



UACH

RECUPERACION EDIFICIO EMILIO PUGIN
FACULTAD DE CIENCIAS - UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE



MEMORIA DE ARQUITECTURA



MEMORIA DE ARQUITECTURA

Introducción

La arquitectura puede hacer una contribución significativa en la búsqueda de una cultura que tenga un menor impacto en el uso de los recursos naturales. El hombre establece individual y socialmente un vínculo con la naturaleza, la cual no sólo le brinda sustento material, sino que se constituye como un camino de reflexión sobre sí mismo y el universo. Las ciencias, como espejo cultural de su tiempo, tienen la capacidad de manifestar una visión compartida sobre la evolución de la conciencia ecológica. La responsabilidad hacia el cuidado del medio ambiente se establece en el proyecto con una respuesta concreta de eficiencia energética. Por otra parte, la ambición de una sociedad ecológicamente responsable se construye desde la cultura, una misión en la cual la Universidad y la Facultad de Ciencias tienen un potencial de influencia indiscutido.

Se ha aplicado un concepto de bajo consumo energético, basado en una tecnología disponible y económica, tal cual son los sistemas pasivos. Una serie de verificaciones que se han desarrollado específicamente para este proyecto han permitido evaluar detalladamente las soluciones propuestas. Los resultados de estos análisis proveen una base científica sobre la cual poder comparar un edificio cuyo objetivo de confort es el equivalente a un edificio con sistemas artificiales de ventilación, climatización e iluminación adicional diurna. Los sistemas de alta eficiencia energética se establecen desde el objetivo general de brindar una calidad física y ambiental óptima para el uso específico del edificio.

Lugar

Valoramos la recuperación del edificio Emilio Pugin, sede de la facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile, como un gesto responsable que aprovecha las condiciones adecuadas de la estructura actual como respuesta ajustada al programa específico requerido.

La propuesta para el nuevo edificio de Ciencias reconoce la ventaja de su centralidad que le otorga su localización general en el campus universitario. La importancia de su ubicación frente a la avenida Eduardo Morales, se fortalece mediante una nueva y amplia explanada pública de carácter urbano de 18 metros de ancho, que nos dirige hacia el nuevo acceso ubicado en el volumen recuperado de circulaciones verticales. Se logra así una clara y armónica presencia de la Facultad de Ciencias en el entorno. Esta estrategia a su vez privilegia la integración con el edificio adyacente de biblioteca, facilitando a los usuarios el tránsito mediante un nuevo cobertizo dispuesto entre ambos edificios. La explanada se extiende más allá del acceso y se constituye en una nueva comunicación entre la vitalidad del campus y el jardín botánico al que se accede en el extremo opuesto mediante una amplia escalera.

El emplazamiento del edificio de Ciencias puede considerarse privilegiado, sus dos lados contiguos al parque del jardín botánico se benefician de su atmósfera natural, que es aprovechada física y psicológicamente para los nuevos espacios de trabajo. Este



límite natural le otorga un valioso lugar en el campus, una condición que ha primado al establecer el programa general por pisos, ubicando el área de administración en el nivel superior, aprovechando así las mejores vistas e iluminación natural posibles.

La explanada de acceso se conforma sobre la cubierta del nuevo pabellón ubicado en la planta del primer piso, un volumen bajo el nivel de terreno natural que integra los estanques existentes y se extiende a lo largo del edificio para alojar la sala de exámenes de grado para cien personas, y las salas de estudiantes pertenecientes al nivel correspondiente de ciencias marinas. El volumen permite también disponer de los paños externos para equipos a terreno, con buena accesibilidad desde el exterior.

Programa

La configuración programática adoptada se adecua a los requerimientos del proyecto de recuperación estructural. El programa que se desarrolla en las cuatro plantas, aprovecha el área provista por las losas existentes, dejando como espacio interior las áreas que con anterioridad se disponían para circulaciones externas. Hacia cada extremo del edificio, las losas se extienden tres metros para dar cabida al programa requerido, apoyándose en nuevas columnas de dimensiones menores que reciben estas cargas adicionales. Las nuevas escaleras dispuestas en los cuatro extremos responden a todos los requerimientos derivados de la normativa vigente de incendio y evacuación, con un nuevo ancho libre para las mismas de 1.30m de acuerdo al cálculo de carga de ocupación realizado. Las escaleras con ventilación natural se han hecho climáticamente cerradas para mayor confort en una eventual comunicación entre niveles.

Hacia el centro de la planta se realizan perforaciones en las losas estructurales para dar lugar a cinco patios de iluminación y ventilación, cuya justificación se fundamenta en las estrategias climáticas de invierno y verano adoptadas. Los patios se amplían en la planta superior del cuarto nivel, permitiendo mejorar la iluminación y ventilación natural de los mismos, y generando un invernadero cubierto ajardinado con funciones bioclimáticas específicas.

En la planta de nivel 1 se ubica el Instituto de ciencias marinas con salas anexas ubicadas en el nuevo pabellón anexo dispuesto bajo nivel de terreno. En la planta de nivel 2 el Instituto de geociencia, y en nivel 3 los Institutos de farmacia y de ciencias físico matemáticas. El nivel superior, de menor superficie al incorporar los patios ampliados, aloja el programa del Gobierno y administración de facultades y escuelas. La cafetería y salas de reuniones se ubican hacia el extremo norte, para recibir la mejor iluminación natural y disfrutar de las vistas panorámicas al jardín botánico. Se han privilegiado para esta planta de mayor afluencia de público los beneficios ambientales propios de su cota sobre nivel de terreno, considerando que al disponerse las circulaciones verticales en un volumen independiente no se producirán interferencias en las áreas de trabajo de plantas inferiores. Se dispone además un ascensor adicional para mejorar los tiempos de espera.

En la evaluación de la configuración del programa en la planta se decidió desarrollar aquella que brinda a las oficinas las mejores condiciones ambientales y vistas que se



obtienen en el perímetro del edificio, dejando a los laboratorios en el centro de la planta para que a su vez cuenten con la iluminación y ventilación natural provistas por los patios centrales. En las opciones alternativas consideradas, esquema 11 en la memoria, se proponen configuraciones que permiten establecer relaciones funcionales diversas que si fueran convenientes podrán ser oportunamente consideradas.

Fachadas

Las fachadas del edificio se establecen a partir de un sistema general de repetición de las soluciones adoptadas para cada cara según su orientación. Cada oficina contará con un porcentaje de área de visión y área de ventilación determinadas, las que se establecen de acuerdo a un criterio ambiental, y de optimización del uso del espacio interior. Los materiales propuestos, carpinterías de aluminio con ruptura de puente térmico, doble vidrio y un panel liviano revestido en chapa micro acanalada, son los que mejor resuelven aspectos técnicos como aislamiento térmico, impermeabilización, y facilidad constructiva. A su vez, se integran armónicamente con el carácter del resto de las construcciones del campus.

El sistema general de repetición presenta una variación en la ubicación de los componentes ciego/transparente/operable de cada módulo, lo que genera una diversidad plástica que otorga carácter orgánico a la composición, permitiendo incluir imperceptiblemente las alteraciones necesarias en el sistema.

En un volumen regular como el derivado de las condicionantes del concurso, se asume la fachada como el vehículo capaz de expresar la visión particular de las ciencias sobre lo contingente. Las condiciones técnicas específicas que han sido evaluadas como las más adecuadas para cada orientación del edificio, adoptan una expresión que refleja esta condición científica subyacente. La expresión particular del edificio es a su vez expresión de la cultura propia de la institución.

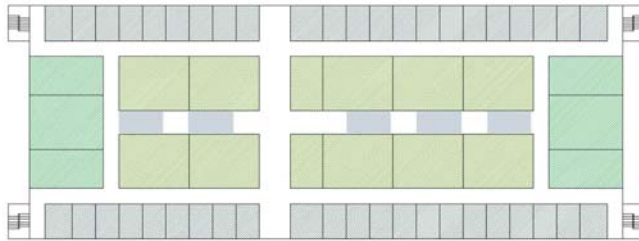
En las fachadas se disponen además zonas de mayor transparencia, en forma coincidente con los programas más públicos tales como salas wi-fi, salas de decanato y autoridades, y cafetería.

Trabajo

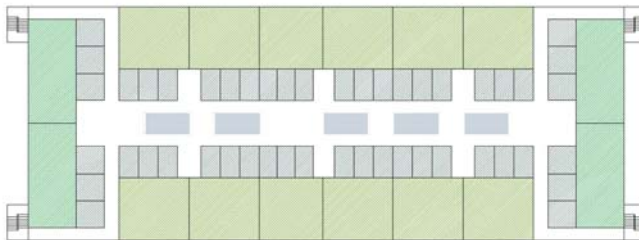
Es importante considerar que pasamos gran parte de nuestra vida en nuestros lugares de trabajo. De allí el cuidado con el que el proyecto aborda los detalles, para brindar a los usuarios un confort ambiental óptimo que establezca con flexibilidad las mejores condiciones de trabajo. Una persona cuya sensibilidad y confort no han sido considerados no podrá trabajar eficientemente. El proyecto considera la influencia positiva que un entorno físico ejerce sobre la dimensión social y psicológica de la persona. La imagen general interior del edificio está derivada pragmáticamente de su uso, las terminaciones en cielos falsos, tabiques y pisos expresan sus cualidades técnicas, privilegiando la calidad y durabilidad de los materiales.

La principal razón de ser de un espacio de trabajo que concentra actividades tal como lo hace este edificio, es fortalecer el valioso sentido de comunidad y la cultura de comunicación permanente de la Facultad de Ciencias. El proyecto favorece esta visión

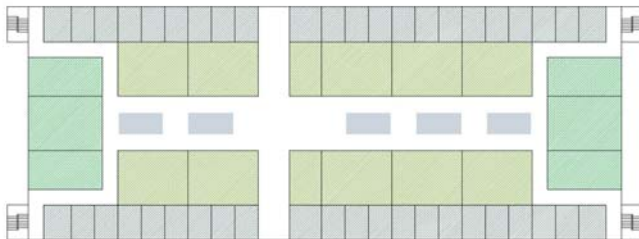
mediante unos espacios de circulación amplios, de 2m de ancho, posible gracias a las fachadas dispuestas en el borde exterior de losas, de forma que en el tránsito desde o hacia el espacio de trabajo individual se dispone de un lugar apropiado para la comunicación informal que agiliza los procesos organizacionales.



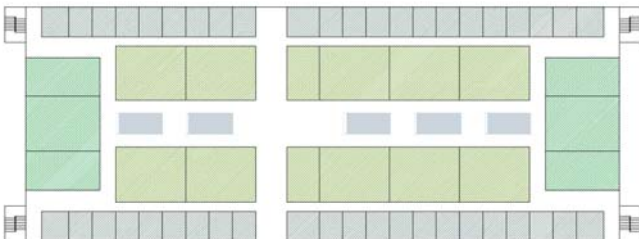
OPCION 4
ILUMINACION Y VENTILACION NATURAL PARA TODOS LOS RECINTOS - OPCION DESARROLLADA







OPCION 3
CIRCULACION CENTRAL EN TORNO A PATIOS DE LUZ
SE REDUCE ANCHO DE PASILLOS DE CIRCULACION
SE FAVORECE LA INTERACCION POR PROXIMIDAD DE OFICINAS



OPCION 2
CIRCULACION CENTRAL EN TORNO A PATIOS DE LUZ
OFICINAS CONTIGUAS A LABORATORIOS, MAYOR INTEGRACION
ACCESO A OFICINAS A TRAVES DE LABORATORIOS



OPCION 1
CIRCULACION PRINCIPAL EN TORNO A PATIOS DE LUZ
CIRCULACION SECUNDARIA PARA OFICINAS PASILLO ANGOSTO

-  Salas multiuso
-  Laboratorios
-  Oficinas
-  Patios de aire y luz

ESQUEMA 11 – alternativas de configuración de programa en planta tipo.



MEMORIA BIOCLIMATICA

MEMORIA BIOCLIMATICA

Análisis del lugar

El clima en la ciudad de Valdivia, corresponde a un clima marítimo lluvioso con inviernos largos que superan los cinco meses. Temperatura templada a fría. Necesidad de buena aislación térmica y uso de calefacción de marzo a octubre. Suelo y ambiente salinos y húmedos que obliga la protección de metales y tratamiento contra la humedad en madera. Escasa oscilación de temperaturas día-noche con ventajas para la construcción con poca masa. Vientos irregulares de componentes sur oeste y en invierno lluvias con viento norte y oeste que exige protección contra infiltraciones en puertas y ventanas. Son necesarias tecnología apropiada para evacuación de aguas lluvias para soportar de 1.000 a 2.000 mm de precipitaciones anuales. (Fuente: zonas climáticas de Chile, Rev. Bit N° 3 y 4).

El estudio más detallado del clima se puede observar en las Figuras N° 1, 2, 3, 4 cuyos datos fueron reportados por la estación meteorológica: 857660 (SCVD), cuya latitud: 39.63 ° Sur; Longitud: 73.06 Oeste; Altitud: 19 msnm y para los años 1997-2007, se encuentra precisamente en Valdivia.

La Figura 1, muestran las temperaturas medias mensuales, las Máximas Absolutas (TMA), máximas medias (TM), promedio mensual (T), mínimas medias (Tm), mínimas absolutas (TmA). Como se puede observar, hay amplitud térmica baja sensiblemente en invierno, prácticamente a 6°C en junio/julio y crece un poco más hacia Abril y hasta Octubre (10°C) y crece a los máximos en Febrero y Marzo (13°C). Las variaciones de relieve no son suficientes para producir variaciones significativas en la distribución de las temperaturas, en la Región existen numerosos lagos, que ayudan a mantener la homogeneidad térmica y son fuentes de humedad, lo que es otra característica de este clima.

La humedad media es superior al 80% y mayor en los meses de invierno en los cuales se presentan las mayores precipitaciones del lugar (Ver Figura 2). Las precipitaciones son producidas por frecuentes sistemas frontales que cruzan la zona, los que a su vez producen abundante nubosidad y poca cantidad de días despejados. También aumentan los días con niebla como muestra la Figura 3.

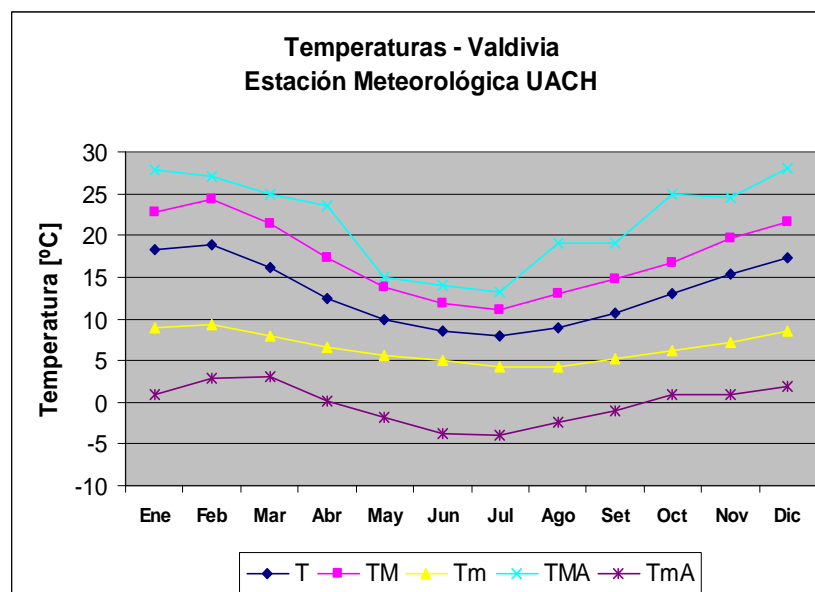


Figura 1: temperaturas de Valdivia

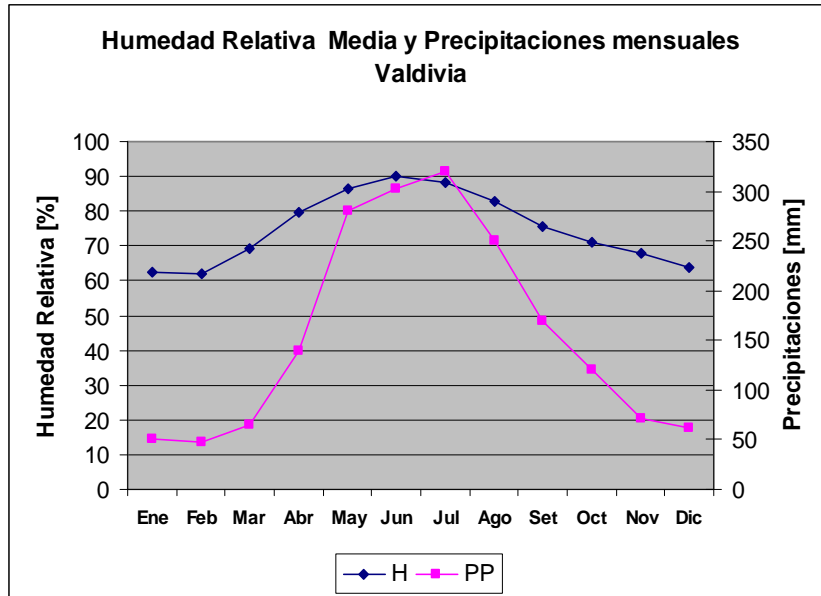


Figura 2: humedad relativa y precipitaciones

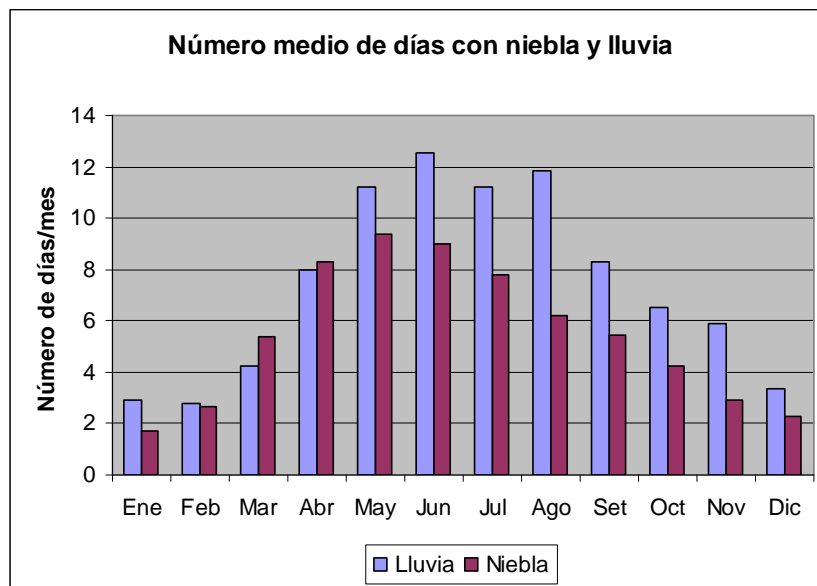


Figura 3: días con lluvia y/o niebla

Por esta razón la radiación solar disponible es baja en invierno, integrada mayormente por radiación solar difusa (a causa de la presencia de nubes), por lo tanto, su dirección es proveniente principalmente con un ángulo de 60° de la perpendicular a las aberturas¹. La Figura 4 indica los valores de radiación media medida en la estación y la de cielo claro, obtenida a partir del modelo de Hotell. Como se puede observar, la radiación en invierno es del orden de

¹ Duffie and Beckman. 1992. Solar Engineering of Thermal Process. Ed. JWiley.

1/3 de la que llegaría un día sin nubes (cielo claro), por lo tanto, hay que tener en cuenta estos valores para dimensionar bien los espacios.

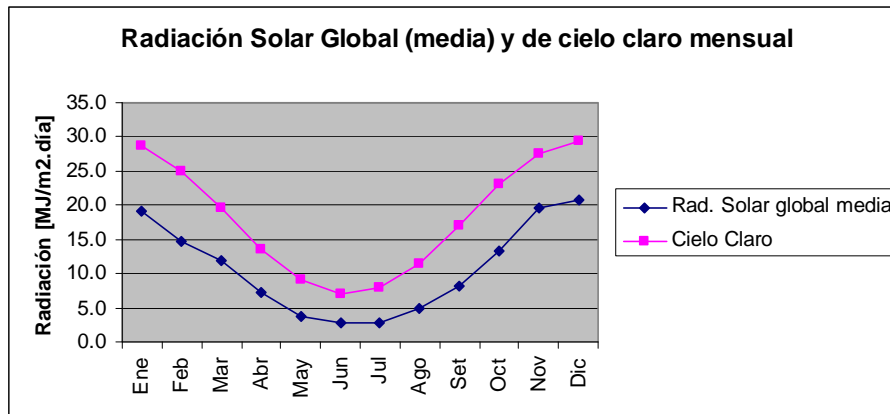


Figura 4: radiación solar global (directa + difusa) y de cielo claro

Direccionalidad de los rayos solares

La Figura 5 muestra la carta solar con las trayectorias solares mensuales proyectada en el plano horizontal. En la misma se indican también la necesidad de sombras, temporal (amarillo) y permanente (rojo). Se puede observar que, la sombra no es crítica, aparece como necesaria la de febrero que se indica en amarillo en la carta solar. Pero como febrero tiene una trayectoria solar equivalente al mes de octubre, se debe disponer de un sistema temporal, que permita al usuario gobernar el ingreso o no de radiación. Además se cuenta con días claros en la época estival, que es cuando más puede molestar la presencia de sol bajo sobre el horizonte, por lo tanto, resulta fundamental contar con estos sistemas.

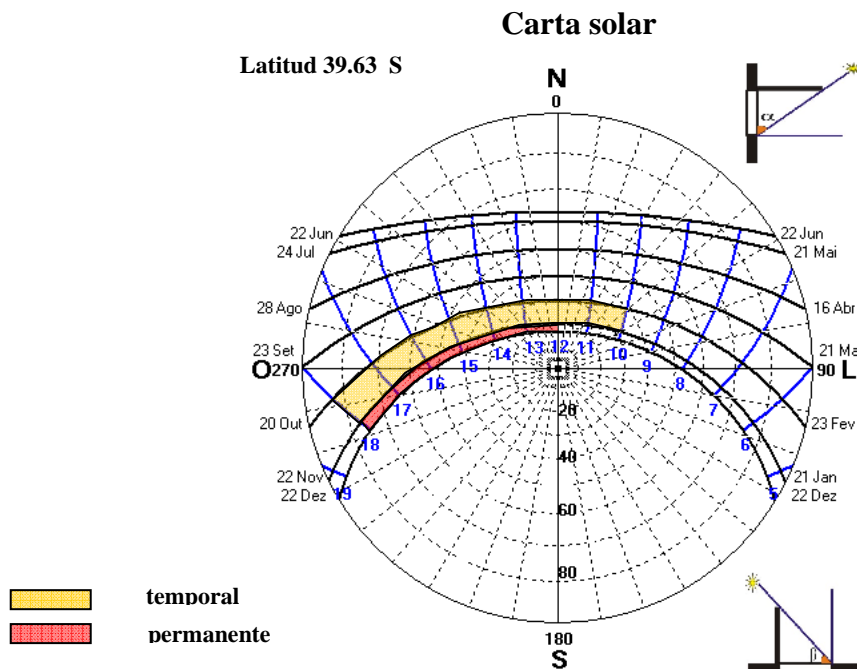


Figura 5: carta solar con las trayectorias solares y la necesidad de sombra temporal y permanente para Valdivia, Chile.

Vientos

La frecuencia de dirección y la velocidad de vientos se han estudiado para la localidad de Valdivia. La Figura 6 muestra la velocidad media y la velocidad máxima (VM) tomando los datos de la Estación Meteorológica mencionada más arriba y como promedio para los 10 años (1997-2007).

En cuanto a la frecuencia de dirección, dependerá del mes en cuestión y los valores aparecen en la Figura 7. Como se puede observar, la frecuencia en verano, fuerte componente S-SO-SP mientras que en invierno NO y O.

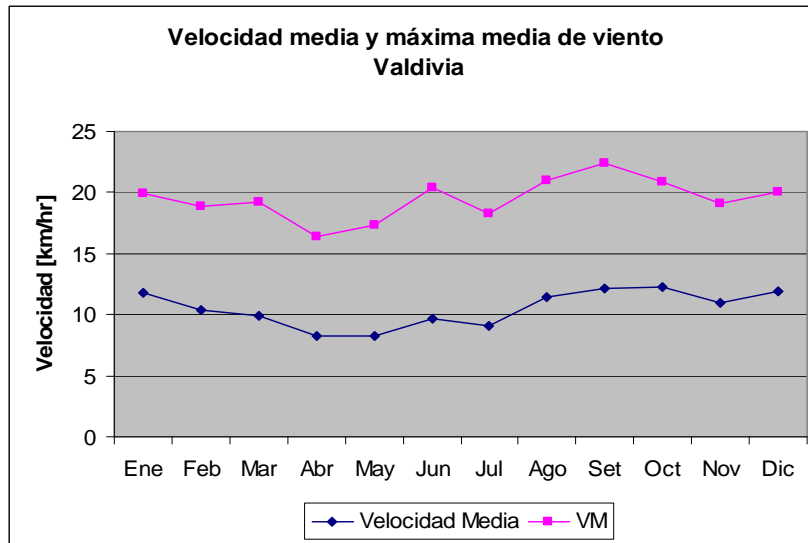


Figura 6: valores de velocidad predominante de viento –VM

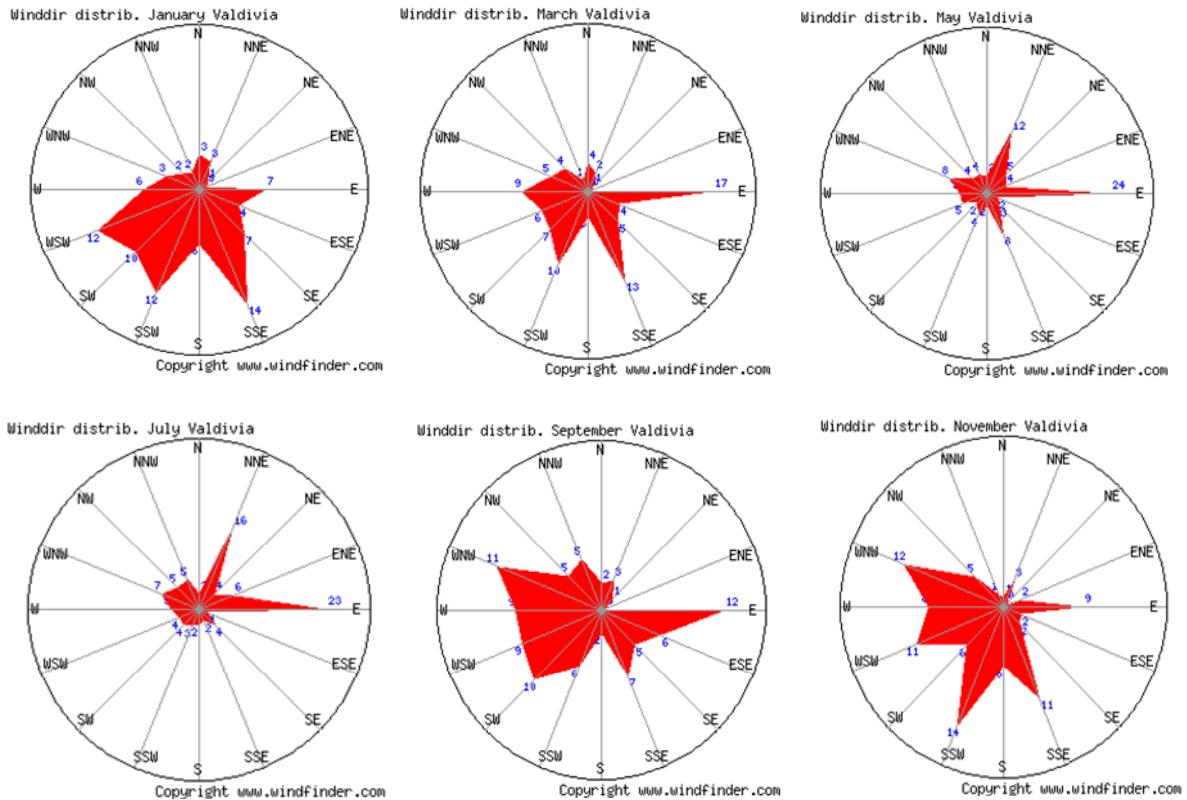


Figura 7: Diagramas de dirección de viento predominante

Tecnología sugerida

En base a los valores de temperatura, radiación solar y tipo de cielo, se puede indicar que los sistemas pasivos más importantes para acondicionar naturalmente los espacios, resultan ser los siguientes:

Conservación de energía: las temperaturas reinantes exigen una calidad importante de la envolvente del edificio que permita mantener condiciones de confort interiores con el mínimo consumo de energía. En este sentido es importante establecer una estrategia de aventanamientos eficientes sin disminuir las posibilidades de la iluminación natural.

Ventilación es fundamental tomando en cuenta que interiormente puede haber muchas personas, computadoras y demás equipamiento, es decir, una carga térmica importante, que en verano se hace necesario ventilar al exterior. Por suerte, los valores de temperatura hora a hora, indican buenos valores para refrescar los ambientes mediante ventilación diurna.

La Tabla II muestra las temperaturas horarias medias de Valdivia. Como se puede observar, en Febrero y Marzo, se dan las temperaturas más altas y más horas en confort (entre 20 y 26°C), además esto se combina con el sol muy vertical, ver carta solar. Por eso, la forma de ese aventanamiento debería ser con elementos verticales para mejorar la ventilación. Ver Figura 5.

Tabla II: temperaturas medias c/2 hr, para los distintos meses del año.

				Temperaturas horarias - Valdivia								
Hora	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0	12.0	12.6	11.0	9.0	7.4	6.6	5.8	6.1	7.4	8.6	9.9	11.4
2	10.9	11.4	9.9	8.1	6.7	6.0	5.2	5.4	6.6	7.7	8.9	10.4
4	9.7	10.1	8.8	7.2	6.0	5.4	4.6	4.7	5.8	6.8	7.8	9.3
6	8.9	9.3	8.0	6.6	5.5	5.1	4.3	4.2	5.3	6.2	7.1	8.6
8	10.5	11.0	9.5	7.8	6.4	5.8	5.0	5.1	6.3	7.4	8.5	10.0
10	17.0	18.1	15.8	12.9	10.4	9.0	8.2	9.3	10.8	12.4	14.4	16.1
12	20.9	22.2	19.5	15.9	12.7	10.9	10.1	11.7	13.5	15.3	17.9	19.7
14	22.8	24.3	21.3	17.4	13.9	11.8	11.0	12.9	14.8	16.8	19.6	21.5
16	21.6	23.1	20.2	16.5	13.2	11.2	10.5	12.2	14.0	15.9	18.6	20.5
18	18.5	19.7	17.3	14.1	11.3	9.7	9.0	10.3	11.9	13.5	15.8	17.6
20	15.1	16.0	13.9	11.4	9.2	8.0	7.3	8.1	9.5	10.9	12.7	14.3
22	13.2	13.9	12.1	9.9	8.1	7.1	6.4	6.9	8.2	9.5	11.0	12.6

Ganancia directa como sistema solar pasivo. Se puede observar también en la Tabla II que hay necesidad de contar con elementos de calefacción aún en los meses intermedios y en días cercanos al verano, en que las temperaturas son bajas. La radiación solar que es más intensa

en estos meses aparece como una seria opción para ingresar calor al edificio sin necesidad de aportes auxiliares, mejorando la salubridad del ambiente y disminuyendo el impacto negativo del edificio.

Esta ganancia directa debe combinarse con aberturas de baja conductividad térmica (DVH). En efecto, se prefiere a la iluminación natural para tener mejor calidad ambiental dentro del edificio y a la vez, permitir que el asoleamiento posible, ayude a la calefacción. Además durante las noches en que las temperaturas son frías el edificio se preferiría que controle las pérdidas al exterior de modo más eficiente.

Invernadero: también resulta interesante contar con espacios intermedios utilizados como expansiones que se mantienen vidriados dando la posibilidad de ganar radiación difusa e iluminación natural. Estos también deben contar con aberturas energéticamente eficientes, tales como el DVH.

Edificio Emilio Pugin – estrategias propuestas

Analisis de fachadas

Para tomar en cuenta las acciones en cada fachada las trayectorias solares se combinan con la temperatura horaria de Tabla II.

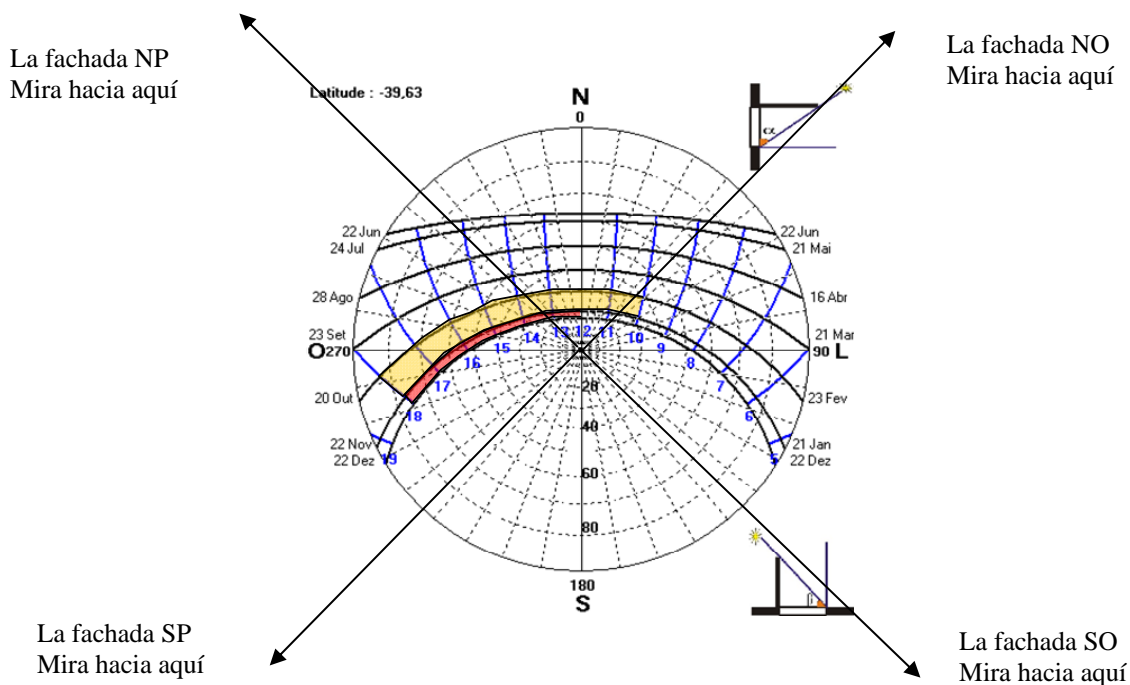


Figura 8: carta solar con trayectorias solares y direccionalidad de las fachadas del edificio Emilio Pugin.

Abreviaturas:

NP Nor poniente
NO Nor oriente

SP Sur poniente
SO Sur oriente



Fachada Nor Oriente: mira hacia el amanecer todos los meses del año. Hay requerimientos de sombra sólo en febrero, unas 3 hrs (de 10 a 13 hr solar, lo que equivale de 11 a 14 hr oficial de Chile). Y en noviembre/enero sólo 1 hr (éstos son meses equivalentes en cuanto a la trayectoria solar). Podría por lo tanto ir sin protección pero tomando en cuenta el aspecto térmico de conservación de energía.

En cuanto al aspecto lumínico, cuando el sol está bajo sobre el horizonte, en horas del amanecer y atardecer, el efecto de deslumbramiento puede complicar y se hace necesario controlar la incidencia. Sin embargo, esto ocurre principalmente en aulas o lugares donde se dictan clases. El tiempo nublado, lo controla naturalmente, sin embargo, se prefiere incorporar un control posible para tomar en cuenta la preferencia del usuario. Además como se trata de una fachada potencialmente colectora de energía este sistema se plantea interior.

Efectos adicionales son al amanecer la presencia de la cordillera (aunque no sea más de 1 hr).

Fachada Nor Poniente: es otra fachada colectora de energía sobretudo en horas de la tarde. El sol ve a esta fachada desde las 9 hr solar (10 hr oficial) en los meses de invierno y más tarde (11 hr solar) en los meses de verano y se continúa hasta la puesta de sol.

Se le da prioridad a las superficies de aberturas y se otorga un control solar con elementos interiores para control del usuario y disminuir los rayos directos en el momento que se encuentre el cielo despejado en verano. Dado que las trayectorias solares se alejan del plano vertical, los aleros horizontales solamente cubren una parte muy corta del día y se hacen rápidamente inefectivos.

Fachada Sur Poniente: en esta fachada, el sol si puede molestar, pero tiene el bloque de circulaciones que cubre una parte del asoleamiento posible. Es necesario sin embargo, contar con sombra temporal, dado que el sol, especialmente en verano, comienza a dar sobre estas aberturas a las 13 hr (en Diciembre), a las 14 (en meses intermedios), a las 15 hr (en meses de invierno) y continúa dando hasta el atardecer. De nuevo una buena conservación de energía y controlar las superficies vidriadas que desde el punto de vista térmico durante el día hasta las horas mencionadas solamente pierden calor.

Fachada Sur Oriente

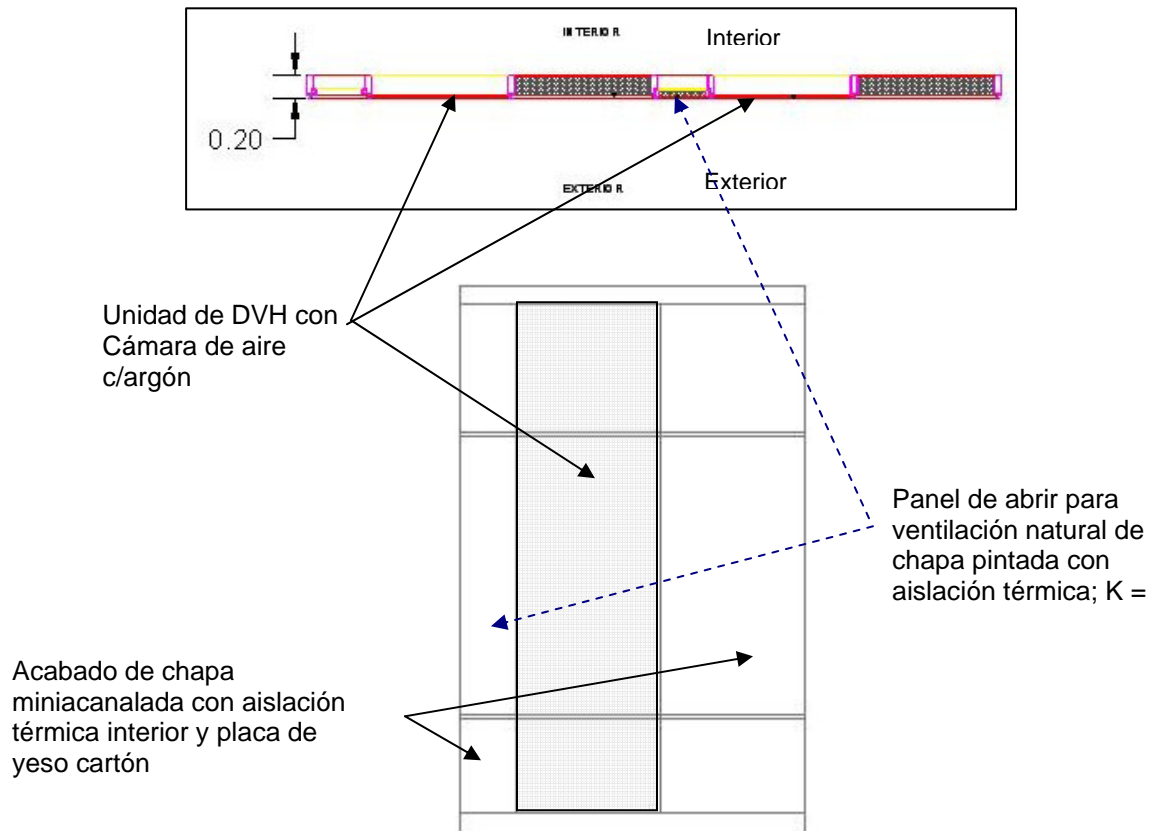
En esta orientación vale lo mismo que para la SP, sólo que el sol sale por la mañana, en los días despejados, y puede molestar, sin embargo, el clima nublado, otorga un control natural como se mencionó en el caso de la fachada NO. Por lo tanto, las superficies vidriadas han sido reducidas para controlar el intercambio de energía con el medio ambiente exterior.

Conservación de energía

El reciclaje del edificio se ha plateado con una muy buena asilación térmica, tanto en los paños opacos como en los paños vidriados de las fachadas. Dada su direccionalidad respecto de las trayectorias solares, se ha considerado especialmente la ganancia solar potencial de las fachadas NO y NP, otorgando a los aventanamientos allí existentes una superficie sutilmente mayor, teniendo en cuenta la ganancia solar del edificio. Mientras que las superficies de aberturas vidriadas de las fachadas SO y SP resultan ser menores.

La superficie opaca

Se compone de una superficie exterior de chapa (microwave) que permite una muy buena resistencia a la intemperie otorgando a la vez una calidad estética interesante. Terminación interior de placa de yeso, otorgando una terminación libre de carga de fuego. Se adiciona un espesor de aislación térmica suficiente, utilizando poliestireno expandido que permite mantenerse sin absorber humedad (menos del 2% al estar sumergido en agua), frente a posibles condensaciones de agua en la chapa. La conductancia térmica se calcula con 6 cm de espesor del aislante, que permite una conductancia $K_m = 0,72 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Pero si fuera el caso en un futuro de la necesidad de disminuir aún más, el sistema permite incorporar más aislación térmica alcanzando por ejemplo $K_m = 0,44 \text{ W/m}^2\text{°C}$ con 10 cm de espesor.



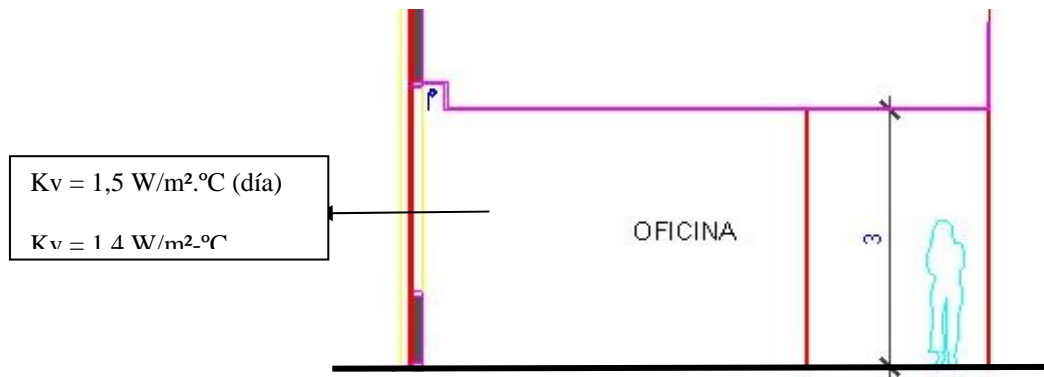
La superficie vidriada

El panel vidriado con DVH tiene una superficie sobre la fachada NO y NP de 38,1 % de la fachada total. Para las fachadas SO y SP el área vidriada constituye el 28,4 %. Esta racionalización en las superficies vidriadas responde a una economía en el gasto del cerramiento compatible con la ganancia solar y la transmitancia térmica. Ver luego el balance térmico, el cual arroja los mejores valores entre varias opciones propuestas. Es de destacar que estas proporciones cumplen con la modificación al Decreto Supremo N° 47, de Vivienda y Urbanismo, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones².

² Publicada en el Diario Oficial el día miércoles 4 de enero de 2006.

La superficie vidriada se ha diseñado, de una calidad térmica superior. En efecto del doble vidriado hermético (DVH) propuesto está conformado por dos vidrios con cámara de aire de 12 mm, suficiente para permitir el menor valor de transmitancia térmica compatible con un espesor de carpintería económicamente eficiente y además se sugiere incorporar argón dentro de la cámara, con lo cual, su valor de transmitancia térmica disminuye hasta $K_v=1.5\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$, con lo cual, nos acercamos a valores menores a la transmitancia de un muro construido con mampostería de ladrillos y revoque ($K = 2.4\text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$).

El valor de conductancia K_v podría bajar aún más si se tuviera la precaución de bajar el dispositivo de sombra que permite el control sobre el asoleamiento de la ventana para los días soleados o con mucho resplandor. Por las noches permite oficiar de una aislación adicional.



Balance térmico

En la Tabla III aparecen los valores de Fracción de Ahorro Solar mensual, tomando en cuenta los valores del clima indicados anteriormente para dos situaciones comparativas. La primer columna corresponde a la construcción tradicional, es decir, el edificio con estas aberturas indicadas más arriba pero sin DVH, con muros menos conservativos y techos con sólo 2.5 cm de espesor de aislación térmica de poliestireno expandido, con un aventanamiento sin doble contacto y burletes y sin aislación térmica en el piso.

Normalmente se aísla solamente las fundaciones, sin embargo, se colocará aislación en el piso. En el caso tradicional, no se incluye aislación en el piso en los otros casos si.

Tabla III

Mes	Tradicional	Propuesto
Ene	99.7%	100.0%
Feb	99.9%	100.0%
Mar	80.8%	98.1%
Abr	32.7%	61.8%
May	6.5%	15.8%
Jun	1.1%	3.7%
Jul	0.0%	0.0%
Ago	7.3%	17.4%
Set	21.0%	43.8%
Oct	46.2%	77.7%
Nov	80.0%	97.9%
Dic	96.9%	100.0%
Anual	24.3%	36.5%

El valor de fracción de ahorro solar igual a 0 en el mes de Julio es por la baja radiación solar de este mes (por los nublados y las lluvias) y además las condiciones de frío constante. Como se puede observar por más que coloquemos buenas aislaciones térmicas el sol no está presente y eso implica la falta de ganancia solar. En ese momento se requiere una buena conservación de energía para mitigar el gasto de combustible auxiliar. El valor de fracción de ahorro solar anual, es un promedio ponderado de la FAS para los distintos meses, pesándolo por los grados-día, es decir, la cantidad de días fríos y su intensidad. De todos modos hablar de un 40% de FAS anual es un valor importantísimo de alcanzar.

La propuesta considera uso del DVH con argón, $K_v= 1.5$ ya mencionado; colocación de 6 cm de aislación térmica en muros y unos 8 cm en techos, carpintería con doble contacto y burletes (Renovaciones de Aire / hora - $RAH=0.5$), y la aislación en el piso.

Como se puede observar, los valores de fracción de ahorro solar, si bien no parecen una diferencia significativa, se debe mencionar que la gran superficie cubierta permite una gran diferencia en los consumos energéticos finales, tal como se indicará más adelante.

Las figuras representativas del balance térmico se indican en la Tabla IV, donde aparece el CNP – Coeficiente Neto de Pérdidas en $W/^\circ C$; Q_{aux} – Calor Auxiliar Anual (kWh /año), esta figura es lo que consumiría el edificio si fuera calefaccionado con electricidad; Q_{GN} es el mismo calor auxiliar anual pero ahora al calefaccionarlo con gas natural (si hubiera) (m^3 /año); Q_{GE} el mismo calor auxiliar anual pero utilizando gas envasado (Kg /año); G es el coeficiente volumétrico de pérdidas ($W/m^3.^\circ C$) sirve para tomar en cuenta las normas y finalmente la potencia es la potencia del equipo de calefacción que deberíamos instalar en el edificio para calefaccionarlo.

Tabla 2: variables del Balance térmico

Mes	Tradicional	Propuesto	Unidades
CNP	26550.2	9626.3	$W/^\circ C$
Q_{aux}	730594.0	235810.2	kWh
Q_{GE}	56097.9	18106.4	kg
G	0.7	0.4	W/m^3
Potencia	374053.8	190969	$kcal/hr$

Como se puede observar, la tradicional, se puede descartar, ya que es totalmente fuera de toda sustentabilidad, ya que gasta en consumo del orden de 3 veces más que la opción propuesta. Esto es proporcional al ahorro, ya que si consideramos el precio del gas (enero 2009), a \$ 768.9/kg de gas licuado, la diferencia de consumo generará **ahorros anuales de aproximadamente \$ 38 millones de pesos.**

La potencia también es crítica, ya que tomando en consideración el edificio tradicional se debe incorporar equipo de calefacción auxiliar con una potencia de aprox. 375000 $kcal/hr$, sin embargo, tomando en cuenta la propuesta, la potencia resulta aprox. 190000 $kcal/hr$, es decir, la mitad. Esto redundará en ahorros en la instalación del equipamiento correspondiente, en este caso particular, en unidades de los radiadores para cada local.



El medio ambiente también resulta favorecido dado que la construcción del edificio propuesto implica menores emisiones de CO₂, NO_x, SO₂ y polvo a la atmósfera. En efecto tomando los datos indicados en Goulding, 1994³, **se evitarán de enviar a la atmósfera la cantidad de 14.82 kg de SO₂; 79,02 kg de NO_x; 6,9 kg de polvo y 182.8 Tn de CO₂ por año**. Si tenemos en cuenta que el edificio puede tener una durabilidad de 50 a 70 años, podemos concluir con que la cantidad de emisiones evitadas a la atmósfera serán: 889,2 kg de SO₂; 4741,2 kg de NO_x; 414 kg de polvo y 10968 Tn de CO₂.

Iluminación natural

Uno de los problemas que tiene el edificio tal como se encuentra planteada la arquitectura del mismo es la gran profundidad de las plantas, las cuales desde el punto de vista lumínico, carecen de luz y ventilación natural en ambientes más profundos. Por lo tanto se han incorporado patios-tubos de luz natural, que permiten incorporar una cantidad interesante del recurso solar a través de ellos. Así se organizan las oficinas adyacentes al aventanamiento exterior y los laboratorios en torno a estos patios. Es de destacar que la iluminación natural permite generar ahorros de hasta el 40% del consumo de energía para estos usos⁴.

Es sabido que una ventana más alta genera una penetración más profunda de la luz natural en ella, una ventana con una altura superior de 4.5 m, lo que significa que la iluminación natural podría alcanzar hasta los 9.5 a 10 m, tomando en cuenta que debe atravesar el vidrio existente como límite del pasillo y oficina. Esto además permitirá penetrar dentro del taller. En este caso, también el mismo cuenta con la fuente proveniente desde el patio de luz.

Sin embargo, puede existir la posibilidad de deslumbramiento de la persona que se encuentra más cerca de la ventana, por lo tanto, se presenta un sistema de sombreado que el usuario de la oficina puede accionar en la medida que este deslumbramiento pueda existir para atenuarlo.

La Figura 9 muestra los valores de nivel de iluminación en un corte desde la ventana hasta el taller, pasando por el pasillo de acceso. Como se puede observar, la respuesta es típica de una ventana lateral, valores muy altos cercanos a la ventana y van disminuyendo hacia el interior. Sin embargo, dentro del aula los valores se mantienen por encima de 300 lux, mínimo exigido por las normas para aulas dedicadas a la docencia. Los valores decrecen hacia el pasillo, donde la disminución por atravesar el vidrio, no implica un cambio sustancial. Una iluminación por encima de 100 luxes en ellos, se considera suficiente. Los valores dentro del taller vuelven a aumentar tomando en cuenta el ingreso de luz natural a través de la ventana del patio de luz.

Es de destacar que se ha elegido una iluminación exterior igual a 50000 luxes, típica de un ambiente nublado al mediodía. También se ha considerado colores medios para la reflexión desde las superficies interiores de los locales.

Se puede observar, la importancia que tiene disponer de sistemas de aberturas estratégicas para lograr una iluminación suficiente en cada local que se va a iluminar.

³ Goulding, John R., Owen Lewis J., Steemers Theo. 1994. Energy in Architecture. Capítulo 10: subt. Fuel selection and pollution of the environment, pag. 168. Ed. University College of Dublin.

⁴ Novoa Tonda M. Bioarquitectura en Chile. <http://www.faceaucentral.cl/pdf/Novoa.pdf>. pág. 41.

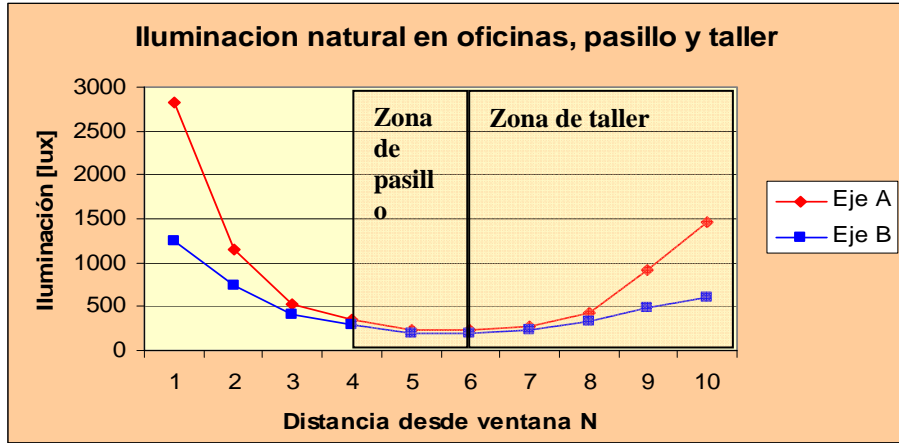


Figura 9: ejemplo de variabilidad del nivel de iluminación natural en el eje perpendicular a la ventana al medio día solar un día de invierno con cielo cubierto