

TOMO 8

ZONA SUR EXTREMO: PUNTA ARENAS



**ANALISIS DE VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL AHORRO DE ENERGIA
Y EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS PUBLICOS**

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, DIRECCION DE ARQUITECTURA

DICIEMBRE 2000

ambiente
consultores

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
2. RECOMENDACIONES DE DISEÑO	2
2.1. Introducción	2
2.2. Pauta General de Recomendaciones y Evaluación para la Ciudad de Punta Arenas	3
3. ANTECEDENTES	6
3.1. Antecedentes Geomorfológicos y climáticos generales de la Zona Sur Extremo - Ciudad de Punta Arenas	6
3.1.1. <u>Identificación y delimitación de sistemas territoriales</u>	6
3.1.2. <u>Sistema subandino oriental</u>	6
3.1.3. <u>Riesgos Naturales</u>	9
3.2. Discusión Sobre Normas Relevantes respecto a Zonas Climático - Habitacionales	13
3.2.1. <u>Decreto Nº 115 (V. y U.) de 1999: Sobre Aislación Térmica - Modificación a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones</u>	13
3.2.2. <u>Norma NCH 1079 Of77</u>	16
3.2.3. <u>Localización y descripción del clima por zonas</u>	20
3.2.4. <u>Análisis y discusión de ambas normativas</u>	21
3.3. Antecedentes de Arquitectura Local	23
3.3.1. <u>Algunas referencias al desarrollo histórico de la arquitectura de la zona</u>	23
3.3.2. <u>Caso de Interés en la Región de Magallanes</u>	29
3.3.3. <u>Conclusiones</u>	31
3.4. Caracterización de los Edificios Públicos del MOP de los últimos 8 años en la Zona	32
3.5. Pauta de Diagnóstico y Recomendaciones de Diseño	35
3.5.1. <u>Tablas de datos climáticos, diagnóstico, indicadores de conflictos y recomendaciones para la ciudad de Punta Arenas</u>	35
3.5.2. <u>Descripción de las recomendaciones para etapa de diseño de anteproyecto</u>	40
3.5.3. <u>Descripción de las recomendaciones para etapa de diseño de proyecto</u>	42
3.5.4. <u>Estrategias de Diseño por el Método de B. Givoni</u>	44
3.5.5. <u>Variación anual de la temperatura</u>	45
3.5.6. <u>Estadísticas de viento</u>	46
3.5.7. <u>Riesgo de condensación en muros y techos</u>	48

	<u>Pág.</u>
3.6. Otros Recursos Climáticos	54
3.6.1. <u>Gráficos de carga térmica para radiación para la ciudad de Punta Arenas</u>	54
3.6.2. <u>Gráfico de trayectoria solar para la ciudad de Punta Arenas y recomendaciones sobre protecciones solares</u>	56
4. EJEMPLO DE EVALUACION	58
4.1. Identificación y Descripción General	58
4.2. Constatación Visual	58
4.3. Resultados de Encuesta a Administrador	58
4.4. Resultados Encuesta a Usuarios	60
4.5. Evaluación Cualitativa	61
4.5.1. <u>Pauta General de Recomendaciones y Evaluación para la ciudad de Punta Arenas</u>	69
4.5.2. <u>Conclusión</u>	72
4.6. Evaluación Cuantitativa Mediante Software "PASIVA"	73
5. BIBLIOGRAFÍA LOCAL	78

1. INTRODUCCION

El presente informe corresponde al estudio denominado “Análisis de Variables que Influyen en el Ahorro de Energía y en la Calidad Ambiental de los Edificios Públicos”, solicitado por la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, iniciado el 03 de Octubre de 2000.

Este Tomo 8 corresponde a los antecedentes geomorfológicos, climáticos y de arquitectura; las pautas de recomendaciones de diseño y el ejemplo de evaluación de la ciudad de Punta Arenas (lat. 53° - long. 70° 54'), perteneciente a la **Zona Climática Sur Extremo**.

Existe un tomo para cada una de las nueve zonas climáticas, un tomo de Fundamentos de Arquitectura Climática y un tomo dedicado a los Sistemas de Calefacción y Acondicionamiento de aire. También existe un Anexo con el Manual de Uso del Software "PASIVA".

Se adjunta un CD-ROM interactivo con la totalidad de los textos y figuras.

2. RECOMENDACIONES DE DISEÑO

2.1. Introducción

A continuación se presenta la Pauta de Recomendaciones Generales para anteproyecto y proyecto que proviene del análisis de los datos climáticos de la ciudad de Punta Arenas, Lat. 53°, Long. 70° 54', ciudad perteneciente a la zona climático habitacional del Sur Extremo.

Diversos métodos de análisis de datos climáticos se usaron para elaborar esta pauta, los que están explicados en el tomo 10 de Sistemas Arquitectónicos y en el capítulo 3 del presente tomo.

La zona Sur Extremo es una zona muy vasta y dentro de ella existen diferencias climáticas importantes, principalmente en lo que se refiere a cantidad y tipo de las precipitaciones. Sin embargo, es posible aplicar esta pauta a todas las ciudades de la zona Sur Extremo. Para una mayor precisión en las recomendaciones a establecer al interior de ésta, es aconsejable hacer un análisis como el que aquí se describe, para diferentes localidades que se ubican dentro de ella.

Esta pauta sirve como apoyo para la presentación de anteproyectos de edificios públicos y como pauta de calificación de estos mismos.

2.2. Pauta General de Recomendaciones y Evaluación para la Ciudad de Punta Arenas

1	Forma	Recomendaciones	Considera	Como se Considera
1.1	Orientación	Orientar el eje mayor del edificio en sentido Este-Oeste. Esto permite aprovechar el sol Norte en invierno.		
1.2	Compacidad	Desarrollar de preferencia una planta compacta, de perímetro y volumen compacto. Esto disminuye las superficies expuestas de la envolvente del edificio.		
1.3	Exteriores	Se necesitan medidas especiales para la lluvia frecuente: grandes pórticos aleros generosos, patios cubiertos, etc. Como los inviernos son fríos y prolongados, se requieren circulaciones y lugares de encuentro cerrados.		
2	Aberturas	Recomendaciones	Considera	Como se considera
2.1	Tamaño	20 a 40% de fachadas es recomendable para no tener pérdidas térmicas excesivas en un clima con una estación fría permanente.		
		Considerar compensaciones si son mayores, como mayor espesor de aislante o ventanas de mejor calidad térmica.		
2.2	Orientación	Orientar preferentemente las aberturas al Norte y al Sur y eventualmente en las orientaciones Oriente y Poniente, aunque éstas producen deslumbramiento.		
2.3	Protección Solar	Protectores para excluir radiación solar Oriente y Poniente. Son preferibles los protectores colocados por el interior (persianas).		
2.4	Protección contra el viento	Si es posible hay que hacer barreras contra el viento en la dirección predominante. Estas barreras pueden ser vegetales o de entramados de madera, PVC, etc.		
2.5	Ventanas	Minimizar % de ventanas practicables y hacerlas fijas. Las ventanas practicables deben tener control de la abertura.		
		Preferir marcos sin puentes térmicos y de doble contacto. La total hermeticidad es necesaria para la lluvia y el viento.		
2.7	Vidrios	Preferir vidriado doble (termopanel) en todas las ventanas exteriores de espacios que se habitan permanentemente.		
3	Muros y Tabiques	Recomendaciones	Considera	Como se considera
3.1	Materialidad muros	Los muros no necesitan ser pesados ya que no se necesita una gran capacidad calórica. Pesados o livianos deben ser aislados. En caso de considerar calefacción intermitente (que se apaga en la noche y/o los fines de semana), son preferibles livianos. (Ver Inercia térmica en Tomo 10).		
		Transmitancia promedio máxima de 1.2 W/m ² C.		
3.2	Materialidad tabiques	Los tabiques pueden ser pesados o livianos.		

4	Techos	Recomendaciones	Considera	Como se considera
4.1	Entretechos	Se recomienda considerar siempre un entretecho. Hacer entretechos estancos.		
		Considerar reflectante tipo foil de aluminio bajo cubierta enfrentando una cavidad.		
4.2	Materialidad de techos	Los techos pueden ser livianos o pesados pero muy bien aislados térmicamente.		
		Valor de transmitancia térmica del complejo de techumbre de 0.28 y 0.25 W/m ² K. Resistencia (R100) térmica del aislante térmico de techumbre entre 329 y 376 y según Decreto N° 115 (V. y U) de 1999. Zona Sur Extremo contiene zona térmica 6 y 7.		
4.3	Resistencia al agua y viento	Asegurar la estanqueidad a lluvia y viento con materiales, pendientes y traslapes adecuados. Se recomienda al menos una pendiente de 100% para materiales no continuos (tejuela).		
4.4	Resistencia a la nieve	Considerar acumulación y derretimiento de nieve para el diseño de la estructura, estanqueidad y seguridad, según temperaturas locales. La acumulación de nieve no tiene efectos térmicos desfavorables.		
5	Aislación Térmica	Recomendaciones	Considera	Como se considera
5.1	Fachada opaca	Colocar aislación térmica continua en fachadas.		
		Preferir aislación exterior o en la cavidad de tabiques de la envolvente.		
5.2	Cielos	Colocar aislación térmica continua sobre cielos.		
		Asegurar continuidad en encuentro de cielo y muros.		
5.3	Piso	Se recomienda un piso sobre radier y un sobrecimiento alto e hidrófugo. Considerar la colocación de aislación térmica bajo radieres.		
5.4	Puentes térmicos	Evitar puentes térmicos en muros y techos. Evitar balcones, barandas y otras proyecciones de la estructura.		
6	Iluminación	Recomendaciones	Considera	Como se considera
6.1	Ventanas	Orientar las ventanas en muros opuestos, especialmente en recintos profundos.		
		Diseñar ventanas en la parte alta del muro. Son más eficientes para la iluminación natural.		
6.2	Regulación	Evitar deslumbramiento debido a bajos ángulos de incidencia del sol, especialmente en fachadas Oriente y Poniente.		
		Preferir persianas interiores.		
6.3	Cenital	Considerar cubiertas transparentes, preferentemente protegidas o de menor incidencia para el verano.		
6.4	Iluminación Artificial	Considerar encendido por cantidad de luz diurna.		
		Considerar zonas con posible luz natural en circuitos separados.		

7	Ventilación	Recomendaciones	Considera	Como se considera
7.1	Natural	La ventilación de tipo higiénica no debe basarse en la ventilación cruzada ya que el clima no lo permite. La ventilación natural es sólo eventual. Evitar la sobreventilación, propagación de olores, etc. debido a diferencias de presión exterior.		
7.2	Tiro	Evitar exceso de convección entre diferentes pisos.		
7.3	Infiltraciones	Controlar totalmente las infiltraciones de aire no deseadas en invierno.		
8	Humedad	Recomendaciones	Considera	Como se considera
8.1	Lluvia	Asegurar la estanqueidad al agua de fachadas y techos. Asegurar bajadas de agua perimetrales.		
8.2	Vapor	Uso de barreras de vapor interior en muros perimetrales pesados, con aislación térmica interior, o en la cavidad formada por los revestimientos de una estructura liviana. Uso de barreras de vapor en cielos.		
8.3	Condensación	Evitar la producción innecesaria de vapor de agua al interior. Asegurar ventilación sanitaria. Usar hidrófugos en muros perimetrales permeables.		
8.4	Suelo	Asegurar drenajes sin contacto en fundaciones.		
9	Sistemas Activos	Recomendaciones	Considera	Como se considera
9.1	Calefacción	Proveer calefacción estable para 12 meses al año. No usar combustión a llama abierta sin evacuación de gases al exterior.		
9.2	Ventilación forzada	Utilizar de preferencia este tipo de ventilación para renovaciones de aire ya sea con sistema de ductos o aberturas especiales de ventilación controladas.		

3. ANTECEDENTES

3.1. Antecedentes Geomorfológicos y Climáticos Generales de la Zona Sur Extremo - Ciudad de Punta Arenas (Instituto Geográfico Militar)

3.1.1. Identificación y delimitación de sistemas territoriales

Para lograr un conocimiento pormenorizado del espacio físico de la región, se analizan las principales macrounidades naturales que constituyen el territorio. Para identificar y caracterizar estas áreas se deben tomar en cuenta los aspectos más relevantes del paisaje, tales como los rasgos climáticos, morfológicos, vegetacionales e hidrológicos, entre otros, entendidos éstos como componentes principales de dichas unidades.

Mediante la agrupación funcional de aquellos componentes ambientales más característicos del paisaje regional y utilizando cartografía a escala, se pueden distinguir cinco grandes sistemas territoriales: Sistema cordillerano archipelágico, Sistema cordillerano patagónico occidental, Sistema subandino oriental, Sistema de pampa y Sistema antártico.

3.1.2. Sistema subandino oriental

Corresponde morfológicamente a la vertiente oriental de la cordillera Patagónica y al borde occidental de la pampa magallánica, y constituye una angosta franja que corre de norte a sur paralela al sistema territorial antes citado. Posee una superficie de 17.699 km², el 1,28% del total regional y el 13,4% del área sudamericana.

Su territorio amesetado y de baja altura está atravesado por modestos cordones montañosos, cuyas cumbres rara vez sobrepasan los 1.000 m, y están fuertemente modificados por los hielos cuaternarios y efectos postglaciales que labraron amplios valles.

En el sector norte y hasta isla Riesco los relieves se orientan más o menos perpendicularmente al eje de la cordillera patagónica, siendo los casos más representativos la sierra del Toro y Arturo Prat y las cordilleras Pinto, Vidal, Chilena, Riesco y Serrucho. Pero desde islas Riesco al sur, incluyendo la península Bruswick, cerro Osorio, parte de isla Dawson y extremo sur de la isla Tierra del Fuego, cerros Lucho, Hope, etc., se disponen más o menos paralelamente al nuevo rumbo del sistema cordillerano.

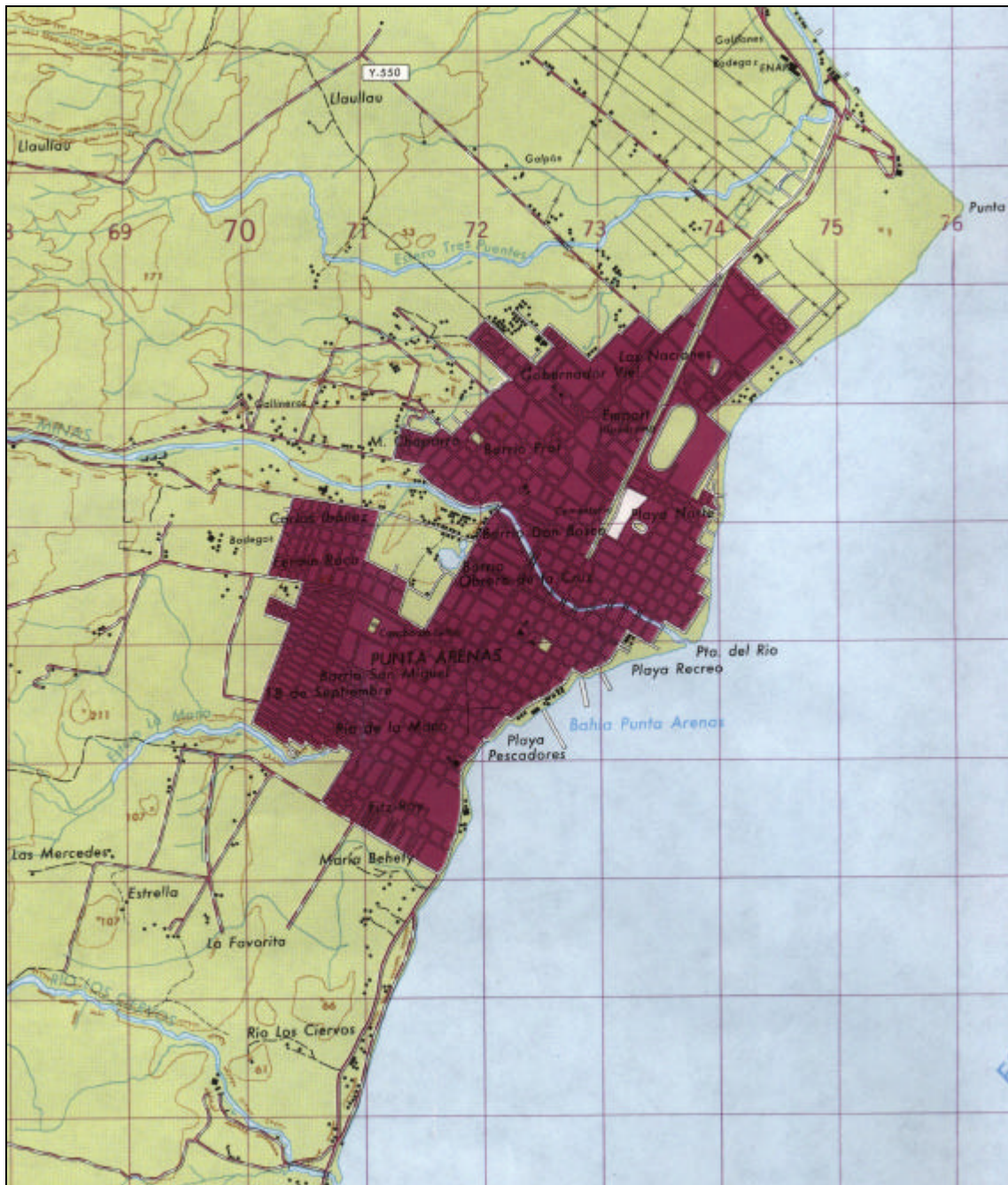


FIGURA 3.1.A. MAPA DE LA CIUDAD DE PUNTA ARENAS Y SUS ALREDEDORES



FIGURA 3.1.B. CORTE GEOMORFOLOGICO

Los hielos cuaternarios, al abandonar el ámbito andino, formaron glaciares ensanchados de piedmont amplios que excavaron espaciosas cuencas y valles. Hacia el norte del sistema, dichas cuencas y valles al ser represados por morrenas terminales, formaron lagos, como los del Toro, Grey, Sarmiento de Gamboa, etc. En cambio, cuando tales valles y cuencas fueron invadidos por el mar, originaron fiordos, senos y canales como el fiordo Obstrucción, seno Última Esperanza, canal Valdés y todo el sistema de canales de Última Esperanza. Al centro del territorio se originaron los senos Skyring y Otway y al sur el complejo del canal Whiteside y seno almirantazgo. Algunos de estos canales, especialmente los del sistema de Última Esperanza, cruzan la cordillera, alcanzando su vertiente occidental.

Por su posición oriental las precipitaciones se tornan moderadas fluctuando entre 500 y 1.000 mm, con un régimen anual uniforme.

Las temperaturas presentan marcada amplitud térmica registrando en los meses estivales temperaturas media aproximadas a los 10,5°C; en cambio, en los meses de invierno éstas son de apenas 1 a 2°C.

La posición trasandina favorece la mayor amplitud térmica anual que alcanza de 8°C a 9°C; por otro lado en invierno, cuando las temperaturas descienden bajo cero, se registran precipitaciones en forma nieve.

Este patrón climático incide notoriamente en la formación vegetativa encontrándose en este sistema pequeñas formaciones boscosas con especies como: ciprés de las Guaitecas, Lenga, Ñirre y Canelo, acompañadas de matorrales arbustivos como el calafate.

Los suelos son en su mayoría de tipo forestal, desarrollados sobre sustratos glaciales de diverso origen y constitución, de texturas franco arenosas, sustentando el bosque deciduo de Nothofagus; en este caso el perfil es profundo. A medida que se avanza hacia el oriente, aparece un paisaje de lomajes, con suelos de perfil delgado de carácter transicional hacia praderas y otros tipos relacionados.

En presencia de importantes cuencas fluviales y lacustres, ríos caudalosos de alimentación glacial provenientes del campo de Hielo Sur, caracterizan la hidrografía de esta unidad.

Respecto a la fauna, ésta es muy similar a la del sistema cordillerano patagónico, especialmente aquella que habita en el bosque deciduo. Entre los mamíferos está el Huemul (*Hippocamelus bisulcus*), el pudú (*Pudu pudu*), el puma o león de la patagonia (*Felis concolor*) y entre las aves el cernícalo (*Falco sparverius*) aguilucho (*Buteo polyosoma*) y el flamenco chileno (*Phoenicopus chilensis*), que habita en agua continentales.

Aquí se emplazan los centros urbanos más importantes de la región. En su parte norte, bordeando el seno de Última Esperanza y el golfo Almirante Montt, se encuentra Puerto Natales y en su parte media, al norte de la península de Brunswick, en los márgenes del estrecho de Magallanes, se localiza la capital regional, Punta Arenas. Ambas ciudades reúnen el 83% de la población regional y representan el poblamiento más significativo.

3.1.3. Riesgos naturales

Los riesgos naturales en la región son de ocurrencia muy excepcional, sin embargo, no es totalmente ajena a eventos que, con cierta regularidad, modifiquen el medio físico en el cual se desenvuelve el hombre y su consiguiente impacto en las actividades económicas y, eventualmente pérdidas de recursos humanos. Otros riesgos como movimientos sísmicos, terremotos, erupciones volcánicas, maremotos o tsunamis no se presentan regularmente en el territorio regional y el análisis detallado de la documentación histórica no registra sucesos importantes, a excepción de un movimiento sísmico en la década de 1950 y la erupción volcánica que en el año 1967 destruyó la base antártica Pedro Aguirre Cerda.

Los riesgos más frecuentes en la región son: aludes, inundaciones, heladas, vientos de velocidad mayor a 100 km/hr, e incendios forestales.

- Aludes

Están asociados a las unidades de carácter cordillerano, especialmente la cordillera patagónica, ya que ésta presenta la particularidad de tener exceso de nieve acumulada en invierno. Dichos eventos sólo causan daños en áreas naturales, debido a su escaso poblamiento.

- Inundaciones

Las inundaciones son el fenómeno natural de mayor ocurrencia y se generan tanto por acción de las lluvias, esto es, precipitaciones fuertes e intensas, como por un aumento relativo de las temperaturas que incrementa los deshielos de la nieve acumulada. Dada las características de la información existente en la región dicho riesgo se analizará para el caso de la ciudad de Punta Arenas, ubicada en la unidad subandina oriental.

El exceso de precipitaciones sobre la ciudad conlleva la colmatación de los cauces naturales y artificiales de evacuación de aguas lluvias, inundando algunos sectores del plan de Punta Arenas. Si bien el monto de precipitaciones no es muy alto, 500 mm anuales, las inundaciones se producen por deshielos de primavera, lluvias sobre nieve fresca, temperaturas altas sostenidas y precipitaciones sobre nieve retenida por congelamiento, mareas altas que modifican la descarga de algunos cauces, especialmente el río de las Minas, en el sector norte de la ciudad de uso inapropiado de los actuales canales por expansión de la ciudad.

Los principales cursos de agua que atraviesan la ciudad son: el río de las Minas, esteros D'Agostini, Bitsch, Llau-Llau y el río de la Mano.

El río de las Minas presenta los mayores riesgos de inundación en el área de Playa Norte, en su desembocadura al estrecho, por el efecto combinado de su excesivo caudal y las altas mareas. Aguas arriba el río cruza encauzado sin generar otros riesgos.

Los esteros Llau-Llau y su canal homónimo, Bitsch y D'Agostini, por el exceso de precipitaciones generan peligro de inundación en otros barrios como población Cecil Rasmussen, villa Friburgo, barrios Hortícola, Industrial, etc. Este riesgo está en estrecha relación con el crecimiento urbano de Punta Arenas en los últimos 10 años, quedando dichas poblaciones emplazadas en el área natural de escurrimiento.

- Heladas

El riesgo de ocurrencia de heladas se relaciona principalmente con la actividad agrícola y significa una restricción para el crecimiento de determinados cultivos. El parámetro climático representativo en este caso es la temperatura mínima que se observa en la siguiente tabla, para aquellas registradas durante los meses del año 1983 en la estación meteorológica "Jorge C. Schyte", año calificado de normal para el régimen climático local.

Resumen de temperaturas mínimas, año 1983		
Meses	t° mínimo absoluto	t° media mínima
Enero	0,0	5,8
Febrero	-1,0	5,0
Marzo	1,6	4,9
Abril	-1,4	3,3
Mayo	-3,4	0,9
Junio	-6,6	-0,8
Julio	-2,8	0,4
Agosto	-5,0	0,8
Septiembre	-2,6	1,1
Octubre	-1,4	2,6
Noviembre	0,6	3,7
Diciembre	0,4	5,6
Promedio	-1,8	2,8

Fuente: Instituto de la Patagonia, 1983, "Resumen Meteorológico, año 1983", Estación "Jorge C. Schyte". Punta Arenas. Lat. 53°08' S. Long. 70°53' W.

Al observar las temperaturas mínimas absolutas se puede concluir que entre los meses de abril a octubre la restricción es mayor, siendo más severa en el mes de junio. Los demás meses presentan temperaturas mínimas absolutas por encima de 0°C con excepción de febrero, presentándose por lo tanto, la probabilidad de riesgo de heladas en menor grado.

Este tipo de riesgo es significativo sólo en aquellas unidades que presentan algún tipo de actividad agrícola, como es el caso del sistema subandino oriental y pampa.

- El viento

El viento es un elemento climático que está presente durante todo el año en la región adquiriendo rasgos acentuados en primavera y verano, cuando la velocidad alcanza los valores máximos, época en que se constituye en un riesgo significativo a nivel regional.

En la siguiente tabla, se aprecia la velocidad promedio y máxima del viento, según meses del año (1983), en la estación meteorológica "Jorge C. Schyte", dependiente del Instituto de la Patagonia y localizada en Punta Arenas a 53°08' latitud sur y 70°53' longitud oeste.

CHILE XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, velocidad del viento (km/h) según mes, 1983		
Meses	Velocidad promedio	Velocidad máxima absoluta
Enero	18,7	95,4
Febrero	20,1	118,8
Marzo	16,3	97,2
Abril	10,7	84,6
Mayo	11,5	70,2
Junio	13,7	100,8
Julio	18,2	95,4
Agosto	13,6	75,6
Septiembre	17,4	86,4
Octubre	19,2	100,8
Noviembre	27,5	122,4
Diciembre	20,3	108,0
Promedio anual	17,3	96,3
Promedio otoño-invierno	14,0	87,3
Promedio primavera-verano	20,5	105,3

Fuente: Instituto de la Patagonia, 1983, "Resumen Meteorológico, año 1983", Estación "Jorge C. Schyte".
Punta Arenas. Lat. 53°08' S. Long. 70°53' W.

Se advierte claramente la estacionalidad que presenta el viento, ya que entre octubre y diciembre se observan las mayores velocidades máximas absolutas y promedio, 105,3 y 20,5 km/hr. La tendencia al aumento se aprecia a partir de agosto, siendo el valor más alto el de noviembre que llega a 27,5 (promedio) y 122,4 km/hr (máximo absoluto). A pesar de esta tendencia se pueden dar situaciones especiales como es el caso de junio, registrando velocidades máximas absolutas del orden de los 100 km/hr., que en los meses restantes fluctúan entre 70 y 97 km/hr.

3.2. Discusión Sobre Normas Relevantes respecto a Zonas Climático-Habitacionales

Lo más relevante en lo referente a normas, es, a nuestro parecer la aparición y puesta en vigencia de la Reglamentación Térmica de la modificación al Artículo 4ª de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y su Reglamento Técnico del INN (2000) "Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico". Parte de esta Reglamentación se transcribe a continuación. Sus alcances y relación con la Norma NCh. 1079 of. 77 que determina las Zonas Climático habitacionales en la cual se basa el presente Estudio se discute al final.

3.2.1. Decreto N° 115 (V. y U.) de 1999: Sobre Aislación Térmica - Modificación a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

D. Of. N° 36.455 del 02/09/99

Título 4: De la Arquitectura

Capítulo 1: De las Condiciones de Habitabilidad

Se propone la incorporación del siguiente artículo:

Artículo 4.1.10.: Todas las viviendas deben cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

1. El complejo de techumbre de la vivienda, entendido éste como el conjunto de elementos que la conforman, en adelante el complejo de techumbre, deberá tener una transmitancia térmica "U" igual o menor, o una resistencia térmica total "Rt" igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda a la localidad de la comuna en que se ubique el proyecto, de acuerdo a los planos aprobados por resolución del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla:

VALORES REFERIDOS AL COMPLEJO TECHUMBRE

TIPOS DE ZONAS (1)	TRANSMITANCIA TERMICA "U" = W / (m ² K) (*)	RESISTENCIA TERMICA TOTAL "Rt" = m ² x K / W (**)
1	0,84	1,19
2	0,6	1,66
3	0,47	2,13
4	0,38	2,6
5	0,33	3,07
6	0,28	3,54
7	0,25	4,01

Notas del original:

(*) (**) Según la norma técnica NCh 849:

W = Flujo térmico

K = Diferencia de temperatura entre interior y exterior

Notas del editor:

(1) Corresponde a los tipos de zonas definidos por la norma para su aplicación

2. En el caso de mansardas o parámetros inclinados, se considerará complejo de techumbre aquellos elementos cuyo cielo tenga una inclinación de 60° sexagesimales o menos medidos desde la horizontal.
3. Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales de la techumbre, tales como cerchas, vigas y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.
4. Los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto, deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte superiores de los muros, tales como cadenas, vigas, soleras, conformando un elemento continuo por todo el contorno de los muros perimetrales.
5. Para obtener una continuidad en el acondicionamiento térmico de la techumbre, todo muro o tabique que sea parte de ésta, tal como lucarnas, antepecho, dintel, que interrumpa el acondicionamiento térmico de la techumbre y delimite un recinto habitable, deberá cumplir con la misma exigencia que le corresponda al complejo de techumbre, de acuerdo a lo señalado en el punto 1 del presente artículo.
6. Para toda ventana que forma parte de la techumbre de una vivienda emplazada en zona 3 a 7, ambas inclusive, cuyo plano tenga una inclinación de 60° sexagesimales o menos medidos desde la horizontal, se deberá especificar una solución de doble vidrio.
7. Para efecto de cumplir con las condiciones establecidos en el punto 1, se podrá optar entre las siguientes alternativas:
 - a) Especificar y colocar un material aislante térmico, adosado al elemento cielo de complejo de techumbre, cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, sea el siguiente:

TIPOS DE ZONAS (1)	R 100 (***) (2)
1	94
2	141
3	188
4	235
5	282
6	329
7	376

Notas del original:

(***) Según la norma técnica NCh 2251: R 100 = equivalente a la resistencia térmica x 100

Notas del editor:

(1) Corresponde a los tipos de zonas definidos por la norma para su aplicación

(2) Resistencia rotulada en el material térmico.

- b) Demostrar el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre mediante un Certificado de Ensayo otorgado por una

Institución Oficial de Control Técnico de Calidad de los Materiales y Elementos Industriales para la Construcción.

- c) Demostrar el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en la norma técnica NCh 853. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.
 - d) La solución constructiva especificada para el complejo de techumbre deberá corresponder a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
8. En el listado de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, que llevará el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se inscribirán las soluciones constructivas del complejo de techumbre, de acuerdo a la transmitancia térmica o la resistencia térmica total de cada solución.

Artículo transitorio:

Lo dispuesto en el artículo 4.1.10 incorporado a la Ordenanza de Urbanismo y Construcciones por el artículo único del presente decreto, comenzará a regir una vez transcurridos 180 días corridos desde la fecha de publicación de este decreto en el Diario Oficial.

Para la zona climático - habitacional Sur Extremo la determinación de Tipo de Zona térmica para las distintas comunas son las siguientes:

PARTE X REGIÓN Y XI REGION AISEN						
Comunas	m.s.n.m	T.d.Z	m.s.n.m	T.d.Z	m.s.n.m	T.d.Z
Ancud		6				
Quemchi		6				
Dalcahue		6				
Curaco de Vélez		6				
Quinchao		6				
Puqueldón		6				
Chonchi		6				
Queilén		6				
Quellón		6				
Chaitén		6				
Hualaihué		6				
Futaleufú		7				
Palena		7				
Coyhaique		7				
Lago Verde		7				
Aisén		7				
Cisnes		7				
Guaitecas		7				
Chile Chico		7				
Río Ibáñez		7				
Cochrane		7				
O'Higgins		7				

PARTE X REGIÓN Y XI REGION AISEN						
Comunas	m.s.n.m	T.d.Z	m.s.n.m	T.d.Z	m.s.n.m	T.d.Z
Tortel		7				

XII REGION MAGALLANES Y ANTARTICA						
Comunas	m.s.n.m	T.d.Z	m.s.n.m	T.d.Z	m.s.n.m	T.d.Z
Natales		7				
Torres del Paine		7				
Punta Arenas		7				
Río Verde		7				
Laguna Blanca		7				
San Gregorio		7				
Porvenir		7				
Primavera		7				
Timaukel		7				
Navarino		7				
Antártica		7				

3.2.2. Norma NCH 1079 Of77

La Norma 1079 Of77 se titula “Arquitectura y Construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico” define 9 zonas sin considerar la Antártica y Chile Insular. Ver Figura 3.2.2.A.

El hecho más importante que destaca esta norma y todas las clasificaciones climáticas de Chile es que debido a su geomorfología, además de la clásica diferenciación Norte – Sur, existe una **importante variedad climática Este - Oeste**, que debería tener como resultado que la tipología arquitectónica y constructiva fuera tanto o más distinguible que entre Norte y Sur.

Las características climáticas que aumentan de Norte a Sur dentro del país y dentro de una misma zona climático habitacional son:

- precipitaciones,
- humedad del aire,
- número de meses de invierno,
- nubosidad
- vegetación.

Las características que disminuyen de Norte Sur son:

- la temperatura del aire
- radiación solar
- altura solar.

Las características que aumentan de Poniente a Oriente son:

- oscilación diaria y estacional de temperatura del aire
- número de horas de sol
- radiación solar.

Las características que disminuyen de Poniente a Oriente son:

- humedad del aire
- precipitaciones
- nubosidad
- presión atmosférica.



FIGURA 3.2.2.A. ZONIFICACION CLIMATICA HABITACIONAL SEGUN NORMA CHILENA NCH 1079 OF 77

Así pues, a lo largo de todo el país, estas diferencias Este - Oeste se conservan distinguiéndose 3 zonas para cada latitud.

En la zona **Sur Extremo** (SE) está la ciudad de **Punta Arenas**, Puerto Natales, además de Chile Chico, Curaco de Vélez, Puerto Porvenir, Coyhaique Lago O'Higgins, Quellón, Quemchi, Aysén, Chaitén, Valle Simpson, etc.

3.2.3. Localización y descripción del clima por zonas

ZONA	LOCALIZACION	CARACTERISTICAS GENERALES
NL	NORTE LITORAL: Se extiende desde el límite con el Perú hasta el río Aconcagua, ocupando la faja costera al lado occidental de la Cordillera de la Costa, hasta donde se deja sentir directamente la influencia del mar. En los valles que rematan los ríos y quebradas se producen penetraciones de esta zona hacia el interior. Ancho variable llegando hasta 50 Km aprox.	Zona desértica con clima dominante marítimo. Poca oscilación diaria de temperatura. Nubosidad y humedad que disipa al medio día. Soleamiento fuerte en las tardes. Lluvias nulas en el norte y débiles en el sur. Vientos de componente W. Atmósfera y suelo salinos. Vegetación nula o escasa.
ND	NORTE DESERTICA: Ocupa la planicie comprendida entre ambas cordilleras (de la Costa y de los Andes). Desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos, Pueblo Hundido y Chañaral excluidos. Como límite oriental puede considerarse la línea de nivel 3.000 m aproximadamente.	Zona desértica, sin lluvias, calurosa. Atmósfera limpia con fuerte radiación solar. Noches frías. Fuerte oscilación diaria de temperaturas. Ambiente seco. Vegetación nula. La cruza el río Loa formando una angosta subzona de microclima particular. Vientos fuertes.
NVT	NORTE VALLES TRANSVERSALES: Ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona NL excluida la Cordillera de los Andes por sobre 400 m y desde Pueblo Hundido hasta el valle del río Aconcagua, excluido.	Zona semidesértica. Veranos largos y calurosos. Microclimas en los valles. Lluvias escasas aumentando hacia el sur. Fuerte radiación solar y oscilación diaria de temperaturas. Escasa nubosidad. Vegetación en aumento. Vientos irregulares. Atmósfera relativamente seca.
CL	CENTRAL LITORAL: Cordón costero continuación zona NL desde el Aconcagua hasta el valle del Bío-Bío excluido. Penetra ampliamente en los anchos Valles que abren las desembocaduras de los ríos.	Zona con clima marítimo. Inviernos cortos de 4 a 6 meses. Temperatura templada. Nubosidad en verano disipa a medio día. Lluvias importantes. Vientos de componente W. Suelo y ambiente salinos y relativamente húmedos. Vegetación normal.
CI	CENTRAL INTERIOR: Valle central comprendido entre la zona NL y la precordillera de los Andes bajo los 1.000 m. Por el N comienza con el valle del Aconcagua y por el S llega hasta el valle del Bío-Bío excluido.	Zona de clima mediterráneo. Temperaturas templadas. Inviernos de 4 a 5 meses. Vegetación normal, lluvias y heladas en aumento hacia el S. Insolación intensa en verano especialmente hacia el NE. Oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el E. Viento del SW.
SL	SUR LITORAL: Continuación de zona CL desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.	Zona de clima marítimo, lluvioso. Inviernos largos. Suelo y ambiente salinos y húmedos. Vientos fuertes de componente W. Vegetación robusta. Temperatura templada a fría.
SI	SUR INTERIOR: Continuación de zona CI desde el Bío-Bío incluido, hasta la ensenada de Reloncaví. Hacia el E, hasta la Cordillera de los Andes por debajo de los 600 m aproximadamente.	Zona lluviosa y fría con heladas frecuentes. Veranos cortos de 4 a 5 meses con insolación moderada. Lagos y ríos numerosos, con microclimas. Vegetación robusta. Ambiente y suelo húmedo. Vientos S y SW.
SE	SUR EXTREMO*: La constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el E. (*) La componen varias subzonas actualmente poco estudiadas debido a la baja densidad poblacional.	Zona fría y muy lluviosa, disminuyendo de W a E. Clima especialmente marítimo en zonas bajas. Fuertes vientos. Nubosidad casi permanente. Veranos muy cortos. Suelo y ambiente muy húmedo. Vegetación muy robusta. Heladas y nieve en zonas altas como asimismo radiación solar moderada en verano. Microclimas importantes en el interior.
An	ANDINA*: Comprende la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3.000 m de altitud en el Norte (Zona Altiplánica) que bajando paulatinamente hacia el Sur se pierde al Sur de Puerto Montt. > 900 m de altitud. (*) La componen varias subzonas actualmente poco estudiadas debido a su baja densidad poblacional.	Zona de atmósfera seca, grandes oscilaciones de temperatura entre día y noche. Tormentas de verano en el altiplano (norte). Ventiscas y nieve en invierno. Vegetación de altura. Gran contenido de ultravioleta en la radiación solar. Dado que presenta grandes diferencias en latitud y altura, presenta características muy particulares a lo largo de ella, siendo en general de condiciones muy severas.

3.2.4. Análisis y discusión de ambas normativas

- **ZONIFICACIÓN CLIMÁTICO-HABITACIONAL**

Norma Nch 1079 Of 77. “Arquitectura Y Construcción – Zonificación Climático Habitacional para Chile y Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico”.

Esta Norma oficializada por el Instituto Nacional de Normalización en 1977 establece algunas recomendaciones básicas para el diseño arquitectónico de acuerdo a diferentes climas que ella misma define. Estas recomendaciones generales se refieren a cualidades térmicas de elementos de la envolvente de los edificios y a pendientes de cubiertas para protección contra la lluvia. En el Anexo A de ella (no considerado como parte de la Norma) se hacen recomendaciones respecto de protecciones contra la humedad, la salinidad y el sol. Junto a ello, en este mismo anexo se hace referencia a requerimientos de instalación de equipos de calefacción, con sus respectivos ductos de evacuación de gases al exterior.

El elemento más importante que hace parte de esta Norma es la zonificación climático-habitacional que propone. Esta zonificación climática se fundamenta en estudios realizados en el país con respecto al clima presente en diferentes regiones de él.

La Norma ha establecido 9 zonas climáticas para el país, haciendo notar que al interior de estas zonas podrán existir microclimas y en otras de gran extensión como la Zona Andina y la Sur Extremo se deben estudiar algunas variaciones climáticas dentro de ellas mismas con mayor detalle.

La Zonificación de esta Norma ha tomado en cuenta una amplia gama de variables, lo que hace recomendable su uso al momento de querer establecer las características climáticas generales de una cierta localidad o extensión geográfica del país. Ello podrá permitir, conociendo en particular la información meteorológica respectiva del lugar, establecer las recomendaciones arquitectónicas para un mejor diseño que permita condiciones de confort y eficiente uso de energía.

Las variables consideradas en esta Norma son las siguientes. (Tabla 3 de la Norma): Temperatura del aire, oscilación diaria de la temperatura del aire, insolación, horas de sol diarias, humedad relativa del aire, nubosidad, precipitaciones, vientos predominantes, heladas, nieve y salinidad del suelo.

- **REGLAMENTACIÓN TÉRMICA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES**

De acuerdo a la modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y que entró en vigencia en Marzo de este año, se han establecido exigencias para la aislación térmica en cielo de viviendas. Estas exigencias se definen de acuerdo a la ubicación de cada comuna del país en el mapa de “Zonificación de Grados Día de Calefacción a Nivel Comunal” y que se elaboró para este reglamento en particular.

Esta Zonificación, tal como lo indica su nombre, está referido a un período del año y se basa en una de las variables que puede ser utilizada en el momento de querer definir características climáticas de una cierta localidad o extensión geográfica.

El uso exclusivo de esta variable puede ser válido para efectos de establecer las exigencias de la citada “Reglamentación térmica”. Lo que no puede hacerse es confundir esta zonificación con una zonificación climática como aquella definida en la Norma NCh 1079 Of 77, que está aun vigente y que para su elaboración se ha considerado una amplia gama de variables meteorológicas que permiten la definición de un clima.

Al comparar la Zonificación de Grados Día con la de la Norma NCh 1079 Of 77, se observa que en la primera dos comunas pueden ser parte de la misma “Zona de Grados-Día de Calefacción” mientras que en la Norma 1079, éstas se ubican claramente en zonas climático habitacionales diferentes por poseer características climáticas que afectan a la arquitectura en forma muy distinta. Es el caso de la Comuna de San Felipe, ubicada en la Zona Central Interior (ver mapa), presenta por ejemplo, un régimen de oscilación térmica muy marcado y poca nubosidad. A su vez, la Comuna de Valparaíso, ubicada en la Zona Central Litoral (ver mapa), tiene poca oscilación térmica y bastante nubosidad.

3.3. Antecedentes de Arquitectura Local

3.3.1. Algunas referencias al desarrollo histórico de la arquitectura en Magallanes

- Viviendas indígenas

Según los arquitectos Dante Baeriswyl y otros en artículo preparado por la Revista CA N° 64 (1991) "la geografía de este lugar empujó siempre al hombre hacia el nomadismo" "Pocos lugares eran elegidos para residencia prolongada y éstos debían tener determinadas características de asoleamiento, resguardo y espacio favorable a la vida colectiva."

Los indígenas del archipiélago habitaban playas estrechas y pantanosas, ya que el mar constituía una inagotable fuente de abastecimiento. Los indígenas de la pampa vivían más que nada en las zonas de caza. Con la llegada de los colonos, se generaron pequeños enclaves dedicados al comercio y los indígenas, antes nómades, empezaron a establecerse en los alrededores de estos nuevos asentamientos.

"La casa indígena, aunque simple, tenía una gran complejidad. El elemento determinante del espacio interno y centro en torno al cual se organizaba la comunidad era el fuego. Sin embargo era necesario resolver otros problemas tales como la distribución de calor, el aislamiento térmico, la resistencia a los vientos, etc."

"La vivienda alacalufe tenía forma de cúpula aplastada de base elíptica. La estructura quedaba en el lugar y era reparada y reutilizada. Toda la armadura estaba formada por dos series simétricas de arcos más o menos aplastados de aspecto más bien frágil y lineal, pero, en realidad muy rígidas y resistentes al empuje del viento". Ver Fig. 3.3.1.A.

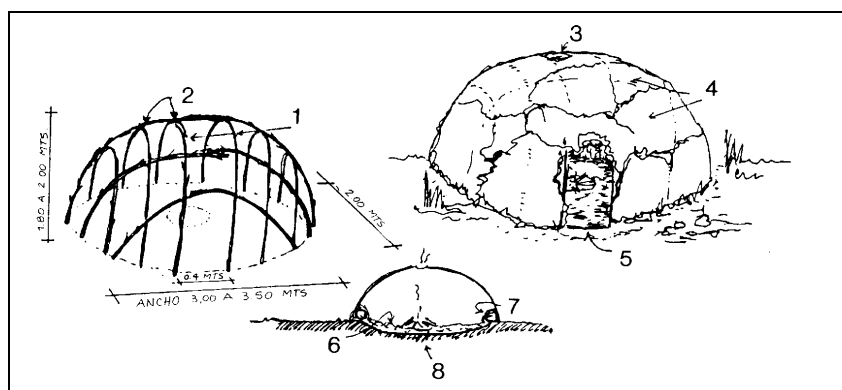


FIGURA 3.3.1.A. CASA ALACALUFE:
1/ESTACAS MAESTRAS, 2/AMARRAS, 3/ABERTURA, 4/PIELES DE FOCAS, 5/PUERTA AL MAR,
6/PISO DE RAMAS, 7/RODETE PARA SELLAR, 8/FUEGO

"Este sistema constructivo tenía una ventaja: una vez cubierta de pieles, la cúpula aplastada formaba un excelente reflector que distribuía uniformemente el calor del fuego central. Sobre la armadura se extendían pieles de foca amarradas a los palos. Las dos aberturas de acceso, bajas y estrecha, una orientada hacia el mar y otra hacia la montaña, se cerraban también con pieles de foca. Sobre el techo de la cúpula se hacía una tercera abertura para el humo, parcialmente cerrada con un atado de hierbas y ramas. El suelo de la cabaña estaba originalmente cubierto por una capa de ramas con hojas colocadas en estratos regulares y entrelazadas con gran precisión. Al interior de la cabaña, en contacto con el terreno, se colocaba un rodete de hierba como protección del aire exterior. El fuego permanecía prendido toda la noche bajo la ceniza".

La vivienda yagana era cónica y base circular. Sin embargo los sistemas de calefacción, aislamiento y extracción del humo eran similares a la vivienda alacalufe.

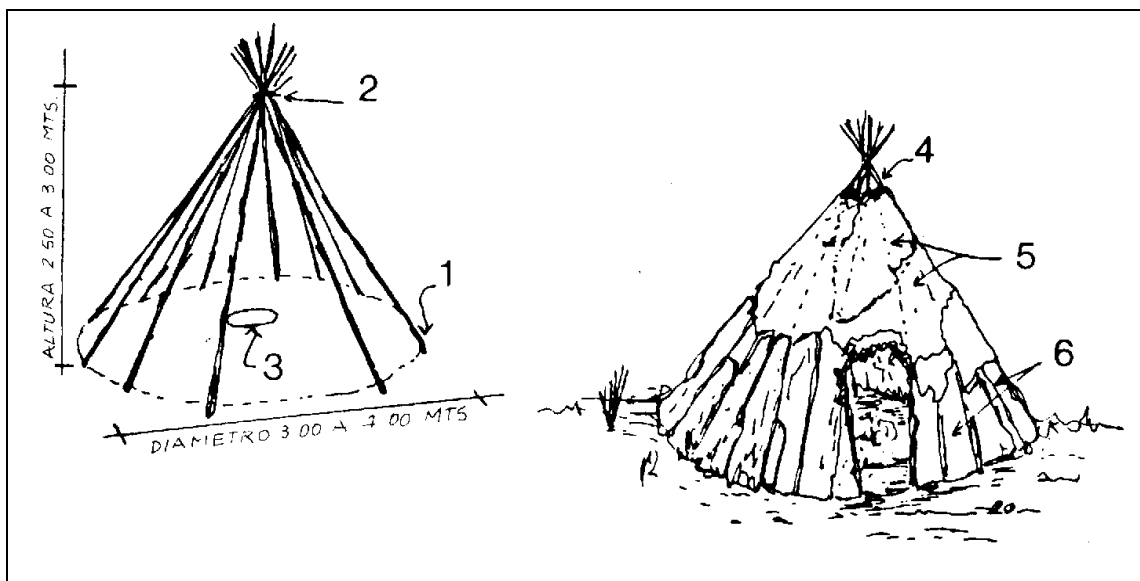


FIGURA 3.3.1.B. CASA YAMANA:
1/ESTACAS ENTERRADAS, 2/AMARRAS, 3/FUEGO, 4/ABERTURA SUPERIOR,
5/PIELES, 6/CORTEZA DE ARBOLES

La forma de la vivienda tehuelche era similar a la de una media cúpula adosada a un arco doble que servía de fachada. La estructura estaba cubierta por grandes piezas de pieles de guanaco cosidas y amarradas a los palos que formaban el esqueleto. Tenían la posibilidad de abrir completamente la fachada durante el día y tener así una vista panorámica del lugar. Esta abertura estaba siempre en dirección opuesta a aquella del viento. Ver Figura 3.3.1.C.

Todas estas simplísimas estructuras - aptas para la zona y el clima de la estepa - respondían perfectamente a las exigencias de la vida nómada, al mismo tiempo que ofrecían la mejor protección contra la intemperie”.

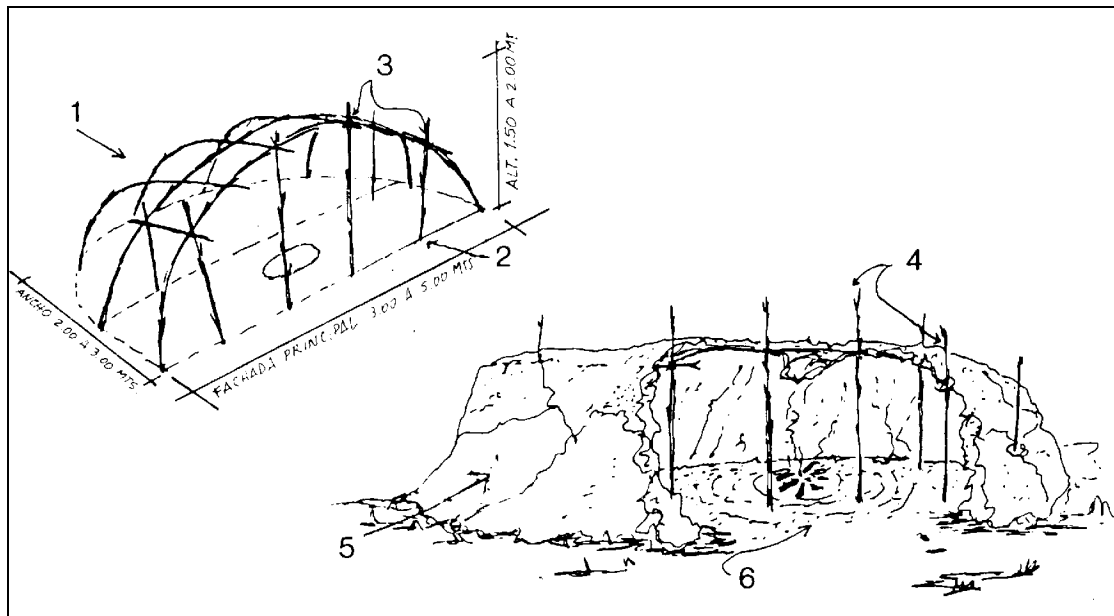


FIGURA 3.3.1.C. CASA TEHUELCHÉ:
1/DIRECCION DEL VIENTO, 2/ESTACAS ENTERRADAS, 3/AMARRAS, 4/PUNALES DE FACHADA,
5/MANTAS DE GUANACO, 6/GRAN ABERTURA PARA EL DÍA

- Arquitectura de las estancias magallánicas

En un artículo aparecido en la Revista CA N°64 , el profesor Juan Benavides escribe lo siguiente:

"Una de las escasas referencias de construcciones realizadas en la etapa fundacional se debe al capitán Juan José Latorre de la corbeta Magallanes, que describe en 1877 las instalaciones levantadas por Julius Hasse para explotar el carbón de piedra en la costa Norte del Seno Skyring. Las casas son cinco, construidas para la residencia del administrador, los peones y las bodegas de depósitos. Los edificios están contruidos con madera del lugar labradas por medio de una pequeña máquina de aserrar, aquellos están techados con planchas de zinc acanalado, hallándose todas las construcciones perfectamente al socaire de los vientos reinantes por medio del espeso arbolado que respalda el caserío. Ver Figura 3.3.1.D.

En Magallanes se exagera además la separación de los edificios para evitar la propagación de los incendios, en un área en la que es necesario calentar los recintos durante todo el año, y en la que los vientos soplan casi sin pausa...

En el caso de las viviendas colectivas y de las individuales se agregan galerías abiertas o cerradas (vidriadas) de transición con el exterior. Las cubiertas tienen una fuerte inclinación y caen sobre las cajas murales, en las que se insertan ventanas de guillotinas y cristalerías fijas que aprovechan la luz natural....

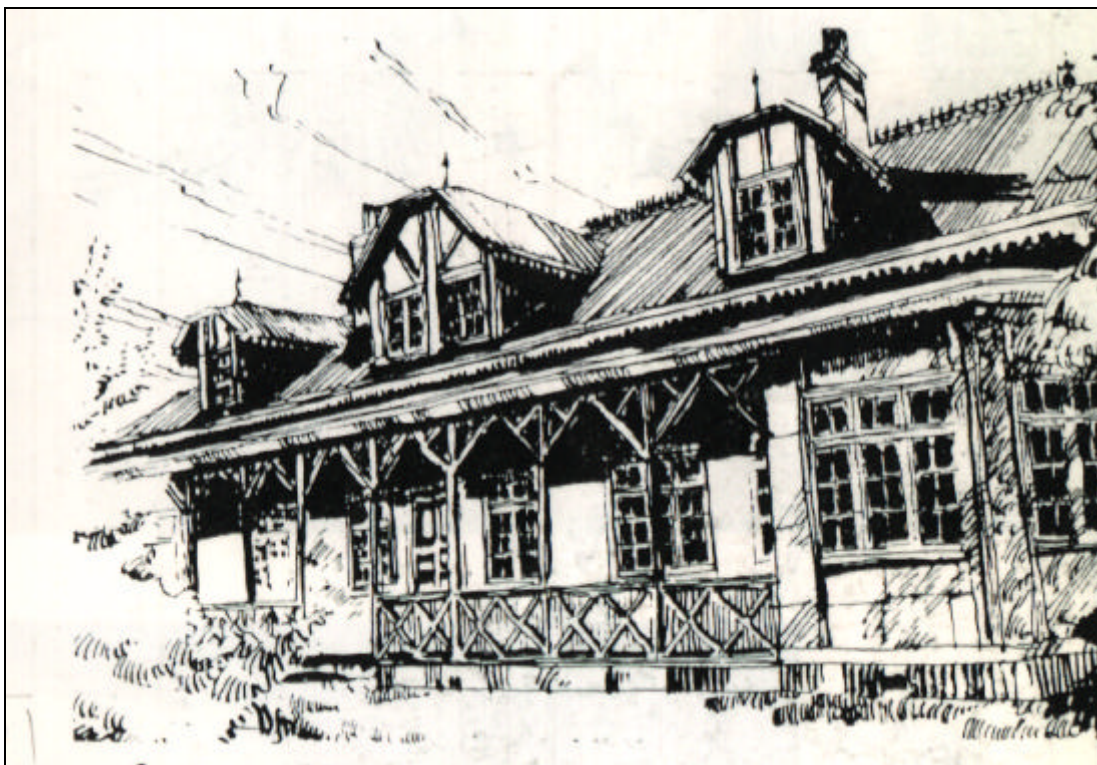


FIGURA 3.3.1.D. ESTANCIA CRUZ DEL SUR, SENO SKYRING

Importada desde Inglaterra por las casas mayoristas de Punta Arenas, la plancha de fierro galvanizado, por razones perfectamente conocidas por los arquitectos es la pieza vital del sistema constructivo y en última instancia la que asegura la unidad del lenguaje arquitectónica de las estancias”.

- Arquitectura pionera de Magallanes

En otro artículo de la Revista CA N°64, el arquitecto Mateo Martinic B. describe algunas características arquitectónicas del estilo pionero de Magallanes.

Ordenamiento espacial:

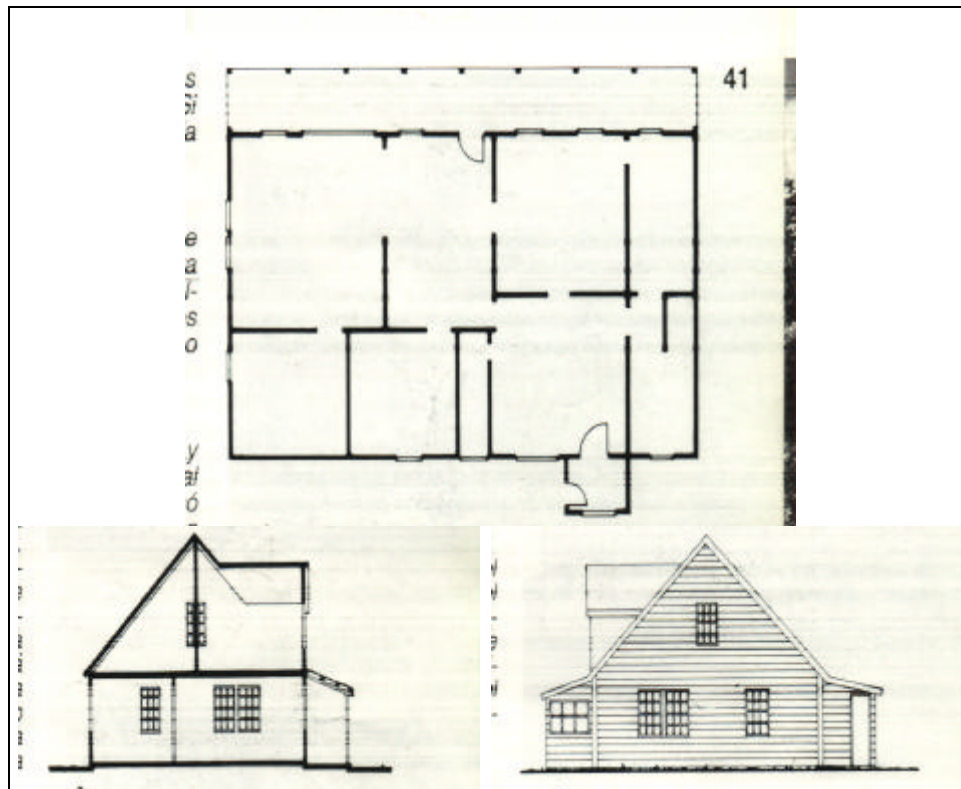
“En los cascos de las estancias, la agrupación de sus edificios no se ajusta por cierto, al ordenamiento espacial de las haciendas del valle central. No existe plaza ni preocupación por la geometría, y el aspecto religioso y social juega un rol secundario. En la Patagonia el problema es otro. Es de orden industrial; la producción de lana, carne y derivados, en un medio geográfico y cultural distinto al del resto del país.

En general este tipo arquitectónico puede ser definido por sus características más notables tales como paredes de madera tinglada, con tablazón cepillada y ornada con sencilla moldura terminal en la parte inferior, techumbre de dos aguas, ventanas de guillotina, lucarnas o mansardas y motivos de adorno recortados para las tapas de aleros y frentes de la techumbre o para sobreponer en dinteles de puertas y ventanas.

Su simple plan inicial, dos habitaciones (cocina-centro de la vida hogareña y dormitorio), separados por un pasadizo, podía crecer según lo hacía la familia con sendos agregados a modo de "mediaguas", que podían ser dormitorios como desvanes, todo en una planta. Si la casa tenía altos, la lucarna cedía lugar a una o más habitaciones.

Si bien la forma más común en que se conoció el estilo fue la de casa para vivienda, también aunque excepcionalmente, fue empleada en edificaciones de dos pisos, por lo general de uso mixto (habitación y comercio).

La casa de Administración Punta Carrera estaba desarrollada en un rectángulo con su típico pasillo exterior de fachada, abierto y cubierto, su gran pendiente de techumbre resaltado por dos lucarnas, sus destruidas ventanas de guillotinas, sus revestimientos de tinglado exterior; su estructura general en troncos a pique de rollizo labrado con azuela, su tablonada de piso en lenga aserrada y parte de su cubierta original de tejuela de alerce recubierta posteriormente con fierro acanalado”. Ver Figura 3.3.1.E.



**FIGURA 3.3.1.E. PLANTA, CORTE Y ELEVACION LATERAL
CASA ADMINISTRACION PUNTA CARRERA (1884)**

Nótese, la planta compacta, la chiflonera del acceso, la galería probablemente al Norte, las ventanas y vidrios pequeños y las grandes pendientes del techo.

- Las graserías y frigoríficos

Del Libro "Las estancias magallánicas" (1999) de Juan Benavides, Mateo Martinic, Marcela Pizzi y María Paz ; Valenzuela, se extractan los siguientes párrafos..

“En el frigorífico Bories trabajaban ciento cinco personas en forma permanente, llegando en la temporada alta a una cifra superior a las cuatrocientas, las que se trasladaban diariamente por ferrocarril a Puerto Natales. El área industrial tenía un frente continuo de doscientos ochenta metros lineales frente al mar, con unos veinte mil metros cuadrados edificados, el cincuenta por ciento de mampostería de ladrillo de tanta calidad como las ejecutadas en Gran Bretaña en el período postvictoriano. El resto lo constituían nueve naves de robustas estructuras de madera con doble forro de este material y aislación de lana mineral, revestidas al exterior con planchas zincadas onduladas de 0,05 mm de espesor.

Otro factor natural que incide regularmente en el trazado de los cascos es el alineamiento de los edificios con un río o con uno de sus esteros tributarios. Cerro Castillo se relaciona con el río Guillermo, Caleta Josefina con el Pantano, Oazy con el de Sant Susana, Cameron y San Sebastián se extienden a ambos costados del Mac Clelland y el estero Pike, una dependencia o relación que se repite en las estancias Río Verde, Río Grande, Rusffin, etc.

El sentido del escurrimiento de las aguas determina regularmente la secuencia de la ubicación de los edificios al definir los dos extremos del conjunto. Aguas arriba la residencia con sus anexos del dueño o de su representante. Aguas abajo, por razones higiénicas, el galpón de esquila.

En la estancia San Gregorio, más allá de una verja, una casa de dos pisos, estilo 1900. señorial y pretenciosa, se guarece del viento dominante tras una altísima empalizada de madera. Hecha de tablas puestas paralelamente a varios centímetros de distancia ya que ninguna superficie continua de este tamaño resistiría los vendavales, ella basta para cortar el viento.

El casco de la estancia de 175.000 ha, Laguna Blanca, hoy parcialmente desmantelado: "Sus construcciones incluyen desde luego, la casa del administrador y sus dependencias, que le proporcionan comodidad y esparcimiento: un jardín protegido por una alta empalizada de los vientos dominantes, garage, y un invernadero calefaccionado durante todo el año, donde se cultivan flores y legumbres.

En relación a la utilización de la energía eólica, existen varios windchargers (grupos electrógenos eolianos). En períodos de calma se utiliza un grupo auxiliar a motor, pero es la energía del viento la que resuelve el problema del agua.

En las estancias sus propietarios o administradores ingleses, galeses, escoceses o neozelandeses fueron una fiel expresión de la tradición victoriana y preindustrial en cuanto al orden, la eficiencia, el apego a sus costumbres tradicionales y, por cierto, a un rígido concepto de la autoridad y de independencia en relación a la comunidad laboral. Su "home" por lo tanto estaba aislada del resto, bien equipada y era razonablemente confortable, ya que solían permanecer largos años en el lugar y debían recibir a los distintos huéspedes que visitaban el lugar generalmente por razones comerciales.

Sus signos distintivos fueron varias chimeneas surgiendo de sus techos, la galería vidriada con plantas de interiores, un invernadero y un "jardín" protegido por cortavientos".

3.3.2. Caso de Interés en la Región de Magallanes

Se presenta a continuación un estudio que evalúa las viviendas actuales de bajos ingresos en la zona urbana de Magallanes. En el documento "Confort Térmico y calidad ambiental de las viviendas de bajos ingresos en el área urbana de Magallanes", (1990) el PRIEN (Programa de Investigación en Energía de la U. de Chile) investigó sobre la

calidad de las viviendas en Magallanes con una metodología que comprendió visitas a terreno, evaluación teórica y de laboratorio.

A continuación se presenta un extracto del trabajo presentado en el Primer Congreso de Energía celebrado en Abril de 1990 en Santiago.

"Las elevadas pérdidas de energía térmica en las viviendas analizadas se explican por las características constructivas y el estado de las mismas.

La falta de aislación en los muros y cielos, el sellado insuficiente de los primeros y la elevada ventilación de los aleros y frontones, se traduce en valores de transmitancia térmica que superan en 2,5 y 6,5 veces, respectivamente, los niveles máximos establecidos en la Norma Chilena para la Región (INN, 1978).

Si bien a través del piso las infiltraciones son poco significativas; el nivel de ventilación piso-suelo es, en promedio, 5 veces superior a lo técnicamente recomendado. Por último, los sistemas de cierre poco adecuados, las soluciones de emergencia para los vidrios rotos y la falta de sellos en el umbral de las puertas determina un nivel de infiltraciones superior, en promedio, a 2,5 veces el nivel aceptable técnicamente.

La estructura de pérdidas calóricas, en valores absolutos y porcentuales, para una vivienda "típica" del universo considerado se presentan en el cuadro siguiente:

ELEMENTO DE LA ENVOLVENTE	PÉRDIDA CALÓRICA (%)
Techumbre	32,9
Muros	27,2
Piso	17,0
Ventanas	8,2
Puertas	1,4
Total envolvente	86,7
Infiltraciones	13,3
TOTAL	100,0

Fuente: PRIEN, 1987

En base a los datos de la encuesta se calcularon las pérdidas calóricas totales de la vivienda, por unidad de volumen encerrado en la envolvente, y por unidad de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior (G, en Kcal/h m³ °C). Los resultados se sintetizan en el cuadro siguiente:

CLASIFICACION DE LAS VIVIENDAS SEGUN SU CALIDAD TERMICA				
Coeficiente G Rango (W/m ³ °C)	% de Casos en el Rango			
	Punta Arenas	Puerto Natales	Porvenir	Región
<2,9	1,9	0,0	0,0	1,0
2,9 - 4,1	6,2	5,1	13,4	7,1
4,1 - 5,2	23,4	23,1	31,3	24,8
5,2 - 6,4	25,8	38,5	32,8	30,8
6,4 - 7,6	26,3	21,4	10,5	22,0
7,6 - 8,7	8,1	8,6	4,5	7,6
> 8,7	9,2	3,4	7,5	6,8
G Promedio (W/m ³ °C)	6,1	6,1	5,6	5,9

Fuente: PRIEN, 1987

3.3.3. Conclusiones

Se ha resumido aquí la investigación que han hecho algunos arquitectos en cuanto al desarrollo histórico de la arquitectura regional. Cada uno de ellos opina que desde la aparición de las viviendas indígenas, la preocupación por crear ambientes interiores protegidos del ambiente exterior hostil, ha sido una constante de gran importancia en la concepción de los diseños, de las agrupaciones y de los sistemas constructivos.

En el trabajo del PRIEN se presenta una evaluación de viviendas actuales en la zona. Si los ambientes interiores de estas viviendas alcanzan condiciones de confort medianamente aceptables, no es sino a costa de un gran consumo de gas natural, combustible barato y subsidiado de la zona, el que sólo apareció aquí hace 50 años.

En esa fecha se empezaron a olvidar las tradiciones formales y constructivas que daban como resultado una arquitectura más acorde con su medio natural y un uso más eficiente de la energía.

Esperamos contribuir con este estudio a una recuperación de este conocimiento del medio, de tal modo que, en combinación con la aplicación de nuevas tecnologías de construcción, ayude a la creación de una "arquitectura apropiada" a la zona.

3.4. Caracterización de los Edificios Públicos del MOP de los últimos 8 años en la Zona

Para conocer algunas características de los edificios que ha construido el MOP en los 8 últimos años, se hizo un estudio de éstos en lo referente a su destino, soluciones de construcción usadas, N° de pisos, superficie edificada y tipo de uso. A continuación se presenta la tabla 3.4.1. que caracteriza los edificios a cargo de la Dirección de Arquitectura construidos en la Zona Sur Extremo (definida según Norma de Zonificación Climático Habitacional N° 1079 Of 77) a la cual pertenece la ciudad de Punta Arenas.

Las conclusiones a que se llegó en un primer análisis de los datos son las siguientes:

- El número de pisos más recurrente es 1 y 2 pisos.
- La tipología de sistema constructivo más recurrente es la albañilería reforzada de ladrillo y la combinación de ésta con madera.
- Los sistemas de losas más usadas son losas de H.A.
- El sistema de techo usado más frecuentemente es metálico.
- El régimen de ocupación más frecuente es diurno - nocturno.
- Las tipologías que presentan un mayor número de edificios son edificios educacionales, de oficina y salud, en ese orden.

No se tienen aún antecedentes sobre los sistemas o los criterios de selección del equipamiento en iluminación, sistemas de calefacción y aire acondicionado por parte del MOP.

TABLA 3.4.1. Edificios MOP. Zona Sur Extremo: Punta Arenas, Chile Chico, Curaco de Vélez, Puerto Porvenir, Coyhaique Lago O'Higgins, Quellón, Quemchi, Aysen, Chaitén, Valle Simpson.

Tipo de edificio	Educatival		Adul- tos	Salud		Oficinas		Espacios Especiales				Vivienda		Total	
	Niños			Con- sult.	Hospit.	Orden y Seguri- dad	Justi- cia Adm.	Talle- res	Transporte de Pasajero	Centros Invest.	Centros Cultura- les	Polide- portivo	Cár- cel		Vivien- da
	Escuela Sin in- ternado	Escuela con in- ternado													
N° de pisos 1	3	1		4	1	1	1	2					2		15
N° de pisos 2	1	5			1	1	2						2		12
N° de pisos 3															0
N° de pisos 4		1				1									2
N° de pisos 5 y más							1								1
Muros															
Albañilería ladrillo / estruct. Mtca.															0
Alb. de Bloques/ estruc. incorpor.															0
Albañilería Reforzada	4	3		2	1		1						3		14
Albañilería de bloque Reforzada															0
Hormigón Armado					1	1	1								3
Muro Cortina															0
Muro Madera		2		1		2	1	1							7
Muro Plancha Metálica		1					1								2
Muro Mampostería Piedra Liparita															0
Muro Mixto *		1		1				1					1		4
Cubierta															
Losa Tralix															0
Losa Hormigón Armado															0

Tomo 8 Cap 3

TABLA 3.4.1. Edificios MOP. Zona Sur Extremo: Punta Arenas, Chile Chico, Curaco de Vélez, Puerto Porvenir, Coyhaique Lago O'Higgins, Quellón, Quemchi, Aysen, Chaitén, Valle Simpson.

Tipo de edificio	Educatival		Adultos	Salud		Oficinas		Espacios Especiales					Vivienda		Total
	Niños			Con-sult.	Hospit.	Orden y Seguri-dad	Justi-cia Adm.	Talle-res	Transporte de Pasajero	Centros Invest.	Centros Cultura-les	Polide-portivo	Cár-cel	Vivien-da	
	Escuela Sin in-Ternado	Escuela con in-ternado													
Luxalón/instapanel															0
Plancha asbesto cemento															0
Plancha fierro Galvanizado	3	3		3	1	3	1	1					3		18
Teja asfáltica							1								1
Plancha de Zinc	1	3		1	1		2						1		9
Tejuela de madera		1						1							2
Teja de arcilla (Chilena)															0
Usos															
Diurno	4			4			3	2							13
Diurno - Nocturno		7			2	3	1						4		17
Superficies totales (m2)	5468	9462		2997	3038	5188	5676.63	1723					3335		36887.63
Totales por sector (m2)	14930			6035		10864.63		1723					3335		36887.63
Numero de edificios por sector	4	7		4	2	3	4	2					4		30

* Muro Mixto: 1er. piso muro pesado y 2do. piso muros livianos.

3.5. Pauta de Diagnóstico y Recomendaciones de Diseño

De los datos climáticos de Punta Arenas, expuestos en las tablas que siguen a continuación, se extrajo el cuadro de diagnóstico descrito por Carl Mahoney en su método. De este cuadro de diagnóstico y usando parámetros modificados se desprenden las recomendaciones de diseño que se describen en el primer capítulo.

Estas recomendaciones se han ajustado al diseño de edificios públicos a cargo de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas con sus características planimétricas usuales estudiadas. De ellas, las principales son, menos de 4 pisos, uso preferentemente diurno, con destino de oficinas o educacionales. Estas recomendaciones no pueden generalizarse a otro tipo de edificios.

3.5.1. Tablas de datos climáticos, diagnóstico, indicadores de conflictos y recomendaciones para la ciudad de Punta Arenas

TABLA 3.5.1.1. TEMPERATURA DEL AIRE (°C) DE PUNTA ARENAS

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Más alta	TMA
Prom. Máx. Mens.	14,9	14,4	12,8	9,8	6,4	9,2	3,7	5,3	7,9	10,6	12,5	14,1	14,9	6,5
Prom. Mín. Mens.	6,5	6,2	5,0	3,2	1,0	-0,7	-1,1	-0,1	1,0	2,6	4,4	5,7	-0,1	7,3
Rango Prom. Mens.	8,4	8,2	7,8	6,6	5,4	9,9	4,8	5,4	6,9	8,0	8,1	8,4	Más baja	RMA

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

TABLA 3.5.1.2. HUMEDAD, LLUVIA, VIENTO Y RADIACION DE PUNTA ARENAS

HR (Porcentaje)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total anual 462,9
Prom. Máx. Mens. A.M.	70	72	76	80	82	82	81	81	79	73	68	69	
Prom. Mín. Mens. P.M.	65	65	66	72	76	78	78	76	73	65	61	65	
Promedio humedad	67	68	71	76	80	83	82	78	74	69	65	67	
Grupo de humedad	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
Lluvia caída (mm)	35,1	30,2	49,7	47,7	50,4	39,3	37,9	40,7	33,7	29,3	34,1	35,0	
Viento Predominante	W	W	W	W	SW	NW	W	W	SW	SW	SW	W	
Secundario	SW	SW	SW	SW	W	W	SW	NW	W	W	W	SW	Total anual 462,9
Radiac. Solar Media (kWh/m2 día)	5,154	4,093	2,904	1,608	0,811	0,436	0,592	1,206	2,283	3,465	5,284	5,442	

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

Sarmiento, Pedro (1995) "Energía Solar. Aplicaciones e Ingeniería. Sistemas Pasivos". Ediciones Universitarias de Valparaíso. U. Católica de Valparaíso. 3ª Edición.

TABLA 3.5.1.3. DIAGNOSTICO DE PUNTA ARENAS

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Grupo de humedad	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
Temperatura (°C)												
Prom. Máx. mens.	14,9	14,4	12,8	9,8	6,4	9,2	3,7	5,3	7,9	10,6	12,5	14,1
Confort Máx.	26	26	26	26	26	24	24	24	24	26	26	26
Diurno Mín.	19	19	19	19	19	18	18	18	18	19	19	19
Prom. Mín. Mens.	6,5	6,2	5,0	3,2	1,0	-0,7	-1,1	-0,1	1,0	2,6	4,4	5,7
Confort Máx.	19	19	19	19	18	18	18	18	18	19	19	19
Nocturno Mín.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Tensión por calor												
Día	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Noche	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3.5.1.4. INDICADORES DE PUNTA ARENAS

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Humedad	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
H1 movimiento de aire deseable													0
H2 problemas de condensación exterior			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7
Temperatura													
A1 problemas de diferencias de temperaturas													0
A2 problemas de estaciones frías	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12
A 3 movimientos de aire deseable con aire seco													0
Vientos													
V0 predominancia de calma													0
V1 problemas de viento mantenido	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12
V2 problemas de vientos máximos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12
Precipitaciones													
P0 ausencia de precipitaciones													0
P1 precipitaciones de menos de 100 mm mensuales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12
P2 precipitaciones de más de 100 mm mensuales													0
Radiación solar													
R0 radiación baja			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				7
R1 problemas de radiación	✓										✓	✓	3

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3.5.1.5. RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE ANTEPROYECTO DE PUNTA ARENAS

Humedad		Temperatura			Vientos			Precipitaciones			Radiación			↓ RECOMENDACIONES
H1	H2	A1	A2	A3	V0	V1	V2	P0	P1	P2	R0	R1		
0	7	0	12	0	0	12	12	0	12	0	7	3		← Indicadores
														Orientación, Emplazamiento y Forma
		0-7	5-12										✓	1. Edificios con ejes mayor en el sentido oriente-poniente.
		11-12	0-4											2. Plantas con ejes iguales desarrolladas alrededor de patios
														Espacios Intermedios
6-12			0-4	6-12	4-12							6-12		3. Desarrollo máximos de espacios intermedios abiertos
2-7			2-4	2-7								3-12		4. Desarrollo medio de espacios intermedios semiabiertos
0-2			5-12	0-2							6-12	8-12	✓	5. Planta compacta
														Movimiento de aire
1-12				1-12	4-12									6. Uso de sistemas de crujía simple que permita la ventilación cruzada
1-12				1-12		2-12								7. Uso de sistemas de 1 crujía y 2 crujías
0-2				0-2									✓	8. No requiere ventilación cruzada
							1-12						✓	9. Sistemas especiales si se requiere ventilación y hay problemas de vientos máximos
														Aberturas
		0-8	4-12										✓	10. De tamaño medio (25% a 40% de los muros N y S)
		9-12	0-3									6-12		11. Pequeñas (menos de 25%)
														Muros
		0-2											✓	12. Livianos, tiempo de retardo breve
		3-12												13. Pesados
		0-5											✓	Techos
		6-12												14. Livianos, tiempo de retardo breve
														15. Pesados
										1-12				Protección de lluvia
	1-12													16. Se necesita protección contra la lluvia fuerte
														17. Se necesita protección contra la humedad exterior
									1-12				✓	18. Se necesita protección contra la lluvia escasa
														Calefacción
		3-12	4-12								5-12		✓	19. Se deberá proveer de calefacción a los recintos

TABLA 3.5.1.6. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ETAPA DE PROYECTO DE PUNTA ARENAS

Humedad		Temperatura			Vientos			Precipitaciones			Radiación			↓ RECOMENDACIONES
H1	H2	A1	A2	A3	V0	V1	V2	P0	P1	P2	R0	R1		
0	7	0	12	0	0	12	12	0	12	0	7	3		← Indicadores
														Tamaño de aberturas
		0-4	4-12										✓	1. Medianas, entre un 20 y 40% de los muros
		9-12	0-3											2. Pequeñas, entre un 10 y 20% de los muros
		6-12	6-12											3. Medianas, entre un 20 y 40% de los muros
														Posición de las aberturas
0-8		0-8												a) Con respecto a la ventilación
		0-8		0-8										4. Aberturas de los lados barlovento con antepecho a la altura del cuerpo
														5. Aberturas de las fachadas norte.
			0-6										✓	b) Con respecto a la orientación
			6-12								0-8		✓	6. Aberturas en las fachadas norte
														7. Aberturas en las fachadas norte, y eventualmente en las Oriente-Poniente
			0-2									4-12		Protección de las aberturas
									1-12				✓	8. Excluir la radiación solar del interior del edificio
														9. Protección contra la lluvia
														Muros
		0-3											✓	10. Livianos
		3-12												11. Pesados
														Techo
		0-3		10-12										12. Livianos y aislados
		0-5		0-9									✓	13. Livianos y especialmente bien aislados
		6-12												14. Pesados
														Tratamiento de superficies exteriores
										1-12				15. Adecuado drenaje para el agua
														Pisos
0-3		0-3	0-3											16. Sobre envigado
4-12		4-12	4-12										✓	17. Sobre radier.

TABLA 3.5.1.7. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS

INDICADORES				CONSTRUCCIÓN	Factor "u" Transmitancia	Retardo
R1	H1	A1	A2	MUROS	W/m2K	h
3	0	0	12			
			0-2	Livianos	2.5	3
			3-12	Livianos aislados ✓	1.2	3
			0-2	Pesados	2.0	8
			3-12	Pesados aislados ✓	0.9	8
				TECHOS		
		0-4	0-2	Livianos	2.0	3
		0-4	3-8	Livianos aislados	0.8	3
		5-12	0-2	Pesados, ventilados	2.0	8
		5-12	3-8	Pesados, aislados, ventilados en verano	0.8	8
			9-12	Muy aislados ✓	0.5	5
	8-12			Bien ventilado		
7-12				Aislado, reflectante	0.8	

3.5.2 Descripción de las recomendaciones para etapa de diseño de anteproyecto

Orientación, emplazamiento y forma

- 1.- Los edificios deberán orientarse con un eje mayor en el sentido este - oeste con las fachadas mayores mirando hacia el norte y sur. En este caso la recomendación se hace porque el diagnóstico revela más de 4 meses de invierno ($A_2 = 12$ meses). Los edificios pueden girarse un poco para permitir la limitada radiación solar durante la estación de invierno

Espacios intermedios:

- 5.- Se recomienda que los proyectos sean compactos en función de que la estación fría (A_2) dura 12 meses y hay una ausencia de radiación por más de 5 meses ($R_0 = 7$).

Movimiento del aire:

- 8.- Si se ha previsto una ventilación forzada podrá usarse con mayor libertad el sistema de crujía doble.
- 9.- Se requerirán sistemas especiales de ventilación y de refuerzo de estructura de ventanas y de descompresión cuando existan problemas de vientos máximos ($V_2 = 12$).

Aberturas de muros:

- 10.- En general, es recomendable usar tamaños medios de aberturas, entre un 20 a un 40% del área total de muros. Evitará el flujo térmico desde el interior, las condensaciones interiores de vapor de agua.

Es preferible aplicar esto en las fachadas norte y sur. Las aberturas en los muros de las fachadas E sólo se recomienda en casos de estaciones frías ($A_2 = 12$) así como en las fachadas oeste, siendo estas últimas muy inconvenientes, debido a la fuerte ganancia térmica y al deslumbramiento excesivo que pueden producir en verano. Es recomendable, por lo tanto, proveerlas de un buen protector solar.

Muros:

- 12.- Los muros externos podrán ser livianos con una baja capacidad calórica si la inercia térmica se requiere por un período menor de 3 meses ($A_1 = 0$).

Techumbre:

- 14.- Se podrá usar un techo liviano pero muy bien aislado si se necesita acumulación de calor para menos de 6 meses ($A_1 = 0$).

Debiera analizarse en cada región la posibilidad de usar techos vidriados en algunos recintos, siempre y cuando éstos no tengan uso nocturno. En ese caso, deberá considerarse la radiación solar incidente en períodos de verano, instalando sistemas de sombra. Para los períodos fríos del año, deberá existir un control de la humedad. No se recomienda el uso de techos vidriados para recintos de uso nocturno.

Protección de la lluvia o precipitación de humedad exterior:

- 18.- Deberá proveerse de un techo con pendiente entre 5 y 10% y algunas otras precauciones tales como canaletas, bajadas de agua y aleros si las precipitaciones son hasta 100 mm mensuales ($P_1 = 12$).

Calefacción:

- 19.- Se deberá proveer a los recintos de una fuente de calefacción estable, que no sea de llama abierta (para no agregar humedad al ambiente interior) y cuando se produzca una estación fría de más de 3 meses ($A_2 = 12$), , una temperatura media anual bajo 15°C y una ausencia de radiación solar por más de 4 meses ($R_0 = 7$).

3.5.3 Descripción de las recomendaciones para etapa de diseño de proyecto

Tamaño de las aberturas:

- 1.- Se usará un tamaño mediano de aberturas cuando no se requiere inercia, existe una estación fría ($A_2 = 12$). Estas aberturas deberán ser entre un 20 a un 40% de la superficie total de muros y orientadas de modo de dejar penetrar el sol durante los meses de invierno.

Posiciones de las aberturas:

Con respecto a la ventilación y orientación

- 6.- Se recomiendan aberturas en las fachadas norte cuando existen problemas de estaciones frías ($A_2 = 12$). Se recomienda usar aberturas especiales para el viento . No se recomienda usar aberturas hacia el lado donde proviene el viento.
- 7.- Se proyectan aberturas en las fachadas Norte y eventualmente en las O y P, cuando existen problemas de estaciones frías combinado con una necesidad de radiación solar .

Protección de las aberturas:

- 9.- Se necesitará una protección efectiva contra la lluvia . Los aleros amplios darán alguna protección, pero la lluvia pesada está frecuentemente acompañada por un viento fuerte que empuja el agua a través de los resquicios de las ventanas aún cuando están protegidas por éstos y por persianas. Se deberá, por lo tanto, tener especial cuidado en el diseño de juntas de ventanas sometidas a este régimen de lluvias.

Muros:

- 10.- Se usarán muros exteriores livianos cuando se necesite una inercia térmica por menos de 3 meses en estación fría. Se podrán usar bloques de concreto perforado o ladrillo con un máximo de 40% de huecos para reducir la inercia calórica. Los muros pesados deberán ser aislados térmicamente por el exterior para evitar condensación superficial e intersticial . (Ver punto 3.5.7.). Un muro compuesto de dos materiales livianos y una cavidad interior con aislación tendrá propiedades térmicas aceptables. El valor recomendado de transmitancia máximo debe ser $1.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Techos:

- 13.- El techo será liviano y especialmente bien aislado si el movimiento de aire se necesita por menos de 10 meses y el almacenamiento calórico se necesita por menos de 6 meses .

Un techo liviano bien aislado consta de una capa de metal brillante o de colores claros, una cavidad y un cielo que incorpore algún material aislante como lana mineral o poliestireno expandido, y una superficie reflectante (por ejemplo, lámina de aluminio sobre ella). Se recomienda un valor de transmitancia de 0.28 y 0.25 W/m² K° y un valor de resistencia térmica del aislante x 100 (R100) según Decreto N° 115 de V. y U. (1998) de entre 329 y 376, según comuna. Todas las comunas ese encuentran en las zonas térmicas 6 y 7.

Tratamiento de superficies exteriores:

- 15.- En regiones donde hay una fuerte lluvia, el agua en el techo puede producir problemas ($P_2 = 12$). Los charcos deberán evitarse. Se necesitan grandes secciones de bajadas de agua para hacer frente a los chaparrones.

Pisos:

- 17.- Sobre radier:

3.5.4 Estrategias de Diseño por el Método de B. Givoni

Se muestra a continuación la carta o ábaco bioclimático de Givoni en la que se destaca la zona de confort con sus límites de humedad absoluta y temperatura. Junto a ello, en la carta se observan otras zonas, las que se asocian a ciertas estrategias arquitectónicas para el diseño preliminar de un edificio, según si la temperatura y humedad exterior de una cierta localidad se ubique parcial o totalmente dentro de los límites de estas zonas.

La Figura 3.5.4.A muestra la carta bioclimática de Givoni correspondiente a la ciudad de Punta Arenas, ubicada en la zona Sur Extremo de acuerdo a la zonificación climática habitacional de la Norma NCh 1079. En este ábaco se han graficado las temperaturas promedio mínimas y máximas –con su respectiva humedad absoluta- de cuatro meses del año.

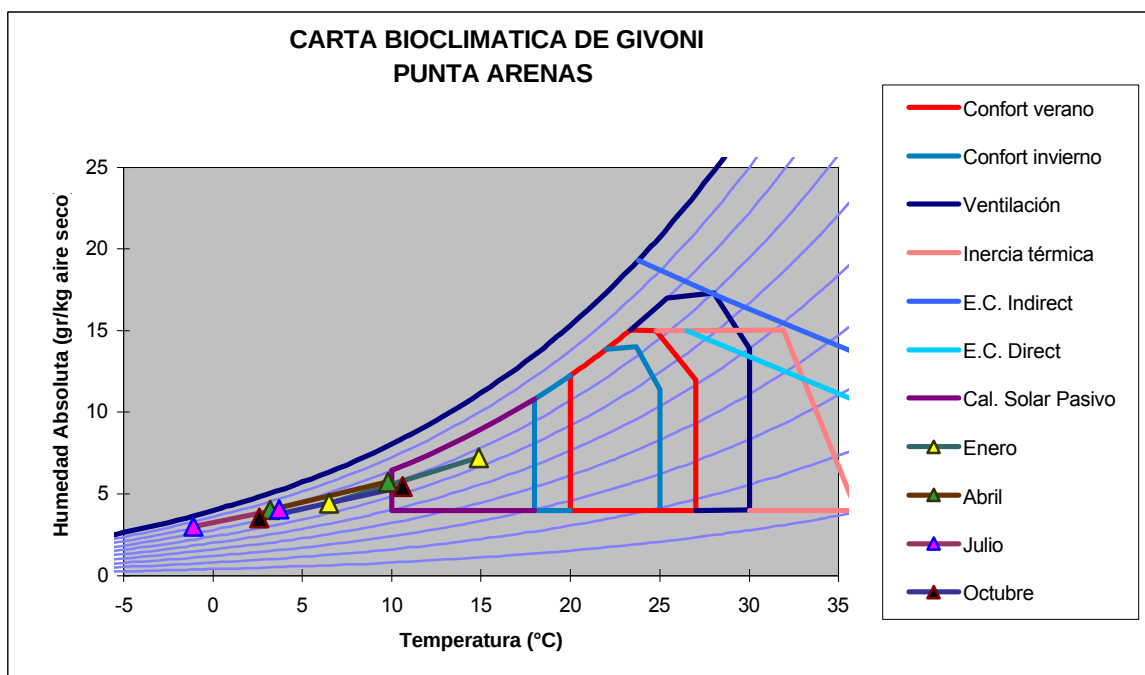


FIGURA 3.5.4.A CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI. PUNTA ARENAS

En primer lugar, se puede observar la carta señalada, que en los meses aquí representados existen bajas temperaturas. Ello - que es propio de zonas extremo sur del país - hace recomendable el uso de aislación térmica en los edificios en la ciudad de Punta Arenas y en otras como Coihayque que pertenecen a esta misma zona.

De acuerdo a lo que se deduce del ábaco o carta bioclimática de Givoni, no será posible en el caso de Punta Arenas, alcanzar el confort en el ambiente interior de edificios públicos a través de métodos pasivos de calentamiento solar, en todos los meses fríos del año. Sin embargo, la radiación solar disponible, aunque baja, en esta ciudad y en

general en la zona Sur Extremo, permitirá aportar parte de la energía necesaria para alcanzar el confort, haciendo disminuir la necesaria calefacción en esta zona en gran parte del año. Para ello se sugieren criterios de orientación de elementos vidriados, especialmente en orientación norte, aunque la orientación oriente y poniente también aportarán con importante energía para el confort.

Dadas las bajas temperaturas que se da en esta ciudad y en general en la zona climática Sur Extremo, es necesario que los edificios se protejan fuertemente de este ambiente exterior. Ello implica el uso de elementos de la envolvente de alta calidad térmica, siendo recomendable el uso de aislación térmica en cielo y muros. En cuanto a ventanas, éstas deben ser con vidriado doble (termopanel) y de alta hermeticidad al paso del aire, especialmente pues tal como se verá, Punta Arenas es una ciudad caracterizada por fuertes vientos.

3.5.5. Variación anual de la temperatura

El gráfico siguiente muestra la variación de la temperatura a lo largo del año en la ciudad de Punta Arenas (Figura 3.5.5.A). Se observa en este gráfico que a lo largo de todo el año se dan bajas temperaturas, lo que obliga a que los edificios presenten una buena calidad térmica desde el punto de vista de las pérdidas de calor.

En el caso de invierno y tal como se ha indicado, las bajas temperaturas obligan a instalar aislación térmica en muros y techumbre y a disminuir al máximo las infiltraciones de aire a través de puertas y ventanas, especialmente en el caso de edificios de uso nocturno en que los usuarios están expuestos a estas bajas temperaturas.

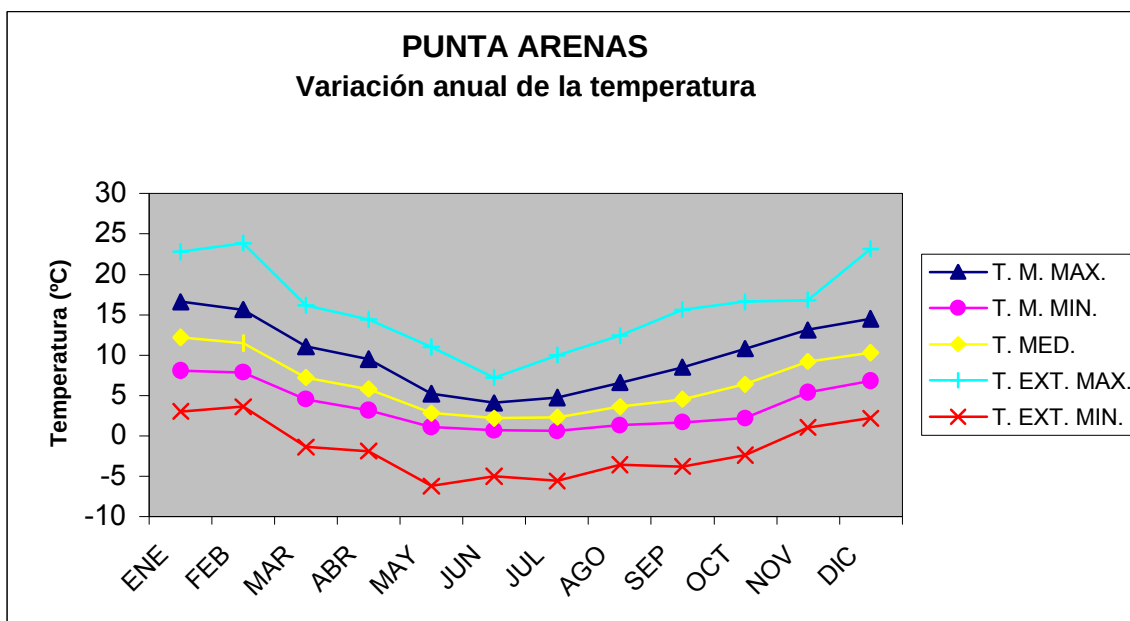


FIGURA 3.5.5.A. VARIACIÓN ANUAL DE LA TEMPERATURA EN PUNTA ARENAS

3.5.6. Estadísticas de viento

Los gráficos siguientes (Figuras 3.5.6.A. y 3.5.6.B.) corresponden a las rosas de viento de Enero y Julio para la ciudad de Punta Arenas.

Se observa que en esta ciudad, en ambos meses la dirección predominante es W, luego del cual se ubican los vientos de dirección SW en enero y la NW en Julio.

Las velocidades observadas son significativas alcanzando un promedio sobre los 20km/h, en ambas direcciones. Obsérvese que en Enero la velocidad de viento se ubica sobre los 30 km/h en dirección W y sobre este mismo valor en dirección SW. El porcentaje de calma es relativamente bajo en especial en este.

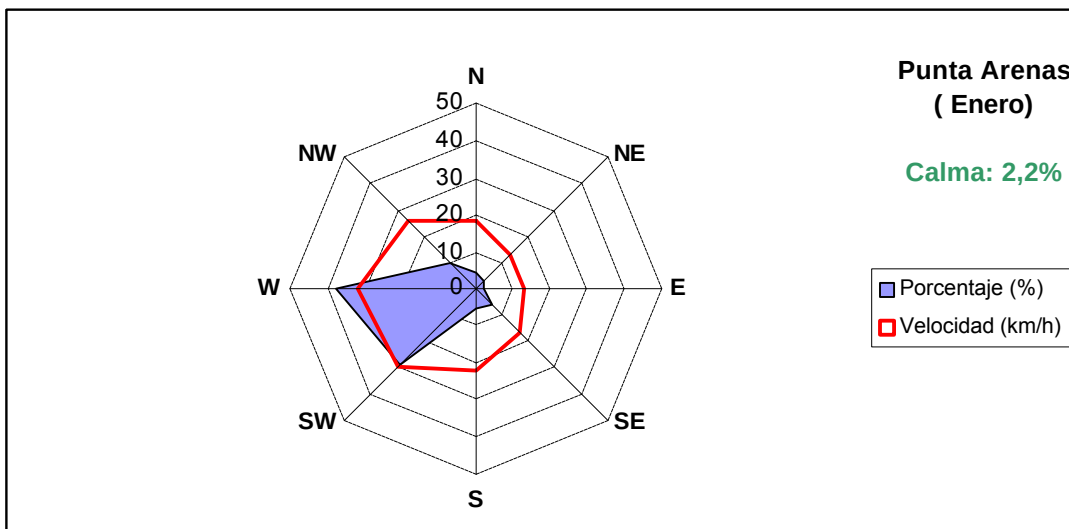


FIGURA 3.5.6.A. ROSA DE VIENTO. MES DE ENERO PUNTA ARENAS.

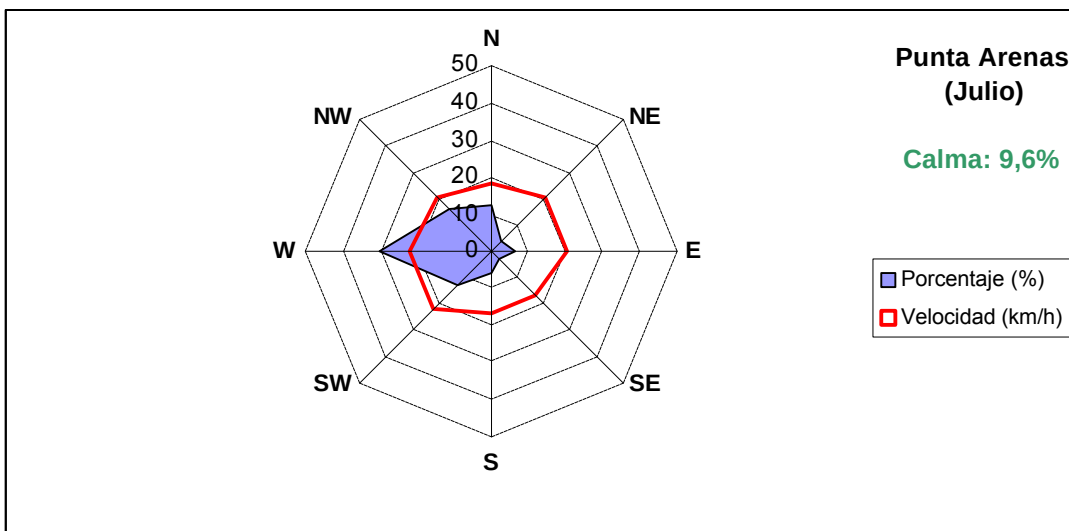


FIGURA 3.5.6.B. ROSA DE VIENTO. MES DE JULIO. PUNTA ARENAS.

Las altas velocidades de viento que se da en esta ciudad confirman la recomendación ya indicada y que se refiere a la necesidad de proteger las aberturas de las infiltraciones de aire. Ello hará disminuir significativamente el consumo de energía para calefacción.

3.5.7. Riesgo de condensación en muros y techos

En períodos de invierno existen riesgos que se produzcan condensaciones tanto en la superficie interior de elementos de la envolvente como también en los intersticios de estos mismos.

La posible existencia de ambos fenómenos puede ser analizada en forma simultánea a través de la comparación de la curva de presión de vapor de saturación con la de presión de vapor parcial, correspondiente a aquel que difunde a través del elemento de la envolvente (Presión Parcial de Vapor que en las figuras que se presentarán más adelante se denomina P.V.Dif).

En forma separada, puede analizarse el riesgo de condensación en la superficie interior de un muro, teniendo en consideración la temperatura que adquiere esta superficie y comparándola con la temperatura de rocío que corresponda a las condiciones de humedad relativa y temperatura del ambiente de un recinto.

Condensación superficial

El gráfico siguiente (Figura 3.5.7.A.) muestra un resumen del cálculo de temperaturas superficiales en diferentes tipos de muros considerando una temperatura interior de 18 °C y una humedad relativa variable entre 80% y un 75 %. (En el gráfico, Troc. indica temperatura de rocío). Los cálculos se han hecho suponiendo una temperatura exterior que corresponde a la media mínima para Punta Arenas en los meses analizados.

Al observar que la temperatura superficial está por bajo la temperatura de rocío correspondiente, se concluye de la gráfica que todos los tipos de muros que no poseen aislación térmica, presentarán problemas de condensación superficial interior cuando éstos formen parte de la envolvente del edificio y al interior de los recintos exista una temperatura de 18 °C y una humedad relativa de 75%. Si la temperatura interior aumenta y a la misma humedad relativa de 75% el riesgo de condensación será mayor aun.

Si se disminuye la humedad relativa a un 60%, el riesgo de condensación desaparece en muros de ladrillo pero siguen existiendo muros de hormigón armado de 200 mm de espesor (HA 200 mm) y de bloque de mortero de cemento (Bloque M.C.), como también en ventanas de vidriado simple. Cabe indicar que esta humedad relativa no es fácil de conseguir en el interior de los edificios en esta zona, debido a la humedad ambiente en período de invierno y la generación de vapor de agua por las actividades que se desarrollan en los recintos.

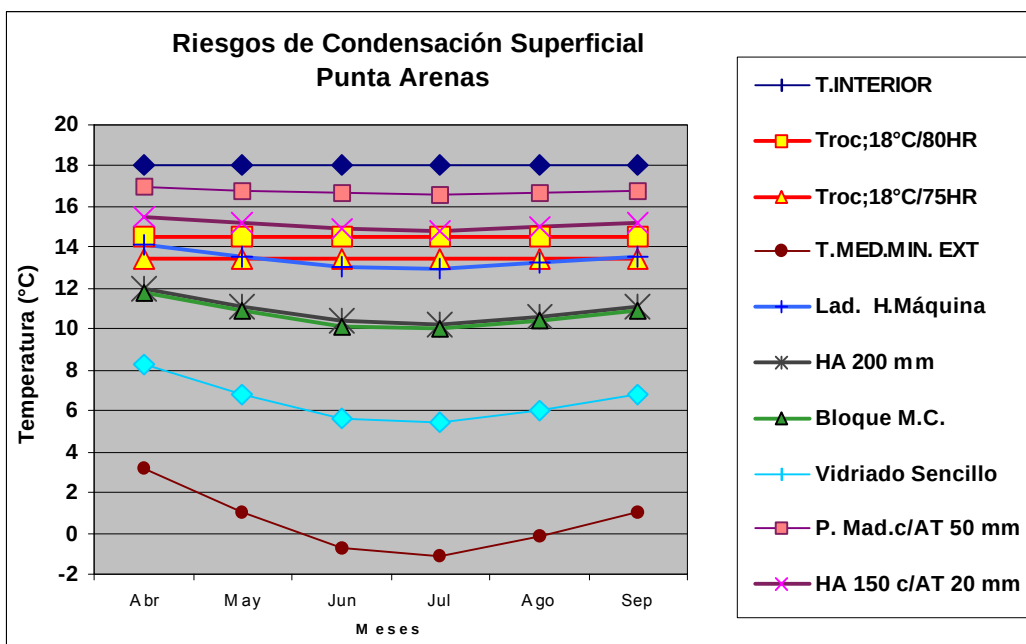


FIGURA 3.5.7.A. PUNTA ARENAS. RIESGO DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL EN ELEMENTOS VERTICALES DE LA ENVOLVENTE.

Del análisis anterior se desprende que para esta zona es recomendable el uso de aislación térmica en muros, tratando de evitar la presencia de puentes térmicos, donde el fenómeno de condensación puede aparecer.

Especial mención debe hacerse en el caso de la albañilería de ladrillo, tanto del tipo hecho a máquina hueco y macizo, como el de tipo artesanal. En ambos casos y con ausencia de aislación térmica, en la zona del mortero de pega y debido a la transmitancia de este último material - de mayor valor que el del ladrillo propiamente tal - se presenta aquí un puente térmico, el que al ser analizado desde el punto de vista de riesgos de condensación superficial para el caso de Punta Arenas, el fenómeno puede hacerse más frecuente que en el propio ladrillo. El mismo problema aparecerá en cadenas o pilares de hormigón armado.

- Condensación intersticial

En este caso se ha adoptado el método de análisis utilizado por la normativa chilena aparecido en la Norma NCh 1980 Of 88 (INN 1988) "Acondicionamiento térmico. Determinación de la ocurrencia de condensación intersticial".

Las Figuras siguientes muestran la variación de la presión de vapor de saturación en diferentes tipos de muros, en los que además se gráfica la curva de presión de vapor parcial del vapor que difunde a través de cada uno de ellos (PV Dif).

La primera curva depende de las cualidades térmicas del muro y de cada uno de sus componentes. Ello pues la curva de presión de vapor de saturación depende de la variación de la temperatura que se da en su interior, cuestión que está directamente relacionada con la transmitancia térmica del muro y con la resistencia térmica de cada uno de sus componentes.

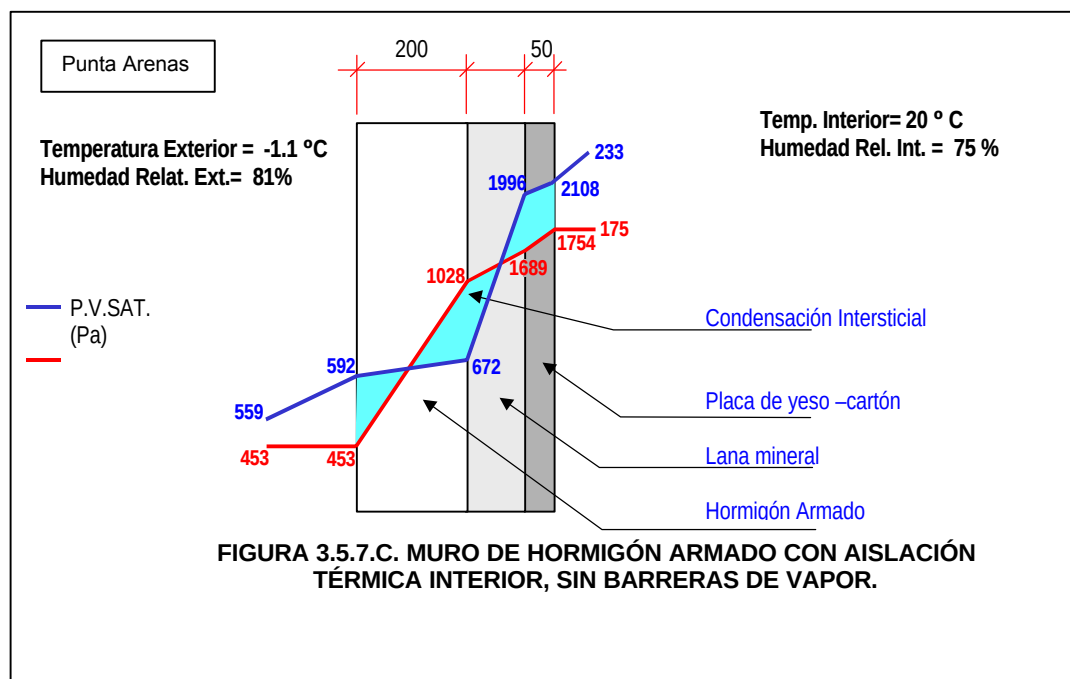
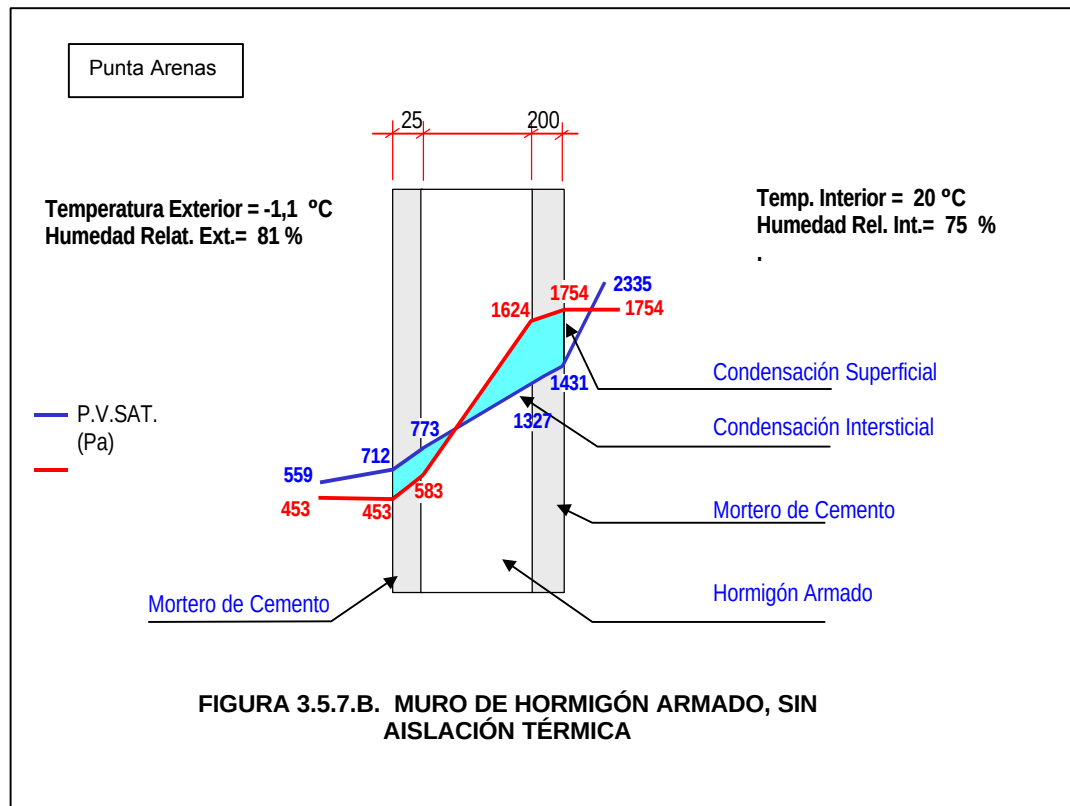
La curva de presión de vapor parcial por difusión depende de la resistencia al paso de vapor a través del muro en su conjunto como por cada una de sus partes. Ello hace que esta curva se relacione directamente con la propiedad de los materiales que conforman el muro en lo que respecta a la resistencia a la difusión al paso de vapor a través de cada uno de ellos.

El análisis se ha hecho con una temperatura interior de 20°C (situación más desfavorable que considerar 18°C) y una humedad relativa interior de 75%. Las condiciones exteriores corresponden a -1.1°C y 81% de humedad relativa para Punta Arenas.

Se observa que en un muro de hormigón de 200 mm de espesor, con estuco por ambos lados, presenta problemas de condensación intersticial y a la vez en su superficie interior. Ello se desprende del hecho que la curva de presión de vapor por difusión de vapor (P.V. Dif) supera a la de presión de vapor de saturación (P.V.Sat), lo que indica la presencia de condensación del vapor de agua que difunde a través del muro. (Ver Fig. 3.5.7.B.)

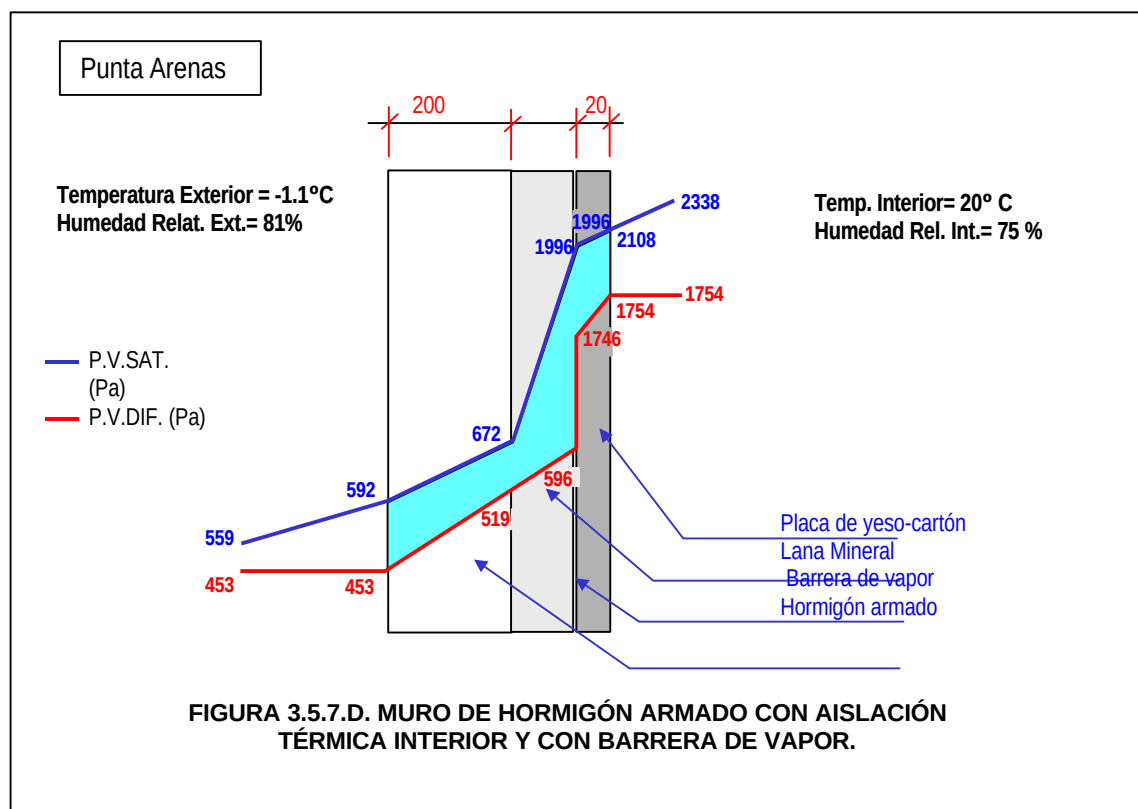
Se observa además que para efectos de resolver estos problemas se ha supuesto la instalación de aislación térmica en el muro, en dos posiciones posibles: por el exterior o por el interior del recinto.

La instalación de aislación térmica (equivalente a lana mineral de 50 mm) por el interior del recinto no resuelve totalmente el problema (Ver Fig. 3.5.7.C.) Si bien elimina la condensación superficial, no lo hace con la condensación intersticial. Ello pues el hormigón armado sigue estando hacia el exterior y por tanto a bajas temperaturas, lo que hace que el vapor que difunde a través de él pueda condensarse al encontrarse con estas bajas temperaturas. De este modo, la presión de vapor de saturación a la cual condensa el vapor de agua, sigue estando en valores bajos comparados con la situación en que el muro no posee aislación.



Para efectos de eliminar el riesgo de condensación intersticial, la aislación térmica (la cual hizo desaparecer el riesgo de condensación superficial en el muro, al aumentar la temperatura en este lado de él) debe acompañarse con una “barrera de vapor” o elemento de alta resistencia al paso de vapor, que en este caso corresponde a una lámina de polietileno de 0.05mm de espesor. Ella se debe ubicar lo más al interior del muro posible, antes de la zona en que se inicie el riesgo de condensación intersticial aparecido en el muro con aislación interior. Véase la Figura 3.5.7.D.

Con esta solución se elimina el riesgo de condensación pero no se aprovecha la posibilidad de acumulación térmica del muro, ya que éste quedará expuesto a la zona fría del exterior.

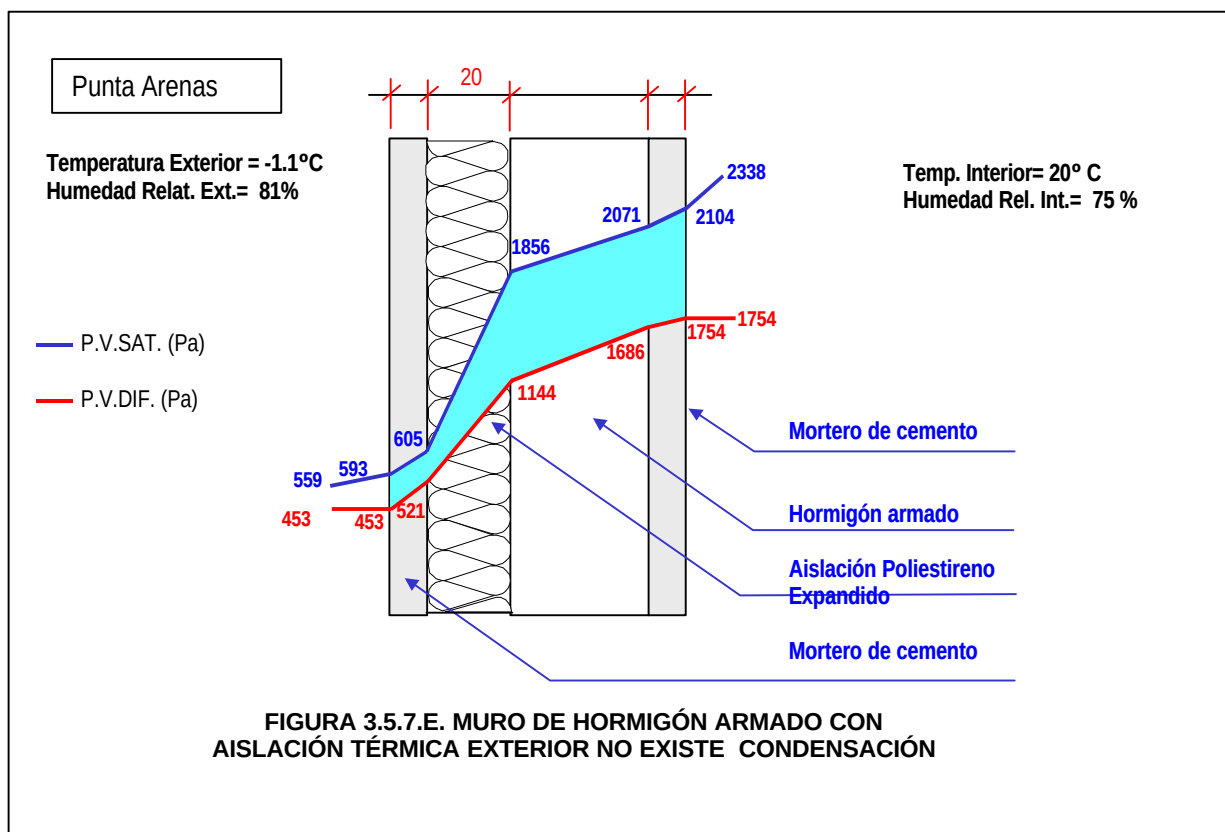


Otro modo de eliminar el riesgo de condensación intersticial es a través de la instalación de aislación térmica (equivalente a 50mm. de poliestireno expandido) por el exterior del muro. Con ello se logra que la curva de presión de vapor de saturación se desplace hacia valores más altos al interior del muro (ello debido a que el perfil de temperatura también se ha desplazado a valores más altos, al verse el muro protegido de temperaturas bajas con la aislación térmica instalada) y por tanto la curva de vapor por difusión a través del

elemento no la supera en ninguna zona, tanto en los intersticios como en la superficie interior. Véase la Figura 3.5.7.E.

En el caso de los cálculos representados en la Figura 3.5.7.E. y en todos los casos expuestos, se ha supuesto que el hormigón armado posee una resistividad al paso de vapor $R_v = 30 \text{ Mns/gr}\cdot\text{m}$.

Cabe indicar que en los ejemplos de muros aquí analizados, podrá reemplazarse el poliestireno expandido por lana mineral o viceversa y los resultados aquí expuestos no variarán significativamente, por lo que al usarse indistintamente uno de los dos tipos de aislantes térmicos indicados, se obtendrán resultados similares tanto desde el punto de vista térmico como desde el punto de vista del comportamiento frente al paso de vapor.



Cabe señalar que la transmitancia de un muro de albañilería de ladrillo es de $2.2 \text{ W/m}^2\text{C}$, la que es superior a la máxima sugerida para esta zona por la Norma chilena de zonificación climático habitacional (NCh 1079 Of 77).

En el caso de muros de albañilería de bloques y de ladrillos, los problemas de condensación que se presentan son similares a los existentes en el hormigón armado, por tanto se sugieren iguales soluciones que las indicadas para este último.

En soluciones de muro-panel de madera, se sugiere en todos los casos el uso de aislación térmica en el interior del panel, agregando siempre una barrera de vapor lo más al interior posible. Es decir, la barrera de vapor (por ejemplo polietileno) debe instalarse entre un recubrimiento interior (por ejemplo yeso cartón) y la aislación térmica. La barrera de vapor debe instalarse si dejar espacios sin cubrir.

En el caso de cielos, se sugiere siempre la aislación térmica y entre ésta y el recubrimiento interior (madera o yeso cartón, por ejemplo) debe instalarse una barrera de vapor.

Finalmente, cabe indicar que en todos los cálculos realizados para analizar riesgo de condensación superficial e intersticial, los materiales se han supuesto en estado seco. La presencia de agua en ellos desmejora las cualidades térmicas del material, lo que hace más alto el riesgo de condensación de ambos tipos.

3.6 Otros recursos climáticos

3.6.1. Gráficos de carga térmica de radiación solar horizontal para la ciudad de Punta Arenas

En Gráfico 3.6.1.A. se muestran las cargas de radiación solar por fachada para la ciudad de Punta Arenas. Aunque débil, se puede ver la importancia de la fachada orientada al Norte para captar radiación solar en invierno.

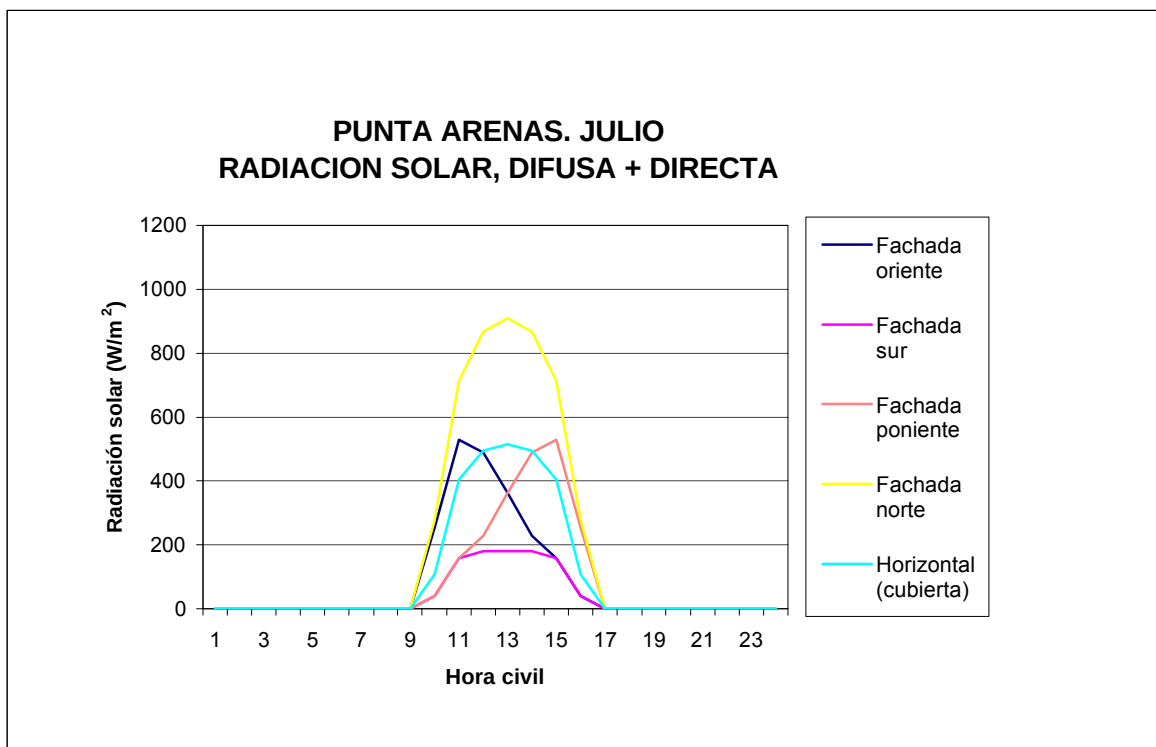


FIGURA 3.6.1.A

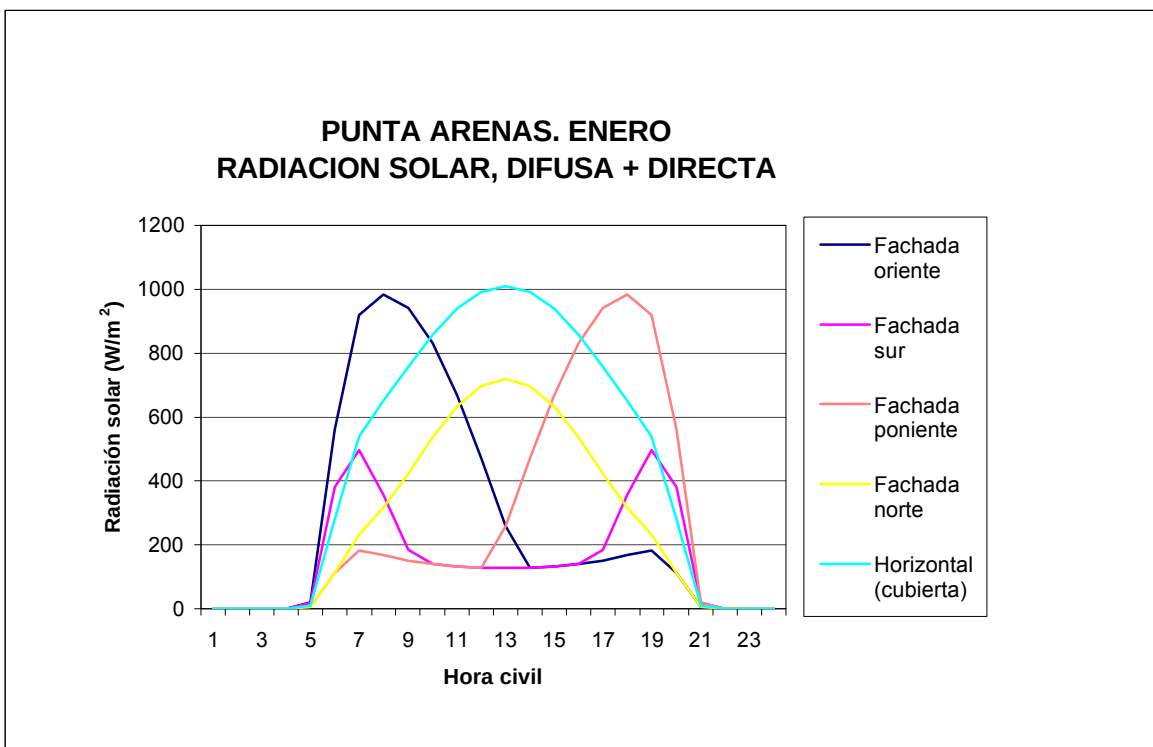


FIGURA 3.6.1.B

3.6.2. Gráfico de trayectoria solar para la ciudad de Punta Arenas

De acuerdo a este gráfico se tiene que los siguientes ángulos de altura para los solsticios y equinoccios.

22 de Junio a las 12 hrs:	altura solar: 13°	azimuth: 0°
21 Marzo - 23 Septiembre a las 12 hrs:	altura solar: 37°	azimuth: 0°
22 Diciembre a las 12 hrs:	altura solar: 62°	azimuth: 0°

Los ángulos de azimuth varían entre los 48 ° a la salida del sol el 22 de Junio (312 ° a la puesta de sol) y los 131° el 22 de Diciembre a la salida del sol 8 (329° a la puesta de sol).

Es decir que en invierno la dirección del sol es exclusivamente del Norte y muy horizontal, lo que limita el distanciamiento de edificios en esa dirección para no excluir el sol de sus fachadas.

Por otra parte, durante el verano el sol recorre 262° sobre el horizonte, lo que quiere decir que recorre casi todos los puntos cardinales en un ángulo de altura que no sobrepasa los 62°, lo que puede producir deslumbramiento en casi todas las orientaciones de un edificio.

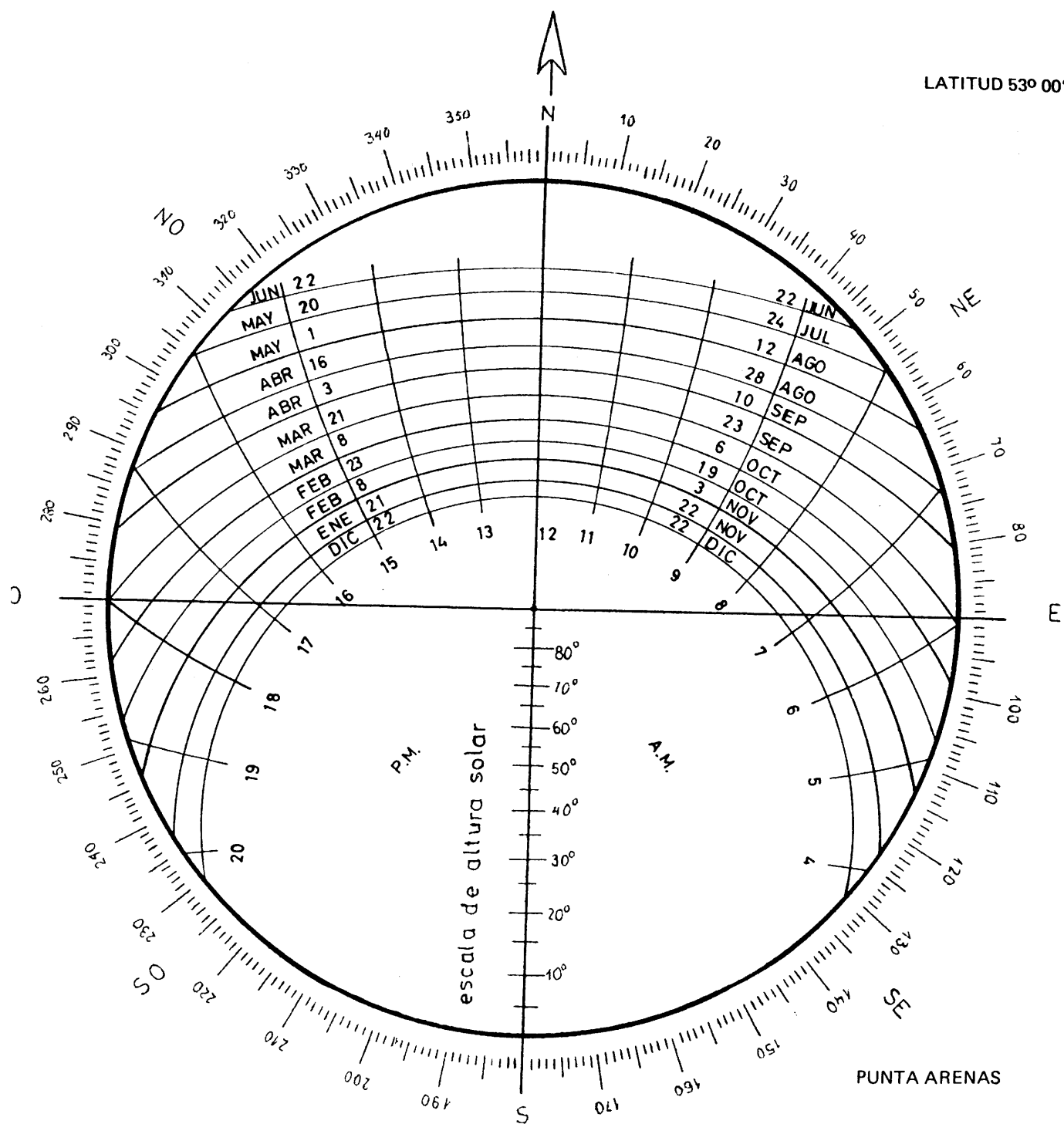


FIGURA 3.6.2.A.

4. EJEMPLO DE EVALUACION

4.1. Identificación y Descripción general

Como ejemplo de evaluación se tomó el edificio del Ministerio de Obras Públicas y otros Servicios Públicos de Punta Arenas, construido en 1997.

Está ubicado en Croacia 722, ciudad de Punta Arenas.

El edificio tiene una altura de 10 pisos.

4.2. Constatación Visual

El edificio a su alrededor tiene vista al mar hacia el Oriente, hacia el Norte colinda con un edificio de 12 pisos. En las otras orientaciones tiene vista sobre la ciudad.

LA visita se realizó el 7 y 11 de Diciembre del 2000.

4.3. Resultados de Encuesta a Administrador

En el edificio trabajan aproximadamente 300 personas y son 6.400 m² construidos. La atención de público normal es de 60 a 70 personas diarias. En períodos de postulación del SERVIU pueden llegar a 1000 personas diarias.

Los consumos de energía y agua se distribuyen como sigue:

INSUMO	UNIDAD FISICA /MENSUAL	Miles de \$ mensuales
Agua Potable	1.500 m ³	562
Gas Natural	11.416 m ³	426
Energía eléctrica	44.380 kWh	1.500

Los problemas mencionados por el Administrador son los siguientes:

- a) El problema más grave es la falta de ventilación. El edificio es muy hermético en orden de impedir el paso del viento y la lluvia. Las ventanas practicables son un porcentaje pequeño de las ventanas totales. Como el edificio se organiza con el sistema de plantas libres quedan innumerables recintos mediterráneos, que aunque disponen de iluminación natural, no tienen acceso a una ventana practicable.

No se consideró la instalación de ventilación forzada que no dependa de las aberturas de ventanas.

- b) El efecto invernadero del muro cortina de sobrecalentamiento produce discomfort durante todo el año.
- c) El edificio tiene graves problemas de administración en su mantención al estar esta en manos de un Consejo de Administración que no cuenta con un técnico adecuado ni con manuales técnicos. Como resultado de la falta de mantención, ya hay una caldera fuera de servicio y la alarma general del edificio no funciona.
- d) La iluminación de los halls de ascensores y escaleras es en base a focos dicróicos, los que tienen muy poca durabilidad y son muy caros, por lo que estos halls tienden a estar con iluminación deficiente o nula.

4.4. Resultados Encuesta a Usuarios

Se realizaron 9 encuestas a usuarios del edificio institucional para observar los hábitos de uso, y la percepción ambiental de éstos.

Los resultados son los siguientes:

SEXO	Femenino	22%	Masculino	78%
PISO	Primer piso	0%	Piso tipo	100%
TIPO DE EDIFICIO	Oficinas	X	Otros	
TIPO DE ACTIVIDAD	Sedentaria	100%	Pesada	
CONFORT TERMICO	Se siente confortable	78%	Siente calor	
ABRE VENTANA	En Verano	67%	No puede abrir Ventana	33%
TIPO DE ROPA	En Verano		En Invierno	
	Manga Camisa	100%	Manga Camisa	33%
	Chaqueta liviana		Chaqueta liviana	56%
			Chomba gruesa	11%
RUIDO	Transito		Interior	44%
ILUMINACION	Suficiente	89%	Insuficiente	11%
DESLUMBRAMIENTO	Molesta	22%	No molesta	78%
SIENTE AIRE ENRARECIDO	Verano	78%	Invierno	78%
CORRIENTES DE AIRE	Verano	11%	Invierno	
MODIFICACIONES	Cambio de Escritorio	22%	No hay modificaciones	22%
	Persiana	44%		
	Desodorante Ambiental	22%		
	Ventiladores	11%		
CALEFACCION	Regula el termostato	11%	No regula el termostato	89%

4.5. Evaluación Cualitativa

La pauta de evaluación cualitativa consistirá en una memoria con las medidas que, de acuerdo a las pautas de diseño y el software "PASIVA", se incluyeron para mejorar el confort y la eficiencia energética. El diseño del edificio Institucional de Punta Arenas no ha tenido la intencionalidad de tener medidas de este tipo, por lo que no se puede evaluar este edificio de acuerdo a las intenciones de los proyectistas. Sin embargo al final de este capítulo se incluye la pauta de evaluación con las características del edificio

La opinión de los expertos del funcionamiento ambiental del edificio es la siguiente:

El edificio de los principales Servicios Públicos de Punta Arenas entregado en 1997 es, en opinión de la mayoría de los usuarios, un edificio mucho más moderno y confortable que los que los edificios en los que trabajaban antes. Ver Planta y cortes y Figuras N° 4.5.A y 4.5.B.

Un aporte de diseño lo constituye el hall de acceso al cual se accede por dos calles a través de puertas giratorias y rampas para discapacitados. El hall es amplio, tiene luz cenital (techo vidriado) y constituye un refugio del viento y frío para el usuario que accede. Además constituye un espacio colchón importante para los 3 primeros pisos. Ver Fig. N° 4.5.C.

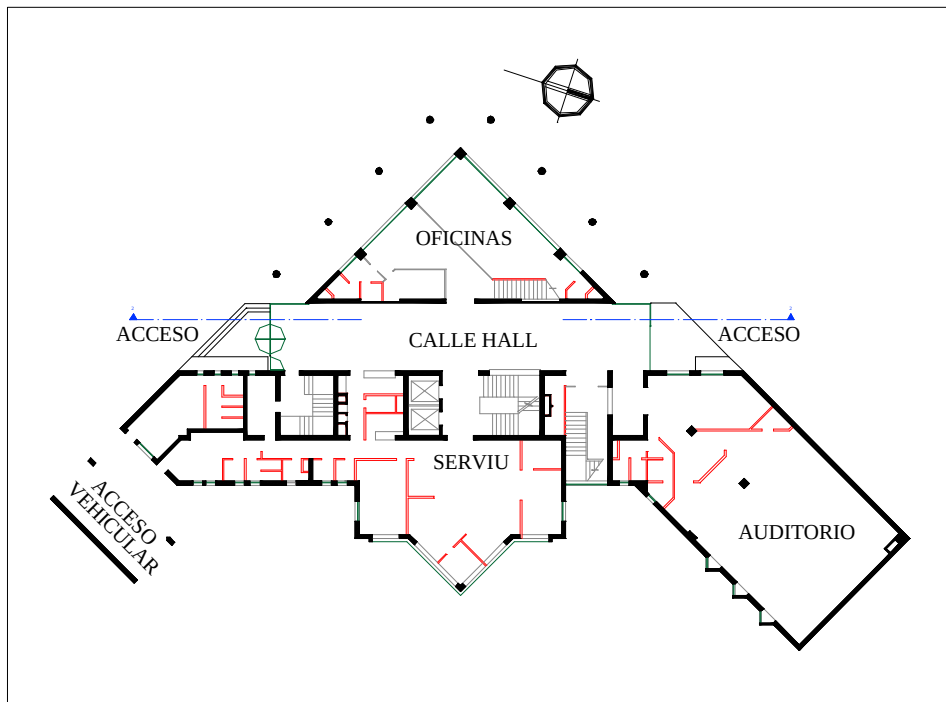
Aparentemente, el número de usuarios que actualmente allí trabaja excede con creces lo planificado. Debido a lo compartimentalizado de los servicios las plantas libres quedaron muy densamente divididas por paneles vidriados u opacos que impide el paso del aire en forma transversal y el acceso a las ventanas practicables. El décimo piso, que estaba planificado como un casino, debió ocuparse con oficinas. Este piso no tiene calefacción y sus amplios ventanales producen deslumbramiento como puede apreciarse en las Figuras N° 4.5.F. y 4.5.H.

Esto agrava el problema ya expuesto por el Director la Junta de Administración, cuál es la falta de ventilación.

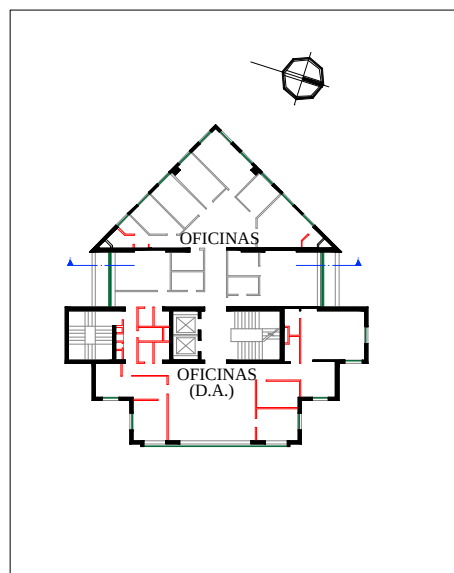
Este problema se manifiesta en las encuestas como sensación de aire viciado y hacer modificaciones en el ambiente de trabajo tales como colocar desodorante ambiental y ventiladores en las oficinas. Ver Fotos N° 4.5.E y 4.5.G.

El Director del Comité de Administración afirma que han aumentado las licencias médicas y los reclamos por dolores de cabeza y cansancio.

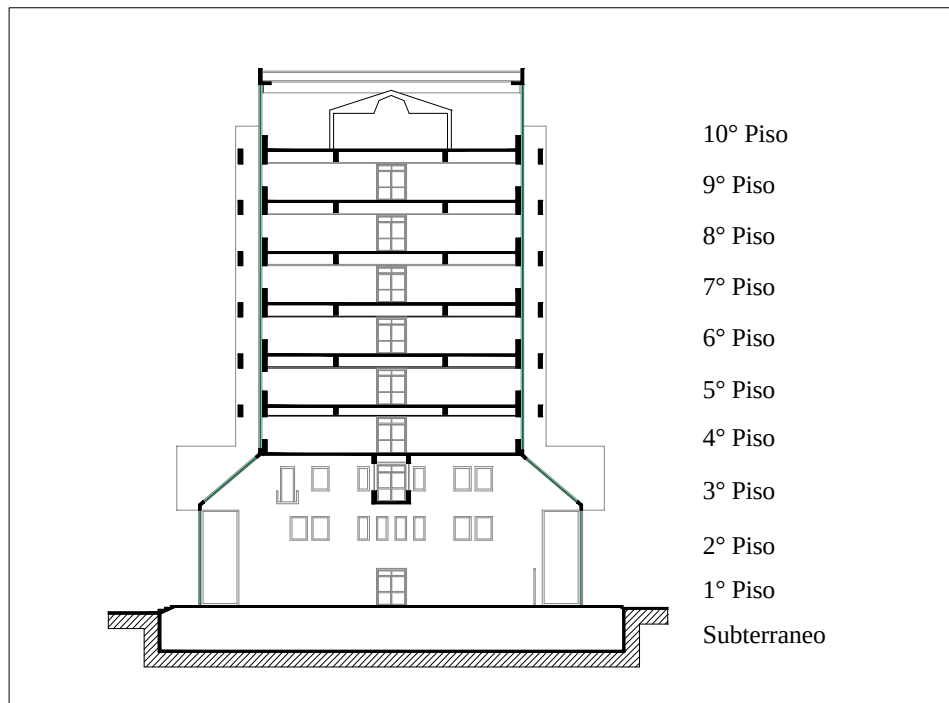
La Dirección de Arquitectura está tratando de paliar el problema diseñando y recomendando el reemplazo de las ventanas fijas del muro cortina por ventanas practicables (de abatir), a pesar de que este sistema no permite abrirlas con mucho viento y provoca que se vuelen las planchas de cielo, aún con poco viento. Ver foto N° 4.5.D.



PLANTA PRIMER PISO EDIFICIO MOP Y OTROS SERVICIOS PÚBLICOS DE PUNTA ARENAS



PLANTA DEL 6° PISO



CORTE



**FIGURA 4.5.A. FACHADA ORIENTE EDIFICIO MOP Y OTROS
SERVICIOS PUBLICOS - PUNTA ARENAS**



FIGURA 4.5.B. FACHADA PONIENTE



FIGURA 4.5.C. ACCESO DESDE EL HALL CENTRAL



FIGURA 4.5.D. PLANCHAS QUE SE VUELAN



FIGURA 4.5.E. VENTILADOR DE TECHO



FIGURA 3.5.F. VENTANAL 10º PISO CON PROTECTORES SOLARES DE PAPEL AL PONIENTE



FIGURA 4.5.G. VENTILADOR DE SOBREMESA



FIGURA 4.5.H. PERSIANAS 10º PISO

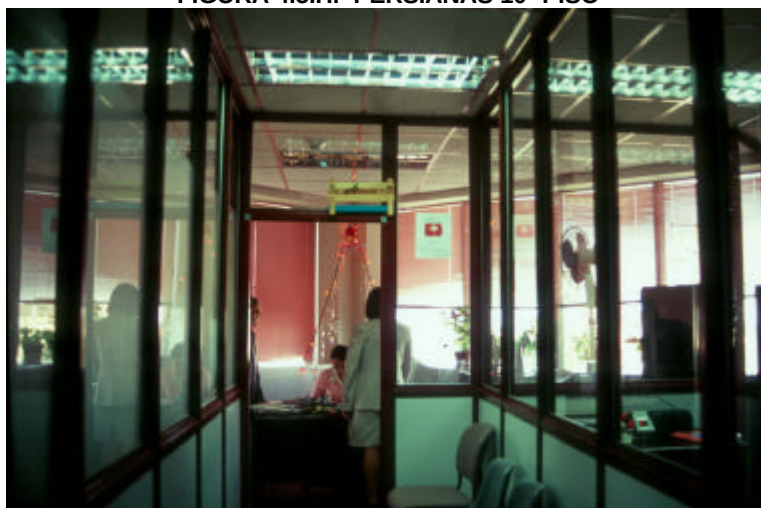


FIGURA 4.5.I. TABIQUES VIDRIADOS

4.5.1. Pauta General de Recomendaciones y Evaluación para la el Edificio Institucional del MOP - MINVU en Ciudad de Punta Arenas

1	Forma	Recomendaciones	Considera	Como se Considera
1.1	Orientación	Orientar el eje mayor del edificio en sentido Este-Oeste. Esto permite aprovechar el sol Norte en invierno.	Si	En los tres primeros pisos hay una franca dirección preferencial al Norte. La planta del 5 al 10 es de base casi cuadrada.
1.2	Compacidad	Desarrollar de preferencia una planta compacta, de perímetro y volumen compacto. Esto disminuye las superficies expuestas de la envolvente del edificio.	Si	Es un edificio de 10 pisos con una planta de base rectangular. Hay una placa de 3 pisos con un mayor perímetro.
1.3	Exteriores	Se necesitan medidas especiales para la lluvia frecuente: grandes pórticos aleros generosos, patios cubiertos, etc. Como los inviernos son fríos y prolongados, se requieren circulaciones y lugares de encuentro cerrados.	Si	Existe el espacio de acceso protegido del exterior con luz cenital
2	Aberturas	Recomendaciones	Considera	Como se considera
2.1	Tamaño	20 a 40% de fachadas es recomendable para no tener pérdidas térmicas excesivas en un clima con una estación fría permanente.	Si	Tiene 28.5% de ventanas
		Considerar compensaciones si son mayores, como mayor espesor de aislante o ventanas de mejor calidad térmica.		
2.2	Orientación	Orientar preferentemente las aberturas al Norte y al Sur y eventualmente en las orientaciones Oriente y Poniente, aunque éstas producen deslumbramiento.	Si	Hay aberturas en todas las fachadas
2.3	Protección Solar	Protectores para excluir radiación solar Oriente y Poniente. Son preferibles los protectores colocados por el interior (persianas).	No	No se entregó el edificio con persianas
2.4	Protección contra el viento	Si es posible hay que hacer barreras contra el viento en la dirección predominante. Estas barreras pueden ser vegetales o de entramados de madera, PVC, etc.	No	En un edificio de 10 pisos es impensable
2.5	Ventanas	Minimizar % de ventanas practicables y hacerlas fijas. Las ventanas practicables deben tener control de la abertura.	Si	Existen pocas ventanas practicables y solo una fracción de éstas (alrededor de 25% es operable)
		Preferir marcos sin puentes térmicos y de doble contacto. La total hermeticidad es necesaria para la lluvia y el viento.	No	Son marcos metálicos, aunque proyectantes y similares a los de doble contacto
2.7	Vidrios	Preferir vidriado doble (termopanel) en todas las ventanas exteriores de espacios que se habitan permanentemente.	Si	
3	Muros y Tabiques	Recomendaciones	Considera	Como se considera
3.1	Materialidad muros	Los muros no necesitan ser pesados ya que no se necesita una gran capacidad calórica. Pesados o livianos deben ser aislados. En caso de considerar calefacción intermitente (que se apaga en la noche y/o los fines de semana), son preferibles livianos. (Ver Inercia térmica en Tomo 10).	Si	Son muros de H.A. pesados y aislados en orientación Sur con 50 mm. de poliestireno expandido según especificaciones.
		Transmitancia promedio máxima de 1.2 W/m ² C .		Aunque en la parte aislada se acerca a ese valor , en el promedio, y aún considerando las ventanas con termopanel, el valor no se consigue.
3.2	Materialidad tabiques	Los tabiques pueden ser pesados o livianos.	Si	Tabiques con vidrio y/o placa.

4	Techos	Recomendaciones	Considera	Como se considera
4.1	Entretechos	Se recomienda considerar siempre un entretecho. Hacer entretechos estancos.	Si	Tiene entretecho de 0,56 m altura
		Considerar reflectante tipo foil de aluminio bajo cubierta enfrentando una cavidad.	No	
4.2	Materialidad de techos	Los techos pueden ser livianos o pesados pero muy bien aislados térmicamente.	No	No están suficientemente aislados
		Valor de transmitancia térmica del complejo de techumbre de 0.28 y 0.25 W/m ² K. Resistencia (R100) térmica del aislante térmico de techumbre entre 329 y 376 y según Decreto N° 115 (V. y U) de 1999. Zona Sur Extremo contiene zona térmica 6 y 7.	No	50 mm poliestireno expandido en vez de 150 mm.
4.3	Resistencia al agua y viento	Asegurar la estanqueidad a lluvia y viento con materiales, pendientes y traslapes adecuados. Se recomienda al menos una pendiente de 100% para materiales no continuos (tejuela).	No	Tejuela metálica (no resiste paso del agua c/viento)
4.4	Resistencia a la nieve	Considerar acumulación y derretimiento de nieve para el diseño de la estructura, estanqueidad y seguridad, según temperaturas locales. La acumulación de nieve no tiene efectos térmicos desfavorables.	Si	
5	Aislación Térmica	Recomendaciones	Considera	Como se considera
5.1	Fachada opaca	Colocar aislación térmica continua en fachadas.	No	Sólo lado Sur 50 mm de poliestireno expandido
		Preferir aislación exterior o en la cavidad de tabiques de la envolvente.		
5.2	Cielos	Colocar aislación térmica continua sobre cielos.	Si	50 mm de poliestireno expandido o similar
		Asegurar continuidad en encuentro de cielo y muros.	No	
5.3	Piso	Se recomienda un piso sobre radier y un sobrecimiento alto e hidrófugo. Considerar la colocación de aislación térmica bajo radieres.	No	Como hay subterráneo la altura de sobrecimiento no es importante.
5.4	Puentes térmicos	Evitar puentes térmicos en muros y techos. Evitar balcones, barandas y otras proyecciones de la estructura.	No	Hay balcón en 10º piso y puentes.
6	Iluminación	Recomendaciones	Considera	Como se considera
6.1	Ventanas	Orientar las ventanas en muros opuestos, especialmente en recintos profundos.	Si	Tiene ventanas en todas las fachadas y los tabiques son vidriados, dejando pasar la luz
		Diseñar ventanas en la parte alta del muro. Son más eficientes para la iluminación natural.	Si	
6.2	Regulación	Evitar deslumbramiento debido a bajos ángulos de incidencia del sol, especialmente en fachadas Oriente y Poniente.	No	No se entrega el edificio con persianas
		Preferir persianas interiores.	No	Idem anterior
6.3	Cenital	Considerar cubiertas transparentes, preferentemente protegidas o de menor incidencia para el verano.	Si	Hall de acceso.
6.4	Iluminación Artificial	Considerar encendido por cantidad de luz diurna.	No	
		Considerar zonas con posible luz natural en circuitos separados.	No	

7	Ventilación	Recomendaciones	Considera	Como se considera
7.1	Natural	La ventilación de tipo higiénica no debe basarse en la ventilación cruzada ya que el clima no lo permite.	No	El sistema se basa en ventilación natural.
		La ventilación natural es solo eventual. Evitar la sobreventilación, propagación de olores, etc. debido a diferencias de presión exterior.	No	
7.2	Tiro	Evitar exceso de convección entre diferentes pisos	Si	Hall de escalera separado de oficinas.
7.3	Infiltraciones	Controlar totalmente las infiltraciones de aire no deseadas en invierno.	Si	Es hermético
8	Humedad	Recomendaciones	Considera	Como se considera
8.1	Lluvia	Asegurar la estanqueidad al agua de fachadas y techos.	No	Tejuelas metálicas (no son el material adecuado)
		Asegurar bajadas de agua perimetrales.	Si	
8.2	Vapor	Uso de barreras de vapor interior en muros perimetrales pesados, con aislación térmica interior, o en la cavidad formada por los revestimientos de una estructura liviana.	No	
		Uso de barreras de vapor en cielos.	No	
8.3	Condensación	Evitar la producción innecesaria de vapor de agua al interior.	No	Aunque no hay producción de vapor innecesario, la falta de ventilación provoca altas concentraciones de humedad producida por las personas.
		Asegurar ventilación sanitaria.	No	No hay sistemas de ventilación. Las ventanas no siempre se pueden abrir y existen muchas oficinas sin acceso a ventanas practicables
		Usar hidrófugos en muros perimetrales permeables.	Si	
8.4	Suelo	Asegurar drenajes sin contacto en fundaciones.	Si	
9	Sistemas Activos	Recomendaciones	Considera	Como se considera
9.1	Calefacción	Proveer calefacción estable para 12 meses al año.	Si	Calefacción central a gas con radiadores
		No usar combustión a llama abierta sin evacuación de gases al exterior.	Si	Caldera de calefacción central a gas
9.2	Ventilación forzada	Utilizar de preferencia este tipo de ventilación para renovaciones de aire ya sea con sistema de ductos o aberturas especiales de ventilación controladas.	No	No tiene ventilación forzada.

4.5.2. Conclusión

De acuerdo a la tabla anterior se puede hacer un diagnóstico cualitativo de las características positivas y falencias del edificio, que coinciden con sus las reales descritas después de la visita al edificio.

El método de llenar esta tabla habría conducido a pesquisar los conflictos, a evaluarlos y a corregirlos. También habría servido para comparar el comportamiento de este edificio con el de otros en competencia.

4.6. Evaluación cuantitativa mediante software "PASIVA"

Se presenta el resultado del software "PASIVA" con una evaluación de las horas que se excede la zona de confort y (o) que se está por debajo de la zona de confort, con la salvedad de los horarios y tipos de actividad que se está considerando.

Como los resultados del programa son promedios, se deduce que habrá recintos más calientes y más fríos que este promedio.

Se adjuntan resultados de la evaluación de este edificio con el programa en distintas situaciones de uso.

Se modela a continuación el edificio MOP-MINVU en su tramo del 5° al 6° Piso y el promedio de la totalidad del edificio

Se puede apreciar claramente la circunstancia climática de una estación fría permanente de 12 meses con necesidad de calefacción en todo el período.

Puede notarse el aporte importante de la fachada transparente a la carga térmica del edificio en verano. Por otro lado puede notarse el aporte negativo de las pérdidas térmicas de las fachadas opacas

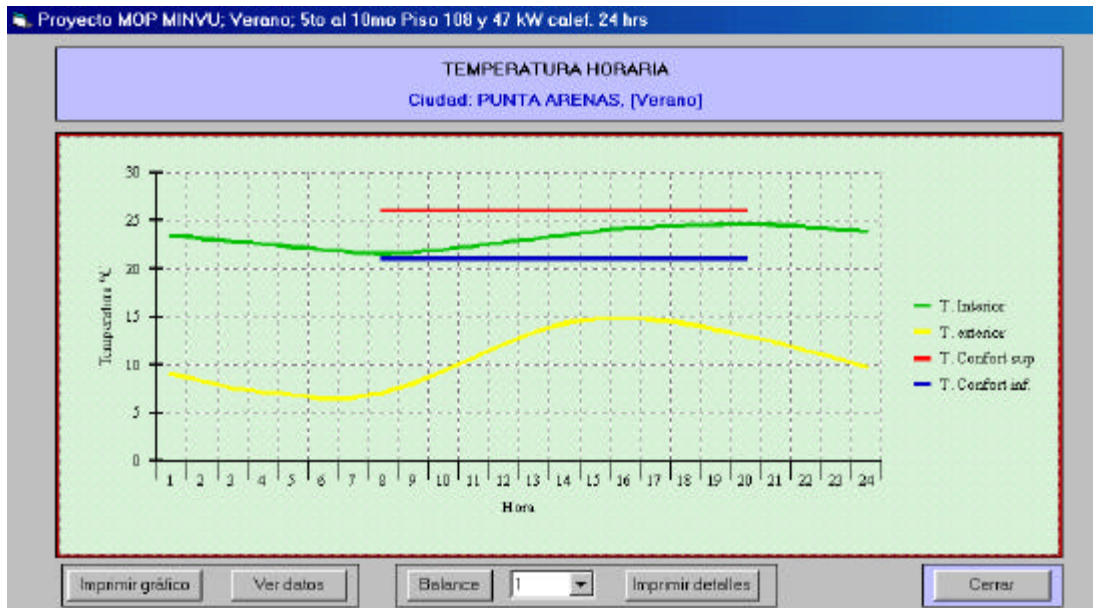


FIGURA 4.6.A. MODELACIÓN DE VERANO DEL 5° AL 10° PISO. LA POTENCIA DE CALEFACCIÓN SE HA DISTRIBUIDO PROPORCIONALMENTE A LA SUPERFICIE ÚTIL: 2566 M2 DE 6844 M2 TOTALES.

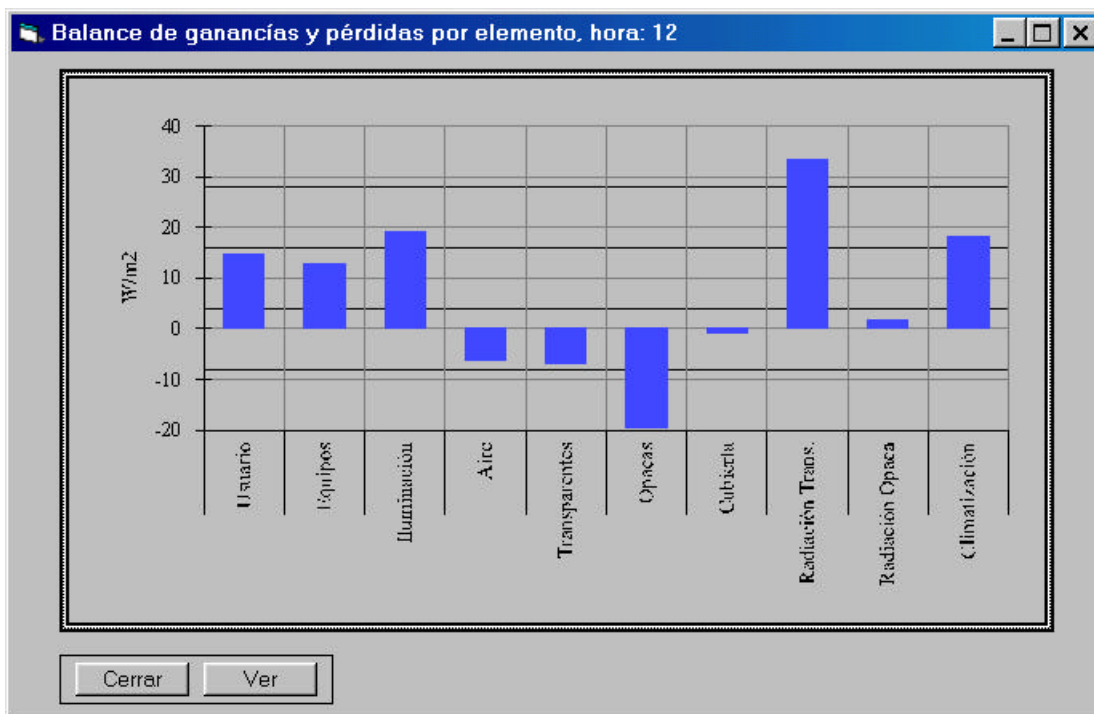


FIGURA 4.6.B. BALANCE TÉRMICO DE VERANO DEL 5° AL 10° PISO

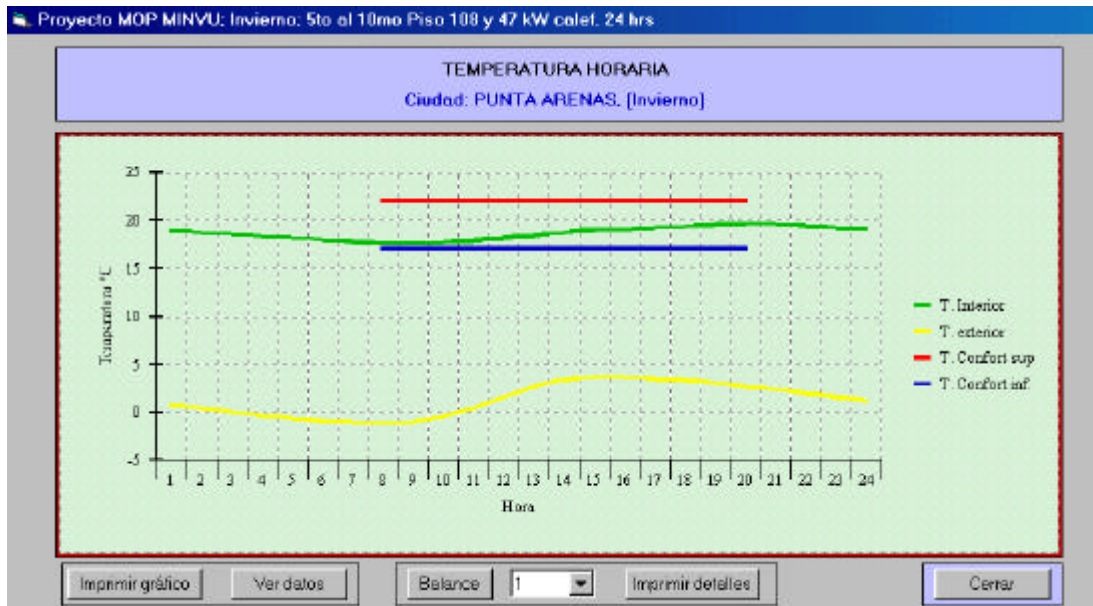


FIGURA 4.6.C. MODELACIÓN DE INVIERNO DEL 5° AL 10° PISO

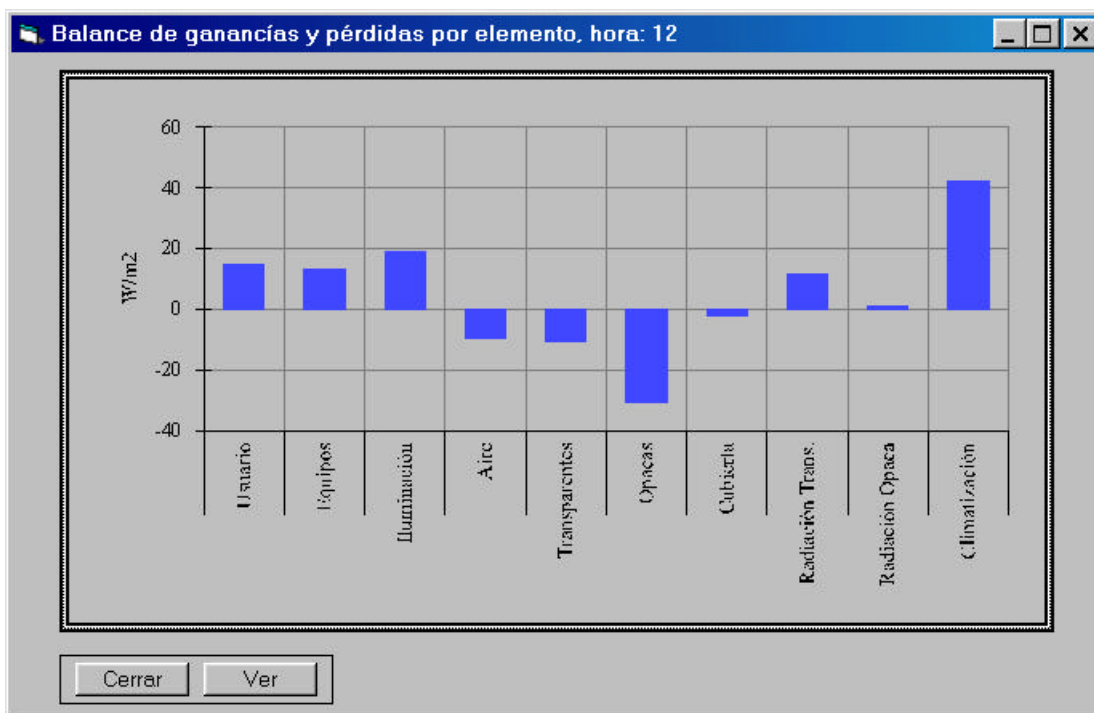


FIGURA 4.6.D. BALANCE TÉRMICO DE INVIERNO DEL 5° AL 10° PISO

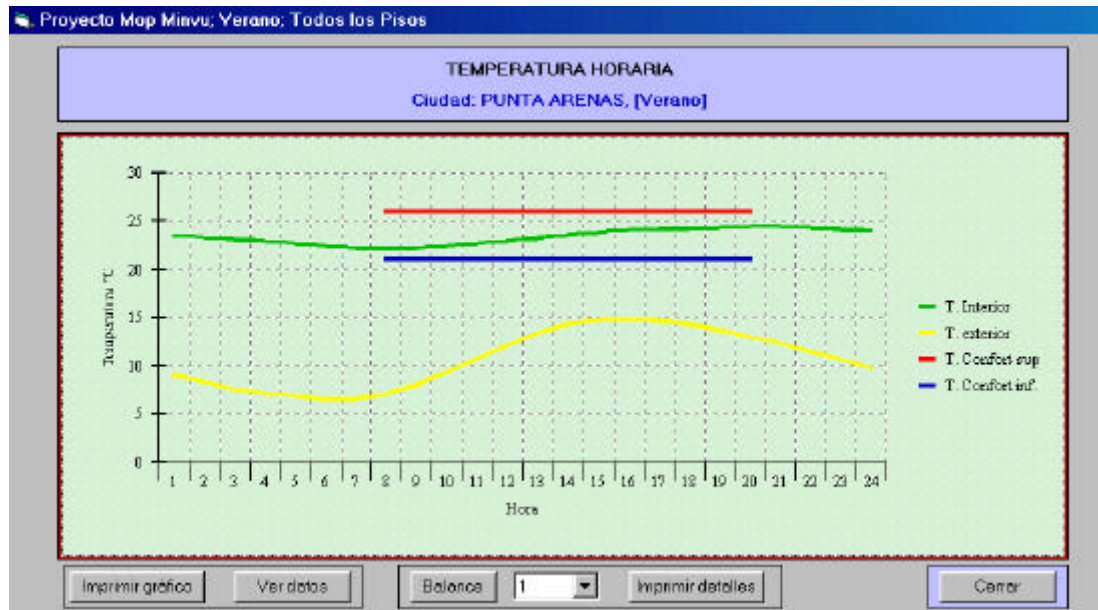


FIGURA 4.6.E. MODELACIÓN DEL EDIFICIO MOP-MINVU COMPLETO, CON 278 KW DE CALEFACCIÓN EN INVIERNO Y 126 KW EN VERANO.

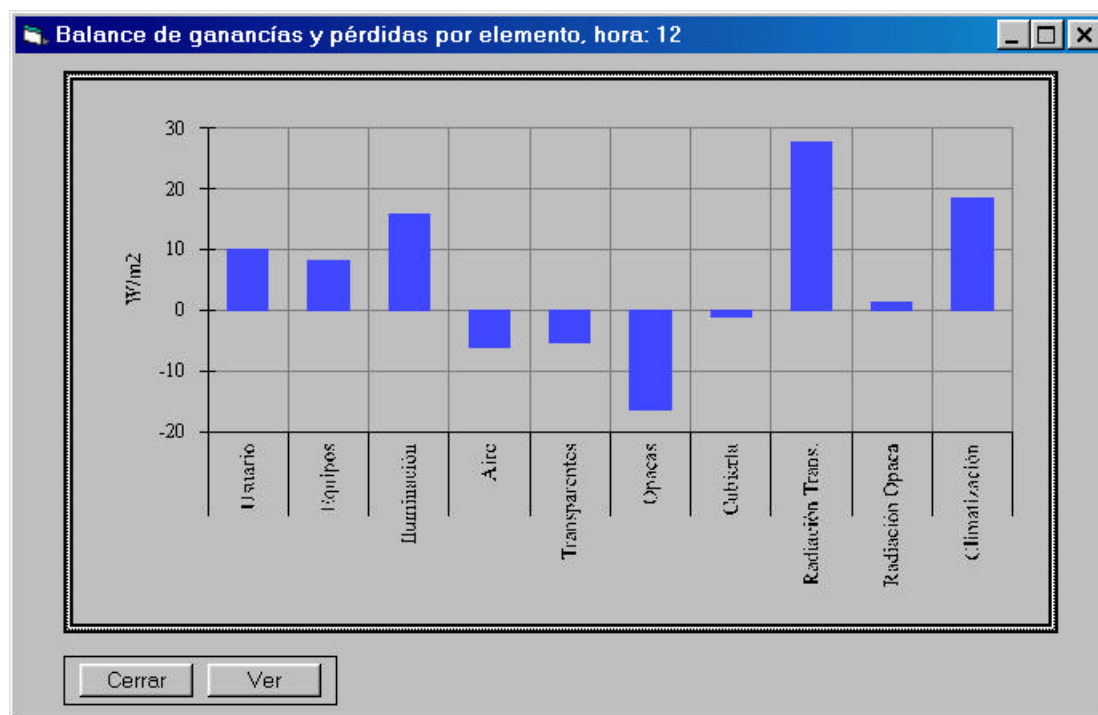


FIGURA 4.6.F BALANCE DEL EDIFICIO COMPLETO EN VERANO

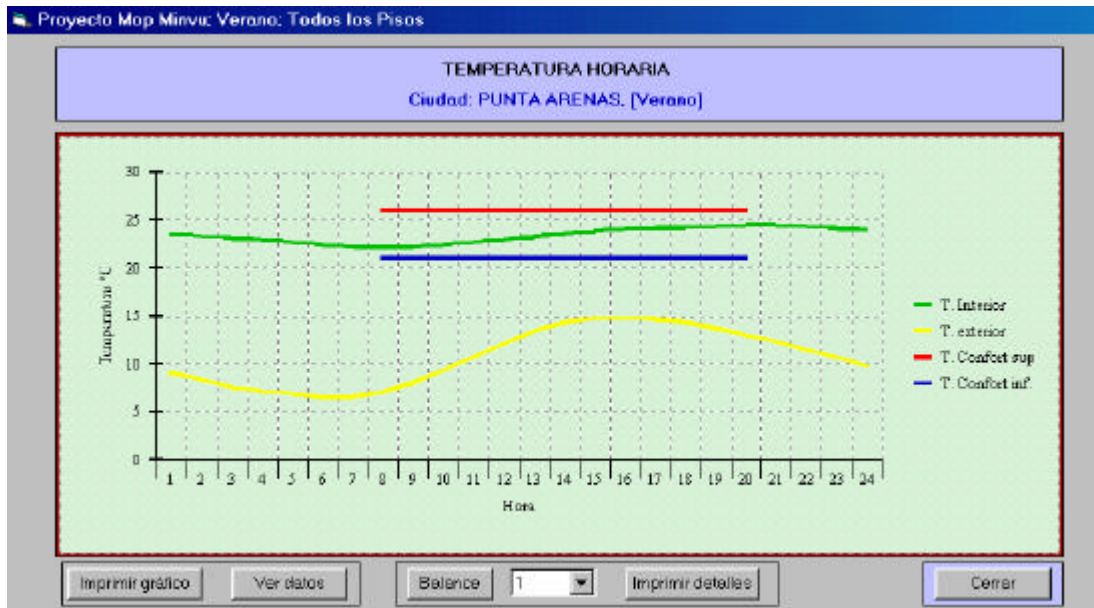


FIGURA 4.6.G MODELACIÓN DEL EDIFICIO COMPLETO EN INVIERNO

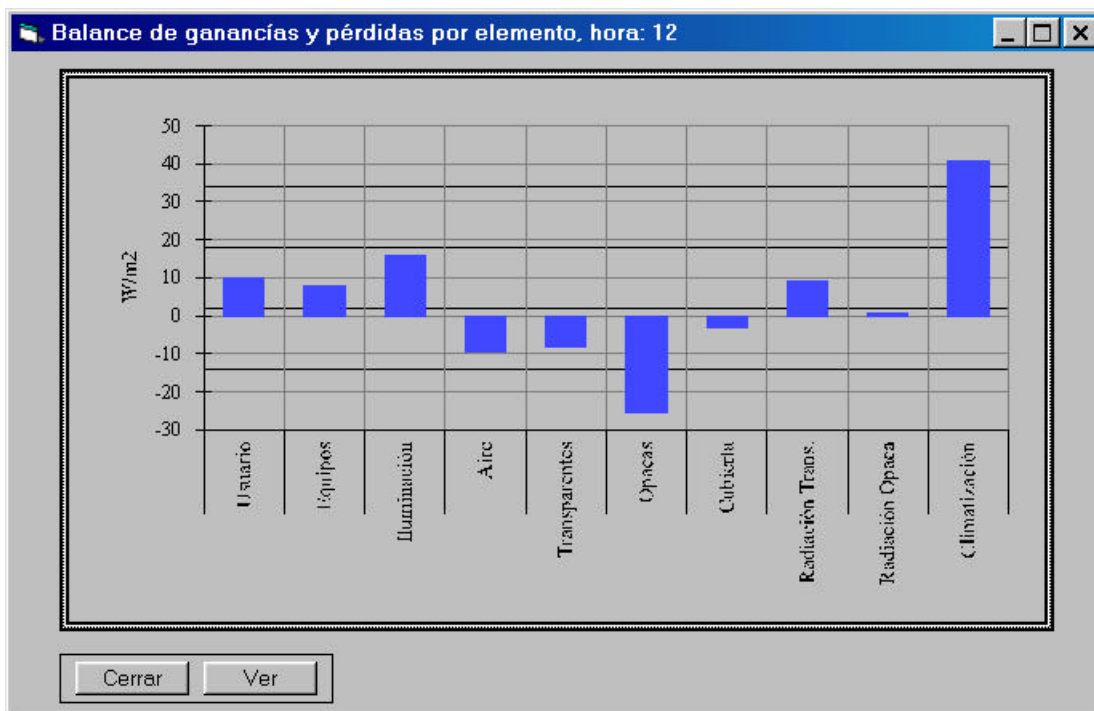


FIGURA 4.6.H BALANCE DE TODO EL EDIFICIO EN INVIERNO

5. BIBLIOGRAFIA LOCAL

Anguita, P., R. López, I. Modiano, R. Zecchetto. (1980). "Casas de Chiloé", Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Armijo, Gabriela. (1988) "Un método para caracterizar en edificios en relación a su ambiente físico: su aplicación a edificios de escuelas primarias" Disertación para optar al grado de Maestría en Ciencias, Universidad de Cambridge, Inglaterra".

Benavides, Juan; Martinic Mateo; Pizzi Marcela; Valenzuela María Paz; "Las Estancias Magallánicas" (1999) Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Editorial Universitaria.

Centro de Promoción de Usos del Cobre, (2000) "Calama Provincia El Loa".

Colegio de Arquitectos, (1992) "Región de Aisén", Revista N° 70.

Colegio de Arquitectos, (1993) "Ciudad y Arquitectura, Región del Norte Grande", Revista N° 74.

Colegio de Arquitectos, (1994) "Ciudad y Arquitectura, Región del Archipiélago de Chiloé", Revista N° 78.

Colegio de Arquitectos, (2000) "Ciudad y Arquitectura, Arquitectura de la V Región", Revista N° 101.

Devynck, Jean -Luc. (1971) "Perfil pluviométrico de Chile", Universidad de Concepción Instituto de Física, Departamento de Geofísica. Datos pluviométricos detallados para todo Chile, que se usan en el estudio.

Dirección Meteorológica de Chile. (1987) "Anuario Meteorológico de 1985". Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Departamento de Tecnología Arquitectónica y Ambiental. (1970) "Balance térmico de la vivienda racionalizada Corvi", Documento técnico N° 1.

Fernández Cox, Cristián. (1997) "Arquitectura y Modernidad Apropiable". Ed. Universitaria, Santiago, Chile.

Garcés Feliú, Eugenio, (1988) "Las Ciudades del Salitre, Un Estudio de las Oficinas Salitreras en la Región de Antofagasta", Editorial Universitaria – Universidad del Norte

Guarda, Gabriel (1981), "Provincia de Osorno. Arquitectura en madera, 1850 - 1928", Curso de Historia Urbana, Pontificia Universidad Católica de Chile

Guarda, Gabriel, (1928) "La Tradición de la Madera", Ediciones Universidad Católica de Chile.

Gutiérrez Leyton, Eugenio - Morales Meneses, Jorge. (1987) "Arquitectura y Clima en el Norte Grande." Escuela de Arquitectura Universidad Católica del Norte. Antofagasta. Chile. Cuadernos Hunter Douglas.

INN (2000). "Reglamento Técnico: Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico".

Instituto Geográfico Militar. (1985) Tomo I Geografía de Chile, "Región de Tarapacá ". Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1990) Tomo II Geografía de Chile, "Región de Atacama" Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1988) Tomo IV Geografía de Chile, "Región de Coquimbo" Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. Tomo V Región, Capítulo 1. "Bases Geográficas de la V Región de Valparaíso". Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. Tomo IX Región, Capítulo 1. "La Región de la Araucanía en el Sistema Nacional de Regiones". Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1985) Tomo XI Geografía de Chile, "Geografía de los Climas" Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. Tomo XII Región, Capítulo 2. "El Sistema Territorial Regional: Unidades Naturales Integradas".

Instituto Geográfico Militar. (1986) Tomo Región Metropolitana, Geografía de Chile. Santiago, Chile. Instituto Nacional de Normalización (INN). (1989) NCh 1960 Of 89.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (1977) NCh 1079 Of 77. "Arquitectura y Construcción. Zonificación climático-habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico". INN. Santiago. Chile.

Kapstein, Glenda. (1983) Artículo Revista Colegio de Arquitectos de Chile, "CA" N° 74, Oct., Nov., Dic., Interesante artículo que aborda el tema de los espacios intermedios en la zona Norte Litoral e Interior del Norte de Chile.

Kapstein, Glenda. (1988) "Espacios intermedios, respuesta arquitectónica al medio ambiente: Segunda Región", Universidad del Norte – Fundación Andes. Editorial Universitaria, Santiago Chile.

Maldonado, Pedro y J. Taboada, (1990) "Confort Térmico y Calidad Ambiental de las Viviendas de Bajos Ingresos en el Area Urbana de Magallanes, Primer Congreso Nacional de Energía", Programa de Investigaciones en Energía (PRIEN). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.

Ministerio de Obras Públicas (MOP). (1990 – 1999) Memorias Anuales, Santiago.

Miranda, Sergio, () "Sewell una Ciudad Derramada en el Cerro, Crónica de un Patrimonio".

Pizarro - Rivas. (1964) "Irregularidades de las precipitaciones en el Norte Chico". Oficina de Meteorología de Chile. Algunas consideraciones sobre las precipitaciones en la región.

PRIEN, Depto. De Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile. (1993) "Estudio prospectivo de las potencialidades de mejoramiento de la eficiencia del uso de la energía en el Palacio de la Moneda".

PRIEN, Programa de Investigaciones en Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. "Confort Térmico y Calidad Ambiental de las Viviendas de Bajos Ingresos en el Area Urbana de Magallanes", (1990) Santiago, Chile.

Schneider, H. (1969) "Clima de Norte Chico". Depto de Geografía. Fac. Fil. Y Educ. Universidad de Chile. Santiago.

Schweitzer, A.; R. Vidal; E. Gutiérrez; C.L. Burr. (1982). "Recuperación de Patrimonio Turístico: Cerro Santo Domingo de Valparaíso". Servicio Nacional de Turismo Región Valparaíso.

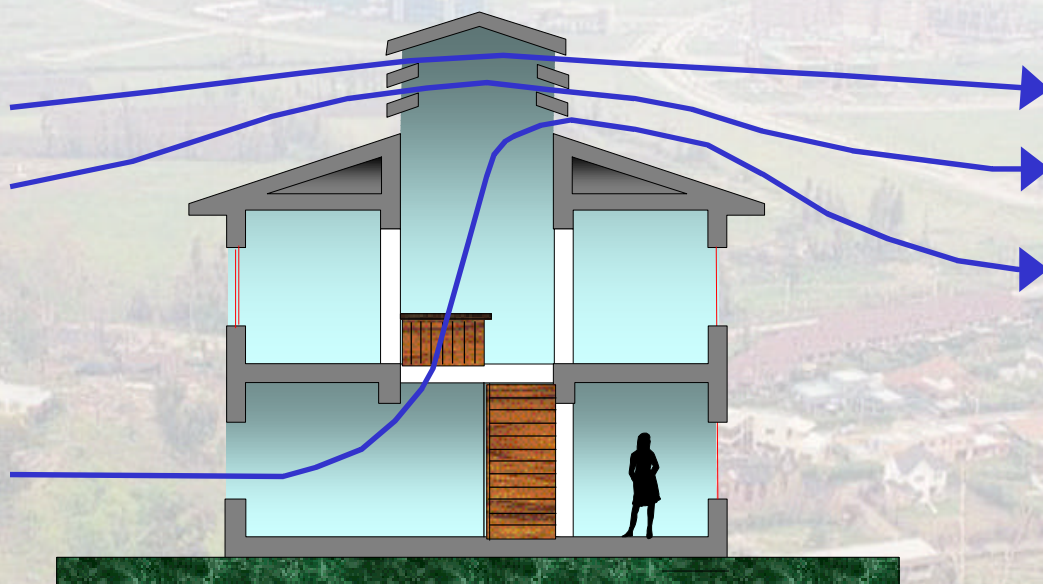
Taboada, Jorge. (1987) "Reacondicionamiento Térmico del Parque de Viviendas del Gran Santiago: bases para la evaluación de potencialidades". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.

Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. "Arquitectura Tradicional de Osorno y La Unión" (1981).

Waisberg, Myriam (1988). "Casa de Playa Ancha", Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico. Santiago, Chile.

TOMO 10

FUNDAMENTOS DE DISEÑO ARQUITECTONICO PARA CLIMATIZACION NATURAL



**ANALISIS DE VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL AHORRO DE ENERGIA
Y EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS PUBLICOS**

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, DIRECCION DE ARQUITECTURA

DICIEMBRE 2000

ambiente
consultores

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTROCUCCION	1
2. EXPERIENCIAS DE USO EFICIENTE DE ENERGIA EN EDIFICIOS	2
2.1. Experiencias extranjeras	2
2.2 La situación chilena	3
2.3 Zonificación climático habitacional	4
3. DESCRIPCION DEL CLIMA Y LAS CIUDADES DEL ESTUDIO	6
3.1 Descripción de las zonas climático habitacionales de las ciudades del estudios	6
4. CONFORT AMBIENTAL EN EDIFICIOS	11
4.1. Los parámetros de influencia	11
4.2 El confort térmico	12
4.2.1. Límites de confort	12
4.3 Calidad de aire y ventilación	14
4.4. Iluminación	15
4.4.1. Confort visual	16
5. METODOS DE APOYO AL DISEÑO CONCEPTUAL	18
5.1. Carta bioclimática de Olgyay	18
5.2. La carta Bioclimática de Givoni	19
5.2.1. Temperaturas y radiación solar	22
5.2.2. Estadísticas de viento	23
5.2.3. Precipitaciones y humedad relativa	24
5.3. Método de Mahoney (Naciones Unidas)	24
5.3.1. Descripción del método de Mahoney	26
5.3.1.1. Tablas	26
6. PERDIDAS DE CALOR E INERCIA TERMICA EN EDIFICIOS	40
6.1. Pérdidas de calor a través de elementos de la envolvente	40
6.1.1. Transmitancia térmica de elementos de la envolvente	44
6.1.1.1. Transmitancia térmica de muros	45
6.1.1.2. Transmitancia térmica de techumbres	46
6.1.1.3. Transmitancia térmica de ventanas y puertas	48
6.1.1.4. Pérdidas de calor por piso	49
6.2. Puentes térmicos	50
6.3. Pérdidas por ventilación de aire (situación de invierno)	51
6.4 Inercia térmica en edificios	53

	<u>Pág.</u>
7. ESTRATEGIAS DE ARQUITECTURA SOLAR	55
7.1. El sol	55
7.1.1. Elementos de geometría solar	55
7.1.2. La bóveda celeste	57
7.1.3. Angulos de altura solar y acimut	58
7.1.4. Diagramas de desplazamiento solar	58
7.2. Elementos de arquitectura solar para períodos fríos	61
7.2.1. Ganancia solar directa y almacenamiento de calor en períodos fríos del año	61
7.2.2. Invernaderos	64
7.3. Control de la radiación solar	65
7.3.1. Control de radiación solar directa en ventanas	67
7.3.2. Dimensionamiento de aleros para ventanas de orientación norte	70
7.3.3. Protectores solares para ventanas de orientación este y oeste	72
8. METODOS DE ENFRIAMIENTO EN ARQUITECTURA CLIMATICA	74
8.1. Métodos de enfriamiento	74
8.1.1. Enfriamiento y ventilación	74
8.1.2. Enfriamiento evaporativo	74
8.2. Ventilación para el confort y enfriamiento convectivo (ventilación nocturna)	74
8.3. Movimiento del aire en los edificios	75
8.4. Ubicación de ventanas	77
9. HUMEDAD EN LOS EDIFICIOS	79
9.1. Flujo líquido	79
9.1.1. Aguas subterráneas	79
9.1.2. Aguas lluvias	80
9.2. Movimiento de humedad por capilaridad	80
9.3. Humedad en el aire ambiente	82
9.4. Difusión de vapor	83
9.4.1. Condensación superficial e intersticial en la envolvente de los edificios	84
10. ILUMINACION	87
10.1. Escalas de medida	87
10.2. Aprovechamiento de luz natural	88
10.3. Elementos fijos en fachada	90
10.4. Elementos en cubierta	92
10.5. Elementos exteriores	93
10.6. Requerimientos básicos para lugares de trabajo	95
10.7. Niveles mínimos en lugares de trabajo	96
10.8. Uniformidad	97
10.9. Deslumbamiento	99
10.10. Reflejos	100

	<u>Pág.</u>
10.11Color de las fuentes artificiales	101
10.12Eficiencia de las fuentes luminosas disponibles	102
10.13Direccionalidad de las luminarias	104
10.14Costos	106
10.15Control	107
11. BIBLIOGRAFIA GENERAL	109
12. GLOSARIO	114
ANEXOS:	
10 – 1 Renovaciones de aire en condiciones de Invierno	117
10 – 2 Conductividad térmica de materiales de construcción	118
10 – 3 Resistividad a la difusión de vapor de materiales de construcción	121
10 – 4 Resistencia a la difusión de vapor de láminas y películas usadas en construcción	122
10 – 5 Contenidos del Manual de Uso de un Edificio Público	123

1. INTRODUCCION

El presente documento pretende entregar ciertos fundamentos teóricos asociados a estrategias de diseño arquitectónico, que consideren tanto los aspectos positivos como negativos que el clima ofrece, para lograr que en un cierto edificio se consiga el confort con un uso eficiente de energía.

Para ello en el texto se encontrará una descripción general del clima en el país, destacando aquellos aspectos de cada zona que tienen una alta influencia en el diseño arquitectónico, cuando se pretende que éste logre el indicado objetivo de lograr un ambiente confortable con la menor demanda energética posible.

El país cuenta con una gran diversidad climática, ofreciendo diferencias tanto de norte a sur como de este a oeste. Se pueden observar diferencias importantes en –por ejemplo- la radiación solar disponible, la humedad ambiente, el viento y las precipitaciones, las que deben ser consideradas desde el inicio del proceso de diseño de un edificio.

En el texto se encontrarán algunos métodos que permiten guiar el diseño arquitectónico haciendo uso de información climática como la indicada. Son estos métodos los que han sido usados en la elaboración de guías de diseño que para cada zona climática del país y que están contenidas en los correspondientes volúmenes que forman parte de este estudio.

Por otra parte, en el texto se encontrará una descripción general de ciertas estrategias de diseño solar y de enfriamiento posibles de usar en ciertos proyectos arquitectónicos. Del mismo modo se entregan ciertos elementos para la protección contra la humedad de los edificios y para el diseño de sistemas de iluminación.

No pretende este texto ser el único ni el que contenga toda la información necesaria para apoyar al proceso de diseño arquitectónico en que se considere al clima del lugar donde se ubicará el edificio. La bibliografía al respecto es abundante. Parte de ella se muestra al final de este volumen.

2. EXPERIENCIAS DE USO EFICIENTE DE ENERGIA EN EDIFICIOS

2.1. Experiencias extranjeras

A partir de la crisis del petróleo de 1973, casi la totalidad de los países desarrollados iniciaron procesos para el mejoramiento de la calidad térmica en edificios.

En estos países se han alcanzado interesantes resultados desde que se aplicaron las primeras medidas para un más eficiente uso de la energía en edificios. Es así como en ellos se observa hacia fines de la década pasada una importante disminución del consumo energético en edificios con respecto a los de 1973. En países como Dinamarca esta disminución fue de un 60%, en Alemania de un 44% en Suecia 30% y en Estados Unidos un 28% (Swedish Council for Buiding Research. 1990)

Estos resultados se obtuvieron con la aplicación de reglamentaciones con estrictas exigencias en la calidad térmica de edificios, con mejores tecnologías en sistemas térmicos e iluminación y con campañas públicas de uso eficiente de la energía.

En lo que respecta a las reglamentaciones aplicadas en diferentes países, distintos parámetros han sido definidos para establecer las exigencias.

En efecto, en 1974 en Francia se aplicó el coeficiente G, (coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas), con el que se disminuyó en un 25% el consumo de energía en viviendas nuevas (Lavigne, 1995). Este coeficiente se aplica con diferentes valores en cada una de las tres zonas climáticas del país.

En el mismo porcentaje disminuyó este consumo al aplicar a edificios residenciales un coeficiente B en 1982, el que considera los requerimientos de energía, aportes solares e internos y la inercia térmica por absorción de edificios.

Posteriormente, en Francia se impusieron exigencias para un coeficiente C referido al consumo de energía en edificios. Es decir, evalúa pérdidas, ganancias y las características de equipos de calefacción y de agua caliente sanitaria. Esto implicó otro 25 % de disminución de consumo de energía en edificios residenciales nuevos respecto de los niveles observados en 1989, año en que este coeficiente se aplicó. (Lavigne, 1995).

En relación a edificios no residenciales, a ellos se aplica un coeficiente G1 desde 1976, definido de modo similar a G. A partir de 1988 se establecen exigencias para el diseño de climatización, ventilación y sistemas de control.

La experiencia francesa ha posibilitado un notable avance en tecnologías para la construcción, sin aumentar en forma significativa sus costos, al compararlos con los de 1974 (Lavigne, 1995). Por otra parte, se han alcanzado impactos importantes en la arquitectura. Al respecto se menciona incluso el efecto negativo de disminución excesiva de ventanas al aplicar G, lo que se rectificó posteriormente al utilizarse B.

En otros países, como España, se usa la transmitancia térmica promedio ($W/m^2\text{°C}$), como parámetro de exigencia de calidad térmica, la que varía aproximadamente entre 0,5 y 1,8 $W/m^2\text{°C}$. (10). En este mismo país, se ha establecido una zonificación climático habitacional. Cada zona posee diferentes exigencias, las que también varían para distintos tipos de energéticos y en relación con el coeficiente de forma S/V (S: superficie de elementos de la envolvente; V: volumen de la edificación). También se establecen condiciones térmicas de verano para edificios con aire acondicionado. Además se dictan exigencias para evitar problemas de condensaciones superficiales e intersticiales (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, España, 1980).

Diversos países europeos imponen exigencias con relación a los requerimientos de calefacción. Estos son Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia y Portugal. Tras ello se encierra el concepto de pérdidas y ganancias de calor, tal como lo hace el coeficiente B en Francia. Más allá de estos requerimientos, países como Francia y Alemania utilizan coeficientes asociados al consumo (C en Francia, Qh en Alemania), donde también son considerados los equipos térmicos usados, con sus respectivos rendimientos.

2.2. La situación chilena

Los edificios en Chile presentan serias deficiencias en su comportamiento térmico. Cifras de la Comisión Nacional de Energía indican que el sector Comercial, Público y Residencial consume alrededor del 25% de la energía del país y con pérdidas que se estiman en un 65% (Comisión Nacional de Energía, 1993). Esta situación, que prácticamente se ha mantenido inalterada durante los últimos 20 años, es un índice de que el acondicionamiento térmico de los edificios en Chile es muy deficiente.

Estudios sobre calidad térmica en viviendas de la Región Metropolitana muestran que la menor calidad promedio se concentra en las comunas más pobres de la Región ($G > 2,9 W/m^3\text{°C}$). Sin embargo, la mejor calidad térmica no se ubica en las Comunas donde habitan las familias de los más altos niveles socioeconómicos (Las Condes y Vitacura), donde G varía entre 2,3 y 2,9 $W/m^3\text{°C}$ (Taboada, 1987).

Otro estudio posterior de calidad térmica de viviendas de la Comuna de Las Condes que obtuvieron permiso de edificación el año 1993, se pudo observar que el coeficiente global de pérdidas térmicas por transmisión (GV1) en las casas alcanza un valor de 1.8 $W/m^3\text{°C}$, mientras que la transmitancia promedio alcanza un valor de 2.26 $W/m^2\text{°C}$. En el caso de departamentos (considerando el más desfavorable de un edificio), el coeficiente global de pérdidas GV1 alcanzó 2.2 $W/m^3\text{°C}$ y la media de la transmitancia promedio fue de 2.7 $W/m^2\text{°C}$. (Bustamante, 1998). Estas cifras muestran las deficiencias térmicas de las viviendas estudiadas en esta comuna, donde los costos de construcción son probablemente de los más altos del país.

Cabe indicar que en el caso del sur de Francia, el coeficiente G con que se construye alcanza aproximadamente a $G = 1,0 W/m^3\text{°C}$ ⁽¹⁾. Tal como se ha señalado en España, la transmitancia térmica promedio exigida varía aproximadamente entre 0,5 y 1,8 $W/m^2\text{°C}$.

¹ El valor de G en Francia considera las pérdidas de calor por transmisión más las pérdidas por renovación de aire.

Por otra parte, es necesario señalar que el mal comportamiento térmico de las viviendas se asocia directamente a mayores riesgos de condensación en elementos de la envolvente, provocando deterioro acelerado en los materiales de construcción, un menor confort y problemas de salud en las personas. Esta situación se agrava dado que en Chile la mayoría de los sistemas de calefacción usados en las viviendas son contaminantes y no evacuan gases al exterior de éstas. Los energéticos más usados son la leña, el gas licuado y el kerosene (Blazquez, 1995). Los dos últimos combustibles producen importantes cantidades de vapor de agua durante su combustión.

A los indicados problemas de acondicionamiento térmico que se manifiestan en período de otoño-invierno, se agregan los existentes en primavera-verano, cuando es común encontrar temperaturas en el interior de los edificios superiores a la del exterior o que las temperaturas interiores sigan estrechamente a las exteriores (Armijo, 1990). Esto puede deberse a mala orientación en elementos vidriados o por ventilación inadecuada en entretechos.

De este modo, son frecuentes los edificios y viviendas individuales que no presentan una adecuada orientación o poseen una excesiva superficie de elementos vidriados. La aislación térmica es en muchos casos inexistente o insuficiente, observándose problemas en su instalación. La diversidad climática del país no es considerada en el instante de decidir sobre la arquitectura de una construcción.

Por otra parte, es recurrente el problema de condensaciones en elementos de la envolvente, especialmente en puentes térmicos o en el hormigón armado, uno de los materiales de mayor uso en la edificación chilena.

Finalmente, en Chile existen altas pérdidas por infiltraciones de aire a través de juntas poco herméticas en puertas y ventanas.

2.3 Zonificación climático habitacional

Con respecto a la zonificación climático habitacional, tanto en Francia como en España, éstas se han establecido en base a los Grados-día respectivos de cada zona (Lavigne 1995; Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, España, 1980).

Para el caso de Estados Unidos, la bibliografía muestra una completa zonificación climático habitacional con 17 zonas. Cada zona contiene información de la variación de temperatura media, máxima y mínima a través de todo el año. Para este mismo período se tiene humedad relativa de las tardes y las mañanas. También se entregan los grados día de calefacción y enfriamiento para cada mes. En un diagrama de confort (ábaco psicrométrico) se indican los puntos de temperatura y humedad relativa extremas de cada mes, con el fin de visualizar la zona de confort térmico respecto de las condiciones climáticas de la zona (Lechner, 1991)

Esta zonificación también entrega la radiación solar horizontal y vertical máximas en el mes más frío (Enero). Se indica la velocidad de viento a lo largo del año, con las respectivas direcciones predominantes en distintas localidades. A todo ello se agregan recomendaciones para el diseño arquitectónico, tales como la necesidad de sombras, orientación de ventanas, aprovechamiento

solar en invierno, provocar ventilación natural para remover exceso de humedad, todas ellas de acuerdo a la zona que se trate.

El proceso llevado a cabo en estos países se ha ido traspasando con lentitud hacia países en desarrollo.

En América Latina se han acogido parámetros como G y Transmitancia Térmica Promedio para evaluar calidad térmica en viviendas y en ciertos países ha elaborado una zonificación climática habitacional.

Algunos de estos países poseen su normativa oficial para acondicionamiento térmico de viviendas, incluyendo recomendaciones para evitar condensaciones superficiales y al interior de elementos de la envolvente de edificios. Estas Normas, en la mayoría de los casos no son legalmente exigibles y son sólo usadas como referencias en forma voluntaria por los diseñadores de edificios ².

Por otra parte, el país cuenta con una zonificación climático habitacional incompleta en su información meteorológica, por cuanto contiene datos de temperaturas medias, oscilación térmica, insolación, soleamiento, humedad relativa y otros, de tan sólo dos o tres ciudades de cada una de las nueve zonas definidas. Estos datos corresponden a los meses de Julio y Enero respectivamente. Para otras ciudades de estas zonas sólo se presentan apreciaciones cualitativas de los datos indicados.

Para cada zona se hacen recomendaciones de transmitancia térmica máxima en elementos perimetrales y techumbre, lo que es insuficiente para pretender el confort térmico en el interior de edificios. No existen recomendaciones para la consideración de aspectos como la orientación, la inercia térmica, la superficie de ventanas y la ventilación requerida para el confort, todos los cuales, junto a la forma de un edificio, también inciden en el comportamiento térmico global de éste.

Para efectos de calificar el comportamiento térmico global de edificios, en el país se ha utilizado el coeficiente global de pérdidas térmicas (G). Tal como lo indica su nombre, éste sólo considera a estas últimas y no contempla ganancias solares, aportes internos y la inercia térmica por absorción de los edificios.

De este modo, a las deficiencias en la calidad térmica de los edificios del país, se agrega el que se cuenta con una zonificación climática incompleta y con ausencia de parámetros para recomendaciones arquitectónicas asociadas al comportamiento térmico global de un edificio, bajo criterio de confort térmico, de otoño-invierno y primavera-verano, con uso eficiente de energía.

² A partir de Marzo del 2000 entró en vigencia la primera etapa de la Reglamentación Térmica al ser incluida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Esta Reglamentación exige una máxima transmitancia térmica en el cielo de viviendas. El valor de esta transmitancia térmica está definida para diferentes zonas de Grados Día de Calefacción establecidas en la indicada Reglamentación. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1999).

Actualmente y por decisión de las autoridades del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se está elaborando una propuesta para una segunda etapa de la Reglamentación Térmica de Viviendas, en la que se incluirán exigencias para muros, piso y tipos de ventanas. Se estudiarán también el efecto de la inercia térmica y la necesidad de protección solar en ventanas. (Campos, 2000)

3. DESCRIPCIÓN DEL CLIMA Y LAS CIUDADES DEL ESTUDIO

3.1. Descripción de las zonas climático habitacionales de las ciudades del estudio.

La Norma NCh 1079 Of77 titulada “Arquitectura y Construcción – Zonificación climático-habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico”, define 9 zonas sin considerar la Antártica y Chile Insular. (Ver Figura 3.1.)

El hecho más importante que destaca esta norma y todas las clasificaciones climáticas de Chile es que debido a su geomorfología, además de la clásica diferenciación Norte - Sur, existe una importante variedad climática Este - Oeste, que debería tener como resultado que la tipología arquitectónica y constructiva fuera tanto o más distinguible que entre Norte y Sur.

Los factores climáticos que incrementan su valor de Norte a Sur son:

- precipitaciones,
- humedad del aire,
- número de meses de invierno,
- nubosidad y
- vegetación.

Los factores que disminuyen su valor de Norte Sur son:

- la temperatura del aire
- radiación solar y
- altura solar.

Los factores que incrementan su valor de Poniente a Oriente son:

- oscilación diaria de temperatura del aire
- número de horas de sol y
- radiación solar.

Los factores que disminuyen su valor de Poniente a Oriente son:

- humedad del aire
- precipitaciones,
- nubosidad y
- presión atmosférica.

Así pues, a lo largo de todo el país, estas diferencias Este - Oeste se conservan distinguiéndose 3 zonas para cada latitud.

FIGURA 3.1. ZONIFICACION CLIMATICA HABITACIONAL SEGUN NORMA CHILENA NCH 1079 OF 77



En el Norte las ciudades de **Arica, Antofagasta y La Serena** pertenecen todas a una misma zona climático - habitacional: Norte Litoral (NL), con las consiguientes variaciones ya mencionadas de Norte a Sur. Las otras zonas del Norte son el Norte Desértico (ND), la zona Norte Valles Transversales (NVT) y la Andina (An) que se extiende a lo largo de todo el país.

La ciudad de **Calama** se ubica en la Norte Desértica, la que se inicia en el límite con Perú y se extiende hacia el sur hasta la Zona Norte Valles Transversales. Por el oeste esta zona limita con la Zona Norte Litoral y al este se ubica la Zona Andina.

La ciudad de **Ovalle** se ubica en la Zona Norte Valles Transversales (NVT), Esta zona limita al sur con la Norte Desértico (ND), al oeste con la Norte Litoral (NL) y al este con la Zona Andina (An).

En la Zona Central Litoral se ubica **Valparaíso**. Esta zona limita al norte con la Norte Litoral, al sur con la Sur Litoral y al este con la Zona Central Interior.

En la zona Central Interior (CI) se encuentra la ciudad de **Santiago**, además de muchas otras como Los Andes, San Felipe, Rancagua, San Fernando, Rengo, Los Angeles, San Carlos y Chillán.

La ciudad de **Concepción** se encuentra situada en la zona Sur Litoral (SL).

La ciudad de **Temuco** se ubica en la Zona Sur Interior. En esta zona se localiza también Osorno. Esta Zona se ubica entre la Zona Sur Litoral por el oeste y la Zona Andina por el este. Al sur se ubica la Zona Sur Extremo.

Punta Arenas se ubica en la Zona Sur Extremo, donde se localiza también la Isla Grande de Chiloé y la ciudad de Coihaique. Es la zona climática del extremo sur del país, en cuyo interior y al igual que las restantes zonas climáticas existen microclimas necesarios de considerar al momento del diseño arquitectónico.

El **Paso Fronterizo Los Libertadores** se ubica en la Zona Andina, que cubre la cordillera de Los Andes desde el límite norte del país hasta la zona cordillerana a la altura de Puerto Montt. En el interior de esta zona también existen variados microclimas que podrán influir en el diseño arquitectónico de cierto proyecto.

Norte Litoral: Ciudades de Arica, Antofagasta y La Serena.

Su localización se extiende desde el límite con el Perú hasta el río Aconcagua, ocupando la franja costera al lado occidental de la Cordillera de la Costa, hasta donde se deja sentir directamente la influencia del mar. En los valles que rematan los ríos y quebradas se producen penetraciones de esta zona hacia el interior. El ancho variable llega hasta 50 km. aproximadamente.

Características generales del clima: Zona desértica con clima dominante marítimo. Poca

oscilación diaria de temperatura. Nubosidad y humedad que disipa al medio día. Soleamiento fuerte en las tardes. Lluvias nulas en el norte y débiles en el sur. Vientos de oponente W. Atmósfera y suelos salinos. Vegetación nula o escasa.

Norte Desértica: Ciudad de Calama.

Su localización se extiende desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos y Chañaral, excluidos. Corresponde a la planicie que se ubica entre las cordilleras de la Costa y de Los Andes. Hacia el este, su límite alcanza a aproximadamente los 3000 m de altura.

Características generales del clima: Zona desértica, sin lluvias y calurosa. Su atmósfera es limpia con fuerte radiación solar. Existe una fuerte oscilación diaria de temperatura, alcanzándose bajas temperaturas nocturnas. El clima es seco. Presenta un microclima en el valle del río Loa. En general existen fuertes vientos.

Norte Valles Transversales: Ciudad de Ovalle.

Ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona Norte Litoral excluida la cordillera de los Andes por sobre 400 m y desde la zona Norte Desértica hasta el Valle del Río Aconcagua, excluido.

Características generales del clima: Zona semidesértica. Veranos largos y calurosos. Microclima en los valles. Lluvias escasas aumentando hacia el sur. Fuerte radiación solar y oscilación diaria de temperaturas. Escasa nubosidad. Vegetación en aumento. Vientos irregulares. Atmósfera relativamente seca.

Central Litoral: Ciudad de Valparaíso.

Corresponde al cordón costero desde la zona Norte Litoral (río Aconcagua) hasta el valle del Bío Bío. Penetra en valles y desembocaduras de ríos.

Características generales del clima: Zona de clima marítimo con inviernos cortos de 4 a 6 meses. Nubosidad matinal en verano que se disipa a mediodía. Temperaturas templadas. Vegetación normal.

Central Interior: Ciudad de Santiago.

Valle central comprendido entre la zona Litoral Central y la precordillera de los Andes por bajo los 1000 m. Por el norte comienza en el Valle de Aconcagua y por el sur llega hasta el valle del Bío-Bío excluido.

Características generales del clima: Zona de clima mediterráneo. Temperaturas templadas. Inviernos de 4 a 5 meses. Vegetación normal. Lluvias y heladas en aumento hacia el sur.

Insolación intensa en verano, especialmente hacia el NE. Oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el E. Vientos del SW.

Sur Litoral: Ciudad de **Concepción**.

Continuación de la zona Central Litoral desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.

Características generales del clima. Zona de clima marítimo, lluvioso. Inviernos largos. Suelos y ambientes salinos y húmedos. Vientos fuertes de componentes W. Vegetación robusta. Temperatura templada a fría.

Sur Interior: Ciudad de **Temuco**.

Continuación de la zona Central Interior desde el Bío-Bío hasta la ensenada de Reloncaví. Hacia el este se extiende hasta la Cordillera de Los Andes por debajo de los 600 m.

Características generales del clima. Zona lluviosa y fría con heladas frecuentes. Veranos cortos de 4 a 5 meses de insolación moderada. Ambiente y suelo húmedo. Lagos y ríos numerosos, generando microclimas.

Sur Extremo: Ciudad de **Punta Arenas**.

Está formada por la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta Tierra del Fuego. Contiene una parte del continente hacia el este.

Características generales del clima. Zona fría y de intensas lluvias, las que disminuyen de este a oeste. Clima marítimo en zonas bajas y con fuertes vientos. Nubosidad casi permanente. Veranos muy cortos. Suelo y ambiente muy húmedo. Heladas y nieve en zonas altas como asimismo radiación solar moderada en verano. Podrá existir en esta zona una diversidad de microclimas poco estudiados por la baja densidad poblacional que aquí existe.

Andina : Localidad de **Paso Los Libertadores**.

Corresponde a la zona cordillerana desde el límite con Perú hasta la latitud correspondiente a Puerto Montt aproximadamente. Es variable en altura, disminuyendo ésta de norte a sur. En el interior de esta zona podrán existir variados climas o microclimas aun no estudiados.

Características generales del clima. Zona de atmósfera seca con grandes oscilaciones de temperatura entre día y noche. Tormentas de verano en el altiplano nortino. Ventiscas y nieve en invierno. Gran contenido de ultravioleta en la radiación solar. Por las diferencias en latitud y altura, su clima presenta características variadas de norte a sur.

4. CONFORT AMBIENTAL EN EDIFICIOS.

El confort ambiental puede definirse operacionalmente como el rango de las condiciones ambientales consideradas aceptables dentro de un espacio habitable en el que el ser humano tiene que desarrollar sus actividades normales. La ausencia de confort implica una sensación de incomodidad o molestia, ya sea por frío, por calor, por deslumbramiento, por exceso de ruido, por olores desagradables, por falta de iluminación, etc.

El confort ambiental constituye un concepto complejo en el sentido que depende de variados parámetros, cuya combinación e interacción permiten que éste finalmente se alcance o no.

En el propósito de alcanzar este confort, se ha hecho crecientemente importante el considerar criterios de uso eficiente de energía. Es claro que no existen limitaciones tecnológicas para acondicionar térmicamente un edificio, sin embargo el problema no sólo radica en poder disponer de esta tecnología sino que en alcanzar, mantener y controlar las condiciones de confort, a través de una combinación óptima de los parámetros que lo afectan y con un uso eficiente de energía.

Lo anterior tiene como resultado el ofrecer condiciones ambientales confortables a los usuarios de los edificios, habiendo hecho las mínimas inversiones en equipamientos y logrando minimizar los gastos de operación en energía. Esta ecuación, que parece obvia, lamentablemente pocas veces se pone en práctica en la edificación moderna.

4.1 Los parámetros de influencia

Los parámetros que influyen en el confort ambiental como un todo, pueden dividirse en tres categorías:

- **Parámetros físicos**, tales como la temperatura del aire del ambiente, la temperatura media radiante de las superficies del ambiente interior, la humedad relativa del aire, la presión atmosférica, el color de las superficies del ambiente, color, intensidad y calidad de la luz, y niveles de ruido.
- **Parámetros humanos**, tales como la edad, el sexo y características nacionales o regionales de los ocupantes.
- **Parámetros externos**, que incluyen el tipo de actividad física en relación a la actividad metabólica, el tipo de vestimenta y las condiciones o hábitos sociales y culturales.

Dada la diversidad de variables que están incidiendo en el confort ambiental, usualmente se consideran en forma separada el confort térmico, el confort lumínico, el confort respecto de la calidad del aire y el confort acústico.

El **confort térmico** se define como aquel estado en que las personas expresan satisfacción con el ambiente que lo rodea, sin preferir ni condiciones de mayor o menor temperatura. La sensación de confort térmico depende de una serie de parámetros, de los cuales los principales

se relacionan con las personas mismas y los restantes cuatro conciernen al ambiente donde se encuentran estas personas. Los relacionados con las personas son:

- Vestimenta.
- Metabolismo
- Temperatura del cuerpo

En lo referente al ambiente, se tienen las siguientes variables como las más importantes:

- Temperatura ambiente
- Temperatura media de las paredes del ambiente
- Humedad Relativa (HR)
- Velocidad del aire.

El **confort lumínico** está determinado por la cantidad y calidad de la iluminación natural y/o artificial en relación a la actividad humana que se desarrolla en cierto espacio.

El **confort acústico** está determinado por el nivel de presión sonora, el tipo de ruido, el tiempo de reverberación, en relación a la actividad humana que se realiza un espacio determinado de un edificio.

El confort respecto a condiciones de **calidad del aire** del interior de edificios se refiere a impedir la presencia de un ambiente contaminado con diversas partículas nocivas para el ser humano como también mantener condiciones de olor aceptables.

4.2 El confort térmico

El confort térmico se consigue por medio de combinaciones de las variables mencionadas anteriormente. En todo caso, es este efecto combinado el que incide sobre el cuerpo humano, siendo el resultado final el que más interesa.

El equilibrio térmico del cuerpo humano es un balance dinámico entre el calor producido (como resultado del nivel metabólico) y la pérdida de calor por efecto de la convección, conducción, radiación y evaporación hacia o desde el ambiente.

Para crear confort térmico y mantener los niveles necesarios de calidad de aire interior en cualquier ambiente, hay que contar con ventilación. Los sistemas de ventilación proveen las cantidades necesarias de aire fresco y por medio de estos se controla su cantidad, velocidad, calidad y condiciones térmicas.

4.2.1 Límites de confort

Hay dos maneras de establecer los límites de confort humano. Una forma aproximada para relacionarlo con los datos climáticos y uno más preciso para determinar por ejemplo las temperaturas de consigna de un edificio real.

En cualquier caso, Givoni, B. (1998) afirma que el usar cualquier estándar (ASHRAE¹ por ejemplo), basado en un índice de confort puede conducir al uso de edificios con aire acondicionado, que consumen bastante energía, aún en casos en que desde el punto de vista psicológico no es realmente necesario. Incluso en edificios con aire acondicionado mecánico, el uso de estándares universales puede causar un gasto innecesario de energía para calefaccionar o enfriar el edificio a niveles de temperaturas y humedades que no se justifican para las necesidades reales de la población local.

Los edificios que no usan aire acondicionado no se pueden regir por estos estándares, ya que la experiencia y expectativas de los usuarios acepta un rango mayor de condiciones climáticas de las que ofrece un edificio con aire acondicionado, por ejemplo, si la temperatura va desde 20 °C a 26 °C durante el día. Lo mismo ocurre con la velocidad del aire, que puede llegar a 2 m/s, que es una velocidad a la que la gente está acostumbrada en edificios de este tipo.

Por otra parte, los índices convencionales de confort asumen, en una situación dada, condiciones fijas en términos de vestimenta y actividad. Sin embargo, las personas que habitan edificios sin aire acondicionado pueden ajustarse a cambios diurnos y estacionales en el clima interior por varios métodos de adaptación: abriendo y cerrando ventanas, modificando su vestimenta, postura, actividad, etc.

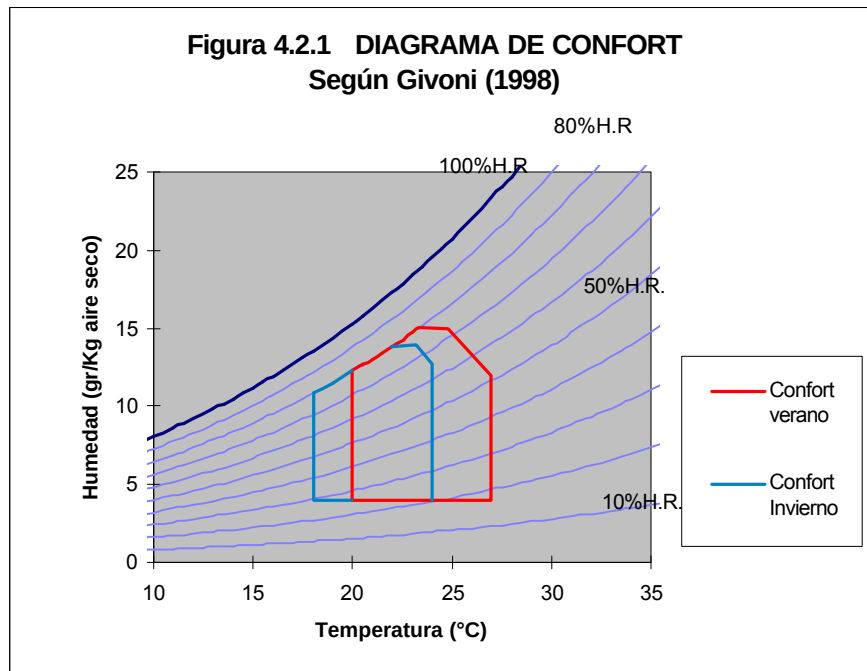
La diferencia entre condiciones interiores en edificios con y sin aire acondicionado deberá estar reflejada en las cartas de confort, especificando límites de climas interiores aceptables para edificios sin aire acondicionado y límites de aplicabilidad de diversas estrategias de diseño de edificios y sistemas pasivos. El estrecho rango de temperaturas especificado por el ASHRAE Handbook sugiere la necesidad de enfriar el aire en situaciones donde la ventilación natural podría proveer condiciones interiores aceptables.

A Givoni le parece que es básicamente imposible tener índices y estándares “universales” de confort. Los países y regiones dentro de los mismos con diferentes climas tendrán que desarrollar índices y estándares tomando en cuenta la aclimatación de la población, así como los niveles de vida y sus experiencias ambientales.

En el caso de Chile no existen estudios que hayan permitido concluir cuales son las condiciones ambientales que ofrece confort a las personas, según niveles de actividad, clima, situación social y otras variables que en éstas puedan influir.

Dado lo anterior, se han considerado las condiciones de confort establecidas por Givoni como las aceptables para el país. Estas condiciones se muestran en la carta psicrométrica de la Figura 4.2.1.

¹ ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers



Este diagrama de Givoni (1998) presenta los rangos de temperatura consideradas como de confort para las personas, según el contenido de humedad del ambiente, medido éste en términos absolutos o relativos.

Se observa en el diagrama que la máxima temperatura de confort alcanza los 26°C cuando se está entre aproximadamente un 18% y un 50% de humedad relativa: Sobre esta última humedad relativa la temperatura disminuye a medida que aumenta la humedad relativa hasta aproximadamente 23 °C cuando se alcanza un 80% de humedad relativa. Es esta humedad relativa la que Givoni considera como máxima para condiciones de confort. Otros autores pueden diferir de ésta pero en ningún caso se llega a valores inferiores a 70% como humedad relativa máxima de confort.

En cuanto a la temperatura mínima de confort, Givoni supone 20°C para períodos de verano, pudiendo esta temperatura disminuir a 18°C en períodos de invierno, tal como se muestra en el diagrama de la figura 4.4.1.

4.3 Calidad del aire y ventilación

La calidad del aire exterior va a influenciar las condiciones interiores y es necesario tener precaución ante el uso del aire exterior no tratado. Esto es especialmente importante en las grandes ciudades, donde el aire está contaminado con partículas y gases. Los estándares de salud pueden imponer límites al uso del aire exterior no filtrado, que podría limitar la efectividad de la ventilación natural e influenciar las condiciones de confort de edificios dotados de este tipo de ventilación.

La alternativa del uso de ventilación mecánica y sistemas de aire acondicionado pueden ser usados para limpiar el aire exterior de las partículas, aunque no de los gases. Naturalmente estos sistemas aumentarán el consumo de energía y el gasto operacional del edificio. Además los sistemas de filtros necesitan una continua mantención.

La calidad del aire al interior de los recintos es importante pues debe evitar que las personas se vean afectados por los riesgos de la presencia de aire contaminado con diversas sustancias.

El confort relacionado con la calidad del aire interior es uno de los factores directamente relacionados con el uso racional de energía pues la renovación del aire implica el uso de ventilación natural o mecánica.

Para efectos de mantener una calidad de aire interior dentro de una calidad aceptable, tal que en éste se haya limitado o suprimido las fuentes de polución se estima que debe existir una renovación de aire de aproximadamente 20 m³/h por persona como mínimo, dentro de locales donde no se permita fumar. En el Anexo 1A-1 se entregan recomendaciones sobre renovación de aire en diferentes tipos de recintos.

El movimiento de aire debe ser manejado con cierto cuidado, ya que existe una influencia directa entre la velocidad del aire y el confort del ocupante. Se considera que un movimiento entre 0,1 m/s y 0,3 m/s no afecta al confort de las personas en un recinto. (Lechner, 1991)

4.4 Iluminación

El ambiente lumínico es obviamente uno de los aspectos importantes que queda determinado por el diseño arquitectónico, el cual incide tanto en la aptitud para realizar tareas visuales como en el consumo energético del edificio. A su vez, el diseño permite realzar u ocultar vistas que valorizan los espacios y crean ambientes interiores más gratos para sus ocupantes.

La disponibilidad de iluminación artificial posibilita ilimitadas alternativas de diseño, liberando la dependencia entre las superficies de trabajo y las aberturas de fachada, pero agregando el costo de mayores inversiones y consumo de energía. Por lo tanto, el desafío que se plantea es lograr la máxima utilización de luz natural, aprovechando la valiosa abundancia y variabilidad de este recurso en la mayor parte de Chile.

Sin embargo, la luz natural presenta fuertes variaciones en cantidad, ángulo de incidencia y distribución para los diferentes lugares, horas del día y época del año, lo que dificulta su utilización y hace necesario un conocimiento detallado de las condiciones locales.

Por lo tanto, los métodos de diseño deben considerar 1) las condiciones lumínicas óptimas para las funciones proyectadas, 2) la disponibilidad de luz natural, 3) los recursos de iluminación artificial, 4) las alternativas de ventanas y su eficiencia, 5) las formas de control manual y 6) las formas de control programado de los sistemas de iluminación.

4.4.1 Confort visual

El confort visual determina los requerimientos de iluminación de un recinto. El objetivo es lograr la cantidad, dirección y color de la luz adecuados al uso proyectado del lugar, sin generar disconfort y permitiendo variaciones entre diferentes zonas y para diferentes horarios.

La iluminación insuficiente o inadecuada es causa de cansancio, dificultad visual, dolores de cabeza, irritabilidad y otros efectos subjetivos. También aumenta los errores y accidentes, por lo cual existen recomendaciones sobre niveles mínimos para diferentes tareas.

Los niveles se miden como la cantidad de energía lumínica incidente (iluminancia) sobre la superficie de trabajo, generalmente a 80 cm sobre el nivel de piso. Una iluminancia de 2000 lux es confortable y adecuada para realizar la mayoría de las tareas visuales. Sin embargo, para un uso eficiente de energía es importante conocer el valor mínimo para que cada tarea pueda ser realizada sin desmedro ni disconfort. Algunos valores típicos se muestran a en la Tabla 4.4.1 a:

Tabla 4.4.1.a.

Recinto	Iluminancia mínima (Lux)
Circulaciones, baños	100-150
Restaurantes, cafeterías	200
Bibliotecas, salas de clases	300
Oficinas generales	500
Talleres	500
Laboratorios	500
Dibujo	500-750
Tareas de alta precisión	1500

Fuente: McNicholl, A. y J.O. Lewis (1994)

El color o tonalidad de la luz es también un factor importante de la calidad lumínica, uno de los aspectos en que las fuentes de luz artificial presentan deficiencias. La luz natural es una mezcla compuesta de toda la gama de colores visibles y, por lo tanto, posibilita el reconocimiento detallado de colores. Esta propiedad cromática es indispensable para realizar tareas de alta discriminación visual, pero también aumenta el confort en tareas menos exigentes y requiere menores niveles de iluminancia.

La fuentes artificiales concentran su eficacia en algunos colores específicos, por lo cual son menos adecuadas como única forma de iluminación en lugares de trabajo. Esta característica se mide mediante el factor de rendimiento de color o índice de reproducción cromática, que asigna un valor 100 a las fuentes incandescentes.

Por otra parte, la luz blanca puede ser más o menos cálida, lo cual se evalúa mediante la temperatura de una fuente incandescente de color similar. Por ejemplo, a la luz natural le

corresponde una temperatura de color de 6.000 Kelvin (K) y a las ampollitas incandescentes comunes les corresponde una temperatura de color de 2.700 K.

Otro aspecto subjetivo importante de la luz natural es que nos indica el ciclo diario, que a su vez orienta los ciclos metabólicos. Por lo tanto, es conveniente para cualquier espacio interior que exista contacto con la luz natural para percibir sus variaciones. También es importante este contacto visual para permitir cambiar la distancia focal entre objetos próximos y distantes, lo cual reduce la fatiga visual y el discomfort por ausencia de referencias del exterior.

Así como los cambios graduales del ambiente lumínico durante el día son favorables para el confort visual, los cambios bruscos de intensidad producen deslumbramiento. Este efecto ocurre, por ejemplo, al cambiar el campo visual desde la superficie de trabajo hacia una ventana, debido a que la adaptación a diferentes niveles lumínicos puede tomar varios minutos. En consecuencia, la iluminación excesiva, superficies brillantes, reflejos y contrastes también afectan el confort visual. (Ver Tabla 4.4.1.b)

Tabla 4.4.1.b.

Contraste de campos visuales	Relación de luminancias
Fondo de tarea visual: Iluminancia ambiental	3:1
Fondo de tarea visual: Periferia de la tarea	10:1
Fuente luminosa: Periferia de la fuente	20:1
Rango total de luminancia interior	40:1

Fuente: McNicholl, A. y J.O. Lewis (1994)

5. METODOS DE APOYO AL DISEÑO CONCEPTUAL

Distintos son los métodos de análisis que permiten un primer acercamiento para el diseño arquitectónico de edificios en que se consideren variables climáticas y requerimientos de confort de los usuarios.

Es posible encontrar en la bibliografía tablas y gráficos de variables climáticas con el objeto que se tengan en cuenta en el diseño conceptual de edificios, sin embargo esta información por si sola no significa un gran aporte a esta parte del proceso. Se requiere al menos buscar asociaciones entre el clima, el confort térmico y diferentes estrategias arquitectónicas para alcanzar este confort con un mínimo gasto de energía. Nace así la carta bioclimática, cuya primera versión fue propuesta por Víctor Olgyay en 1963 (Olgyay, 1963).

5.1 Carta bioclimática de Olgyay

Víctor Olgyay fue el primero que propuso un procedimiento sistemático para adaptar el diseño de edificios a las necesidades humanas considerando las condiciones climáticas. El método se basa en un diagrama bioclimático en el que se destaca la zona de confort en relación con la temperatura media ambiente, la humedad relativa del aire, la temperatura radiante media, la radiación solar y el enfriamiento evaporativo (García Arroyo, A. y otros. 1983)

Esta carta tiene la humedad relativa (HR) en el eje de las abscisas y la temperatura de bulbo seco (TBS) como ordenada. (Ver figura 5.1). En el centro de la carta podemos encontrar la zona de confort de verano dividido en rangos deseables y practicables. La zona de confort de invierno está desplazada hacia menores temperaturas. Cualquier condición climática definida por su TBS y HR puede ser representada en esta carta. Si el punto representado se ubica dentro de la zona de confort quiere decir que se estará confortable a la sombra. Si por el contrario, se ubica fuera de ella, se necesitarán medidas correctivas.

Si el punto está más arriba que el perímetro superior la zona de confort, se necesitará ventilación. Dado que el viento puede establecer la sensación de confort y equilibrar las altas temperaturas, éste se encuentra graficado en las líneas paralelas más próximas al límite superior del perímetro de la zona de confort. Los números indican las necesidades de velocidades de viento en valores m/seg.

Si la temperatura es alta y la humedad relativa es baja, se tendrá un ambiente seco y caluroso y el viento aquí presta sólo una pequeña ayuda. La refrigeración por evaporación es la herramienta con la cual se pueden disminuir las altas temperaturas. Las líneas segmentadas indican los gramos de humedad por Kg de aire seco que se necesitan para reducir las temperaturas al nivel del perímetro superior de la zona de confort

El límite inferior de la zona de confort indica la línea sobre la cual se necesita sombra. Por el contrario, bajo este límite se necesita radiación solar para contrarrestar las temperaturas bajas. La energía necesaria como radiación (cal/h) para restablecer la sensación de confort se encuentra tabulada solamente para condiciones exteriores (Armijo, G. 1974).

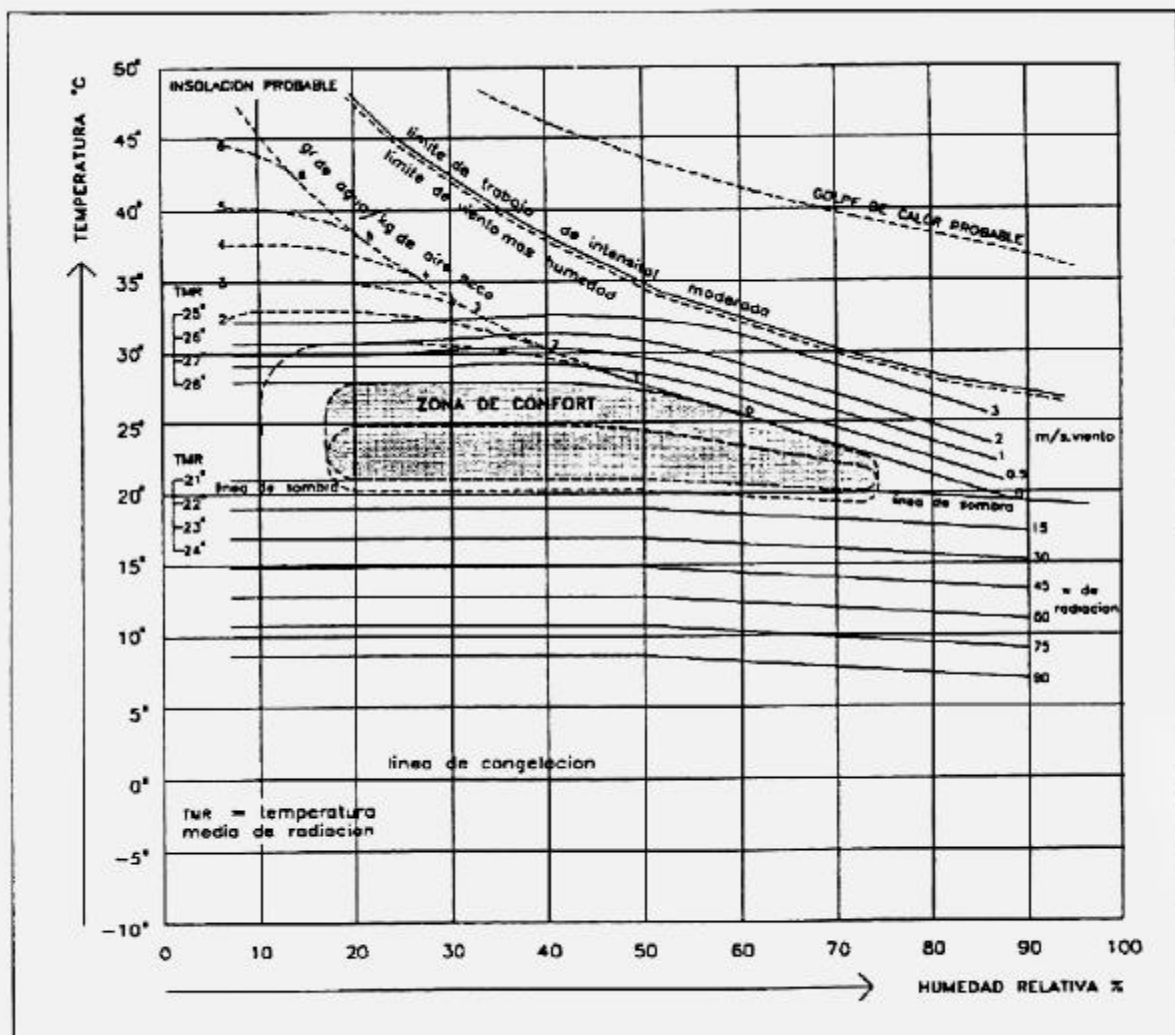
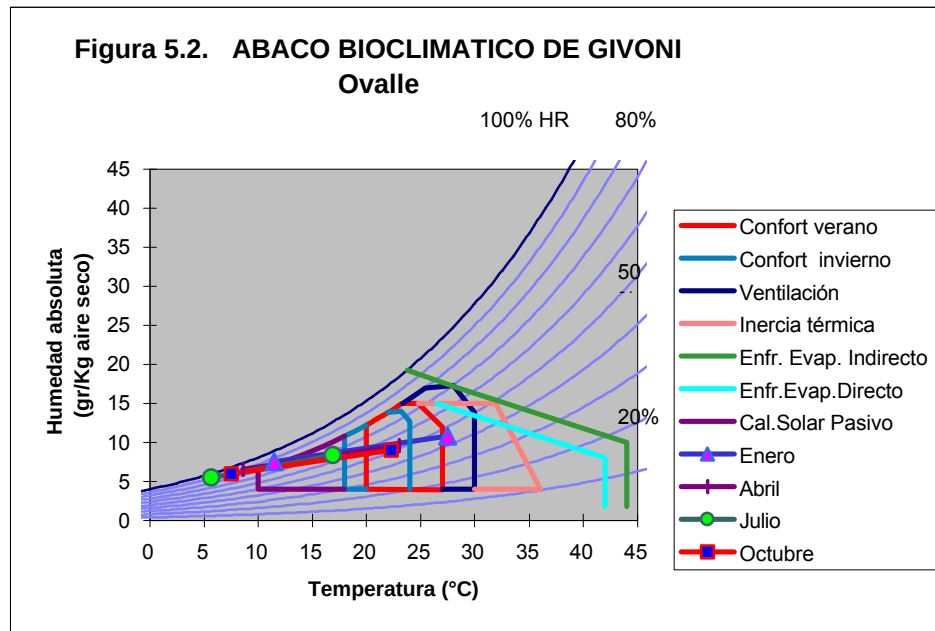


FIGURA 5.1. Carta Bioclimática de Olgyay

5.2 La Carta Bioclimática de Givoni

En 1969 aparece la carta bioclimática de Givoni (B. Givoni, 1969), que consiste esencialmente en ábaco con ejes de humedad del aire absoluta y temperatura de bulbo seco, en el que se han graficado curvas de humedad relativa ambiente. En el ábaco se define una zona de confort dentro de un edificio, entre rangos de temperatura y humedad para un movimiento de aire moderado. El uso de esta carta se ha generalizado a lo largo del tiempo y ha sido usada por investigadores y profesionales en una variedad de países. Por otra parte, su definición original ha variado a través del tiempo, teniéndose las ultimas versiones tan sólo en los últimos años (B. Givoni, 1998).

En esta carta se definen diferentes zonas limitadas por rangos de temperatura y humedad relativa o absoluta. Una de estas zonas corresponde a los límites de confort para las personas. Igualmente se describen zonas asociadas a diferentes estrategias arquitectónicas que Givoni recomienda para efectos de lograr las condiciones de confort. Cada una de estas zonas se indican en la Figura 5.2.



En la carta pueden graficarse la temperatura y humedad relativa ambiental de una determinada localidad, para diferentes meses del año. De acuerdo a como esta información aparece en el ábaco, y en especial cuando se está fuera de la zona de confort, pueden desprenderse de éste las estrategias arquitectónicas preliminares sugeridas por Givoni para que en un determinado edificio se alcance el confort con mínimo gasto energético. La figura 5.2 muestra un ejemplo en el que se han graficado en la última versión de esta carta (Givoni, B. 1998), valores promedios de máxima temperatura y humedad en cuatro meses del año, para la ciudad de Ovalle.

Se desprende de un análisis preliminar que esta ciudad presenta un clima en que existe una alta diferencia entre las temperaturas extremas en el período diario. Ello en los diferentes períodos del año.

En períodos de invierno aparece como recomendable el uso de energía solar pasiva para efectos de intentar alcanzar rangos de temperatura de confort al interior de los edificios. Ello a pesar que la temperatura media mínima en el mes más frío del año, es inferior al límite sugerido por Givoni como para que ello sea totalmente factible. Estas bajas temperaturas probablemente obliguen al uso de sistemas de calefacción durante cierto período del año.

El uso de ciertas estrategias pasivas de aprovechamiento de la energía solar podrán entonces hacer disminuir los gastos de calefacción en invierno. Estas estrategias pueden ser las más

recurrentes y que se refieren por ejemplo al uso de una buena orientación de los edificios, con la mayor cantidad de elementos vidriados al norte. Debe tenerse el cuidado que estas ventanas hacia el norte sean sombreadas durante el período de primavera-verano, de modo de evitar la incidencia sobre ellas de la radiación solar directa, que genere sobrecalentamiento en el interior de los edificios. Dentro de estas estrategias de sombra están los aleros dimensionados correctamente en relación a los ángulos solares de primavera-verano.

Durante períodos calurosos, la temperatura exterior presenta alta variación entre día y noche (o entre las temperaturas extremas). Las máximas superan los rangos de confort aceptables por lo que es necesario agregar a las indicadas estrategias de sombra para ventanas de orientación norte, el evitar elementos vidriados de orientación oriente y poniente. La radiación directa sobre estos elementos provocarán sobrecalentamiento al interior de los edificios producto del efecto invernadero.

De existir elementos vidriados de orientación oriente y poniente, éstos necesariamente deben protegerse de la radiación solar directa en estos períodos del año, haciendo uso de elementos opacos exteriores.

Por otro lado y con respecto a techumbres, éstas deben diseñarse de manera de evitar sobrecalentamiento por radiación sobre la cubierta. Para ello el entretecho debe ser ventilado en verano, disminuyendo así la temperatura en la masa de aire que en él existe. Es recomendable además el uso de elementos que reflejen la radiación bajo la cubierta tales como láminas aluminizadas.

Interesante posibilidad la ofrece el uso de la inercia térmica en períodos calurosos, con el objeto de poder amortiguar las diferencias de temperaturas del período diario. El combinar una alta masa del edificio con ventilación nocturna que posibilite el enfriamiento de ésta, podrá hacer disminuir las altas temperaturas interiores durante el día. Debe considerarse esta posibilidad, especialmente cuando se tengan edificios sin uso nocturno. (Oficinas, escuelas, comercio).

Esta misma inercia térmica puede ser usada en invierno para almacenamiento de calor obtenido por ganancias solares e internas del edificio (equipos, calor de las personas, iluminación), para luego devolverlo al ambiente en momentos de menor temperatura.

Es difícil hacer que con la ayuda de la carta o ábaco bioclimático de Givoni se pueda avanzar mas allá con respecto a recomendaciones conceptuales, lo que no por ello dejan de tener importancia y validez. Por ello se ha propuesto acompañar a este ábaco con información meteorológica tales como viento y precipitaciones. Del mismo modo para el análisis y para proponer estrategias de diseño se requerirá información de radiación solar horizontal a la que se puede agregar valores de radiación solar vertical en diferentes orientaciones (Bustamante, W. 1998-b).

5.2.1 Temperaturas y radiación solar.

Se muestra a continuación información meteorológica de 10 años en Ovalle (Tabla 5.2.1 y Figura 5.2.1), de donde se extrae la información de temperaturas máximas y mínimas graficadas en la carta bioclimática de Givoni mostrada anteriormente (Figura 5.2.1). Ello con el propósito de complementar el análisis que se desprende del ábaco de Givoni.

Tabla 5.2.1 Información meteorológica de Ovalle

	OVALLE	LAT:	30° 36' S
		LONG:	71° 12' O
		ALT:	330 m

MES	10 AÑOS					HUM. REL.		RAD SOL.
	TEMPERATURA					HUM. REL.		RAD SOL.
	MEDIA			EXTREMAS		MEDIA		HORIZ.(*)
	MED. MAX.	MED. MIN.	MED.	EXT. MAX	EXT. MIN	8 h	14 h	kWh/m2 día
ENE	27,5	11,5	19,0	32,2	6,4	85	45	6,98
FEB	27,4	11,9	19,1	35,0	6,6	88	49	6,25
MAR	26,0	10,7	17,4	32,3	4,5	89	49	5,26
ABR	23,0	8,6	14,6	29,9	3,4	89	52	3,74
MAY	19,3	6,8	12,2	28,5	-1,0	90	61	2,81
JUN	17,5	6,6	11,4	31,5	0,5	88	65	2,39
JUL	16,9	5,7	10,4	26,0	-0,4	91	66	2,42
AGO	18,0	5,8	11,0	32,0	-0,5	92	63	3,18
SEP	19,4	6,2	11,8	33,1	0,0	90	56	4,13
OCT	22,3	7,5	14,2	31,0	1,4	88	51	5,80
NOV	24,8	9,3	16,4	32,2	3,5	87	47	6,54
DIC	26,3	10,9	18,1	34,0	6,0	87	47	7,14
AÑO	22,4	8,5	14,6	35,0	-1,0	89	54	4,7

Fuente : Elaboración propia, según datos del Servicio Meteorológico de Chile (1956-1965)

(*): P. Sarmiento. Energía Solar. Aplicaciones e Ingeniería.1995

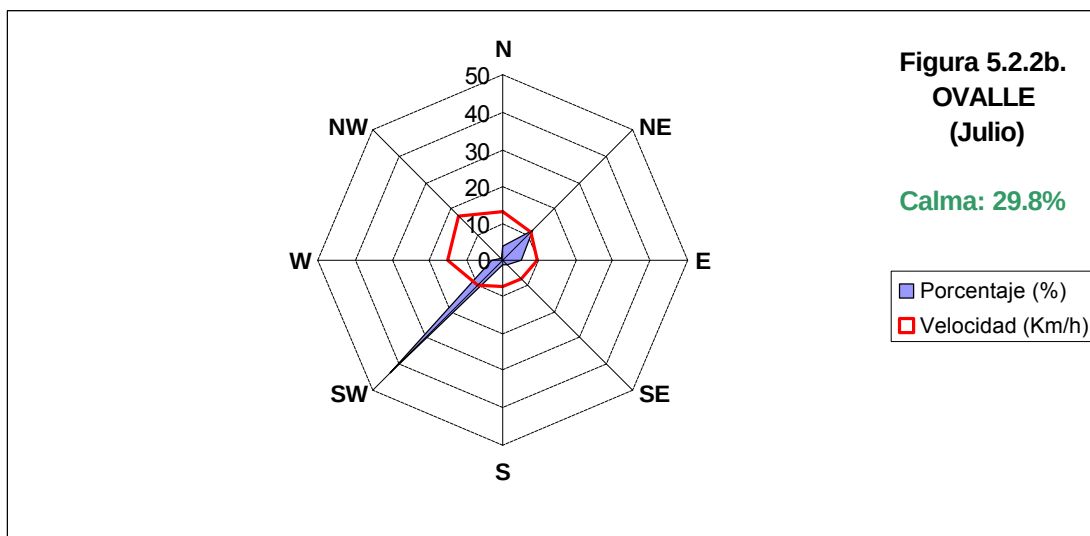
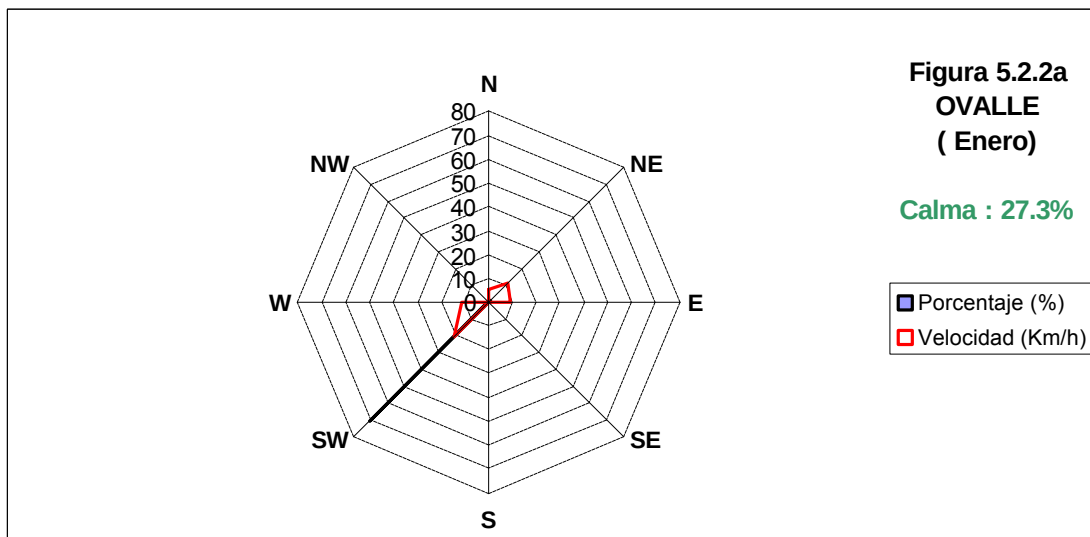
El gráfico muestra claramente las variaciones diarias de temperaturas, ya comentadas. Además confirma el hecho de la existencia de bajas y altas temperaturas (en períodos fríos y calurosos respectivamente) al observar los valores extremos de ésta.

La radiación solar disponible confirma el hecho de que una estrategia posible para alcanzar el confort en invierno es el uso del diseño solar pasivo en edificios. Ello acompañado con el uso de inercia térmica , como ya se ha señalado.

5.2.2. Estadísticas de viento.

Sin duda que una información importante de disponer son las estadísticas de viento, incluidas su velocidad y direcciones predominantes, de donde se pueden desprender importantes recomendaciones para el diseño de edificios en lo referente a aspectos estructurales como en lo relacionado con el ambiente interior de éstos y su comportamiento térmico.

De las estadísticas de viento (en este caso de 10 años) se pueden obtener “rosas de viento” como la que se muestra a continuación (Figuras 5.2.2.a y 5.2.2.b) y que pueden ser elaboradas para diferentes meses del año.



Se observan vientos predominantes de dirección SW (Dirección desde donde proviene el viento) y con velocidades relativamente altas, especialmente en el mes de Enero, cuestión que puede ser utilizada positivamente para efectos de ventilación o enfriamientos nocturnos en edificios de uso diurno.

5.2.3 Precipitaciones y humedad relativa

Por otra parte cabe mencionar la importancia de datos de precipitaciones por cuanto de éstos se desprenderán recomendaciones para un buen comportamiento de edificios. La combinación de datos de precipitaciones y viento son relevantes para ciertas medidas a considerar en los edificios con el fin de evitar problemas de infiltraciones de agua a través de techumbres y paramentos verticales.

La Tabla 5.2.3 muestra estadísticas de precipitaciones de Ovalle. Sin duda que para esta ciudad no es éste un problema de importancia como lo puede ser de la zona central al sur.

Sin embargo, las precipitaciones máximas de 24, 48 y 72 horas para un período de retorno de 10 años son de 70,3; 88,5 y 95,4 mm respectivamente, lo que obliga a algunas precauciones en el diseño de edificios, en especial con el uso de canales para las bajadas de agua desde techumbres.

Tabla 5.2.3 Precipitaciones de Ovalle

N°	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO	N° años	Periodo
9	Ovalle	/	1,8	1,1	2,9	28,7	35,7	24,1	21,7	4,0	3,2	0,7	1,8	126	30	1931-1960*

* Valores Normales (Fascículo II Pluviometría de Chile OMC)

/ : No existe información.

Finalmente, de datos de humedad relativa (H.R.) y temperatura ambiente exterior (Tabla 5.2.1) y teniendo en consideración los rangos de temperatura y H.R. de confort al interior de los edificios y la producción de humedad en éstos, podrán desprenderse recomendaciones para evitar o disminuir riesgos de condensación en la superficie y al interior elementos de la envolvente.

Las Normas chilenas NCh 1973 Of 87 y NCh 1980 Of 88 contienen los métodos de cálculo de riesgos de condensación superficial e intersticial en elementos de la envolvente de edificios, los que están contenidos en el software TERHUME sobre cálculos higrotérmicos en edificios. (Bustamante, W. y otros, 1998)

5.3 Método de Mahoney (Naciones Unidas)

Un segundo método de apoyo al diseño conceptual es el método de Carl Mahoney orientado originalmente a zonas climáticas tropicales húmedas pero que ha sido adaptado (Armijo, G.

1974) para ser usado en otros climas como los existentes en Chile. Este método también permite recoger estrategias preliminares para el diseño arquitectónico, teniendo en consideración distintas variables climáticas. Una de las ventajas del método es que es posible usar en él datos meteorológicos fácilmente disponibles. Las estrategias resultantes tienen que ser corregidas, ampliadas y cotejadas con otros métodos para llegar finalmente a pautas de diseño confiables.

La aplicación del método en las zonas climáticas estudiadas se encuentran en los tomos 2, 3, 4 y 5.

El método consiste en llenar un conjunto de tablas con información meteorológica, a partir de las cuales posteriormente se desprenden las primeras aproximaciones para un diseño arquitectónico en el que el clima habrá de tener una importante incidencia.

A continuación se describe y explica cada uno de los pasos que se necesitan para el método.

5.3.1 Descripción del método de Mahoney

Los pasos que se necesitan para completar las tablas indicadas son los siguientes:

5.3.1.1. Tablas

TABLA N°1: Temperatura del Aire

- Registro de la temperatura media máxima y mínima mensual.
- Registro (a la derecha de la tabla) la más alta de las temperaturas máximas medias mensuales y la más baja de las temperaturas mínimas medias mensuales.
- Encontrar la temperatura media anual (TMA) por medio de la máxima media y la mínima media y dividiendo por 2. Poner el resultado en el casillero marcado TMA a la derecha de la Tabla 1.
- Encontrar el “rango medio mensual” (R.M.M.) de las temperaturas, deduciéndolo de la media mensual mínima y de la media mensual máxima y anotando los resultados para cada mes en cada línea de la Tabla 1.
- Encontrar el “rango medio anual” (RMA) de temperaturas deduciéndolo por medio de la media mínima y media máxima mensual y anotándolo en el casillero marcado RMA.

TABLA N°1

TEMPERATURA DEL AIRE (°C)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MAS ALTA	TMA
PROMEDIO MAX. MENS.														
PROMEDIO MIN. MENS.														
RANGO PROMEDIO MENS.													MAS BAJA	RMA

TABLA N°2: Humedad relativa, Lluvia y Viento

- Registro de la Humedad relativa media máxima y media mínima mensual (HR) para cada mes. (Lecturas de muy temprano en la mañana y en la tarde).
- Registro de promedio de humedad relativa para cada mes.
- Anotar el siguiente “grupo de humedad” (G.H.) para cada mes usando el número asignado en la tabla siguiente:

Promedio HR	Grupo Humedad	
Hasta un 30%	1	Seco
Entre 31 – 50%	2	Regular Seco
Entre 51 – 70%	3	Regular Húmedo
Sobre 70%	4	Húmedo

- Registro de la lluvia caída mensual en milímetros y sumarlos para encontrar la caída de lluvia anual.
- Registro, para cada mes, del viento que prevalece y del viento secundario seleccionados del 1° y 2° peak de frecuencia. (Los puntos N, NNE, NE, ENE, etc., son suficientes).
- Registros de la radiación solar media mensual.

HR%		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Año
MAX. MEDIA MENSUAL (A.M.)														
MIN. MEDIA MENS. (P.M.)														
GRUPO DE HUMEDAD														
PRECIPITACIONES														
VIENTO	Prevalente													
	Secundario													
RADIACION SOLAR MEDIA (kWh/m ²)														

TABLA N°3: Diagnostico del Esfuerzo Climático

- Repetir en esta tabla para cada mes los grupos de humedad de la tabla 2.
- Anotar la TMA de la Tabla 1.
- Anotar los límites de confort del día y de la noche tomados de la carta sobre límites de confort, usando el apropiado grupo de humedad y relevando el rango de TMA:

LIMITES DE CONFORT¹

Promedio HR%	GH	TMA Sobre 18°C		TMA Bajo 18°C	
		Día Temp (°C)	Noche Temp (°C)	Día Temp (°C)	Noche Temp (°C)
0-30	1	26-34	17-25	21-20	12-21
30-50	2	25-31	17-24	20-27	12-20
50-70	3	23-29	17-23	19-26	12-19
70-100	4	22-27	17-21	18-24	12-18

- Comparar la máxima mensual con los límites diurnos de confort y comparar la mínima mensual con los límites de confort por la noche y anotar los siguientes símbolos dentro de las dos últimas líneas de la tabla 3, como la razón de esfuerzo térmico (día y noche).

Sobre los límites de confort: C (caliente)
 Dentro de los límites de confort: — (confort)
 Bajo los límites de confort: F (frío)

TABLA N°3

DIAGNOSTICO DEL ESFUERZO TERMICO

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Grupo de Humedad													
Temperatura (°C)													
MAX. MEDIA MENS.													
Confort Diurno	MAX.												
	MIN.												
Esfuerzo Térmico													
Día													
Noche													

¹ Estos límites de confort fueron discutidos y consensuados por el grupo consultor.

TABLA N°4

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Humedad													
H1 movimiento de aire deseable													
H2 problemas de condensación exterior													
Temperatura													
A1 problemas de diferencias de temperaturas													
A2 problemas de estaciones frías													
A 3 movimientos de aire deseable con aire seco													
Vientos													
V0 predominancia de calma													
V1 problemas de viento mantenido													
V2 problemas de vientos máximos													
Precipitaciones													
P0 ausencia de precipitaciones													
P1 precipitaciones de menos de 100 mm mensuales													
P2 precipitaciones de más de 100 mm mensuales													
Radiación solar													
R0 radiación baja													
R1 problemas de radiación													

INDICADORES

Ciertos grupos de síntomas del esfuerzo térmico indican la solución que el diseñador puede tomar. Nos referimos a ellos como indicadores. Ellos tienden a estar asociados a las condiciones de humedad o aridez. Un indicador por sí sólo no conduce automáticamente a una solución. Las recomendaciones pueden plantearse sólo después de sumar los indicadores durante un año entero y completar la Tabla 4.

- INDICADORES DE HUMEDAD:

H₁ indica que el movimiento del aire es deseable. Se aplica cuando las temperaturas están dentro de la zona de confort (esfuerzo térmico = -) o más altas (esfuerzo térmico = C) y existe una humedad alta (GH = 4).

H₂ indica problemas de precipitación exterior sobre la envolvente en las noches. Se aplica cuando las temperaturas son bajas en las noches (esfuerzo térmico nocturno = F) y las humedades son altas (GH = 4).

- INDICADORES DE TEMPERATURA:

A₁ indica una necesidad de inercia térmica. Se aplica cuando un gran intervalo de variación (10°C o más) diario coincide con una humedad moderada o baja (GH = 1,2 ó 2).

A₂ indica problemas de estaciones frías y riesgos de condensación en el ambiente interior. Esto ocurre cuando la temperatura diurna cae por debajo del límite de confort (esfuerzo térmico = F). Este riesgo de condensación es mayor mientras más altas son las humedades de la pieza, y existen grandes intervalos de variaciones de temperatura entre día y noche (10 °C o más).

A₃ indica que la brisa es deseable. Se aplica cuando las temperaturas están dentro de la zona de confort (esfuerzo térmico = -) o más altas (esfuerzo térmico = C) y existen humedades bajas o moderadas GH = 1, 2 ó 3, combinadas con una radiación global alta (R₁).

- INDICADORES DE VIENTO:

V₀ indica ausencia de viento. Predomina la calma.

V₁ indica problemas de viento predominantes sostenidos (por ejemplo en regiones costeras).

V₂ indica problemas de vientos muy fuertes (con máxima de 50 km/h o más).

- INDICADORES DE PRECIPITACIONES:

P₀ indica ausencia de precipitaciones. Menos de 40 mm al año.

P₁ indica precipitaciones de menos de 100 mm mensuales.

P₂ indica necesidad de protección contra lluvia o nieve. Los problemas pueden surgir con precipitaciones bajas, pero son inevitables cuando éstas se exceden de las 100 mm mensuales.

- INDICADORES DE RADIACION SOLAR:

R₀ indica radiación global muy baja (menos de 3,0 kWh/m² día mensual).

R₁ indica problemas de excesiva radiación solar (más de 4,5 kWh/m² día mensual).

Sumario de recomendaciones para etapa de diseño de proyecto.

TABLA N°5

Humedad		Temperatura			Vientos			Precipitaciones			Radiación		↓ RECOMENDACIONES
H1	H2	A1	A2	A3	V0	V1	V2	P0	P1	P2	R0	R1	
													← Indicadores
													Orientación, Emplazamiento y Forma
													1. Edificios con ejes mayor en el sentido oriente-poniente.
													2. Plantas con ejes iguales desarrolladas alrededor de patios
													Espacios Intermedios
													3. Desarrollo máximo de espacios intermedios abiertos
													4. Desarrollo medio de espacios intermedios semiabiertos
													5. Planta compacta
													Movimiento de aire
													6. Uso de sistemas de crujía simple que permita la ventilación cruzada
													7. Uso de sistemas de 1 crujía y 2 crujías
													8. No requiere ventilación
													9. Sistemas especiales si se requiere ventilación y hay problemas de vientos máximos
													Aberturas
													10. De tamaño medio (25% a 40% de los muros N y S)
													11. Pequeñas (menos de 25%)
													Muros
													12. Livianos, tiempo de retardo breve
													13. Pesados
													Techos
													14. Livianos, tiempo de retardo breve
													15. Pesados
													Protección de lluvia
													16. Se necesita protección contra la lluvia fuerte
													17. Se necesita protección contra la humedad exterior
													18. Se necesita protección contra la lluvia escasa
													Calefacción
													19. Se deberá proveer de calefacción a los recintos

Orientación, emplazamiento y forma

- 1.- Los edificios deberán orientarse con un eje mayor en el sentido este-oeste con las fachadas mayores mirando hacia el norte y sur para reducir la exposición al sol, si se requiere una inercia térmica durante menos de 8 meses ($A_1 = 0$ a 7) incluyendo más de 4 meses de invierno ($A_2 = 5$ a 12). Los edificios pueden girarse un poco para aprovechar las brisas principales (ver recomendaciones N° 6 y las direcciones del viento para los meses de humedad altas en tabla 2) o permitir la limitada radiación solar durante la estación de invierno (A_2)
- 2.- Los edificios estarán proyectados alrededor de pequeños patios, si se requiere inercia térmica (A_1) para 11 ó 12 meses y la estación fría (A_2) dura menos de 5 meses.

Espacios intermedios:

- 3.- Los edificios estarán bien espaciados para permitir la entrada de brisas, si el movimiento del aire (H_1 ó A_3) es deseable para más de 5 meses. Si hay problemas de radiación excesiva por más de 6 meses ($R_1 = 6$ a 12) y si existe estación fría, pero por no más de 4 meses ($A_2 = 0$ a 4).

Los edificios estarán proyectados también para dar protección contra los vientos que acarrear polvo o calor (Ver tabla 3 para condiciones y tabla 2 para dirección de viento). Por otra parte, el proyecto deberá desarrollar espacios habitables al aire libre (balcones, terrazas, etc.) como expansiones de la vida interior, especialmente si predomina la calma ($V_0 = 4$ a 12).

- 4.- Si el movimiento de aire es deseable (H_1 ó A_3 de 2 a 7 meses y A_2 de 2 a 4 meses), las recomendaciones serán como las del punto 3, pero se deberá tener cuidado de orientarlos de manera de evitar los vientos en la estación fría. El proyecto podrá también contemplar la creación de espacios habitables exteriores que se usarán estacionalmente (terrazas, emparronados, etc.) pero estos espacios deberán protegerse en los períodos de mucha radiación ($R_1 = 3$ a 12).
- 5.- Los proyectos compactos son esencialmente si el movimiento de aire (H_1 ó A_3) se necesita para no más de 2 meses y la estación fría (A_2) dura más de 4 meses. Y si hay una ausencia de radiación por más de 5 meses ($R_0 = 6$ a 12) o un exceso de ella por más de 7 meses ($R_1 = 8$ a 12).

Movimiento del aire:

- 6.- Los edificios deberán tener crujías simples, con aberturas en las fachadas N. y S. Si el movimiento de aire es necesario entre 1 y 12 meses (A_3 ó $H_1 = 1$ a 12) y no hay disponibilidad de viento ($V_0 = 4$ a 12) pues será la única manera de proveer al edificio de una ventilación cruzada, que será provocada por fenómenos de convección.
- 7.- Si hay necesidad de movimiento de aire (A_3 ó $H_1 = 1$ a 12) y existe una disponibilidad de viento ($V_1 = 2$ ó más), se podrá usar el sistema de doble crujía, siempre que se deje alguna posibilidad de ventilación cruzada. De todas maneras, este sistema tendrá otros inconvenientes (se deberá orientar el edificio obligadamente en un sentido E-O) y la solución de ventilación será menos eficiente que la producida en edificios de crujía simple. Por lo tanto, se recomienda usar esta solución como muchas precauciones – aleros, protectores solares, loggias, muros vegetales, etc.– y con menor frecuencia.
- 8.- Si no se requiere ventilación natural o se ha previsto una ventilación forzada, (H_1 $A_3 = 0$ a 2) podrá usarse con mayor libertad el sistema de crujía doble, con los inconvenientes ya expuestos en el punto anterior.
- 9.- Se requerirán sistemas especiales de refuerzo de estructura de ventanas y de descompresión cuando existan problemas de vientos máximos ($V_2 = 1$ a 12).

Aberturas de muros:

- 10.- En general, es recomendable usar tamaños medios de aberturas, entre un 20 a un 40% del área total de muros. Si esto se aplica en las fachadas norte y sur, se evitará la ganancia térmica excesiva por radiación solar directa, facilitará la inercia térmica en casos de grandes diferencias de temperaturas, evitará el flujo térmico desde el interior, las condensaciones interiores de vapor de agua, etc.

Las aberturas en los muros de las fachadas E sólo se recomienda en casos de estaciones frías ($A_2 = 4$ a 12) así como en las fachadas oeste, siendo estas últimas muy convenientes, debido a la fuerte ganancia térmica y al deslumbramiento excesivo que pueden producir en verano. Es recomendable, por lo tanto, proveerlas de un buen protector solar. ($A_1 = 0$ a 8).

- 11.- Se usarán aberturas pequeñas (menos de un 20%) si se necesita una inercia térmica (A_1) para 8 a 12 meses y la estación fría (A_2) es menor de 3 meses.

Muros:

- 12.- Los muros externos podrán ser livianos con una baja capacidad calórica si la inercia térmica se requiere por un período menor de 3 meses ($A_1 = 0$ a 2). Los muros internos deberán ser pesados si la variación anual de temperaturas es alta (sobre 20 °C).

- 13.- Tanto los muros exteriores como los interiores deberán ser pesados y con una alta capacidad calórica si se requiere una inercia térmica (A_1) durante 3 a 12 meses.

Techumbre:

- 14.- Se podrá usar un techo liviano pero muy bien aislado si se necesita acumulación de calor para menos de 6 meses ($A_1 = 0$ a 5).
- 15.- Se usará una techumbre pesada, en caso de ser requerida una inercia térmica (A_1) entre 6 y 12 meses.

Debiera analizarse en cada región la posibilidad de usar techos vidriados, de modo que se considere la radiación solar incidente en períodos de verano. Es posible el uso de techos vidriados siempre y cuando se instalen sistemas de sombra para verano y que existan sistemas de control de la humedad en períodos fríos del año.

Protección de la lluvia o precipitación de humedad exterior:

- 16.- Se necesitarán medidas especiales de protección si la lluvia es frecuente y pesada (P_2) Ej.: grandes pórticos, aleros generosos, patios cubiertos, pendientes adecuadas a la zona y al material de techumbre y grandes bajadas de agua. Igualmente, se tomarán estas medidas y otras (dobles puertas, doubles vidrios, estructura soportante de techos) si hay precipitación de nieve.
- 17.- La envolvente exterior del edificio deberá protegerse en la misma forma que se haría para casos de precipitaciones copiosas y frecuentes si se produce una situación de precipitación del vapor de agua exterior (camanchaca). ($H_2 = 01$ a 12).
- 18.- Deberá proveerse de un techo con pendiente entre 5 y 10% y algunas otras precauciones tales como canaletas, bajadas de agua y aleros si las precipitaciones son entre 40 y 100 mm mensuales ($P_1 = 1$ a 12).

Calefacción:

- 19.- Se deberá proveer a los recintos de una fuente de calefacción estable, que no sea de llama abierta (para no agregar humedad al ambiente interior) y cuando se produzca una estación fría de más de 3 meses ($A_2 = 4$ a 12), o exista la necesidad de inercia térmica (A_1) de 3 a 12 meses, una temperatura media anual bajo 15°C y una ausencia de radiación solar por más de 4 meses ($R_0 = 5$ a 12).

RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ETAPA DE PROYECTO

TABLA N°6

Humedad		Temperatura			Vientos			Precipitaciones			Radiación		↓ RECOMENDACIONES
H1	H2	A1	A2	A3	V0	V1	V2	P0	P1	P2	R0	R1	
													← Indicadores
													Tamaño de aberturas
													1. Medianas, entre un 20 y 40% de los muros
													2. Pequeñas, entre un 10 y 20% de los muros
													3. Medianas, entre un 20 y 40% de los muros
													Posición de las aberturas
													a) Con respecto a la ventilación
													4. Aberturas de los lados barlovento con antepecho a la altura del cuerpo
													5. Aberturas de las fachadas norte.
													b) Con respecto a la orientación
													6. Aberturas en las fachadas norte
													7. Aberturas en las fachadas norte, y eventualmente en las Oriente-Poniente
													Protección de las aberturas
													8. Excluir la radiación solar del interior del edificio
													9. Protección contra la lluvia
													Muros
													10. Livianos
													11. Pesados
													Techo
													12. Livianos y aislados
													13. Livianos y especialmente bien aislados
													14. Pesados
													Tratamiento de superficies exteriores
													15. Adecuado drenaje para el agua
													Pisos
													16. Sobre envigado
													17. Sobre radier.

Recomendaciones para la etapa de diseño de elementos

TABLA N°6

INDICADORES				CONSTRUCCIÓN	Transmitancia térmica	Retardo
R1 4	H1 7	A1 0	A2 5	MUROS	W/m2K	h
			0-2	Livianos	2.5	3
			3-12	Livianos aislados	1.2	3
			0-2	Livianos	2.0	8
			3-12	Pesados aislados	0.9	8
				TECHOS		
		0-4	0-2	Livianos	2.0	3
		0-4	3-8	Livianos aislados	0.8	3
		5-12	0-2	Pesados, ventilados	2.0	8
		5-12	3-8	Pesados, aislados, ventilados en verano	0.8	8
			9-12	Muy aislados	0.5	5
	8-12			Bien ventilado		
7-12				Aislado, reflectante	0.8	

Tamaño de las aberturas:

- 1.- Se usará un tamaño mediano de aberturas cuando no se requiere inercia térmica o se requiere por poco tiempo ($A_1 = 0$ a 4), existe una estación fría ($A_2 = 4$ a 12). Estas aberturas deberán ser entre un 20 a un 40% de la superficie total de muros y orientadas de modo de dejar penetrar el sol durante los meses de invierno.
- 2.- Se usará un tamaño pequeño de aberturas cuando se requiera mucho tiempo de inercia térmica ($A_1 = 9$ a 12) y la estación fría dura menos de 4 meses ($A_2 = 0$ a 3). Alrededor de un 10 a un 20% del área del muro será suficiente. Hay que tener un cuidado especial en prevenir la penetración del sol al interior durante la estación calurosa.
- 3.- Si se requiere una inercia térmica por más de 6 meses y existe una larga estación fría ($A_2 = 6$ a 12) las aberturas serán de un tamaño medio (de un 20 a un 40%) para permitir la entrada del sol durante los meses fríos.

Posiciones de las aberturas:

Con respecto a la ventilación:

- 4.- Se usarán aberturas en los lados barlovento con antepechos a la altura del cuerpo cuando el flujo de aire es deseable por menos de 9 meses ($A_1 = 0$ a 8) y existe una necesidad de inercia térmica por menos de 8 meses ($A_1 = 0$ a 8), todo esto, además, coincidiendo con humedades altas ($GH = 3$ ó 4).
- 5.- Si prevalecen las condiciones anteriores, pero combinadas con humedades bajas ($A_3 = 0$ a 8), se usarán aberturas en las fachadas norte.
- 6.- Cuando existen problemas de estaciones frías ($A_2 = 0$ a 6).
- 7.- Se proyectan aberturas en las fachadas Norte y eventualmente en las O y P, cuando existen problemas de estaciones frías ($A_2 = 6$ a 12) combinado con una necesidad de radiación solar ($R_0 = 0$ a 8).

Protección de las aberturas:

- 8.- La radiación solar se excluirá del interior del edificio si la estación fría dura menos de dos meses ($A_2 = 0$ a 2). A la inversa, cuando el invierno dura más de dos meses ($A_2 = 2$ a 12), se puede permitir la entrada de radiación durante esos meses y excluirla por el resto del año. Esto se puede obtener por medio de aleros o protectores especiales de sol. Existen métodos para diseñar apropiadamente estos protectores. ($R_1 = 4$ a 12)
- 9.- Se necesitará una protección efectiva contra la lluvia si hay más de 100 mm de lluvia al mes ($P_1 = 1$ a 12). Los aleros amplios darán alguna protección, pero la lluvia pesada está frecuentemente acompañada por un viento fuerte que empuja el agua a través de los resquicios de las ventanas aún cuando están protegidas por éstos y por persianas. Se deberá, por lo tanto, tener especial cuidado en el diseño de juntas de ventanas sometidas a este régimen de lluvias. También se deberán proteger las ventanas si hay precipitación de humedad exterior ($H_2 = 1$ a 12).

Muros:

- 10.- Se usarán muros exteriores livianos cuando se necesite una inercia térmica por menos de 3 meses en estación fría. Se podrán usar bloques de concreto perforado o ladrillo con un máximo de 40% de huecos para reducir la inercia calórica. Un muro compuesto de dos materiales livianos y una cavidad interior tendrá propiedades térmicas aceptables. Un muro compacto muy delgado (por ej. 5 cm de concreto) es aceptable si se toman precauciones para prevenir la penetración de la lluvia y la condensación.

Para reducir el efecto calórico de la radiación solar, el muro deberá presentar una superficie de color claro, por ejemplo, blanco, amarillo o crema.

- 11.- Se usarán muros exteriores pesados de gran capacidad térmica si se necesita una inercia térmica por más de tres meses ($A_1 = 3$ a 12). Aquí también se necesitan superficies de colores claros. Sin embargo, los colores muy claros pueden producir deslumbramiento cuando existe mucho sol. Por eso se prefiere una reflectancia no superior a un 80%; un color café claro, por ejemplo.

Un muro de concreto sólido o en bloques de 300 mm de espesor podrá tener la debida capacidad calórica. Se podrá usar un espesor menor si se trata de concreto sólido. Los muros bajo los 100 mm son recomendables solamente si se aíslan en el lado externo

Techos:

- 12.- Se usarán techos aislados y livianos cuando se necesita movimiento de aire por más de 9 meses (H_1 ó $A_3 = 10$ a 12) y una inercia calórica por no más de tres meses ($A_1 = 0$ a 3). Las superficies externas tendrán que tener un color claro o una superficie de metal brillante para reflejar la radiación solar. El techo debe incorporar una cavidad con aislación para asegurar que sólo un pequeño porcentaje de la radiación solar sea transmitido a través de la estructura.

El fierro corrugado tiene una buena reflexión cuando está nuevo o si está pintado de blanco y sea repintado frecuentemente. Los techos livianos no acumulan calor por su pequeña inercia térmica. El tiempo de retardo se reducirá tanto como sea posible y nunca deberá exceder de 3 horas.

- 13.- El techo será liviano y especialmente bien aislado si el movimiento de aire se necesita por menos de 10 meses (H_1 ó $A_3 = 0$ a 9 meses) y el almacenamiento calórico se necesita por menos de 6 meses ($A_1 = 0$ a 5 meses). Se requiere una aislación extra para prevenir que se caliente el entretecho –que deberá ser espacialmente amplio– cuando se reduce la ventilación durante los meses que se requiere inercia térmica.

Un techo liviano bien aislado consta de una capa de metal brillante o de colores claros, una cavidad y un cielo que incorpore algún material aislante como lana mineral o poliestireno expandido, y una superficie reflectante (por ejemplo, lámina de aluminio sobre ella). La parte de la cubierta en la techumbre deberá ser ventilada.

- 14.- Un techo se usará en las condiciones no descritas en los párrafos anteriores. Deberán tener un tiempo de alrededor de 8 horas. El tiempo de retardo se incrementa si se agrega una aislación liviana en el lado exterior de una construcción pesada. El mismo tiempo de retardo se puede obtener en una estructura liviana con una aislación exterior. Cuando en el techo se utiliza de terraza, se justifica una construcción pesada.

Tratamiento de superficies exteriores:

- 15.- En regiones donde hay una fuerte lluvia, el agua en el techo puede producir problemas ($P_2 = 1$ a 12). Los charcos deberán evitarse. Se necesitan grandes secciones de bajadas de agua para hacer frente a los chaparrones.

Pisos:

- 16.- Sobre envigado: Se puede usar pisos sobre envigado con aislación, cuando no se requiere inercia térmica por más de tres meses ($A_1 = 0$ a 3), cuando existen menos de 4 meses de estaciones frías ($A_2 = 0$ a 3), y cuando existen problemas de humedad por menos de 3 meses ($H_1 = 0$ a 3).
- 17.- Sobre radier: Para cualquier otra condición se usarán pisos sobre radier.

6. PERDIDAS DE CALOR E INERCIA TERMICA EN EDIFICIOS

Tal como se ha indicado, en un determinado edificio deben alcanzarse condiciones de confort para las personas usuarias de éste. En el capítulo anterior se ha definido cuales son estas condiciones, indicando que ellas dependen, entre otras variables, de la temperatura y la humedad relativa alcanzada en el interior de los recintos. También se ha señalado que estas condiciones de confort dependen de la temperatura de las superficies de muros que delimitan un cierto espacio.

Las condiciones de temperatura alcanzadas en el interior de un edificio y la propia temperatura de la superficie de muros de la envolvente de éste, dependerán directamente de las cualidades térmicas de las soluciones utilizadas en su construcción.

Del mismo modo, los riesgos de condensación que pueden aparecer en la superficie interior de muros y cielos, dependen directamente de las cualidades térmicas de las soluciones constructivas usadas. Disminuir estos riesgos implica tomar medidas en lo referente a aislación térmica en los componentes de la envolvente de edificios.

Se desprende de lo anterior, que de las cualidades térmicas de los edificios dependerán en parte las condiciones de confort que estos mismos ofrecerán a sus usuarios. Por otra parte, de las características térmicas de soluciones constructivas usadas en los edificios, también dependerán los consumos de energía cuando estos son requeridos para efectos de alcanzar el confort en ellos.

Idealmente, estos consumos deben ser los mínimos a lo largo de año. En la medida de lo posible, de acuerdo a las condiciones climáticas de una determinada región y considerando ciertas estrategias, recomendaciones y soluciones en todas las etapas del diseño de un edificio, podrá alcanzarse el confort en los distintos períodos del año sin consumo de energía a través de sistemas activos.

En este capítulo se entregan algunos elementos básicos para ser considerados en el diseño de edificios en lo referente a la transmisión de calor en elementos opacos y vidriados de la envolvente (muros, cielo, piso, puertas y ventanas) para efectos de ayudar a alcanzar el confort con mínimo gasto de energía. Del mismo modo se analizan otros fenómenos como la inercia térmica y las pérdidas de calor por ventilación.

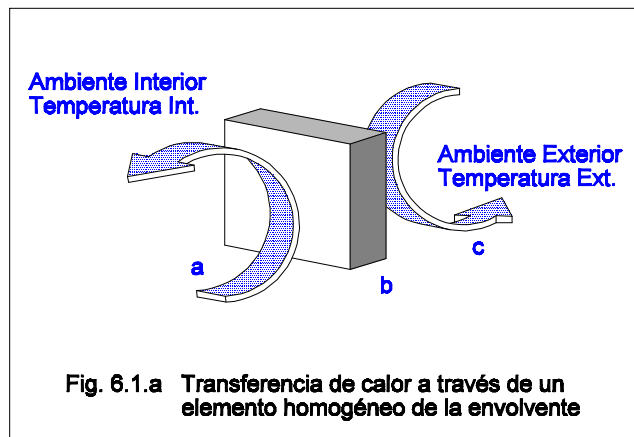
En el capítulo siguiente se exponen algunos fundamentos de energía solar, la que constituye un gran aporte para alcanzar los objetivos indicados y que se complementan para tal efecto con los contenidos de este capítulo.

6.1. Pérdidas de calor a través de elementos de la envolvente.

Si una pared opaca se ubica entre dos ambientes a diferentes temperaturas, se produce una transferencia de calor desde la cara caliente hacia la cara más fría. Esta transmisión se produce a través diferentes fases que se indican a continuación:

- a) Desde el aire interior (ambiente más caliente) hasta la cara interna de la pared.
- b) A través de la pared.
- c) Desde la cara externa de la pared (ambiente más frío) hasta el aire exterior.

La transmisión de calor en la fase “b” se produce por conducción, mientras que en las fases “a” y “c”, el calor se transmite por convección (ver Figura 6.1.a)

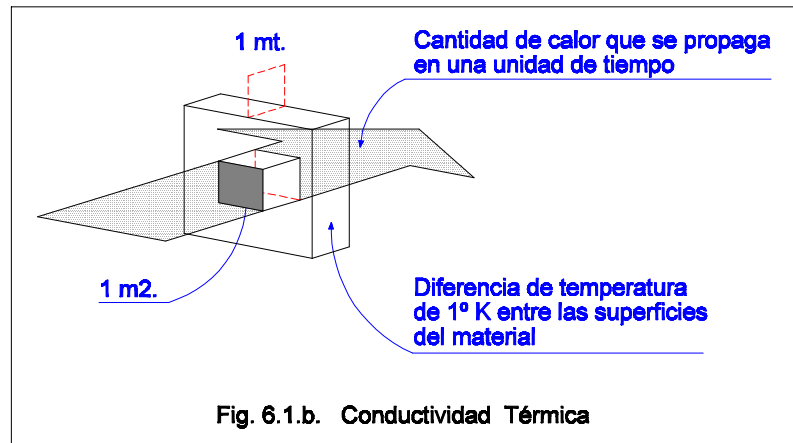


Si el muro se compone de varios elementos sólidos contiguos entre sí, en cada uno de ellos el calor se transmite por conducción. La diferencia en como se transmite el calor en uno respecto de otro material sólido depende de la resistencia que cada elemento ofrece al paso de calor. Surge así el concepto de resistencia térmica, la que depende de la conductividad térmica del material y su espesor. Concretamente, la resistencia térmica (R) de un material es el cociente entre la conductividad térmica y su espesor.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad [\text{m}^2\text{°C}/\text{W}]$$

e : espesor del material [m]
λ : conductividad térmica al material [W/m°C]

Se muestran a continuación, en la tabla 6.1, valores de conductividad térmica de diferentes materiales de construcción. Esta conductividad es una propiedad del material y equivale al calor por unidad de tiempo que lo traspasa cuando éste tiene un espesor de un metro, una superficie transversal al flujo de 1 m² y está sometido a una diferencia de temperatura de 1 K. (1K = 1°C) (Figura 6.1.b)



Se observa en esta tabla, la gran variación que existe en el valor de la conductividad térmica de los distintos materiales de uso común en la construcción; resultando por ejemplo que la conductividad del hormigón armado normal es aproximadamente 38 veces la del poliestireno expandido.

Estas diferencias hacen por ejemplo que un elemento de 1.0 cm de poliestireno expandido (densidad aparente de 10 Kg/m³) tiene igual resistencia térmica que 38 cm de hormigón armado normal y que 11.6 cm de ladrillo hecho a mano.

Se ha descrito el concepto de resistencia térmica de estos elementos, la cual disminuye en la medida que los componentes de un muro aumentan su espesor y/o disminuyen su conductividad térmica.

Una mención especial debe hacerse de las cámaras de aire que pueden existir por ejemplo al interior de un muro-panel. En esta cámara de aire se produce también un proceso de transferencia de calor en la medida que exista una diferencia de temperatura entre la cara interior y exterior del muro panel.

En esta cámara de aire se da esencialmente un proceso de transferencia de calor por convección y radiación térmica lo que también finalmente se traduce en una resistencia térmica propia de la cámara de aire. La resistencia de esta cámara de aire es mayor en la medida que disminuyan sus niveles de ventilación o intercambio de aire con el exterior. Es decir, las cámaras de aire poseen un mejor comportamiento térmico si presentan altos niveles de hermeticidad.

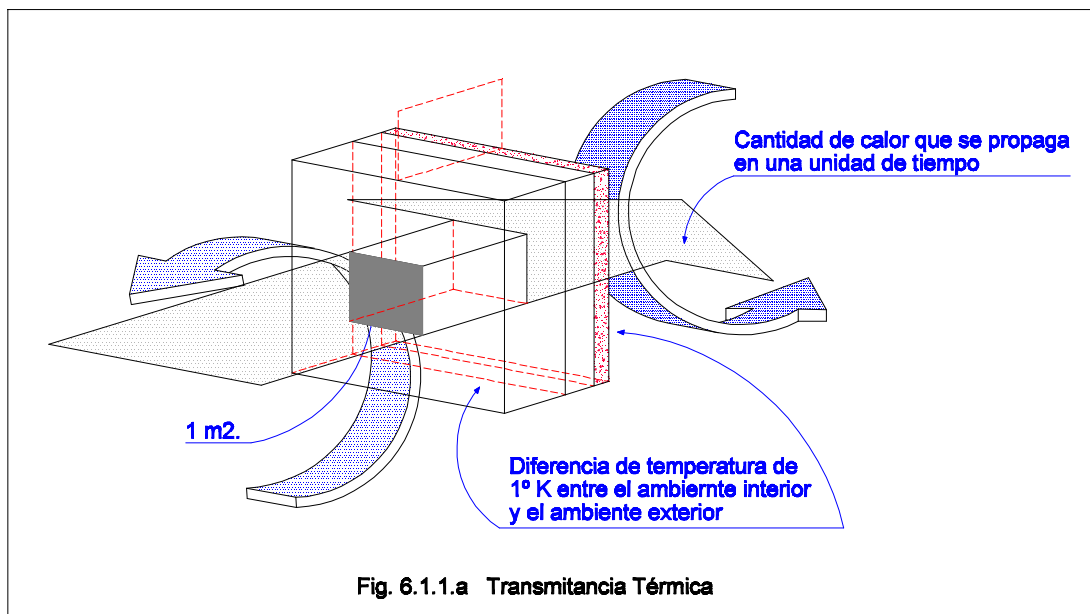
Tabla 6.1. Conductividad térmica de algunos materiales

MATERIAL	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ³)	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m K)
Poliuretano expandido	30	0,0262
	40	0,025
	45	0,0245
Poliestireno expandido	10	0,043
	20	0,0384
	30	0,0361
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
Maderas		
Alamo	380	0,091
Alerce	560	0,134
Pino insigne	410	0,104
Roble	800	0,157
Contrachapado de madera	450-550	1,22
Yeso Cartón	650	0,24
	700	0,26
Ladrillo hecho a máquina	1000	0,46
	1200	0,52
	1400	0,60
Ladrillo hecho a mano		0,50
Hormigón armado (normal)	2400	1,63
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	430	0,134
Mortero de cemento	2000	1,40
Vidrio plano	2500	1,20
Acero	7800	58
Aluminio	2700	210

Fuente: NCh 853 Of 91

6.1.1 TRANSMITANCIA TÉRMICA DE ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE.

Este es un concepto que corresponde al recíproco de la resistencia térmica total de una determinada solución constructiva. Expresa la cantidad de calor que se transmite a través de un elemento -que puede estar compuesto por varias capas de distintos materiales- por unidad de tiempo y unidad de superficie cuando entre los ambientes que separa el elemento existe una diferencia de un grado Kelvin de temperatura. Se le asigna en Chile la letra U y se expresa en ($W/m^2\text{°K}$). (Nótese que la diferencia de 1°K es igual a 1°C). (Ver Figura 6.1.1.a)



Obviamente, a medida que es mayor la transmitancia térmica de un elemento de la envolvente de un edificio, mayor serán las pérdidas de calor a través de él en períodos fríos del año, lo que induce a un mayor gasto de energía para calefacción.

En el cálculo de la transmitancia térmica se consideran los fenómenos de transferencia de calor a través de materiales sólidos de un elemento, como también los que se dan a través de las cámaras de aire que en el elemento pueden existir. De igual modo, la transmitancia térmica contiene en su cálculo la transferencia de calor por convección en las capas de aire contiguas al elemento en ambos lados de éste. (Ver Figura 6.1.1a)

La transmitancia térmica de un elemento de la envolvente de un edificio puede ser calculada haciendo uso de la Norma chilena NCh 853 Of 91 "Acondicionamiento térmico. Envolvente térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas" (Instituto Nacional de Normalización. 1991). En esta Norma se presentan los métodos de cálculo de transmitancia térmica de soluciones constructivas de muros, paneles, techumbre y pisos. Del mismo modo contiene información de propiedades térmicas de diferentes materiales de construcción. El Software TERHUME, sobre cálculo de comportamiento higrotérmico de edificios y elaborado

por la Escuela de Construcción Civil y SECICO de la Universidad Católica de Chile, permite el cálculo de transmitancias térmicas y otros análisis, haciendo uso de la mencionada Norma NCh 853 Of 91 (Bustamante, W. y otros. 1998).

6.1.1.1. Transmitancia térmica de muros.

La Tabla siguiente (Tabla 6.1.1) entrega valores de transmitancia térmica U de diferentes soluciones de construcción de muros.

Tabla 6.1.1 Transmitancia térmica de diferentes soluciones constructivas

Solución constructiva	U W/m ² °C
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm sin estuco	2,11
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm, estuco (20 mm) ambos lados	1,99
Ladrillo hecho a máquina de 14 cm, poliestireno exp. de 25 mm, estuco (20mm) ambos lados	0,92
Ladrillo hecho a máq. 14 cm, lana mineral 50 mm, estuco (20mm) ambos lados	0,57
Ladrillo hecho a mano, estuco (20 mm) ambos lados	2,01
Bloque de mortero 14 cm, estuco (20 mm) ambos lados	3,35
Bloque de mortero 14 cm, poliestireno expandido 25 mm, estuco (20mm) ambos lados	1,14
Hormigón armado 100 mm, estuco (20 mm) ambos lados	3,85
Hormigón armado 150 mm, estuco (20 mm) ambos lados	3,44
Hormigón armado 200 mm, estuco (20 mm) ambos lados	3,11
Estuco 20 mm, hormigón armado 200 mm, lana mineral 50 mm, contrachap. madera interior	0,62
Contrachapado madera 16 mm, lana mineral 50 mm, cámara de aire, yeso cartón 15 mm	0,56

Fuente: Elaboración propia según datos y métodos de cálculo de transmitancia de la Norma chilena oficial NCh 853 Of 91.

La tabla 6.1.2. muestra para diferentes materiales el espesor que cada uno de estos debe tener para alcanzar una transmitancia térmica equivalente a $U = 1,33 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Esta transmitancia corresponde a un espesor de 25 mm de poliestireno expandido. La tabla pone en evidencia las diferencias en las cualidades térmicas de diferentes materiales de uso común en la construcción.

Tabla 6.1.2. Espesor de diferentes materiales para una transmitancia térmica igual a $U = 1,33 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Material	Densidad Kg/m^3	Conductividad Térmica $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$	Espesor mm
Acero	7.800	58	33721
Hormigón armado	2400	1,63	948
Vidrio	2500	1,20	698
Ladrillo	1000	0,46	267
Yeso Cartón	650	0,24	140
Pino Insigne	410	0,104	61
Poliestireno Expandido	10	0,043	25

Los valores dados en la Tabla 6.1.1 pueden ser comparados con aquellos recomendados para diferentes zonas climáticas del país y que detallan en la Tabla 6.1.2. Puede fácilmente concluirse que un número importante de soluciones de uso común en el país no cumplen con las citadas recomendaciones.

Tabla 6.1.3 Transmitancia térmica de elementos verticales Máximos aceptables según Norma NCh 1079 Of 77

Zona	Ciudad	U máx $\text{W/m}^2\text{°C}$
Norte Litoral	Arica	
	Antofagasta	2,6
	La Serena	
Norte Valles Transversales	Ovalle	2,1
Central Interior	Santiago	1,9
Sur Litoral	Concepción	1,8

Fuente: Instituto Nacional de Normalización. 1977
NCh 1079 Of 77

Cabe indicar que los valores de transmitancia térmica recomendados por la Norma NCH 1079 Of 77 (Tabla 6.1.3) debieran ser reestudiados por cuanto ellos son muy superiores a valores internacionalmente aceptados por climas similares a los chilenos.

Debido a lo anterior y dados otros problemas a mencionar más adelante en relación a riesgos de condensación, es necesario recurrir a la aislación térmica en soluciones de muros, para efectos de mejorar las cualidades térmicas de los edificios.

6.1.1.2. Transmitancia térmica de techumbres

En el caso de techumbres, la transmitancia térmica puede ser calculada también de acuerdo a lo indicado en la Norma NCh 853 Of 91. De acuerdo a esta Norma, para el cálculo de la transmitancia térmica de techumbres que contengan entretecho, se toma en cuenta el nivel de ventilación existente en él, de modo que a medida que ésta aumente, la transmitancia térmica también se verá incrementada.

Importante es indicar aquí que para el caso de invierno, idealmente un entretecho debe ser poco ventilado para disminuir las pérdidas de calor. En períodos calurosos, se recomienda ventilar los entretechos para efecto de evitar la transmisión de calor desde el exterior hacia el interior del edificio. La ventilación del entretecho disminuye las posibilidades de sobrecalentamiento en el aire del entretecho, cuestión que sucede cuando este aire no se intercambia con el del exterior.

Se observa en todo caso, en la Tabla 6.1.1.2, que a medida que aumenta el espesor de la aislación térmica en ambos tipo de cubiertas descritas, el valor de la transmitancia tiende a acercarse entre los diferentes tipos de ventilación en entretechos.

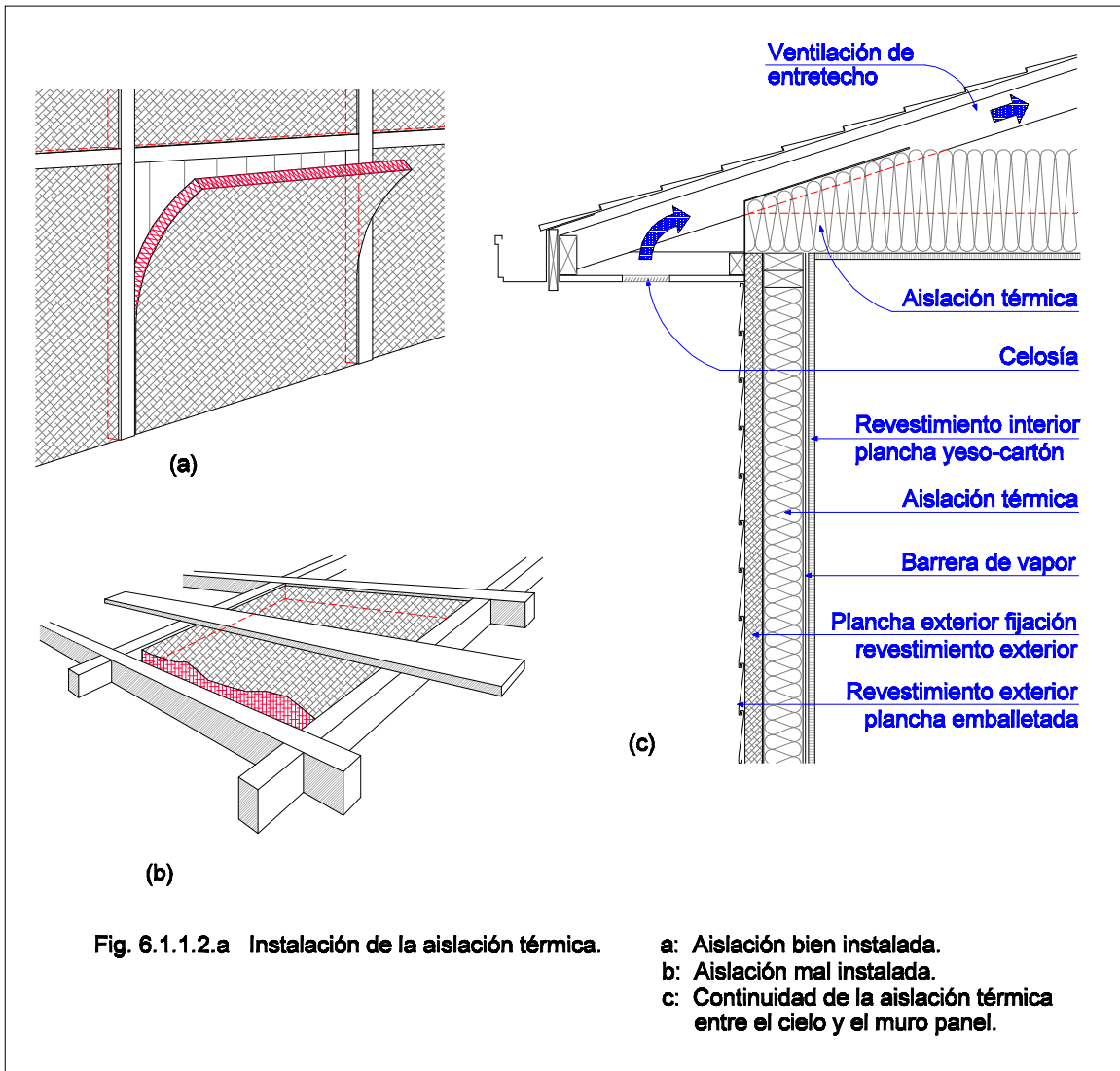
Tabla 6.1.1.2 Transmitancia térmica de techumbres ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$) (Situación de invierno)

Cubierta	Acero Galv Pendiente 30%			Teja de arcilla Pendiente 60%		
Cielo	Yes. Cart 15 mm			Yeso Cart. 10mm		
Aisl. Térm. (*)	0 mm	50 mm	100 mm	0 mm	50mm	100 mm
Tipo de ventilación en entretecho						
Débilmente ventilado	2,70	0,65	0,37	2,94	0,66	0,37
Medianamente ventilado	3,00	0,66	0,38	3,25	0,67	0,38
Muy ventilado (Aire en movimiento)	4,90	0,73	0,39	5,5	0,74	0,4

(*) Puede ser poliestireno expandido o lana mineral. Se consideró una conductividad de 0,0425 W/mK

El valor de la transmitancia térmica en éste y en todos los casos disminuye sensiblemente con el aumento de aislación térmica, sin embargo la instalación de ésta en techumbres y en todo tipo de soluciones constructivas es de vital importancia, pues defectos en su colocación que signifiquen una falta de homogeneidad o discontinuidades, simplemente pueden llegar a anular su efecto de resistir al paso del calor a través del elemento de la envolvente en que se ha instalado. Ver Figura 6.1.1.2.a.

6.1.1.3. Transmitancia térmica de ventanas y puertas.



El aislamiento térmico de una ventana relacionado directamente con el número de vidrios que lo componen y el tipo de carpintería o marco utilizado. Dada la alta conductividad térmica que posee el vidrio, las pérdidas de calor a través de ventanas es muy significativa en un edificio. De este modo es importante poder llegar a un equilibrio entre la superficie vidriada de un edificio y las pérdidas que ellas generan en invierno.

Las ventanas permiten también ganancias térmicas por su exposición a la radiación directa del sol, lo que también obliga a ciertos equilibrios entre ganancias solares y pérdidas de calor en período de invierno.

Tal como se verá más adelante, también es necesario controlar el tamaño y orientación de ventanas para efecto de impedir excesivas ganancias solares en períodos de verano, aspecto que afecta el confort en forma significativa.

Al igual que otros elementos de la envolvente, el comportamiento térmico de ventanas se caracteriza por su transmitancia térmica, cuyos valores se entregan en la Tabla 6.1.1.3.a.

Tabla 6.1.1.3.a. Transmitancia térmica de ventanas

Acristalamiento	Transmitancia térmica ($W/m^2\text{°C}$)			
	Vidrio(s) Sin Marco	Marco de Madera	Marco de PVC	Marco de Metal
Simple	5,8	5,0	4,9	6,1
Doble				
Cámara de aire 6 mm	3,4	2,9	2,9	3,2
Cámara de aire 8 mm	3,3	2,8	2,8	3,0
Cámara de aire 12 mm	3,0	2,6	2,6	2,9

Fuente: De Herde (1992)

En el caso de las puertas, la transmitancia térmica de una de madera puede observarse en la Tabla 6.1.1.3.b. Estos valores que pueden elevarse enormemente para el caso de puertas metálicas o con acristalamiento de un solo vidrio.

Tabla 6.1.1.3.b. Transmitancia térmica de puertas

Puerta	Espesor de Material (cm)	Espesor de la aislación térmica (cm)	Transmitancia térmica $W/m^2\text{°C}$
Madera	4,0	-	2,5
	1,6	3	0,75 – 0,99
	1,6	5	0,49 – 0,66

Fuente: De Herde (1992)

6.1.1.4. Pérdidas de calor por piso.

En el caso de los pisos la Norma chilena NCh 853 Of 91 (“Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”), establece modelos de cálculos para determinar las pérdidas por piso.

Para el caso de piso sobre terreno establece que las pérdidas son perimetrales y dependen de un coeficiente lineal de pérdidas térmicas. Según la aislación que exista en este tipo de piso, la Norma indica el valor de este coeficiente. Ver Tabla 6.1.1.4.

Tabla 6.1.1.4 Transmitancia térmica lineal según aislación del piso (Piso sobre terreno)

Aislación del piso	Resistencia Térmica del Piso $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$	Transmitancia Térmica Lineal $W/m \text{ } ^\circ\text{C}$
Corriente	0,15-0,25	1,4
Medianamente Aislado	0,26-0,60	1,2
Aislado	> 0,60	1,0

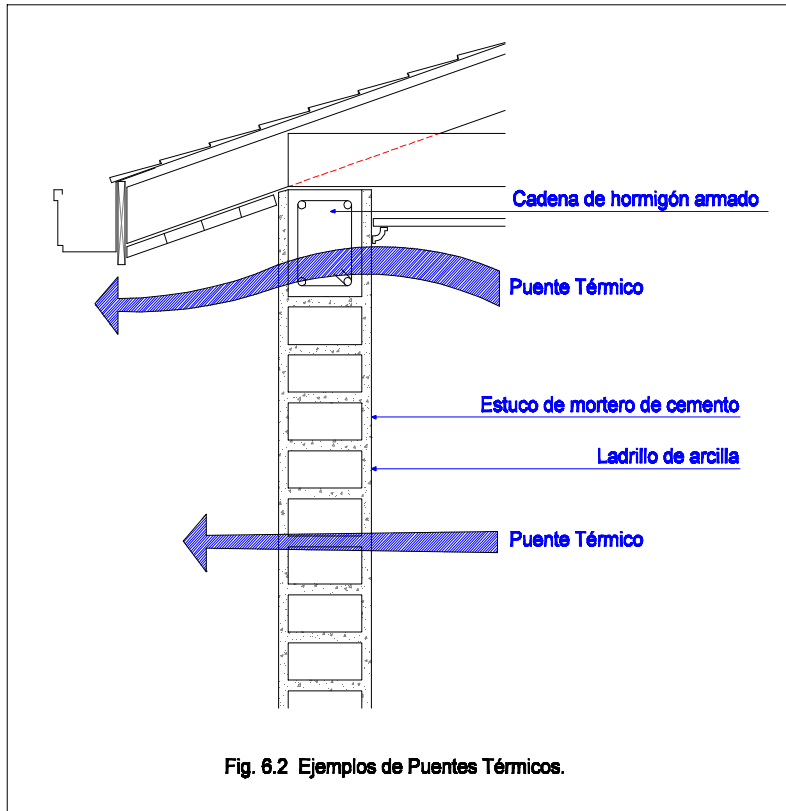
Fuente: NCh 853 Of 91

En el caso de pisos sobre cámara de aire también se presenta en la Norma NCh 853 Of 91 un modelo de cálculo. En el caso de pisos sobre pilotes o en contacto directo con el ambiente exterior, se considera el cálculo de la transmitancia se considera como un elemento más de la envoltente por el cual traspasa un flujo de calor descendente en invierno.

6.2. Puentes térmicos

Los puentes térmicos son zonas de elementos de la envoltente donde la aislación térmica es interrumpida. Su efecto en el comportamiento térmico de un edificio puede llegar a ser muy nocivo puesto que a través de éstos el calor que se intenta mantener al interior de los espacios en períodos fríos del año puede ser transmitido hacia el exterior en un alto porcentaje.

La Figura 6.2 muestra un puente térmico, en cuya zona además se producen serios riesgos de condensación de vapor de agua presente en el aire ambiente del interior de los edificios. Este fenómeno de condensación se produce pues en el puente térmico se producen zonas frías que facilitan el paso de vapor de agua a agua líquida.



6.3 Pérdidas por ventilación de aire (situación de invierno)

El rol de la ventilación es el mantener o restablecer condiciones de calidad del aire interior de un edificio dentro de rangos de confort en cuanto a su temperatura, humedad, contaminantes y olores provenientes de las actividades desarrolladas.

La ventilación en un edificio puede ser natural, es decir que responda a circulaciones de aire a través de aberturas del edificio debido al efecto del viento o las diferencias de temperatura naturales existentes en el ambiente.

Algunos elementos de diseño arquitectónico pueden facilitar esta ventilación natural, incluso posibilitando su control durante diferentes períodos de un día.

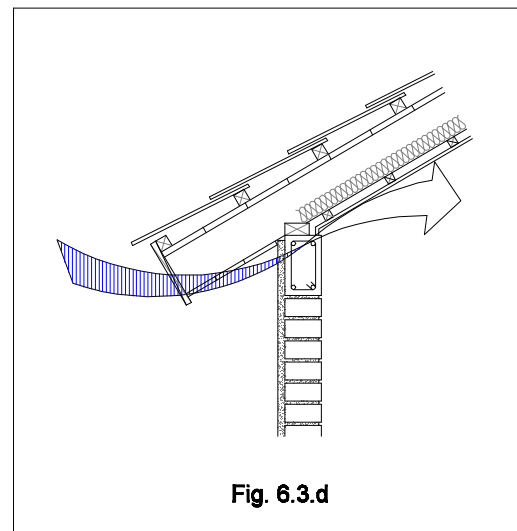
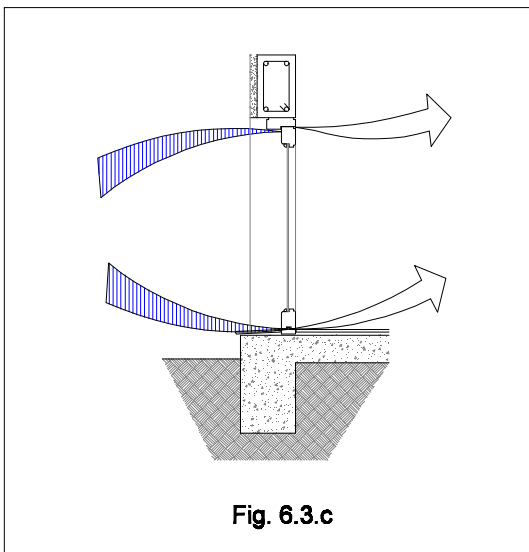
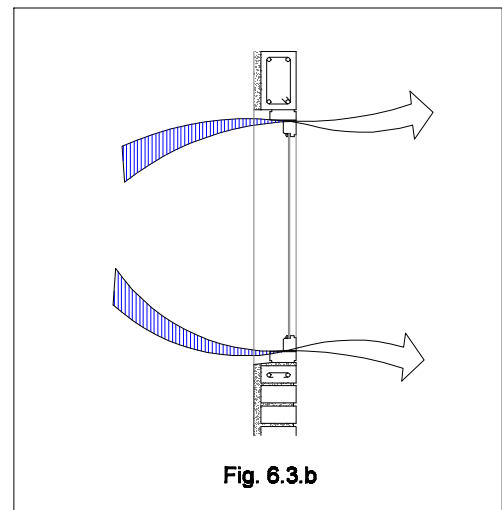
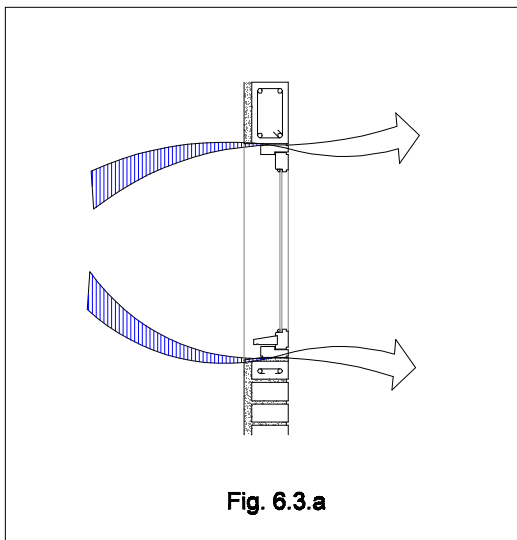
La ventilación también puede ser generada de manera artificial haciendo uso de elementos mecánicos tales como ventiladores. El aire exterior puede ser empujado hacia el interior de un edificio y ser evacuado de manera natural. Igualmente, el aire puede ser aspirado por medio de la generación de una depresión mecánica.

El control de la ventilación para mantener condiciones de confort en un edificio es de gran importancia. Un exceso de ventilación provocará mayores pérdidas de calor en invierno. A mayor entrada de aire frío desde el exterior para ventilar un determinado ambiente, mayor

cantidad de energía se requerirá para mantener este mismo ambiente a temperaturas de confort.

El indicado control puede lograrse con facilidad con equipos mecánicos, pero por otro lado, la entrada de aire a través de rendijas de ventanas, puertas y otras aberturas en el edificio pueden provocar sobreventilaciones, especialmente si la carpintería de estos elementos son de baja calidad. La tendencia debiera ser que las puertas y ventanas sean muy poco permeables al paso de aire mientras estén cerradas y poder controlar la ventilación de manera mecánica o a través de métodos pasivos que impliquen la apertura puertas y ventanas a ciertas horas del día. Así se minimizarán pérdidas de energía en invierno. Ver figuras 6.3.a; 6.3.b; 6.3.c y 6.3.d.

En períodos del año con altas temperaturas, también puede efectuarse un control de la ventilación para lograr mantener confort dentro de un recinto.



6.4 Inercia térmica en edificios.

La inercia térmica de un edificio está asociada a la posibilidad de almacenar calor en sus componentes de construcción, pudiendo ello implicar efectos positivos para las condiciones de confort tanto en períodos fríos como calurosos del año. Por ejemplo, la energía disponible de un día de alta radiación solar puede ser almacenada en el interior del edificio, para luego ser devuelta al ambiente, incluso en horas posteriores de la puesta del sol cuando la temperatura ambiental comienza su descenso. En invierno, la energía almacenada puede ser transferida hacia el interior de un recinto al final de la tarde o a comienzos de la noche, cuando es más necesitada, satisfaciendo parte de los requerimientos de energía para calefacción. Este mismo proceso de almacenamiento de calor en la masa del edificio durante el día puede evitar o disminuir el efecto de sobrecalentamiento y discomfort durante las horas de mayor radiación en el día, aspecto importante en períodos de verano.

En verano, el calor es almacenado en la masa térmica de un material, reduciendo cargas de enfriamiento en horas peak y provocando una disminución de las máximas temperaturas al interior de los recintos. Se disminuye así el calor a extraer del interior de un recinto en la medida que parte del calor generado internamente o por la radiación solar se almacena en los materiales de alta masa que componen un edificio.

En el caso de invierno y en edificios con sistema de calefacción en funcionamiento diurno y que se apagan en el período nocturno (funcionamiento intermitente), es recomendable que éstos no cuenten con alta inercia pues la masa del edificio se enfría en la noche. Esta masa fría consume gran cantidad de calor al día siguiente para volver a su temperatura de equilibrio con la temperatura de confort, aumentando innecesariamente el consumo energético. El mismo efecto se produce cuando el edificio no es calefaccionado durante los fines de semana.

Se muestra en la figura 6.4 como se comporta un edificio (sistema de calefacción) frente al efecto de la inercia térmica en la medida que contenga mayor o menor masa y de acuerdo a la ubicación de la aislación térmica. Las curvas de esta figura en el caso de la temperatura interior, sólo considera las ganancias internas. No se observa aquí el efecto de las ganancias solares.

Se observa que un edificio de envolvente pesada no aislada hace que los extremos de temperatura se amortigüen débilmente y se desplacen también levemente. Sin embargo, en un edificio de alta masa pero con aislación térmica exterior se logra un desplazamiento significativo de los valores extremos de temperatura y a su vez estos mismos extremos se ven bastante amortiguados respecto de la temperatura exterior. Esto ocurre pues el calor almacenado durante el día es entregado hacia el interior del recinto pues la aislación térmica impide que éste se transmita hacia el exterior en una magnitud importante.

Este aspecto del comportamiento térmico de edificios será complementado con más información en el capítulo siguiente.

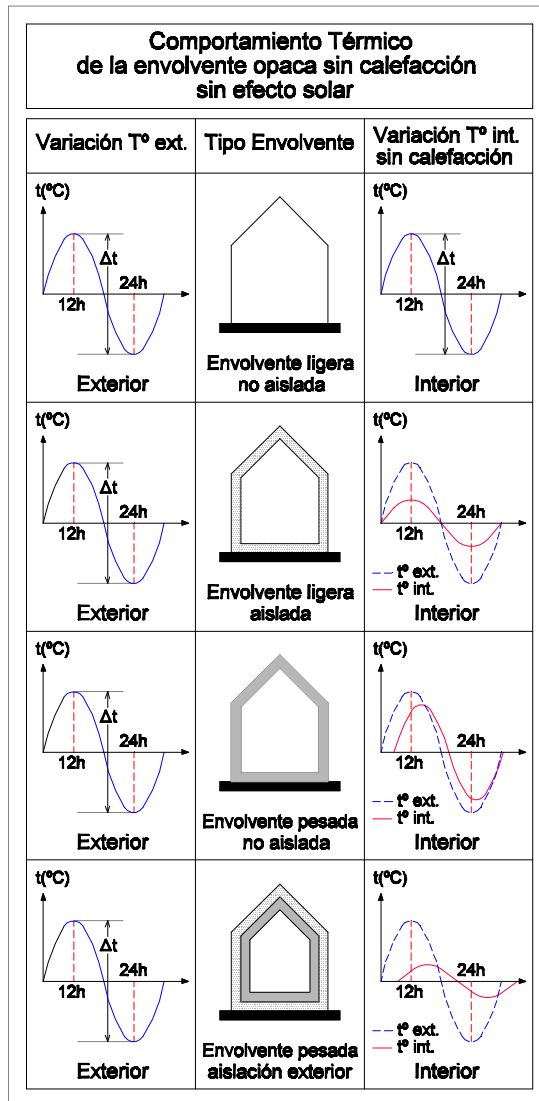


Fig. 6.4

7. ESTRATEGIAS DE ARQUITECTURA SOLAR.

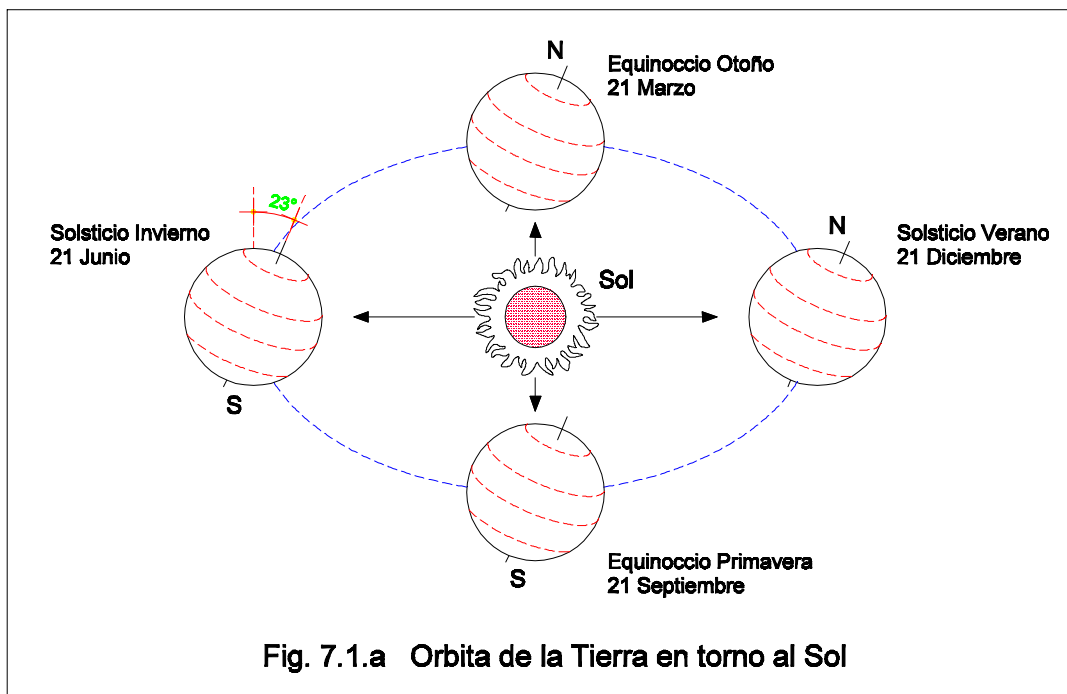
7.1 El sol

7.1.1. Elementos de geometría solar.

La órbita que describe la tierra en torno al sol es elíptica, lo que hace que la distancia entre el sol y la tierra varía a medida que el primero se desplaza en la indicada órbita en el período de un año.

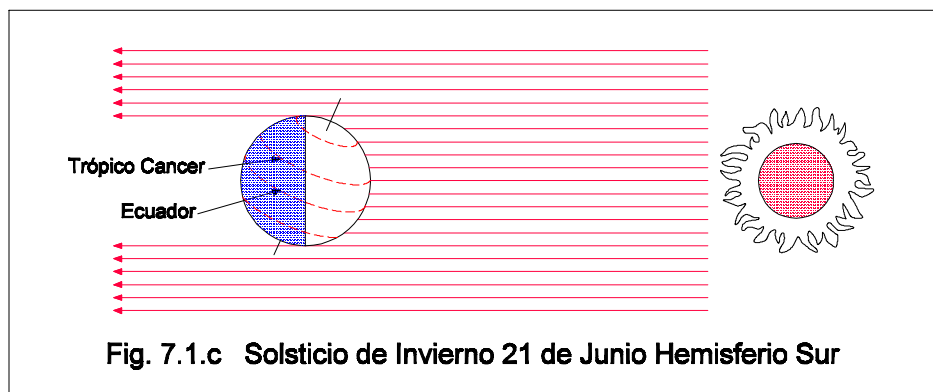
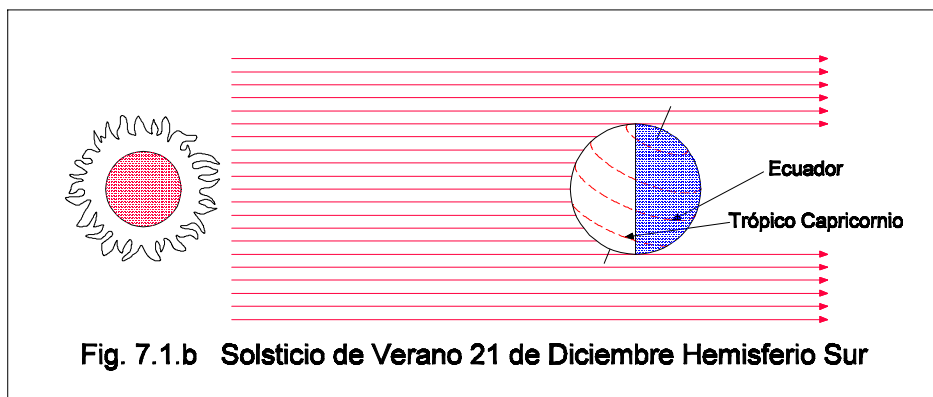
En esta órbita elíptica, la distancia entre el sol y la tierra varía a través del año, sin embargo no es esta variación lo que hace que las temperaturas en invierno sean inferiores que las de verano.

Mientras la tierra gira en torno al sol también gira en torno a su propio eje Norte-Sur. Debido a que este eje no es perpendicular al plano de la órbita terrestre y más bien este eje de rotación posee una inclinación de $23,45^\circ$ respecto de la normal a este plano y dado que la orientación de este eje de rotación permanece fijo en el espacio mientras la tierra gira entorno al sol, el ángulo en que los rayos del sol inciden sobre la tierra varían continuamente a lo largo del año. Es esta inclinación de $23,45^\circ$ la que afecta mayormente la radiación solar incidente sobre la tierra y es la causa de la existencia de las estaciones del año.



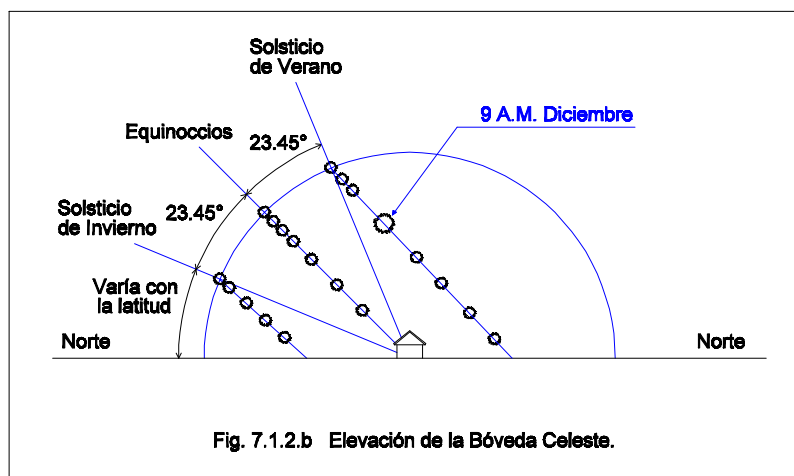
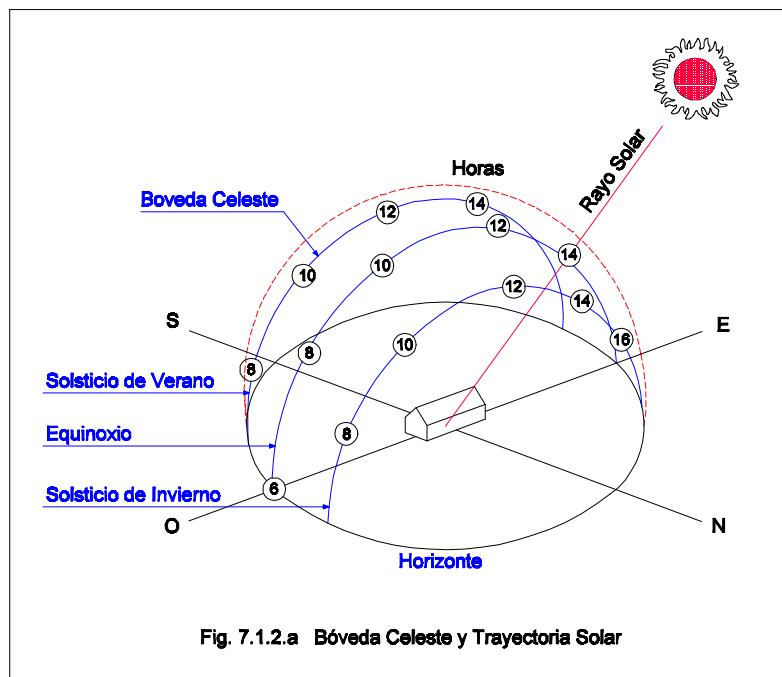
Debido a la indicada inclinación del eje Norte-Sur de la tierra, puede observarse en la Figura 7.1a, que el hemisferio Sur se encontrará más cerca del sol en diciembre y más lejos en junio. En situaciones extremas, tales como el 21 de diciembre, el polo sur se encuentra más cerca del sol y el 21 de junio esta misma distancia es mayor. El 21 de diciembre corresponde al solsticio de verano en el hemisferio sur, mientras que el 21 de junio es el solsticio de invierno en este hemisferio.

Nótese que el 21 de diciembre los rayos solares directos son perpendiculares en el trópico de Capricornio. (Ver Figura 7.1.b) Lo propio ocurre con el trópico de Cáncer el 21 de junio (ver Figura 7.1.c.). Las situaciones intermedias corresponden a los equinoccios de otoño (21 marzo) y de primavera (21 de septiembre).



7.1.2. La bóveda celeste

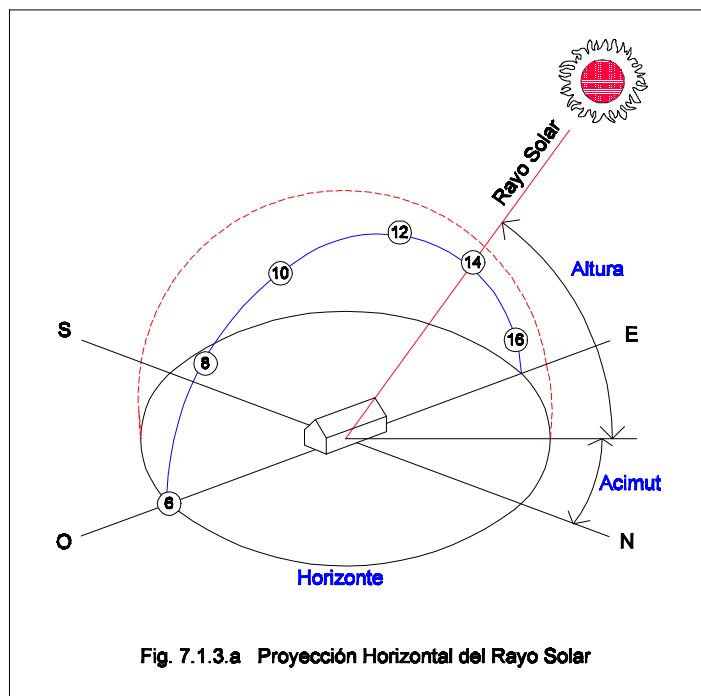
En la Figura 7.1.2.a. se observa una esfera imaginaria ubicada sobre la posición de un determinado edificio. Se ha marcado cada punto horario correspondiente a la penetración del rayo solar en la bóveda celeste. Al indicar todos estos puntos horarios se obtiene la trayectoria solar para un cierto día. La Figura 7.1.2.a. muestra la más alta trayectoria solar que corresponde al solsticio de verano y la más baja corresponde al solsticio de invierno. También se observa la trayectoria media que corresponde a los equinoccios, nótese que el rayo solar penetra la bóveda celeste siempre entre el solsticio de verano y el de invierno.



En la Figura 7.1.2.b. se muestra una elevación de la bóveda celeste, notándose que el sol se mueve $23,45^\circ$ hacia cada lado de los equinoccios, debido a la inclinación del eje de rotación de la tierra. El desplazamiento total del sol en su inclinación va desde invierno a verano en un ángulo total de aproximadamente $46,9^\circ$. La altura desde donde se produce este desplazamiento depende de la latitud.

7.1.3. Ángulos de altura solar y acimut

La Figura 7.1.3.a muestra los ángulos de altura solar y acimut. La altura solar es un ángulo que se mide en un plano vertical y desde un plano horizontal. El acimut es medido en el plano horizontal. Con ambos ángulos es posible definir a cada instante la posición del sol con respecto a un punto determinado, que coincide normalmente con un punto que representa una determinada construcción. La Figura 7.1.3.a muestra el instante correspondiente a las 14 horas en que el rayo solar penetra la bóveda celeste.



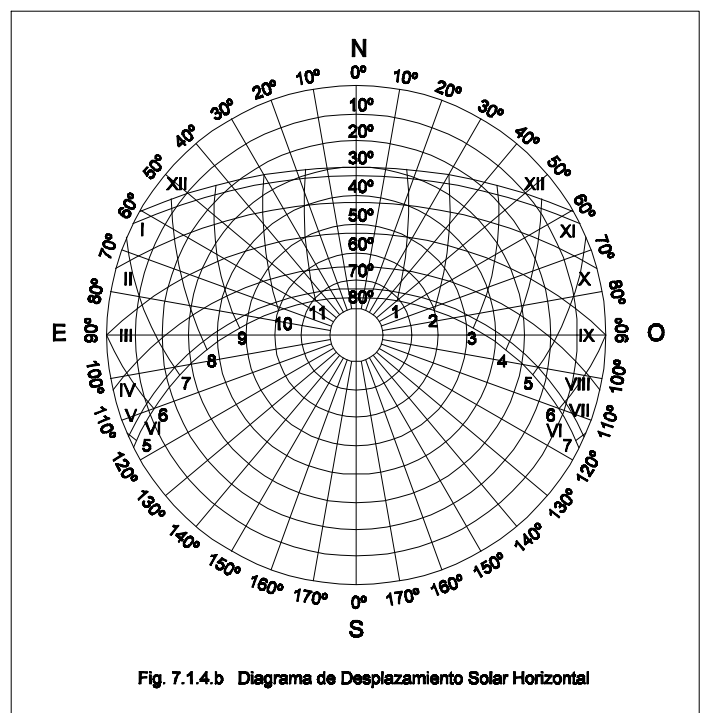
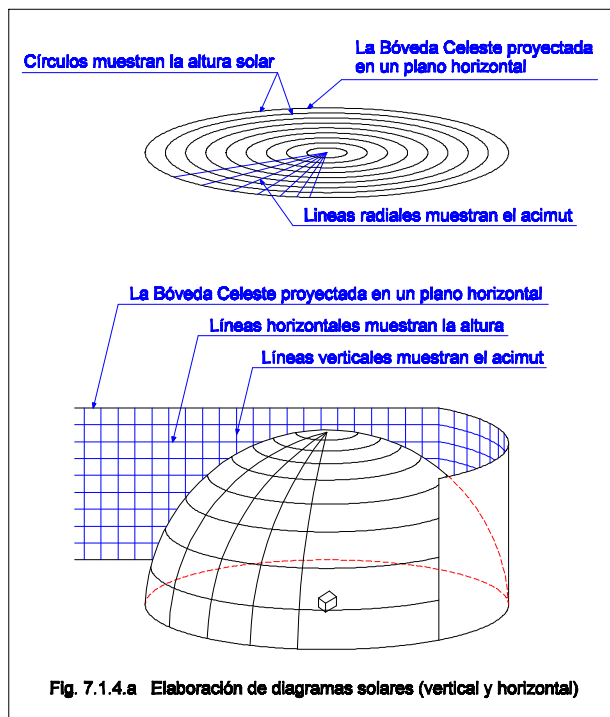
7.1.4. Diagramas de desplazamiento solar

Una forma de poder obtener fácilmente ángulos de acimut y de altura solar es a través de diagramas de desplazamiento solar.

La Figura 7.1.4.a muestra la forma en que estos diagramas (o cartas solares) pueden ser elaborados. Se observan aquí dos tipos de proyecciones. La primera corresponde a la proyección de la bóveda celeste en un plano horizontal, en la que los círculos concéntricos representan la altura solar y las líneas radiales representan el acimut.

Una segunda proyección es de tipo vertical en donde las líneas horizontales muestran la altitud y las líneas verticales corresponden al acimut.

La Figura 7.1.4.b. muestra un diagrama de desplazamiento solar de proyección horizontal. Es este tipo de diagrama el que se ha utilizado en este Estudio.



En anexo se entregan diferentes diagramas de desplazamiento solar (proyección horizontal) para diferentes ciudades de Chile.

Los diagramas constituyen una importante herramienta para conocer el desplazamiento solar en diferentes latitudes, pudiendo determinarse en ellos la altura y acimut a diferentes horas del día y en distintos días del año. Nótese que en ambos diagramas, las 12 horas corresponden al mediodía solar, es decir la hora en que el sol se encuentra en nuestro hemisferio exactamente en la orientación norte.

Igualmente, los diagramas descritos permiten determinar períodos de sombra en un punto determinado de la fachada de un edificio, de acuerdo a la orientación de ésta y a los posibles obstáculos que impidan la llegada directa de rayos solares sobre este punto. Los indicados obstáculos pueden ser elementos lejanos (montañas, árboles, otros edificios etc.) o elementos propios del edificio en estudio (aleros, cortinas y otros).

7.2 Elementos de arquitectura solar para períodos fríos.

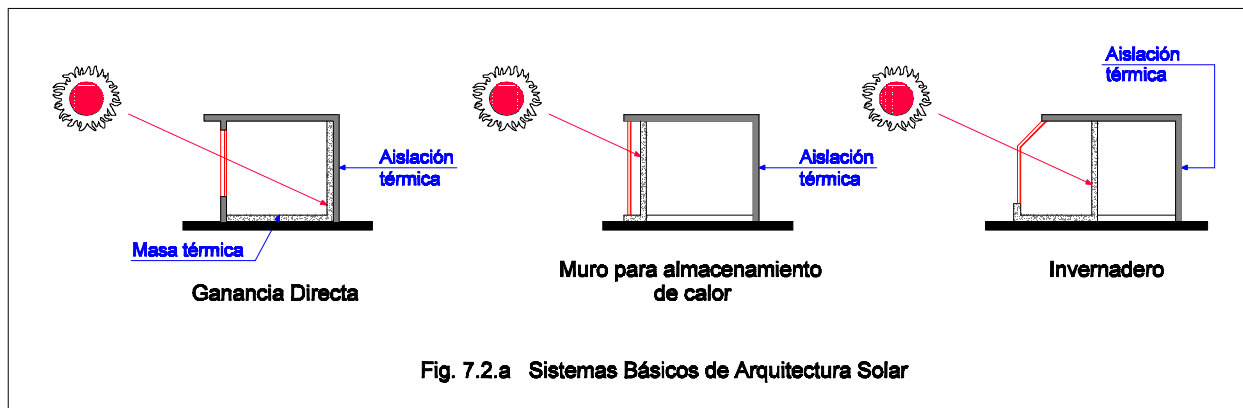
La arquitectura solar (en períodos fríos del año) se refiere a aquellos sistemas que captan, almacenan y redistribuyen la energía solar sin el uso de elementos como ventiladores, bombas o sistemas complejos de control.

El concepto encierra la importante consideración de que los elementos de un edificio, tales como una ventana, el piso o un muro tienen diferentes funciones y éstos no se restringen exclusivamente a separar el ambiente interior de un edificio del clima exterior o a atender requerimientos estructurales, sino que también pueden ofrecer sus cualidades para satisfacer necesidades energéticas del ambiente interior de un edificio.

La Figura 7.2.a. ilustra tres conceptos diferentes que forman parte de las estrategias clásicas de la arquitectura solar pasiva. En ella se representan los conceptos de ganancia directa, el almacenamiento de calor en una determinada masa y el efecto invernadero.

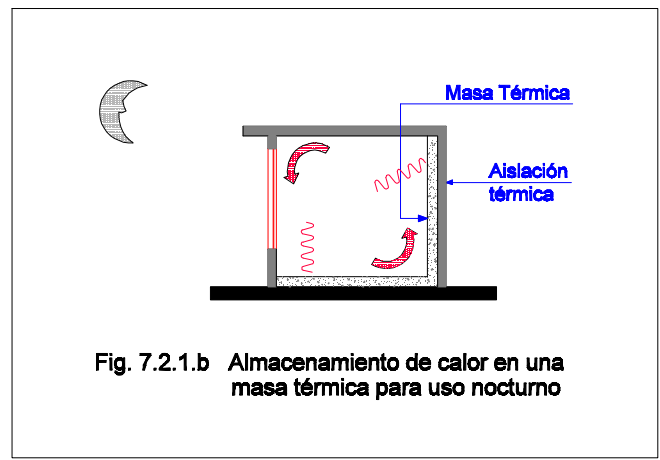
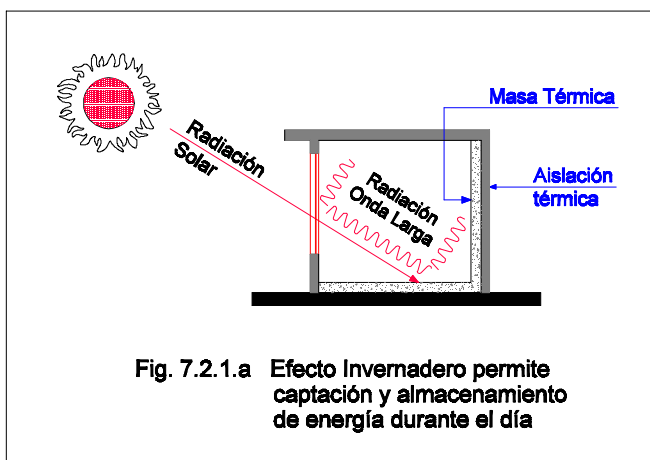
7.2.1. Ganancia solar directa y almacenamiento de calor en períodos fríos del año

Una ventana al norte (en el hemisferio sur) permite una ganancia directa en el ambiente interior de un edificio, espacio en el cual se produce el efecto de invernadero.



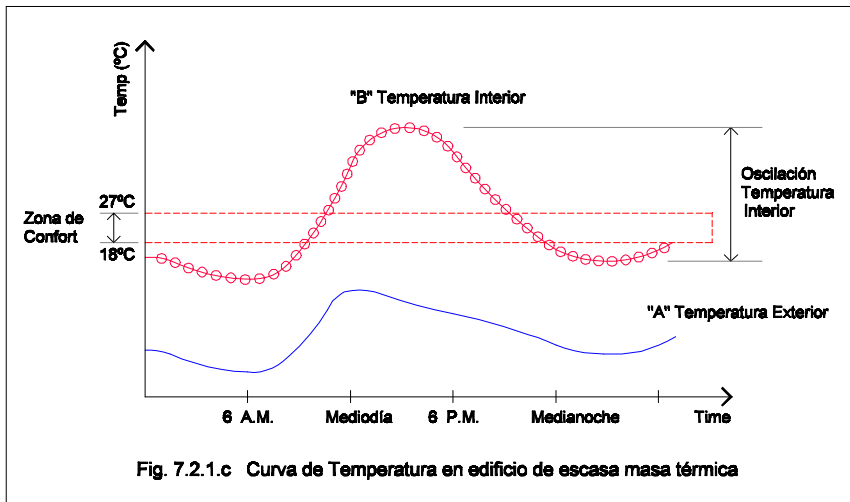
El efecto de invernadero se produce debido a que el vidrio de una ventana permite la entrada de la radiación solar de onda corta y no permite la salida de la radiación que proviene de los cuerpos del interior del edificio, calentados entre otras razones por la propia radiación solar directa y que corresponden a emisiones de onda larga. (Ver Figura 7.2.1a).

La Figura 7.2.1.b representa la forma de como el calor almacenado durante el día (en período de invierno) en una determinada masa del edificio puede posteriormente entregar ese calor durante la noche. Nótese que la aislación térmica representada es exterior, lo que hace que el calor almacenado se entregue esencialmente al ambiente interior del edificio y no hacia el exterior que normalmente se encuentra más frío.

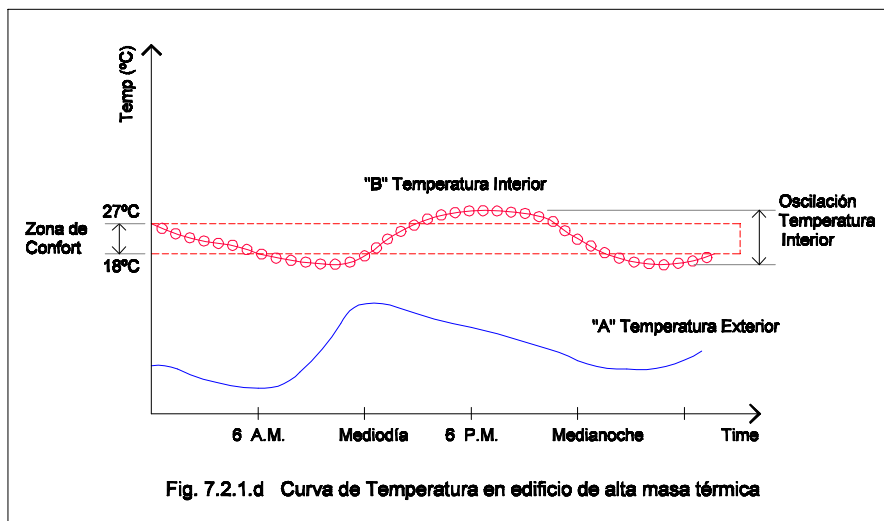


Las curvas que se representan en las Figuras 7.2.1c. y 7.2.1d. ilustran la diferencia que se obtiene en cuanto a variaciones de temperatura entre el máximo y mínimo interior, en la medida que se use o no masa para almacenamiento de calor (llamada también masa térmica). El caso que se ilustra corresponde a un día de invierno en una región en que en este período es necesario elevar la temperatura para alcanzar el confort térmico.

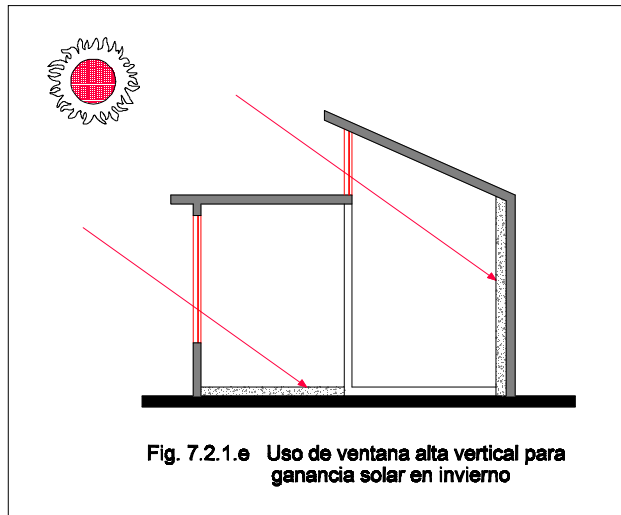
La gran diferencia entre ambos casos es que el uso de una gran masa permite disminuir las variaciones de temperatura día-noche, lo que incluso puede significar en ciertos casos alcanzar rangos de confort térmico adecuados. (ver Figura 7.2.1.c.). La Figura 7.2.1.d. muestra que la presencia de poca masa -lo que implica escasa posibilidad de almacenamiento de calor-, se asocia a sobrecalentamiento en ciertas horas del día, lo que incluso puede llegar a producirse en días de invierno (como es el caso analizado).



En otras palabras, la presencia de una alta masa térmica en el interior de un edificio, permite -por un lado- almacenar energía para períodos nocturnos en invierno, hace disminuir las diferencias de temperaturas entre día y noche, (al compararlas con las diferencias en el ambiente exterior) y finalmente provoca un desplazamiento del máximo de temperatura en su interior respecto de la hora en que se da el máximo de temperatura en el ambiente exterior durante el día. (Ver Figura 7.2.1d).



La Figura 7.2.1.e siguiente ilustra un ejemplo de como captar mayor cantidad de energía solar en invierno, lo que -tal como se verá más adelante- debe ser compatible con la posibilidad de evitar esa misma radiación en períodos de verano e incluso en períodos intermedios (otoño y primavera) pues de otro modo, puede producirse un sobrecalentamiento en el interior del edificio.



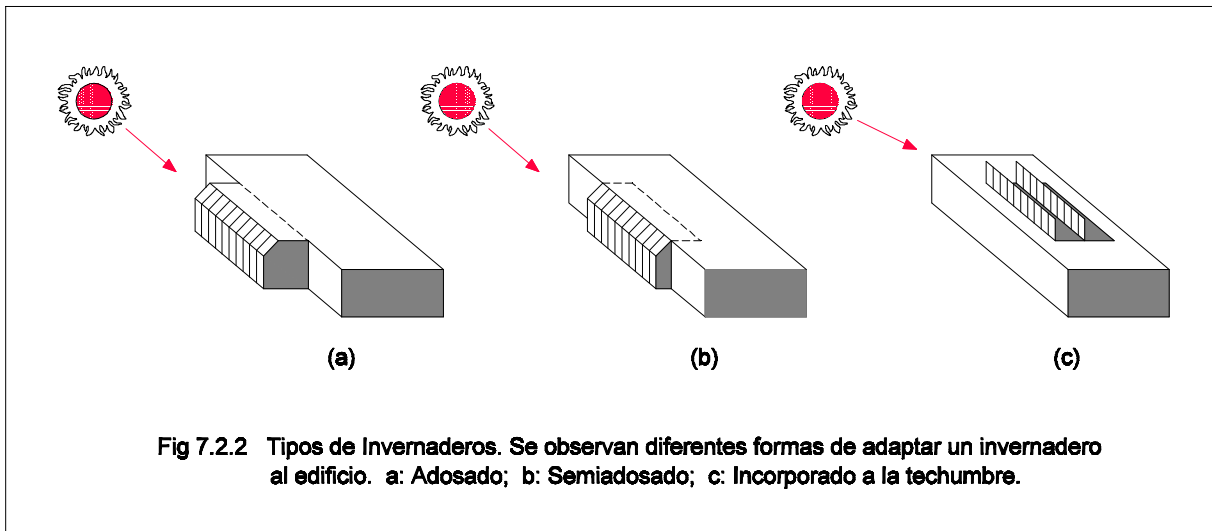
7.2.2. Invernaderos

Los invernaderos permiten captar calor para el ambiente interior del edificio y en ocasiones, estos invernaderos son usados como espacio secundario habitable. En su interior se produce un sobrecalentamiento durante el día, cuestión de gran utilidad en períodos fríos del año.

Este tipo de elemento requiere que el calor captado durante el día producto de la radiación solar pueda posteriormente ser distribuido hacia el ambiente interior del edificio. Para ello debe tenerse el suficiente cuidado de impedir la salida del calor a través de los propios vidrios que lo componen (de baja resistencia térmica), en horas de ausencia de sol (noche). A su vez deben ser protegidos con sombra en períodos calurosos del año para evitar el sobrecalentamiento en el ambiente interior.

La Figura 7.2.2. muestra distintas formas de cómo puede diseñarse un invernadero (adosado, semiadosado e incluido en el propio edificio).

El uso de invernaderos para períodos de invierno debe estar combinado con grandes masas para alcanzar los efectos descritos en el punto anterior (punto 7.2.1).



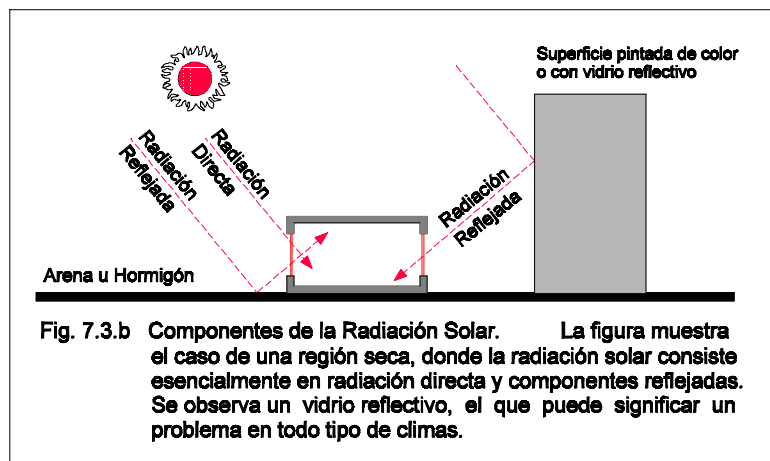
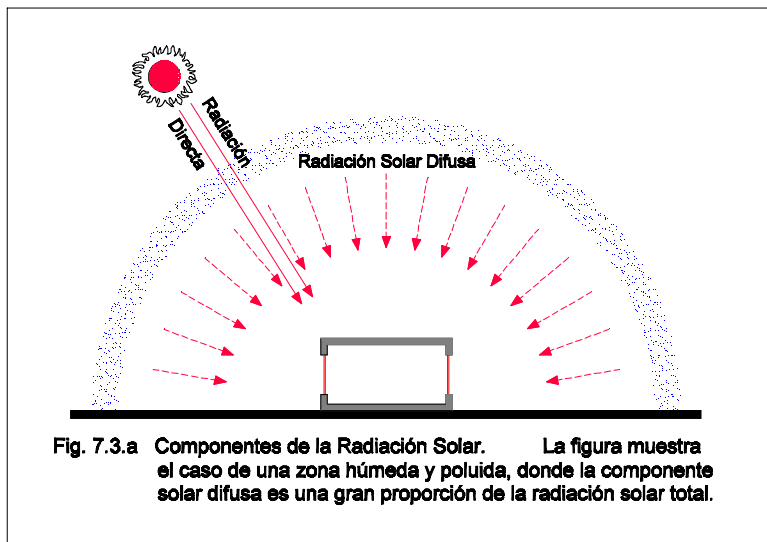
7.3 Control de la radiación solar

En períodos del año con altas temperaturas ambientales, sería ideal poder provocar sombras sobre toda la envolvente de un edificio. Sin embargo, debido a la dificultad para lograr lo anterior y debido que es a través de ventanas donde se obtienen las mayores ganancias de energía debido a la radiación, se destacan aquí recomendaciones para sombrear este último tipo de elemento de la envolvente de edificios.

La radiación solar que incide sobre un edificio puede descomponerse en la radiación solar directa más la radiación difusa. A estas se agrega la radiación reflejada que puede alcanzar al edificio luego de haber incidido sobre alguna superficie aledaña.

La Figura 7.3.a muestra la situación correspondiente a un día nublado y poluido en que la componente difusa de la radiación solar es un alto porcentaje de la radiación solar total.

La Figura 7.3.b muestra la situación de un día despejado, en que las componentes de radiación directa y reflejada son más intensas en comparación al caso anterior (Figura 7.3.a). En este caso la radiación difusa tendrá menor incidencia en la radiación solar total que en el caso de la Figura 7.3.a.



Para evitar el calentamiento solar pasivo en períodos del año cuando éste no se requiere, una ventana debe estar siempre protegida (o sombreada) de la radiación solar directa e incluso, a menudo, debe también protegerse de la radiación difusa o reflejada.

La radiación reflejada puede ser muy severa en zonas de intensa radiación directa y con superficies altamente reflectantes. Este problema ocurre con frecuencia en áreas urbanas donde este tipo de superficies (altamente reflectantes) son muy comunes. Pavimentos de concreto, muros pintados de color blanco y vidrios reflectantes pueden reflejar una intensa radiación solar hacia ventanas con cualquier orientación en un edificio.

El tipo, ubicación y tamaño de un determinado elemento de sombra depende en parte de proporción de radiación directa, difusa y reflejada respecto de la radiación total. La componente reflejada es de fácil control en la medida que sea posible actuar sobre los alrededores del

edificio. Una forma de controlar la radiación reflejada es a través del uso de vegetación (evitando el uso de concreto).

La componente difusa es de más difícil control debido al amplio ángulo desde donde en general proviene. Es comúnmente controlada con cortinas o elementos de sombra interiores o vidrios oscurecidos.

La radiación solar directa es mejor controlada a través de elementos de sombra exteriores.

7.3.1. Control de radiación solar directa en ventanas

La orientación norte de ventanas para efecto de captar radiación solar en períodos fríos obliga a buscar formas de evitar la radiación directa sobre éstas en períodos calurosos para impedir el crítico sobrecalentamiento.

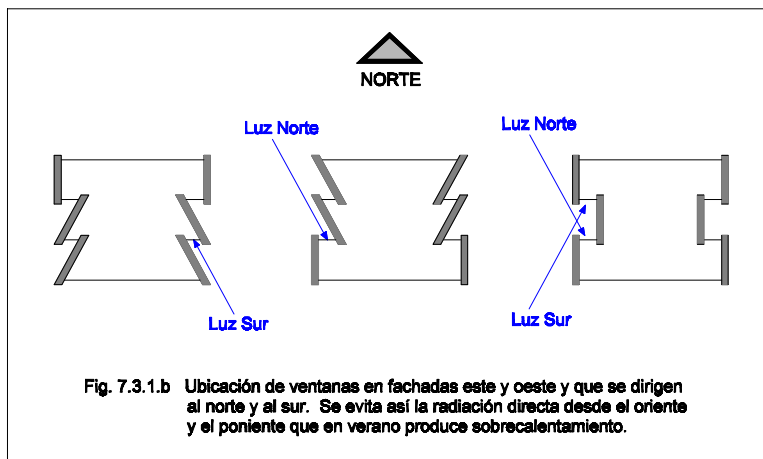
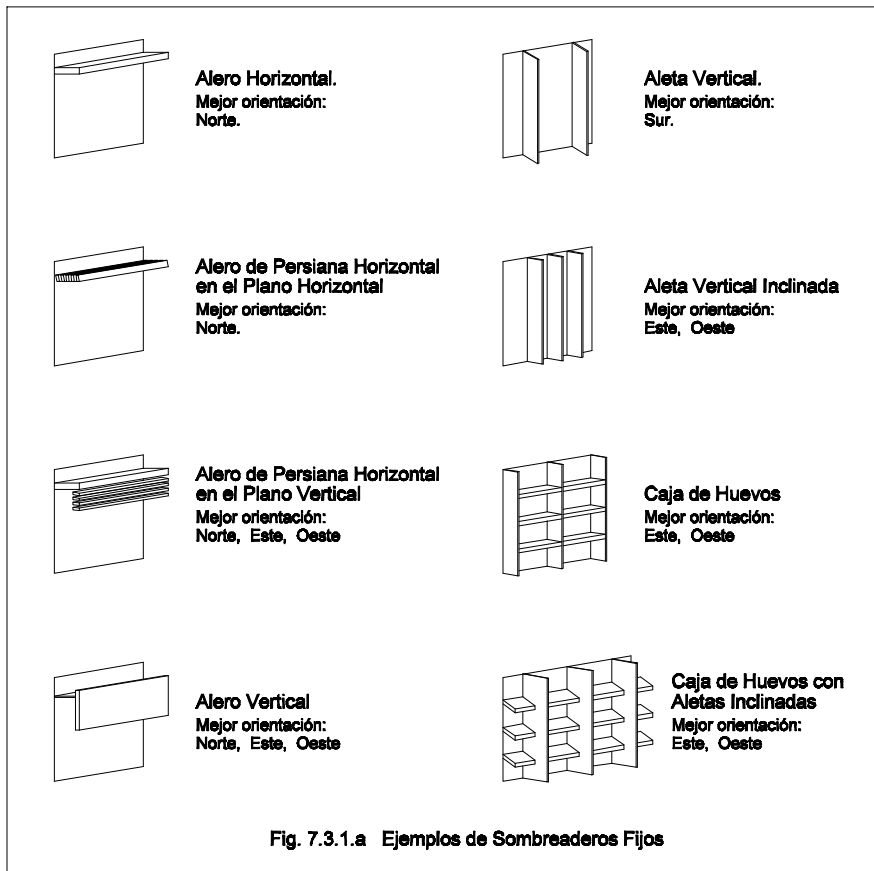
Aleros o salientes horizontales sobre ventanas al norte son efectivas para provocar sombra sobre ellas en períodos calurosos, cuando el sol se desplaza a gran altura. (ángulo de altura solar elevado).

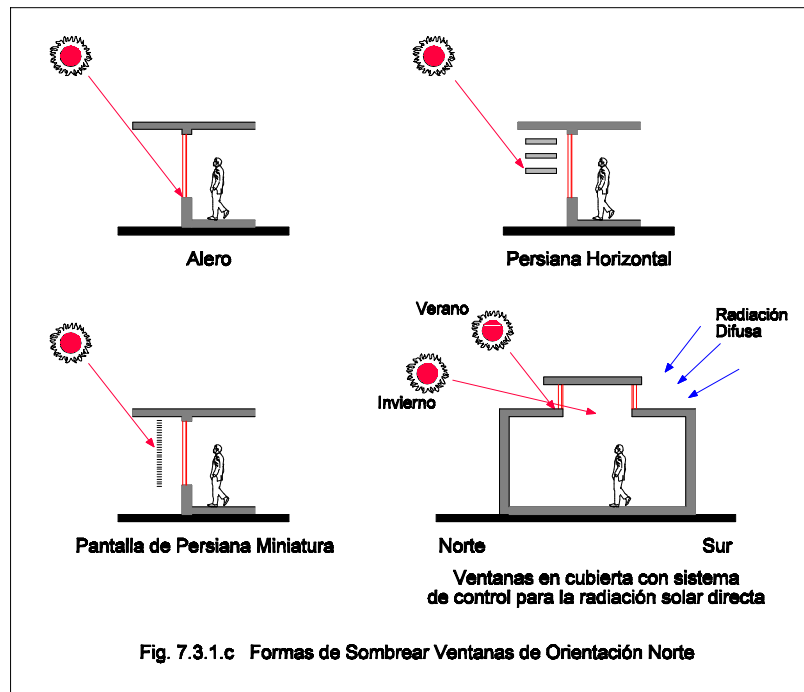
Las orientaciones este y oeste en ventanas pueden generar altas ganancias de calor debido a la radiación solar incidente, especialmente por la baja altura solar existente en la mañana o en la tarde. La incidencia de radiación solar sobre estas superficies vidriadas este y oeste generan severos problemas de sobrecalentamiento, en especial durante períodos de altas temperaturas. Estas orientaciones de ventanas pueden llegar a producir mayores temperaturas al interior de un recinto que las que se dan en el ambiente exterior, lo que es causado por el efecto invernadero.

De este modo es imprescindible tratar de evitar ventanas con esta orientación y de existir, deben ser sombreadas con elementos opacos exteriores.

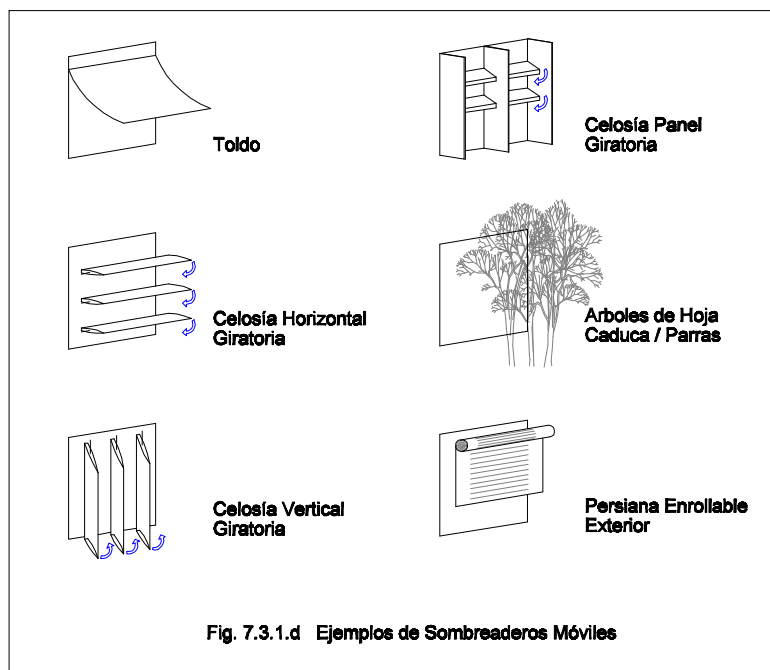
La Figura 7.3.1.a muestra diferentes tipos de elementos fijos a usarse en el exterior del edificio para proteger ventanas con diferentes orientaciones.

La Figura 7.3.1b. muestra diferentes alternativas de ubicación de ventanas al este u oeste para evitar en ellas la radiación directa especialmente en períodos calurosos. Se observan otros métodos para sombrear ventanas también en la Figura 7.1.3.c.

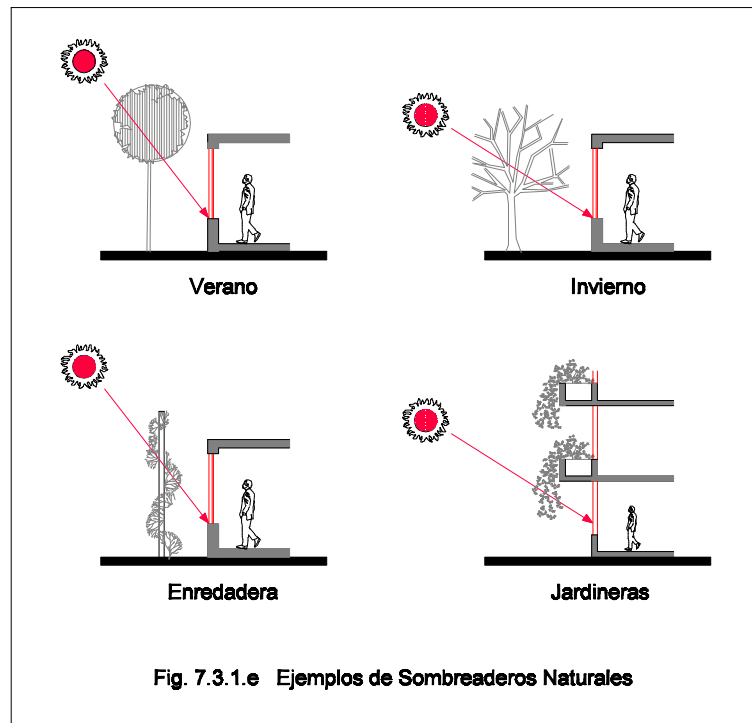




La Figura 7.3.1.d. muestra diferentes tipos de sombreaderos móviles, los que pueden ser ajustados para diferentes períodos del año según se necesite o no la incidencia directa de radiación solar en las ventanas. Se ilustra también el uso de árboles de hoja caduca.



La Figura 7.3.1.e. muestra la posibilidad uso de elementos naturales que producen sombra. El crecimiento de plantas en primavera verano o de hojas en árboles impiden el paso de radiación directa, mientras que la existencia de hojas caducas permiten la entrada de radiación directa en períodos otoño invierno.



Es importante destacar que aleros o salientes horizontales son recomendables en general para ventanas de orientación norte pues impiden la radiación directa en períodos de alta temperatura ambiente. Los elementos verticales, fijos o móviles son apropiados para orientaciones este u oeste.

7.3.2. Dimensionamiento de aleros para ventanas de orientación norte.

Como se ha indicado, un elemento fijo horizontal es apropiado para poder evitar la radiación directa sobre ventanas de orientación norte en períodos calurosos. El objetivo es entonces encontrar el ancho de un alero de una saliente horizontal que sombreadrá una ventana vertical de orientación norte durante el período de calor.

La Figura 7.3.2.a. muestra el ángulo al final del período caluroso de una cierta región. Debido a que el sol estará alto durante el resto del período caluroso del año, cualquier alero que se extienda hasta la “línea de sombra total” generará sombra sobre la ventana durante todo este período.

La tabla siguiente (Tabla 7.3.2.) muestra los ángulos A sugeridos para diferentes latitudes en el país considerando períodos de altas temperaturas ambientales (en localidades no cordilleranas) y los diagramas de desplazamiento solar correspondientes.

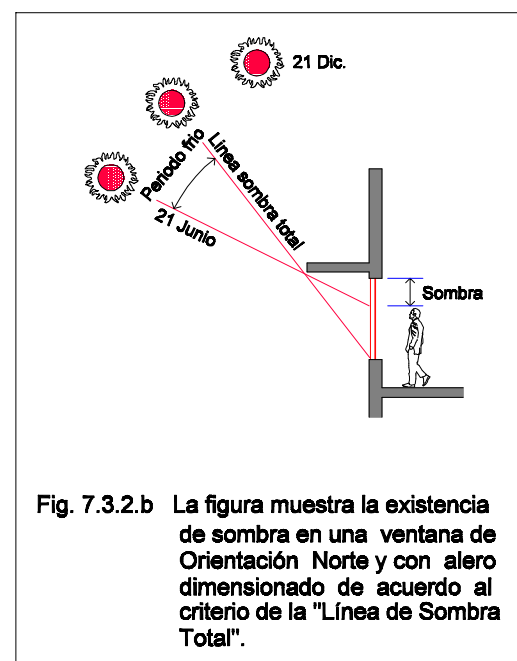
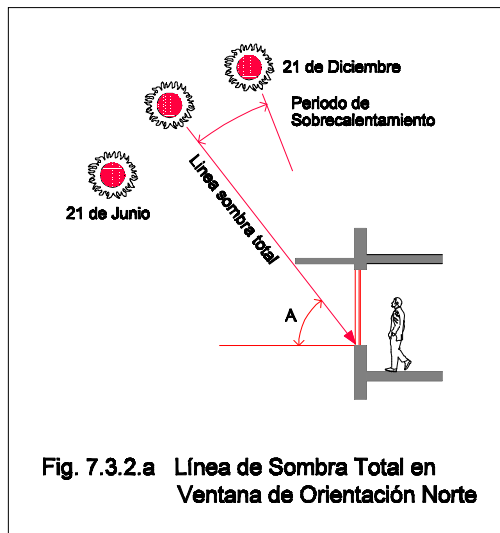
Tabla 7.3.2. Angulos de Línea de Sombra Total Ventanas orientación Norte

LATITUD (°)	ANGULO A (°)
18 - 23	66
23 - 30	62
30 - 36	55

Nota: La tabla es válida en orientaciones en ventanas hasta $\pm 20^\circ$ con respecto al Norte.

El ángulo A sugerido se ha determinado suponiendo como referencia un punto inferior de la ventana tal como se observa en la Figura 7.3.2.a.

Los aleros que se diseñen considerando el ángulo A de la línea de sombra total y que evite la radiación directa sobre la ventana durante todo el período de sobrecalentamiento (período de altas temperaturas ambientales o caluroso del año) harán que exista una sombra parcial sobre la ventana durante el períodos de calefacción o frío del año. Ver Figura 7.3.2.b.

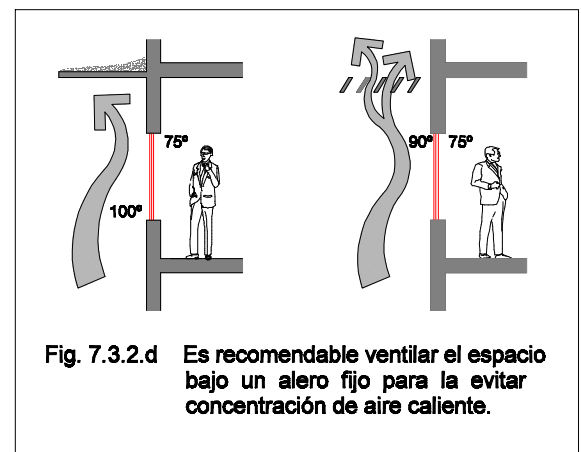
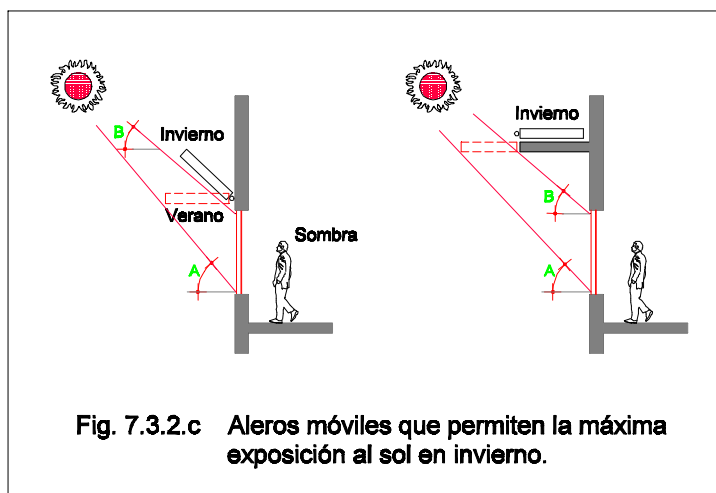


Para eliminar este efecto es posible diseñar aleros móviles que posibiliten la máxima exposición de la ventana en invierno (o períodos fríos) y una sombra total en períodos de sobrecalentamiento. La Figura 7.3.2.c. ilustra ciertas soluciones que permiten lo anterior. Ello también puede ser logrado en sombreaderos móviles de lona, ajustables a condiciones de períodos fríos y calurosos. Igualmente pueden usarse aleros tipo celosías.

En la Figura 7.3.2.c. se muestra el ángulo B que define la “Línea de soleamiento total”. Este ángulo puede ser determinado haciendo uso de las cartas solares del anexo 2.

Cabe indicar respecto de aleros horizontales para ventanas de orientación norte, que es recomendable (en la medida que sea posible), instalar en estas ventanas protectores solares abiertos, de modo que pueda ventilarse el espacio bajo el alero, impidiendo en esa zona la concentración de aire caliente. Ello se muestra en la Figura 7.3.2.d.

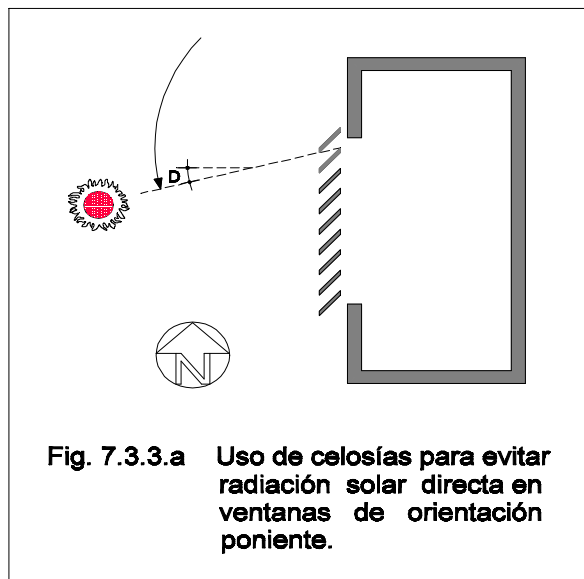
7.3.3. Protectores solares para ventanas de orientación este y oeste



En orientaciones este y oeste a diferencia de la orientación norte, no es posible alcanzar una protección solar total con aleros o salientes.

Si se desea entrada de luz por medio de ventanas con estas orientaciones, se recomiendan los modelos de la Figura 7.3.1.b.

De persistir la idea de usar ventanas con exposición en estas orientaciones, es recomendable sombrearlas por el exterior para evitar radiación directa sobre ellas. Para esto es recomendable el uso de sombreados de tipos celosías verticales (aletas verticales). Ver Figura 7.3.3.a.



El ángulo D que se muestra en la figura 7.3.3.a puede determinarse con diagramas de trayectoria solar de la latitud correspondiente.

8. METODOS DE ENFRIAMIENTO EN ARQUITECTURA CLIMATICA

El objetivo de alcanzar confort durante períodos de altas temperaturas (verano y parte de los períodos intermedios) puede ser logrado extrayendo calor de un edificio. También puede incrementarse la velocidad del aire en su interior de modo que los usuarios se sientan cómodos aún cuando el ambiente del edificio no está enfriándose al menos forma significativa.

Existen métodos para provocar enfriamiento de un edificio, de los cuales algunos se mencionan a continuación.

Estos métodos se basan en el movimiento natural que se puede dar al aire al interior de un edificio, acompañado con la posibilidad de humidificarlo.

Cabe indicar aquí que en el diseño de un edificio, para un uso racional de la energía, debiera en primer lugar considerarse a estos métodos de enfriamiento. Sólo si ellos son insuficientes, debiera recurrirse al uso de sistemas que consumen energía. (Ventilación forzada en primer lugar, luego la humidificación y el uso de equipos de aire acondicionado).

8.1 Métodos de enfriamiento

8.1.1. Enfriamiento y ventilación

8.1.1.1. Ventilación para el confort: es una ventilación durante el día para aumentar la evaporación en la piel de los usuarios y así incrementar su confort.

8.1.1.2. Enfriamiento convectivo: es la ventilación durante la noche en un edificio para preenfriarlo para el día siguiente (denominado también ventilación nocturna.)

8.1.2. Enfriamiento evaporativo.

8.1.2.1. Enfriamiento evaporativo directo: agua es pulverizada en el aire que se interna en un edificio. Ello disminuye la temperatura pero aumenta el contenido de la humedad en el aire

8.1.2.2. Enfriamiento evaporativo indirecto: el aire enfría el ambiente del edificio sin incrementar la humedad del aire.

8.2. Ventilación para el confort y enfriamiento convectivo (ventilación nocturna)

De los métodos indicados se describen con mayor detalle el relacionado con la ventilación en un edificio. Estos métodos son los más recurrentes para el enfriamiento de un edificio.

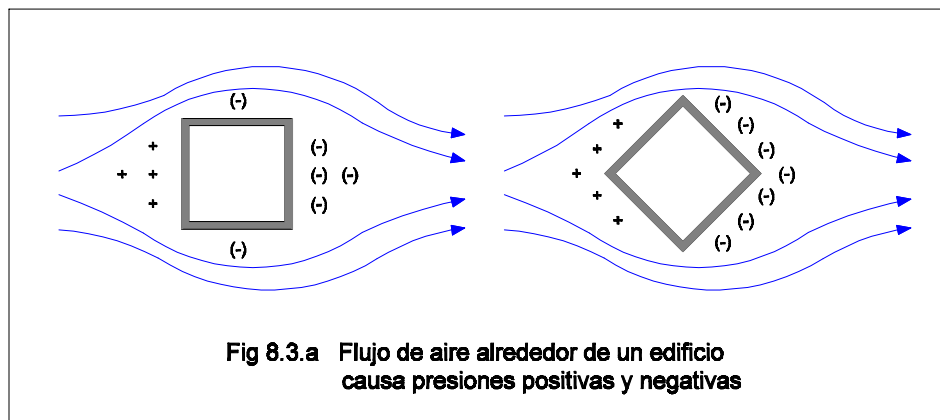
La ventilación para el confort hace introducir al edificio aire exterior, especialmente durante el día cuando las temperaturas exteriores son aún mayores. El aire pasa directamente sobre las personas para aumentar en ellas la evaporación en su piel.

La ventilación nocturna o enfriamiento convectivo es diferente al caso anterior. Con esta técnica el aire frío nocturno se introduce al edificio para expulsar calor de éste hacia el exterior, mientras que durante el día sólo un poco cantidad de aire se introduce al edificio, minimizando las ganancias de calor. Mientras tanto, la masa del edificio que se ha enfriado durante la noche actúa disminuyendo la temperatura del ambiente durante el día.

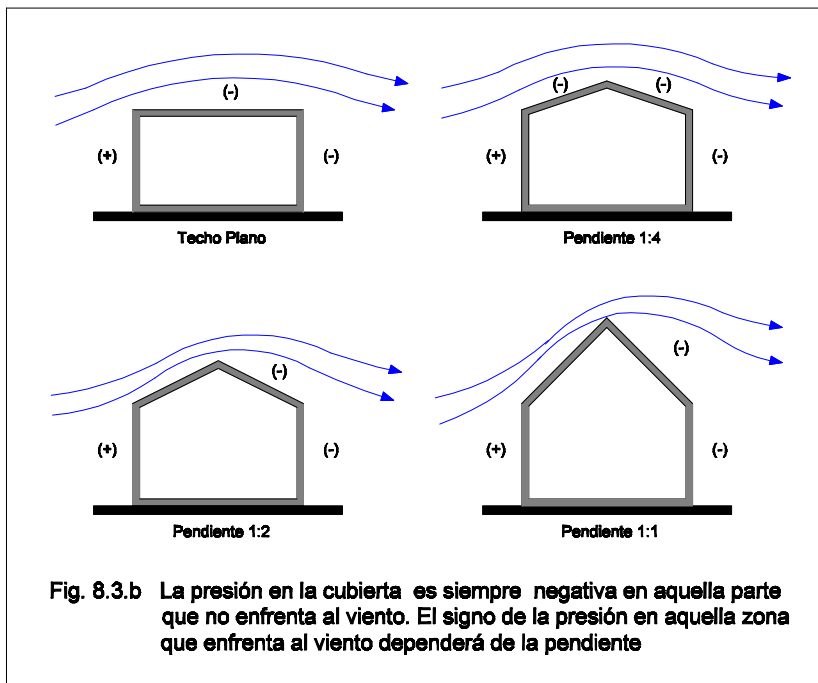
8.3. Movimiento del aire en los edificios

Los factores que influyen en el flujo de aire en un edificio son la distribución de la presión alrededor del edificio, la dirección del aire que se introduce a través de ventanas u otras aberturas, el tamaño de ventanas, ubicación de éstas y la distribución de los espacios interiores.

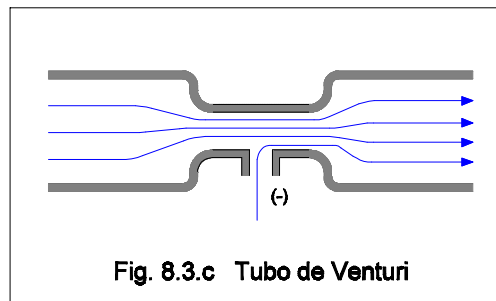
La distribución de presión alrededor de un edificio se muestra en la Figura 8.3.a, en que se observa que en la fachada en que incide el viento se produce una presión positiva mientras que en la fachada posterior, se produce una presión negativa.



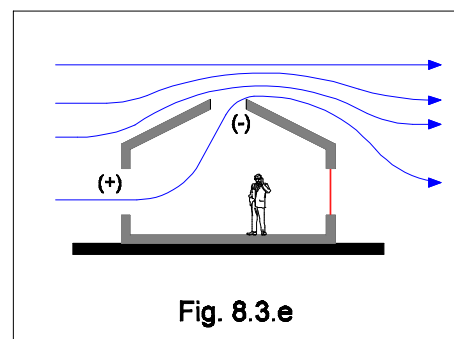
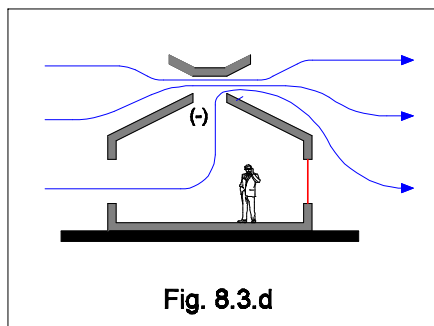
Diferencias de presión también se observan en el perfil de un edificio. En las superficies superiores (techumbres) se producen presiones negativas debido al aumento de la velocidad del aire entorno a estas superficies. Ello se explica por el efecto que encierra la ecuación de Bernoulli en que en un flujo, al aumentar la velocidad del fluido se produce una disminución de la presión. (Ver Figura 8.3.b)

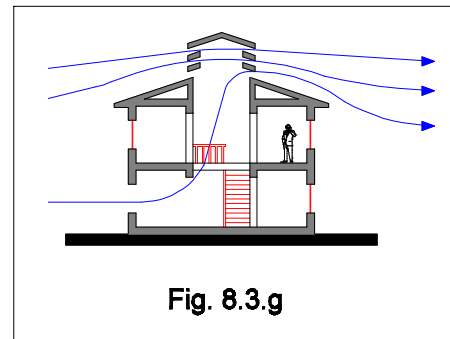
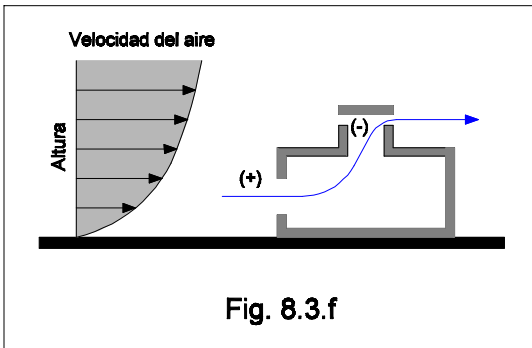


El efecto de Bernoulli explica la razón por la cual existe una disminución en la presión estática en el estrangulamiento de un tubo de Venturi (Figura 8.3c). Este fenómeno puede ser usado de manera efectiva en los edificios. Por ejemplo, un Venturi en



la cubierta de un edificio provoca presiones negativas y permite la ventilación del ambiente interior. Las Figuras siguientes muestran diferentes opciones en que se usa este efecto de Venturi. (Figuras 8.3d, 8.3e, 8.3f, 8.3g)

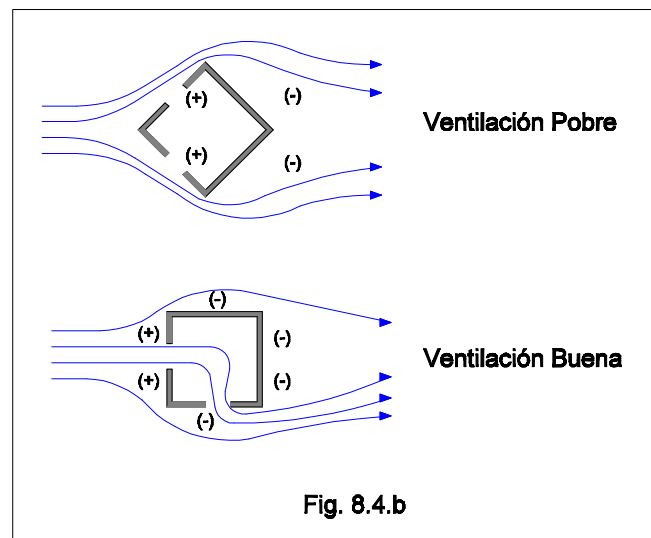
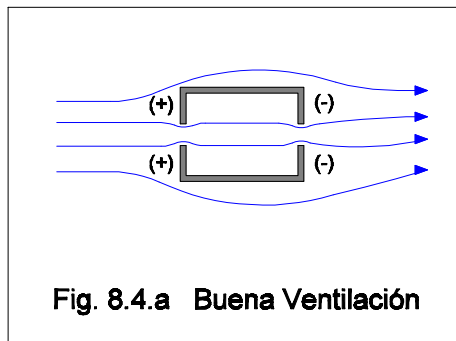




Se hace notar que este fenómeno de Venturi en que se observa una mayor velocidad de viento en estrangulaciones del flujo puede provocar aumentos indeseados de la velocidad en espacios exteriores de un edificio. Una alta velocidad de viento puede provocarse por ejemplo entre las fachadas de dos o más edificios o en pasillos abiertos que unen dos fachadas opuestas de un mismo edificio.

8.4 Ubicación de Ventanas

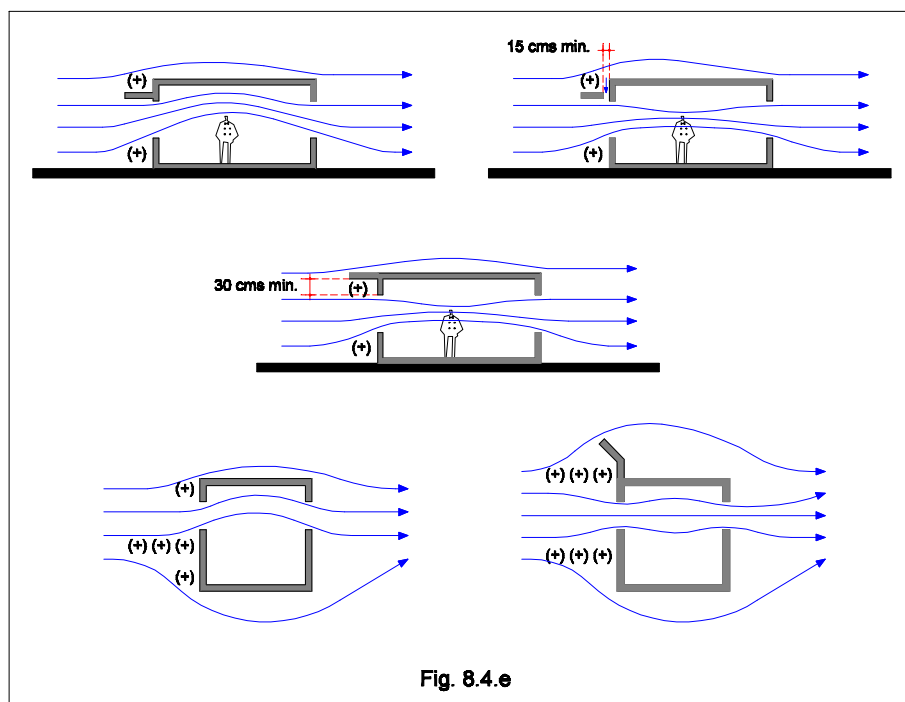
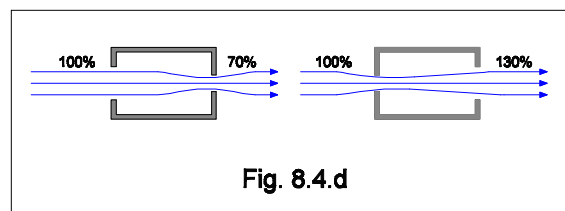
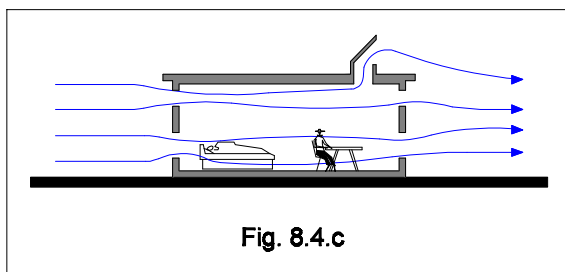
La ventilación cruzada es efectiva debido a que el flujo de aire es desde una fachada donde existe presión positiva hasta otra que en que existe presión negativa. La ventilación entre ventanas de fachadas adyacentes puede ser pobre o buena de acuerdo a la orientación del viento. (Figuras 8.4.a y 8.4.b).



Por otro lado, para un mayor confort a través de ventilación las ventanas deberán estar en la parte baja, al nivel de las personas en el recinto. Adicionalmente pueden usarse ventanas

superiores para extraer el aire caliente depositado en las capas superiores del espacio interior. Ver Figura 8.4.c.

Respecto del tamaño de la entrada y salida del aire es recomendable que éstas sean iguales debido a que la ventilación es normalmente una función de la abertura más pequeña. En todo caso, si una de las aberturas es menor, debiera ser la de entrada pues así se hace mayor la velocidad en el interior lo que provoca mayor sensación de confort. (Ver Figura 8.4.d). La Figura 8.4.e muestran diferentes diseños en que se observa el movimiento del aire al interior de un recinto.



9. HUMEDAD EN LOS EDIFICIOS

Con el propósito de controlar los niveles de humedad en los edificios, deben conocerse los mecanismos básicos que se asocian a su presencia y movimiento. Los mecanismos básicos de transporte o de presencia de humedad predominantes en edificio son: Agua en estado líquido proveniente del suelo o lluvia; movimiento de agua por capilaridad; movimiento de vapor de agua a través del desplazamiento del aire y por los fenómenos de difusión de vapor de agua a través de elementos de la envolvente.

El movimiento de humedad en un edificio y por ende cualquier problema relacionado con ella, es el resultado de uno o de una mezcla de los mecanismos mencionados.

9.1 Flujo Líquido

Un significativo mecanismo de transporte de humedad en un edificio es el del agua en estado líquido. Este mecanismo se relaciona con aguas subterráneas y la lluvia, especialmente cuando ésta se combina con viento. Este mecanismo es responsable de filtraciones de humedad desde el exterior del edificio.

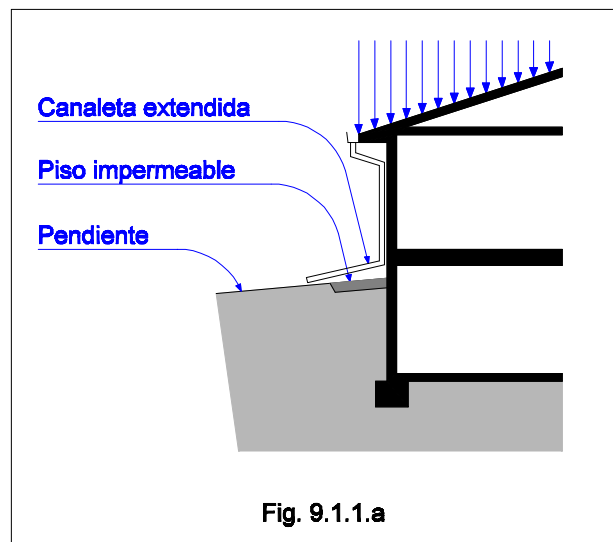
9.1.1 Aguas subterráneas

Las siguientes estrategias pueden ser implementadas para el control de aguas subterráneas provenientes de la lluvia que cae en los alrededores de un edificio: uso de técnicas de drenaje superficial para reducir la infiltración de aguas superficiales o de lluvia en el suelo que rodea el edificio.

Uso de técnicas de drenaje en el subsuelo para evitar la entrada de aguas en las fundaciones del edificio.

Eliminar orificios o grietas y proveer de una membrana o barrera resistente a la presión hidrostática.

La Figura 9.1.1a muestra técnicas que han probado ser efectivas para el drenaje superficial para aguas provenientes de la lluvia.



Entre las técnicas de drenaje subterráneo pueden mencionarse aquellas en que se coloca material (arena, gravilla) que permita el flujo de agua alrededor de las fundaciones hacia abajo. Rodeado de gravilla o ripio de mayor tamaño se puede instalar un tubo de perforado al costado de la base de las fundaciones y bajo el nivel del piso de subterráneo, con el fin de evacuar las aguas que provienen de la superficie hacia un sumidero o colector.

Finalmente, el uso de ciertas membranas impermeables con el propósito de eliminar la posibilidad de infiltraciones de agua a través de orificios o grietas en las fundaciones.

9.1.2 Aguas Lluvias

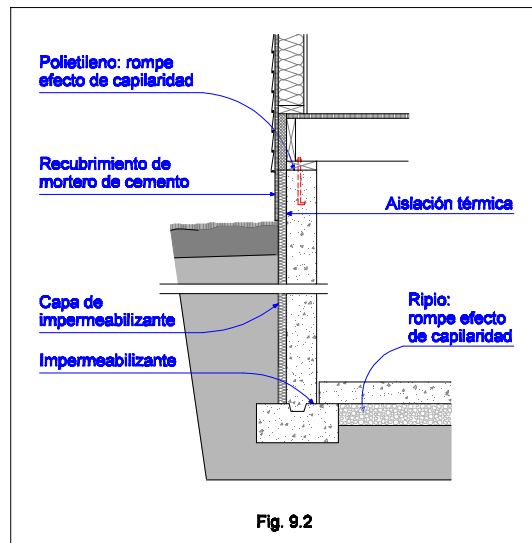
Las aguas lluvias que se depositan sobre las superficies de muros deben ser reducidas o controladas a través de estrategias arquitectónicas y de emplazamiento de los edificios. En efecto, la ubicación de los edificios debe considerar cuáles son los vientos preferenciales en períodos de lluvia para reducir el impacto de esta agua debido al viento. El uso de aleros y canales de evacuación de aguas son recomendables para evitar los efectos de la lluvia combinada con viento.

9.2 Movimiento de humedad por capilaridad.

Este fenómeno de desplazamiento de la humedad se observa principalmente en materiales porosos. Entre otras cosas, este fenómeno depende de la cantidad de humedad existente en el medio y de la porosidad de los materiales involucrados.

Este fenómeno puede ser significativo en aquellas partes del edificio que están en contacto con el suelo.

La existencia de fenómenos de movimiento de humedad por capilaridad en el subsuelo puede ser minimizado con una selección adecuada del sitio de emplazamiento de una construcción como también a través de técnicas de drenaje superficial y subterráneos. (Ver Figura 9.2)



La succión capilar en fundaciones de hormigón es tradicionalmente controlada impermeabilizando la superficie exterior de los muros que están en contacto con suelos húmedos. Este impermeabilizante es normalmente un líquido bituminoso que llena los poros capilares del concreto. Esta capa de impermeabilizante no permite en ocasiones eliminar grandes grietas y orificios como lo hace el uso de membranas que constituyen un excelente protector al paso de humedad por capilaridad.

La succión por capilaridad también puede ser un factor importante en aquellos elementos de la envolvente de un edificio que entran en contacto directo con la lluvia. Especialmente en las partes bajas de un edificio (más cerca del terreno debido a la existencia de salpicaduras), el agua puede penetrar hacia el interior del edificio por capilaridad.

Para ello existen aditivos destinados a disminuir la porosidad y permeabilidad de morteros y hormigones. Estos aditivos son incorporados a la masa de los hormigones o morteros, sellan los poros y capilares provocando una disminución de la permeabilidad a líquidos y gases. Estos productos se denominan hidrófugos de masa. Cabe indicar aquí que la indicada disminución en la permeabilidad a los gases no es significativamente alta, lo que permite el paso de vapor de agua desde el interior de los edificios hacia el exterior, cuestión que es positiva para tratar de evitar problemas de condensación intersticial.

Existen otros productos de aplicación a superficies de muros expuestos los que también impiden el paso de agua por capilaridad.

Este tipo de productos son aplicados en general con brochas, rodillos o pulverizados sobre las superficies a proteger. Se les denominan hidrorrepelentes o hidrófugos de superficie. Debe tenerse especial cuidado en la selección de estos productos pues algunos son altamente impermeables al paso de vapor de agua (epóxicos) los que al ser aplicados en la superficie exterior de muros hace aumentar la presión de vapor en el interior de éstos y con ello se aumentan los riesgos de condensación intersticial (nótese que en períodos fríos, el vapor de

agua del interior de un edificio se transporta hacia el ambiente exterior). Entre los hidrorrepelentes para fachadas se destacan los agentes protectores en base a siliconas, los que ofrecen una buena permeabilidad al paso de vapor y alta durabilidad.

En otras palabras, un producto hidrorrepelente que se aplique en la superficie exterior de un muro que se expone a la lluvia directa (muros no subterráneos) debe tener la propiedad de impedir el paso de gotas de agua (líquido) y permitir el paso de vapor de agua hacia el exterior.

El intercambio de aire interior que contiene la humedad producida de acuerdo al destino o actividades del edificio es recomendable durante los períodos fríos del año. En estos períodos, normalmente el aire exterior contiene menos humedad que el ambiente interior por lo que el intercambio de aire entre ambos ambientes permite disminuir contenidos de humedad en los espacios del edificio.

En períodos calurosos, cuando normalmente el aire exterior podría estar a mayor temperatura que en el interior, la entrada de aire exterior al interior del edificio puede implicar agregar humedad al ambiente puesto que el aire a mayor temperatura puede contener más agua en estado de vapor que el aire más frío. En períodos calurosos es recomendable entonces deshumidificar el aire exterior antes de introducirlo al interior del edificio. Esta deshumidificación normalmente está asociada al acondicionamiento de aire con sistemas activos.

Finalmente, cualquiera sea la situación (invierno o verano) es recomendable poder controlar el intercambio de aire entre el interior y exterior a través del movimiento natural del aire con sistemas mecánicos, de modo que en el ambiente interior se permiten variaciones de contenidos de humedad del aire dentro de los límites de confort indicados con anterioridad. Ello exige que infiltraciones descontroladas o excesivas a través de rendijas, puertas y ventanas sean evitadas.

9.3 Humedad en el aire ambiente

Un tercer mecanismo de presencia y transporte de humedad en edificios se relaciona con el movimiento de masas de aire. Este mecanismo puede mover humedad en el interior de los edificios y desde el exterior hacia el interior.

Estos movimientos pueden darse debido a la presencia de aberturas en la envolvente de los edificios y a la existencia de diferencias de presión en el aire ambiente.

Una de las formas de evitar el transporte de humedad en el interior de los edificios es controlar las fuentes internas de producción de vapor en edificios. Actividades como la cocción de alimentos, la respiración de las personas, la combustión de ciertos energéticos (kerosene, gas) en estufas sin evacuación de gases al exterior, producen importantes cantidades de agua en los edificios (Ver Figura 9.3.a). En viviendas, el baño, lavado de ropa, secado de ropa en el interior, constituyen importantes fuentes de humedad. (Ver Figura 9.3.b).

Tabla 9.3.a. Vapor de agua generado por combustión

Combustible	Vapor de agua (H ₂ O)
Gas licuado 1 kg	1,6 lt
Parafina 1 lt	1,2 lt

Fuente: Rodríguez, G. (a)

Tabla 9.3.b. Masa de vapor de agua producida por uso local

Producción de Vapor por las personas según su actividad	Vapor agua producido por persona según temperatura (g/h)		
	15°C	20°C	25°C
Reposo	36	45	66
Trabajo ligero	72	110	175
Trabajo normal	120	170	205
Trabajo muy pesado	215	300	350
Producción de Vapor por persona según uso del local	Producción de vapor (kg/día)		
Baño	0,15		
Cocción alimentos	0,5-1,0		
Lavado de ropa	0,1		
Secado de ropa	0,7		

Fuente: Rodríguez, G. (1990)

Para evitar problemas causados por los mecanismos indicados, deben en primer lugar controlarse las fuentes. Espacios donde exista una significativa producción de humedad, tales como baños y cocinas, deben ser ventilados directamente al exterior a través del uso de sistemas mecánicos.

9.4 Difusión de vapor

Este mecanismo corresponde al movimiento de vapor de agua a través de los materiales de construcción. Los materiales no son capaces de evitar el paso de humedad a través de ellos, sólo podían retardarlo.

La difusión de vapor a través de los materiales depende de la permeabilidad de éstos y de la diferencia de presión de vapor existente entre ambas superficies de ellos.

Cuando un edificio está siendo calefaccionado, en un clima frío, la presión de vapor será mayor en su interior que en el ambiente exterior. Así entonces, la difusión de vapor se produce desde el interior del edificio (a mayor temperatura y presión de vapor) hacia el exterior.

Es posible en períodos de calefacción de los recintos, reducir la difusión de vapor a través de la envolvente de los edificios si se disminuye la producción de humedad en el interior. Sin embargo, debido a que al menos ciertas fuentes de humedad están siempre presentes, es usualmente necesario actuar sobre los materiales de la envolvente para retardar la difusión de vapor y minimizar los problemas que ella puede causar.

9.4.1 Condensación superficial e intersticial en la envolvente de los edificios.

Tal como se ha indicado, en períodos fríos del año cuando se calefaccionan los recintos, el vapor difunde a través de la envolvente de los edificios desde el ambiente interior hacia el exterior.

Este vapor que difunde desde el interior de los recintos puede en su paso a través de la envolvente, condensarse en el interior de un elemento (muro, cielo). Ello ocurre pues el vapor puede encontrarse al interior de un muro con bajas temperaturas y por tanto puede condensarse.

Este fenómeno denominado de condensación intersticial puede ser evaluado a través de la variación o perfil de temperatura al interior del muro o por medio del análisis de la presión de vapor que se da a medida que el vapor difunde a través del muro (presión de vapor de difusión).

La presión de vapor de difusión a través de muro se compara con la presión de vapor de saturación (asociada a cada punto de temperatura en el muro). Si la presión de vapor de difusión es siempre menor que la presión de vapor, no ocurrirá condensación. Si la presión de vapor de difusión supera en alguna zona del muro a la presión de saturación ocurrirá condensación.

En este fenómeno de condensación producto de la difusión de vapor a través de un elemento, se separa sólo para efectos de análisis y búsqueda de soluciones, el fenómeno de condensación superficial y el de condensación intersticial.

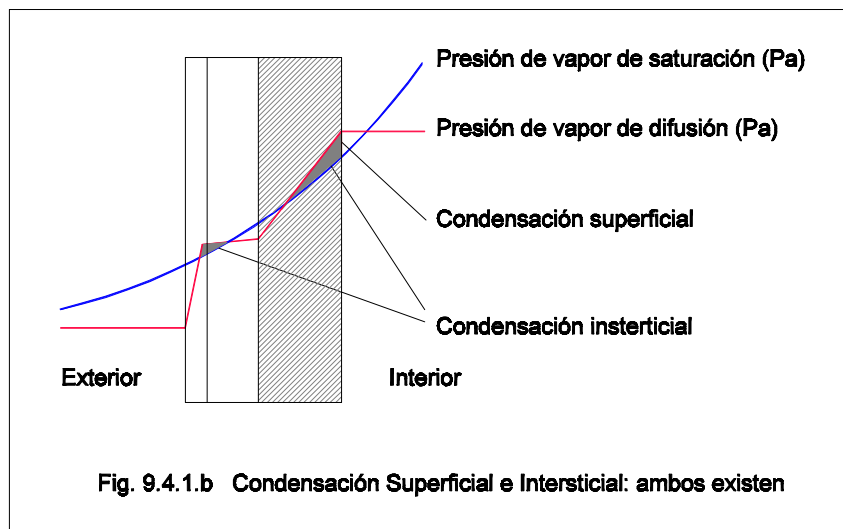
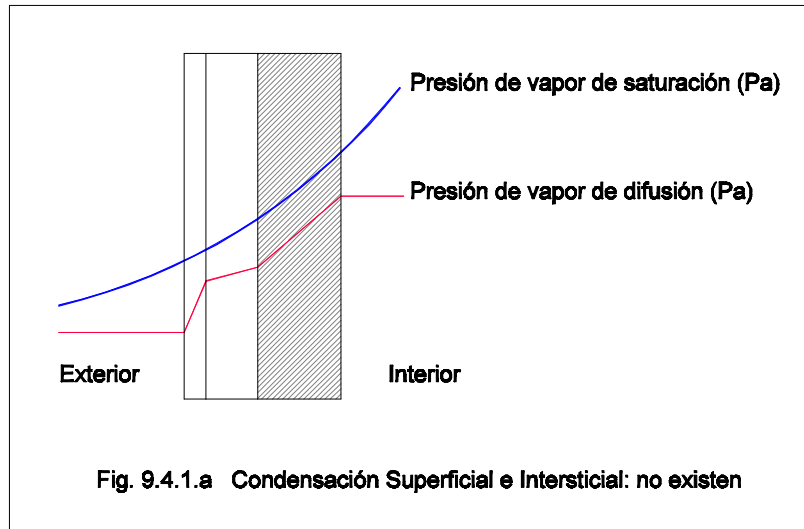
La condensación superficial es aquella que se produce en la superficie de los elementos que dan hacia el interior de los recintos.

La condensación intersticial es aquella que se produce al interior de un muro o panel.

La Figura 9.4.1.a. muestra la curva de presión de vapor de saturación en un muro compuesto por diferentes materiales. Se observa aquí que la curva de presión de vapor de difusión está siempre por bajo la presión de vapor de saturación. Ello indica que no existirán riesgos de condensación tanto en la superficie interior como en el interior del muro. Es decir no existirá condensación superficial ni intersticial.

La Figura 9.4.1.b. muestra también las curvas de presión de vapor de saturación y difusión en otro muro cualquiera compuesto de otros materiales. Allí se observa la existencia de

condensación superficial e intersticial puesto que la curva de presión de vapor de difusión separa a la de saturación tanto en la superficie como en el interior del muro.



La condensación superficial puede evitarse aumentando la resistencia térmica del elemento. El aumentar la resistencia térmica del muro o cielo (por ejemplo) se eleva la temperatura de la superficie interior del elemento y así existirá menor posibilidad que en esta superficie la temperatura sea menor que la temperatura de rocío (temperatura bajo la cual se inicia la condensación).

En otras palabras, la aislación térmica hará que la presión de vapor de difusión en la superficie del muro será menor que la presión de vapor de saturación.

La aislación térmica a agregar en un muro para eliminar el riesgo de condensación superficial puede ser instalada ya sea al interior o por el exterior del mismo. De cualquiera de las dos formas se logrará aumentar la temperatura de superficie queda al interior del recinto.

El problema de la condensación intersticial puede solucionarse también agregando aislación en el muro. Sin embargo, para ello debe instalarse la aislación térmica por el exterior del muro. Ello hará aumentar (o desplazarse positivamente) el perfil de temperatura en todo el muro, lo que hará desplazar también positivamente la curva de presión de vapor de saturación y así ella con mayor probabilidad pasará por sobre la curva de presión de vapor de difusión que depende esencialmente de la permeabilidad de los materiales involucrados.

Si la aislación térmica es instalada por el interior del muro, se observará que la temperatura en las partes del muro hacia el exterior seguirán en contacto con las bajas temperaturas exteriores y por ello allí persistirán los riesgos de condensación intersticial.

Para evitar lo anterior, cuando se instale aislación térmica por el interior del muro debe agregarle la instalación de un fuerte retardador de difusión de vapor (llamados barreras de vapor). Esta barrera de vapor debe instalarse lo más hacia el interior del recinto posible.

10. ILUMINACION

10.1 Escalas de medida

La luz es aquella parte de la energía electromagnética que puede ser percibida por la visión humana, la cual tiene su máxima sensibilidad para las componentes de la luz solar, denominada luz blanca. La unidad de medida de la potencia lumínica, en el sistema métrico, es el lumen (lm).

Se define como iluminancia la cantidad de energía lumínica que incide sobre un plano por cada unidad de tiempo y cada unidad de superficie. La unidad de medida en el sistema métrico es el lúmen/m², también denominada lux (Lx). La visión humana tiene una capacidad de percepción en un amplio rango: aproximadamente 0,1 lux hasta 100.000 lux.

La luz natural es un recurso que varía según la latitud, hora, estación y condiciones meteorológicas, pero que siempre provee suficiente iluminancia para realizar tareas al aire libre en horas diurnas. El rango de luz natural disponible en un día nublado fluctúa entre unos 5.000 lux para altas latitudes en invierno hasta más de 18.000 lux para bajas latitudes. El nivel efectivo disponible en el exterior de un edificio puede variar por efecto de obstrucciones o reflexiones locales, además del efecto de la nubosidad.

La fracción de esta luz exterior disponible se mide mediante el factor luz día, que es el porcentaje que se alcanza sobre la superficie de trabajo interior, con respecto a un plano horizontal exterior. Este factor depende del tamaño de las ventanas, de la posición de las ventanas y de los colores de las superficies interiores de cada recinto. Por lo tanto, el aprovechamiento efectivo de la luz natural y la necesidad del uso de iluminación artificial dependen del horario de actividades y del diseño de captación y distribución de la luz natural.

Para dar una idea de la escala de iluminancia en lux, los rangos más habituales de actividad visual pueden definirse como sigue:

Tabla 10.1.1 Escala de iluminancias habituales para actividades humanas

Rango en lux	Actividades	Ejemplos
20 a 200	Sin tareas visuales, descanso, desplazamientos lentos	Circulaciones, uso poco frecuente
200 a 2000	Con tareas visuales, reconocimiento visual	Lugares de trabajo interiores
2000 a 20000	Todo tipo, movimientos rápidos, visión distante	Lugares exteriores al aire libre o con alguna protección

La energía lumínica emitida por cada unidad de tiempo y cada unidad de superficie se denomina luminancia. La unidad de medida en el sistema métrico es la candela por metro cuadrado (Cd/m²). La luminancia del cielo no es homogénea y presenta variaciones desde 3:1 para un día cubierto hasta 40:1 para un día claro, sin considerar la luz directa del sol. Este fenómeno dificulta los cálculos, lo que se resuelve adoptando una distribución normalizada y utilizándola en los programas de simulación. En general, el primer paso para el diseño de la iluminación natural es definir la luminancia de cielo disponible en el lugar en las condiciones de invierno más desfavorables.

A partir de la luminancia de cielo se puede calcular la disminución de luminancia por efecto de obstrucciones y considerar el efecto de las reflexiones en las superficies exteriores e interiores de los edificios. Para este efecto se aplican los coeficientes de reflexión, algunos de los cuales se indican en la tabla siguiente:

Tabla 10.1.2 Coeficientes de reflexión

SUPERFICIE	COEF. REFLEXION (%)
Césped	6
Tierra húmeda	7
Agua	7
Asfalto	7
Grava, arena	13
Vegetación (típica)	25
Ladrillo	30
Hormigón	40
Pintura blanca nueva	75
Pintura blanca envejecida	55
Nieve limpia	74

10.2 Aprovechamiento de luz natural

En general, las dificultades en el diseño de ventanas son mayores para lograr una buena distribución que para lograr un nivel adecuado de iluminancia. Los factores luz día que se consideran suficientes son los recomendados por la tabla 10.2.1.

Tabla 10.2.1 Valores aceptables del factor luz-día

USO	FACTOR LUZ-DIA (%)	ILUMINANCIA APROX. DIA CUBIERTO (LUX)
Hospital	1	100
Escuela	2	200
Oficina	2	200
Taller	5	500

En lugares de abundante luminancia exterior se puede recurrir a vidrios especiales de baja transmisión de luz. El vidrio simple transmite aproximadamente 85 % de la luz incidente, mientras que el vidrio doble un 70 %. Los vidrios recubiertos con capas reflectantes pueden reflejar hasta el 50 % de la radiación incidente, tanto de luz como ganancia térmica. El efecto de la suciedad puede reducir en un 10% de la transmisibilidad. Los vidrios selectivos de baja emisividad pueden reducir las pérdidas térmicas manteniendo la transparencia lumínica en lugares más fríos o con menor luz natural.

Sin embargo, aún cuando se logra captar suficiente luz del exterior, las variaciones del factor luz-día dentro de los recintos son también muy importantes y frecuentemente no cumplen las recomendaciones de contraste máximo en el campo visual.

Una vez definidos los tamaños y transmisibilidad aproximados de las ventanas, de acuerdo a los valores del factor luz-día o a las necesidades de vista u otras razones, es necesario analizar

las distribución de la iluminancia en el plano de trabajo, incluyendo reflexiones externas e internas.

El contraste excesivo puede ser reducido mediante el aumento de la altura de la ventana, ya que la profundidad de iluminancia suficiente es del orden de 2,5 veces la altura de la ventana, desde el piso. Para mayores profundidades se requiere casi siempre iluminación artificial suplementaria o desde otras aberturas.

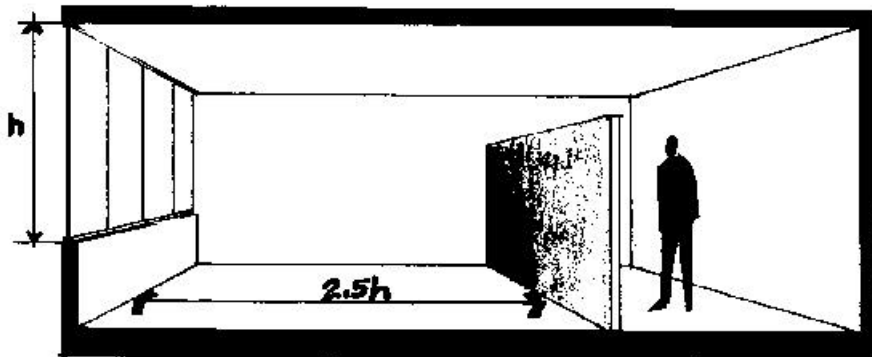


Fig. 10.2.a Profundidad útil para aprovechamiento de luz natural

Varias ventanas o ventanas en varios costados en vez de ventanas únicas mejoran la distribución de luz natural. En recintos que necesariamente captan luz natural por un lado, es muy útil agregar deflectores horizontales, generalmente sobre el nivel de la vista (1,80 m.), que reducen la luminancia cerca de la ventana y la aumentan lejos de ella. Prismas y celosías pueden lograr el mismo efecto. El uso de colores claros en los muros tiende también a producir una distribución más homogénea.

La penetración directa de la luz solar sobre el plano de trabajo debe evitarse, ya que con seguridad creará problemas de deslumbramiento, especialmente en fachadas Oriente y Poniente. En la fachada Norte es útil el alero simple, ya que el bloqueo de luz es mayor en verano y menor en invierno, atenuando las diferencias y minimizando el riesgo de excesiva ganancia térmica. Por el contrario, en lugares de circulación o que no requieren permanencia estable de ocupantes, la luz solar directa puede ser muy beneficiosa.

Los métodos para determinar los ángulos y horas de sol se basan en modelos a escala del edificio (Heliodon) o por medio de modelos numéricos. Normalmente se requiere un tiempo de estudio considerable para evaluar las diferentes fachadas, diferentes fechas y diferentes horas.

Asimismo, las obstrucciones internas por mobiliario pueden producir contrastes inaceptables, como también reflejos próximos a monitores o pizarras. En estos casos el diseño de estaciones de trabajo debe ser detallado, en conjunto con el diseño de iluminación artificial.

Otros recursos son la creación de claraboyas, ductos, atrios, patios de luz, invernaderos y otros elementos arquitectónicos donde no es posible ubicar ventanas convencionales, especialmente en recintos con fachadas insuficientes o nulas.

Las ventanas horizontales aprovechan el ángulo de mayor luminancia del cielo, de modo que capten 3 veces más luz por unidad de superficie. Sin embargo, presentan el problema que producen una gran ganancia térmica en verano y escasa en invierno. En caso de recurrir a

iluminación cenital se recomienda la orientación Sur, que prácticamente no capta luz solar directa, pero es igualmente efectiva con cielos cubiertos.

El control arquitectónico de la iluminación considera elementos físicos que regulan el flujo de luz natural en su propagación desde el exterior hasta la superficie de trabajo. Los efectos logrados son muy variados: elementos opacos que bloquean el paso, elementos perforados que tamizan, celosías que regulan ciertos ángulos, elementos opacos que reflejan, elementos prismáticos que redireccionan, elementos translúcidos que difunden, etc.

Además de los elementos propios del edificio, habitualmente se consideran elementos del mobiliario tales como cortinas, persianas, velos, etc. que agregan color, oscurecen o regulan la privacidad interior. Algunos de estos elementos presentan la ventaja de poder ser adaptados por los propios usuarios a las variaciones exteriores o a las variaciones en sus requerimientos de confort.

Por último, la vegetación, especialmente de hoja caduca, es un elemento tradicional que proporciona una regulación filtrando la luminosidad exterior, siguiendo las variaciones estacionales y creando un objeto visual grato.

Todos los controles que evitan el exceso de luminosidad contribuyen también a disminuir las ganancias solares excesivas, factor de consumo especialmente importante durante el verano en zonas cálidas.

10.3 Elementos fijos en fachada

La regulación de luz en las aberturas puede realizarse con elementos fijos: aleros, celosías, quiebravistas, tramas, etc. En general, los objetivos a lograr con respecto a la abertura desnuda son:

- 1) reducir la penetración directa del sol,
- 2) mantener la cantidad de luz natural y la vista,
- 3) mejorar la distribución interna de iluminancia y
- 4) evitar el deslumbramiento.

Dentro de las aberturas transparentes, las diferentes alturas contribuyen de diferente modo a la iluminación. Las alturas determinantes son el plano de trabajo (0,80 m.), la altura de la línea de visión de una persona de pie (1,80 m., considerando las diferentes estaturas) y la altura de visión de una persona sentada (aprox. 0,90 a 1m.)

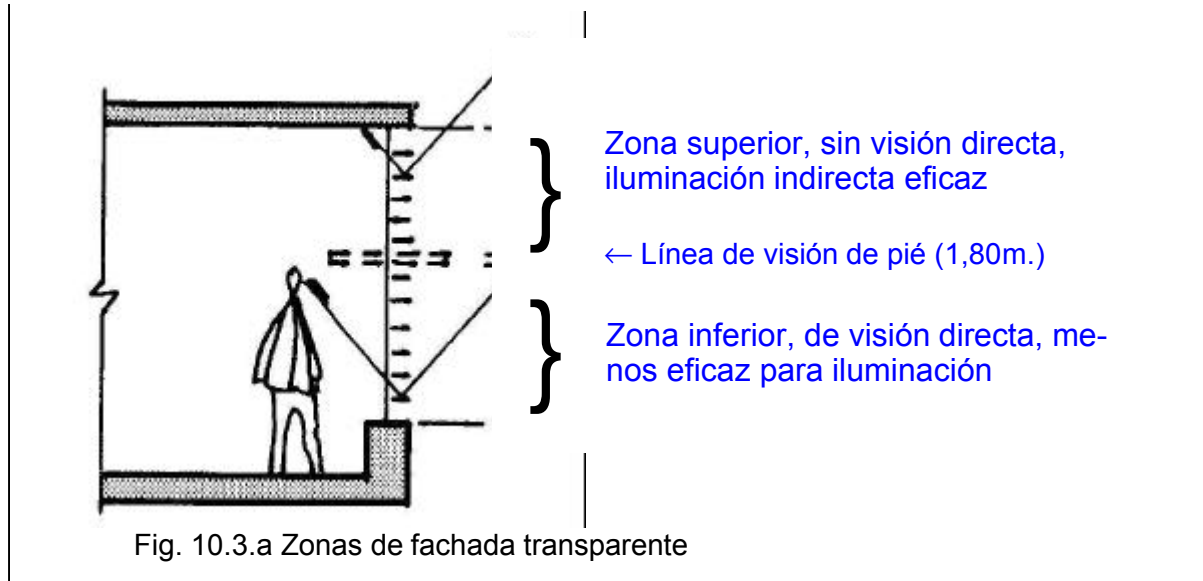
La zona bajo el plano de trabajo (0,80 m) tienen escaso aporte a los niveles y/o calidad de la iluminación interior.

La zona entre el plano de trabajo y la altura de visión es la zona fundamental para la vista exterior, por lo cual es preferible minimizar las obstrucciones y las fuentes de reflejos hacia el interior. (ver Fig. 10.3.a)

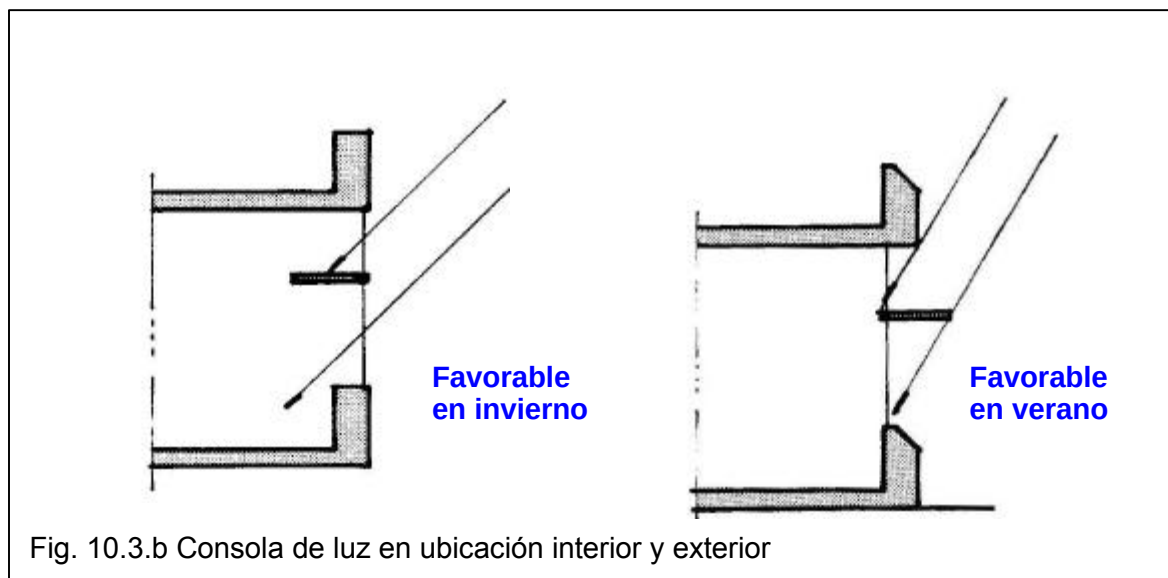
La zona sobre la línea de visión de pie tiene menos importancia para la vista, pero puede captar luz natural que alcance una mayor profundidad. (Se denomina “tragaluz” en la edificación antigua).

Una solución ventajosa es incorporar una “consola de luz” a la altura de la línea de visión de pie, con el objeto de interceptar la luz directa y redirigirla hacia el cielo del recinto. Esta consola

puede ser de cualquier material: plástico, metal, lona, hormigón, etc., tal que sea a la vez opaca y reflectante a la luz.



La posición de la consola relativa a la ventana es importante para determinar la relación entre energía luminosa y energía térmica. La consola exterior mostrada en la Fig. 10.3.b excluye completamente la luz solar directa, al mismo tiempo que refleja gran parte de la componente luminosa que incide sobre ella, dirigiéndola hacia el cielo a través de la ventana superior.



La consola interior reduce aproximadamente el 50 % de la luz solar directa sobre el plano de trabajo y redirige el resto hacia el cielo. La energía térmica, sin embargo, ingresa en un 100 % al interior del recinto. Ambos tipos de consolas presentan también diferentes requerimientos de mantenimiento y resistencia a la intemperie.

10.4 Elementos en cubierta

Las aberturas de cubierta son efectivas para aportar luz natural en lugares mediterráneos o lejos de fachadas. Sin embargo, el riesgo de sobrecalentamiento en verano obliga a reducir al mínimo su superficie o, en su defecto, a regular el ingreso de luz solar directa mediante diversos recursos.

Una posibilidad es el uso de lucarnas verticales orientadas hacia el Sur, solución típica de grandes naves de planta libre.

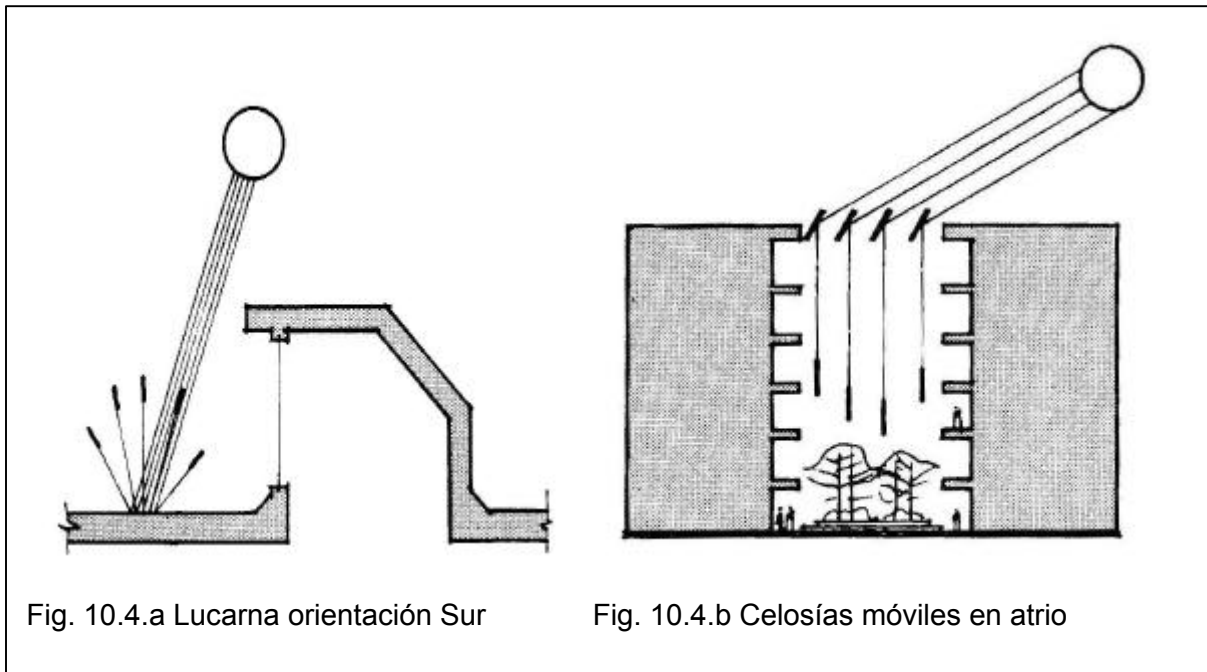




Fig. 10.4.c Nave con iluminación cenital semi-vertical



Fig. 10.4.d Cúpula semi-transparente

10.5 Elementos exteriores

Las superficies sólidas exteriores a las aberturas pueden producir reflejos y/o sombras. En particular, el diseño de elementos que bloquean el paso de luz solar (ver Capítulo 7) afectan también la disponibilidad de luz natural. Las superficies pueden ser más o menos reflectantes si se requiere moderar o aumentar. Por ejemplo, los elementos de aluminio esmaltados blanco evitan la luz solar directa manteniendo la iluminación natural.

Fig. 10.5.a Celosías y aleros exteriores

La vegetación de hoja caduca es también un importante recurso para generar sombra sobre fachadas, entre 1er y 3er piso. La variación estacional del follaje corresponde exactamente con la necesidad de exposición solar y de exclusión solar en invierno y verano, respectivamente. La densidad de sombra depende de la especie, pudiendo alcanzar 90 % en verano y disminuir hasta 10 % en invierno. En casos excepcionales, con las especies y sistemas de riego apropiados, es posible extender la sombra por vegetación a alturas superiores al 3er piso.

No es recomendable en esta zona el uso de vegetación perenne por el efecto de la sombra y de la baja reflectividad luminosa. Ver Figura 10.5.b.



Fig. 10.5.a Celosías y aleros exteriores

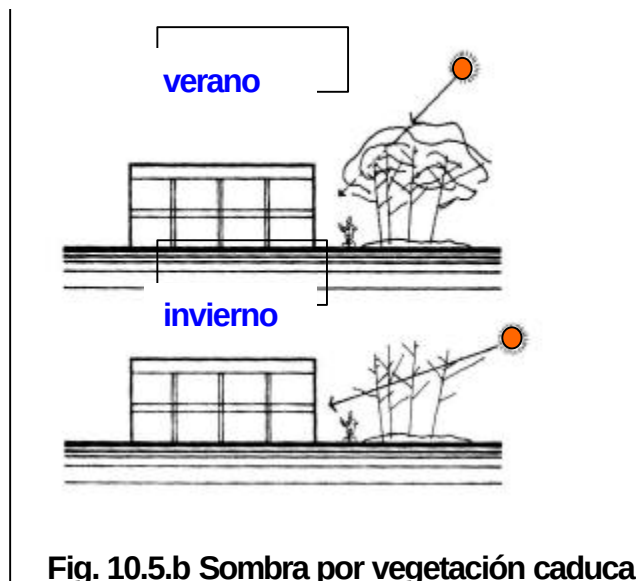


Fig. 10.5.b Sombra por vegetación caduca

10.6 Requerimientos básicos para lugares de trabajo

La calidad de iluminación de un lugar de trabajo depende, a lo menos, de 6 requerimientos básicos:

Cantidad	La iluminancia sobre el plano de trabajo debe ser suficiente para la tarea que se realiza, incluidas todas las fuentes
Uniformidad	Las variaciones de iluminancia entre diferentes lugares deben marcar diferencias, pero no dificultar la visión
Deslumbramiento	Las fuentes de luz en el campo visual no deben tener luminancia excesiva
Reflejos	Las superficies brillantes no deben producir reflejos notorios de fuentes luminosas
Color	La temperatura de color debe ser compatible con el ambiente y el rendimiento de color debe ser suficiente
Sombras	Las obstrucciones no deben crear sombras notorias sobre el plano de trabajo

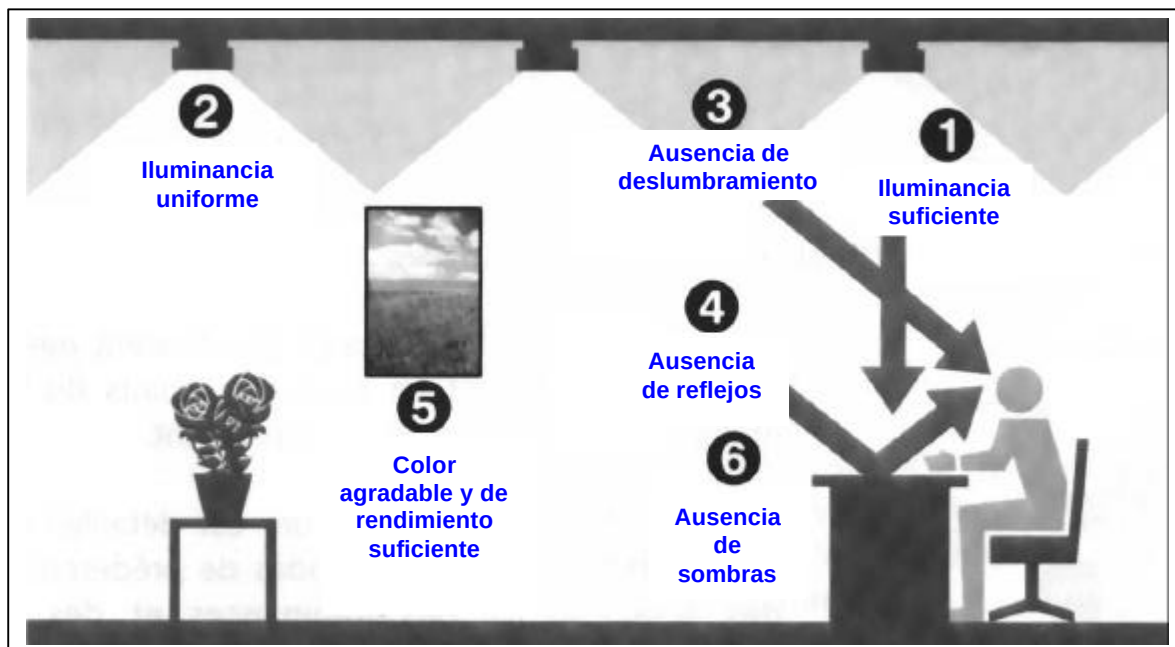


Fig. 10.6.a Requerimientos básicos de calidad de iluminación

10.7 Niveles mínimos en lugares de trabajo

Los niveles de iluminancia óptimos que permiten realizar casi cualquier tarea visual se encuentran en el rango 1000 a 2000 lux. Sin embargo, si la iluminación natural no es suficiente para cumplir estos requerimientos, se necesitará iluminación artificial, y mantener tales niveles en todo lugar de trabajo no es energéticamente sustentable. Por lo tanto, el diseño debe buscar el equilibrio entre un nivel suficiente para las tareas predominantes y una eficiencia máxima.

El objeto visual se considera generalmente el plano de trabajo, salvo excepciones. Allí debe lograrse el nivel suficiente, considerando la suma de los componentes siguientes:

- iluminación natural
- iluminación general
- iluminación localizada

La forma de diseño más sencilla, y también menos eficiente, es ignorar las componentes naturales y locales, cubriendo todas las necesidades con la iluminación general artificial.

La mayor complejidad del diseño, para incorporar al máximo los componentes natural y localizado, permite lograr niveles suficientes con un consumo energético considerablemente inferior.

Mejor aún, desde el punto de vista de la eficiencia, es un diseño en el cual los niveles son variables, adecuándose a las variaciones de uso durante el día y las variaciones de luz natural.

Cualquiera que sea el criterio, los niveles mínimos a alcanzar en lugares de trabajo son los determinados por el Decreto Supremo N° 745 de 1992 del Ministerio de Salud, que especifica lo siguiente:

Tabla 10.7.1 Requerimientos de iluminación general en lugares de trabajo

Lugar o faena realizada	Iluminancia en lux
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares	2000
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado	1000
Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares	500
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en fundición y trabajos similares	300
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste	150

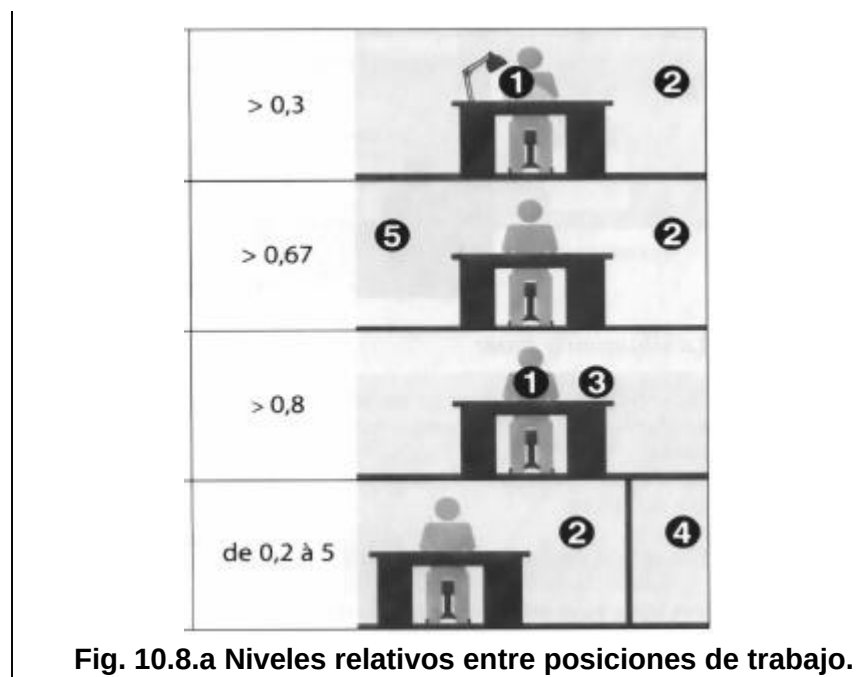
Los niveles indicados consideran que la calidad de la iluminación es compatible con las tareas visuales a respectivas.

10.8 Uniformidad

La distribución espacial de niveles de iluminancia, medidos en el plano de trabajo, puede influir tanto en la calidad de iluminación como en la eficiencia energética. Ver Figura 10.8.a.

Se recomiendan las siguientes relaciones de Nivel de Iluminancia:

- entre entorno 2 y superficie de trabajo 1: 0,3 hasta 1
- entre la posición más luminosa 2 y la menos luminosa 5: 0,67 hasta 1
- entre diferentes puntos 3 y 1 de una superficie de trabajo: 0,8 hasta 1
- entre un recinto contiguo 4 y Nivel general 2: 0,2 hasta 5



Las variaciones de iluminancia crean un ambiente de interés si coinciden con el realce y la delimitación de zonas específicas. Por ejemplo, en circulaciones, espera, atención de público, puestos de trabajo, etc., es conveniente que exista una diversidad de nivel de iluminancia.

Una ventaja adicional al mayor confort de trabajo es el ahorro energético resultante de disminuir los niveles en algunas zonas y elevarlos sólo dónde y cuando es necesario. Por ejemplo, un sistema de iluminación general de 250 lux complementado con iluminación individual de 250 lux adicionales en los puestos de trabajo. Según el D.S. 745/92, la iluminación localizada debe limitarse a los valores de la tabla siguiente.

Dentro de una misma zona las variaciones deben ser moderadas. El cambio de iluminancia excesivo al desplazarse de un lugar a otro disminuye el confort visual. Una desventaja de crear zonas con diferente iluminancia es la menor flexibilidad para cambiar el mobiliario, como se muestra en las Figuras 10.8.b y 10.8.c.

Tabla 10.8.1 Relación entre iluminación general y localizada

Iluminación general (lux)	Iluminación localizada (lux)
150	250
250	500
300	1000
500	2000
600	5000
700	10000

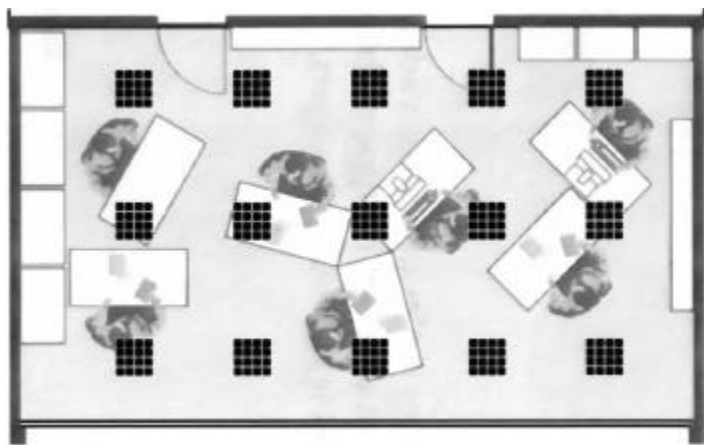


Fig. 10.8.b Iluminación homogénea: máxima flexibilidad

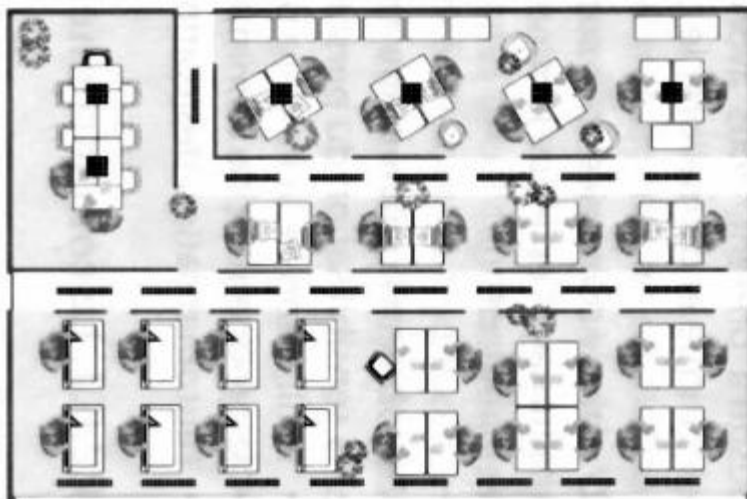
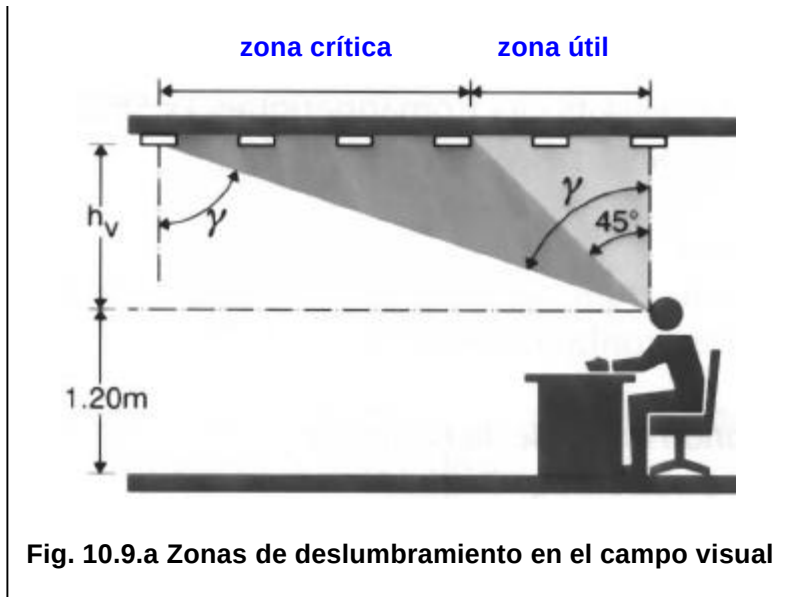


Fig. 10.8.c Iluminación zonificada: máxima eficiencia

10.9 Deslumbramiento

El deslumbramiento se produce por la presencia en el campo visual de elevadas luminancias, generalmente producidas directamente por las luminarias o las superficies inmediatas a ellas.

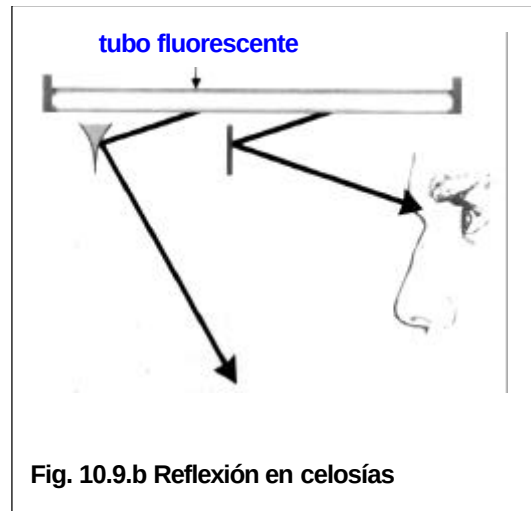
Se considera generalmente una zona útil del campo visual a las elevaciones mayores de 45° con respecto al plano horizontal, desde 1,20 m. del piso. En dicha zona puede haber luminancia elevada sin riesgo de deslumbramiento. Ver Figura 10.9.a.



Considerando que se usan luminarias con un ángulo de corte g , tampoco existe riesgo para ángulos inferiores a $90 - g$. Sin embargo, para ángulos intermedios existe una zona crítica donde debe controlarse el deslumbramiento.

Uno de los recursos de control de deslumbramiento en luminarias con tubos fluorescentes son las celosías que evitan la visión directa del tubo bajo ángulos pequeños. El diseño de esta celosía es importante para no generar reflejos.

La celosía vertical genera reflejos de bajo ángulo. La celosía bruñida genera reflejos difusos en todas direcciones. La celosía cóncava, en cambio, genera reflejos con ángulos mayores que no provocan deslumbramiento, como se muestra en la figura 10.9.b.



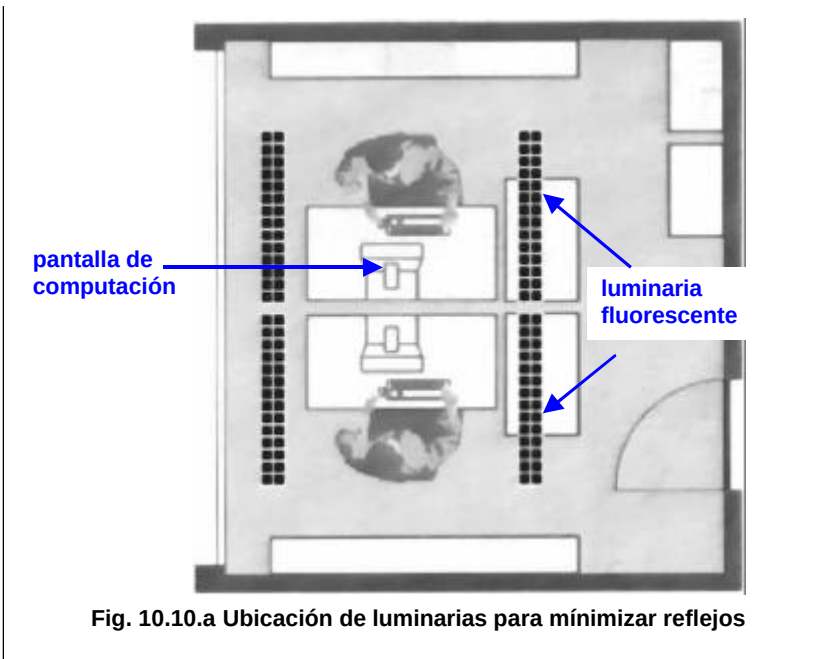
10.10. Reflejos

Los reflejos se generan cuando existen superficies brillantes en el campo visual directo. Dos tipos de reflejos son habituales: en superficies horizontales y en pantallas semi-verticales.

En primer lugar, es conveniente que las pantallas de computación se orienten perpendiculares a las ventanas principales. La orientación de la pantalla contra la ventana produce deslumbramiento y la orientación de espaldas a la ventana produce reflejos.

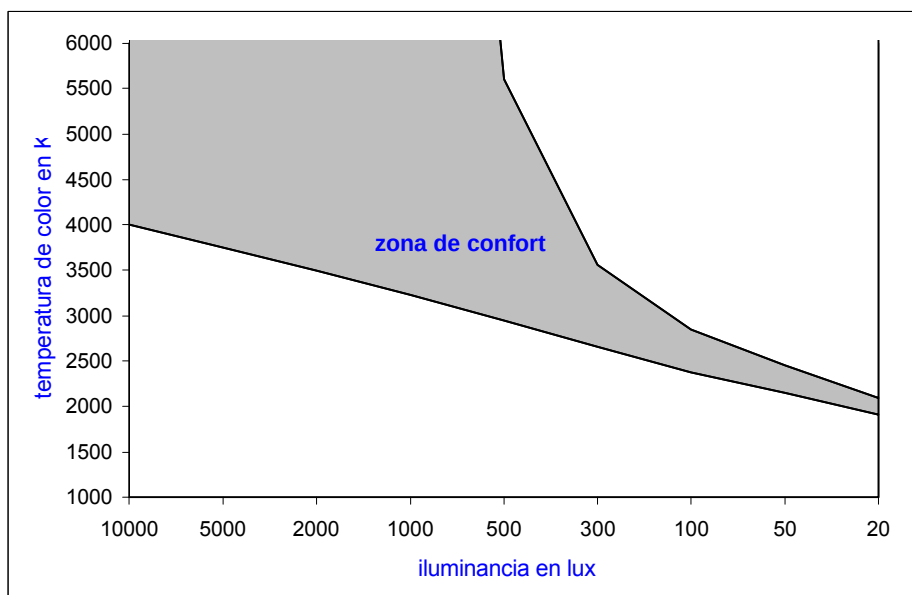
En segundo lugar, es recomendable que las luminarias fluorescentes se orienten perpendiculares al plano de las pantallas de computación. Ver Figura 10.10.a.

También es recomendable evitar toda superficie brillante, tales como cristales, sobre el plano de trabajo.



10.11. Color de las fuentes artificiales

La elección de la luz blanca producida por lámparas fluorescentes y de descarga, es importante en la iluminación ya que influye en el confort de trabajo. Esta elección de color depende del nivel de iluminancia que predomine sobre el plano de trabajo, ver Fig. 10.11.a.



Una temperatura de color fuera de la zona de confort produce una atmósfera irreal, demasiado fría o demasiado cálida.

Para uso de oficinas en general, se prefieren temperaturas de color en el rango 3000 a 4000 K. La temperatura de 3000 K se combina mejor con iluminación incandescente y la temperatura de 4000 K se combina mejor con luz natural.

No es recomendable el uso en oficinas de lámparas fluorescentes de color “luz día”, de aproximadamente 5400 K, que lamentablemente es el color de mayor uso en el país.

Por otra parte, es importante la fidelidad o rendimiento de color, ya que las luminarias de descarga distorsionan parcialmente los colores.

Para la máxima fidelidad, o rendimiento de color 100 %, se recomiendan luminarias de tipo halógeno. Sin embargo, el bajo rendimiento energético y la alta generación de calor de este tipo de lámparas hace recomendable reducir al mínimo su aplicación en lugares de trabajo en general.

En el caso de tubos fluorescentes, es imprescindible especificar el tipo trifósforo, los cuales emiten una luz blanca con mayor gama de componentes espectrales. No existe ninguna razón técnica ni económica para continuar usando tubos fluorescentes de antigua generación y escaso rendimiento de color, lo cual causa fatiga visual y exige niveles superiores de iluminancia.

Para obtener alto rendimiento de color en mayores potencias se recomienda utilizar luminarias de haluro metálico, alcanzando un índice de 80 a 90.

Las luminarias de sodio tienen bajo rendimiento de color, por lo que sólo son aceptables para estacionamientos e iluminación de seguridad, en ningún caso para lugares de trabajo. Sin embargo se recomienda por su bajo consumo.

10.12. Eficiencia de las fuentes luminosas disponibles

La cantidad, distribución, direccionalidad, color, regulación y otros aspectos de las condiciones luminosas creadas podría diseñarse sin mayores límites que el monto de la inversión. Sin embargo, si se evalúa el costo de la energía consumida durante la vida útil de la instalación, se comprueba que este costo es varias veces superior a la inversión inicial.

Por esta razón, la eficiencia energética debe ser el principal factor a considerar en la elección de alternativas para lograr el objetivo de diseño deseado, aún a costa de mayor complejidad o con componentes de mayor tecnología y costo inicial.

La eficiencia energética depende de los siguientes factores:

- En primer lugar del tipo y calidad de la fuente luminosa
- En segundo lugar de la eficiencia óptica de la luminaria y su estado de limpieza
- El resultado del conjunto depende de los sistemas de control que eviten la iluminación en lugares y horarios innecesarios

La evaluación de la eficiencia se obtiene comparando la potencia (energía en 1 segundo) o flujo luminoso emitido por una fuente, que se mide en Lumen (Lm), y la potencia eléctrica consumida, medida en Watts (W). La eficiencia típica de las fuentes luminosas más comunes se muestran en la tabla 10.12.1 y Fig. 10.12.a.

Tabla 10.12.1 Eficiencia típica de diferentes tecnologías en fuentes artificiales

FUENTE	EFICIENCIA (LUMEN/WATT)	RENDIMIENTO DE COLOR (CRI)	TEMPERATURA DE COLOR (K)
Incandescente común	15	100	2700
Incandescente halógeno	20	100	3000
Fluorescente baja eficiencia	50	50	5400
Fluorescente alta eficiencia	80	86	3000-6000
Fluorescente compacta	60	85	2700
Sodio blanco	45	80	2500
Sodio alta presión	70	25	3000
Sodio-Xenon	75	50	2800
Haluro metálico	90	65-90	3000-6000
Sodio baja presión	150	3	3000

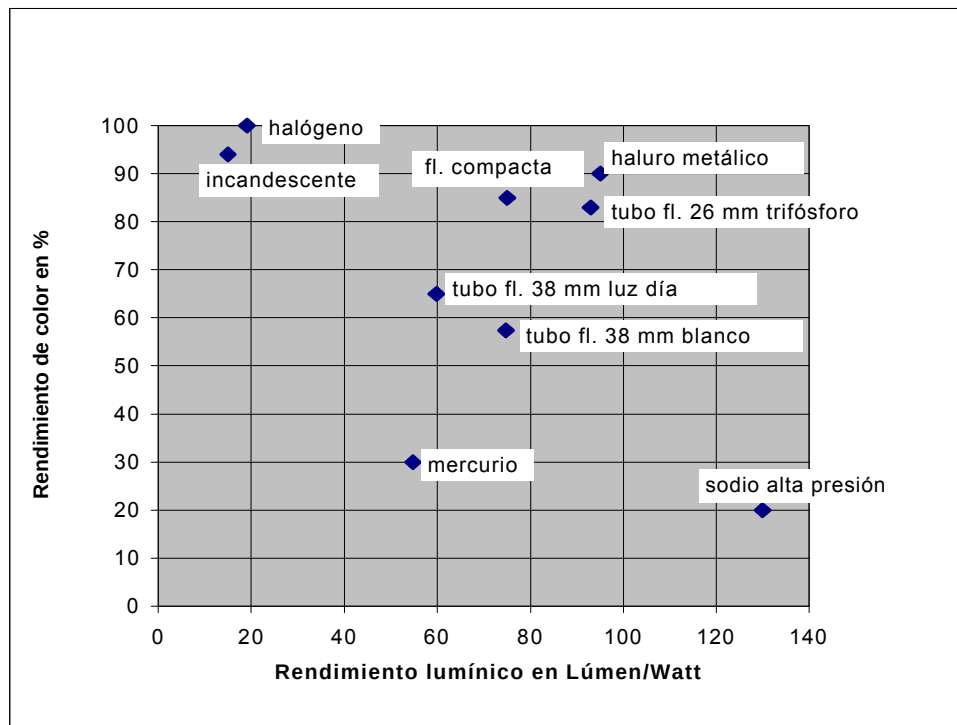


Fig. 10.12.a Rendimiento de fuentes luminosas disponibles en Chile.

La eficiencia real de la lámpara depende también de la distribución direccional del flujo luminoso. Por ejemplo, una ampolleta halógena de 35 W concentra casi el 90 % de su flujo en un ángulo de 40 °, con lo cual es muy eficiente para iluminación concentrada. La elección del tipo de fuente está condicionada también a otras limitaciones, tales como disponibilidad de potencias adecuadas, el tiempo de encendido, la posibilidad de regulación, etc.

Existe un gran número de luminarias de diferente diseño, por lo que la eficiencia depende esencialmente de la correcta selección del tipo y modelo más adecuado para cada aplicación. Por una parte el diseño óptico es importante para distribuir correctamente el flujo.

Por otra parte la calidad de los materiales reflectantes contribuye a reducir las pérdidas, las que también dependen de la facilidad de limpieza del equipo. Los sistemas eléctricos o electrónicos asociados son otra fuente de pérdidas considerable. En general, una luminaria se puede considerar de alta eficiencia energética con rendimientos de 75 a 80 %.

No es menos importante el equipamiento eléctrico asociado a las lámparas: transformadores, ballast, dimmers. Por ejemplo, la utilización de ballast electrónico de alta frecuencia tiene las siguientes ventajas:

- menor consumo eléctrico
- menor disipación de calor
- no requiere partidior
- menos parpadeo
- mayor duración de los tubos
- corte de alimentación cuando el tubo está defectuoso
- factor de potencia cercano a 1
- menor nivel de ruido
- consumo constante con variaciones de voltaje

10.13 Direccionalidad de las luminarias

La energía luminosa emitida por la fuente es redirigida por los elementos reflectores o prismáticos de la luminaria, proceso en el cual también es disminuida en parte. Por lo tanto, como el interés final es generalmente lograr la iluminación adecuada en el plano de trabajo, no basta con elegir una fuente luminosa eficiente si su energía no llega a alcanzar esta superficie.

La lámpara desnuda generalmente tiene una distribución simétrica en todas direcciones y por lo tanto sólo una fracción entre 20 y 30 % alcanzará la superficie de trabajo. Además, rara vez se utiliza porque produce deslumbramiento.

La iluminación directa del plano de trabajo es la forma más eficiente de iluminación, pero tiene como defecto la falta de atmósfera y percepción de los límites del recinto. Si es casi vertical, produce sombras inaceptables sobre el plano de trabajo.

La iluminación indirecta utiliza las superficies del cielo y/o muros para difundir la luz en todas direcciones. Genera una percepción agradable del espacio, pero su eficiencia energética disminuye considerablemente.

Por lo tanto, generalmente se combinan estas formas de distribución de luz a través de luminarias mixtas, cuya direccionalidad se expresa mediante un diagrama polar, como se muestra en la Fig. 10.13.a.

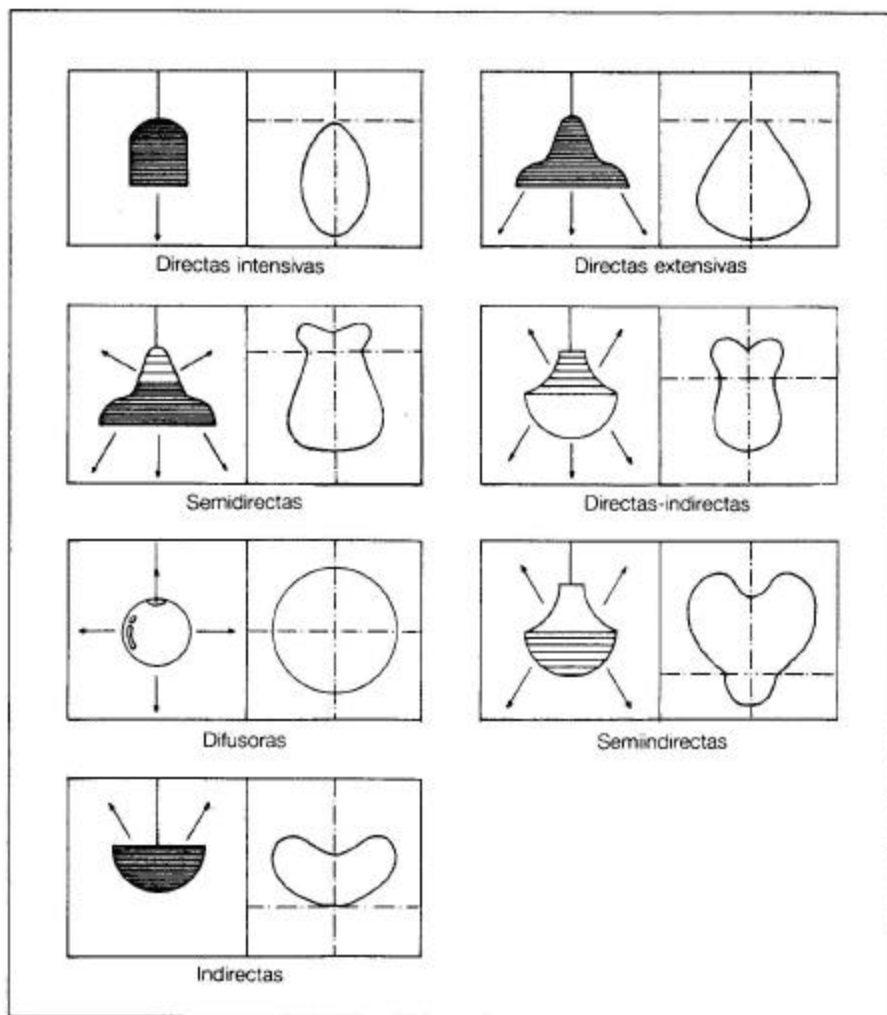


Fig. 10.13.a Clasificación y diagramas de direccionalidad de luminarias.

La clasificación de la CIE para luminarias según su porcentaje sobre y bajo el plano horizontal se muestra en la tabla 10.13.1

Tabla 10.13.1 Clasificación CIE de luminarias

Clase de luminaria	% sobre plano horizontal	% bajo plano horizontal
Directa	0 a 10	90 a 100
Semidirecta	10 a 40	60 a 90
General difusa	40 a 60	40 a 60
Directa-indirecta	40 a 60	40 a 60
Semi-indirecta	60 a 90	10 a 40
Indirecta	90 a 100	0 a 10

10.14. Costos

El costo efectivo de la iluminación artificial depende relativamente poco del valor inicial de la luminaria, si se consideran todos los costos generados por dicha luminaria durante su vida útil. Dicho costo inicial varía entre el 0,5 % hasta el 25 % del costo total en un período de 10 años, por lo que es inútil intentar ahorrar eligiendo una luminaria de bajo costo inicial.

Para efectos de comparación, se calcula como ejemplo en la Tabla 10.14.1 el costo total de un período de 10 años necesario para iluminar 1 m² con una iluminancia de 300 lux sobre el plano de trabajo, situación típica de iluminación general de edificios públicos.

Los costos considerados son:

- Costo inicial de luminaria, incluyendo ballast o transformador
- Costo de mantención y limpieza
- Costo reposición ampolletas
- Costo energía iluminación
- Costo extracción de calor, suponiendo 800 horas de sobrecalentamiento anuales

Se considera un costo similar para la red de alimentación.

Los sistemas comparados son:

- 2 ampolletas incandescentes de 150 W cada 9 m² (3,00 m. entre centros)
- 1 ampolleta halógena de 50 W cada 3 m² (1,70 m. entre centros)
- 2 ampolletas fluorescentes compactas de 25 W cada 4 m² (2,00 m. entre centros)
- 3 tubos fluorescentes “luz día” de 40 W cada 9 m² (3,00 m. entre centros) con reflector parabólico
- 2 tubos fluorescentes trifósforo de 36 W cada 9 m² (3,00 m. entre centros) con reflector parabólico

Se supone un uso de 2.500 horas anuales (jornada laboral normal) y las cifras son el costo por m² en 10 años.

Tabla 10.14.1 Costos en \$ comparativos por m² para diferentes soluciones

	Incandescente	Halógeno 12 V	Compacta	Tubo Fl. 40 W Antiguo	Tubo Fl. 36 W Trifósforo
Luminarias	200	2000	7500	6000	4400
Mantención	200	100	100	200	200
Ampolletas	600	6667	6000	6000	8400
Energía	33000	18000	12000	13000	8000
Enfriamiento	13200	7200	4800	5100	3200
TOTAL	47200	33967	30400	30400	24200

10.15. Control y eficiencia

El control activo es la forma de regular la iluminación artificial, tanto para lograr las óptimas condiciones de confort como para minimizar el consumo de energía.

La forma más simple de control es disponer de interruptores para cada luminaria o grupo de luminarias en el mismo recinto, para operación directa por el usuario. Tiene la ventaja de un control personalizado, pero las áreas compartidas o poco utilizadas pueden permanecer mal iluminadas. Además el control manual es efectivo para operar el encendido, pero es menos racional para operar el apagado de los circuitos.

Más frecuente en edificios públicos es concentrar el control de encendido en un tablero único por piso, operado por un encargado, lo cual presenta el problema que el encendido se realiza a horas fijas, sin considerar la mayor o menor necesidad de luz complementaria.

Es posible concebir un sistema mixto, que controla centralizadamente las áreas esenciales para mantener los niveles adecuados de iluminación en zonas que requieren una circulación segura o zonas que nunca reciben suficiente luz natural. El resto de las áreas, así como la iluminación por puestos de trabajo es controlada directamente por los usuarios.

Los sistemas manuales pueden mejorarse con controles de apagado por tiempo, ya sea con temporizadores o con apagado a horas fijas.

Sistemas automáticos de control pueden optimizar este proceso, para lo cual necesitan información de la existencia de necesidades de iluminación. Para este efecto se utilizan sensores de movimiento o de nivel sonoro en lugares de uso intermitente, sensores fotométricos en lugares que a ciertas horas disponen de luz natural suficiente, además de controles de encendido y apagado según un programa horario y/o estacional. Obviamente, tales sistemas requieren de una doble red de ductos y deben diseñarse desde el comienzo de un proyecto.

Para efectos de definir zonas, alimentadas y controladas separadamente, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- zonas con suficiente luz natural separadas del resto
- zonas con la misma actividad y los mismos horarios de ocupación
- zonas con actividad secundaria (aseo, estacionamiento)
- zonas con iluminación localizada (puestos de trabajo)
- zonas con ocupación ocasional (salas de reunión, baños, archivos)

Los sistemas simples sólo consideran encendido y apagado, pero también es posible una regulación continua de la cantidad y distribución de luz artificial. También es posible regular el voltaje para optimizar el ciclo de encendido de luminarias de descarga y/o compensar el envejecimiento y suciedad de las luminarias.

El control se puede extender a elementos móviles de control solar, cortinas, persianas y otros reguladores. También es posible detectar fallas de luminarias para optimizar la mantención y reposición, al mismo tiempo que llevar estadísticas detalladas de la operación y consumo de los distintos circuitos.

Como resumen de las posibles medidas de control se muestra en la Tabla 10.15.1 un cuadro con la probable efectividad para el ahorro de energía, con la simbología ✓ alguna efectividad, ✓✓ economía en el mediano plazo, ✓✓✓ muy rentable.

Tabla 10.15.1 Medidas de control recomendables

RECINTO	MEDIDA	EFFECTIVIDAD
Oficinas planta libre	Temporizador programado	✓✓✓
	Zonas con interruptor local	✓✓✓
	Detector de presencia	✓
	Sensor de luz natural	✓✓✓
Oficinas privadas	Temporizador programado	✓
	Zonas con interruptor local	✓✓✓
	Detector de presencia	✓✓
	Sensor de luz natural	✓✓
Recintos de uso ocasional	Temporizador programado	✓✓✓
	Zonas con interruptor local	✓✓✓
	Detector de presencia	✓✓✓
	Sensor de luz natural	✓

11. BIBLIOGRAFIA GENERAL

Armijo, Gabriela, (1972) “Clima y Diseño”, Seminario, Deprartamento de Tecnología Arquitectónica y Ambiental,. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Santiago.

Armijo, Gabriela . (1974). “Clima y Arquitectura” Tesis para optar al título de Arquitecto, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. U. de Chile.

Armijo, Gabriela . (1988). “Un método para caracterizar en edificios en relación a su ambiente físico: su aplicación a edificios de escuelas primarias” Disertación para optar al grado de Maestría en Ciencias, Universidad de Cambridge, Inglaterra.

Armijo, Gabriela, (1986) “Carta bioclimática para Santiago y temperatura neutral de sus habitantes”, Segundo Encuentro Científico para el Medio Ambiente, Tomo II, CIPMA, Santiago.

Bansal, N.J - G.Hauser y G. Minke. (1994) “Passive Building Design. A handbook of natural climatic control”. N.K. Elsevier Science B.V..Amsterdam.

Bustamante, W. (1994), Fac. de Ingeniería, Esc. Construcción Civil, U. Católica, “Estudio de calidad térmica de viviendas de la Comuna de Las Condes”.

Bustamante, W. (1998-a) “Estudio de calidad térmica de viviendas de la Comuna de Las Condes”. Revista BIT. Innovación y Transferencia Tecnológica en la Construcción. Año 5. Nº 11.

Bustamante, W. (1998-b) “Metodología para definir una zonificación climático-habitacional para países con climas fríos, temperados y cálidos-secos” Proyecto definitivo de tesis de doctorado. Universidad Católica de Lovaina. Bélgica.

Bustamante, W., S. Luci, C. García Huidobro, A. Hernández, R. Cádiz y F. López. (1998). “TERHUME 1.2. Software educacional para el cálculo higrotérmico de edificios”. Vicerrectoría Académica. P. U. Católica de Chile.

Campos, J.P. (2000). Director Ejecutivo del Instituto de la Construcción. Coordinador Comité Técnico 2ª Etapa de la Reglamentación Térmica. Contacto personal. Marzo.

Comité Coordinador de Hidrometeorología, (1964). Dirección de Riego. “Climatología en Chile” Endesa, Chile.

Comisión Nacional de Energía (CNE). “Balance de Energía 1972-1992. Chile”. CNE. Santiago. 1993.

CSTB (1991) "Règles Th-G. Règles de calcul de coefficient GV des bâtiments d'habitation et du coefficient G1 des bâtiments autres que d'habitation". París. Francia .

CSTB.(1988). "Règles Th-B. Règles de calcul de coefficient de besoins de chauffage des logements". CSTB.France.

De Herde, André. (1992). "Le manuel du responsable energie. L'utilisation rationnelle de l'énergie dans le tertiaire". Ministère de la Region Wallonne. Architecture et Climat. Université catholique de Louvain. Bélgica.

Devynck, Jean -Luc (1971), "Perfil pluviométrico de Chile", Universidad de Concepción Instituto de Física, Departamento de Geofísica

Dirección Meteorológica de Chile.(1987) "Anuario Meteorológico 1985" Santiago, Chile. Fuerza Aérea de Chile, Dirección de Aeronáutica Civil.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Departamento de Tecnología Arquitectónica y Ambiental, (1970) "Balance térmico de la vivienda racionalizada Corvi", Documento técnico N° 1.

Fernández Cox, Cristián. (1997) "Arquitectura y Modernidad apropiada".

Givoni, Baruch (1969)."Man, climate and architecture"., London Elsevier Publishing Company Ltd.

Givoni, Baruch (1988). "Climate considerations analysis and building design guidelines" Van Nostrand Reinhold.

Givoni, Baruch (1992). "Comfort, climate analysis and building design guidelines". Energy and Buildings. 18. pp 11-23.

Gutierrez Leyton Eugenio - Morales Meneses Jorge. (1987). "Arquitectura y Clima en el Norte Grande." Escuela de Arquitectura Universidad Católica del Norte. Antofagasta. Chile. Cuadernos Hunter Douglas.

Hopkinson, D.G.; Petherbridge, J.; Longmore, J.; (1966). "Daylighting". Heineman, London.

Humphreys, M A, (1975) "Field studies of thermal comfort compared and applied" Building Research Establishment, Watford, Inglaterra.

Instituto Geográfico Militar. (1985) Tomo I Geografía de Chile , "Región de Tarapacá " Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1990) Tomo II Geografía de Chile, " Región de Atacama" Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1988) Tomo IV Geografía de Chile, “Región de Coquimbo” Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1985) Tomo XI Geografía de Chile, “Geografía de los Climas” Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Geográfico Militar. (1986) Tomo Región Metropolitana, Geografía de Chile. Colección Geografía de Chile, Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (INN). (1989). NCh 1960 Of 89. “Aislación térmica. Cálculo de Coeficientes Globales de Pérdidas Térmicas”. INN. Santiago, Chile

Instituto Nacional de Normalización. (INN), (1977) Norma Chilena Oficial NCh 1079 Of77. “Arquitectura y Construcción- Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico”, INN. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización., (INN), (1987) Norma Chilena Oficial NCh 1973 Of 87. “Acondicionamiento térmico. Aislación térmica. Cálculo de aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial”

Instituto Nacional de Normalización, (INN); (1988) Norma Chilena Oficial NCh 1980 Of 88 “Acondicionamiento térmico: Aislación térmica. Determinación de la ocurrencia de condensación intersticial”.

Instituto Nacional de Normalización., (INN); (1989). Norma Chilena Oficial NCh 1960 Of 89 “Aislación térmica. Cálculo de Coeficientes Volumétricos Globales de Pérdidas Térmicas”.

Instituto Nacional de Normalización, (INN), (1991). Norma Chilena Oficial NCh 853.Of91. “Acondicionamiento Térmico. Envoltorio térmico de edificios. Cálculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas”.

Kapstein Glenda. (1993) Artículo Revista Colegio de Arquitectos de Chile, “CA” N° 74 , Oct, Nov., Dic., 1993.

Kreider, J.F - A. Rabl. (1994). “Heating and cooling of building. Design for efficiency. McGraw - Hill, Inc. New York .

Lavigne, Pierre (1994) “Architecture climatique. Une contribution au développement durable”. Vol. 1 EDISUD. France.

Lavigne, Pierre (1995). Conferencia “Experiencia francesa en mejoramiento de la calidad térmica de edificios”. Cámara Chilena de la Construcción. Santiago, Chile. 1995.

Lechner, N .(1991) “Heating, cooling and lighting. Design methods for architects”. Wiley and sons. New York.

Lomas K.J. , H. Eppel, C.J. Martin y D.P. Bloomfield (1997). « Empirical validation of energy simulations programs ». Energy and buildings. 26 , 253-275.

Markus, T.A.; Morris E.N., (1980). “Buildings, Climate and Energy”, Pitmans Publishing Ltd., London.

McMicholl, Ann y J. Owens Lewis, (1994). “Daylighting in building”. Energy Research Group. University College Dublin. Dublin, Irlanda.

Ministerio de Obras Públicas (MOP).(1990 – 1997) Memorias Anuales, Santiago. Memorias publicadas por dicho Ministerio y que dan cuenta de todas las construcciones efectuadas por la Dirección de Arquitectura en ese período. Cada una tiene una pequeña memoria explicativa, foto, planos de ubicación y un plano de planta.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (1999). “Manual de Aplicación Reglamentación Térmica. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones” Santiago.

Ministerio Obras Públicas y Urbanismo. España. (1980). "Norma básica de edificación NBE-CT-79. Condiciones térmicas en los edificios". Ministerio Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.

Naciones Unidas.(1973) “El clima y diseño de casas. Diseño de viviendas económicas y servicios de la comunidad”. Volumen 1. Naciones Unidas

Olgyay ,Victor (1967)“ Design with climate”: Bioclimatic approach to architectural regionalism, Princeton University Press, Princeton, New Yersey.

Pizarro - Rivas. (1964). ”Irregularidades de las precipitaciones en el Norte Chico”. Oficina de Meteorología de Chile.

PRIEN, Programa de Investigación en Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile, (1992), “Perfil del consumo energético residencial de la intercomuna Concepción – Talcahuano”, Santiago, Chile.

PRIEN, Programa de Investigación en Energía y Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile, (1993), “Estudio prospectivo de las potencialidades de mejoramiento de la eficiencia del uso de la energía en el Palacio de la Moneda”

Rodríguez, Gabriel. (1990). Apuntes curso “Comportamiento térmico de edificios” 1er. Congreso Nacional de Energía. Santiago, Chile.

Rodríguez, Gabriel. (a). “Artefactos de calefacción para la vivienda. Características y riesgos en su uso” IDIEM, Universidad de Chile. (Sin año de publicación).

- Santamouris, M y D. Asimakopoulos (1996). "Passive Cooling of Buildings". James&James. Londres.
- Schneider H. (1969) "Clima de Norte Chico". Depto de Geografía. Fac. Fil. Y Educ. Universidad de Chile. Santiago.
- Serra, Rafael y Helena Coch. (1995). "Arquitectura y energía natural". Ediciones UPC (Universidad Politécnica de Cataluña). España.
- Stuven, Helmuth. (1972). "43 Gráficos de trayectoria solar para ciudades de Chile y Argentina". Fac. de Arquitectura y Urbanismo, U. de Chile, Santiago.
- Swedish Council for Building Research. (1990). "Energy Efficiency in buildings". Swedish Council for Building Research. Estocolmo. Suecia.
- Simon, Francy y Jean-marie Hauglustaine. "L'isolation thermique des murs creux. Guide pratique pour les architectes". Université Catholique de Louvain, Ministère de la Région Wallonne y Université de Liege. Bélgica.
- Taboada, Jorge. (1987) "Reacondicionamiento térmico del parque de viviendas del gran Santiago: Base para la evaluación de potencialidades". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Yannas, Simos. (1996). "Energy indices and performance targets for housing design". Energy and Buildings. 23 (1996). pp. 237-249.

12. GLOSARIO

Absortibilidad : coeficiente entre 0 y 1 que indica la relación entre la radiación incidente y la energía absorbida por una superficie.

Altura solar: es el ángulo que forma el sol con el plano horizontal virtual de un observador.

Calor : energía transferida debido a una diferencia de temperatura. Se mide en Calorías o Joules.

Calor específico : cantidad de calor necesario para elevar en 1°C la temperatura de un gramo de material.

Calor específico volumétrico : cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1cm^3 de materia. Se mide en $\text{Calorías}/\text{cm}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $\text{J}/\text{cm}^3\text{ K}$.

Calor latente : cantidad de calor cedido o absorbido al cambiar la fase de 1 gramo de materia, sin cambiar la temperatura. Se mide en Cal/g y J/g .

Calor sensible : cantidad de calor cedido o absorbido al cambiar la temperatura de un cuerpo.

Coeficiente volumétrico de pérdidas globales de calor o Factor "G".

Condensación : formación de agua líquida al alcanzan 100% de humedad relativa (saturación) por descenso de temperatura.

Conductancia : cantidad de calor transferida a través de un elemento por unidad de tiempo y área, de existir un gradiente de temperatura = 1°C . Se mide en $\text{Cal}/\text{cm}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $\text{W}/\text{m}^2\text{ K}$.

Conductividad Térmica : cantidad de calor transferida a través de un material de espesor unitario por unidad de tiempo y área, al existir un gradiente de temperatura = 1°C .

Convección : transferencia de energía por movimiento del aire. El movimiento puede ser causado por diferencias de densidad, por el viento o por ventilación mecánica.

Densidad : masa por unidad de volumen. Se mide en Kg / m^3 .

Efecto "Invernadero ": ganancia térmica que conduce un medio que es transparente a la radiación de onda corta y opaco a la radiación de onda larga. (por ejemplo, vidrio, bióxido de carbono).

Envolvente: Se entiende como tal a todas las superficies de un edificio construido en contacto con el ambiente exterior.

Emisividad :coeficiente entre 0 y 1 que indica la relación entre la radiación emitida por una superficie y la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.

Espacio Intermedio: Son los espacios creados entre los edificios que son semiexteriores y semiinteriores, P. ej., patios techados, o sombrados, pasillos cubiertos o sombrados, balcones, terrazas, etc.

Horas de sol: Número de horas de sol que teóricamente pueden ser recibidas en un lugar de acuerdo a su orientación y las obstrucciones de éste.

Humedad relativa del aire : Relación entre el contenido de vapor del aire y el máximo que puede contener a una cierta temperatura.

Infiltración : paso no controlado de aire. Se mide en N° de renovaciones de aire por hora.

Masa de acumulación térmica: Masa de materiales de origen mineral (piedra, hormigón, etc.) que tienen la particularidad de acumular calor durante el día y dejarlo escapar en la noche

Nubosidad : porcentaje del cielo total, cubierto por nubes. Se expresa en décimas.

Oscilación térmica diaria: Diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias en un lugar.

Oscilación térmica anual: Diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas anuales en un lugar.

Permeabilidad : cantidad de vapor por unidad de tiempo y área que fluyen a través de un material de espesor unitario al existir una diferencia de presión de vapor = 1 Pascal. Se mide en g m/N s.

Precipitación media anual : promedio aritmético de las precipitaciones anuales caídas sobre una localidad durante varios años consecutivos.

Punto de rocío (de saturación, Dew Point) : temperatura bajo la cual se produce condensación de cierta mezcla de vapor y aire.

Radiación de onda corta : radiación térmica emitida por cuerpos a alta temperatura, tales como el sol (5900 K) o una lámpara incandescente (2700 K). Está compuesta de luz visible e infrarrojo cercano.

Radiación onda larga : radiación térmica emitida por cuerpos a temperatura ambiente. Esta compuesta por infrarrojo lejano.

Radiación solar: Amplio espectro de radiación electromagnética emitida por el sol. Se refiere a la que llega a la tierra después de filtrarse por la atmósfera. Contiene radiación ultravioleta, visible y calórica de onda corta.

Radiación térmica : energía electromagnética emitida espontáneamente por las superficies, ya sea en el vacío o en un medio transparente. Aumenta con la cuarta potencia de la temperatura absoluta.

Soleamiento : lapso durante el cual los rayos solares inciden en un determinado punto geográfico. Se expresa en horas /sol/día.

Temperatura “Sol – Aire” : Temperatura virtual del aire que causaría una ganancia térmica similar en ausencia de radiación solar.

Temperatura de consigna : Temperatura a la cual se programan los termostatos de un sistema activo de calefacción o enfriamiento de un edificio

Temperatura máxima : temperatura más elevada que se observa dentro de un lapso de tiempo.

Temperatura media del día : promedio aritmético de las temperaturas registradas dentro de un período diario.

Temperatura mínima : Temperatura más baja que se observa dentro de un lapso dado.

Transmitancia Térmica (valor “U”) : cantidad de calor transferido a través de un elemento constructivo por unidad de tiempo y área, al existir una diferencia de temperatura de 1 °C. Incluye la resistencia térmica de las superficies y cavidades.

ANEXOS

Anexo 10-1

Renovaciones de aire en condiciones de Invierno	
Tipo de local	Renovación de aire (m ³ /h. persona)
Vivienda	
dormitorios	30
salas de estar	35-40
cocinas	40-45
baños	35-50
Hospitales	
consultorios	45-50
salas de operaciones	75-100
habitaciones de enfermos	30-60
Oficinas	
despachos individuales	32-40
salas colectivas	30-45
Escuelas	
aulas	25-35
comedores	40-50
Otros	
teatros	15-20
iglesias	12-16
industrias	20-80

Fuente: Serra R. y H. Coch (1995)

Anexo 10-2

Conductividad térmica de materiales de construcción		
Material	Densidad kg/m ³	Conductividad Térmica W/m ² °C
PASTAS; MORTEROS Y HORMIGONES REVESTIMIENTOS CONTINUOS		
Mortero de cal y bastardos	1.600	0,87
Mortero de cemento	2.000	1,40
Enlucido de yeso	800	0,35
Enlucido de yeso	1.000	0,44
Enlucido de yeso	1.200	0,56
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
HORMIGONES NORMALES Y LIGEROS		
Hormigón Armado (normal)	2.400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1.000	0,33
Hormigón con áridos ligeros	1.400	0,55
Hormigón normal con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón normal con áridos silíceos	800	0,49
Hormigón normal con áridos silíceos	1.000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1.000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1.400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal		
- con áridos ligeros	1.600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2.000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrados	2.400	1,63
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	320	0,105
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	430	0,134
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	640	0,214
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	840	0,269
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	1.100	0,387
PLACAS O PANELES		
Fibro-cemento	920	0,22
Fibro-cemento	1.000	0,23
Fibro-cemento	1.135	0,23
Yeso – Cartón	650	0,24
Yeso – Cartón	700	0,26
Yeso – Cartón	870	0,31
LADRILLOS Y ADOBE		
Adobe	1.100-1.800	0,90

Conductividad térmica de materiales de construcción		
Material	Densidad kg/m ³	Conductividad Térmica W/m ² °C
Ladrillo macizo hecho a máquina	1.000	0,46
Ladrillo macizo hecho a máquina	1.200	0,52
Ladrillo macizo hecho a máquina	1.400	0,60
Ladrillo macizo hecho a máquina	2.000	1,00
Ladrillo hecho a mano		0,50
VIDRIOS		
Vidrio plano	2.500	1,20
METALES		
Fundación y acero	7.850	58
Cobre	8.930	380
Bronce	8.500	64
Aluminio	2.700	210
Plomo	11.300	35
MADERAS		
Alamo	380	0,091
Alerce	560	0,134
Coigüe	670	0,145
Linge	640	0,136
Pino insigne	410	0,104
Raulí	580	0,121
Roble	800	0,157
Tableros aglomerados de partículas de madera	400	0,095
Tableros aglomerados de partículas de madera	420	0,094
Tableros aglomerados de partículas de madera	460	0,098
Tableros aglomerados de partículas de madera	560	0,102
Tableros aglomerados de partículas de madera	600	0,103
Tableros aglomerados de partículas de madera	620	0,105
Tableros aglomerados de partículas de madera	650	0,106
Tableros de fibra de madera	850	0,23
Tableros de fibra de madera	930	0,26
Tableros de fibra de madera	1.030	0,28
PLASTICOS Y RESTIMIENTOS		
Alfombras	1.000	0,05
Azulejos		1,05
Baldosas cerámicas		1,75
Linóleo	1.200	0,19
Mármol	2.500-2.850	2,0-3,5
Papel	1.000	0,13

Conductividad térmica de materiales de construcción		
Material	Densidad kg/m ³	Conductividad Térmica W/m ² °C
MATERIALES AISLANTES TERMICOS		
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
Lana mineral, colchoneta libre	50	0,041
Lana mineral, colchoneta libre	70	0,038
Lana mineral, colchoneta libre	90	0,037
Lana mineral, colchoneta libre	110	0,040
Lana mineral, colchoneta libre	120	0,042
Lana mineral granulada	20	0,069
Lana mineral granulada	30	0,060
Lana mineral granulada	40	0,055
Lana mineral granulada	60	0,048
Lana mineral granulada	80	0,044
Lana mineral granulada	100	0,041
Lana mineral granulada	120	0,042
Lana mineral granulada	140	0,042
Perlita expandida	90	0,050
Plancha de corcho	100	0,040
Plancha de corcho	200	0,047
Plancha de corcho	300	0,058
Plancha de corcho	400	0,066
Plancha de corcho	500	0,740
Poliestireno expandido	10	0,043
Poliestireno expandido	15	0,0413
Poliestireno expandido	20	0,0384
Poliestireno expandido	30	0,0361
Poliuretano expandido	25	0,0272
Poliuretano expandido	30	0,0262
Poliuretano expandido	40	0,0250
Poliuretano expandido	45	0,0245
Poliuretano expandido	60	0,0254
Poliuretano expandido	70	0,0274

Fuente: NCh 853 Of 91

Anexo 10-3

Resistividad a la difusión de vapor de materiales de construcción	
Material	Resistividad a la difusión de vapor MNs/g.m
Aire en reposo (cámara no ventilada)	5,5
Aire en movimiento (cámara ventilada)	0
Enlucido de yeso	60
Hormigón con áridos normales	30 – 100
Yeso cartón	45 – 60
Ladrillo macizo	55
Ladrillo hueco	30
Maderas	45 – 75
Contrachapado de madera	1.500-6.000
Tableros aglomerados de partículas de madera	15 – 60
Lana mineral	9,6 – 10,5
Poliestireno expandido	138 – 253
Poliuretano espuma, injectada	96 - 184

Fuente: NCh 1980 Of 88

Anexo 10-4

Resistencia a la difusión de vapor de láminas y películas usadas en construcción	
Material	Resistencia a la difusión de vapor MNs/g
Hoja de aluminio 8 micras	4.000
Lámina de polietileno de 0,05 mm	103
Lámina de polietileno de 0,1 mm	230
Lámina de poliéster de 25 micras	24
Papel kraft con oxiasfalto	9,7
Papel kraft	0,43
Pintura esmalte	7,5 - 40
Papel vinílico de revestimiento	5 - 10

Fuente: NCh 1980 Of 88

Anexo 10-5

Contenidos del Manual de Uso de un Edificio Público.

Se presenta a continuación un listado de contenidos que debe tener un Manual de Uso de un edificio público. Este Manual de Uso debe ser elaborado para cada edificio construido y entregado a los administradores de éste.

1. Instrucciones para la solicitud y archivos de:

- a) Legajo completo de planos del edificio:
 - Planos de arquitectura
 - Planos de instalaciones
 - Planos de cálculo, etc.
- b) Especificaciones técnicas
- c) Manual de instrucciones del fabricante de los equipos:
 - Equipos de iluminación
 - Equipos de aire acondicionado
 - Equipos de ventilación
 - Calefacción, etc.
- d) Tarifa eléctrica solicitada

2. Ficha (copia dura y archivo magnético) para anotar consumos de energía (gas electricidad, petróleo, otros)

3. Recomendaciones sobre horarios de servicios de mantención, aseo y otros de alto consumo de energía.

4. Protocolo de procedimientos para mantención de cada uno de los siguientes equipos:

- a) Luminarias
- b) Equipos de ventilación
- c) Equipos de aire acondicionado
- d) Equipo de calefacción
- e) Equipo de extracción de gases
- f) Equipos computacionales
- g) Equipos de seguridad
- h) Otros

5. Protocolo de procedimientos para el control diario, estacional y/o anual de:

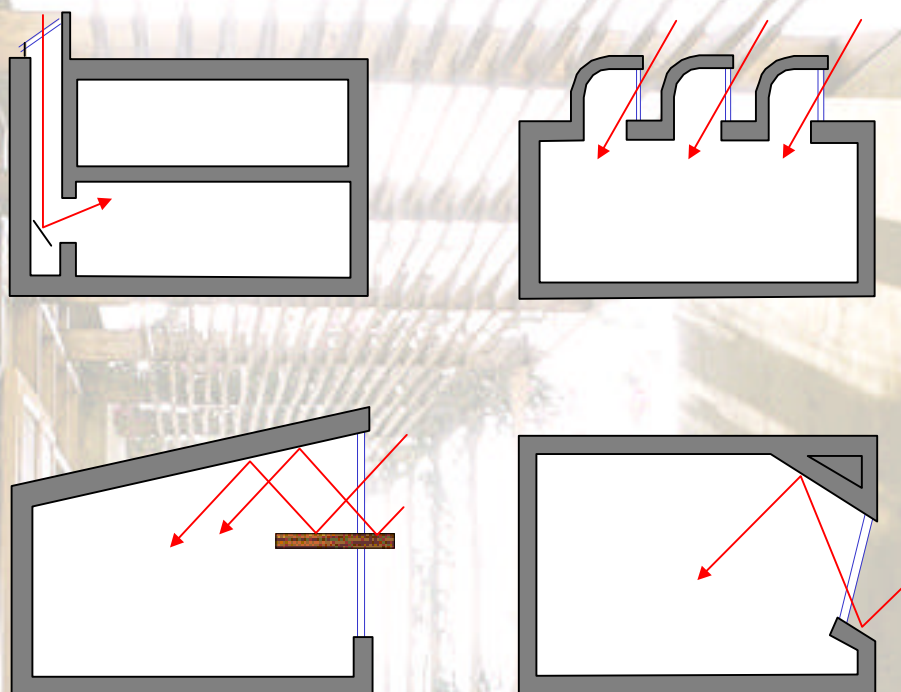
- a) Protectores solares
- b) Ventilación natural y artificial
- c) Termostatos, higrostatos, otros
- d) Ventilación de entretechos
- e) Ventilación de estacionamientos, etc.

6. Recomendaciones para la detección y reparación de problemas usuales tales como:

- a) Focos de humedad
- b) Ventilación no controlada a través de ductos, ventanas, puertas, etc.

TOMO 13

CATALOGO DE RECURSOS DE DISEÑO

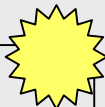


**ANALISIS DE VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL AHORRO DE ENERGIA
Y EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS PUBLICOS**

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, DIRECCION DE ARQUITECTURA

DICIEMBRE 2000

CATALOGO DE RECURSOS DE DISEÑO

 Asoleamiento	GEOMETRIA SOLAR Declinación Solar Altura Solar Gráficos Solares	RADIACION SOLAR Curvas de Radiación solar	
 Diseño Arquitectónico	FORMA Compacidad Orientación Espacios Intermedios	ABERTURAS Orientación Ventilación Forma, Tamaño y Posición Control de Luz Natural Protección Solar	
 Diseño Constructivo	AISLACION TERMICA Transferencia de calor Transmitancia térmica Muros y techumbres Puentes térmicos	BALANCE TERMICO Inercia térmica Infiltraciones de aire	HUMEDAD Drenajes Condensación Humedad exterior Condensación Generación de vapor
 Sistemas Artificiales	VENTILACION Manejo de aire Recuperador de Energía	CLIMATIZACION Acondicionadores autónomos Sistemas de climatización Sistemas centralizados Calderas Energía Solar	ILUMINACION Zonificación Deslumbramiento Distribución Control

Asoleamiento



GEOMETRIA SOLAR

Declinación Solar
Altura Solar
Gráficos Solares

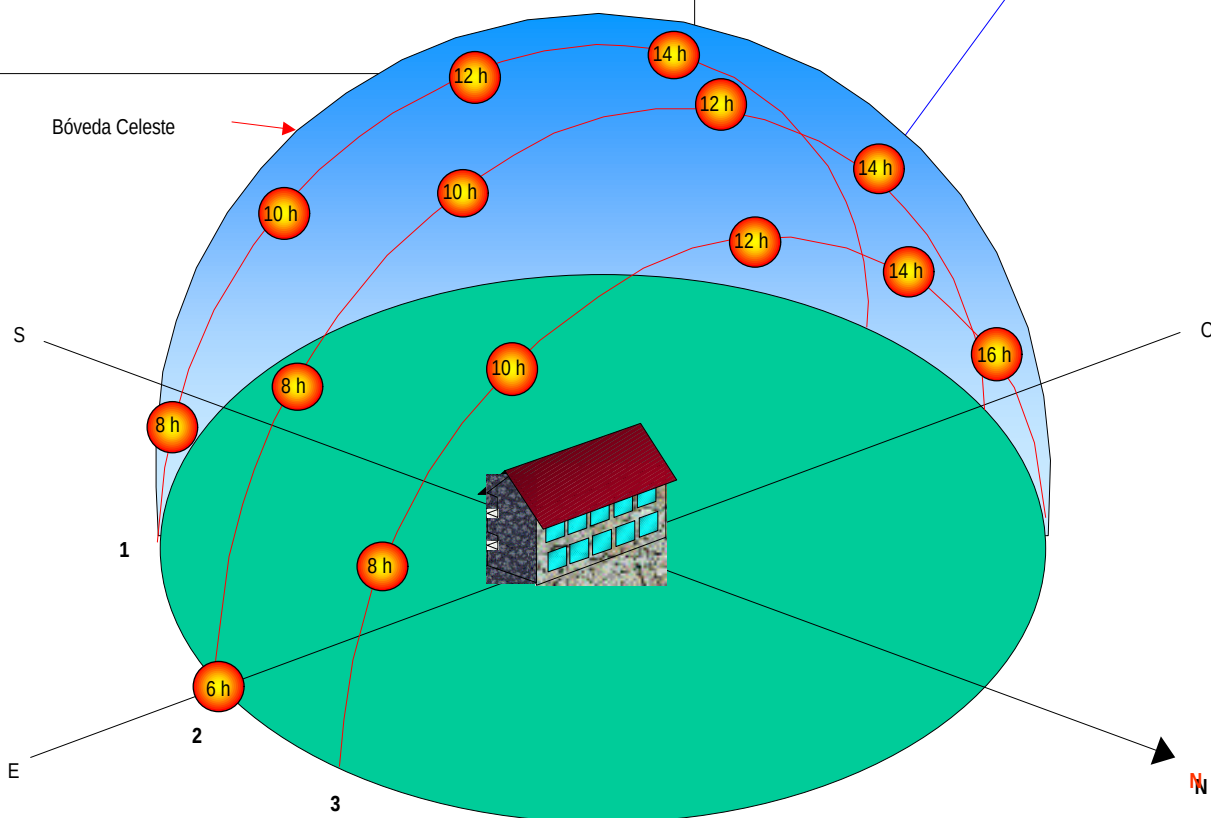
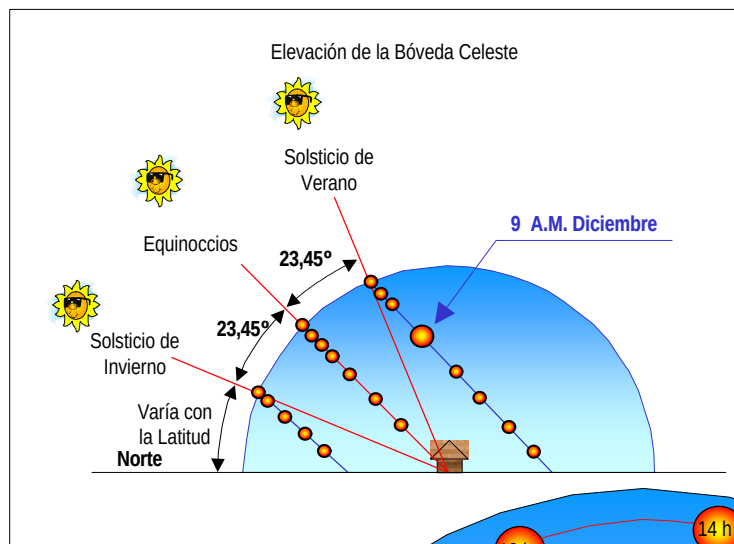
RADIACION SOLAR

Curvas de Radiación solar



ASOLEAMIENTO

Declinación Solar



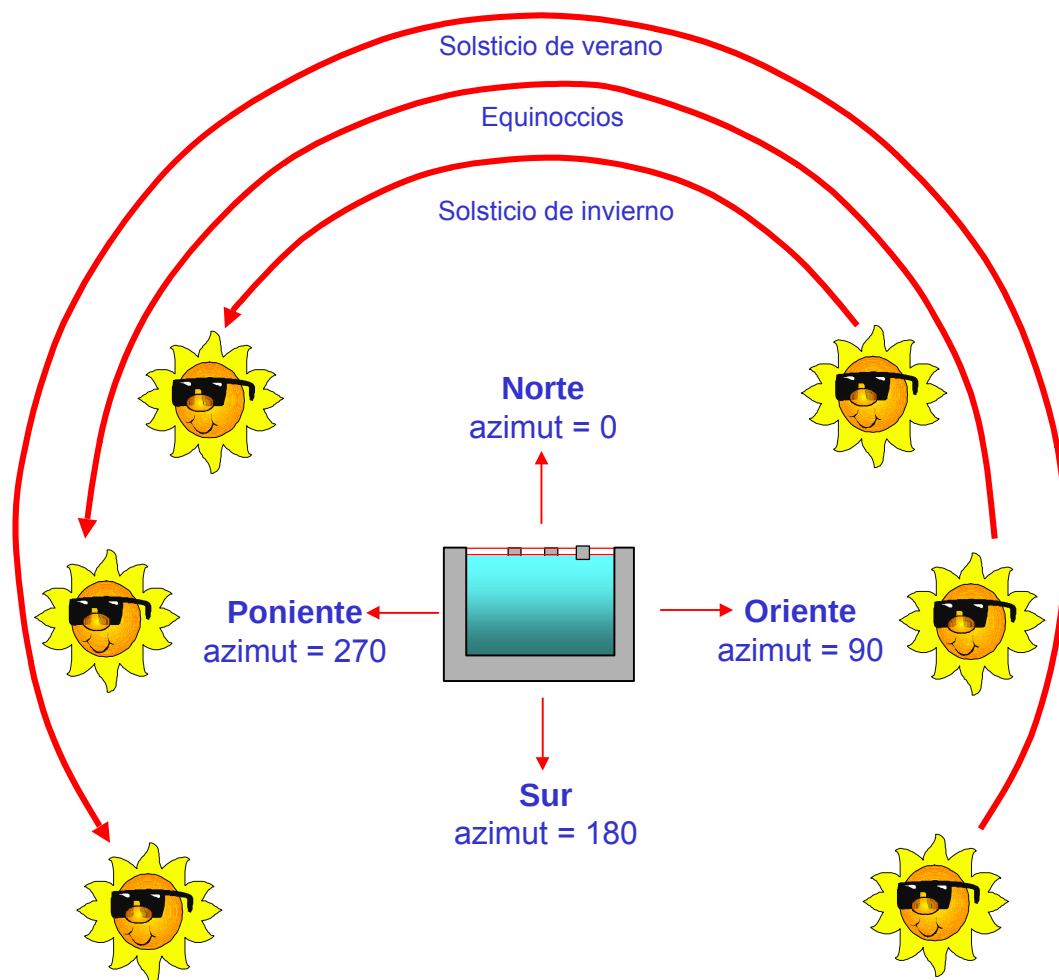
Trayectoria del Sol
Horas



1 Solsticio de Verano
22 de Diciembre

2 Equinoccios de
Primavera (23 de Sept.)
Otoño (21 de Marzo)

3 Solsticio de Invierno
(22 de junio)

**ASOLEAMIENTO****Azimut Solar**

El azimut solar es el ángulo horizontal con que incide la radiación solar en relación al Norte astronómico, medido en el sentido de los punteros del reloj.

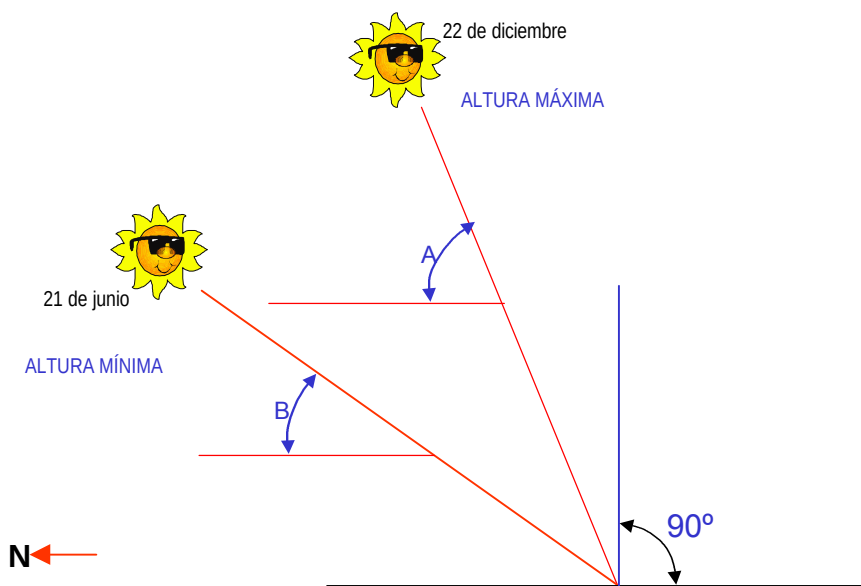
En este gráfico se representa el paso del sol en verano, invierno y estaciones intermedias, alrededor de un edificio con su fachada principal orientada al Norte, para latitud 35° Sur.

Así la fachada Norte recibe sol durante todo el año, las fachadas Oriente y Poniente durante la mañana y la tarde respectivamente y la fachada Sur recibe sol sólo muy temprano y muy tarde en pleno verano.

**ASOLEAMIENTO****Altura Solar**

Alturas máximas y mínimas para una fachada Norte

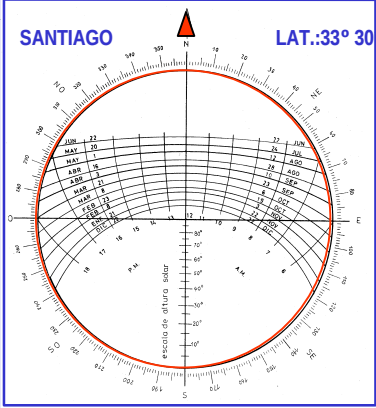
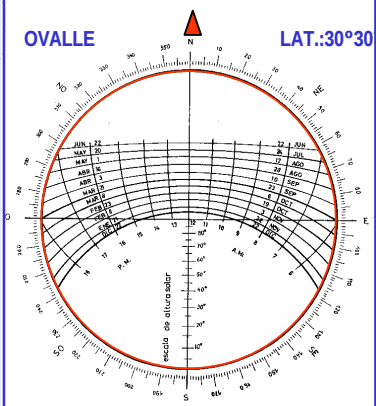
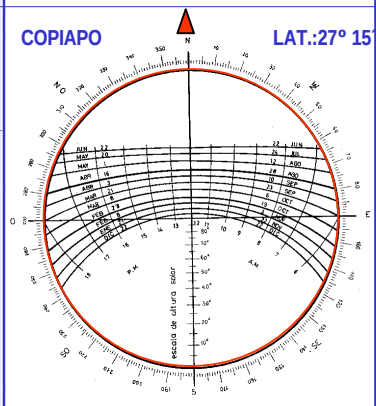
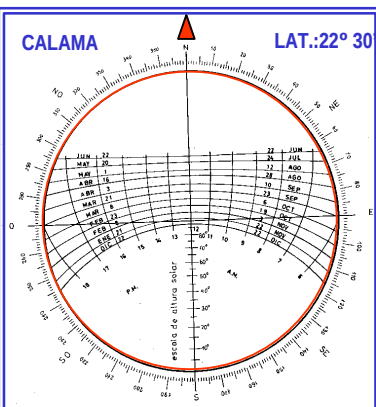
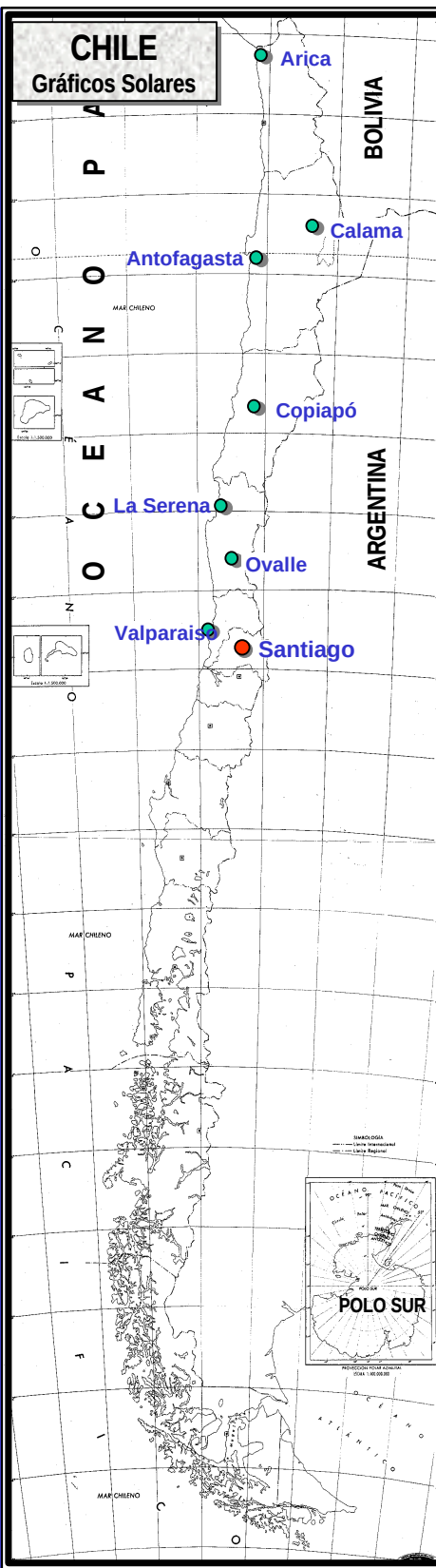
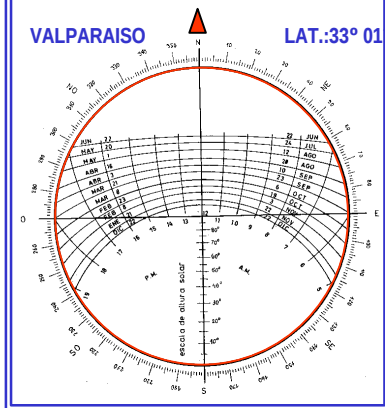
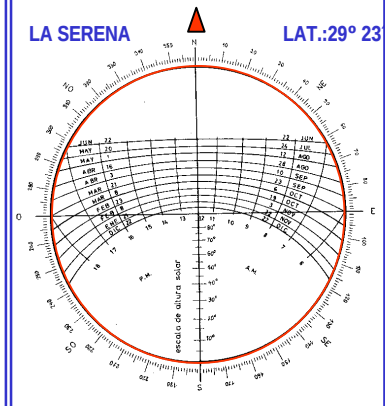
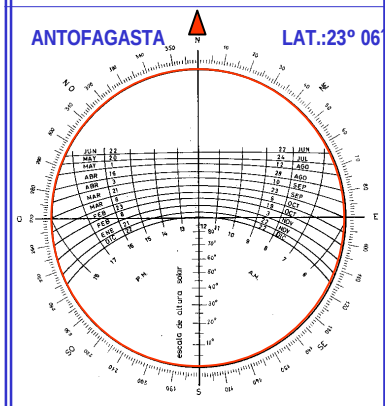
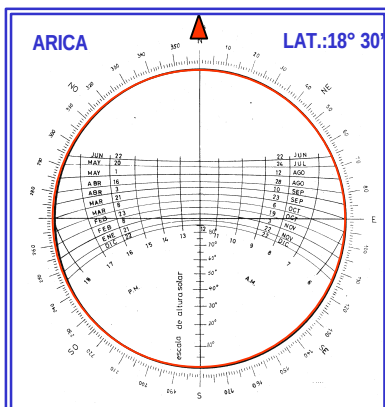
CIUDAD	LATITUD SUR	SOLSTICIO VER. Altura Máx. A	SOLSTICIO INV. Altura Mín. B
ARICA	18° 29'	95°	48°
ANTOFAGASTA	23° 06'	91°	43°
CALAMA	22° 30'	91°	44°
LA SERENA	29° 23'	84°	37°
OVALLE	30° 30'	83°	36°
VALPARAISO	33° 01'	81°	33°
SANTIAGO	33° 30'	80°	33°
CONCEPCION	36° 45'	77°	30°
TEMUCO	38° 46'	75°	27°
PUNTA ARENAS	53° 00'	61°	13°





ASOLEAMIENTO

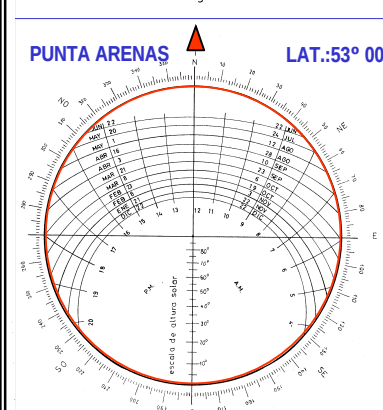
Gráficos Solares Arica - Santiago

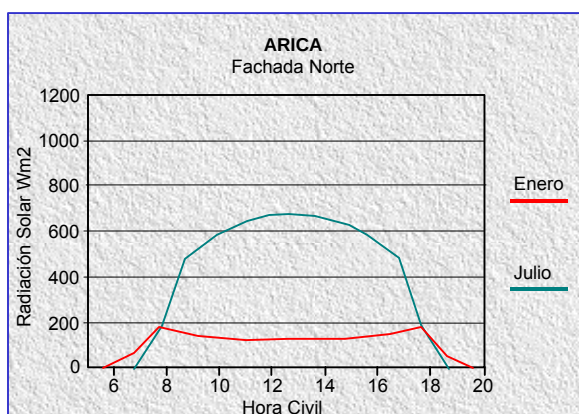
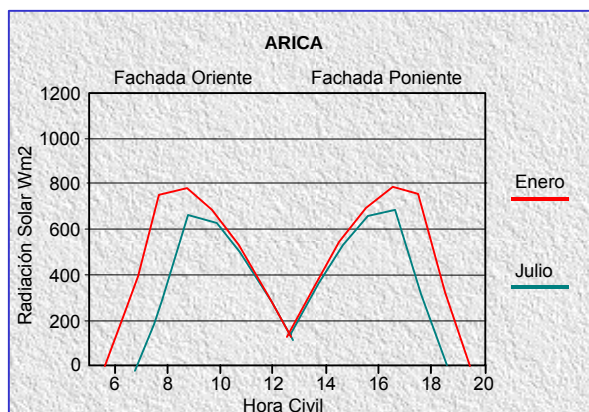
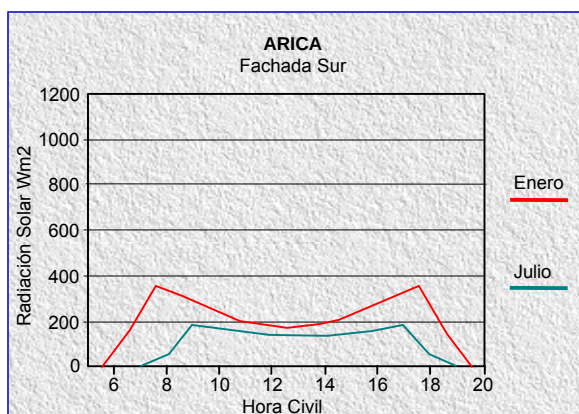
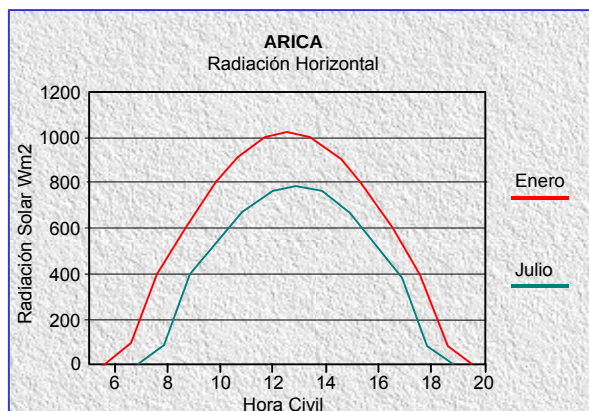




ASOLEAMIENTO

Gráficos Solares Curicó - Punta Arenas



**ASOLEAMIENTO****Radiación solar****ARICA**
Lat. 18° 30'

Carga térmica por radiación directa y difusa sobre superficies verticales orientadas al Norte, Oriente, Poniente y Sur, además de la horizontal.

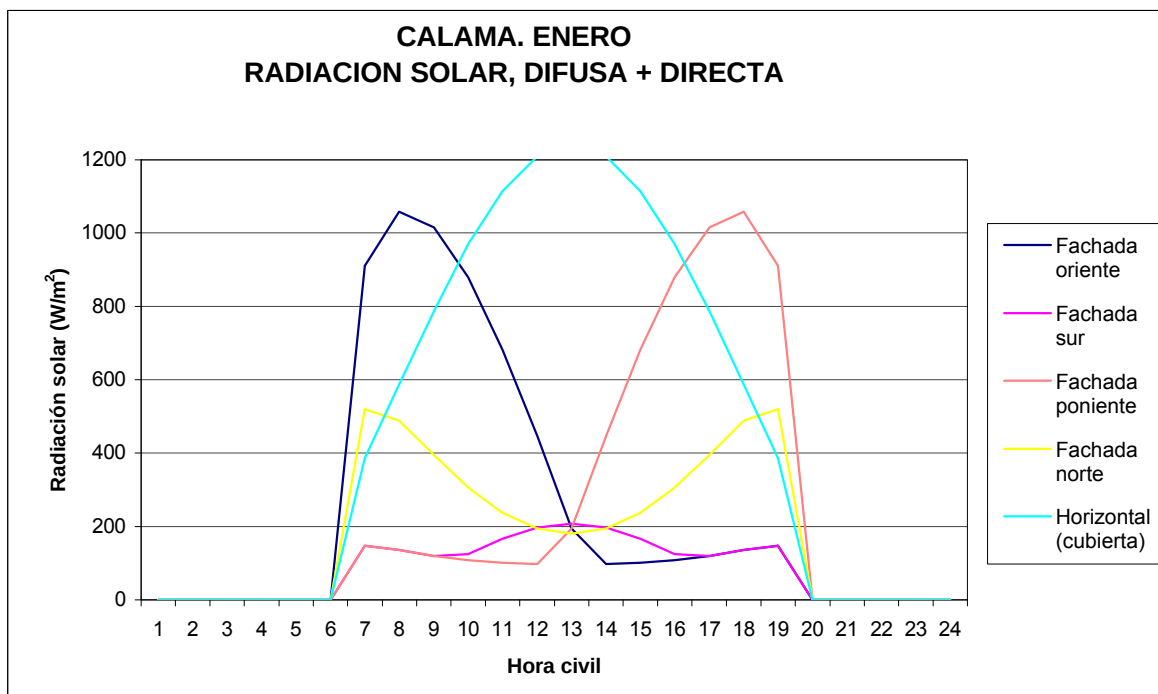
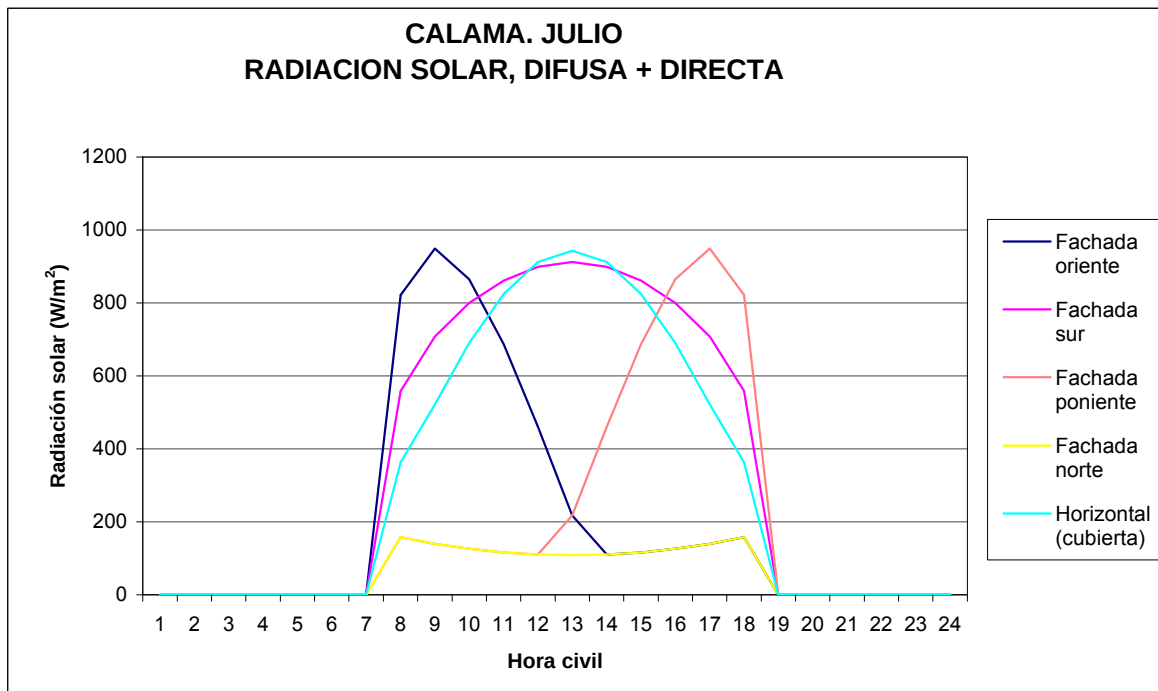


ASOLEAMIENTO

Radiacion solar

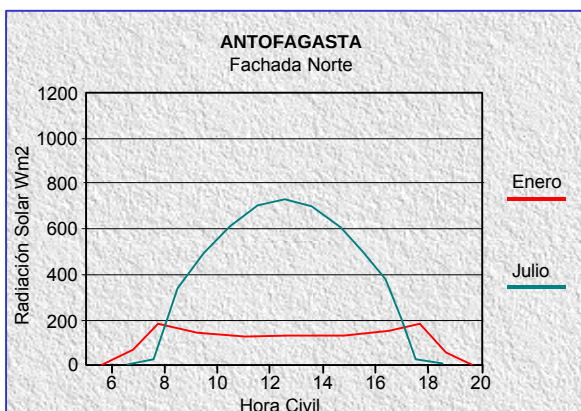
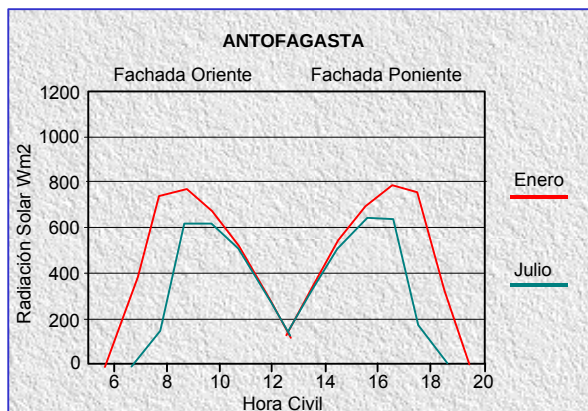
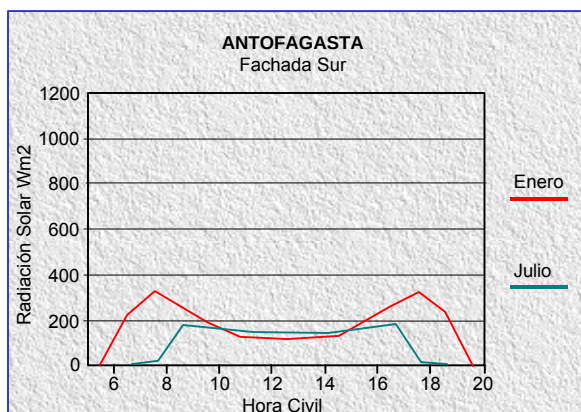
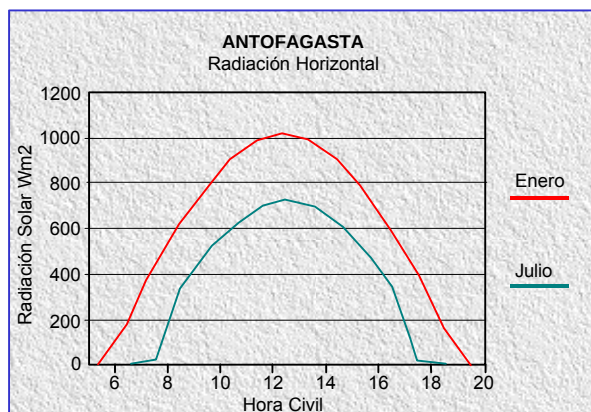
CALAMA

22° 30'



**ASOLEAMIENTO****Radiación solar****ANTOFAGASTA**

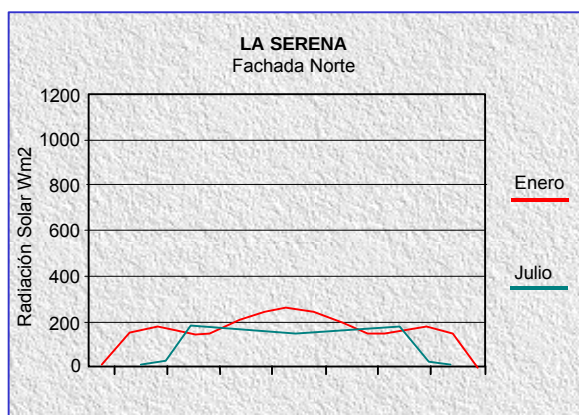
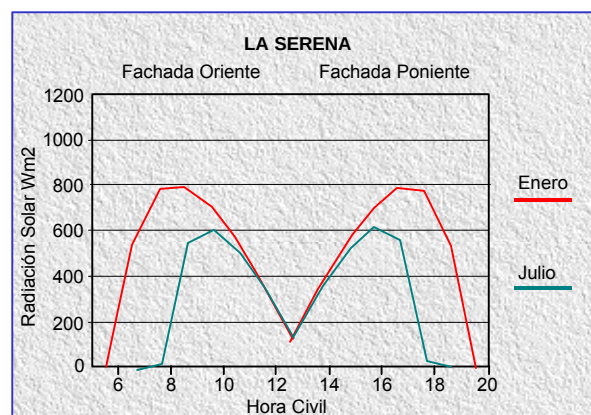
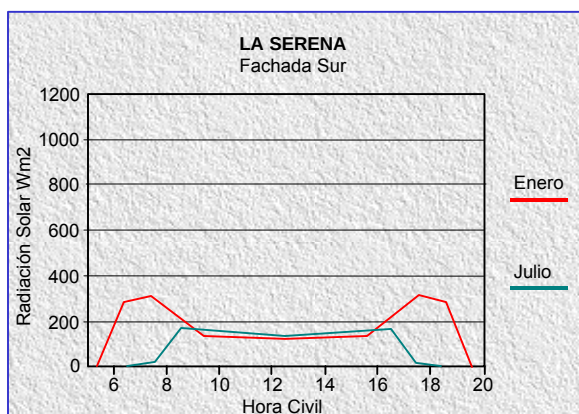
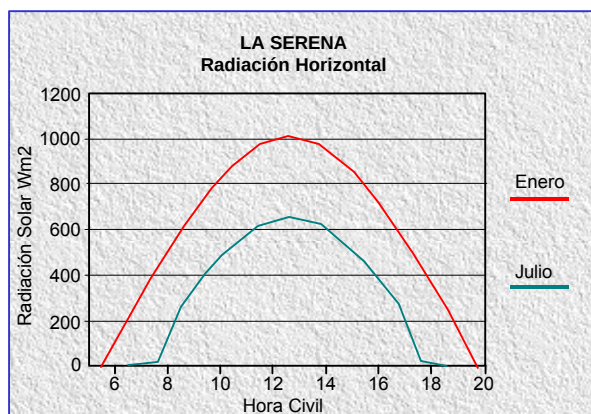
Lat.: 23° 06'



Carga térmica por radiación directa y difusa sobre superficies verticales orientadas al Norte, Oriente, Poniente y Sur, además de la horizontal.

**ASOLEAMIENTO****Radiación solar****La Serena**

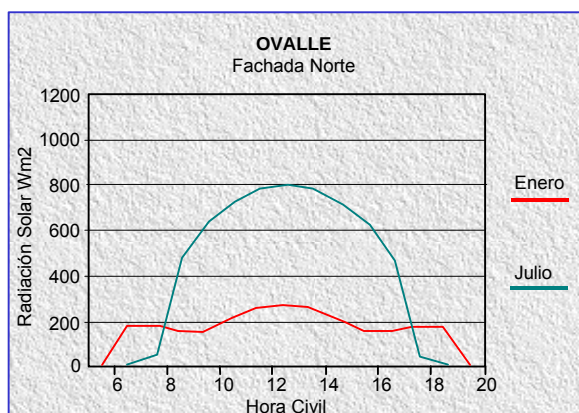
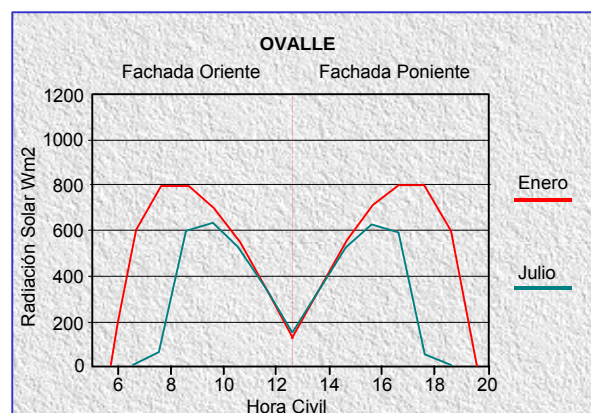
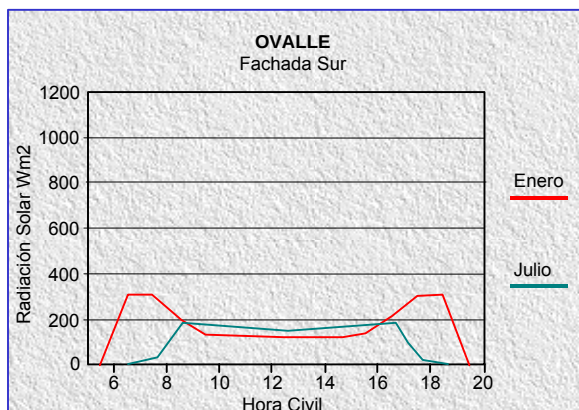
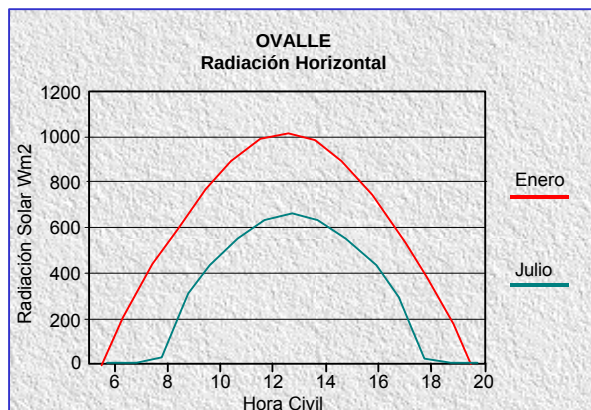
Lat. 30° Sur



Carga térmica por radiación directa y difusa sobre superficies verticales orientadas al Norte, Oriente, Poniente y Sur, además de la horizontal.

**ASOLEAMIENTO****Radiación solar****Ovalle**

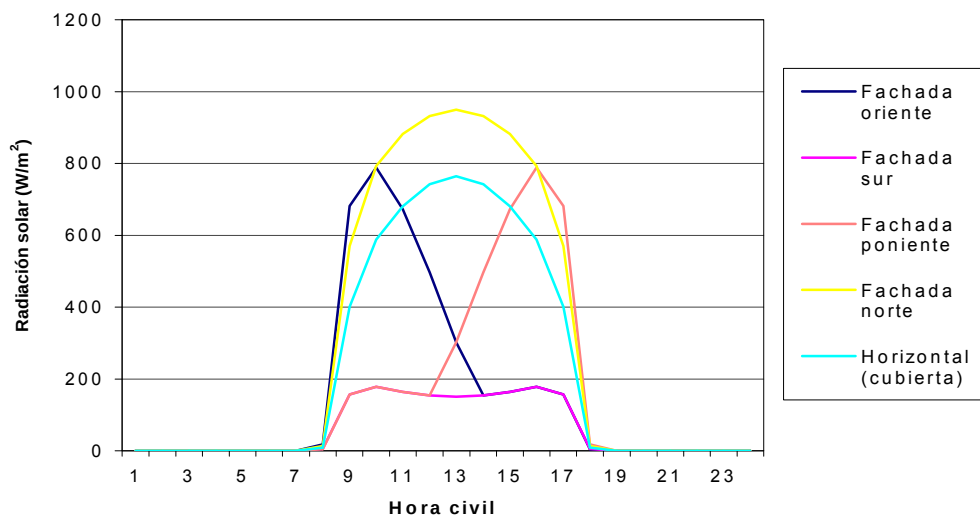
Lat. 30° 30'



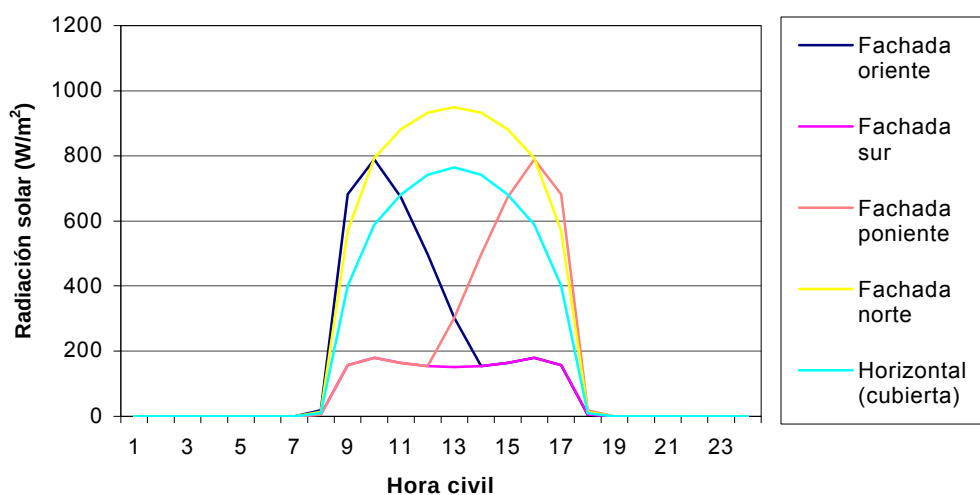
Carga térmica por radiación directa y difusa sobre superficies verticales orientadas al Norte, Oriente, Poniente y Sur, además de la horizontal.

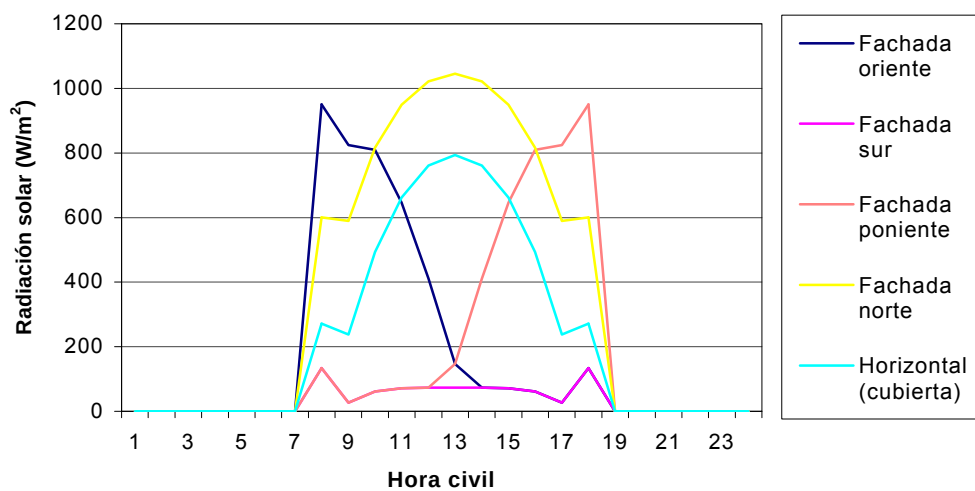
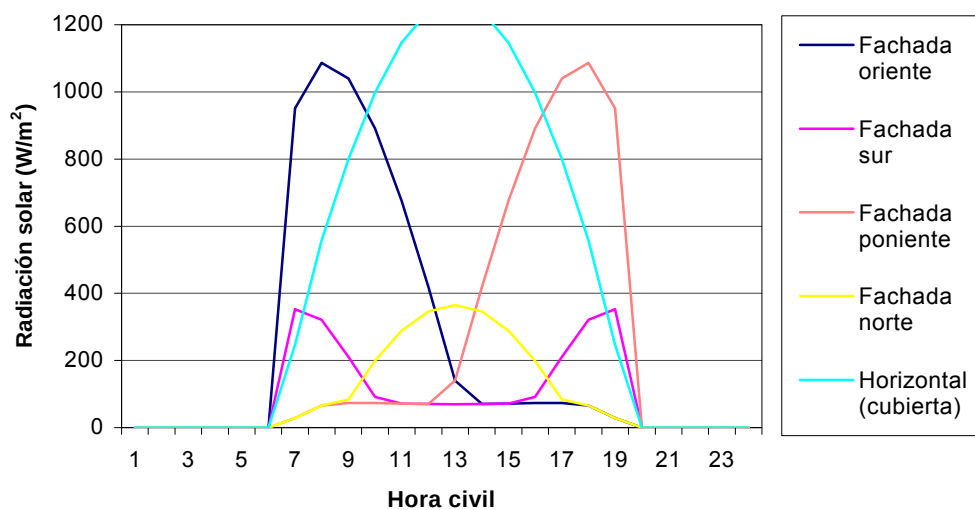
**ASOLEAMIENTO****Radiación Solar: Valparaíso Lat. 33° 01'**

VALPARAISO. JULIO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA



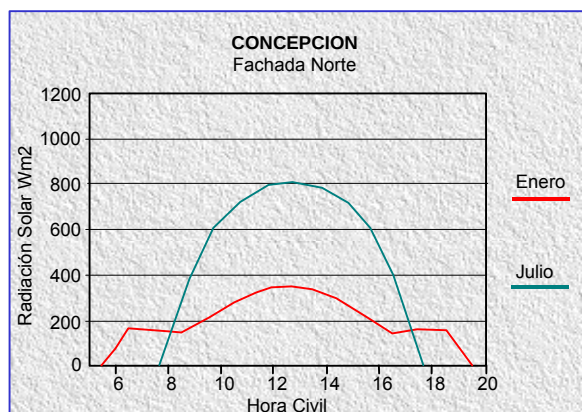
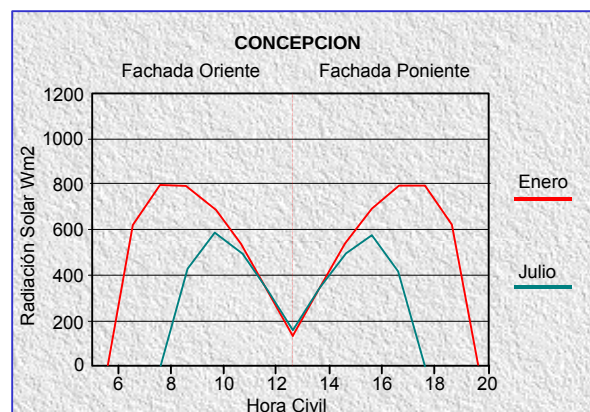
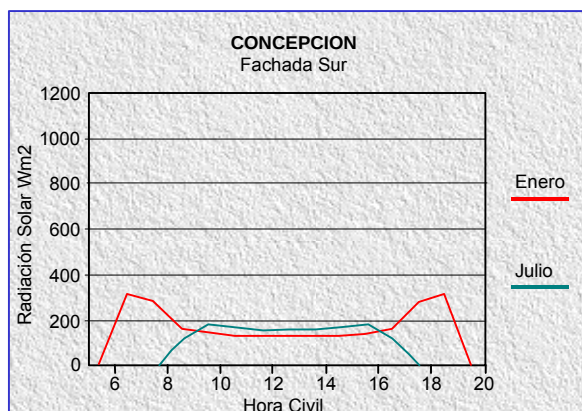
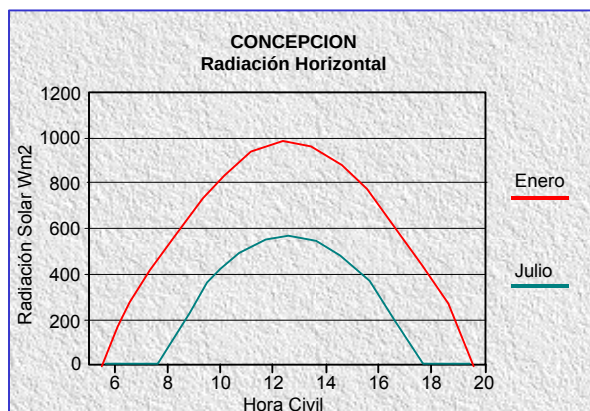
VALPARAISO. ENERO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA



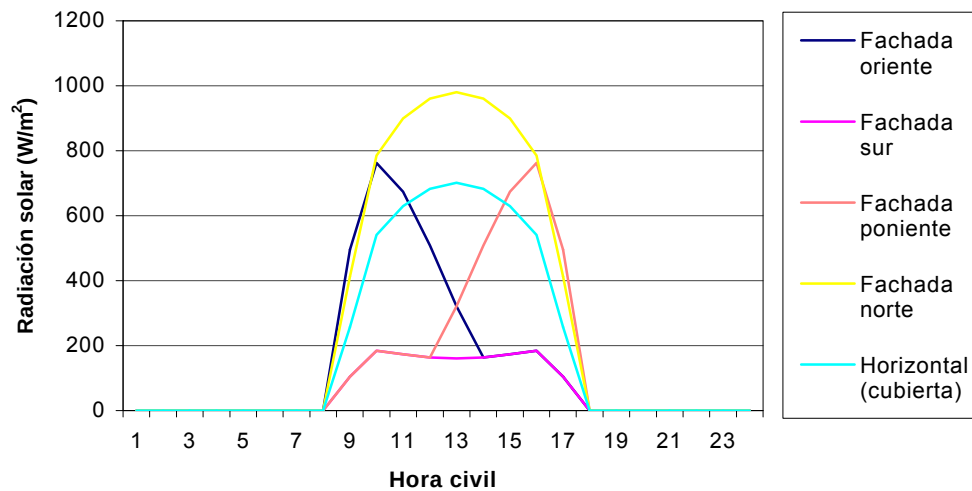
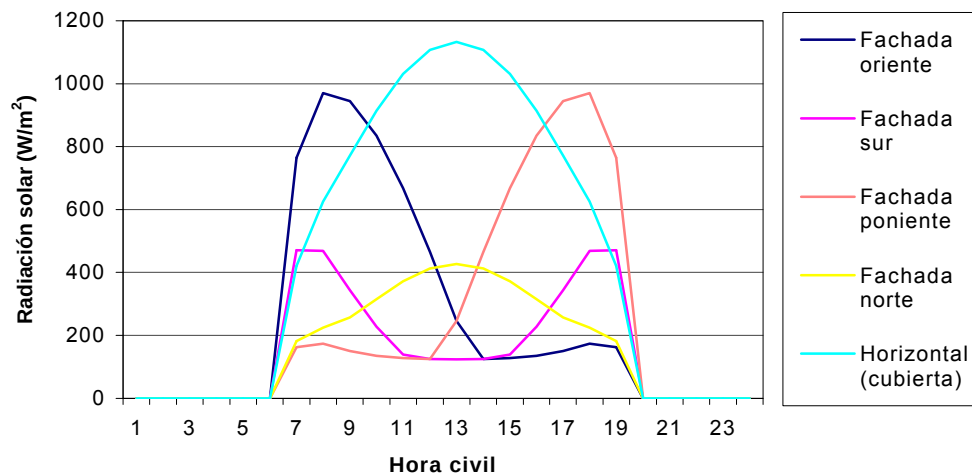
**ASOLEAMIENTO****Radiacion solar****Santiago Lat. 33° 30´****LIBERTADORES. JULIO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA****LIBERTADORES. ENERO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA**

**ASOLEAMIENTO****Radiación solar****Concepción**

Lat. 36° 45'

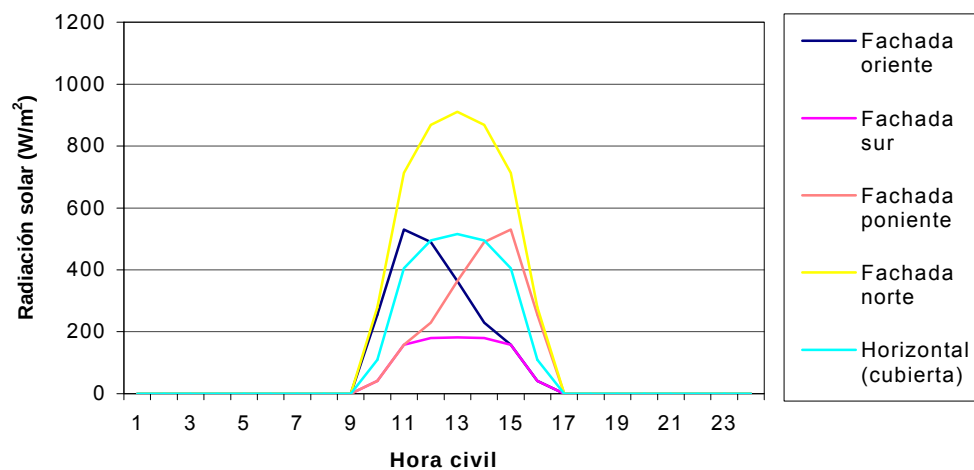


Carga térmica por radiación directa y difusa sobre superficies verticales orientadas al Norte, Oriente, Poniente y Sur, además de la horizontal.

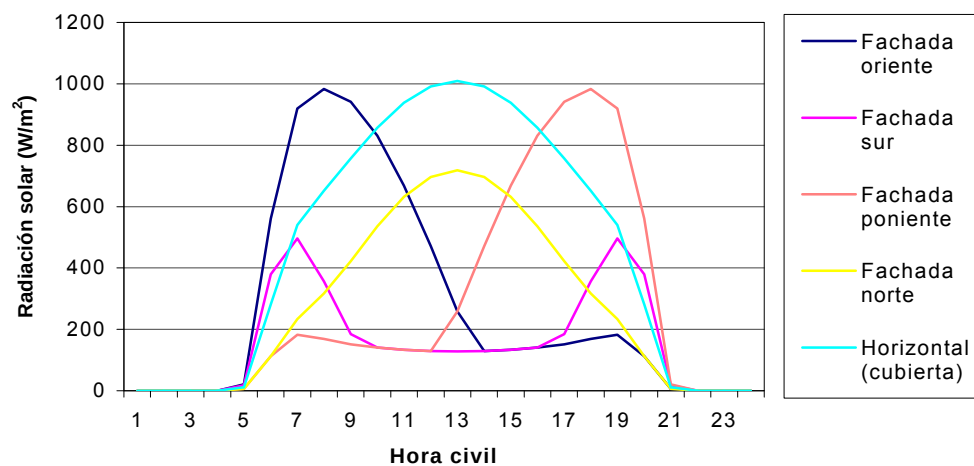
**ASOLEAMIENTO****Radiación solar****Temuco Lat. 38° 46'****TEMUCO. JULIO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA****TEMUCO. ENERO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA**

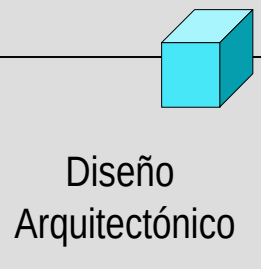
**ASOLEAMIENTO****Radiacion solar****Punta Arenas Lat. 53°**

PUNTA ARENAS. JULIO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA



PUNTA ARENAS. ENERO
RADIACION SOLAR, DIFUSA + DIRECTA



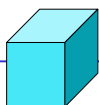


FORMA

Compacidad
Orientación
Espacios Intermedios

ABERTURAS

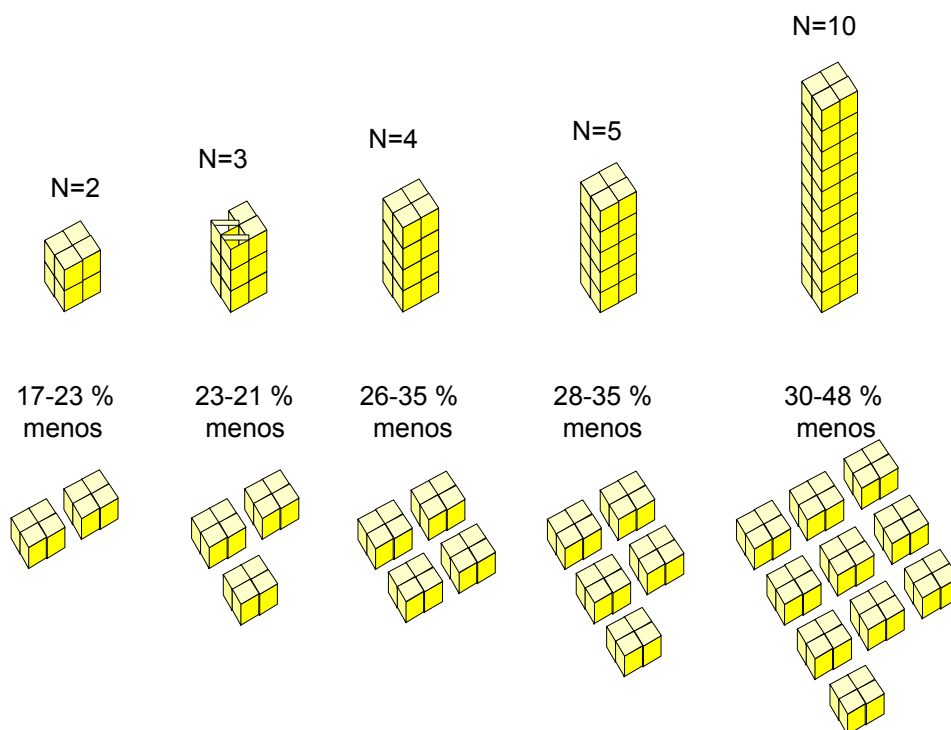
Orientación
Ventilación
Forma, Tamaño y Posición
Control de Luz Natural
Protección Solar

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Forma****Compacidad**

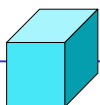
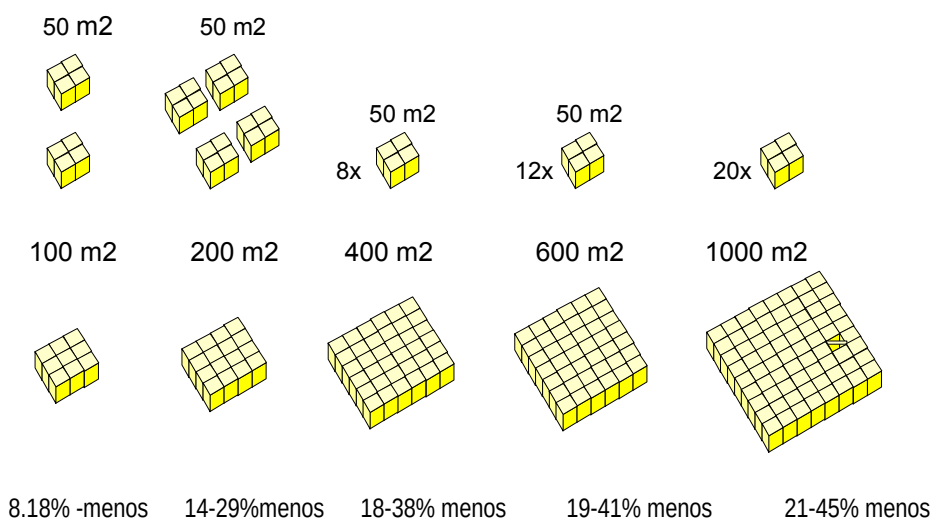
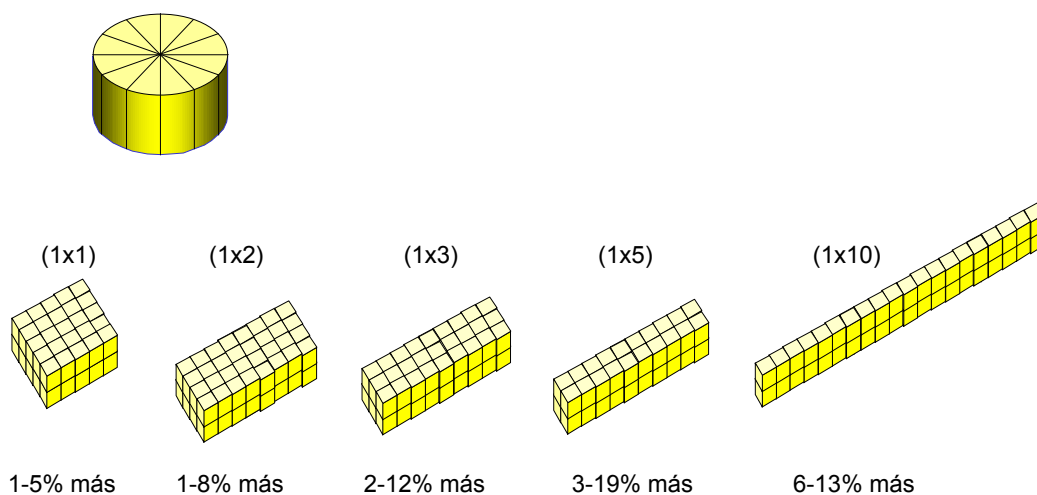
La compacidad es la relación entre la superficie útil y la superficie expuesta al exterior (envolvente), y depende de la forma volumétrica, número de volúmenes, forma de la planta, número de pisos sobre y bajo el nivel de terreno, etc.

La mayor compacidad reduce el intercambio de energía, sol, luz, aire, humedad y ruido con el exterior, lo cual es favorable o desfavorable dependiendo de los objetivos de diseño y de las condiciones ambientales del entorno.

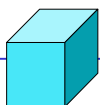
En las Figuras A, B y C se presentan 3 casos de diferentes formas de edificios en relación a la superficie y volumen y se demuestra por que es importante la compacidad, al señalarse en cada caso el grado de pérdidas de energía en relación a un patrón.



A.- Ejemplos de distintos volúmenes y distinta disposición con la pérdida de energía
Mientras más superficie expuesta, se producen mayores pérdidas de energía

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Forma****Compacidad****B.- Perdidas de energía en plantas de un piso con diferentes disposiciones**

C.- En este caso se compara un paralelepípedo recto de base cuadrada con un cilindro.
Luego se comparan paralelepípedos rectos de base rectangular con el mismo cilindro.

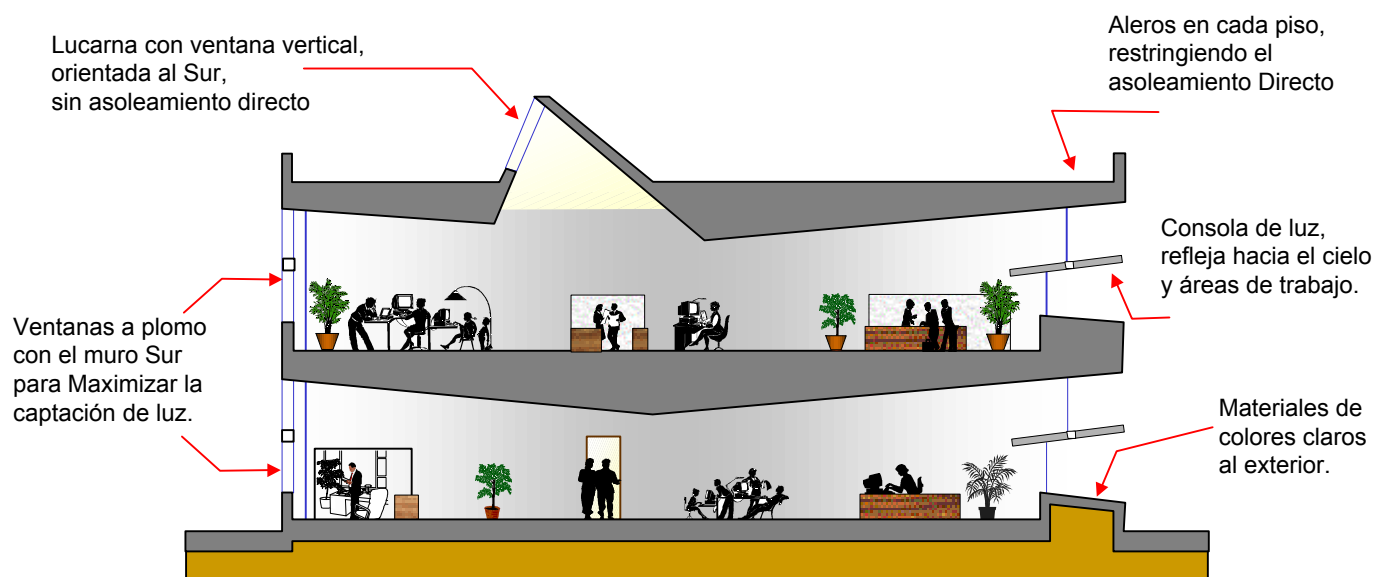


DISEÑO ARQUITECTONICO: Forma

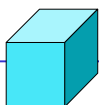
Fachadas diferenciadas según Orientación

SUR:
Luz difusa

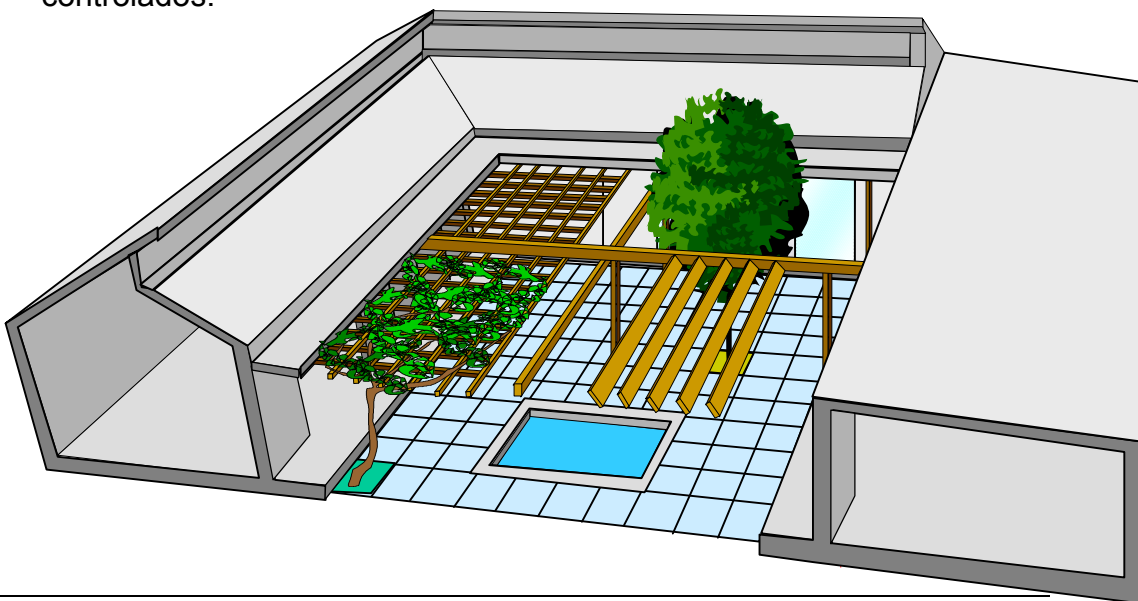
NORTE:
Luz de sol directa



Un caso real de edificio de oficinas de 2 pisos en California, en que se muestra la diferenciación de recursos arquitectónicos para hacer que la optimizar el aprovechamiento de luz natural evitando el asoleamiento directo en áreas de trabajo.

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Forma****Espacios Intermedios**

La relación entre interior y exterior no depende solamente de la envolvente, sino que también puede regularse mediante el tratamiento de espacios intermedios controlados.

**HUMEDAD**

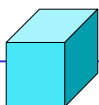
- Evaporación desde fuentes de agua
- Pulverización de agua
- Vegetación
- Suelos absorbentes o drenados
- Patios expuestos al sol y/o viento

ASOLEAMIENTO

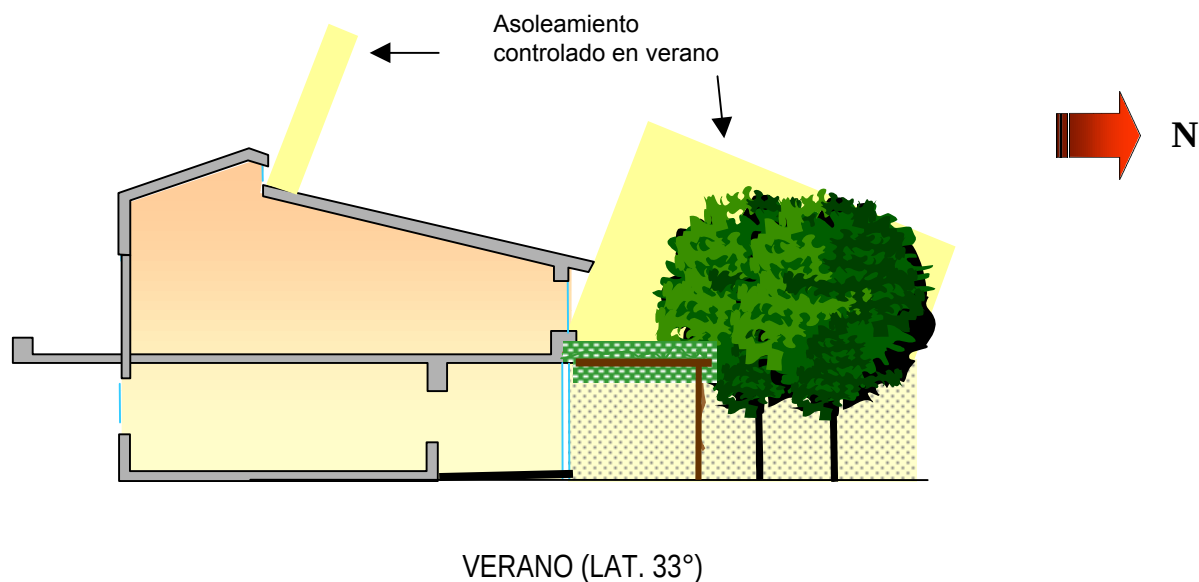
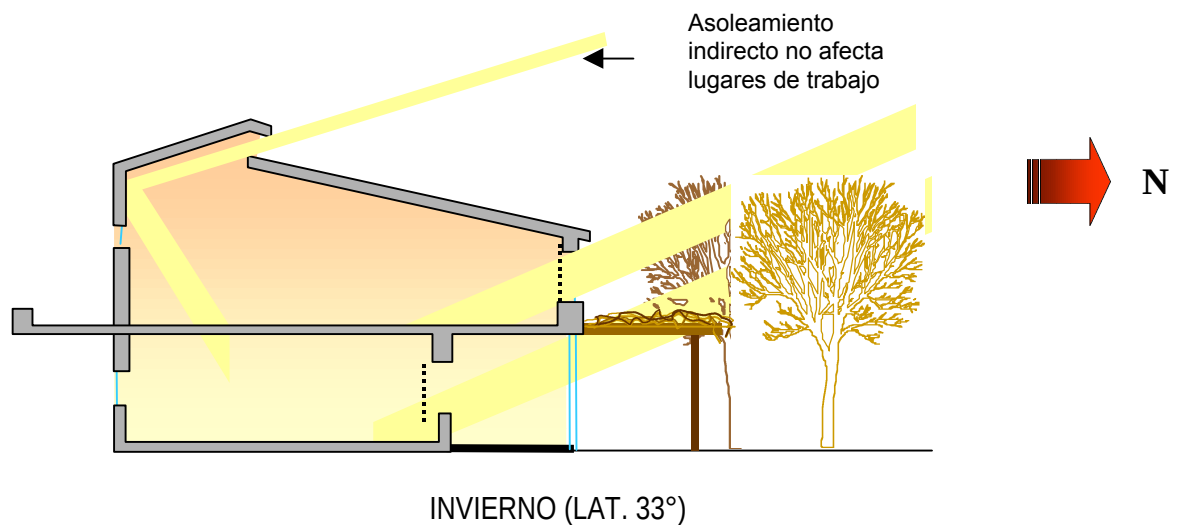
- Emparronados
- Entramados
- Vegetación
- Sombreaderos sobre cubierta
- Suelos reflectantes ó absorbentes
- Calles angostas
- Aceras cubiertas
- Toldos y lonas
- Corredores
- Galerías vidriadas
- Invernaderos

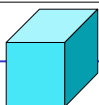
VIENTO

- Entramados
- Vegetación
- Muros
- Mallas antipolvo
- Esclusas de acceso
- Galerías vidriadas

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas****Orientación Norte**

Las aberturas hacia el Norte combinan máximo soleamiento en invierno y mínimo en verano. El asoleamiento directo debe tener algún tipo de control para evitar la incidencia sobre el plano de trabajo y el deslumbramiento. En invierno es preferible la protección interior y en verano la exterior.



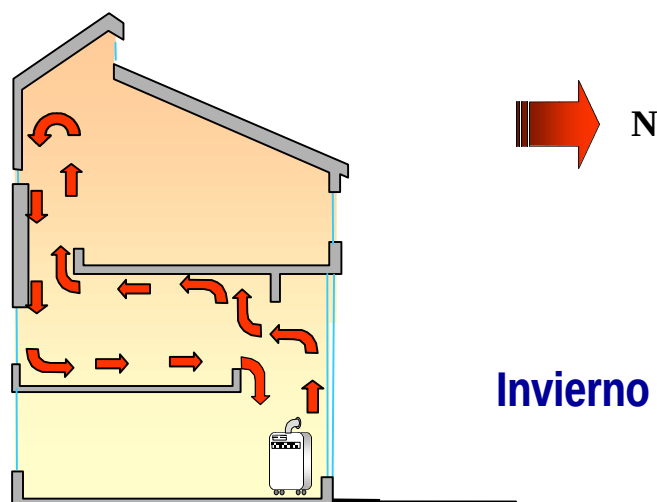


DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas

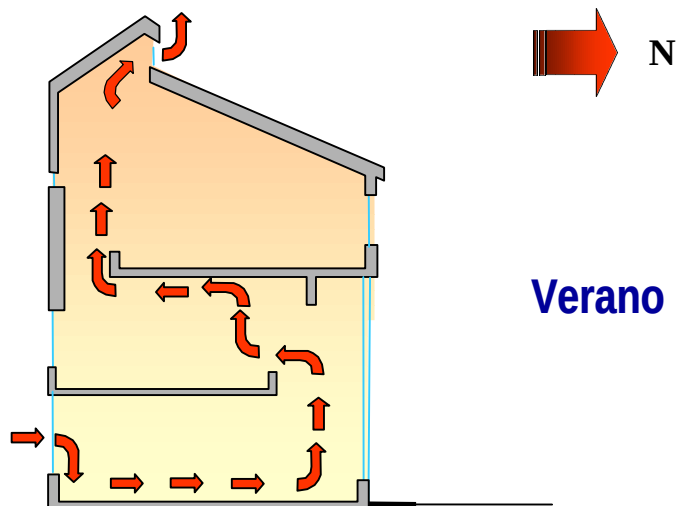
Convección

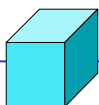
La convección se produce por diferencia de densidad del aire, que a su vez depende de la diferente temperatura y diferente altura.

La condición preferente en invierno es casi siempre de máxima hermeticidad con respecto al exterior. La interconexión interior favorece la distribución horizontal, pero puede causar estratificación vertical de temperaturas.



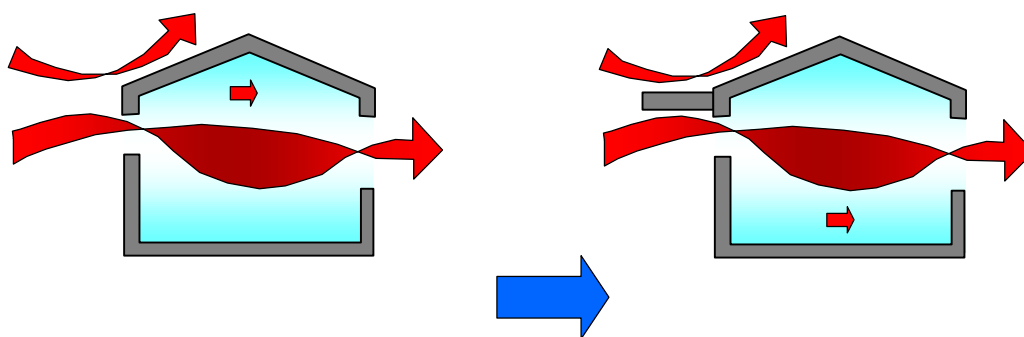
En verano se puede aprovechar la convección natural para ventilar y evitar sobrecalentamiento, cuando no es efectiva la ventilación cruzada por ausencia de viento. Se requieren aberturas regulables en los puntos más altos del volumen y tomas de aire a nivel de suelo en fachada Sur o lugares frescos con sombra, además de abrir la interconexión interna vertical y mantener el resto de las ventanas cerradas.



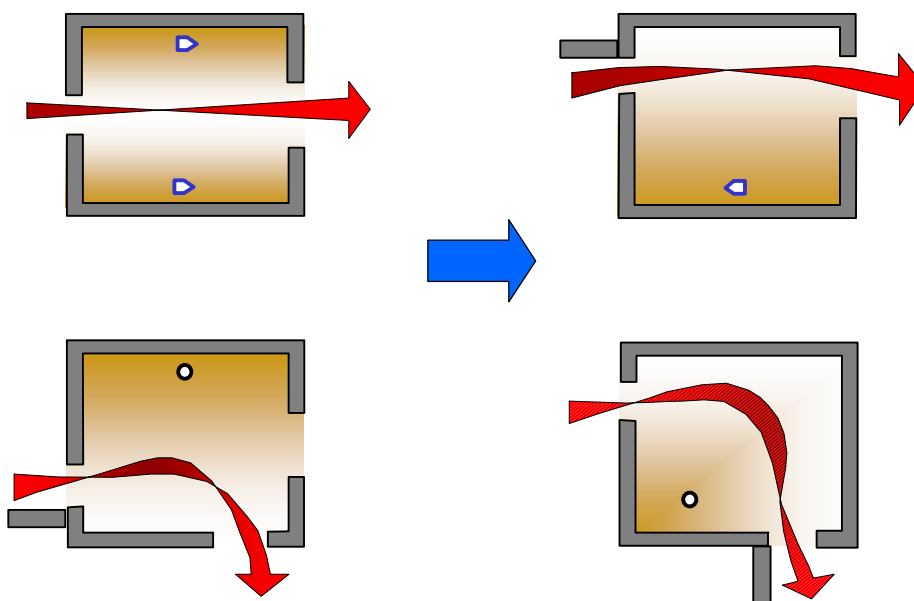


DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas

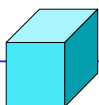
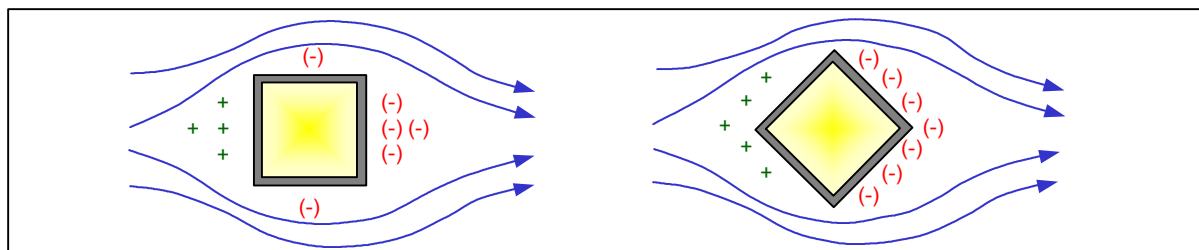
Ventilación natural cruzada



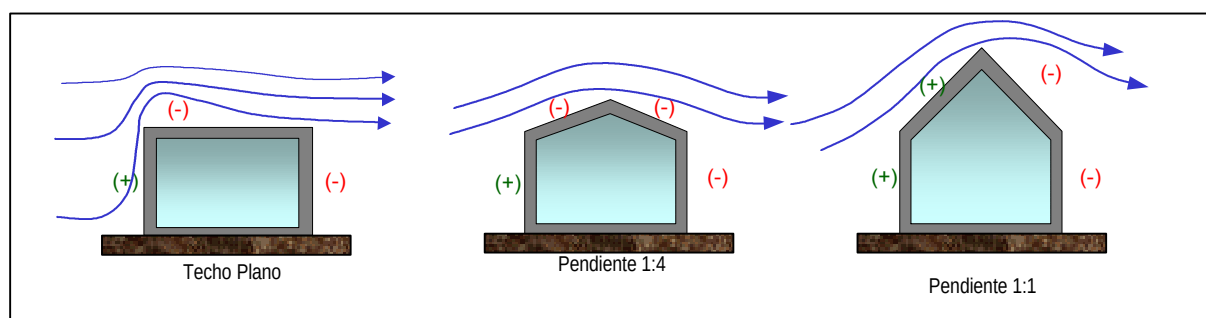
Ejemplos de ventilación cruzada en corte



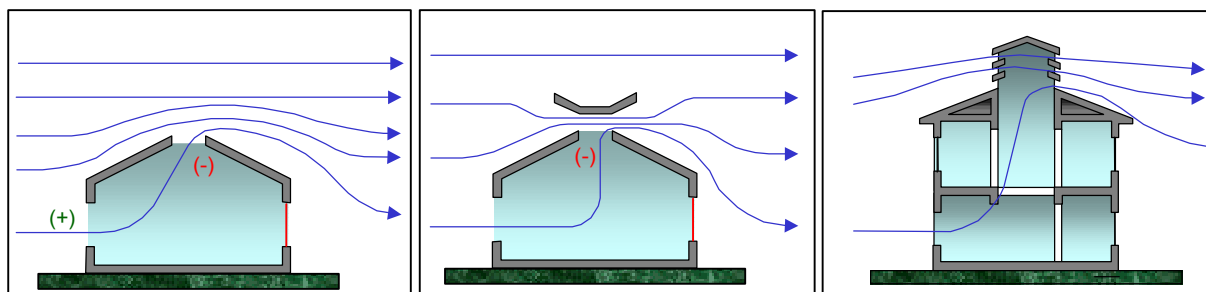
Ejemplos de ventilación cruzada en planta.

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas****Ventilación natural**

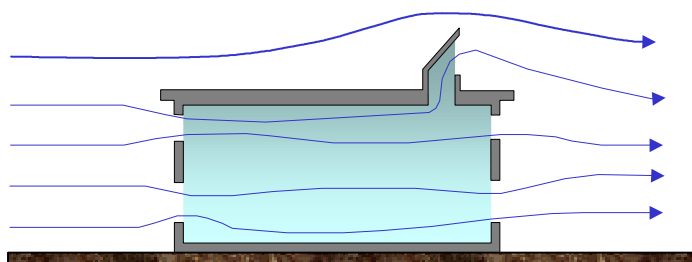
El flujo de aire alrededor de un edificio causa presiones positivas y negativas

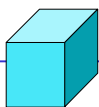


La presión en la cubierta es siempre negativa en el lado que no enfrenta el viento. El signo de la presión en la zona que enfrenta al viento depende de la pendiente.



El efecto Venturi se produce al estrecharse un flujo: aumenta la velocidad y disminuye la presión. Se aprovecha para crear zonas de baja presión y favorecer la extracción de aire.

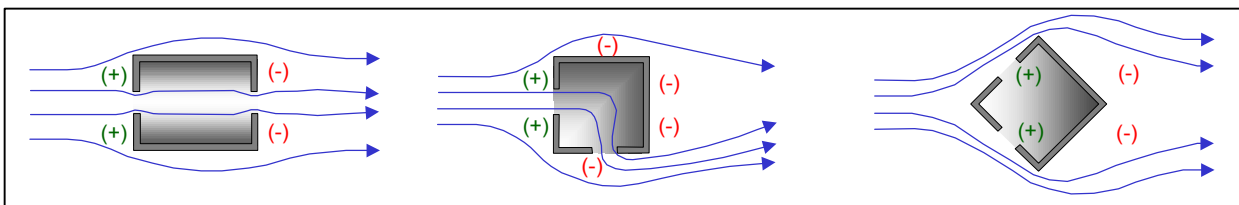




DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas

Ventanas para ventilación natural

La ventilación se favorece ubicando las aberturas en zonas de presiones diferentes.

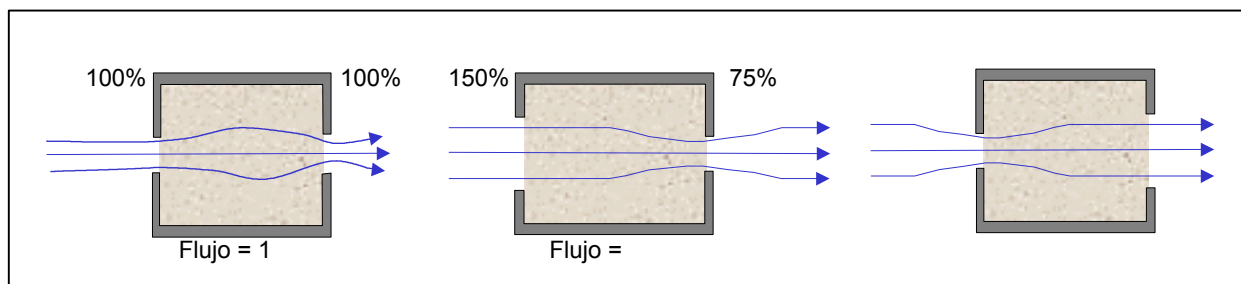


Ventilación Buena

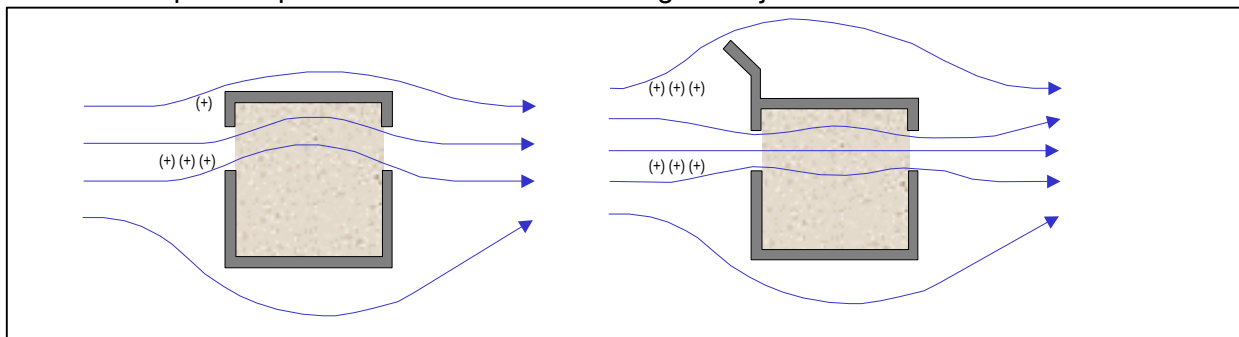
Ventilación Buena

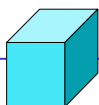
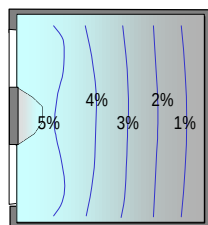
Ventilación Pobre

La ventilación más efectiva se logra con áreas de entrada y salida iguales.
Aumentos o disminuciones de esta no producen efectos lineales.

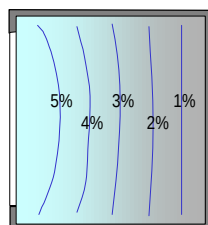


La presión positiva aumenta si se restringe el flujo alrededor del volumen.

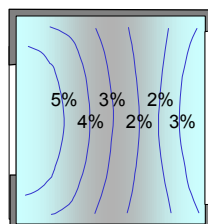


**DISEÑO ARQUITECTONICO: Aberturas****Forma y Posición de Ventanas**

a) Dos ventanas en un costado, forma predominantemente vertical.

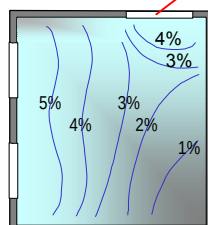


b) Una ventana en un costado, de forma predominantemente horizontal.



c) Una ventana en un costado más una ventana vertical superior en el costado opuesto.

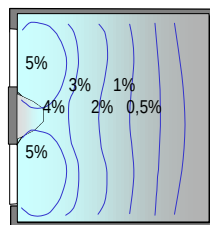
Ventana vertical superior



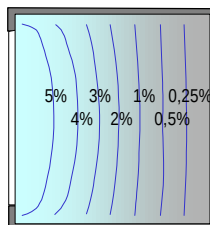
d) Dos ventanas de igual superficie que c), más una ventana de forma vertical superior en el lado adyacente.

Distinta distribución y forma de ventanas con igual superficie

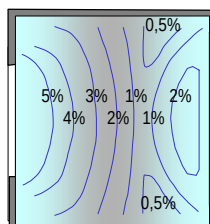
Factor luz-día con reflexiones interior y exteriores.
Fuente "Daylighting", Hopkinson R.G. Petherbridge P.
Longmore L. Heineman, London 1996.



a) Dos ventanas de forma predominantemente vertical en un costado.

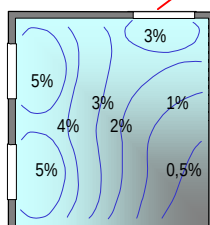


b) Una ventana equivalente a la Superficie de las dos en (a), en un costado predominantemente horizontal.



c) Una ventana en un costado más una ventana vertical superior en el costado opuesto.

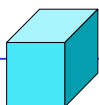
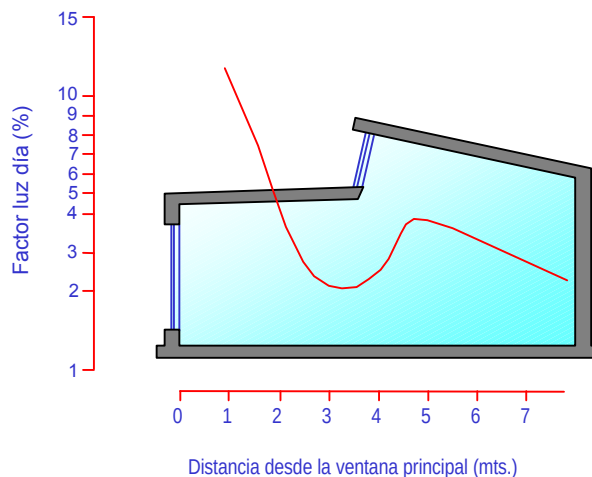
Ventana vertical superior



d) Dos ventanas de igual superficie que c), más una ventana vertical superior en el lado adyacente.

Distinta distribución y forma de ventanas con igual superficie

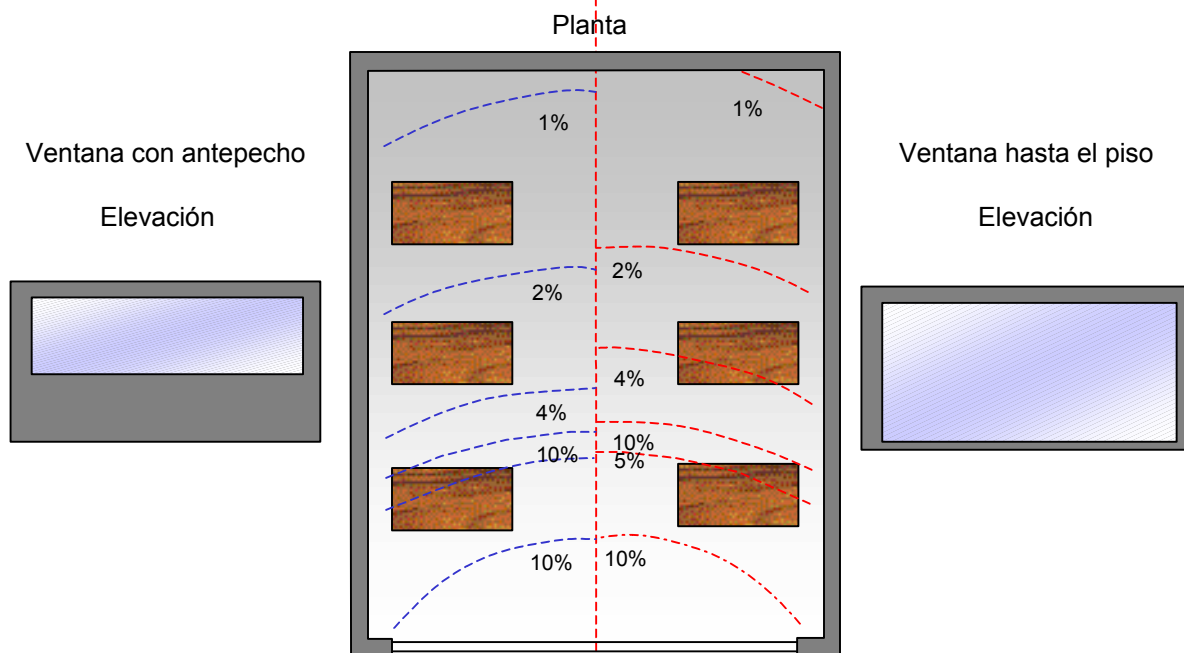
Factor luz-día sin reflexiones interior y exteriores.
Fuente "Daylighting", Hopkinson R.G. Petherbridge P.
Longmore L. Heineman, London 1996.

**DISEÑO ARQUITECTONICO: Aberturas****Distribución de Luz Natural**

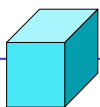
Ejemplos de una buena distribución del factor de luz – día en una sala de clases.

1% = 100 lux en Santiago.

Fuente: "Daylighting"; Hopkinson, Longmore L. Heineman, London 1966.

Tamaño de Ventanas

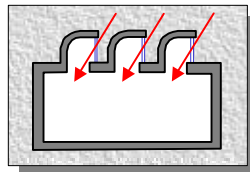
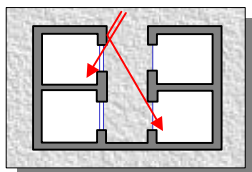
Distribución del factor Luz-Día en una sala de hospital. El 1% corresponde aproximadamente a 100 Lux en Santiago. Las curvas de la izquierda corresponden a ventanas con un antepecho de 90 cm. Las curvas de la derecha corresponden a ventanas sin antepecho. Nótese la poca diferencia entre unos y otros. Sin embargo, la superficie de ventanas es notoriamente distinta.



DISEÑO ARQUITECTONICO: Aberturas

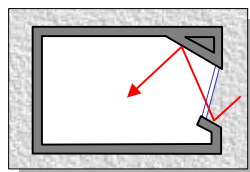
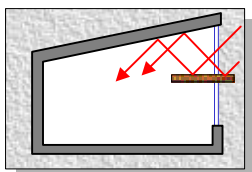
Control de Luz Natural

Patio de luz



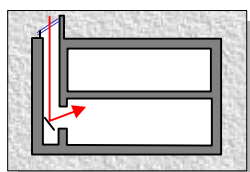
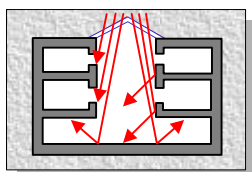
Captadores de luz de techo orientados

Consola de luz



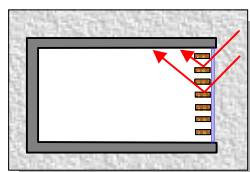
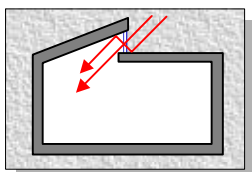
Reflectores exteriores

Atrio de luz



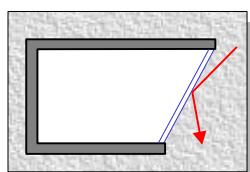
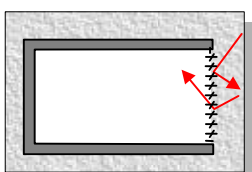
Ductos de luz

Lucarna o ventana vertical superior



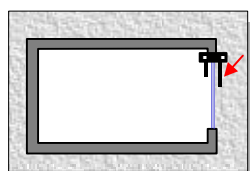
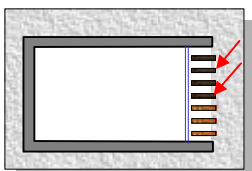
Celosías reflectantes interiores

Componentes Prismáticos



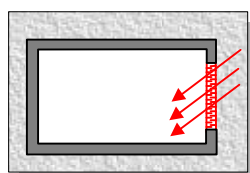
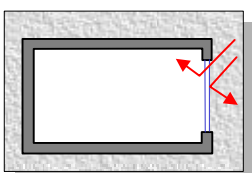
Vidrios oblicuos Reflectantes

Celosías exteriores



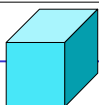
Persianas exteriores o interiores

Vidrios selectivos



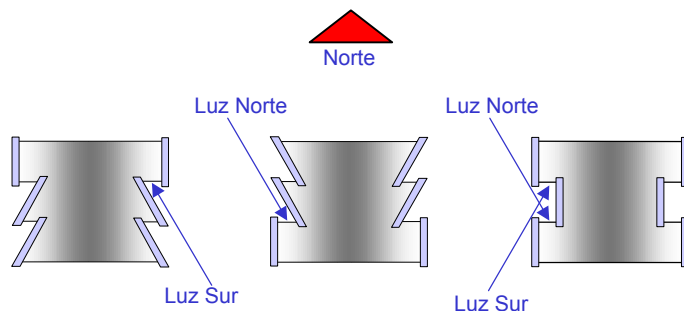
Aislación transparente

Ejemplos arquitectónicos para el aprovechamiento controlado de la luz natural

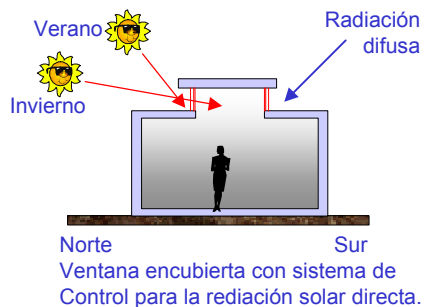
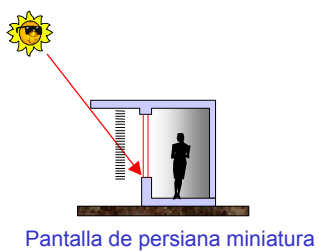
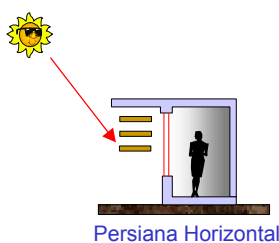
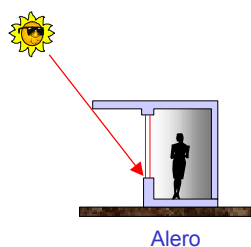


DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas

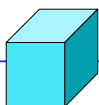
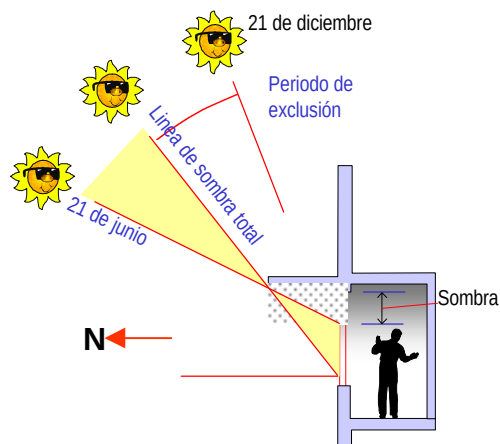
Protección Solar



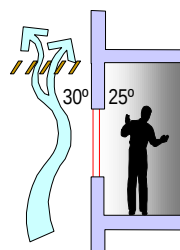
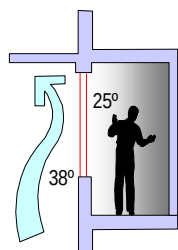
Ubicación de ventanas en fachadas Oriente y Poniente y que se orientan al Norte y/o al Sur.



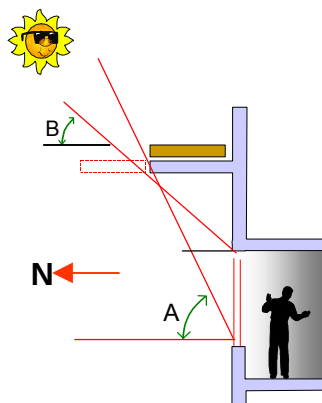
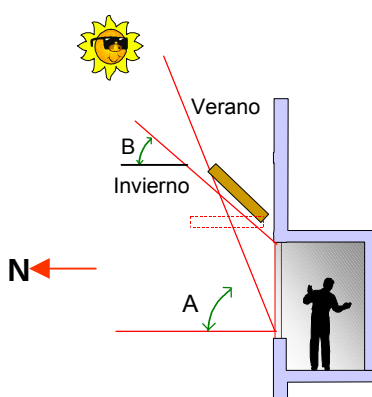
Formas de sombrear ventanas de orientación Norte

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas****Aleros para protección solar**

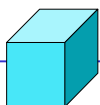
Sombra en una ventana de orientación Norte con alero dimensionado de acuerdo al criterio de la "Línea de sombra total" en período de exclusión.



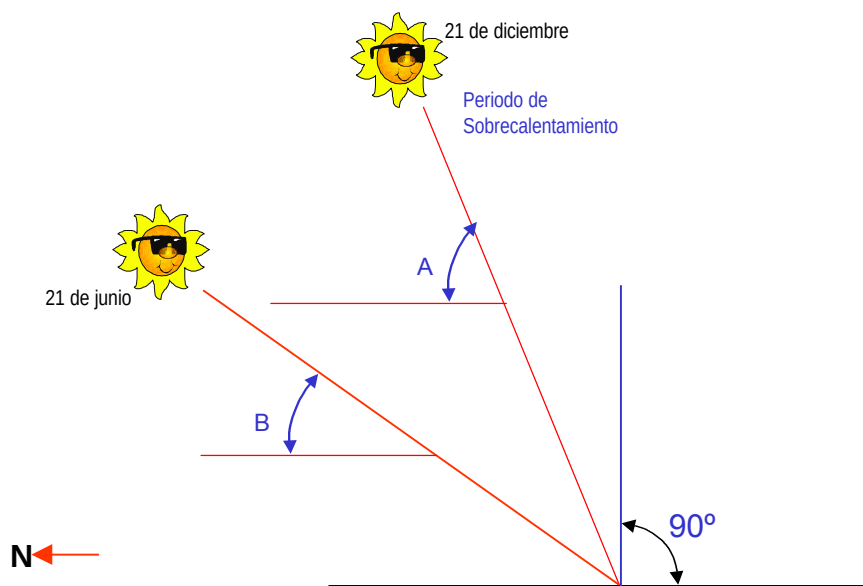
Es recomendable ventilar el espacio bajo un alero fijo para evitar la concentración de aire caliente.

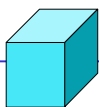


Aleros oblicuos o móviles: permiten la máxima exposición al sol en invierno.

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas****Angulos para diseño de aleros**

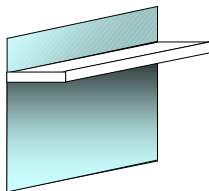
CIUDAD	LATITUD SUR	SOLSTICIO VER. Angulo A	SOLSTICIO INV. Angulo B
ARICA	18° 29′	95°	47°
ANTOFAGASTA	23° 06′	90°	42°
CALAMA	22° 30′	88°	39°
LA SERENA	30°	85°	37°
OVALLE	30° 30′	85°	36°
VALPARAISO	33° 01′	81°	28°
SANTIAGO	33° 30′	81°	33°
CONCEPCION	36° 45′	77°	30°
TEMUCO	38° 46′	77°	29°
PUNTA ARENAS	53° 00′	62°	13°



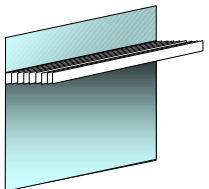


DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas

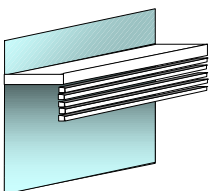
Ejemplos de Protecciones Solares Fijas



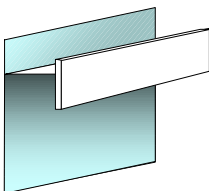
Alero Horizontal Sólido
Contribuye a iluminación si está a media altura. (1,80 m.)



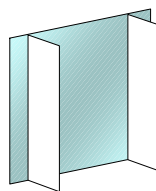
Alero de Celosía Horizontal
Permite convección de aire.



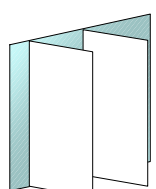
Alero de Celosía Vertical
Espacio para apertura/limpieza de ventanas.
Incide en visibilidad/privacidad.



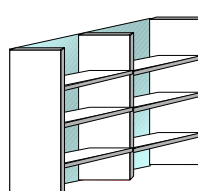
Alero Vertical Sólido
Simple construcción y
mantención.
Altura restringida.



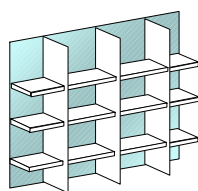
Aleta Vertical Normal
Protege radiación rasante



Aleta Vertical Inclínada
Permite obturación total,
según latitud y orientación

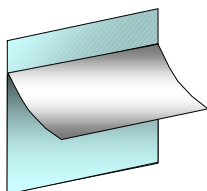


Caja de Huevos
Efectivo en diferentes
ángulos y horas.
Dificulta mantención.

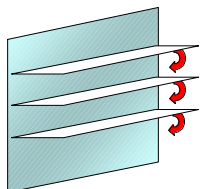


**Caja de Huevos con
aletas Inclínadas**

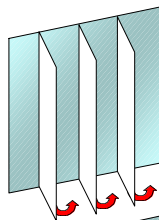
Ejemplos de Protecciones Solares Móviles



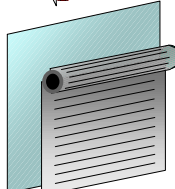
Toldo
Apto para ajuste horario.
Vulnerable al viento.



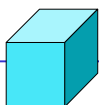
Celosía Horizontal Orientable
Apto para ajuste estacional.
Difícil mantención.



Celosía Vertical Orientable
Permite optimizar ángulo.
Difícil mantención.

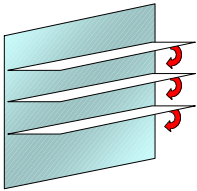
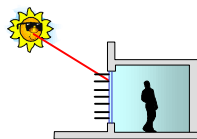
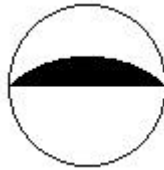
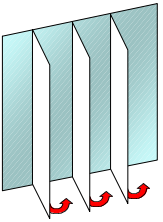
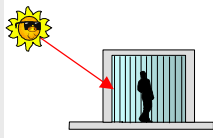
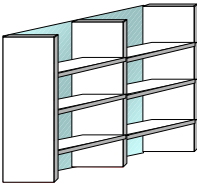
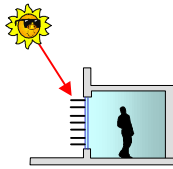
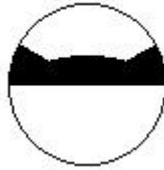
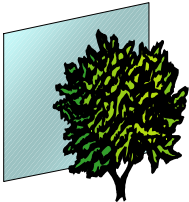
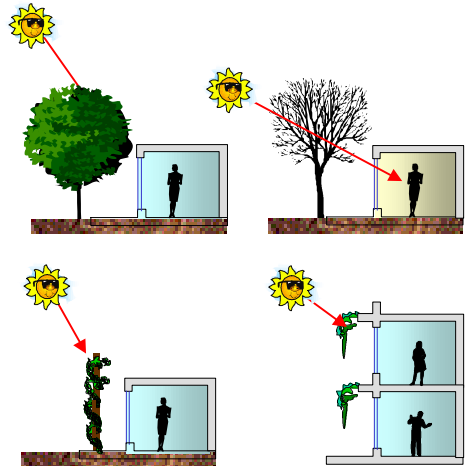
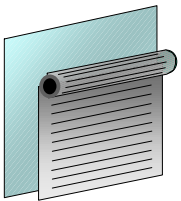
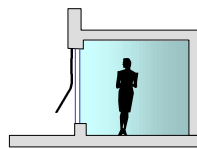


Persiana Enrollable Exterior
Operación por el usuario.
Apto para ventanas de techo.



DISEÑO ARQUITECTÓNICO: Aberturas

Tipos y Orientación de Protectores Solares

Elementos	Orientación	Diagrama de Sombra
	Celosía Horizontal, Fija o Giratoria	N-O-P  
	Celosía Vertical, Fija o Giratoria	O-P  
	Doble Celosía Panel Caja de Huevos	O-P  
	Vegetación Hoja caduca (árboles a nivel de suelo o enredaderas sobre estructuras artificiales)	O-P NO-NP Horizontal 
	Persiana Enrollable o plegable, exterior	O-P NO-NP Cubierta 

Diseño
Constructivo



AISLACION TERMICA

Transferencia de calor
Transmitancia
Muros y techumbres
Puentes térmicos

BALANCE TERMICO

Inercia térmica
Infiltraciones de aire

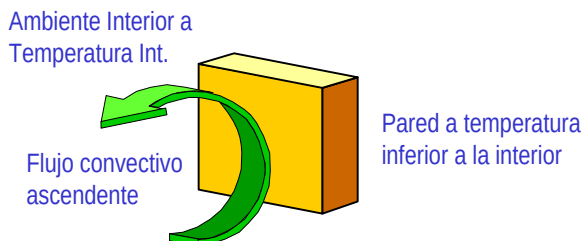
HUMEDAD

Drenajes
Condensación
Humedad exterior
Condensación
Generación de vapor

**DISEÑO CONSTRUCTIVO: Aislación Térmica****Transferencia de calor a través de una pared vertical**

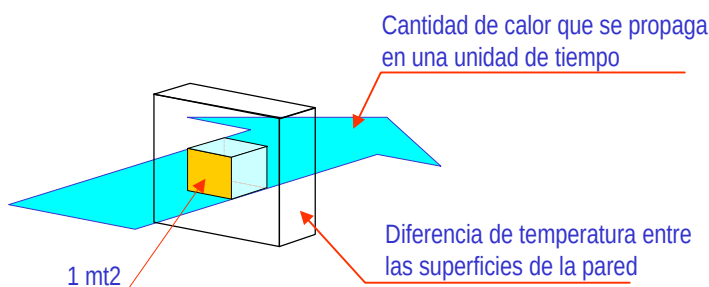
Si una pared opaca se ubica entre dos ambientes a diferentes temperaturas, se produce una transferencia de calor desde el recinto caliente hacia el más frío. Esta transmisión se produce a través diferentes fases que se indican a continuación:

A.- Desde el volumen interior (ambiente más caliente) hasta la cara interna de la pared



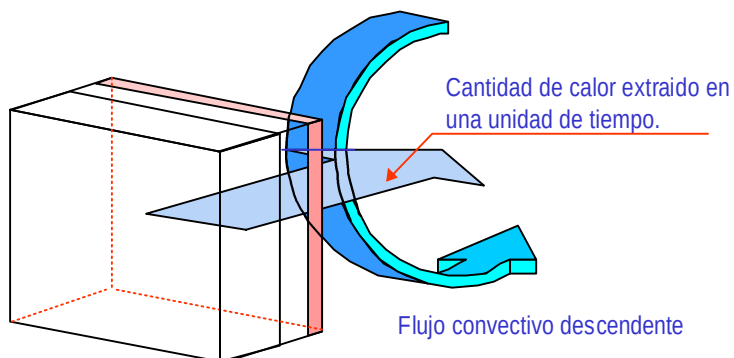
Convección hacia la superficie de la pared

B.- Desde la cara interior a la cara exterior de la pared.



Conducción térmica a través de la pared

C.- Desde la cara externa de la pared hasta el aire exterior (ambiente más frío).



Convección desde la superficie al ambiente exterior

**DISEÑO CONSTRUCTIVO: Aislación Térmica****Transmitancia térmica****Transmitancia térmica de elementos de la envolvente.**

Expresa la cantidad de calor que se transmite a través de un elemento, que puede estar compuesto por varias capas de distintos materiales, por unidad de tiempo y unidad de superficie cuando entre los ambientes que separa el elemento existe una diferencia de un grado Kelvin de temperatura.

Se le asigna la letra U y se expresa en $[W/m^2K]$. Para elementos compuestos por elementos de resistencia térmica diferente:

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_i}$$

Las resistencias térmicas deben considerar efectos como las capas límites en las superficies, cámaras de aire, convección u otras. Algunos valores típicos son:

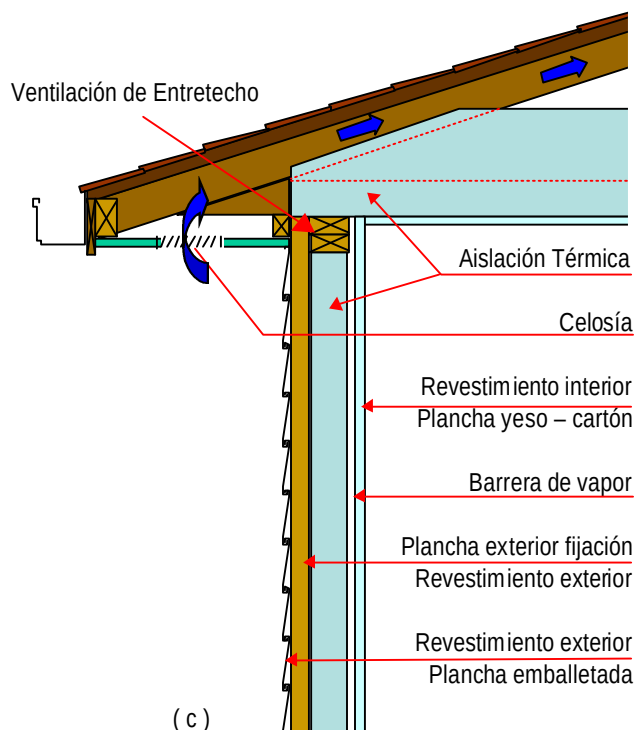
Descripción	Densidad kg/m ³	Transmitancia W/m ² K
Vidrio 4 mm, marco metálico	2500	5,8
Hormigón 200 mm	2200	5,4
Vidrio 4 mm, marco madera o PVC	2500	5,0
Albañilería ladrillo 200 mm	1700	4,6
Doble vidrio 5 mm, 12 mm aire, marco metálico	2500	3,1
Madera aglomerada 2 x 25 mm, c/100 mm aire	700	2,8
Doble vidrio 6 mm baja emisividad	2500	1,9
Fibra sintética baja densidad 25 mm	12	1,6
Fibra de vidrio 25 mm	25	1,4
Hormigón liviano 100 mm	1000	1,3
Poliuretano rígido 25 mm	35	1,0
Poliestireno expandido 50 mm	20	0,8
Lana mineral 50 mm	30	0,7
Poliestireno extruido 50 mm	30	0,6
Poliuretano rígido 50 mm	35	0,5
Poliestireno expandido 100 mm	20	0,4
Lana mineral 100 mm	30	0,35
Poliuretano rígido 100 mm	35	0,25



DISEÑO CONSTRUCTIVO: Aislación Térmica

Aislación de muros y techumbres

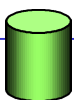
c: Continuidad de la aislación térmica entre el cielo y el muro panel.



El valor de la transmitancia térmica disminuye sensiblemente con el aumento de aislación térmica, sin embargo la instalación de ésta en techumbres y en todo tipo de soluciones constructivas es de vital importancia, pues defectos en su colocación que signifiquen una falta de homogeneidad o discontinuidades, simplemente pueden llegar a anular su efecto de resistir al paso del calor a través del elemento de la envolvente en que se ha instalado.

MATERIALIDAD DE LOS MUROS Y TABIQUES:

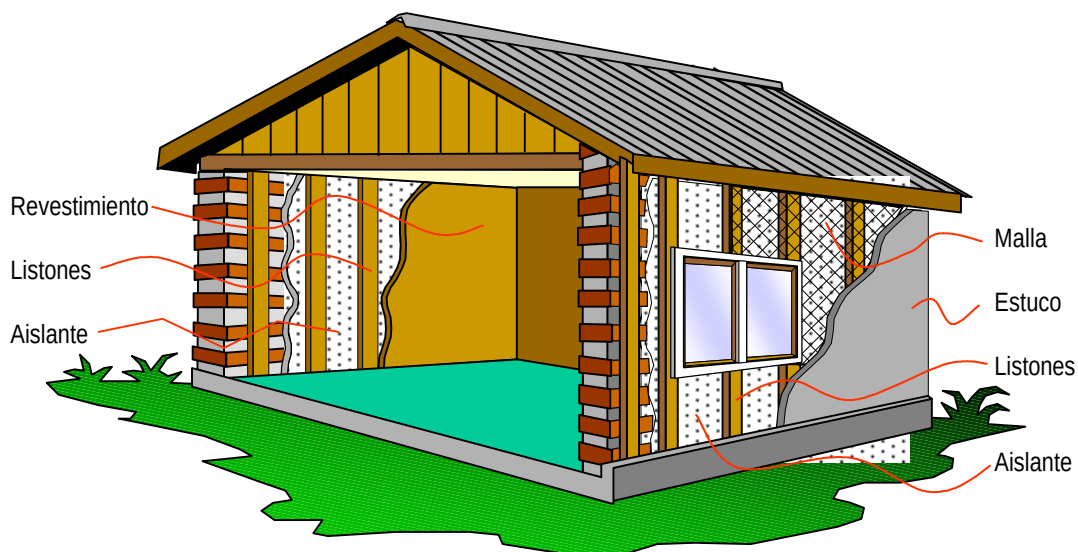
Los muros, techos y tabiques pueden ser de materiales livianos, pero deben ser aislados para no perder calor en invierno y no ganar calor en verano, en zonas de alta radiación. Se debe considerar ventilación de los entretechos en verano para evitar la acumulación de aire húmedo en zonas de clima húmedo y acumulación de calor en zonas cálidas.



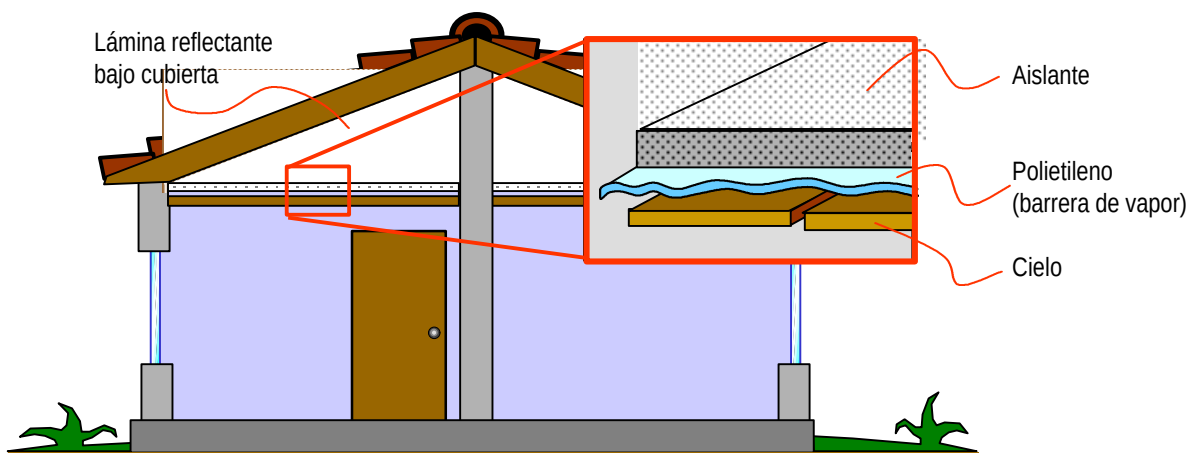
DISEÑO CONSTRUCTIVO: Aislación Térmica

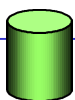
Aislación Térmica de Muros y Techos

La aislación térmica debe cubrir totalmente una de las caras de las superficies o estructuras a aislar. La aislación interior reduce la inercia térmica y el muro estructural se mantiene a la temperatura exterior, con posible riesgo de condensación. La aislación exterior aumenta la inercia térmica y mantiene los muros a la temperatura interior.



La aislación térmica de cubierta es preferible instalarla a nivel de cielo, dejando un entretecho. El efecto del entretecho es mayor si la cara inferior de la cubierta considera una lámina reflectante que reduce las ganancias o pérdidas por radiación.



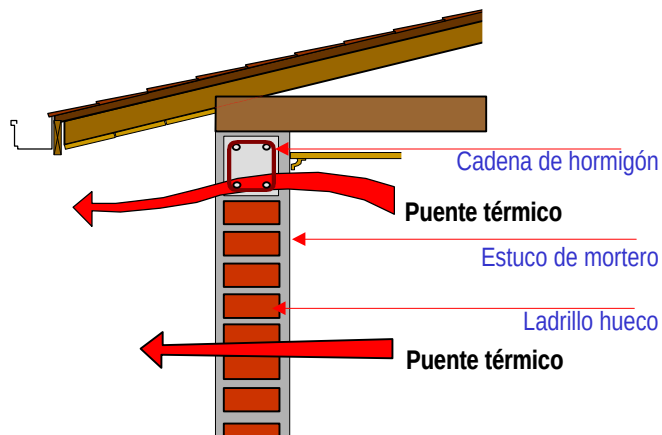


DISEÑO CONSTRUCTIVO: Aislación Térmica

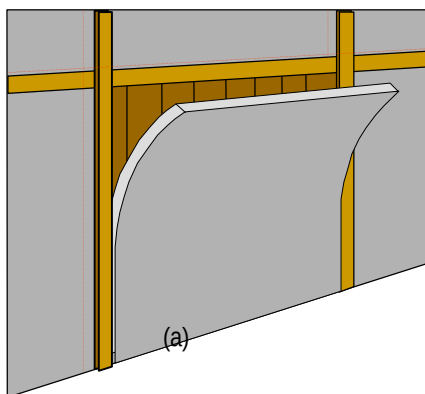
Puentes térmicos

Los puentes térmicos son zonas de elementos de la envolvente donde la aislación térmica es interrumpida. Su efecto en el comportamiento térmico de un edificio puede llegar a tener una incidencia considerable, anulando la efectividad de la aislación.

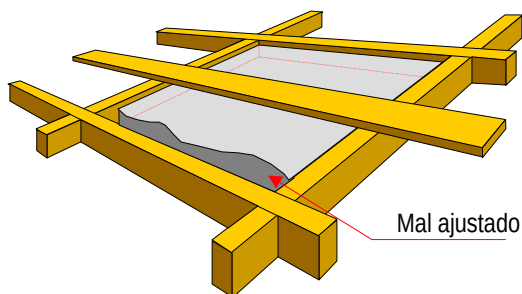
La Figura muestra un puente térmico, en cuya zona además se producen serios riesgos de condensación de vapor de agua presente en el aire ambiente del interior de los edificios. Este fenómeno de condensación se debe a que en el puente térmico se producen zonas frías que facilitan la condensación del vapor.



a: Aislación bien instalada.



b: Aislación mal instalada.



**DISEÑO CONSTRUCTIVO: Aislación Térmica****Pérdidas y Ganancias por techos y cielos**

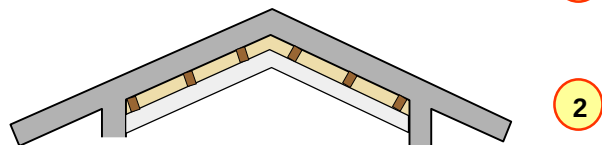
La techumbre es una de las principales superficies de transferencia de calor, especialmente en edificios de baja altura.

Soluciones posibles:

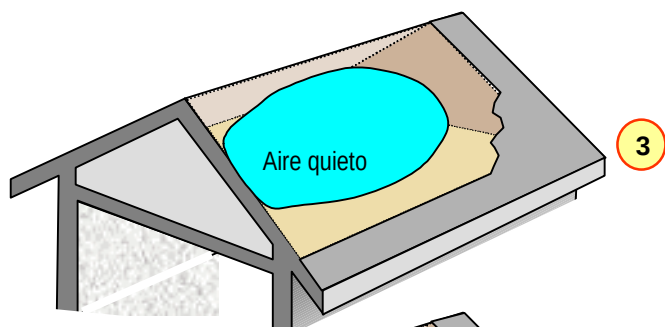
1 Instalar cielo horizontal con aislación



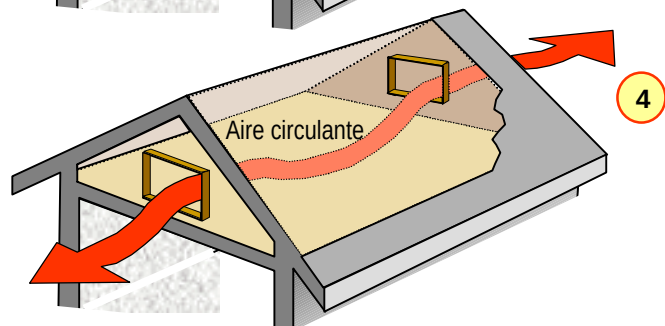
2 Instalar aislación con la inclinación del techo formando cámara de aire



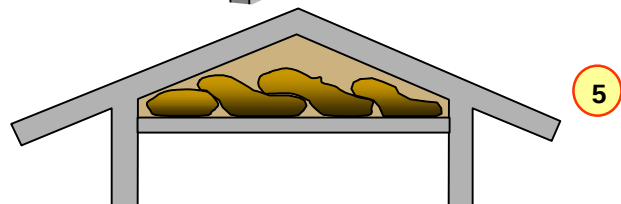
3 Crear volumen de aire quieto en el entretecho hermetizando la cubierta y el perímetro (favorable en clima frío)



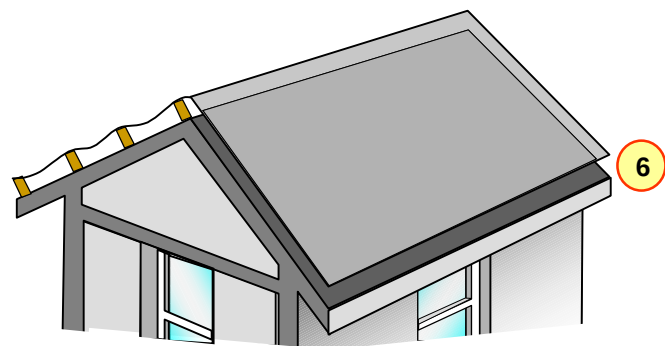
4 Crear circulación de aire en entretecho (favorable en clima cálido)



5 Instalar material aislante sobre el cielo. Requiere sellar bien los encuentros cielo-muro.



6 Instalar sobretecho que proporcione sombra.





DISEÑO CONSTRUCTIVO: Inercia Térmica

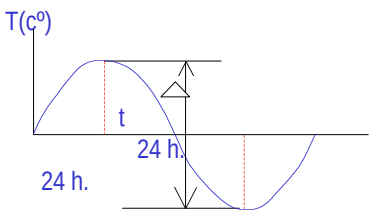
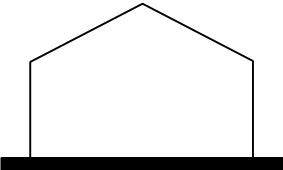
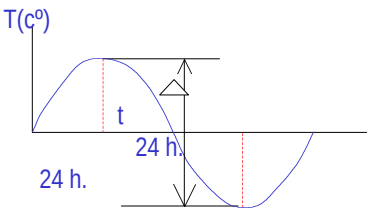
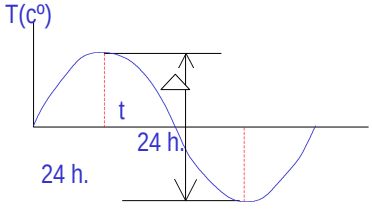
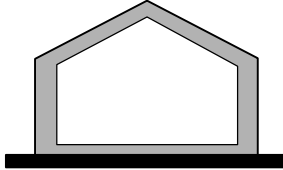
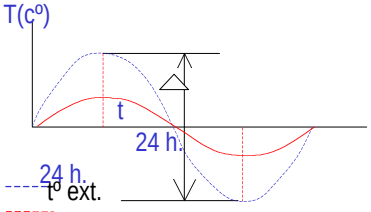
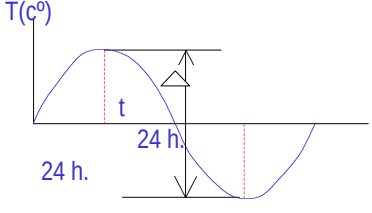
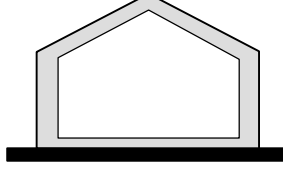
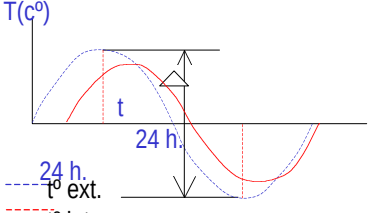
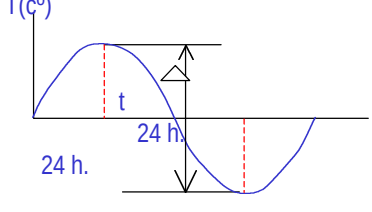
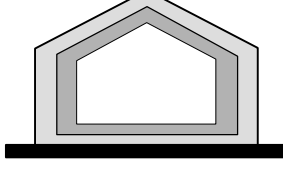
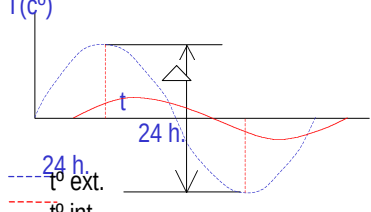
Efectos de la Inercia térmica

La inercia térmica de un edificio puede significar efectos positivos para las condiciones de confort tanto en periodos fríos como calurosos. En lugares con alta oscilación térmica entre día y noche, la energía disponible de día puede ser acumulada, para luego ser devuelta al ambiente en horas posteriores de la puesta del sol. Los efectos de la inercia térmica sobre la oscilación de temperaturas son 2:

- reducción de la amplitud de oscilación térmica
- retardo en la oscilación térmica

En la figura se muestra como se comporta un edificio frente al efecto de la inercia térmica en la medida que contenga mayor o menor masa y de acuerdo a la ubicación de la aislación térmica.

Comportamiento Térmico de la Envolvente Opaca Sin Calefacción

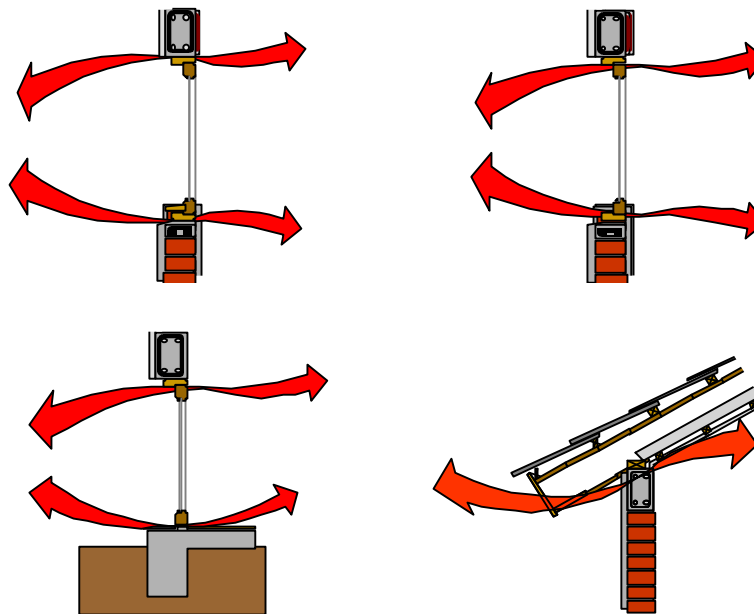
Variación t° Exterior	Tipo de Envolvente	Variación t° Interior sin calefacción
 Exterior	 Envolvente ligera no aislada	 Interior
 Exterior	 Envolvente ligera aislada	 Interior
 Exterior	 Envolvente pesada no aislada	 Interior
 Exterior	 Envolvente pesada aislación exterior	 Interior



DISEÑO CONSTRUCTIVO: Infiltraciones

Pérdidas por infiltración de aire

La ventilación en un edificio puede ser natural, es decir, que responda a circulaciones de aire a través de aberturas del edificio debido al efecto del viento o las diferencias de temperatura naturales existentes en el ambiente.



La condición óptima es que las puertas y ventanas sean muy poco permeables al paso de aire mientras estén cerradas y poder controlar la ventilación de manera mecánica o a través de métodos pasivos que impliquen la apertura de ventanas a ciertas horas del día.

En todo caso, deben cumplirse las condiciones dadas por el D.S. 594 del Ministerio de Salud: **REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BASICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

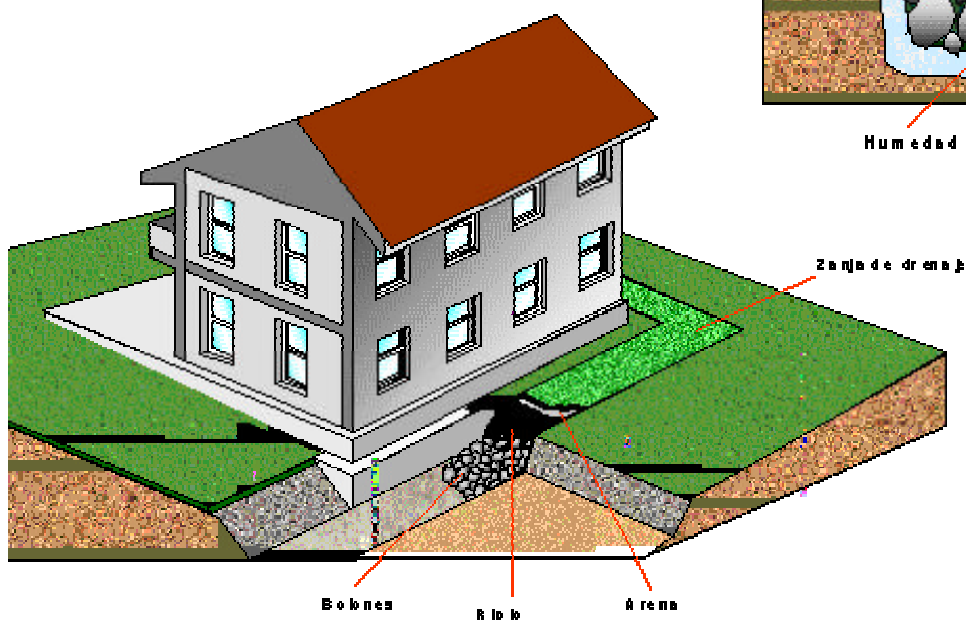
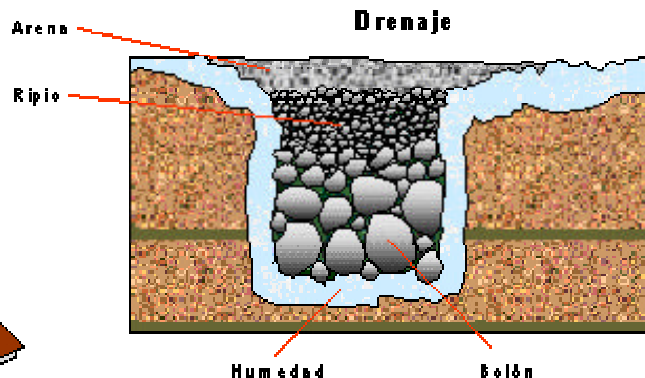
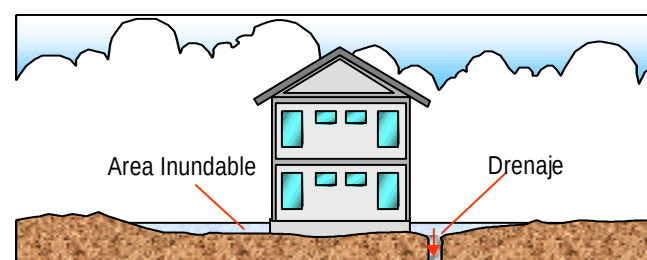
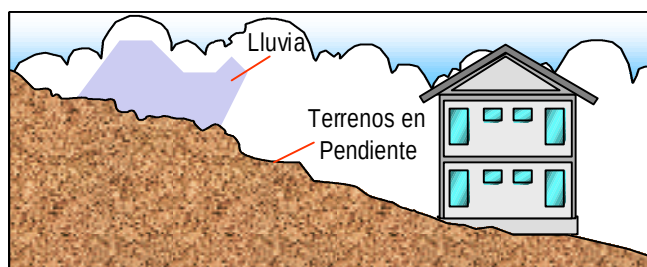
Artículo 34°: Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador ... deberá recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona ...

Artículo 35°: Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo.



DISEÑO CONSTRUCTIVO: Humedad

Drenajes

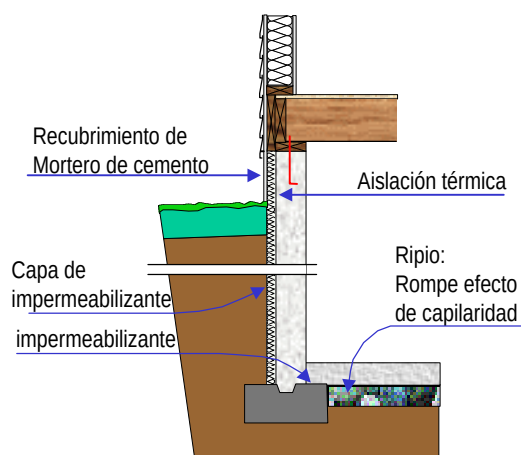
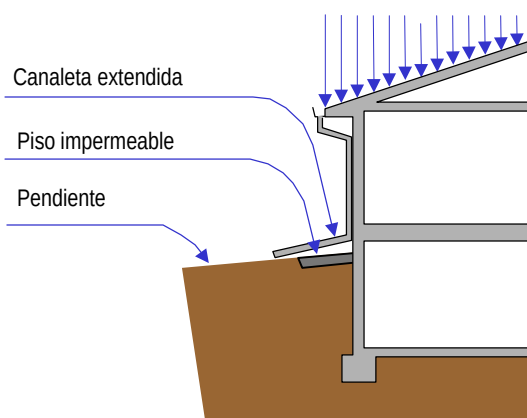




DISEÑO CONSTRUCTIVO: Humedad

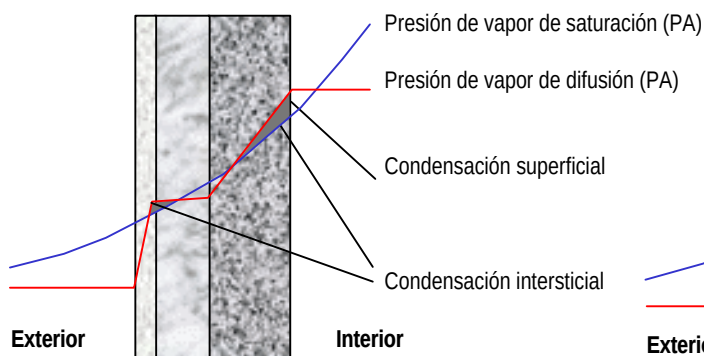
Humedad del Exterior

En lo posible, debe evitarse la saturación del suelo por aguas lluvias mediante bajadas adecuadas e impermeabilización perimetral con pendiente. Aún así, bajo el nivel de suelo debe haber: impermeabilización, aislación térmica y barrera contra capilaridad.

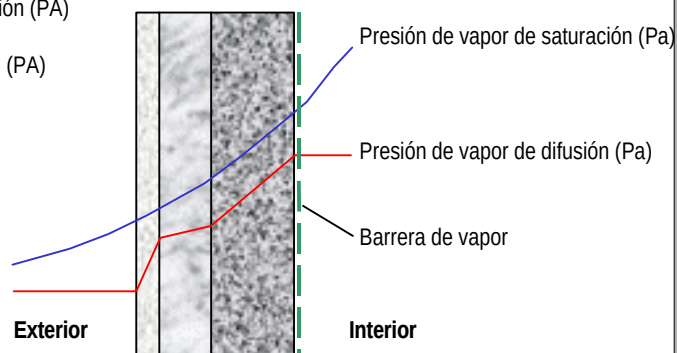


Condensación de vapor

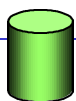
En el interior la presión de vapor es superior y difunde a través de las paredes. Cuando la temperatura disminuye hacia el exterior, también lo hace la presión de vapor de saturación, por lo que puede producirse condensación en el interior de la pared, lo que se evita disminuyendo la presión de vapor mediante una barrera interior..



Existe condensación superficial e intersticial.



No existe condensación superficial ni intersticial

**DISEÑO CONSTRUCTIVO: Humedad****Condensación interior: Causas Principales**

CAUSA	SINTOMAS	REMEDIO
CALEFACCION INSUFICIENTE: El aire se enfría bajo el punto de saturación de vapor.	Condensación generalizada	Utilizar calefacción sin usar estufas de llama abierta (sin evacuación de gases). Las estufas de llama abierta generan más humedad.
COMBUSTION Produce una cantidad de vapor igual al combustible que queman, creando condensación en ventanas y techo.	Condensación generalizada en la habitación donde está instalado el quemador.	Sustituir calefactor de llama abierta, por otra forma de combustión a llama indirecta o bomba de calor.
PAREDES Y TECHOS SIN AISLAMIENTO El aire húmedo se condensa en las paredes y techos exteriores fríos.	Humedad y mohos extendidos. En la zona de las viguetas del techo relativamente caliente, el moho crece con más dificultad. En las esquinas se condensa con más facilidad.	Instalar aislamiento en paredes y entretecho.
PUENTE TERMICO Aún cuando la pared esté aislada dentro de una cavidad, puede formarse un puente térmico en la zona de contacto con la estructura.	Manchas de humedad y/o moho alrededor de los elementos estructurales.	Asegurar la continuidad de los aislantes alrededor de los elementos estructurales. Evitar estructuras o marcos metálicos en contacto con el exterior.
TUBERIAS SIN REVESTIMIETO Las tuberías frías producen condensación. A menudo esta se confunde con una gotera.	Línea de humedad en el techo o en la pared siguiendo la tubería. Mancha aislada en el techo, donde el agua gotea. Restos de humedad debajo de la tubería.	Aislar tubería con revestimiento de fibras minerales o tubos de espuma aislante.
VENTANAS FRÍAS El cristal muestra síntomas de condensación antes que ningún otro material, por tener alta transmitancia.	Cristales empañados o charcos de agua en la parte inferior de los mismos.	Poner doubles vidriado. Instalar entre el interior y el exterior cristales de silicagel. Evitar generación de vapor.
MATERIALES NUEVOS Los ladrillos, el mortero, y especialmente el enlucido nuevo, exudan humedad.	Condensación general en paredes, techo y suelos macizos.	Esperar a que los materiales nuevos se sequen y decidir si es necesario aplicar un tratamiento o simplemente decorarlos.



DISEÑO CONSTRUCTIVO: Humedad

Generación de vapor

VAPOR DE AGUA GENERADO POR COMBUSTIÓN

COMBUSTIBLE	VAPOR DE AGUA (H ₂ O)
Gas Licuado 1 kg.	1,6 lt.
Parafina 1 lt.	1,2 lt.

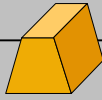
Fuente: Rodríguez, G. (a)

MASA DE VAPOR DE AGUA PRODUCIDA POR USO LOCAL

Producción de Vapor por las personas según su actividad	Vapor de Agua producido por persona según temperatura (g/hr)		
ACTIVIDAD	15° C	20° C	25° C
Reposo	36	45	66
Trabajo Ligero	72	110	175
Trabajo Normal	120	170	205
Trabajo muy Pesado	215	300	350

Producción de Vapor por Persona Según Uso Local	Producción de Vapor (Kg/día)
Baño	0,15
Cocción de Alimentos	0,5 – 1,0
Lavado de Ropa	0,1
Secado de Ropa	0,7

Fuente: Rodríguez, G. (a)



Diseño Sistemas Artificiales

VENTILACION

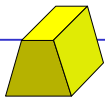
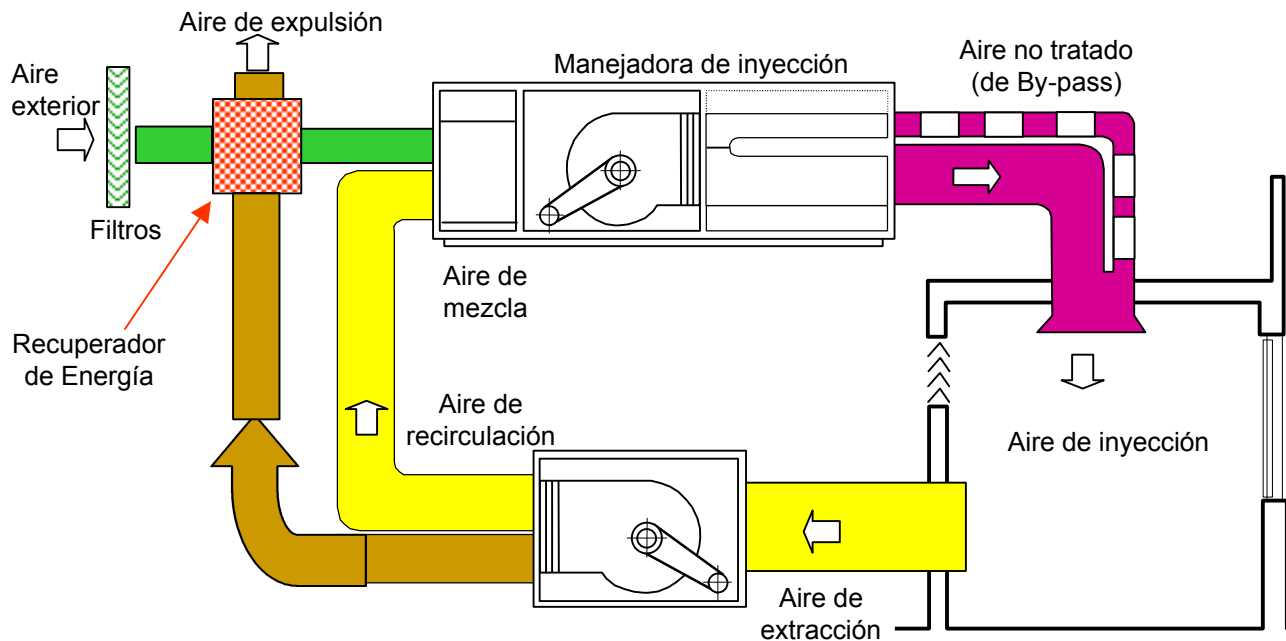
Manejo de aire
Recuperador de Energía

CLIMATIZACION

Acondicionadores
autónomos
Sistemas de climatización
Sistemas centralizados
Calderas
Energía Solar

ILUMINACION

Zonificación
Deslumbramiento
Distribución
Control

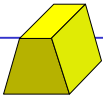
**SISTEMAS ARTIFICIALES: Ventilación****Manejo y renovación de aire**

Extractos del D.S. N° 594 de 1999 del Min. de Salud:

**REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES
BASICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Artículo 34°: Los locales de trabajo se diseñarán de forma que cada trabajador deberá recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona.

Artículo 35°: Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientemente distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de un metro por segundo.



SISTEMAS ARTIFICIALES: Ventilación

Recuperador de Energía

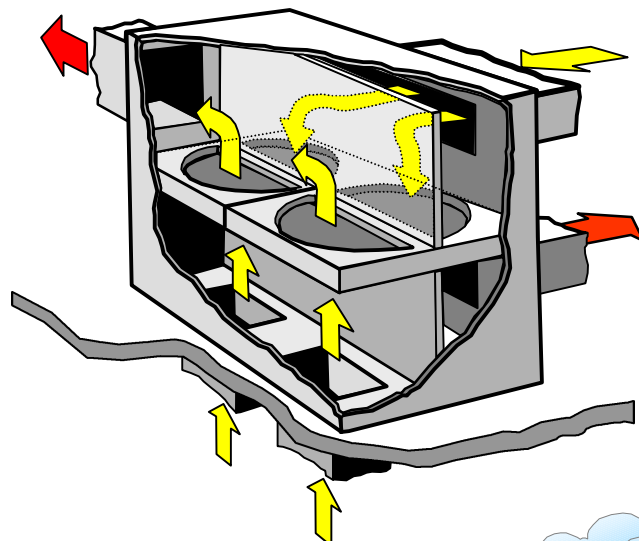
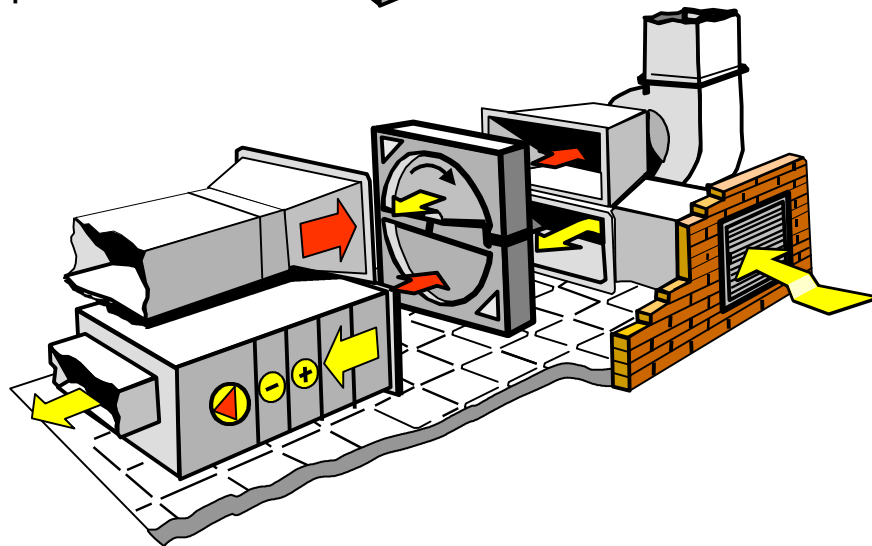
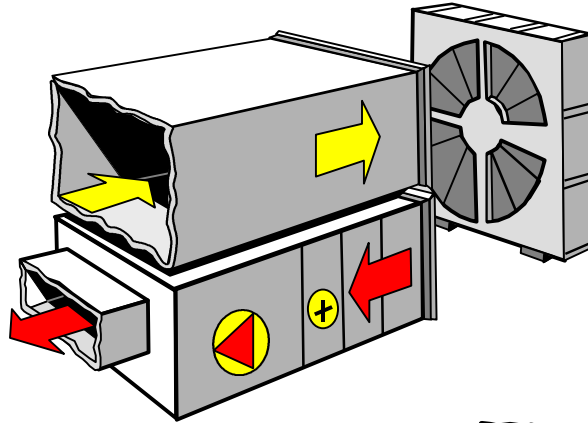
Existe una gran diversidad de sistemas de transferencia térmica destinado a recuperar energía residual.

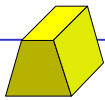
Tipos:

- De calor sensible
- De calor total

Sistemas recuperadores para instalaciones todo aire:

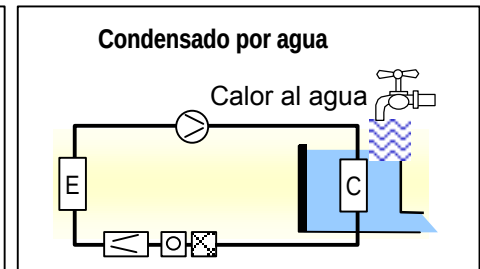
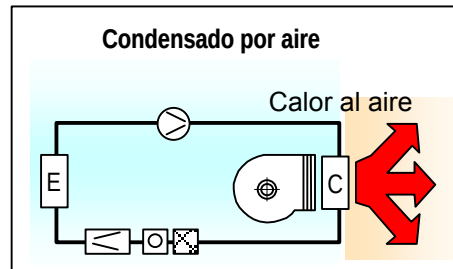
- Rotativo
- Estático
- Con fluido frigorígeno
- De baterías
- Por bombas de calor



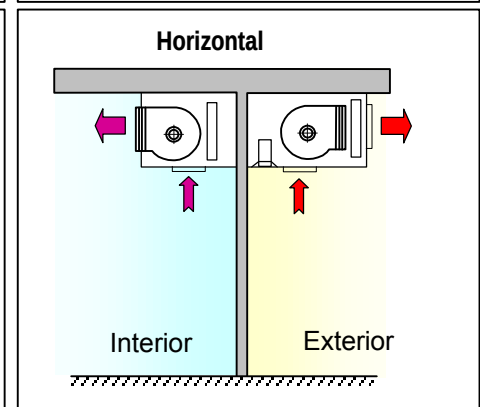
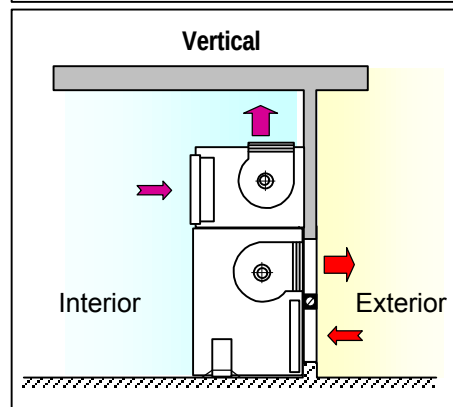
**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Acondicionadores de Aire Autónomos**

Los aparatos autónomos acondicionadores de aire se clasifican de diversas formas:

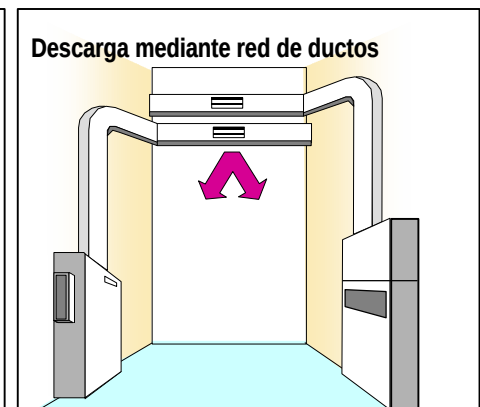
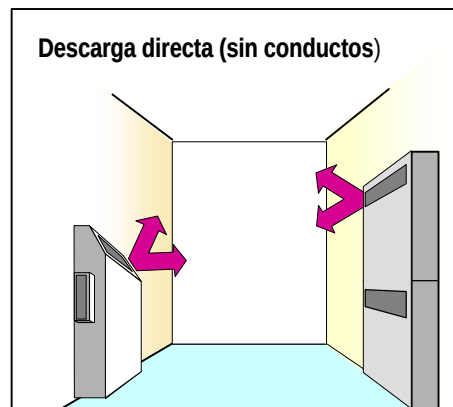
Por el Sistema de Condensación
(del fluido frigorígeno)



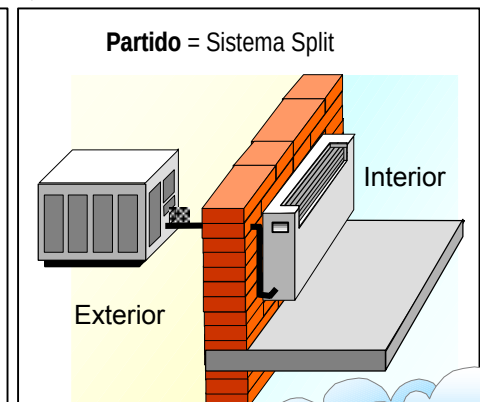
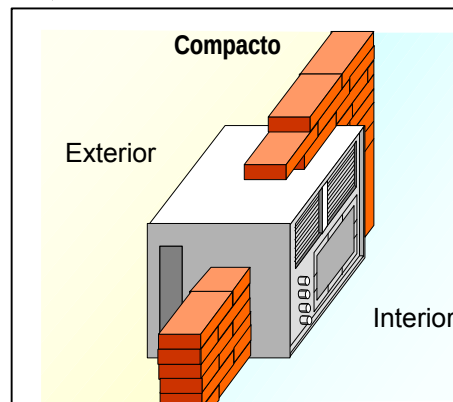
Por su disposición

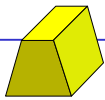
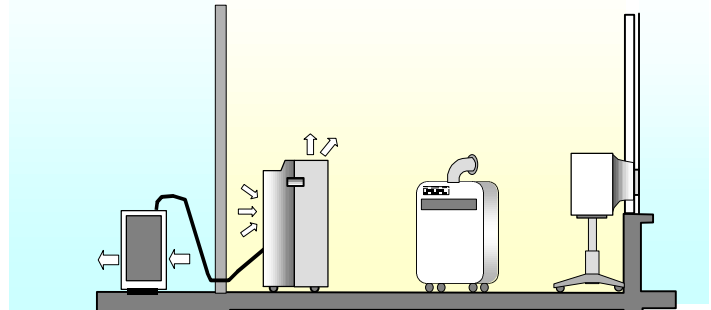


Por la forma de Descarga del aire

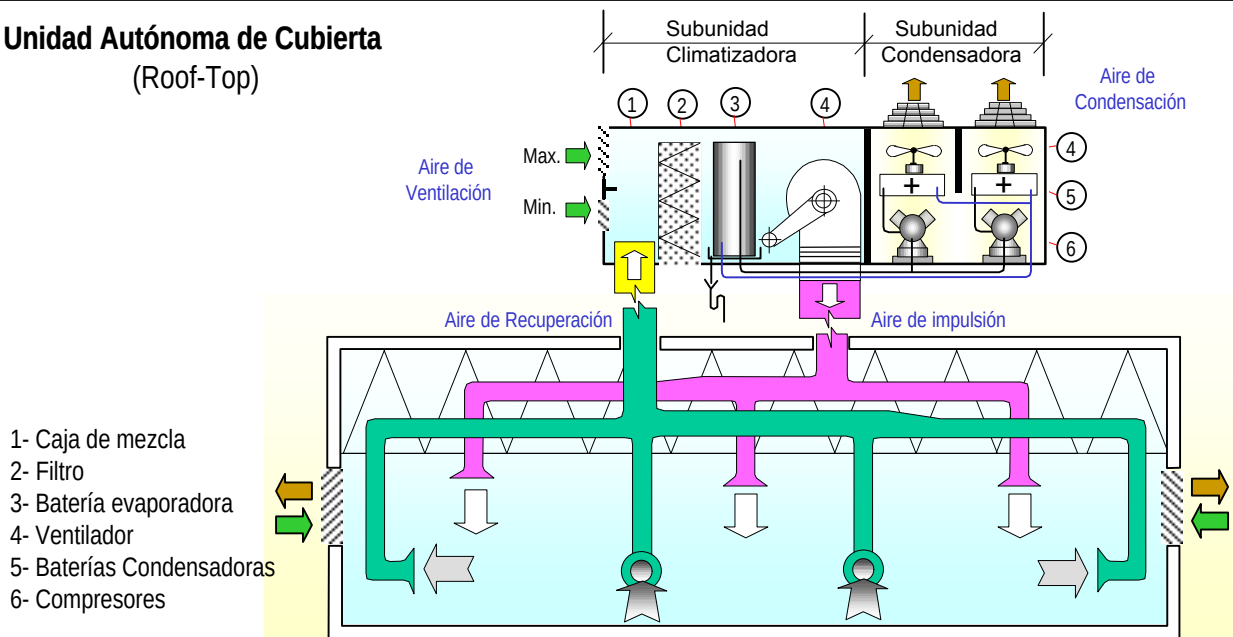


Por su construcción

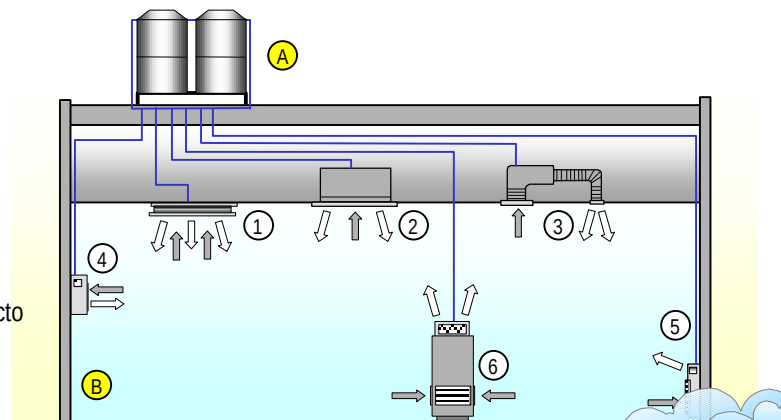


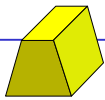
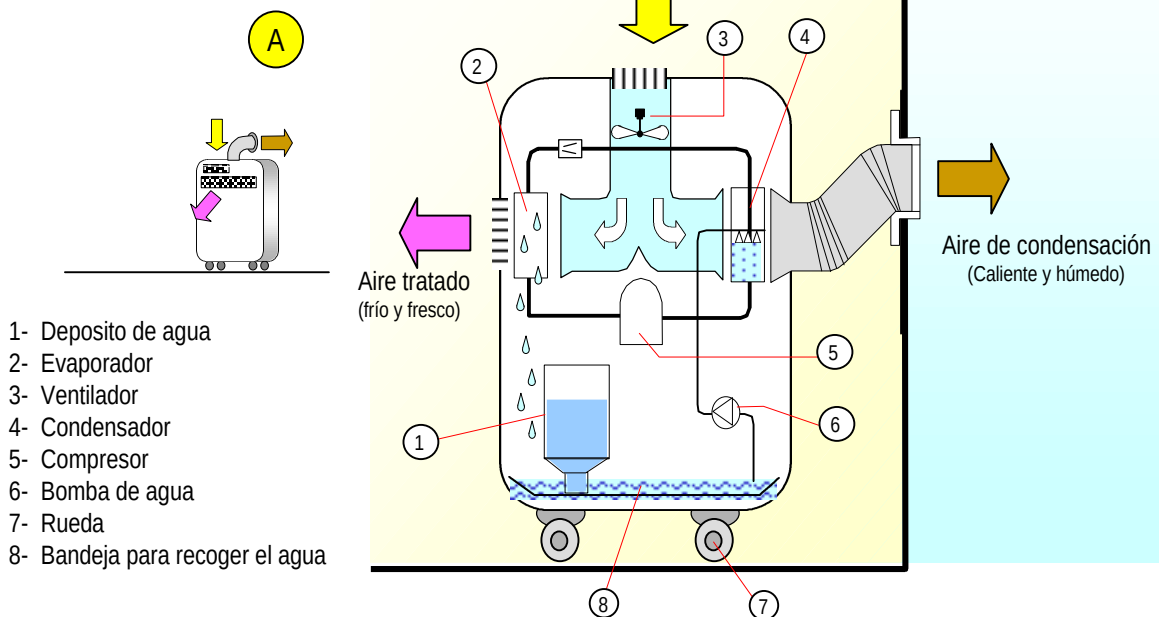
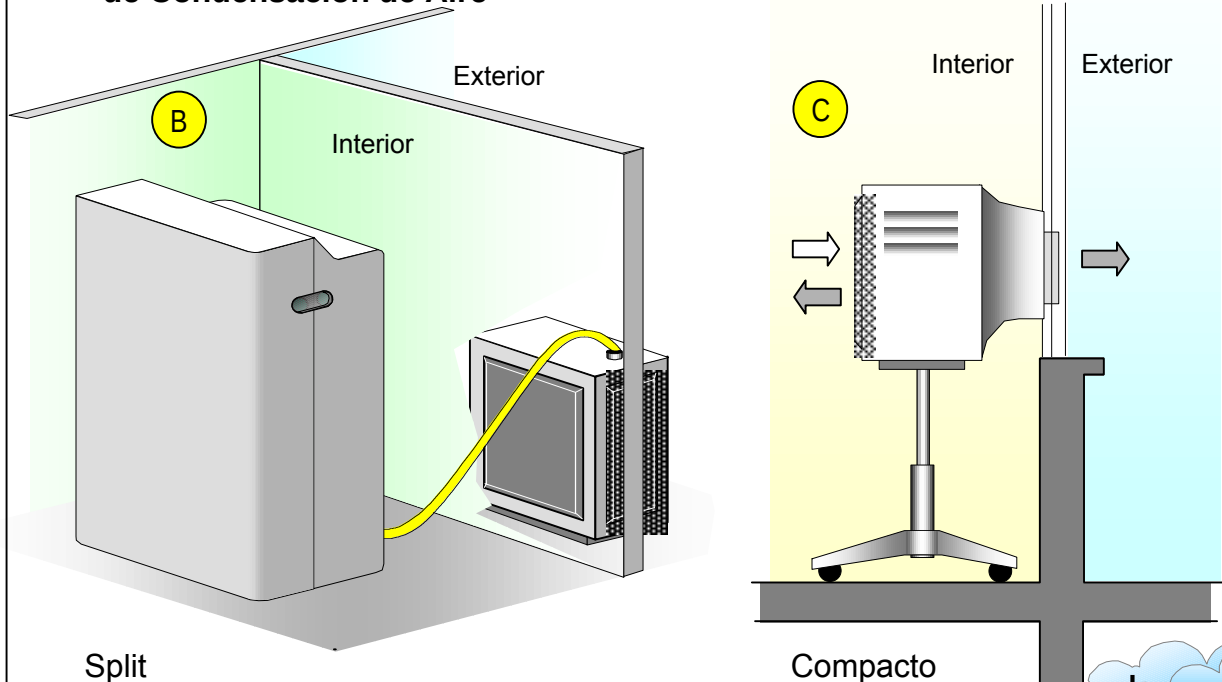
**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Aparatos y Sistemas de climatización****Aparatos Autónomos Portátiles**

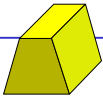
Tipos: Partido (split) Evaporativo Compacto

**Unidad Autónoma de Cubierta
(Roof-Top)****Equipo Múltiple (Multi-split)**

- A.- UNIDAD EXTERIOR
B.- UNIDADES INTERIORES
- 1- De techo (en superficie)
 - 2- De techo (empotrada e impulsión directa) (también llamada tipo cassette)
 - 3- De techo empotrada e impulsión por conducto
 - 4- Mural (de pared)
 - 5- Consola (de piso)
 - 6- Armario (de piso)



**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Aparatos Autónomos****Aparato Autónomo Portátil
De Condensación Evaporativa****Aparatos Autónomos Portátiles
de Condensación de Aire**

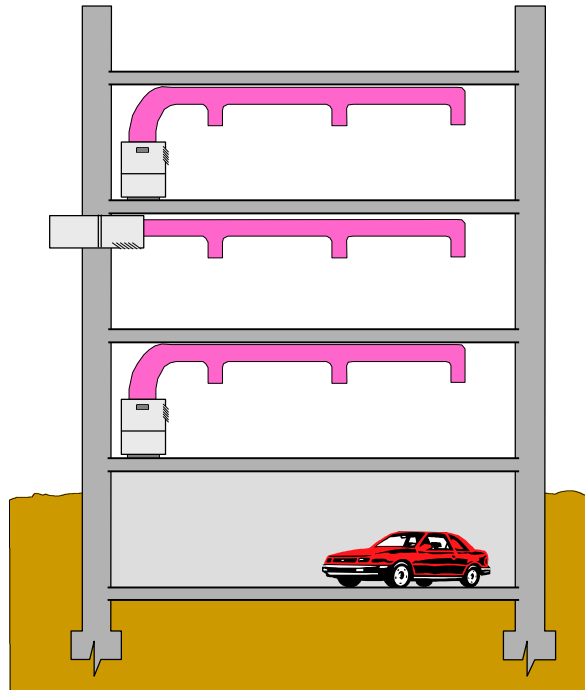


SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización

Sistemas de Climatización

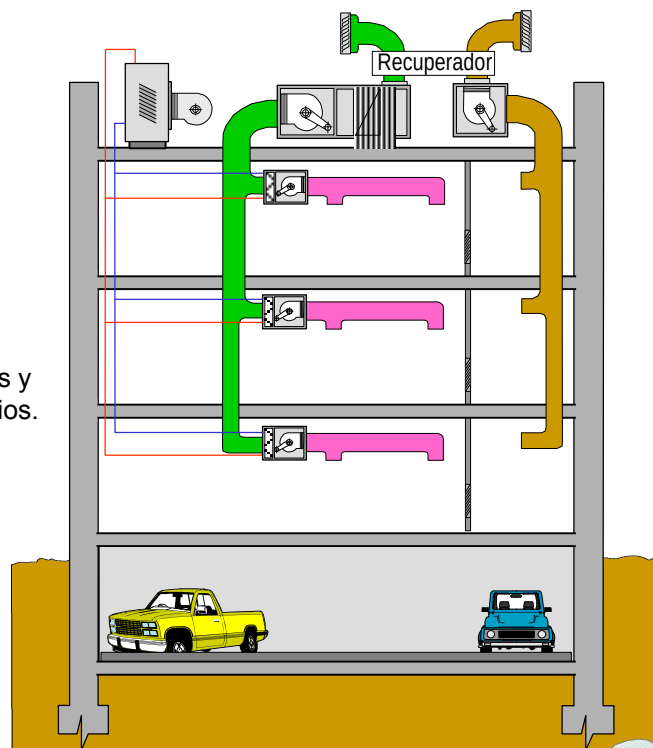
Instalación Individual:

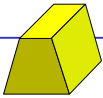
Instalación no unitaria en que la producción de frío o calor es independiente para cada usuario



Instalación Semicentralizada:

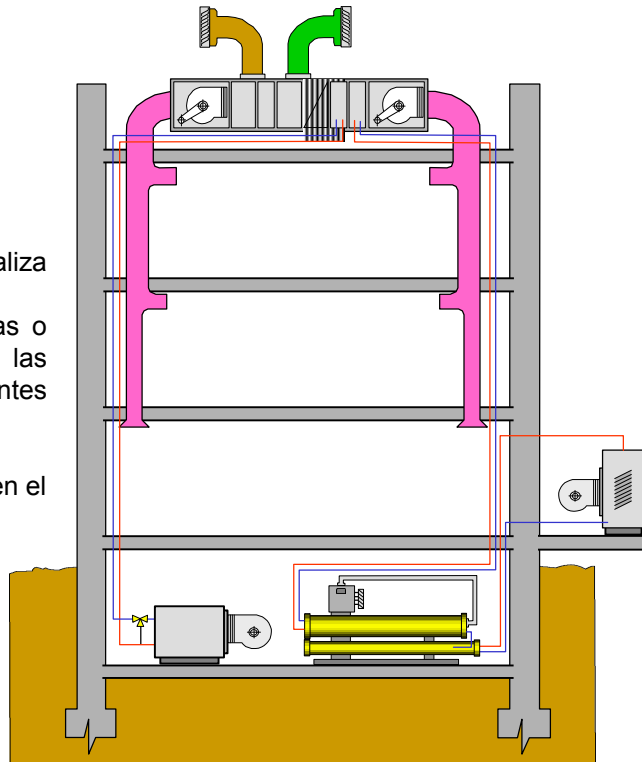
Consta de elementos centralizados y de elementos individuales o unitarios.



**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Sistemas de Climatización****Instalación Centralizada:**

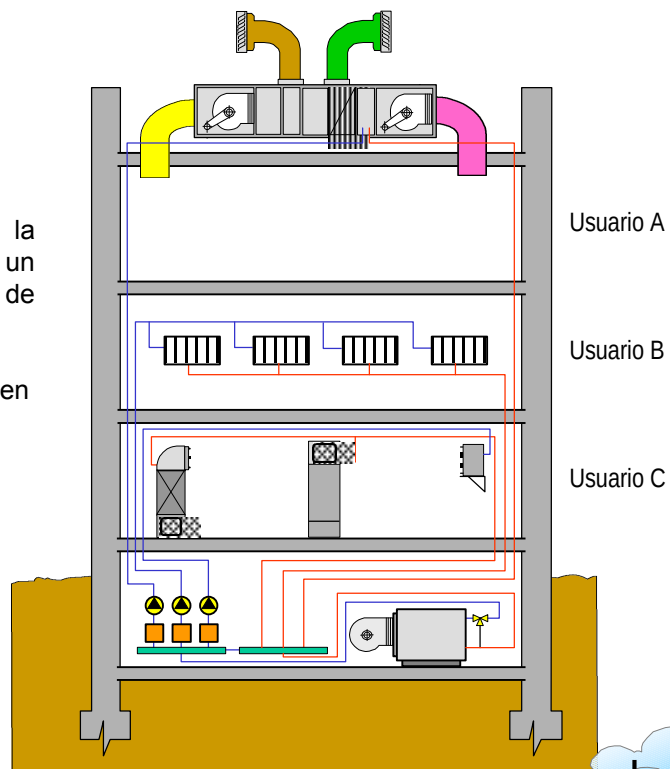
La producción de calor o frío se realiza centralmente, distribuyéndose a diversos subsistemas o equipos terminales que actúan sobre las condiciones ambientales de las diferentes zonas o locales.

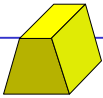
Se requiere espacio en el subterráneo en el techo y ductos.

**Instalación Colectiva:**

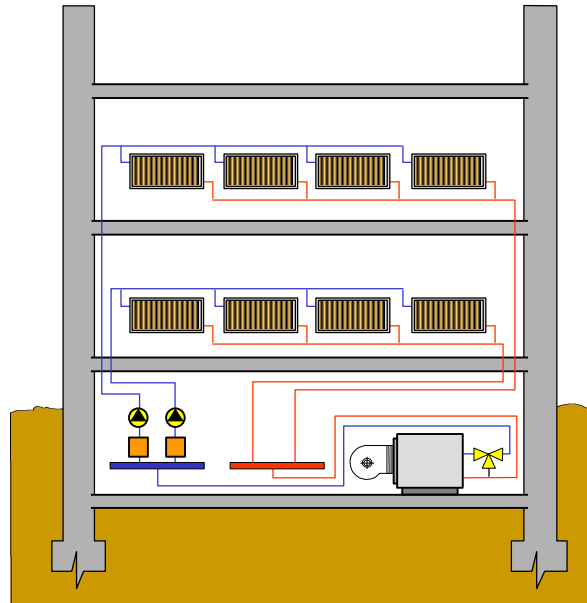
Instalación centralizada en que la producción de frío y de calor sirve a un conjunto de usuarios distintos dentro de un mismo edificio.

Se requiere espacio en el subterráneo en el techo y ductos.

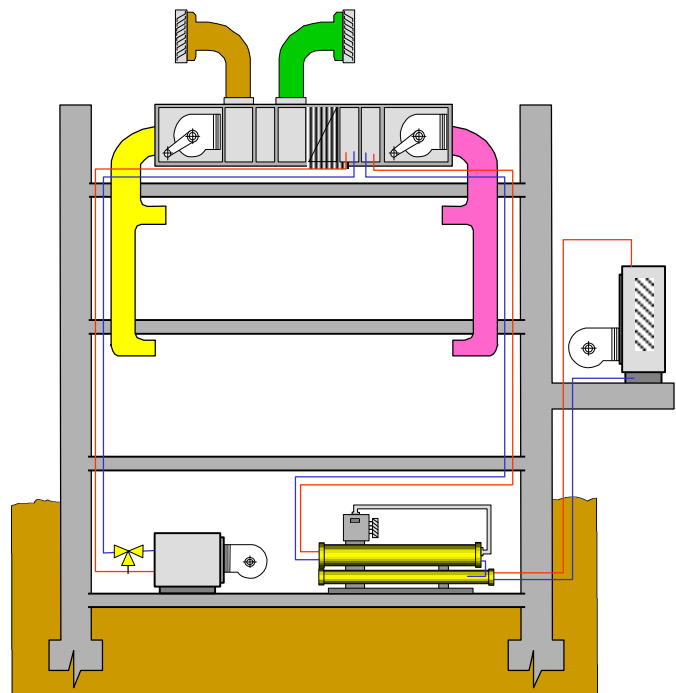


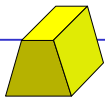
**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Sistemas Centralizados****Sistema Todo-Agua:**

La distribución de la energía térmica a los diversos locales se realiza exclusivamente mediante agua.

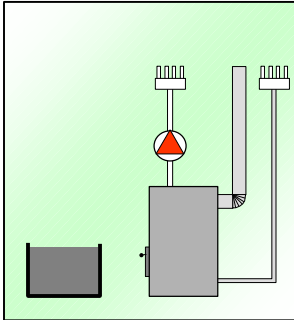
**Sistema Todo-Aire:**

La distribución de la energía térmica a los diversos locales se realiza exclusivamente mediante aire tratado. La distribución podría hacerse con circuitos en alta, media o baja presión.

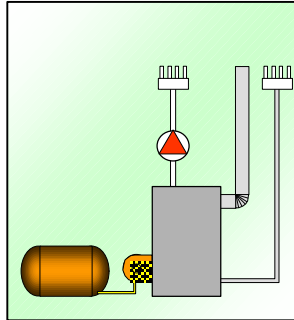


**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Clasificación de Calderas****Según Combustible o Fuente Primaria de Energía que Utilizan**

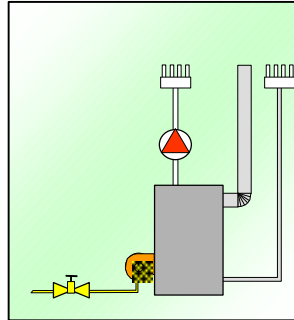
Con combustible sólido



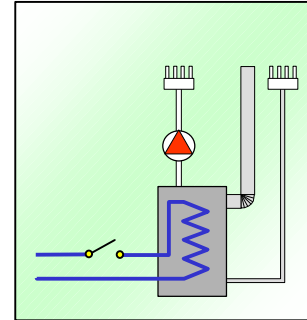
Con combustible líquido



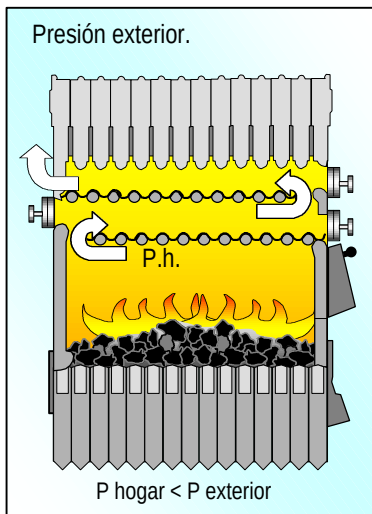
Con combustible gaseoso



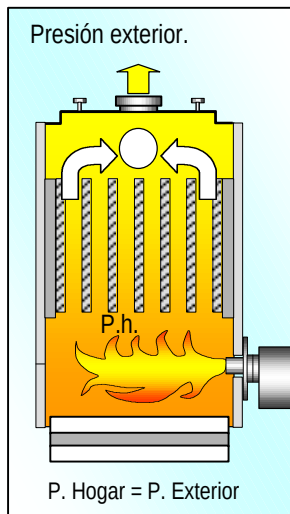
Electricidad

**Según la Presión del Hogar (Para Calderas que Utilizan Combustible)**

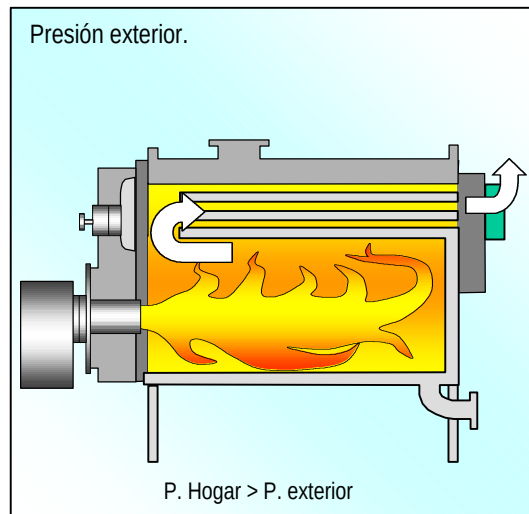
Hogar en presión negativa



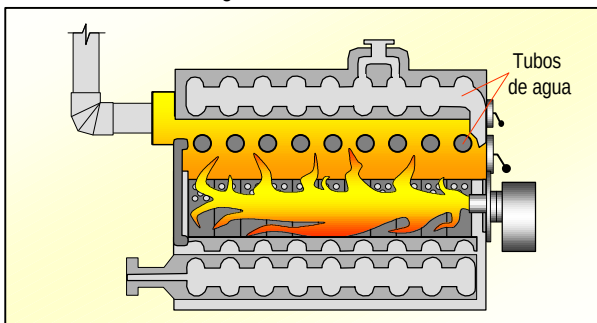
Hogar a presión atmosférica



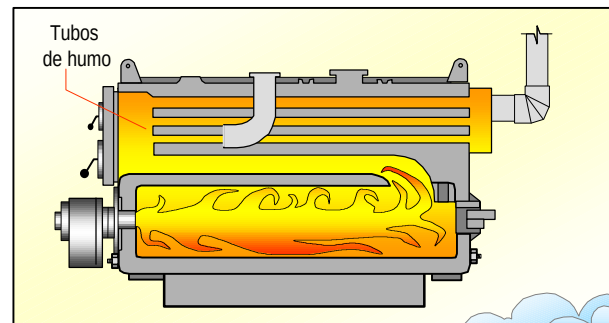
Hogar en sobrepresión

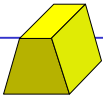
**Según su Constitución o modo de ser calentado el Fluido**

Caldera de tubos de agua

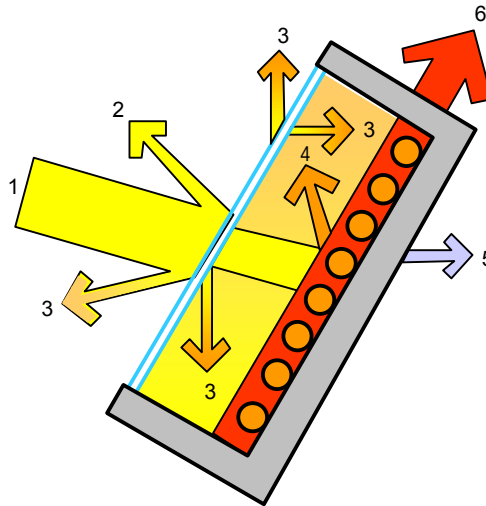


Caldera de tubos de humos

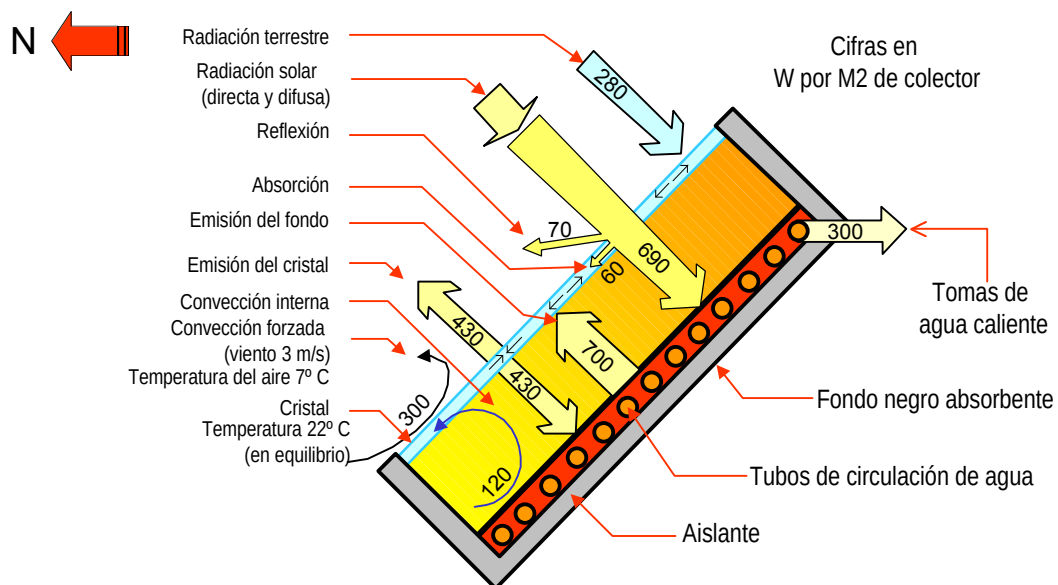


**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Colector Solar**

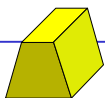
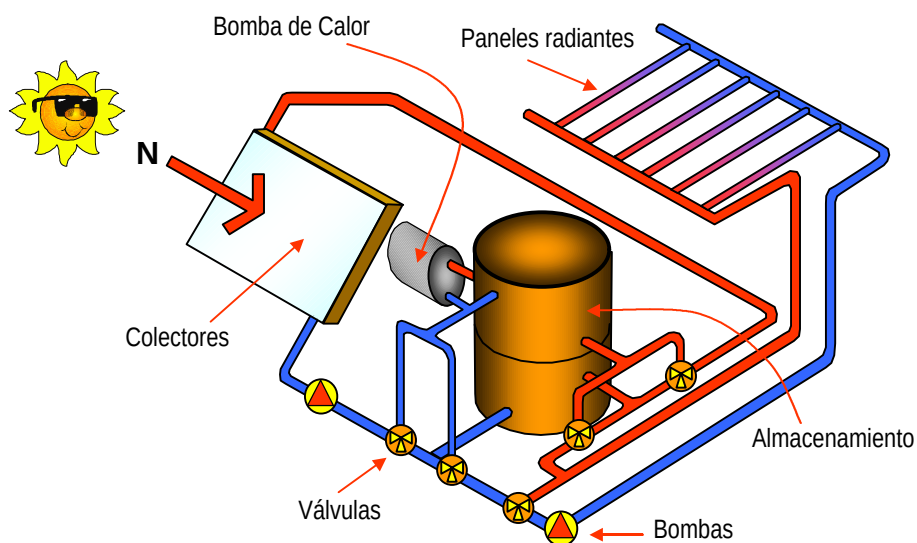
- 1 Radiación Solar
- 2 Reflexión
- 3 Absorción y reemisión
- 4 Radiación y Convección
- 5 Conducción
- 6 Calor Captado



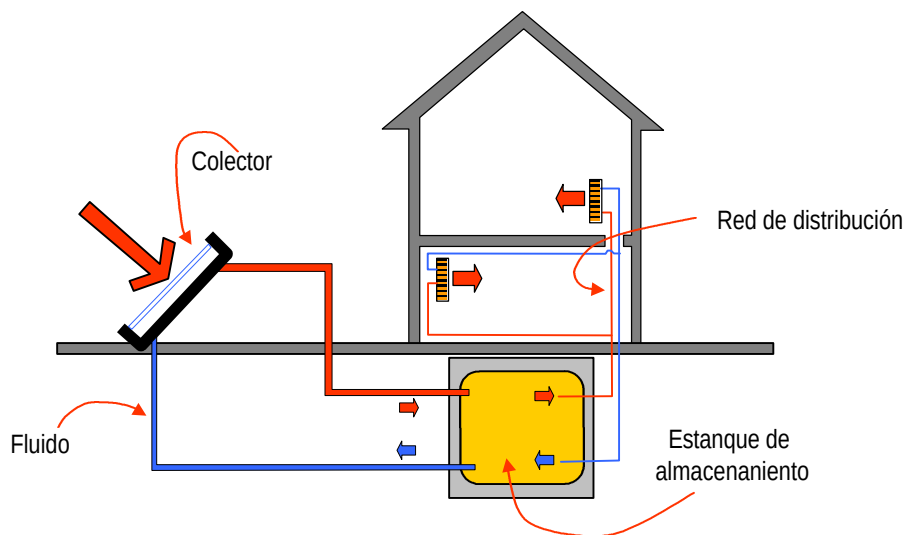
Componentes principales de un colector solar y los principales fenómenos en juego.

Balance Térmico en Colector

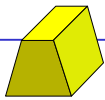
Ejemplo de intercambios térmicos típicos en un colector solar.

**SISTEMAS ARTIFICIALES: Climatización****Sistemas Mixtos (Sol – Electricidad)**

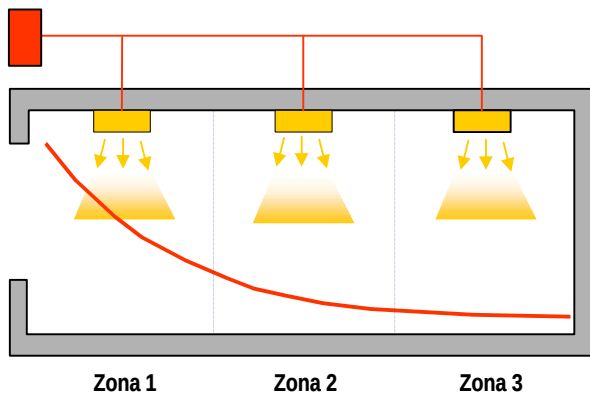
Ejemplo de sistema activo mixto, asocia captación solar, almacenamiento y bomba de calor destinada a garantizar suministro permanente de agua caliente.

Esquema de un sistema indirecto

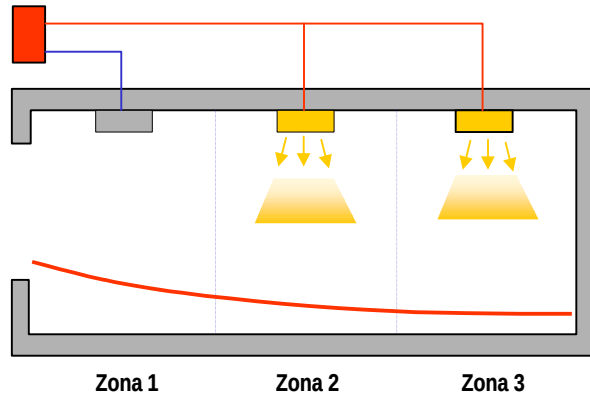
Esquema de una instalación indirecta de calefacción solar.

**SISTEMAS ARTIFICIALES: Iluminación****Zonificación**

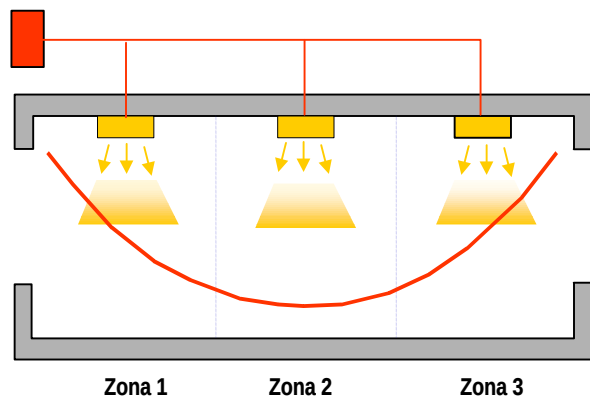
Es posible aprovechar la luz natural y usar eficientemente la iluminación artificial, conectando las luminarias a circuitos diferentes, que permitan apagar las más cercanas a las ventanas y encender la más alejadas. Se logra así una iluminación mas pareja y disminuye el consumo.



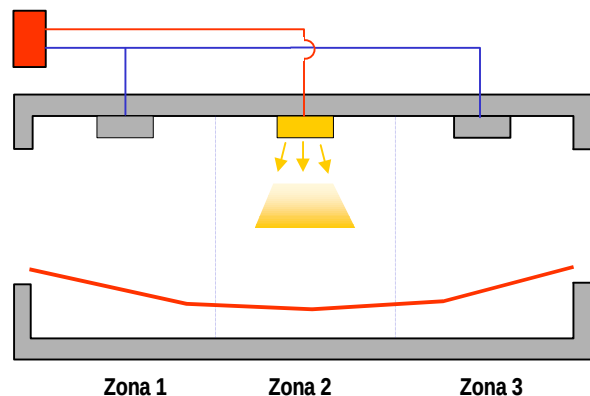
Circuito ineficiente, no aprovecha la luz natural



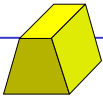
Circuito eficiente, aprovecha la luz natural y ahorra energía.



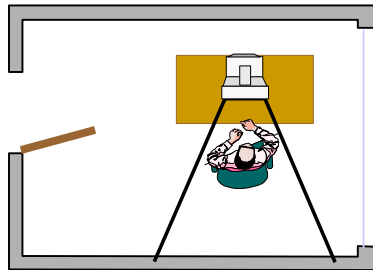
Circuito ineficiente



Circuito eficiente

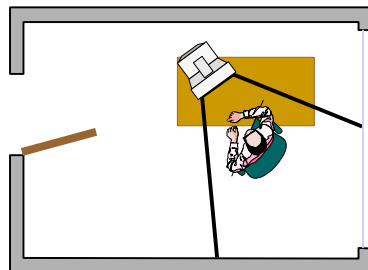
**SISTEMAS ARTIFICIALES: Iluminación****Deslumbramiento**

La correcta posición de las pantallas con respecto a las fuentes de iluminación es importante para evitar cansancio excesivo y daños a la vista producto de reflejos y de cambios bruscos de luminosidad.



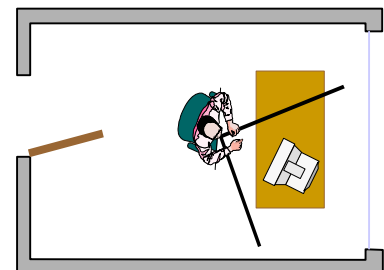
Configuración 1

Iluminación equilibrada
sin reflejos que deslumbran



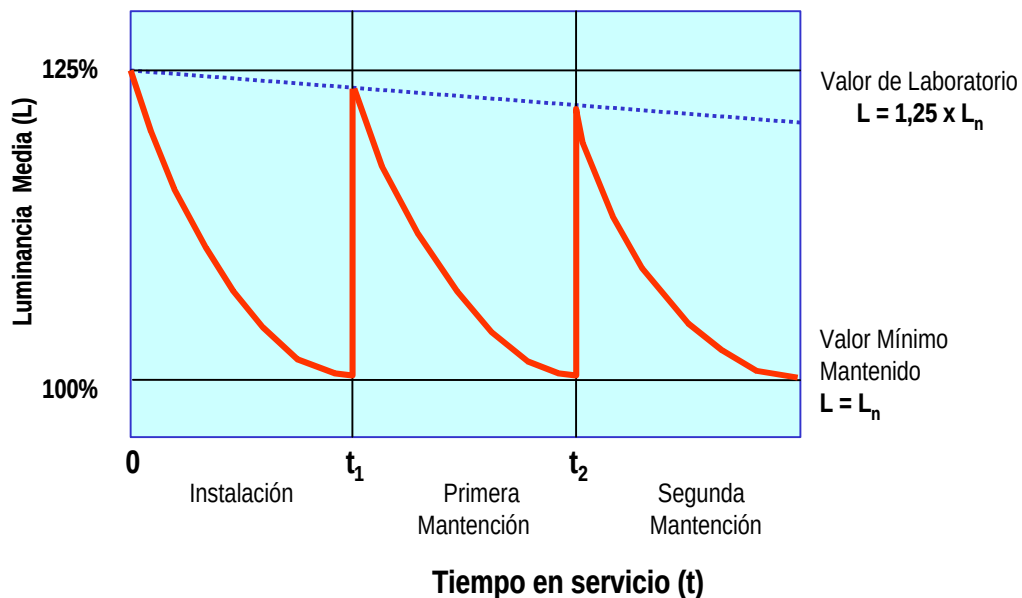
Configuración 2

La luz de la ventana se refleja
en la pantalla: deslumbramiento

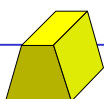


Configuración 3

La ventana está en el campo
visual: bruscos cambios de luz

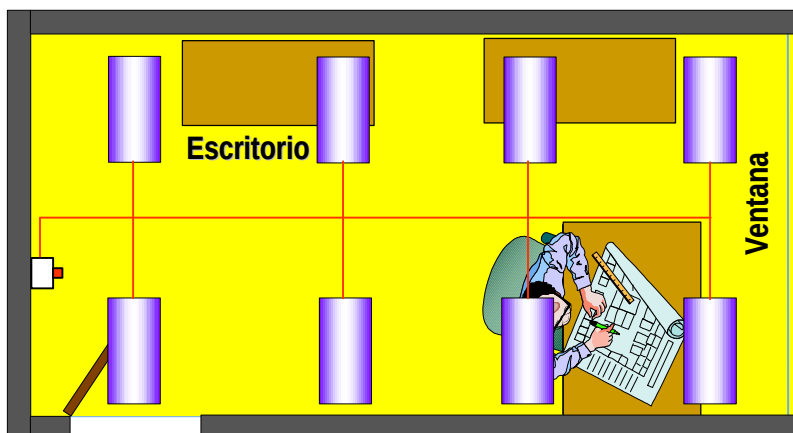
Mantenimiento de Luminarias

Debe efectuarse un mantenimiento periódico de las luminarias para evitar que disminuya su luminosidad y por lo tanto su eficiencia.



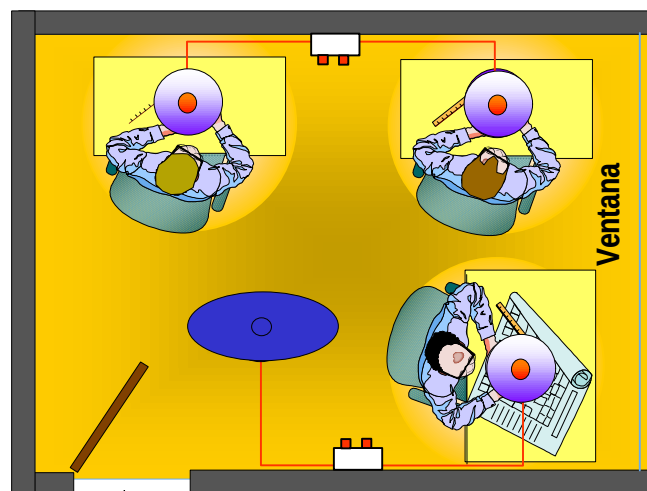
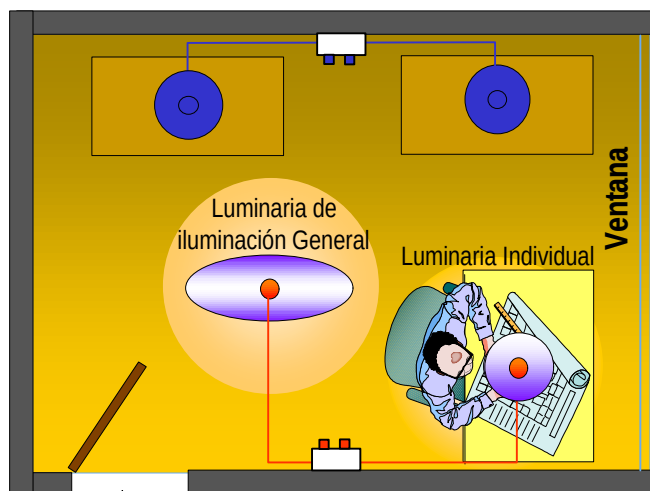
DISEÑO SISTEMAS ACTIVOS: Iluminación

Distribución Ineficiente

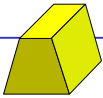


Una iluminación general conectada a un solo circuito, aunque sea utilizando luminarias eficientes, no permite discriminar de acuerdo a cantidad de ocupantes. Tampoco permite aprovechar la luz natural ni el ajuste individual.

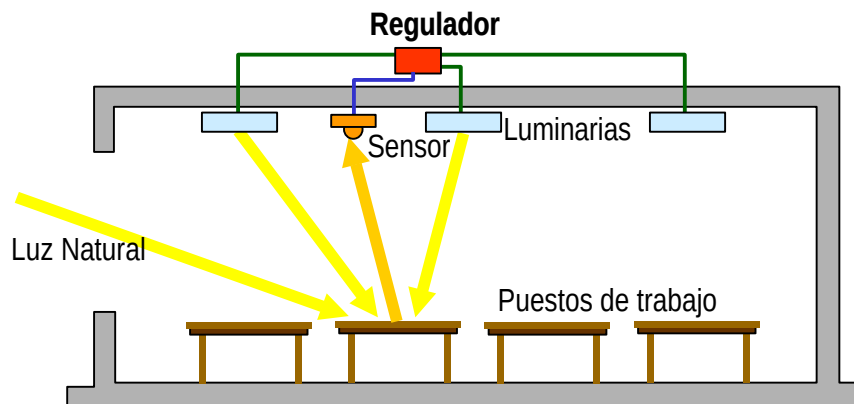
Distribución Eficiente



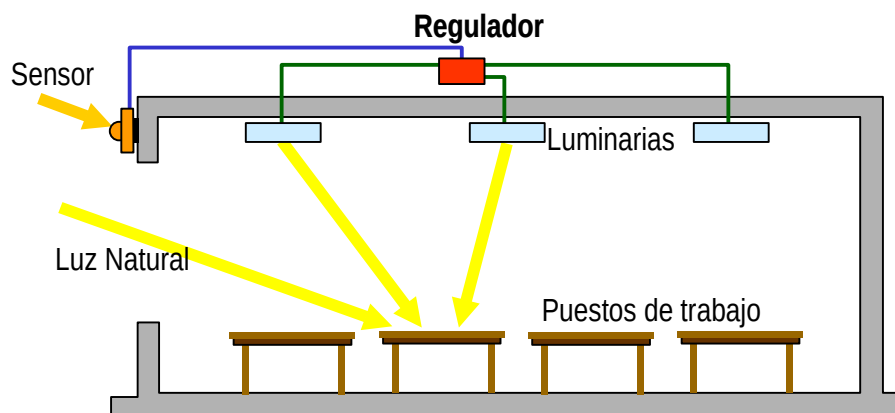
Iluminación dividida en circuitos que permitan discriminar el encendido de luminarias, separando la iluminación general de la iluminación individual. Se logra mayor satisfacción de los usuarios si pueden controlar la iluminación sobre sus puestos de trabajo.

**SISTEMAS ARTIFICIALES: Iluminación****Control de la Iluminación**

La iluminación en los edificios representa aproximadamente de 10 a 20 % de los consumos de electricidad. En verano es una fuente de calor que obliga a aumentar la climatización. Con un adecuado control se puede ahorrar energía y aumentar el confort visual.



Una célula mide la iluminación que llega al plano de trabajo, a fin de asegurar el nivel de iluminación de consigna.



Un regulador es programado para aumentar o disminuir la iluminación artificial en función de la iluminación exterior.