.

Habitualmente se cree que la aparición de condensación en las cámaras de aire se debe a la entrada de humedad exterior, cuando en las épocas de calefacción, lo normal es que proceda del interior pues dentro hay una presión de vapor mayor al tener el aire una temperatura más alta. Por eso es frecuente que se cometa el error de impermeabilizar la superficie exterior del muro con productos plásticos, o con base de caucho medianeras impermeabilizadas con membranas asfálticas con terminación aluminizada. Todas estas "soluciones" impiden que la pared o el techo "respiren" impidiendo la cesión al exterior de la humedad producida en el invierno durante el verano.

Para eliminar la humedad de una cámara de aire lo más sencillo sería ventilarla, pero si se renueva el aire con el procedente del exterior, perderemos la capa exterior como aislante térmico. Además se producirá una convección del aire contenido en la cámara de aire que acelerará el intercambio de calor entre la pared interior de la vivienda y el exterior. En otras palabras es una solución que debe analizarse cuidadosamente.

Existen soluciones intermedias como son: reducir la ventilación al mínimo indispensable, introducir aire interior con salida hacia el exterior lo cual es difícil de conseguir por medios naturales. Podría colocarse una barrera de vapor en la cara externa del tabique interior, con las dificultades constructivas que esto conlleva. Se pueden emplear láminas de aluminio que además de hacer la función de barrera, reflejan el 90% de la radiación infrarroja (calor) hacia el interior. Esta es la solución ideal pero posee un alto costo.

Como soluciones intermedias podemos reemplazar al aluminio en su función de barrera de vapor por polietileno de alta densidad de 100 o más micrones de espesor o tres manos de asfalto emulsionado, con un costo muy inferior y un resultado aceptable.

Otra solución es suprimir la cámara rellenándola de un aislante térmico específico, alguno de los cuales funcionan como barrera de vapor, lo que equivaldría a suprimir parcial o totalmente la cámara y muchos de los posibles problemas. En cualquier caso nunca se pondrá una barrera de vapor en la cara fría del muro.

Sintetizando existen varias posibilidades de ubicación del aislante y en consecuencia de la barrera de vapor.

5.3.1. Modos de ubicación del aislante térmico y la barrera de vapor en muros.

Aislante en la cara interior del elemento

Ventajas:

- * Es una solución adecuada en edificios construidos.
- * Velocidad de ejecución con mano de obra especializada.

Desventajas:

- * Costo, por cuanto se debe construir un revestimiento interior para proteger al aislante y la barrera de vapor.
- * Necesita una estructura adicional de madera o metálica para soportar el revestimiento.
- * Se pierde la inercia térmica del muro

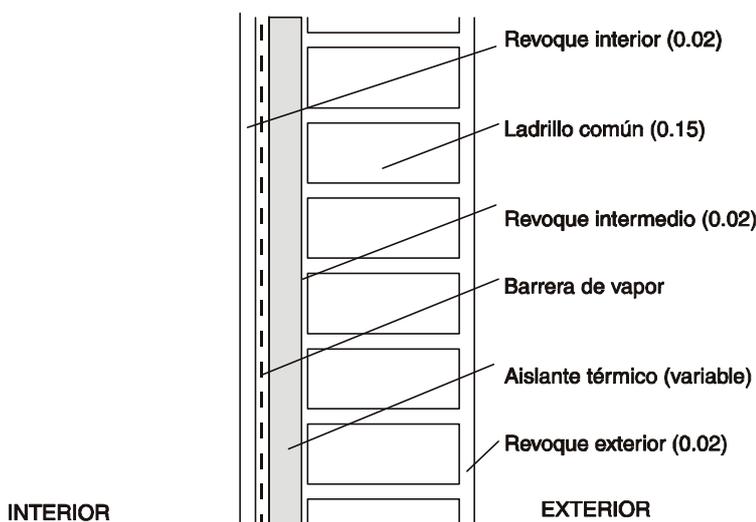


FIGURA 7: Caso de muro con aislación térmica en la cara interior.

Aislante en el medio de dos muros

Ventajas:

- * Es la solución efectiva para reemplazar la cámara de aire.
- * Es simple de construir.

- * Podría ser la más económica.
- * Se mantiene la inercia térmica del tabique interior.
- * Permite acabados rústicos de superficies interiores y exteriores ahorrando revoques.

Desventajas:

- * Tiempo de ejecución.
- * Necesidad de mano de obra capacitada.
- * Necesita barrera de vapor.

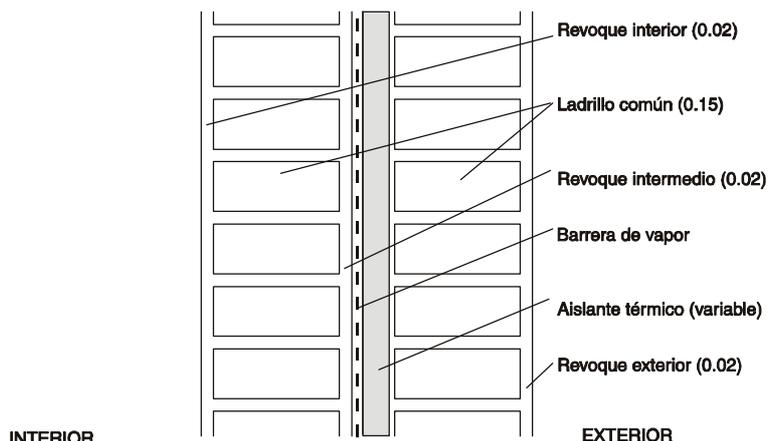


FIGURA 8: Caso de muro con aislación térmica en el medio.

Aislante en la cara exterior:

Ventajas:

- * Puede no necesitarse barrera de vapor.
- * Es factible de utilizar en edificios construidos.
- * Aprovecha la inercia térmica del cerramiento.

Desventajas:

- * Necesita un recubrimiento exterior y una estructura de sostén.
- * Genera problemas de imagen si se utilizan chapas como revestimiento
- * Puede tener problemas de costos.

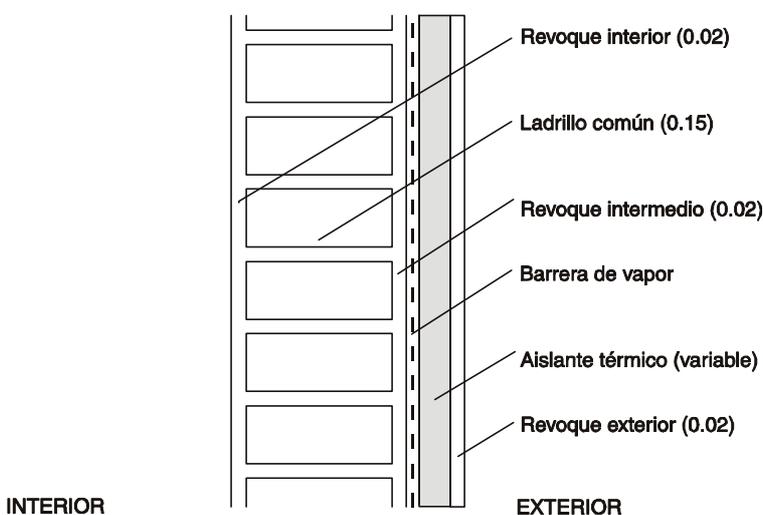


FIGURA 9: Caso de muro con aislación térmica en la cara exterior.

En todos los casos es difícil optar a priori en función de los costos. Debe realizarse un análisis de costos profundo para elegir la solución óptima. No existen todavía estudios en este campo para el país que tengamos personal conocimiento.

5.4. Conceptos sobre los efectos de la humedad en los materiales de construcción

La captación de agua por parte de los materiales de construcción produce en ellos diversas alteraciones de sus características originales, que pueden causar -en casos extremos- su destrucción. Basta recordar la relación que existe entre la aislación térmica de un material y su contenido de humedad, como también los daños producidos por las heladas y las sales que eventualmente se encuentran disueltas en el agua. En los materiales de origen mineral la absorción se produce a través de la red interna de poros y capilares. Los principales mecanismos de absorción son los siguientes:

- Absorción de aguas de lluvias
- Absorción de aguas que escurren por una pendiente
- Absorción de aguas subterráneas
- Absorción por condensación
- Absorción por condensación capilar
- Absorción por higroscopicidad

En los primeros tres casos la humedad es captada en forma líquida. En los tres últimos, en forma de vapor.

Estos tipos de absorción a partir del estado de gas resultan en un principio indivisibles, por lo que normalmente no se les concede mayor importancia. Precisamente por esto resultan particularmente peligrosas, ya que sólo son percibidas una vez que el daño se ha materializado. A continuación se describen brevemente cada uno de los mecanismos mencionados; en lo referente a absorción en estado de vapor de agua.

a) Absorción de agua por condensación

El proceso de precipitación del vapor de agua existente en la atmósfera recibe el nombre de condensación.

Este fenómeno ocurre cuando se supera el llamado punto de saturación. Para cada temperatura el aire, está en condición de absorber una cantidad máxima de humedad, que se denomina humedad de saturación. Por otra parte, el contenido de humedad del aire en cada instante se conoce como humedad relativa. Esta indica en consecuencia el porcentaje de humedad contenida en el aire a una cierta temperatura.

$$\text{Humedad Relativa en \%} = \frac{\text{contenido de humedad en Gr / m}^3 \cdot 100}{\text{humedad de saturación en Gr / m}^3} \quad [6]$$

La relación que existe entre la temperatura y la humedad del aire se puede observar en el diagrama de la Figura 10.

b) Permeabilidad al vapor de agua

La difusión del vapor de agua juega un importante rol en la construcción. Se la debe tener en cuenta especialmente al elegir los materiales de recubrimiento de superficies. Los muros deben construirse de tal modo que las capas con mayor capacidad de difusión se vayan sucediendo hacia el exterior. Esto se debe a que bajo condiciones normales el flujo de difusión del vapor de agua se dirige desde el interior hacia el exterior.

En la física de la construcción se emplean básicamente dos magnitudes para describir la difusión del vapor de agua. Una es la llamada resistencia a la difusión " μ ", que indica cuanto más grande resulta la resistencia a la difusión de un cierto material al compararla con la correspondiente a una capa de aire en reposo del mismo espesor. Se considera que el aire posee un valor $\mu=1$. El valor " μ " implica en consecuencia una relación, y es por lo tanto adimensional.

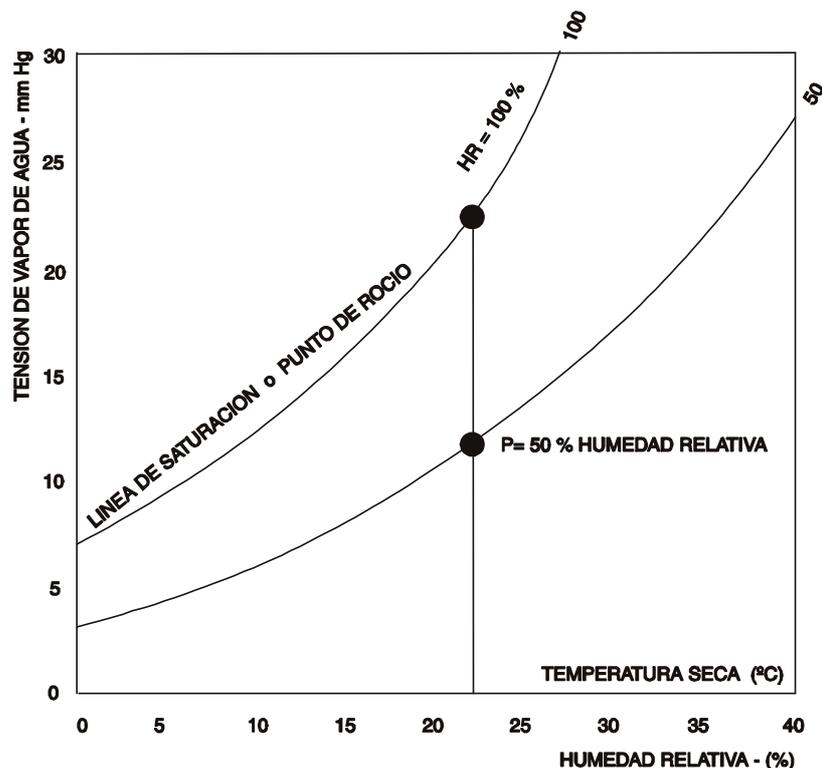


FIGURA 10: Relación entre la temperatura y la humedad del aire.

$$S_d = \mu \times S(\text{metros}) \quad [7]$$

Junto a este valor " μ ", que corresponde a una constante del material, el espesor de la capa del material juega un papel importante en relación al difusión. Si se multiplica " μ " por el espesor " s " de la capa se obtiene el espesor del aire equivalente " S_d ". Este valor entrega el espesor que debe tener una capa de aire para que su resistencia a la difusión sea igual a la del material examinado.

5.5. Cálculo del riesgo de condensación

Para la verificación del riesgo de condensación se utilizarán los siguientes datos necesarios para el cálculo:

- Conductividad y resistencia térmica de elementos constructivos (Tablas 5, 6 y 7).
- Resistencias térmicas superficiales y de cámaras de aire (Tablas 2 y 3).
- Permeabilidad y Permeancia de materiales constructivos (Tabla 9).
- Temperatura mínima de diseño según zona bioambiental (Cuadro 2, Cap. 2).

Datos necesarios:

T_e (Temperatura Exterior de Diseño): Se tomará el dato de los Cuadro 2 Cap.2). Este valor depende de la localidad donde se esté realizando la verificación.

HR_e (Humedad Relativa Exterior): Se adoptará 90% en todos los casos.

T_i (Temperatura Interior de Diseño): Se adoptarán valores diferenciados en función del nivel de calefacción de los locales. $T_i = 18^\circ\text{C}$ para locales de uso no permanente y $T_i = 20^\circ\text{C}$ para locales de uso permanente (Cocina-comedor diario).

HR_i (Humedad Relativa Interior): Según la norma de la SEDUV, actualmente vigente recomienda 50%. Nosotros adoptaremos 70% correspondiente a la última versión de la IRAM 11625/92 ya que este valor es más real en función de los sistemas de acondicionamiento ambiental utilizados en el país.

R_{Si} (Resistencia Superficial Interior).

R_{Se} (Resistencia Superficial Externa).

λ (Conductividad Térmica).

δ (Permeabilidad).

μ (Permeancia).

R_t (Resistencia Total del Elemento).

5.6. Método de verificación del riesgo de condensación superficial

Se realizará la verificación para el ejemplo de muro doble con cámara de aire. En primer lugar se determinará la diferencia de temperaturas según la siguiente expresión:

$$\Delta T = T_i - T_e \quad [8]$$

$$\Delta T = 20^\circ\text{C} - 2,4^\circ\text{C} = 17,6^\circ\text{C}$$

Luego determinaremos la caída de temperatura en la superficie interna (τ) del muro según la siguiente expresión:

$$= \frac{R_{Si} \times \Delta T}{R_t} \quad [9]$$

$$\tau = (0,12 \text{ m}^2\text{C/W} \times 17,6^\circ\text{C}) / 0,59 \text{ m}^2\text{C/W} = 3,6^\circ\text{C}$$

En tercer lugar determinaremos la temperatura superficial interna del muro (Δ_i), de la siguiente manera:

$$\Delta_i = T_i - \tau \quad [10]$$

$$\Delta_i = 20^\circ\text{C} - 3,6^\circ\text{C} = 16,4^\circ\text{C}$$

Finalmente y mediante el diagrama psicrométrico obtendremos la temperatura de rocío para las condiciones en el interior de la vivienda, correspondiente a 20°C de temperatura y 75% de humedad relativa que resulta igual a $15,5^\circ\text{C}$.

La temperatura superficial interna deberá ser mayor a la temperatura de punto de rocío para que no exista riesgo de condensación. Como en nuestro caso la temperatura superficial interior (Δ_i) es igual a $16,4^\circ\text{C}$ y esta temperatura es mayor a la de rocío no existe riesgo de condensación superficial para un muro doble con cámara de aire en la Zona Templada Húmeda (IIIb).

Como la diferencia de temperaturas (superficial interior y rocío) es de $0,9^\circ\text{C}$ existe la posibilidad de que haya un riesgo de condensación intersticial, que verificaremos luego.

Es interesante conocer cual es la resistencia térmica crítica en la cual se produce riesgo de condensación superficial, para lo cual seguiremos el siguiente proceso de cálculo.

5.7. Proceso inverso para determinar la resistencia térmica mínima evitando la condensación superficial

Reemplazamos en: $T_{s_i} = T_i - \tau$

la T_{s_i} por la Temperatura de Saturación y despejamos τ : $T_{\text{sat}} = T_i - \tau$;

entonces: $\tau = T_i - T_{\text{sat}}$

$$\tau = 20^\circ\text{C} - 15,5^\circ\text{C} = 4,5^\circ\text{C}$$

Luego en:

$$= \frac{R_{s_i} \times \Delta T}{R_t} \quad [9]$$

despejamos R_t y obtenemos: $R_t = \frac{R_{s_i} \times \Delta T}{\tau}$

$$R_t = (0,12 \text{ m}^2\text{C/W} \times 17,6^\circ\text{C}) / 4,5^\circ\text{C} = 0,47 \text{ m}^2\text{C/W}$$

que corresponde a un **K = 2,1 W/m²C** para la zona de La Plata.

Como ejemplo, muros de ladrillos comunes de 0,15 y 0,20 m revocados en ambas caras presentan riesgo de condensación superficial en la zona bioambiental IIIb; ya que los coeficientes de transmitancia térmica K de estos son 2,67 y 2,21 W/m²K, respectivamente. En estos casos deberemos mejorar la resistencia térmica de estos elementos, incorporando aislantes térmicos, con la recomendación de verificar luego el riesgo de condensación intersticial.

5.8. Verificación de riesgo de condensación intersticial

Se explicará seguidamente el llenado de la Planilla de la Tabla 19. Las columnas 4 a 7 se completarán con los valores obtenidos en el cálculo del coeficiente "K" para muros y techos.

Deberemos tener la precaución de agregar las pinturas como una capa más, por ejemplo sobre el revoque interior se adicionará pintura al latex y sobre el exterior nada por ser ladrillo a la vista. Los datos higrotérmicos de las pinturas y/o revestimientos los obtendremos de la Tabla 9.

Luego se ubicará en los extremos superior e inferior de las columnas 8, 11 y 12 los valores de Temperatura exterior e interior para la primer columna; Presión de vapor o humedad absoluta correspondiente a cada temperatura y humedad obtenido del diagrama psicrométrico en la columna 11 y Humedad relativa interior y exterior en la 12. (Ver Figura 11)

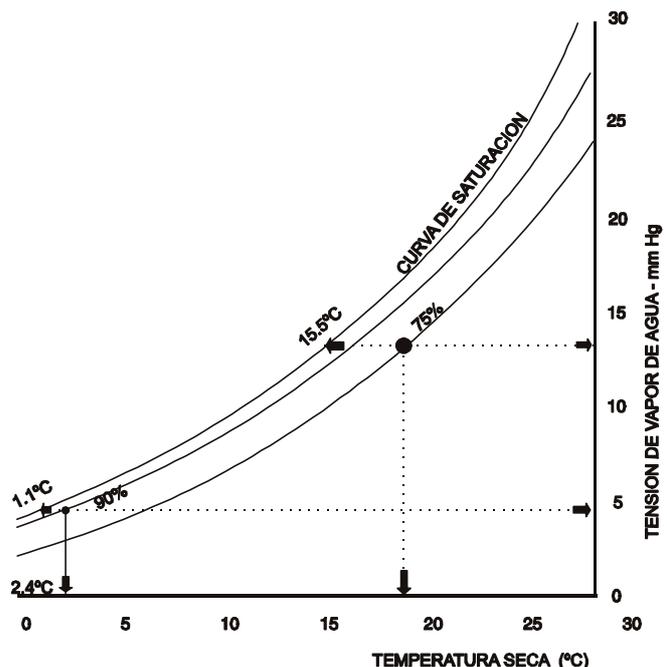


FIGURA 11: Procedimiento para obtener en un diagrama psicrométrico la humedad absoluta o la presión de vapor, en función de la temperatura

Según esto tendremos para el interior del local:

para $T_i = 20^\circ\text{C}$ y $\text{HR} = 75\%$ $P_v = 1,76 \text{ KPa}$ ó $C_v = 11 \text{ g/Kg}$

y para el exterior: $T_e = 2,4^\circ\text{C}$ y $\text{HR} = 90\%$ $P_v = 0,64 \text{ KPa}$ ó $C_v = 4,1 \text{ g/Kg}$

Las temperaturas entre capas (T_x) correspondientes a la columna 8 se irán calculando según la siguiente expresión:

$$T_x = T_i - \frac{\Delta t \times R_i}{R_t} \quad [11]$$

donde:

T_i = Temperatura interior de diseño.

Δt = Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

R_i = Sumatoria de resistencias desde el interior hasta la junta entre capas que se esté tratando.

R_t = Resistencia total del elemento.

Podemos ver que las temperaturas entre capas están desfazadas de los datos de cada capa por ser la temperatura que existe entre capa y capa.

En la columna 9 se colocarán las permeabilidades correspondientes a cada material que constituye la capa obtenido del Tabla 10.

La columna 10 es la resistencia al paso de vapor de la capa $R_v = e/\delta$ donde e = espesor de la capa y δ = permeabilidad. En el caso de considerarse un elemento capa de muy poco espesor (película) como barreras de vapor o pinturas se utilizará la permeancia obtenida de la misma tabla. En este caso la resistencia $R_v = 1/\text{permeancia}$ ya que incluye el espesor en su valor. Por ejemplo para un foil de polietileno de 100 micrones la permeancia es 0.016 y la $R_v = 1 / 0.016 = 62.5 \text{ m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$, esto implica una gran capacidad de impedir el paso del vapor a las capas frías. Caso contrario son las cámaras de aire que con una permeancia de $75 \text{ m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$ tiene una resistencia al paso de vapor muy baja, $R_v = 1 / 75 = 0.013 \text{ m}^2 \text{ h KPa} / \text{g}$.

Para la obtención de la presión de vapor entre capas en la columna 11 ó el contenido de vapor de agua que al efecto es lo mismo se utilizará la siguiente expresión:

$$P_v = P_{v_i} - \frac{\Delta P_v \times R_{v_i}}{R_v} \quad [12] \quad C_v = C_{v_i} - \frac{\Delta C_v \times R_{v_i}}{R_v} \quad [13]$$

donde:

P_{v_i} = Contenido de vapor de agua interior o presión de vapor interior.

ΔP_v = Diferencia de presión o contenido de vapor entre exterior e interior.

C_{v_i} = Contenido de vapor de agua interior o presión de vapor interior.

ΔC_v = Diferencia de presión o contenido de vapor entre exterior e interior.

R_{v_i} = Σ de resistencias desde el interior hasta la junta entre capas que se analice.

R_v = Resistencia total del elemento al paso de vapor de agua.

La humedad relativa entre capas de la columna 12 se obtendrán del diagrama psicrométrico lo mismo que la temperatura de rocío de la columna 13 a partir de las temperaturas y presiones de vapor calculadas.

Cuando la columna 12 nos indique un valor mayor o igual al 100% de humedad relativa deberemos mejorar la aislación del elemento e incorporar una barrera de vapor según sea el caso, volviendo a realizar la verificación.

Posteriormente se graficarán en el muro las curvas de caída de temperatura seca y de rocío como en la dibujada en la ficha.

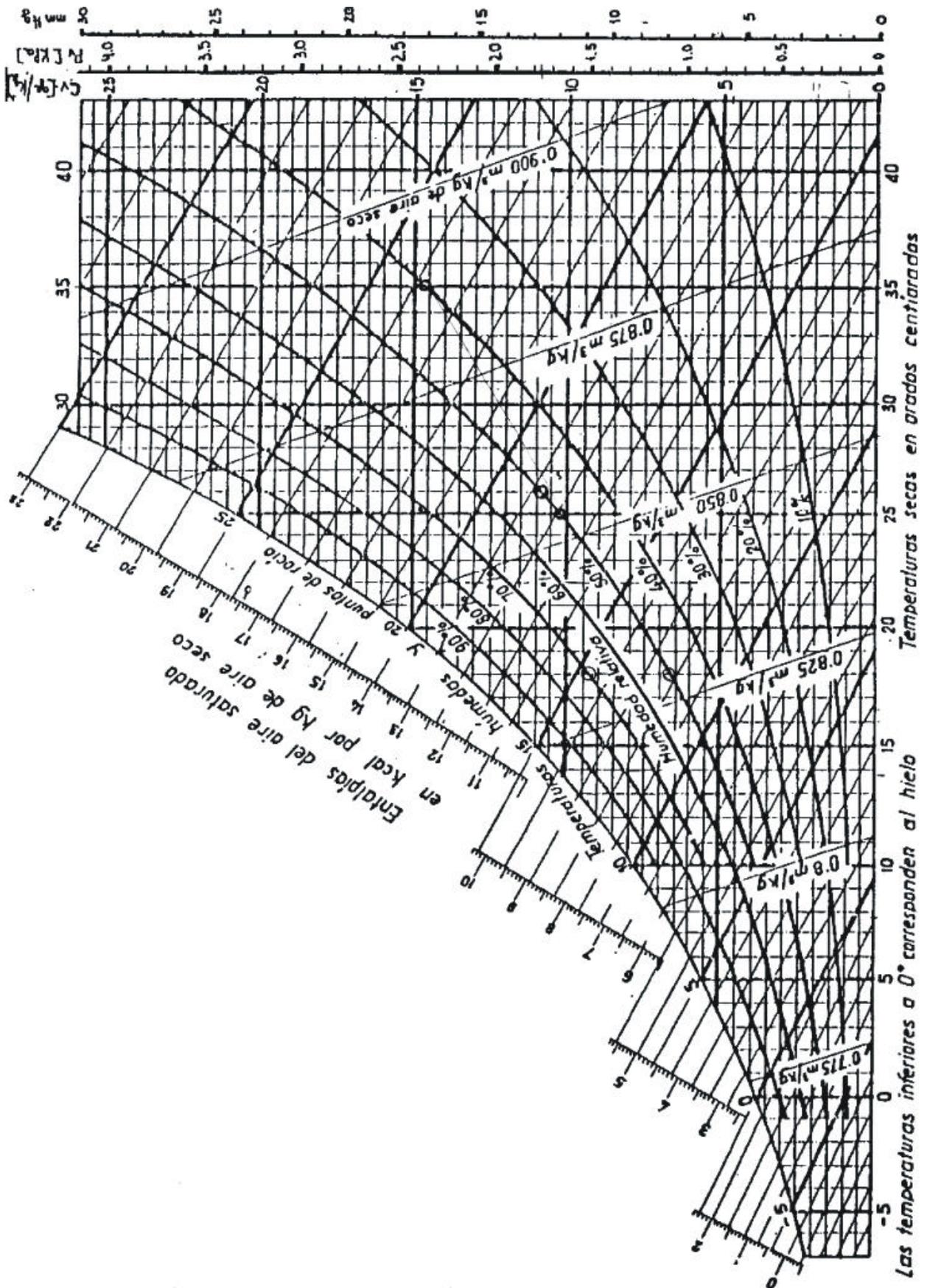


FIGURA 12: Diagrama Psicrométrico para presión atmosférica normal a nivel del mar.

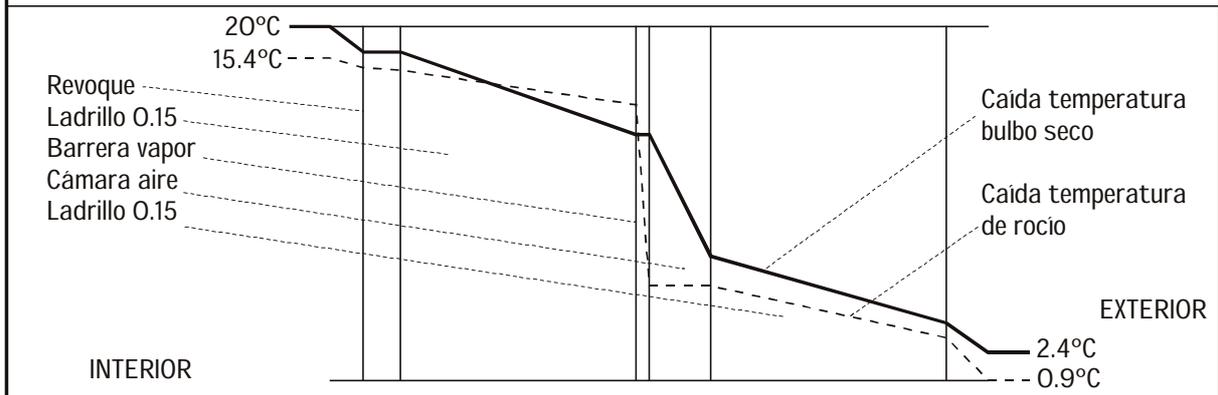
Lectura del termómetro seco	Diferencia entre las lecturas de dos termómetros														
	0	½	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7
10	100 9.35	94 8.79	87 8.13	80 7.48	74 6.92	68 6.36	62 5.80	56 5.24	50 4.67	45 4.21	39 3.65	33 3.09	28 2.62	22 2.06	16 1.50
11	100 9.95	94 9.35	87 8.66	81 8.06	75 7.46	69 6.86	63 6.27	58 5.77	52 5.17	46 4.58	41 4.08	36 3.58	30 2.99	25 2.49	19 1.89
12	100 10.60	95 10.07	89 9.43	83 8.80	76 8.06	71 7.53	65 6.89	59 6.25	54 5.72	48 5.09	43 4.56	38 4.03	33 3.50	28 2.97	22 2.33
13	100 11.30	95 10.70	89 10.06	83 9.38	77 8.70	72 8.14	66 7.46	61 6.89	55 6.21	50 5.65	45 5.08	40 4.52	35 3.95	30 3.39	25 2.82
14	100 12.00	95 11.40	89 10.68	84 10.08	78 9.36	73 8.76	67 8.04	62 7.44	57 6.84	52 6.24	47 5.67	42 5.04	37 4.44	32 3.84	28 3.36
15	100 12.75	95 12.11	89 11.35	84 10.71	78 9.94	73 9.31	68 8.67	63 8.03	58 7.39	53 6.76	49 6.25	44 5.61	39 4.97	34 4.33	30 3.82
16	100 13.55	95 12.87	89 12.06	84 11.38	79 10.70	74 10.03	69 9.35	64 8.67	59 7.99	55 7.45	50 6.77	45 6.10	41 5.55	36 4.88	32 4.34
17	100 14.35	95 13.63	90 12.91	85 12.20	80 11.48	75 10.76	70 10.04	65 9.33	61 8.75	56 8.04	52 7.46	47 6.74	43 6.17	38 5.45	34 4.88
18	100 15.25	95 14.49	90 13.72	85 12.96	80 12.25	75 11.44	71 10.83	66 10.06	62 9.45	57 8.69	53 8.08	49 7.47	44 6.71	40 6.10	36 5.49
19	100 16.15	95 15.34	90 14.53	86 13.89	81 13.08	76 12.27	72 11.63	67 10.82	63 10.17	58 9.37	54 8.72	50 8.07	46 7.43	42 6.78	38 6.14
20	100 17.15	95 16.29	91 15.61	86 14.75	81 13.89	77 13.20	72 12.36	68 11.66	64 10.98	59 10.12	55 9.43	52 8.92	47 8.06	43 7.37	40 6.86
21	100 18.20	95 17.29	91 16.56	87 15.83	82 14.92	78 14.20	74 13.47	69 12.66	65 11.83	61 11.10	57 10.37	53 9.65	49 8.92	45 8.19	41 7.46
22	100 19.25	96 18.48	91 17.52	87 16.75	82 15.78	78 15.01	74 14.24	70 13.47	66 12.70	62 11.93	58 11.16	54 10.39	50 9.62	47 9.05	43 8.28
23	100 20.40	96 19.58	91 18.56	88 17.95	83 16.93	78 15.91	74 15.10	70 14.28	66 13.46	63 12.85	59 12.04	56 11.42	52 10.61	48 9.79	44 8.98
24	100 21.60	96 20.74	91 19.66	88 19.01	83 17.93	79 17.06	75 16.20	72 15.55	67 14.47	63 13.61	60 12.96	57 12.31	53 11.45	50 10.80	46 9.94
25	100 22.85	96 21.94	92 21.02	88 20.11	84 19.19	80 18.28	76 17.37	72 16.45	68 15.54	64 14.62	61 13.94	58 13.25	54 12.34	51 11.65	47 10.74
26	100 24.15	96 23.18	92 22.22	88 21.25	84 20.29	80 19.32	76 18.35	73 17.63	69 16.66	66 15.94	62 14.97	59 14.25	55 13.28	52 12.56	48 11.59
27	100 25.50	96 24.48	92 23.46	88 22.44	84 21.42	80 20.40	77 19.63	73 18.61	69 17.59	66 16.83	63 16.06	60 15.30	56 14.28	53 13.26	49 12.49
28	100 27.00	96 25.92	93 25.11	89 24.03	85 22.95	81 21.87	78 21.06	74 19.98	70 18.90	67 18.09	63 17.01	60 16.20	57 15.39	53 14.31	51 13.77
29	100 28.50	96 27.36	93 26.50	89 25.36	86 24.51	81 23.08	78 22.23	74 21.09	71 20.23	67 19.09	64 18.24	61 17.38	58 16.53	55 15.67	52 14.82
30	100 30.10	96 28.90	93 27.99	89 26.79	86 25.89	82 24.68	78 23.48	75 22.57	72 21.37	68 20.47	65 19.56	62 18.66	59 17.76	55 16.55	53 15.95
31	100 31.75	97 30.80	94 29.84	90 28.57	86 27.30	82 26.03	79 25.08	75 23.81	72 22.86	69 21.91	65 20.64	62 19.68	59 18.73	56 17.78	53 16.83
32	100 33.50	97 32.49	94 31.49	90 30.15	87 29.14	83 27.80	79 26.46	76 25.46	72 24.12	69 23.11	66 22.11	63 21.10	60 20.10	57 19.09	54 18.09
33	100 35.30	97 34.24	94 33.16	90 31.77	88 31.06	84 29.65	80 28.24	76 26.83	73 25.77	70 24.71	67 23.65	64 22.59	61 21.53	58 20.47	55 19.47

TABLA 15: Tabla psicrométrica para la determinación de la humedad relativa a partir de la temperatura seca y la diferencia entre temperatura seca y húmeda.

t	γ	γ_0	f	x_0	i_0	t	γ	γ_0	f	x_0	i_0
°C	kg/m ³	kg/m ³	mm. merc.	g/kg	kcal/kg	°C	kg/m ³	kg/m ³	mm. merc.	g/kg	kcal/kg
-20	1,396	1,395	0,77	0,63	-4,43	25	1,185	1,171	23,76	20,0	18,1
-19	1,394	1,393	0,85	0,70	-4,15	26	1,181	1,166	25,21	21,4	19,2
-18	1,385	1,384	0,94	0,77	-3,87	27	1,177	1,161	26,74	22,6	20,2
-17	1,379	1,378	1,03	0,85	-3,58	28	1,173	1,156	28,35	24,0	21,3
-16	1,374	1,373	1,13	0,93	-3,29	29	1,169	1,151	30,04	25,6	22,5
-15	1,368	1,367	1,24	1,01	-3,01	30	1,165	1,146	31,82	27,2	23,8
-14	1,363	1,362	1,36	1,11	-2,71	31	1,161	1,141	33,70	28,8	25,0
-13	1,358	1,357	1,48	1,22	-2,40	32	1,157	1,136	35,66	30,6	26,3
-12	1,353	1,352	1,63	1,34	-2,09	33	1,154	1,131	37,73	32,5	27,7
-11	1,348	1,347	1,78	1,46	-1,78	34	1,150	1,126	39,90	34,4	29,2
-10	1,342	1,341	1,95	1,60	-1,45	35	1,146	1,121	42,18	36,6	30,8
-9	1,337	1,336	2,13	1,75	-1,13	36	1,142	1,116	44,56	38,8	32,4
-8	1,332	1,331	2,32	1,91	-0,79	37	1,139	1,111	47,07	41,1	34,0
-7	1,327	1,325	2,53	2,08	-0,45	38	1,135	1,107	49,69	43,5	35,7
-6	1,322	1,320	2,76	2,27	-0,10	39	1,132	1,102	52,44	46,0	37,6
-5	1,317	1,315	3,01	2,47	+ 0,26	40	1,128	1,097	55,32	48,6	39,6
-4	1,312	1,310	3,28	2,69	0,64	41	1,124	1,091	58,34	51,7	41,6
-3	1,308	1,306	3,57	2,94	1,03	42	1,121	1,086	61,50	54,8	43,7
-2	1,303	1,301	3,88	3,19	1,41	43	1,117	1,081	64,80	58,0	45,9
-1	1,298	1,295	4,22	3,47	1,82	44	1,114	1,076	68,26	61,3	48,3
0	1,293	1,290	4,58	3,78	2,25	45	1,110	1,070	71,88	65,0	50,8
1	1,288	1,285	4,93	4,07	2,68	46	1,107	1,065	75,65	68,9	53,4
2	1,284	1,281	5,29	4,37	3,08	47	1,103	1,059	79,60	72,8	56,2
3	1,279	1,275	5,69	4,70	3,52	48	1,100	1,054	83,71	77,0	59,0
4	1,275	1,271	6,10	5,03	3,96	49	1,096	1,048	88,02	81,5	62,1
5	1,270	1,266	6,54	5,40	4,42	50	1,093	1,043	92,51	86,2	65,3
6	1,265	1,261	7,01	5,79	4,90	51	1,090	1,037	97,20	91,3	68,6
7	1,261	1,256	7,51	6,21	5,40	52	1,086	1,031	102,1	96,6	72,3
8	1,256	1,251	8,05	6,65	5,90	53	1,083	1,025	107,2	102	75,9
9	1,252	1,247	8,61	7,13	6,33	54	1,080	1,019	112,5	108	80,0
10	1,248	1,242	9,21	7,63	6,97	55	1,076	1,013	118,0	114	84,1
11	1,243	1,237	9,84	8,15	7,53	56	1,073	1,007	123,8	121	88,6
12	1,239	1,232	10,52	8,75	8,14	57	1,070	1,001	129,8	128	93,2
13	1,235	1,228	11,23	9,35	8,74	58	1,067	0,995	136,1	136	98,5
14	1,230	1,223	11,99	9,97	9,36	59	1,063	0,987	142,6	144	104
15	1,226	1,218	12,79	10,6	9,98	60	1,060	0,981	149,4	152	109
16	1,222	1,214	13,63	11,4	10,7	61	1,057	0,974	156,4	161	115
17	1,217	1,208	14,53	12,1	11,4	62	1,054	0,966	163,8	171	121
18	1,213	1,204	15,48	12,9	12,1	63	1,051	0,961	171,4	181	128
19	1,209	1,200	16,48	13,8	12,9	64	1,048	0,954	179,3	192	135
20	1,205	1,195	17,53	14,7	13,7	65	1,044	0,946	187,5	204	143
21	1,201	1,190	18,65	15,6	14,6	66	1,041	0,939	196,1	216	151
22	1,197	1,185	19,83	16,6	15,3	67	1,038	0,932	205,0	230	160
23	1,193	1,181	21,07	17,7	16,2	68	1,035	0,924	214,2	244	169
24	1,189	1,176	22,38	18,8	17,2	69	1,032	0,917	223,7	259	179
						70	1,029	0,909	233,7	276	190
						71	1,026	0,901	243,9	294	202
						72	1,023	0,893	254,6	314	214
						73	1,020	0,885	265,7	335	227
						74	1,017	0,877	277,2	357	242

TABLA 16: Valores numéricos para los cálculos relativos al aire húmedo, válidos para una presión barométrica de 7600 mm de mercurio.

CALCULO DEL RIESGO DE CONDENSACIÓN Según NORMA IRAM 11.625



2. FORMA CONSTRUCTIVA:

Tradicional

3. ORIENTACION:

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Plano	e metros	λ m°C/W	Rt=5/6 m²C/W	temp. capa °C	permea bilidad	Rv=5/9	presión vapor	H.R. %	temp. rocío

R.S.I.	----	-----	0.12	20	75	0.013	1.76	75	1.54
PINTURA LATEX	----	-----	-----	16.4	----	0.13	1.76	93	1.54
REVOQUE INTERIOR	0.015	1.16	0.01	16.4	0.044	0.34	1.74	92	15.3
LADRILLO COMUN	0.12	0.91	0.13	16.4	0.090	1.33	1.71	89	14.9
B. VAPOR - pint. asfáltica	-----	-----	-----	12.1	-----	6.67	1.56	100	13.1
CAMARA AIRE	0.02	-----	0.15	12.1	75	0.013	0.83	100	13.8
LADRILLO COMUN	0.12	0.91	0.13	7.6	0.090	0.34	0.82	80	4.6
R.S.E.	----	-----	0.04	3.7	150	0.007	0.64	81	0.9
				2.4			0.64	90	0.9

$$R_t = \frac{0.58}{17.6}$$

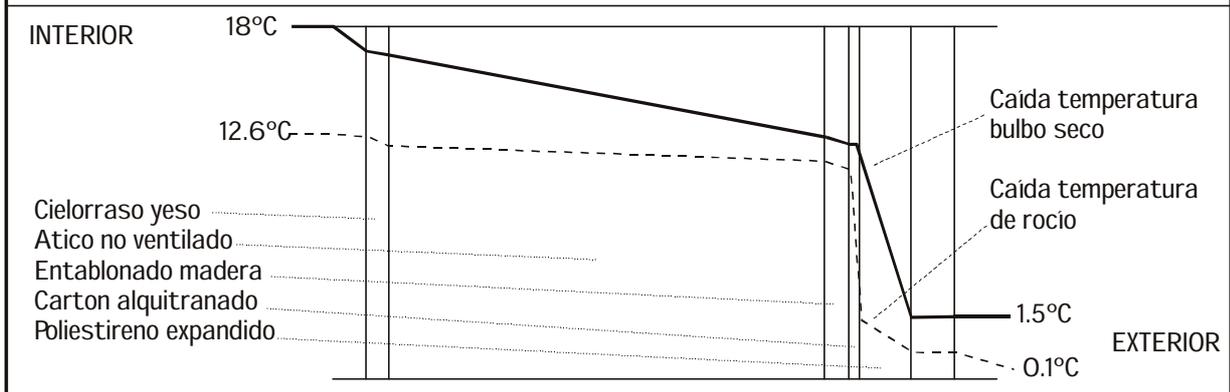
$$R_v = \frac{9.83}{1.12}$$

Conclusiones:

Para las condiciones higrotérmicas de La Plata un muro doble con cámara de aire tiene riesgo de condensación en la cara exterior del muro interior. Son soluciones posibles rellenar la cámara de aire con aislante térmico y mejorar la barrera de vapor.

TABLA 17: Ejemplo de verificación del riesgo de condensación en una solución constructiva de muro.

CALCULO DEL RIESGO DE CONDENSACIÓN Según NORMA IRAM 11.625



2. FORMA CONSTRUCTIVA:

Tradicional

3. ORIENTACION:

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Plano	e metros	λ m°C/W	Rt=5/6 m°C/W	temp. capa °C	permea- bilidad	Rv=5/9	presión vapor	H.R. %	temp. rocío

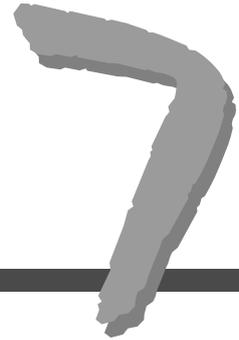
R.S.I.	----	-----	0.12	18	75	0.013	1.52	70	12.6
PINTURA A LA CAL	----	-----	-----	16.6	75	0.013	1.52	78	12.8
CIELORRASO SUSP.YESO	0.020	0.65	0.031	16.6	0.11	0.182	1.52	78	12.8
ATICO NO VENTILADO	0.4	-----	0.23	16.3	75	0.013	1.48	77	13.5
ENTABLONADO MADERA	0.01	0.20	0.05	13.4	0.45	0.022	1.48	95	12.4
CARTON ALQUITRANADO	0.002	0.14	0.014	12.8	0.23	4.348	1.48	98	1.9
POLIESTIRENO EXPAND.	0.035	0.41	0.854	12.6	0.075	0.467	0.70	55	0.5
R.S.E.	----	----	0.04	2.0	150	0.007	0.62	93	0.5
				1.5			0.62	90	0.1

$$Rt = 1.33 \quad \Delta t = 16.5 \quad Rv = 5.07 \quad \Delta p = 0.9$$

Conclusiones: Para las condiciones higrotérmicas de La Plata un techo con ático no ventilado no tiene riesgo de condensación, aunque el entablonado de madera se encuentra muy cerca del punto de rocío.

TABLA 18: Ejemplo de verificación del riesgo de condensación en una solución constructiva de techo.

Forma, emplazamiento y energía



1. GENERALIDADES

La forma de un edificio tiene gran influencia en los costos de construcción y mantenimiento, tanto estructural como energético.

Entendemos por costo de construcción a la sumatoria de los costos en la ejecución de un edificio. Costo de mantenimiento estructural es la suma de los gastos en limpieza, reparación, reposición y pintura. Finalmente, el costo de mantenimiento energético es el gasto en energía para conservar los niveles de habitabilidad, independientemente de los cambios climáticos del exterior durante la vida útil del edificio.

En cuanto a los costos de construcción, la participación del costo total del edificio se discrimina en:

- Planos horizontales 30 %
- Planos verticales 40 %
- Instalaciones 25 %
- Otros trabajos preparatorios 5 %

Como podemos ver la mayor incidencia en los costos la tienen los planos verticales sean fachadas, paredes, tabiques, etc. con un 40% del costo total de construcción. Esto quiere decir que si variamos la forma de las plantas, que en consecuencia hace variar significativamente el perímetro de estas, se producirán incrementos en los costos, para igual superficie cubierta.

En la Figura 1 podemos ver que en todos los casos las plantas tienen 25 módulos de 1 m² (superficie= 25 m²), pero cuando se apartan del cuadrado el perímetro aumenta.

El incremento en metros de fachada no sólo provoca mayores costos de construcción sino que también genera una mayor superficie expuesta, que a modo de aletas de un radiador disipa o capta más calor. Esto provoca un mayor consumo de energía en climatización en invierno y verano.

La mayor área envolvente, a superficie habitable constante, también incrementa los costos de mantenimiento estructural en limpieza, reparación o pintura de muros y fachadas. Vemos entonces que podemos hablar de grado de compacidad en función de la forma de los locales y del edificio, y que este grado de compacidad influye en la economía de los mismos. En función de lo expuesto un edificio compacto tendrá:

- menor costo de construcción.
- menores pérdidas o ganancias de calor.
- menores costos de mantenimiento y reposición.

(1) J.L.Mascaró. "Variación de los costos de los edificios con las decisiones arquitectónicas". Facultad de Arquitectura y Urbanismo, U.N.L.P., 1983.

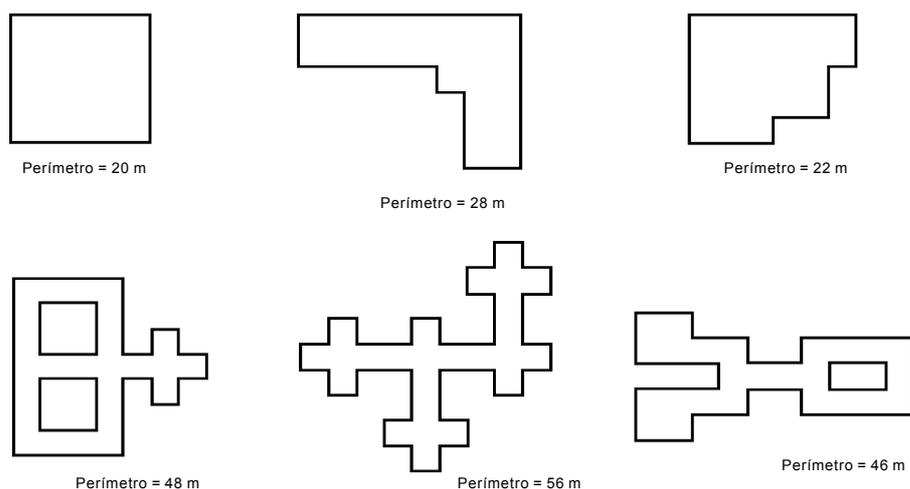


FIGURA 1 -Variación del perímetro, para superficie constante, en función de las formas de planta

2. INDICADORES FORMALES Y DE AGRUPAMIENTO

Como hemos visto existe una fuerte relación entre la forma de los edificios y los costos de construcción y mantenimiento. Con este fin se plantean indicadores formales como:

Ic - Índice de compacidad.

Fc - Factor de compacidad.

Ff - Factor de forma.

Y también indicadores del grado de agrupamiento de los edificios:

Fe - Factor de exposición.

Estos indicadores son utilizados en investigaciones sobre economía energética y de la construcción, como así en normas argentinas y extranjeras.

2.1. Índice de compacidad -Ic-

El $Ic^{(2)}$ se define como la relación porcentual que existe entre el perímetro de la envolvente en planta con la que tendría si la planta fuese circular, con la siguiente expresión matemática.

$$Ic = \frac{Pc}{Pp} \times 100$$

$$Ic = \frac{2\sqrt{SupHab.p}}{Pp} \times 100$$

En el Tabla 1 se analizan la cantidad de paredes necesarias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edificios. En esta se puede observar las relaciones entre el área, el perímetro y los lados de varias figuras con una superficie constante de 100 m².

El perímetro que en este caso lo representamos como desarrollo de fachada es creciente a medida que se aparta del círculo. Para envolver una planta circular necesitamos 0.35 metros lineales de fachada por cada metro cuadrado cubierto y 2.02 metros lineales de fachada por m² en una planta de forma rectangular alargada.

Para medir y evaluar con cierta precisión la relación entre perímetro y superficie apelamos al índice de compacidad. Este índice desarrollado por L.Mascaró es correcto para analizar el desarrollo lineal de la envolvente vertical en relación al área del edificio, pero si este posee altura variable o cuenta con más de un nivel su utilidad se hace discutible.

(2) J.L. Mascaró. " Variación de los costos de los edificios con las decisiones arquitectónicas ". Buenos Aires, 1983.

Forma	Area de planta (m ²)	Perímetro (m)	Relaciones	
			Perímetro área	Lado mayor Lado menor
Circular	100	35.4	0.35	---
Cuadrada 10m x 10m	100	40.0	0.40	1
Rectangular 5m x 20m	100	50.0	0.50	4
4m x 25m	100	58.0	0.58	6
2m x 50m	100	104.0	1.04	25
1m x 100m	100	202.0	2.02	100

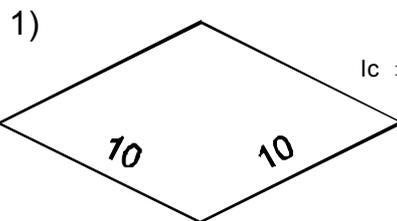
TABLA 1 - Cantidad de paredes necesarias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edificios (

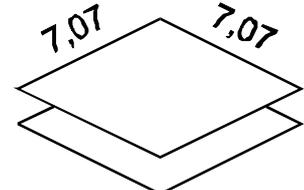
A continuación se realiza un análisis de lo planteado para plantas de edificio de lados y superficie constante (100 m²) en una, dos, cuatro y ocho plantas⁽³⁾ :

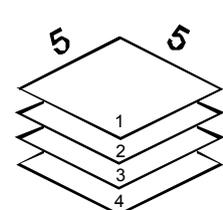
Si consideramos una planta de edificio de relación de lados constante (1 m) y superficie constante (100 m²) y la comparamos con la compacidad máxima (100 para el círculo), obtenemos que el caso 1 es 11,5% menos compacto, el caso 2 es 37,3% menos compacto y el caso 3 en cuatro niveles es 55,7% menos compacto que el índice máximo.

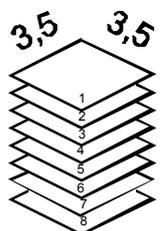
Cabe la aclaración que para el cálculo del perímetro se consideró la sumatoria de los perímetros de las diversas plantas que componen el edificio.

En este momento es conveniente plantear otra relación que considere la envolvente en forma total o parcial, según sea la necesidad.

1) 
$$I_c = \frac{2\sqrt{100 \cdot \pi}}{P_p} \times 100 = \frac{3.545}{40} = \boxed{88,6}$$

2) 
$$I_c = \frac{3.545}{56,56} = \boxed{62,7}$$

3) 
$$I_c = \frac{3.545}{80} = \boxed{44,3}$$

4) 
$$I_c = \frac{3.545}{112} = \boxed{31,6}$$

2.2. Factor de compacidad -Fc-

Este factor se define como la relación porcentual que existe entre el área habitable y el área envolvente del edificio, sin piso, respecto de una forma de compacidad máxima predefinida. (Ver Figura 2).

(3) J. Czajkowski et al. " Microeconomía: Racionalización del costo de construcción. Análisis de las formas edilicias en la economía de recursos. FAU, UNLP, 1990.

Esta relación, denominada Factor de Compacidad "Fc"⁽⁴⁾, responde a la siguiente expresión:

$$F_c = \frac{C_o \text{ proyecto}}{C_o \text{ max}} \times 100$$

Donde el Co máximo que debe tomarse como patrón para comparar compacidades, es a su vez una función del área habitable y va aumentando con esta.

El Comáx responde a un cilindro con cubierta en forma de cono truncado, según Figura 2, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$C_o \text{ max} = \frac{Sh}{Se} = \frac{Sh}{(2.7 r^2 + (4.8 (n - 1) + 0.65) \times r - 0.196) \times}$$

Donde:

$$r = \sqrt{\left(\frac{Sh}{n} \times\right)}$$

relación que por razones de iluminación no debe sobrepasar de 7m).

Sh = área habitable

n = número de pisos

Se = área envolvente (se excluye la sup. de pisos)

Con fines prácticos obtendremos los valores de compacidad máxima de la Figura 3 que muestra la variación de la compacidad máxima en función del área habitable.

El Co de proyecto surge de la siguiente relación, que considera el área envolvente como la superficie de muros y techos.

$$C_o \text{ proyecto} = \frac{\text{Area Habitable}}{\text{Area Envolvente}}$$

$$C_o \text{ proy} = \frac{AH}{AE}$$

O sea que por cada m² de superficie cubierta tendremos x m² de superficie envolvente; llamando superficie envolvente a los cerramientos verticales y horizontales, sean opacos o transparentes.

Esta relación, así como el Factor de Forma son utilizados habitualmente en estudios térmicos de los edificios, tanto en el país como en el extranjero. ⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾

Se plantea a continuación una serie de ejemplos para casos reales de viviendas unifamiliares, donde mantenemos constante la variable superficie habitable en 48 m².

Del análisis de estos casos, surge que aumenta la compacidad del edificio con la disminución de la altura de locales.

Podemos observar que la menor compacidad corresponde a una casa "CHORIZO" con 4 m de altura de locales y 4 m² de superficie envolvente por cada m² habitable, mientras que el mayor "Fc" corresponde a una casa "CAJON" de 2.5 m de altura de locales y 2.44 m² de superficie envolvente por cada m² habitable.

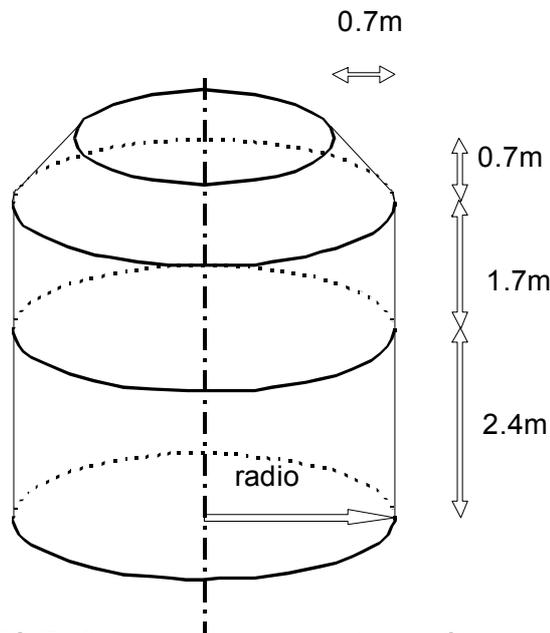


FIGURA 2- Forma de compacidad máxima (J. Guerrero).

(4) J.L. Guerrero, E. Rosenfeld et al. "Conservación de energía - Estudio del consumo energético en viviendas de la zona templada - húmeda". IAS-FIPE, La Plata, 1983.

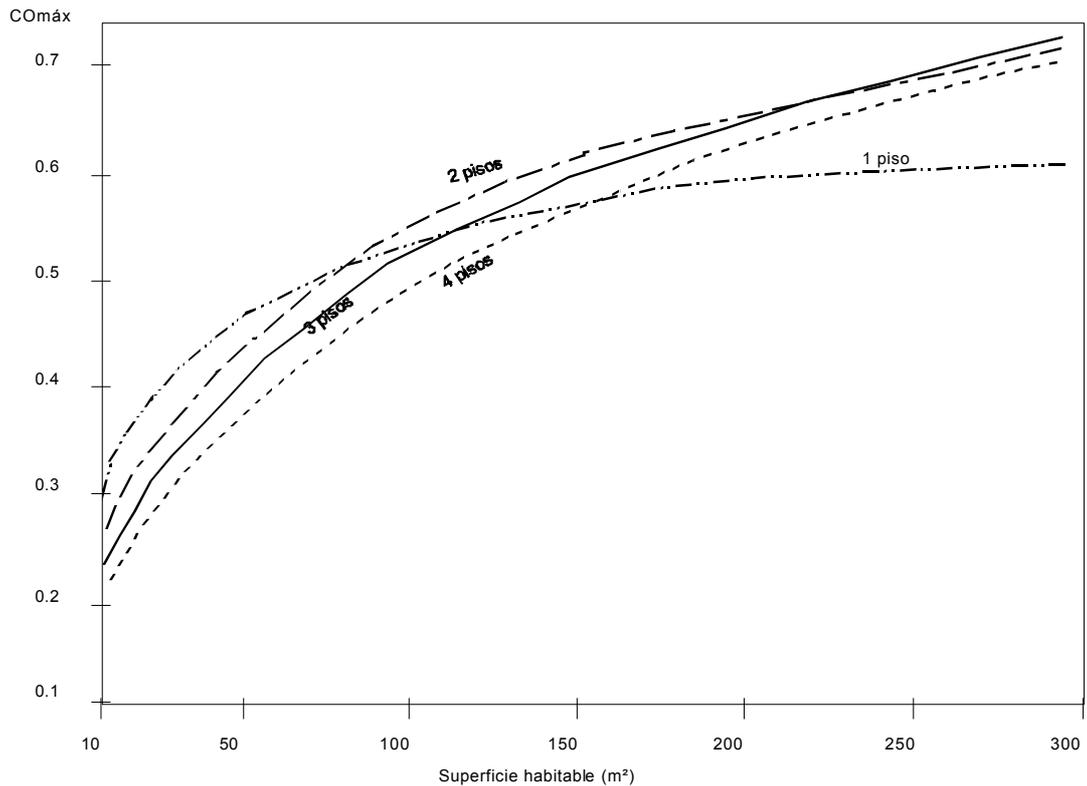
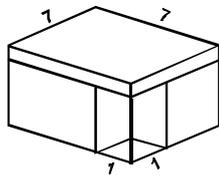


FIGURA 3 - Capacidad máxima según superficie habitable y número de pisos, para altura de local 2,70s.

Casa "CAJON"
Techo plano
con altura
variable para: 3m, 2.7m y 2.5m



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 132 \text{ m}^2 = 0.36 \quad (\text{altura} = 3\text{m})$$

$$Fc = \frac{Co \text{ proy.} \times 100}{Co \text{ máxima}} = \frac{0.36 \times 100}{0.46} = 78.3$$

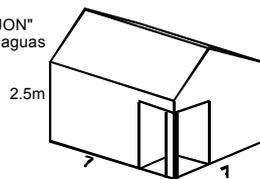
$$Co = 48 \text{ m}^2 / 124 \text{ m}^2 = 0.39 \quad (\text{altura} = 2.70\text{m})$$

$$Fc = \frac{0.39 \times 100}{0.46} = 84.8$$

$$Co = 48 \text{ m}^2 / 118 \text{ m}^2 = 0.41 \quad (\text{altura} = 2.50\text{m})$$

$$Fc = \frac{0.41 \times 100}{0.46} = 89.1$$

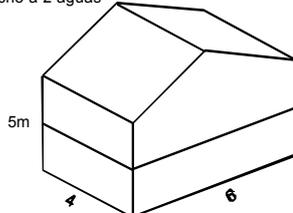
Casa "CAJON"
Techo a 2 aguas



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 128 \text{ m}^2 = 0.37$$

$$Fc = \frac{0.37 \times 100}{0.46} = 80.4$$

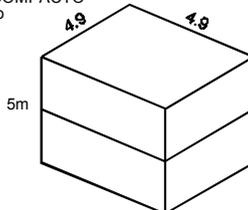
"DUPLEX ALARGADO"
Techo a 2 aguas



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 132 \text{ m}^2 = 0.36$$

$$Fc = \frac{0.36 \times 100}{0.46} = 83.7$$

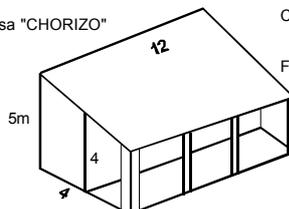
"DUPLEX COMPACTO"
Techo plano



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 122 \text{ m}^2 = 0.39$$

$$Fc = \frac{0.39 \times 100}{0.46} = 90.7$$

Casa "CHORIZO"



$$Co = 48 \text{ m}^2 / 194 \text{ m}^2 = 0.25$$

$$Fc = \frac{0.25 \times 100}{0.46} = 54.3$$

2.3. Factor de forma -Ff-

Este factor se define como la relación que existe entre el área envolvente y el volumen que contiene esta área, expresándose matemáticamente de la siguiente forma:

$$Ff = \frac{\text{Área Envolvente}}{\text{Volumen}} \qquad Ff = \frac{AE}{V}$$

Este factor se utiliza en la evaluación de calidad térmica edilicia de edificios expuestos a distintas condiciones climáticas.

2.4. El agrupamiento como factor de ahorro de energía. El factor de exposición - Fe -

Entre muchas alternativas de ahorro de energía, una de las más sencillas se refiere al modo y grado de agrupamiento de unidades de vivienda.

El ejemplo de la figura 4 muestra una unidad de vivienda tipo donde se mantienen constantes las variables dimensionales y tecnológicas, variando solo el grado de exposición al exterior.

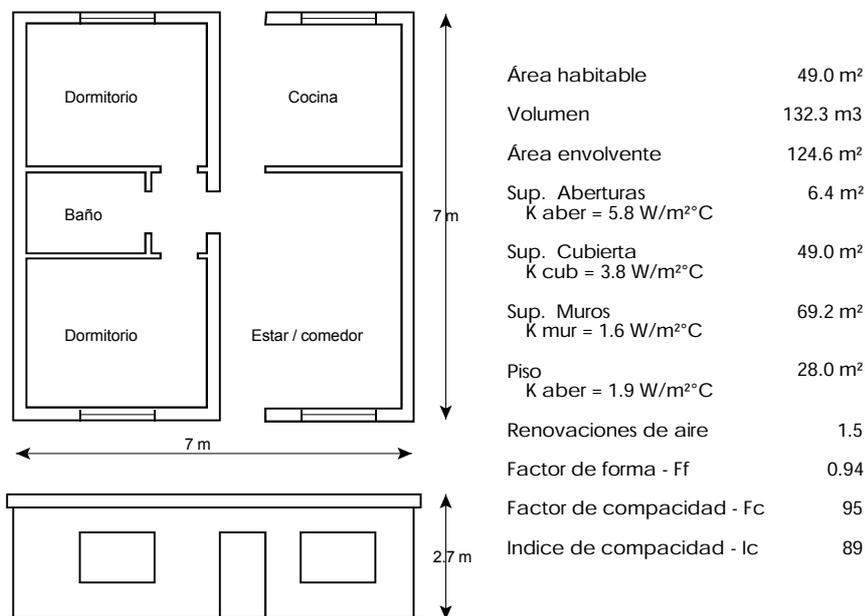


Figura 4: Ejemplo de unidad de vivienda usada como modelo para un análisis de la forma en función del grado de exposición y la variación del G

El grado de exposición lo definimos con la siguiente expresión, que es la relación entre el área expuesta al medio y el área envolvente (sin piso).

$$Fe = \frac{\text{área expuesta}}{\text{área envolvente}}$$

Este indicador tiene un valor máximo de 1 para una unidad totalmente expuesta, que se corresponde con viviendas aisladas y mínimos de 0.15 para departamentos en pisos intermedios de tipologías de media-alta y alta densidad. Una síntesis de esto puede verse en la Tabla 3.

(5) J.Czajkowski, " Microeconomía:Racionalización del costo de construcción. ¿Cómo disminuir un 10% el presupuesto? Segunda parte". FAU, UNLP.

(6) E.Rosenfeld et al." Audibaires. Plan piloto de Evaluaciones Energéticas en viviendas de la Zona de Capital Federal y Gran Buenos Aires". IAS-FIPE,La Plata, 1987.

(7) Normas Españolas para la conservación de energía en edificios. NBE-CT-79.

Podemos ver que el agrupamiento es una medida del ahorro de energía, pero sin olvidar que según como se asocien las unidades locativas, el edificio generado poseerá y provocará tanto efectos beneficiosos como perjudiciales. A las ventajas aparentes se superponen desventajas como la pérdida de ventilación cruzada, tan útil en climas cálidos húmedos, o problemas de asoleamiento según sean las orientaciones resultantes de las unidades. Esto genera falta de insolación en invierno y sobrecalentamiento en verano.

De estos conceptos podemos deducir que a medida que aumentemos los m² protegidos o compartidos, disminuirán proporcionalmente las pérdidas de las viviendas. La figura 5 nos permite de modo práctico aunque aproximado inferir en que medida ahorraremos energía en acondicionamiento térmico, recurriendo a esta medida de diseño.

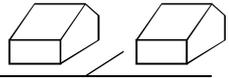
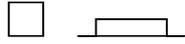
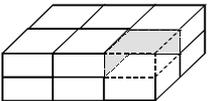
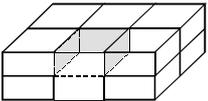
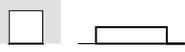
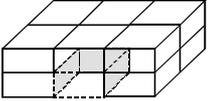
ESQUEMA DEL EDIFICIO	ESQUEMA UNIDAD	fe	G(W/m ³ °C)
		1.00	2.8
		0.85	2.6
		0.70	2.5
		0.54	2.3
		0.30	2.5
		0.15	1.8

TABLA 3: Variación de las pérdidas térmicas en función del grado de exposición de la unidad habitacional en el edificio.

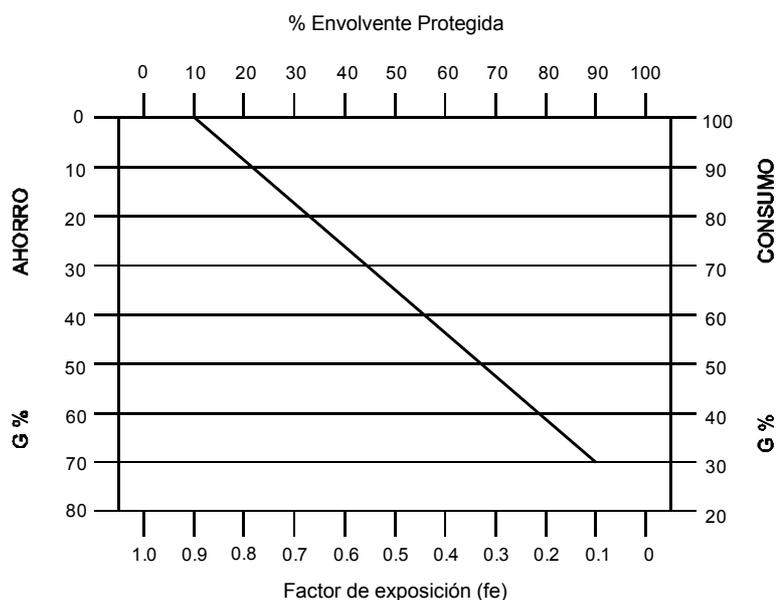


FIGURA 5: Reducción del consumo de energía en calefacción en función del grado de exposición del local o edificio.

GLOSARIO DE TERMINOS USUALES

Clima: Estado medio de la atmósfera, representado por el conjunto de los elementos y fenómenos meteorológicos referidos a un período de 30 años, y por las variaciones periódicas y aperiódicas, y el desarrollo normal del tiempo en el transcurso del año.

Clasificación bioambiental: Zonificación general que está basada en la combinación de parámetros meteorológicos, referentes a la interacción hombre-vivienda-clima.

TEC (Temperatura Efectiva Corregida): Índice empírico de confort que tiene en cuenta el efecto combinado de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo (temperatura radiante media) y la velocidad del aire. Por lo tanto, es una medida de la temperatura operativa.

Temperatura operativa: Temperatura de un recinto imaginario en el cual el cuerpo humano intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real.

Amplitud térmica: Diferencia entre la temperatura máxima, mensual y la temperatura mínima media mensual.

Días de diseño: Días típicamente cálidos y fríos.

Valores de diseño: Valores para el día que se toma como referencia para el diseño. Son los valores de temperatura de diseño para los cuales sólo 8 días al año resulten más críticos que el día típico de diseño.

Grados Día: Suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior inferior a 18°C, con respecto a este valor para todos los días del año.

Microclimas: Expresiones más localizadas del clima en que se ven modificadas las relaciones de las variables componentes del mismo, y cuyo conocimiento permite un mejor diseño.

Conductividad térmica (I): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un material de extensión infinita, caras plano-paralelas y espesor unitario, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad.

Conductancia térmica (C): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un material o elemento constructivo de cierto espesor (e), cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad. Se verifica para el caso en que el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor (e), que $C = I / e$.

Resistencia térmica (R): Inversa de la conductancia térmica dada por la suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de conductividad (I_i) y espesor (e_i), que constituyen el elemento constructivo de conductancia térmica (C). Se verifica que, $R = 1 / C = \sum e_i / I_i$.

Coefficiente de transmisión superficial del calor (K_s): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario por convección y radiación en la unidad de tiempo y a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo en contacto con el aire, cuando la diferencia de temperatura entre éste y la superficie del material o elemento constructivo es la unidad.

Resistencia térmica superficial (R_s): Inversa del coeficiente de transmisión superficial del calor, valor que depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies de cerramiento.

Coefficiente de transmisión del calor (K): Cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie y perpendicular a la misma, por un elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de temperatura entre las masas de aire que el mismo separa es la unidad.

Resistencia térmica total (R_t): Inversa del coeficiente de transmisión del calor del elemento constructivo, suma de las resistencias térmicas superficiales y resistencia térmica del elemento constructivo. Se verifica que: $R_t = 1/K = R_{se} + R_{si} + R$.

Coefficiente de absorción de la radiación solar (a): Relación entre la cantidad de calor absorbida (Q_a) por la superficie de un cuerpo y la cantidad de calor incidente por la radiación solar (Q) sobre dicha superficie. Se verifica que: $a = Q_a / Q$.

Permeabilidad (*Difusividad del vapor de agua*) (d): Cantidad de vapor de agua que pasa a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo, de caras plano-paralelas y espesor unitario, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

Permeancia al vapor de agua (D): Cantidad de vapor de agua que pasa a través de la unidad de superficie de un material o elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad. Se verifica para cuando el material o elemento constructivo es homogéneo en todo su espesor (e), que: $D = d / e$. (anteriormente simbolizado con la letra μ)

Resistencia al vapor de agua (R_v): Inversa de la permeancia al vapor de agua, suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de permeabilidad (d_i) y espesor (e_i), que constituyen el elemento constructivo de permeancia (D), despreciándose las resistencias superficiales. Se verifica que: $R_v = 1 / D = \sum e_i / d_i$.

Puente térmico: Zona localizada de un cerramiento con una resistencia térmica inferior al resto del mismo, aumentando la posibilidad de condensación de vapor de agua en dicha zona.

EQUIVALENCIA: 1 Kilocaloría/hora = 1.163 Watts

1 Watt = 0.86 Kilocaloría/hora

Coefficiente volumétrico G de pérdida de calor: Es la energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario, que deberá suplirse con aportes de calor (solar o calefacción) para mantener constante la temperatura interna del local. (watt metro cúbico kelvin)

Infiltración de aire: Caudal promedio de aire que pasa a través de las juntas de los cerramientos móviles (aberturas) del local calefaccionado, dado por unidad de superficie de abertura en la unidad de tiempo y para una diferencia de presión establecida con los ambientes que los cerramientos separan.

Renovación de aire de un local: Número de veces que el volumen de aire del recinto se renueva una hora.

Envolvente de un edificio vivienda calefaccionado: Conjunto de las superficies internas de los cerramientos, que separan el edificio vivienda calefaccionado del ambiente exterior y del terreno y/o locales de edificios contiguos y/o de locales de subsuelo no calefaccionados y/o de locales no calefaccionados externos.

Barrera de vapor: Capa de material de pequeño espesor de alta resistencia al paso del vapor. Se considera barrera de vapor al material que posea una permeancia inferior a $0,75 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa}$.

Los números indican las referencias bibliográficas correspondientes a cada capítulo:

CAPITULO 1: 1, 2, 5, 8, 9, 11 a 14, 16, 20, 21 y 33.

CAPITULO 2: 1 a 5, 7, 8, 10 a 30.

CAPITULO 3: 2, 5, 8 a 10, 15 a 17, 20 y 21.

CAPITULO 4: 1, 2, 5, 8, 12, 14 a 18, 21.

CAPITULO 5: 3 a 8, 12, 15, 19 a 36.

CAPITULO 6: 1, 5, 7, 8, 14, 16, 17, 19 a 22, 24 a 26, 28 a 30.

LIBROS:

1 - J.L. Izard y A. Guyot. "Arquitectura Bioclimática". Edit. G.Gili. Serie Tecnología y Arquitectura. México, 1983.

2 - P. Bardou y V. Arzoumanian. "Sol y Arquitectura". Edit. G.Gili. Serie Tecnología y Arquitectura. México, 1980.

3 - C. Rougeron. "Aislamiento acústico y Térmico en la construcción". Editores técnicos asociados. Barcelona, 1977.

4 - M. Croiset. "Humedad y Temperatura en los Edificios. Condensaciones y confort térmico de verano y de invierno". Editores técnicos asociados. Barcelona, 1970.

5 - M. Evans y S. de Schiller. "Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar". Edit. EUDEBA. Serie Ediciones Previas. Buenos Aires, 1988.

6 - Lotersztain I. "Condensación de Humedad en Viviendas". Publicación del INTI. Buenos Aires 1970.

7 - Rosenfeld, E. y Czajkowski, J. "Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático". Publicado por la FAU-UNLP. La Plata, 1992.

8 - Yañez G. "Energía Solar, Edificación y Clima". Tomos 1 y 2. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Servicio de publicaciones. Madrid, España 1982.

9 - Bowcentrum Argentina. "Orientación de viviendas y radiación solar en la Argentina". Publicación del INTI. Buenos Aires, 1973.

10 - Wladimiro Acosta. "Vivienda y Clima". Buenos Aires, 1976.

11 - Ramón F. "Ropa, Sudor y Arquitecturas". Edit. Blume. Madrid 1980.

12 - Mascaró, Lucía R. de "Acondicionamiento Natural de las Viviendas y otras Construcciones Habitables". Edición preliminar de la FAU-UNLP. La Plata 1979.

13 - The American Institute of Architects. "La Casa Pasiva. Clima y ahorro energético". Editorial Blume. Madrid, 1984.

14 - Rudofsky B. "Arquitectura sin Arquitectos". EUDEBA. Buenos Aires, 1976.

15 - Vale B. y R. "La Casa Autosuficiente". Editorial Blume. Madrid, 1983.

16 - Olgyay, V. "Design With Climate". Princeton University Press, New Jersey, 1963.

17 - Givoni B. "Man, Climate and Architecture". Elsevier Publishing Company Limited. England, 1969.

18 - Mascaró L.R. de "Luz, clima y arquitectura". FAU-UNLP. La Plata, 1983.

19 - Cornoldi A. y Los S. "Habitat y Energía". Edit. G.Gili. Barcelona, 1982.

20 - Grupo Energía y Medio Ambiente, Unidad de Investigación 2. "Elementos de diseño y construcción bioclimática". IDEHAB-FAU-UNLP. La Plata, 1991.

21 - Asociación Argentina de Energía Solar. "Actas de las Reuniones de Trabajo 1 a 19". Publicaciones de la asociación años 1973 a 1997.

TRABAJOS A CONGRESOS:

22 - E.Rosenfeld, et al. "Consumo y conservación de Energía en el sector Residencial de la Villa Minera de Río Turbio, Pcia. de Santa Cruz" 13ª Reunión de Trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar. Octubre de 1988.

23 - E.Rosenfeld et al. "Auditoría energético ambiental en un caso de fuerte desequilibrio: la Micro Región de Río Turbio". AAPURE, Asociación Argentina para el uso Racional de la Energía. Noviembre de 1988.

24 - J.Czajkowski y E.Rosenfeld. "Caracterización Tipológico-energética del sector residencial del Area Metropolitana de Buenos Aires". 1º Seminario Pluridisciplinario de Investigación "Región Metropolitana de Buenos Aires". Mar del Plata. 17 al 21 de Abril de 1989. CIC-CNRS.

25 - E.Rosenfeld, et al. "Proyecto AUDIBAIRES. Mejoramiento energético de los sectores Residencial y terciario del Area Metropolitana de Buenos Aires". 1º Seminario Pluridisciplinario de Investigación "Región Metropolitana de Buenos Aires". Mar del Plata. 17 al 21 de Abril de 1989. CIC-CNRS.

26 - J.Czajkowski, E.Rosenfeld y G.San Juan. "Desequilibrio ambiental - energético en la Estructura Urbana del Area Metropolitana de Buenos Aires". III Jornadas Regionales sobre Medio Ambiente. La Plata, 7-10 de Junio de 1989.

27 - E.Rosenfeld, et al. "Evaluación del sector residencial consumidor de gas envasado en el área metropolitana de Buenos Aires". XIV Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.

28 - J.Czajkowski y E.Rosenfeld. "Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del área metropolitana de Buenos Aires". XIV Reunión de trabajo de ASADES. Mendoza, abril 1990.

PUBLICACIONES DOCENTES:

29 - Czajkowski, J. "Habitabilidad y Confort Higrotérmico". Publicación de la cátedra de Producción de Obras, taller Ocaña. La Plata, abril 1991.

30 - Czajkowski, J. y Gomez A. Publicaciones de la Cátedra de Producción de Obras, taller Ocaña de los años 1991 a 1995.

OTRAS PUBLICACIONES:

31 - Norma IRAM 11549 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Vocabulario". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1993.

32 - Norma IRAM 11601 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.

33 - Norma IRAM 11603 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la Republica Argentina". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.

34 - Norma IRAM 11604 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Ahorro de Energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 2000.

35 - Norma IRAM 11605 "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.

36 - Norma IRAM 11.625 "Acondicionamiento térmico de Edificios. Verificación del Riesgo de Condensación de vapor de agua, superficial e intersticial en muros, techos y otros elementos exteriores de Edificios". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1991.

37 - Norma IRAM 1739 "Materiales aislantes térmicos. Espesores de uso. Vocabulario y criterios de aplicación". Instituto Argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1: DIRECCIONES Y LINEAS DE TRABAJO DE GRUPOS BIOCLIMATICOS DEL PAIS.

REGION NOROESTE

INENCO, Instituto de Investigación en Energía No Convencional. Universidad Nacional de Salta. Calle Buenos Aires 177 (4400) Salta Telfax: 0387-4251034 EMail: asadedit@inenco.net

Director: Dr. Luis Saravia y Dra. Graciela Lesino Contacto: Ing. Diego Saravia

INENCO-Unidad Catamarca Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Catamarca. Av. Quiroga 93 - (4700) Catamarca

Director/contacto: Lic. A. Iriarte

REGION CUYO

LAHV, Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda CC. 131 - (5500) Mendoza tel: 0361-4241797

Director: Arq. Carlos de Rosa Contacto: Ing. Alfredo Esteves

Area de Energías Alternativas - Instituto de Mecánica Aplicada Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de San Juan Av. Gral. san Martín 1109 (5400) San Juan Fax: 0364-4213672 Tel: 0364-4211700 int. 320

Contacto: Arq. Irene Blasco Lucas

Area Arquitectura Ambiental - Centro de Investigaciones San Juan Santa Fé 198 Oeste - (5400) - San Juan

Contacto: A. Papparelli

REGION CENTRO

Instituto de Acondicionamiento Ambiental - Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 1900 - cc.143 - (4000) Tucumán Tel: 0381-4252572 Fax: 0381-4330883

Director/contacto : Arq. Guillermo Gonzalo

Grupo de Energía Solar - Instituto de Física Rosario Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. CC. 606 - Parque Urquiza (2000) Rosario - Santa Fe

Contacto: Lic. Rubén Piacentini

Centro de Estudios del Ambiente Humano. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario. Riobamba 220 bis - (2000) Rosario - Santa Fe Tel: 54-41-817945

Director: Arq. Elio Di Bernardo Contacto: Arq. Juan Carlos Rall

REGION METROPOLITANA BUENOS AIRES

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata. CC.478 - Calle 47 Nro. 162 (1900) La Plata - Buenos Aires. Telfax: 0221-4234705/90 interno 254 EMail: idehab@yahoo.com - http://idehab_fau_unlp.tripod.com/ui2/

Director: Arq. Elías Rosenfeld Contacto: Arq. Jorge Czajkowski

Centro de Investigación Habitat y Energía. Secretaría de Investigación y Posgrado. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Nacional de Buenos Aires. Pabellon III, 4to piso, Ciudad Universitaria. (1428) Capital Federal. Fax: 011-47828871 Tel: 011-47828411/8203/8881 int. 458

Directores: Arq. Martin Evans y Arq. Silvia de Schiller

INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial. cc 157 (1650) - San Martín - Buenos Aires

Contacto: Ing. Vicente Volantino

REGION SUR

CEVEqU, Centro Experimental de la Vivienda y el Equipamiento Urbano Rural. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Comahue. Calle Buenos Aires 1400 - (8300) Neuquen. Telfax: 0299-422836 int. 48 y 44

Contacto: Arq. Alberto Jurgeit

ANEXO 2: EJEMPLOS DE SOFTWARE DE APLICACION EN BASIC.

Presentamos en este anexo varios ejemplos de programas de aplicación de algunos temas tratados en el libro. Entre estos encontramos los siguientes programas:

RADEXTR.BAS : Este programa permite determinar la radiación solar fuera de la atmósfera terrestre. Puede ser utilizada como rutina en programas que utilicen otros modelos de cálculo de la radiación difusa, alternativos a los planteados por Liu&Jordan y Orgill&Holland planteados aquí.

RAD-TOT.BAS : Este programa es de gran utilidad ya que en función de la latitud del lugar, el índice de claridad atmosférico (Kt), la orientación y pendiente del plano opaco o vidriado y el coeficiente de reflexión del suelo (albedo), nos calculará la radiación directa, difusa, reflejada y total en secuencia horaria. Además calcula la integral dándonos la radiación total recibida en un día cualquiera del año. Con algunos arreglos se puede lograr determinar la media mensual. En esta situación sugerimos que determine para su localidad con valores medios de Kt y para el día 15 de cada mes los valores de radiación. Se tendrá así suficiente información para determinar la radiación solar potencial incidente en cualquier plano.

RAD-OPT.BAS : Este programa nos determina una tabla que nos permitirá encontrar el plano óptimo de colección solar para los meses del año en cualquier latitud. Los valores se dan para mes del año y con pendientes de 0 a 90 grados cada 10 grados. Es una herramienta útil para conocer que pendiente deberemos dar a los colectores solares.

DIAGSOL.BAS : Este programa determina cartas solares de proyección rectangular y ortográfica para cualquier latitud.

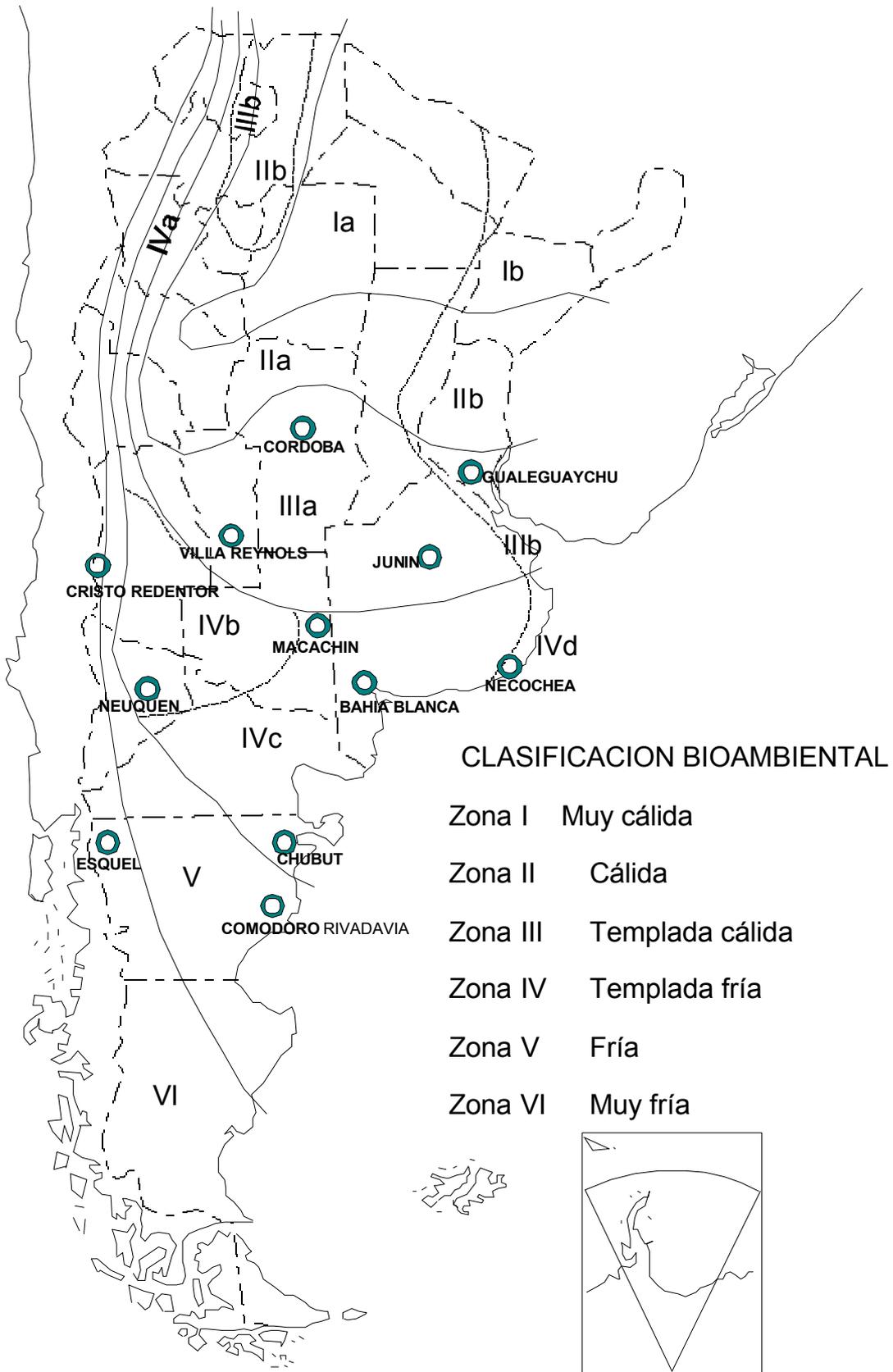
COEF-G.BAS : Este es un programa extenso que nos permite calcular el coeficiente global de pérdidas térmicas "G", la carga térmica anual del edificio, las pérdidas térmicas por m2, las pérdidas térmicas discriminadas por partes de envolvente, la compactidad factor de forma y factor de exposición del edificio y una discriminación mensual de las necesidades de energía en calefacción para tres combustibles (electricidad, gas natural y gas envasado). Para esto requiere los datos del edificio y las temperaturas medias mensuales del sitio (cap. 2).

RENTA.BAS : Este corto programa calcula el tiempo de retorno de la inversión y el período de amortización de un sistema solar o de aislación respecto de colocar la diferencia de dinero en un plazo fijo u otro que nos de un interés bancario. A pesar de no haberlo tratado explícitamente en un capítulo se entrega la herramienta de análisis. Solicita el costo de la instalación, la renta del capital, el costo de combustible a consumirse sin medidas de ahorro y con aplicación de medidas y la tasa de incremento del combustible. Los períodos pueden ser mensuales o anuales según introduzcamos los datos.

NOTA: Se dispone de otros programas para cálculo del riesgo de condensación, cálculo de colectores de agua caliente, cálculo de paneles fotovoltaicos, análisis energético mediante AutoCAD, etc. Si desea obtener una copia de los programas en disquette integrados en un utilitario, favor de comunicarse con los autores por teléfono, fax, correo o acercándose personalmente al IDEHAB.

Instituto de Estudios del Hábitat. FAU-UNLP CC.478 - (1900) La Plata - Buenos Aires - Argentina
Telfax: 0221-4234787/90 - interno 254 EMail: czajko@yahoo.com ó afgomez@arqa.com

URL: <http://www.arquinstal.net>



Localidad		Villa Reynolds					Provincia		San Luis				Región Bioambiental					III A	
Latitud		33,73					Longitud		65,38				Alt. s/nivel mar					486	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m ²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	39,5	31,0	23,0	18,4	14,6	3,5	15,0	17,4	10,1	22,3	34,5	64	10	104	0,58	24,9	0	0	
FEB	39,5	30,6	22,3	18,1	14,2	1,8	15,1	17,6	9,7	21,9	34,1	67	9	60	0,55	21,6	0	0	
MAR	38,8	27,6	19,2	15,9	11,7	-5,0	13,3	15,8	7,2	19,2	31,1	72	8	87	0,51	16,9	0	11	
ABR	35,3	25,0	16,1	13,5	8,7	-4,9	11,2	13,8	4,2	16,4	28,5	75	7	39	0,52	13,2	35	95	
MAY	32,7	21,7	12,5	10,1	5,1	-7,9	7,4	10,9	0,6	12,9	25,2	75	6	20	0,50	9,7	143	205	
JUN	30,9	17,5	7,9	5,9	0,8	-12,0	3,1	8,2	-3,7	8,7	21,0	75	6	9	0,51	8,4	266	326	
JUL	30,2	17,7	8,0	5,6	0,5	-10,7	2,2	7,7	-4,0	8,6	21,2	71	7	7	0,48	8,4	276	338	
AGO	32,3	20,3	10,0	6,6	1,2	-11,5	1,7	7,4	-3,3	10,3	23,8	62	9	9	0,55	12,1	225	287	
SET	33,8	22,2	13,0	8,9	4,0	-10,0	3,9	8,5	-0,5	12,6	25,7	59	11	19	0,55	15,9	147	207	
OCT	37,0	24,3	16,3	12,3	8,1	-3,2	8,1	11,3	3,6	15,7	27,8	63	13	62	0,55	19,8	56	118	
NOV	40,6	28,1	20,1	15,5	11,8	0,8	11,6	14,1	7,3	19,5	31,6	63	12	86	0,59	24,2	0	2	
DIC	40,5	30,2	22,3	17,3	13,9	3,4	13,4	16,0	9,4	21,6	33,7	62	11	112	0,60	26,4	0	0	
AÑO	40,6	24,7	15,9	12,3	7,9	-12,0	8,8	12,4	3,4	15,8	28,2	67	9	614	0,54	16,8	1148	1589	

Localidad		Macachin					Provincia		La Pampa				Región Bioambiental					IV C	
Latitud		37,13					Longitud		63,68				Alt. s/nivel mar					142	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m ²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	38,9	31,5	23,3	17,4	14,6	3,9	11,5	14,3	10,1	22,6	35,0	53	10	64	0,59	25,5	0	0	
FEB	40,5	31,5	22,6	16,7	13,9	2,8	10,9	13,8	9,4	22,2	35,0	53	9	52	0,56	21,8	0	0	
MAR	37,2	27,6	19,0	15,1	11,3	-2,9	11,0	13,9	6,8	19,0	31,1	66	9	100	0,53	16,9	0	17	
ABR	36,1	23,0	15,0	12,1	7,7	-4,1	8,5	11,7	3,2	14,9	26,5	70	7	61	0,53	12,8	80	140	
MAY	29,9	18,9	11,4	9,1	4,7	-6,9	5,8	9,9	0,2	11,3	22,4	73	7	24	0,47	8,4	192	254	
JUN	26,9	14,5	7,7	6,0	1,9	-10,4	2,9	8,1	-2,6	7,7	18,0	76	8	18	0,48	7,1	294	354	
JUL	24,6	14,3	7,6	5,7	1,6	-9,7	2,4	7,8	-2,9	7,5	17,8	74	8	18	0,48	7,6	312	374	
AGO	27,0	17,3	9,3	6,4	1,9	-7,4	1,4	7,2	-2,6	9,1	20,8	64	10	20	0,49	10,1	260	322	
SET	30,2	19,9	11,8	8,6	4,0	-6,0	3,0	8,1	-0,5	11,5	23,4	61	11	42	0,51	14,1	182	242	
OCT	36,5	22,8	15,1	11,8	7,5	-2,5	6,8	10,5	3,0	14,7	26,3	64	11	67	0,53	18,9	88	150	
NOV	38,5	26,7	19,0	15,2	11,5	0,8	10,4	13,3	7,0	18,6	30,2	64	10	127	0,61	25,1	0	27	
DIC	42,5	29,4	21,5	16,5	13,3	3,2	10,9	13,8	8,8	20,9	32,9	56	10	94	0,58	25,6	0	0	
AÑO	42,5	23,1	15,3	11,7	7,8	-10,4	7,1	11,0	3,3	15,0	26,6	65	9	687	0,53	16,2	1408	1880	

Localidad		Cristo Redentor					Provincia		Mendoza				Región Bioambiental					VI	
Latitud		32,83					Longitud		70,08				Alt. s/nivel mar					3832	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m ²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	17,7	9,8	3,8	0,2	-0,5	-10,2	-5,4	4,4	-5,0	4,2	13,3	57	23	0	0,61	26,3	414	476	
FEB	17,8	9,5	3,6	0,0	-0,5	-9,2	-5,8	4,3	-5,0	4,0	13,0	56	23	0	0,58	22,7	378	434	
MAR	16,5	7,5	2,3	-1,3	-1,6	-10,4	-7,7	3,7	-6,1	2,5	11,0	54	22	0	0,52	17,4	467	529	
ABR	15,1	4,8	0,3	-3,2	-3,3	-12,5	-9,8	3,0	-7,8	0,3	8,3	49	21	0	0,55	14,2	518	578	
MAY	11,0	1,7	-2,3	-5,3	-5,4	-17,1	-12,0	2,7	-9,9	-2,4	5,2	53	22	0	0,51	10,1	615	677	
JUN	7,2	-3,9	-7,2	-9,1	-10,3	-27,4	-14,0	2,1	-14,8	-7,6	-0,4	59	26	0	0,54	9,1	753	813	
JUL	7,6	-2,9	-6,4	-8,6	-9,6	-22,7	-15,6	2,1	-14,1	-6,8	0,6	55	22	0	0,48	8,6	752	814	
AGO	8,3	-2,8	-6,2	-8,4	-9,6	-23,4	-14,9	2,1	-14,1	-6,7	0,7	57	25	0	0,48	10,8	750	812	
SET	9,8	-1,3	-5,2	-7,6	-8,8	-19,6	-13,8	2,3	-13,3	-5,6	2,2	57	22	0	0,57	16,7	692	752	
OCT	12,4	0,7	-3,3	-5,6	-6,9	-18,1	-10,5	2,9	-11,4	-3,6	4,2	63	24	0	0,57	20,6	654	716	
NOV	16,6	4,4	-0,4	-3,1	-4,3	-16,2	-8,2	3,5	-8,8	-0,5	7,9	60	25	0	0,63	25,9	539	599	
DIC	15,0	7,8	2,2	-0,9	-1,8	-10,8	-6,1	4,2	-6,3	2,5	11,3	60	25	0	0,62	27,2	465	527	
AÑO	17,8	2,9	-1,6	-4,4	-5,2	-27,4	-10,4	3,1	-9,7	-1,7	6,4	57	23	0	0,56	17,5	6997	7727	

Localidad		Neuquen					Provincia		Neuquen					Región Bioambiental					IV B	
Latitud		38,95					Longitud		68,13					Alt. s/nivel mar					270	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C		
ENE	39,1	31,3	13,3	14,4	14,6	2,3	5,8	9,7	10,1	22,5	34,8	36	17	16	0,59	25,3	0	0		
FEB	37,6	30,3	21,7	13,9	13,0	2,1	6,2	10,0	8,5	21,2	33,8	41	14	6	0,56	21,6	0	0		
MAR	35,7	26,6	18,1	12,2	10,1	-5,3	6,0	9,9	5,6	17,9	30,1	50	12	14	0,52	16,2	0	51		
ABR	31,8	22,2	13,3	9,1	5,9	-3,6	4,1	8,6	1,4	13,6	25,7	59	10	11	0,51	11,7	119	179		
MAY	27,2	17,3	9,0	5,8	2,5	-7,0	1,2	6,9	-2,0	9,4	20,8	64	10	9	0,40	6,6	251	313		
JUN	26,9	13,1	5,8	3,2	-0,2	-12,8	-0,9	6,0	-4,7	6,0	16,6	67	10	7	0,40	5,3	347	407		
JUL	24,6	13,1	5,4	3,0	-0,5	-11,0	-0,9	5,9	-5,0	5,8	16,6	69	9	12	0,41	5,9	363	425		
AGO	26,9	16,0	7,9	4,2	0,8	-10,6	-1,9	5,6	-3,7	7,9	19,5	56	11	6	0,44	8,5	298	360		
SET	30,6	18,6	11,0	6,1	3,7	-6,2	-1,3	5,9	-0,8	10,7	22,1	49	13	10	0,50	13,5	206	266		
OCT	35,6	22,5	15,0	9,2	7,3	-2,0	1,5	7,3	2,8	14,4	26,0	46	14	26	0,54	18,9	96	158		
NOV	36,9	27,1	19,4	12,0	11,2	2,1	3,8	8,4	6,7	18,7	30,6	40	16	11	0,57	23,4	0	26		
DIC	39,7	29,9	21,9	13,4	13,5	5,7	4,5	9,0	9,0	21,2	33,4	36	18	11	0,58	25,5	0	0		
AÑO	39,7	22,3	14,3	8,9	6,8	-12,8	2,3	7,8	2,3	14,1	25,8	51	13	139	0,50	15,2	1680	2		

Localidad		Comodoro Rivadavia					Provincia		Chubut					Región Bioambiental					V	
Latitud		45,78					Longitud		67,5					Alt. s/nivel mar					61	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C		
ENE	39,4	25,4	19,0	11,8	13,3	5,6	3,5	8,3	8,8	18,9	28,9	40	36	12	0,57	24,3	0	20		
FEB	37,7	24,7	18,2	11,2	12,7	5,2	3,3	8,1	8,2	18,2	28,2	41	34	11	0,50	18,6	0	36		
MAR	34,7	22,4	16,2	10,2	11,1	2,5	3,0	7,9	6,6	16,3	25,9	45	31	11	0,46	12,9	39	101		
ABR	29,1	18,7	13,0	8,1	8,6	-0,6	1,6	7,2	4,1	13,2	22,2	49	32	16	0,46	8,8	131	191		
MAY	24,4	14,7	10,1	6,2	6,2	-3,0	0,7	6,6	1,7	10,0	18,2	55	33	25	0,42	5,2	234	296		
JUN	21,1	11,1	6,9	3,8	3,2	-8,5	-1,3	5,8	-1,3	6,7	14,6	59	29	20	0,40	3,8	326	386		
JUL	19,5	10,6	6,5	3,6	3,0	-6,5	-1,4	5,7	-1,5	6,3	14,1	60	30	22	0,38	4,0	347	409		
AGO	24,7	12,4	7,8	4,3	4,0	-3,6	-1,4	5,7	-0,5	7,7	15,9	56	31	24	0,41	6,3	304	366		
SET	23,9	14,9	9,5	5,3	5,0	-5,7	-1,7	5,7	0,5	9,5	18,4	50	32	11	0,47	11,1	242	302		
OCT	32,0	18,2	12,4	7,2	7,0	-0,6	-0,1	6,4	2,5	12,1	21,7	47	30	8	0,49	16,1	167	229		
NOV	34,8	22,1	16,0	9,8	10,4	2,6	1,7	7,2	5,9	15,8	25,6	42	32	12	0,52	20,9	53	113		
DIC	35,0	23,6	17,4	10,6	11,6	3,6	2,2	7,6	7,1	17,1	27,1	40	36	15	0,49	21,6	12	74		
AÑO	39,4	18,2	12,8	7,7	8,0	-8,5	0,8	6,9	3,5	12,6	21,7	49	32	187	0,46	12,8	1855	2523		

Localidad		Córdoba					Provincia		Córdoba					Región Bioambiental					III A	
Latitud		31,4					Longitud		64,18					Alt. s/nivel mar					425	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C		
ENE	41,4	31,0	23,9	19,1	17,4	7,6	15,1	17,6	12,9	23,7	34,5	61	5	106	0,56	23,9	0,0	0,0		
FEB	40,2	30,9	23,4	18,9	17,1	7,9	15,0	17,6	12,6	23,5	34,4	62	5	93	0,55	21,6	0	0		
MAR	39,4	27,6	20,7	17,3	15,1	2,5	14,1	16,7	10,6	20,9	31,1	69	5	100	0,50	16,8	0	0		
ABR	36,0	25,2	18,3	15,2	12,5	2,0	12,0	14,7	8,0	18,4	28,7	69	5	32	0,48	12,8	0	35		
MAY	34,1	22,3	15,4	12,5	9,7	-3,4	9,0	12,2	5,2	15,5	25,8	69	4	21	0,48	9,8	62	124		
JUN	31,7	18,3	11,2	8,6	5,6	-6,1	4,6	9,2	1,1	11,5	21,8	67	4	14	0,49	8,6	182	242		
JUL	34,2	18,7	11,5	8,3	5,4	-5,9	3,7	8,6	0,9	11,6	22,2	63	5	8	0,49	9,1	184	246		
AGO	34,8	21,4	13,4	8,9	6,4	-4,6	2,1	7,7	1,9	13,4	24,9	51	6	9	0,53	12,2	127	189		
SET	39,9	23,6	15,8	11,0	8,9	-2,3	4,1	8,8	4,4	15,8	27,1	51	7	32	0,52	15,5	53	113		
OCT	39,4	25,2	18,1	13,9	12,0	1,5	8,6	11,8	7,5	18,1	28,7	59	7	88	0,52	18,9	0	43		
NOV	40,9	28,3	21,3	16,6	15,1	4,5	11,7	14,3	10,6	21,2	31,8	58	7	100	0,57	23,6	0	0		
DIC	41,4	30,2	23,0	18,1	16,8	7,8	13,5	16,1	12,3	23,0	33,7	60	7	122	0,55	24,1	0	0		
AÑO	41,4	25,2	18,0	14,0	11,8	-6,1	9,5	12,9	7,3	18,0	28,7	62	6	725	0,52	16,4	608	992		

Localidad		Necochea					Provincia		Buenos Aires				Región Bioambiental					IV D	
Latitud		38,57					Longitud		58,7				Alt. s/nivel mar					8	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	37,1	26,7	20,2	17,3	15,3	8,3	14,3	16,7	10,8	20,5	30,2	71	13	116	0,56	24,0	0	0	
FEB	36,7	25,5	19,5	16,9	15,2	8,0	14,2	16,5	10,7	19,9	29,0	73	14	85	0,55	21,1	0	0	
MAR	35,1	23,3	17,5	15,4	13,6	3,0	12,8	15,3	9,1	18,0	26,8	73	13	123	0,53	16,7	0	48	
ABR	35,6	19,9	14,7	12,9	10,7	0,8	10,4	15,0	6,2	14,8	23,4	75	13	64	0,52	12,2	81	141	
MAY	26,4	17,1	12,2	10,7	8,3	0,0	8,3	11,5	3,8	12,2	20,6	78	12	76	0,46	7,8	164	226	
JUN	25,4	13,4	9,3	8,0	5,6	-3,3	5,9	9,7	1,1	9,0	16,9	81	12	90	0,45	6,2	255	315	
JUL	21,0	12,2	8,2	7,3	4,7	-2,0	5,1	9,0	0,2	8,0	15,7	82	12	74	0,47	7,0	296	358	
AGO	25,3	13,9	9,1	7,5	5,0	-2,5	4,8	8,9	0,5	9,0	17,4	76	13	80	0,50	9,9	265	327	
SET	27,4	15,2	10,0	8,6	6,3	-1,9	6,0	9,6	1,8	10,3	18,7	77	15	64	0,46	12,6	218	278	
OCT	30,2	17,5	12,5	11,1	8,7	1,6	8,7	11,6	4,2	12,6	21,0	78	15	77	0,52	16,1	152	214	
NOV	37,4	22,2	16,1	14,2	11,5	0,4	11,5	14,0	7,0	16,4	25,7	75	12	80	0,61	25,0	35	95	
DIC	38,5	24,8	18,6	15,9	13,8	6,0	12,8	15,2	9,3	18,8	28,3	71	15	79	0,53	23,1	0	22	
AÑO	38,5	19,3	14,0	12,2	9,9	-3,3	9,6	12,6	5,4	14,1	22,8	76	13	1008	0,51	15,1	1466	2024	

Localidad		Trelew					Provincia		Chubut				Región Bioambiental					IV C	
Latitud		43,23					Longitud		65,3				Alt. s/nivel mar					39	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	41,3	28,2	20,5	12,8	14,0	3,6	3,2	8,2	9,5	20,6	31,7	37	29	12	0,57	24,5	0	0	
FEB	39,6	27,6	19,7	12,4	12,7	3,8	3,6	8,4	8,2	19,7	31,1	40	26	11	0,56	20,9	0	0	
MAR	36,2	25,0	17,4	11,1	10,9	0,2	3,2	8,2	6,4	17,5	28,5	45	23	12	0,51	15,1	2	64	
ABR	32,5	20,9	13,5	8,4	7,5	-3,8	1,1	7,1	3,0	13,7	24,4	48	21	9	0,55	11,4	114	174	
MAY	29,5	16,7	10,1	6,1	4,7	-4,7	-0,2	6,3	0,2	10,2	20,2	54	22	15	0,45	6,2	226	288	
JUN	27,7	12,3	6,2	3,5	1,2	-9,8	-1,3	5,8	-3,3	6,3	15,8	62	21	5	0,45	4,9	338	398	
JUL	23,1	12,3	6,3	3,7	1,5	-8,3	-1,1	5,9	-3,0	6,4	15,8	64	20	22	0,46	5,5	344	406	
AGO	23,8	14,6	8,0	4,4	2,7	-5,7	-2,1	5,6	-1,8	8,2	18,1	55	21	14	0,48	8,1	290	352	
SET	29,2	17,1	10,3	5,7	4,3	-4,8	-3,0	5,3	-0,2	10,2	20,6	47	24	8	0,49	12,3	219	279	
OCT	35,0	20,7	13,5	8,2	7,1	-2,7	-0,4	6,4	2,6	13,4	24,2	45	27	18	0,52	17,6	127	189	
NOV	34,8	24,5	17,2	10,8	10,6	1,0	1,8	7,4	6,1	17,1	28,0	42	27	18	0,57	23,3	14	74	
DIC	38,0	26,4	18,9	11,7	12,5	3,0	1,8	7,5	8,0	19,0	29,9	38	30	9	0,56	24,5	0	17	
AÑO	41,3	20,5	13,5	8,2	7,5	-9,8	0,6	6,8	3,0	13,5	24,0	48	24	153	0,51	14,5	1674	2241	

Localidad		Guaileguachu					Provincia		Entre Rios				Región Bioambiental					III B	
Latitud		32,87					Longitud		58,52				Alt. s/nivel mar					14	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	39,5	31,0	24,5	20,4	16,4	6,3	17,3	20,3	11,9	23,2	34,5	66	10	88	0,58	25,0	0	0	
FEB	39,8	30,5	24,0	20,0	16,2	5,6	16,9	19,9	11,7	22,9	34,0	67	10	78	0,55	21,8	0	0	
MAR	36,9	27,4	21,2	18,5	14,4	2,5	16,1	18,9	9,9	20,4	30,9	75	9	176	0,54	18,3	0	0	
ABR	34,4	23,6	17,4	15,7	10,9	-1,1	13,9	16,4	6,4	16,8	27,1	81	8	81	0,55	14,6	23	83	
MAY	30,2	20,9	14,5	13,2	8,1	-4,2	11,5	14,1	3,6	14,0	24,4	84	8	77	0,47	9,8	109	171	
JUN	28,9	16,5	11,2	10,2	5,6	-7,9	8,8	12,0	1,1	10,6	20,0	86	11	58	0,48	8,5	209	269	
JUL	28,1	16,6	11,3	10,2	5,8	-5,6	8,7	11,9	1,3	10,7	20,1	86	10	66	0,47	8,8	211	273	
AGO	29,6	18,2	11,9	10,6	5,6	-5,0	8,5	11,6	1,1	11,4	21,7	81	12	61	0,52	12,1	189	251	
SET	31,2	20,5	14,5	12,5	7,5	-4,7	10,0	12,8	3,0	13,5	24,0	76	13	59	0,49	14,6	120	180	
OCT	33,2	22,9	17,0	15,0	10,3	-0,4	12,4	15,0	5,8	16,1	26,4	75	13	110	0,53	19,3	43	105	
NOV	37,3	26,5	20,5	17,5	13,2	2,0	14,6	17,1	8,7	19,4	30,0	71	11	84	0,57	23,7	0	5	
DIC	39,5	29,3	22,6	19,1	15,3	4,9	15,8	18,5	10,8	21,8	32,8	67	11	113	0,60	25,9	0	0	
AÑO	39,8	23,7	17,6	15,2	10,8	-7,9	12,9	15,7	6,3	16,8	27,2	76	11	1051	0,53	16,9	904	1337	

Localidad		Esquel					Provincia		Chubut				Región Bioambiental					VI	
Latitud		42,9					Longitud		71,37				Alt. s/nivel mar					785	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	32,9	20,9	14,1	9,3	7,4	-1,3	2,1	7,4	2,9	13,7	24,4	48	32	19	0,47	20,2	119	181	
FEB	33,3	20,3	13,5	8,9	6,2	-3,5	2,4	7,4	1,7	12,8	23,8	54	27	19	0,45	16,9	133	189	
MAR	30,6	18,7	12,1	7,8	4,4	-5,5	2,0	7,1	-0,1	11,1	22,2	54	24	16	0,40	11,7	200	262	
ABR	23,8	14,5	8,4	5,4	1,9	-9,3	0,7	6,6	-2,6	7,7	18,0	62	20	48	0,37	7,6	294	354	
MAY	19,2	10,8	5,5	3,4	0,2	-10,5	-0,3	6,2	-4,3	5,0	14,3	69	21	74	0,30	4,3	388	450	
JUN	21,2	6,3	1,7	0,5	-2,9	-20,3	-2,0	5,5	-7,4	1,2	9,8	78	16	79	0,25	2,8	489	549	
JUL	14,8	6,5	1,8	0,6	-2,7	-22,1	-2,1	5,4	-7,2	1,4	10,0	77	17	85	0,31	3,8	499	561	
AGO	17,0	8,3	3,1	1,4	-1,9	-12,3	-2,0	5,4	-6,4	2,7	11,8	72	18	66	0,31	5,3	459	521	
SET	21,0	10,6	4,7	2,4	-1,2	-11,8	-2,7	5,1	-5,7	4,2	14,1	62	23	36	0,46	11,4	399	459	
OCT	26,3	14,0	7,8	4,7	1,1	-9,0	-1,7	5,6	-3,4	7,1	17,5	56	24	35	0,48	16,3	324	386	
NOV	28,0	17,6	11,2	7,2	4,7	-3,8	0,5	6,5	0,2	10,7	21,1	51	29	19	0,49	19,8	206	266	
DIC	31,4	18,9	12,6	8,3	5,9	-3,3	1,3	6,9	1,4	11,9	22,4	50	32	27	0,46	20,3	174	236	
AÑO	33,3	14,0	8,0	5,0	1,9	-22,1	-0,2	6,3	-2,6	7,5	17,5	61	24	523	0,40	11,7	3684	4414	

Localidad		Bahia Blanca					Provincia		Buenos Aires				Región Bioambiental					IV C	
Latitud		38,73					Longitud		62,18				Alt. s/nivel mar					83	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	38,9	30,5	22,6	15,9	15,4	5,5	10,0	12,8	10,9	22,5	34,0	50	19	49	0,57	24,7	0	0	
FEB	40,5	29,6	21,7	15,6	14,8	1,0	10,1	13,0	10,3	21,7	33,1	53	19	52	0,56	21,6	0	0	
MAR	39,0	25,9	18,5	14,0	12,5	-0,4	10,1	12,9	8,0	18,7	29,4	62	17	88	0,53	16,5	0	25	
ABR	36,7	21,9	14,7	11,2	8,9	-1,3	7,4	10,8	4,4	14,9	25,4	65	14	47	0,53	12,2	78	138	
MAY	30,4	18,4	11,7	8,9	6,4	-3,7	5,2	9,4	1,9	11,9	21,9	68	16	29	0,43	7,1	174	236	
JUN	25,6	13,9	8,1	6,1	3,5	-8,5	3,1	8,1	-1,0	8,2	17,4	74	15	33	0,45	6,1	279	339	
JUL	26,1	13,6	7,9	5,9	3,6	-6,5	2,8	7,9	-0,9	8,1	17,1	73	15	31	0,47	6,8	291	353	
AGO	30,0	16,0	9,3	6,2	3,9	-5,5	1,6	7,3	-0,6	9,5	19,5	64	17	20	0,50	9,7	250	312	
SET	32,5	18,2	11,2	7,7	5,2	-4,8	2,8	7,9	0,7	11,2	21,7	61	18	47	0,46	12,5	189	249	
OCT	33,2	21,2	14,1	10,4	7,8	-2,2	5,7	9,7	3,3	14,0	24,7	62	19	46	0,52	18,2	109	171	
NOV	37,7	25,7	18,5	13,5	11,8	0,1	8,8	11,8	7,3	18,3	29,2	59	18	78	0,58	23,7	0	38	
DIC	41,9	28,5	20,9	14,8	14,0	2,7	8,8	12,0	9,5	20,8	32,0	51	20	84	0,56	14,7	0	0	
AÑO	41,9	22,0	14,9	10,9	9,0	-8,5	6,4	10,3	4,5	15,0	25,5	62	17	604			1370	1861	

Localidad		Junin					Provincia		Buenos Aires				Región Bioambiental					III A	
Latitud		34,55					Longitud		60,95				Alt. s/nivel mar					81	
MES	Temp Max Ab °C	Temp Max °C	Temp Media °C	Term Hum °C	Temp Min °C	Temp MinAb °C	Temp Rocío °C	Tensión Vapor MB	Tmin diseño °C	Tmed diseño °C	Tmax diseño °C	H R %	V.V Km/h	Pre mm	KT	Rad MJ/m²	Grado Día 18 °C	Grado Día 20 °C	
ENE	40,0	30,8	23,2	18,6	15,5	6,0	15,0	17,6	11,0	22,7	34,3	63	12	78	0,57	24,7	0	0	
FEB	39,7	30,2	22,3	18,2	15,3	5,0	14,9	17,4	10,8	22,3	33,7	66	11	67	0,56	21,9	0	0	
MAR	37,6	26,5	19,3	16,4	13,2	0,3	13,8	16,3	8,7	19,4	30,0	73	11	165	0,52	17,2	0	5	
ABR	33,1	23,0	15,9	13,9	10,3	-2,0	11,6	14,2	5,8	16,2	26,5	77	10	83	0,54	13,6	41	101	
MAY	30,4	19,6	12,6	11,0	7,1	-4,2	8,7	11,9	2,6	12,9	23,1	80	10	41	0,50	9,6	144	206	
JUN	27,3	15,1	9,1	8,0	4,6	-9,2	6,1	10,2	0,1	9,4	18,6	83	11	26	0,50	8,2	245	305	
JUL	27,0	15,4	9,1	7,7	4,2	-6,7	5,7	9,7	-0,3	9,3	18,9	81	12	33	0,48	8,3	254	316	
AGO	27,5	17,0	10,0	8,2	4,0	-4,1	5,4	9,5	-0,5	10,0	20,5	75	12	38	0,51	11,2	233	295	
SET	31,4	19,6	12,8	10,3	6,4	-4,5	7,0	10,5	1,9	12,5	23,1	71	13	57	0,50	14,6	150	210	
OCT	33,2	21,5	15,1	13,0	9,2	0,6	10,3	13,0	4,7	14,9	25,0	74	13	113	0,52	18,9	82	144	
NOV	37,4	25,7	19,1	16,1	12,6	2,9	13,3	15,7	8,1	18,7	29,2	71	12	127	0,57	23,7	0	26	
DIC	41,8	28,7	21,4	17,6	14,5	4,7	14,1	16,7	10,0	21,1	32,2	67	13	118	0,55	24,2	0	0	
AÑO	41,8	22,8	15,8	13,3	9,7	-9,2	10,5	13,6	5,2	15,8	26,3	73	12	946			1149	1608	