

Figura 5.24. Iluminación cenital y lateral aplicada en pasillos Escuela Gabriela Mistral, Aysén.



Figura 5.25. Iluminación bilateral aulas Escuela Gabriela Mistral, Aysén.



Figura 5.26. Iluminación multilateral Patio cubierto Escuela Gabriela Mistral, Aysén.

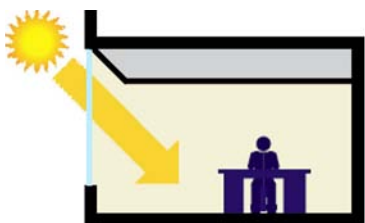


Figura 5.28. Estrategias para aumentar la iluminación al fondo del local.

5.3. Estrategias de transmisión de la luz natural

La transmisión de la luz natural está influenciada por las características de las aberturas tales como su posición, su dimensión, su forma y el material de transmisión utilizado en ellas.

Principio: Transmitir consiste en favorecer la penetración de la luz al interior del local, a través de los elementos arquitectónicos, la geometría y las estrategias de iluminación.

El principal elemento arquitectónico transmisor de la luz es la ventana. Ésta permite iluminar, ventilar naturalmente y obtener ganancias solares. De hecho, las condiciones de luz natural y el confort térmico están, a menudo en conflicto entre sí: cuanto mayor es el área de ventanas mayor es la cantidad de luz natural, pero también mayores es la pérdida y ganancias de calor, a menos que se introduzcan otros elementos para contrarrestar estos efectos.

Proporción de la ventana

Las aberturas en las fachadas son la componente más utilizada para transmitir la luz natural en edificios. El tamaño, forma y material que la conforman son elementos esenciales para la cuantificación y calificación de penetración de la luz en el edificio. Por lo general, la iluminación natural puede ser:

- Unilateral, cuando el local tiene aberturas en una de sus paredes.
- Bilaterales, cuando tiene aberturas sobre dos de sus paredes. La combinación de la iluminación cenital y lateral resulta excelente en cuanto a la distribución y uniformidad de la luz.
- Multilateral, cuando la sala tiene aberturas en tres de sus paredes. Se consigue una iluminación mayormente uniforme en el espacio.

La iluminación unilateral de un edificio establece un límite en la profundidad de su planta para permitir alcanzar una iluminación adecuada durante el día. Existe una regla básica que limita la

profundidad de la luz natural a 1,5 veces la altura de la ventana en relación al suelo. Esta profundidad puede ser incrementada al incorporar en la ventana una repisa de luz (light shelf), pudiendo extenderse la penetración de la luz a 2 veces la altura de la ventana. Esta regla base influye directamente en la profundidad de los espacios y en la altura de la ventana. Mientras más alta se ubica la ventana, mayor es la profundidad de la luz en el recinto, generando una mejor distribución de iluminación interior. (Figura 5.27)



Figura 5.2.7 Profundidad de la luz natural.

En edificios donde las ventanas están restringidas a una pared se recomienda aumentar el porcentaje de ventanas para lograr una mayor profundidad de la luz. La Tabla 5.2 presenta datos que recomiendan el porcentaje de ventanas mínimos en relación a la profundidad de una habitación con iluminación lateral en una sola pared.

Tabla 5.2. Superficies mínimas de ventanas cuando están restringidas a una pared.

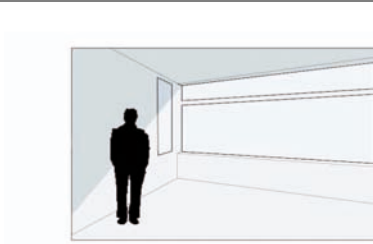
| Profundidad de la habitación desde la pared exterior (max.) | Porcentaje de la pared de la ventana visto desde el interior (min.) |
|---|---|
| <8 m | 20 % |
| ≥8 m 11 m | 25 % |
| >11 m ≤14 m | 30 % |
| >14 m | 35 % |

En el caso de la iluminación unilateral se puede elevar el aporte de luz por medio de diferentes estrategias tales como elevar el techo en el perímetro o inclinando el cielo hacia la pared interior logrando así que la luz tenga reflexiones adicionales a través del cielo del espacio. (Figura 5-28)

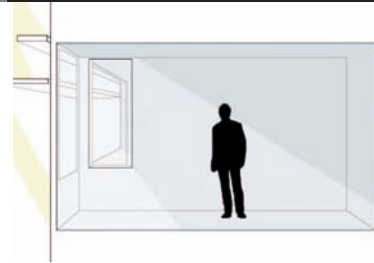
Mientras más elevada se encuentre la ventana más efectiva será la penetración de la luz. De esta forma se logra una distribución más uniforme de la luz, y por lo tanto, una mejor iluminación de fondo del recinto. A su vez, esto permite tener una fuente de luz por encima de la línea de visión que reduce el riesgo de deslumbramiento directo sobre las personas.

Con la finalidad de obtener un mayor beneficio de la luz natural, se muestran algunas claves para los edificios de oficina en relación al diseño de la ventana.

CLAVES



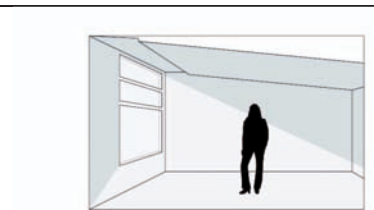
a- Ampliar el ancho de la ventana de pared a pared: los muros adyacentes reciben una mayor cantidad de luz y actúan como fuente de luz indirecta, lográndose una mayor penetración de la luz natural.



b- Ganar luz y vista creando una ventana en el muro divisoria: incrementa la luz día en el espacio entre un 50% a 60% más.



c- Alinear la ventana a cualquier muro divisorio: ayudará a maximizar la luz contribuyendo a obtener una iluminación más uniforme.



d- Elevar el cielo junto a la ventana hacia el perímetro: permite una mayor penetración de la luz.



Figura 5.29. Esquema que muestra la energía incidente en un cristal, la energía reflejada, absorbida, irradiada y transmitida hacia el interior.

Características de los cristales

La radiación solar incide sobre un vidrio, una parte es reflejada hacia el exterior, otra es transmitida hacia el interior y la restante es absorbida por la masa del vidrio (Vásquez, 2006) (Figura 5.29).

Para la transmisión de la luz natural a través de los vidrios debemos considerar en su elección dos factores:

- Transmisión luminosa (TL): coeficiente que expresa el porcentaje de luz natural que deja pasar el cristal. A mayor coeficiente mayor cantidad de luz pasa a través del cristal.
- Factor solar (FS): energía térmica total que pasa a través del acristalamiento por consecuencia de la radiación solar, por unidad de radiación incidente. Mientras su valor es menor tendremos menos ganancias solares.

La importancia de estas dos magnitudes radica en que a menudo se requiere que un cristal permita la máxima transmisión de luz con una baja transmisión de calor radiante solar; es decir, que el vidrio tenga una alta transmisión luminosa con el mínimo de factor solar posible. En la Tabla 5.3 se entregan algunos valores de referencia de los diferentes tipos de cristales. (IDAE, 2005)

Tabla 5.3. Valores más típicos para diferentes tipos de vidrios.

| Grupo | Tipo | Vidrio (mm) | Cámara Aire (mm) | Coefficiente Transmisión luminosa | Factor solar |
|-------------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------------------|--------------|
| Simple | Claro | 3 | | 0.90 | 0.89 |
| | | 4 | | 0.89 | 0.85 |
| Doble | Claro-Claro | 4 | 6 | 0.79 | 0.77 |
| | | 4 | 12 | 0.79 | 0.77 |
| | | 4 | 18 | 0.79 | 0.77 |
| | | 6 | 6 | 0.88 | 0.72 |
| Doble reflectante | Claro | 6 | 12 | 0.55 | 0.30 |
| | Plata | 6 | 12 | 0.30 | 0.32 |
| | Verde | 6 | 12 | 0.23 | 0.21 |
| | Gris | 6 | 12 | 0.14 | 0.21 |
| Doble Bajo emisor | Claro | 4 | 6 | 0.77 | 0.65 |

Los vidrios transparentes proporcionan una elevada transmisión de luz natural pero también permite que una elevada proporción de calor radiante solar pase al interior del espacio. En el caso de los vidrios tintados en masa, son aquellos cuya formulación de vidrio transparente es modificada añadiendo pequeñas cantidades de material adicional para conformar un vidrio que tiene diferentes características de transmisión de luz y de calor radiante solar con diferentes colores. Esto significa que mientras más grueso es el vidrio menor será la transmisión luminosa y de calor radiante total. Los colores típicos son verde, gris, azul. También tenemos vidrios revestidos y modificados en su superficie para mejorar las propiedades de reflexión de la superficie tratada y reducir así la transmisión de calor solar del vidrio. Éstos también tienen emisividades superficiales modificadas que dan como resultado características de aislamiento térmico mejorado. Los vidrios decorativos con diseño y textura son fabricados en el proceso de laminación con rodillos metálicos, uno de los cuales tiene el diseño requerido grabado en él. De este modo pueden aplicarse diseños pesados y texturas ligeras.

CLAVE:

El objetivo es maximizar la transmitancia de la luz (TL) mientras se mantiene un bajo coeficiente de factor solar y conducción térmica (U).

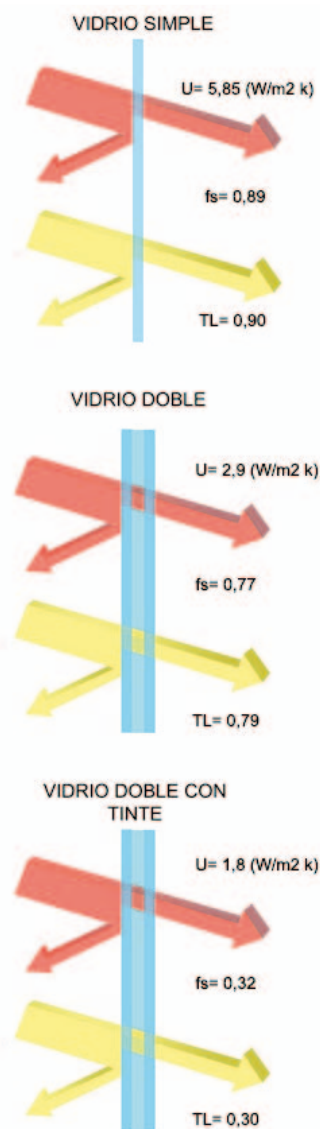


Figura 5.30. Diagrama energético de diferentes tipos de vidrios.

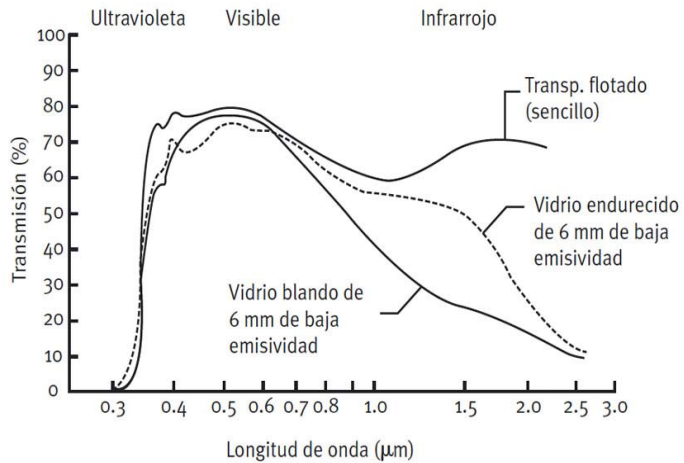


Figura 5.31. Comportamiento del vidrio transparente a la radiación.

En el diseño de una ventana es igualmente importante tomar en cuenta el tipo de marco que dará forma a la estructura de la ventana. Por lo general los marcos reducen el área de superficie vidriada y pueden alterar la visión al exterior, y como consecuencia pueden disminuir la cantidad de luz recibida en el interior del recinto. En el caso de considerar un marco fijo, dicha estructura es delgada lo que permite un mejor aprovechamiento de la luz. Sin embargo, si se requieren ventanas que se abran para satisfacer las necesidades de ventilación, se deberán cuidar la modulación y el material que se elija. (Figura 5.32)

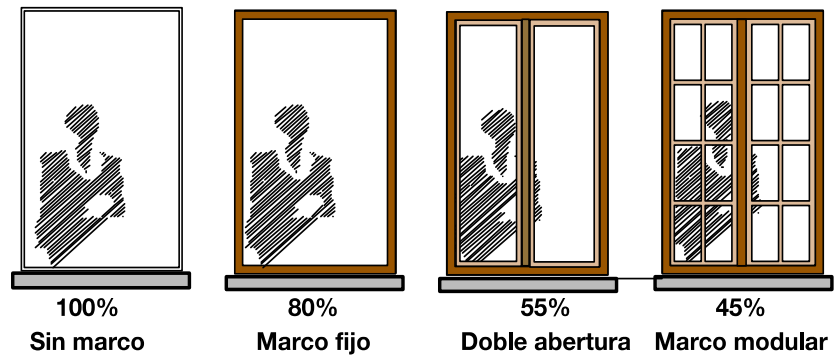


Figura 5.32. Variaciones del porcentaje de área vidrio con diferentes marcos.

5.4. Estrategias de distribución de la luz natural

La repartición de la luz representa un factor clave para asegurar una buena calidad de iluminación. Una distribución armónica de la luz en el interior de un edificio puede ser promovida a través de diferentes factores tales como: los elementos de distribución de luz, la repartición de las aberturas, las características de las superficies interiores y finalmente la organización del espacio interior.

Principio: Distribuir la luz natural consiste en dirigir y transportar los rayos luminosos de manera de crear una buena repartición de la luz al interior de un recinto.

Elementos de distribución de la luz

La luz natural en un recinto puede entrar de manera directa o indirecta. La luz directa presenta el inconveniente de generar posibles riesgos de deslumbramiento y su repartición luminosa en el espacio es muy irregular debido a la dinámica propia de la luz natural (Figura 5.33).

En el caso de la luz indirecta su distribución luminosa es más homogénea ya que se utilizan las reflexiones de los rayos luminosos sobre una o más superficies. Este tipo de iluminación genera una protección contra el deslumbramiento y frecuentemente una repartición luminosa muy uniforme (Figura 5.34).

Estos dos modos de iluminación pueden estar combinados, creando una iluminación directa-indirecta, una combinación de abertura directa a la luz natural y un elemento que genere una de iluminación indirecta, por ejemplo puede resultar una buena estrategia utilizar una iluminación de fachada con una ventana lateral más una repisa de luz.

En la organización interior de un edificio es importante considerar zonas de distribución luminosa que permitan repartir la luz natural hacia otros lugares del edificio. Existen elementos arquitectónicos que pueden ser incorporados desde el inicio del proyecto, algunos de ellos se describen a continuación:

Repisas de luz

Para intentar delimitar los problemas ocasionados por una mala distribución luminosa en un espacio podemos emplear ciertos elementos arquitectónicos que favorecen la penetración y distribución de la luz tales como: las repisas o estantes de luz.

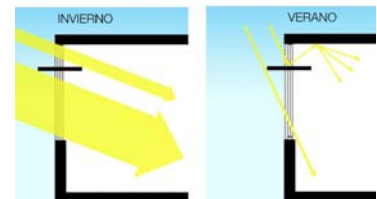
Las repisas son elementos generalmente colocadas horizontalmente en la ventana por encima del nivel de los ojos, las cuales



Figura 5.33. Luz directa, haces de luz Banco de Chile, Santiago.



Figura 5.34. Luz indirecta- cafetería Edificio de Terminal de pasajeros Aeropuerto Desierto de Atacama, Copiapó Región de Atacama.



CLAVES PARA UNA REPISA DE LUZ

Las repisas de luz son más eficientes con luz solar directa.

El polvo en la repisa de luz degrada la iluminación, por lo que deben ser limpiados con regularidad.

La instalación apropiada durante la construcción es necesaria para asegurar que haya rotura de puente térmico que se crean.

Cuando se combinan elementos de sombra con repisas de luz en el interior debemos considerar la separación de estos dos elementos para no generar puentes térmicos.

No utilizar repisas de luz hacia el sur, no trae ningún beneficio.

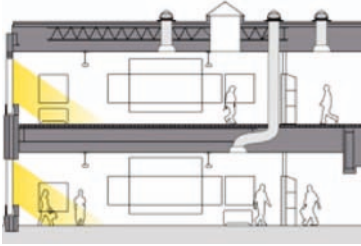


Figura 5.35. Esquema de aplicación de túneles solares.



Figura 5.36. Atrio Centro Cultural Palacio de la Moneda, Santiago.

La cantidad de luz natural en un atrio depende de:

- su orientación
- sus dimensiones y proporción
- de la inclinación de la cubierta
- de la transmisión luminosa de los cristales
- el coeficiente de reflexión de las superficies interiores



Figura 5.37. Patio translúcido, edificio Núcleo Banco de Chile, Santiago.

se dividen en una sección superior y otra inferior. Estas permiten aumentar la iluminación en el fondo del recinto. Su función es reflejar la luz que incide sobre ella hacia la superficie del techo interior logrando una mayor penetración de la luz y una distribución más uniforme. Al mismo tiempo protegen las zonas inferiores próximas a la ventana contra la radiación solar directa proporcionando sombra en verano.

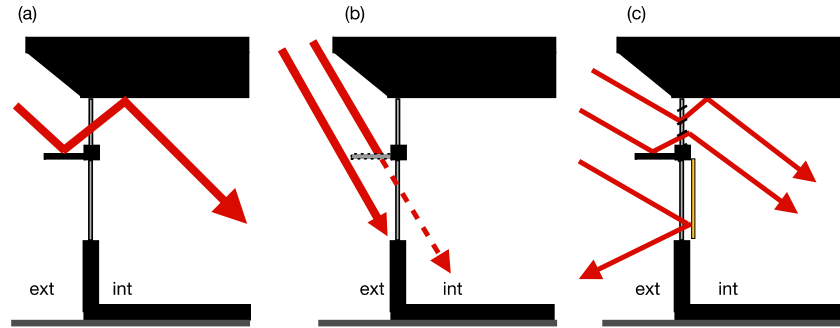


Figura 5.38. (a) Repisa de luz exterior monolítica; (b) Repisa de luz con una estructura tipo celosía; (c) Repisa de luz más celosías en la parte superior de la ventana y cortina interior en la parte inferior de la misma.

En el diseño y aplicación de una repisa de luz se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) En relación a su ubicación su instalación es más efectiva en el lado Norte del edificio donde se tiene una gran cantidad de luz solar directa incidente.
- b) Si el objetivo es hacer entrar más luz, se sugiere elegir un material reflectante para la parte superior de la repisa. La luz incidente es refleja y golpea en el cielo interior y rebota hacia el interior de la habitación.
- c) La luz del sol es reflejada desde la parte superior de la repisa hacia el interior a través del cielo. Se sugiere aumentar el coeficiente reflexión del cielo interior, a un coeficiente de reflexión mayor al 70%.

Túneles solares

Son elementos que transportan la luz difusa del cielo desde la techumbre o fachada hacia un recinto profundo para incrementar los niveles de iluminación. Se producen múltiples reflexiones sobre las superficies reflejantes de su interior con la finalidad de intensificar la radiación solar incidente (Figura 5.35).

Atrios

Permiten la distribución de la luz natural a otros espacios interiores contiguos a él que no tiene acceso a luz natural. Sus acabados interiores deben tener un coeficiente de reflexión elevado para lograr una mayor distribución de la luz. Además permiten evitar el deslumbramiento de los recintos adyacentes (Figura 5.36).

Es una configuración interesante para los edificios muy grandes ubicados en zonas de alta densidad urbana. Estos pueden organizarse de manera central, integrado o lineal. Además tiene ventajas térmicas pues evitan las pérdidas de calor de los espacios circundantes (Figura 5.39).



Figura 5.39. Esquemas de organización del atrio en el edificio.

Forma de la ventana

La forma de las ventanas influye en la repartición luminosa. En el caso de una ventana continua la distribución de la luz será de manera homogénea en el espacio. En el caso de disminuir el tamaño de la ventana y tener más de dos ventanas la iluminación se vuelve menos uniforme creándose zonas de contraste entre ellas (Figura 5.40).

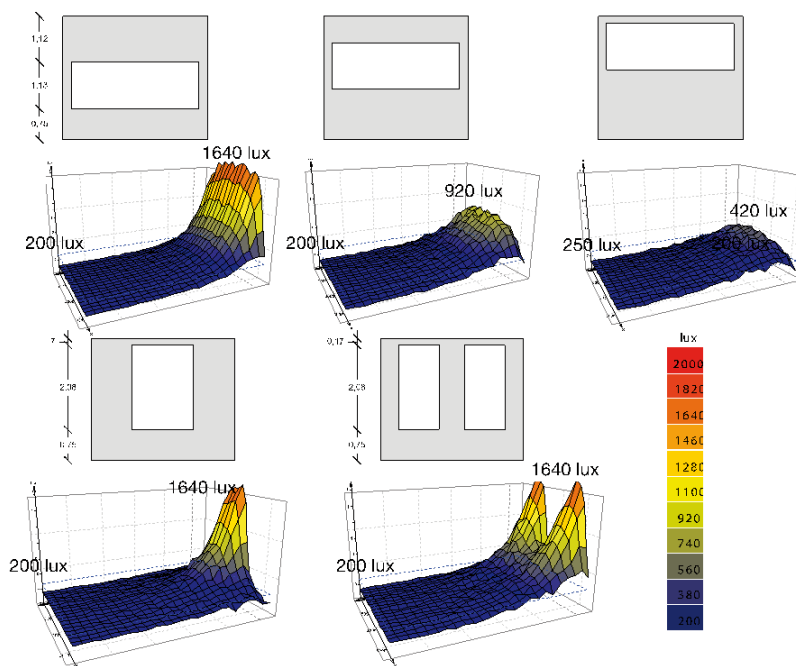


Figura 5.40. Distribución luminosa de diferentes formas de ventanas.

Características de las superficies interiores

La característica de las superficies interiores, su material, color y textura, influyen directamente en la reflexión y distribución de la luz. La capacidad de reflejar la luz se mide por el coeficiente de reflexión

CONSEJO:

En relación a la forma de la ventana para prevenir el deslumbramiento se recomienda preferir una gran ventana que varias ventanas pequeñas. Con una gran ventana la luz natural ocasiona menos riesgo de tener deslumbramiento debido a que aumenta el nivel de adaptación del ojo y disminuye el contraste de luminancia en el campo visual.

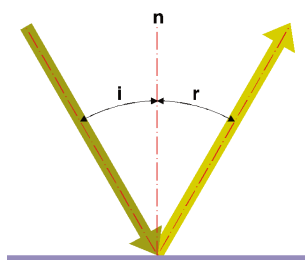


Figura 5.41. Reflexión especular

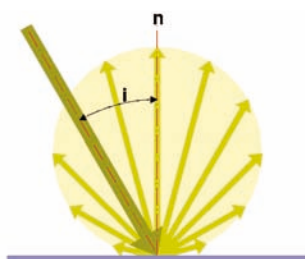


Figura 5.42. Reflexión difusa

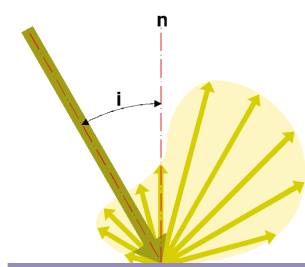


Figura 5.43. Reflexión dispersa

CLAVES:

*No utilizar grandes áreas de color oscuro: impiden la penetración de luz natural y causan deslumbramiento cuando se ve junto a superficies brillante.

*Trabaje con reflectancias recomendadas, para el caso oficinas utilizar:

- Cielo : > 70%
- Muros : 50 - 70%
- Pisos : 20 - 40%
- Muebles : 25 - 45%

basado en una escala de 0 al 100, donde 0 corresponde a la luz totalmente absorbida (color negro) y es 100 cuando la totalidad de la luz es reflejada (color blanco). La textura influye directamente en el grado de dispersión de la luz.

Hay tres parámetros para describir los grados de reflexión de la luz de las superficies más comunes:

- Reflexión especular: permite ver la imagen exacta de la fuente. Las superficies brillantes reflejan una dispersión próxima al máximo en la dirección de reflexión especular, en aquellos materiales es interesante la manera en que estos ayudan a redirigir la luz y a transportarla a lugares donde se requieren importantes aportes de luz natural. Los espejos pueden caracterizarse mediante su coeficiente de reflexión especular (Figura 5.41).
- Reflexión difusa: permite difundir la luz de manera homogénea, más uniforme. Estos materiales son ideales para lugares de trabajo donde es importante mantener una iluminación constante, sin focos de deslumbramiento. Las superficies mate, tales como pinturas mate pueden ser descritas mediante su coeficiente de reflexión difusa (Figura 5.42).
- Reflexión difusora o dispersa: tenemos las superficies de baja y de alta dispersión. Las superficies de baja dispersión reflejan la luz de un modo más suave que los espejos; las superficies de alta dispersión permiten poco control de la reflexión de la luz pero pueden proporcionar protección contra el deslumbramiento (Figura 5.43).

Tabla 5.4. Valores reflectancias de superficies interiores.

| COLORES | REFLECTANCIA | MATERIALES | REFLECTANCIA |
|-------------|--------------|----------------------|--------------|
| Blanco | 0,70 – 0,85 | Pintura blanca nueva | 0,65 – 0,75 |
| Amarillo | 0,50 – 0,75 | Hormigón | 0,25 – 0,50 |
| Azul | 0,40 – 0,55 | Ladrillo claro | 0,45 – 0,50 |
| Verde | 0,45 – 0,65 | Ladrillo oscuro | 0,30 – 0,40 |
| Rojo | 0,30 – 0,50 | Mármol blanco | 0,60 – 0,70 |
| Granito | 0,15 – 0,25 | Madera | 0,25 – 0,50 |
| Marrón | 0,30 – 0,40 | Espejos | 0,80 – 0,90 |
| Gris oscuro | 0,10 – 0,20 | Acero pulido | 0,50 – 0,65 |
| Negro | 0,03 – 0,07 | Vidrio reflectante | 0,20 – 0,30 |
| | | Vidrio transparente | 0,07 – 0,08 |

Una elección efectiva de los acabados interiores puede mejorar sustancialmente el rendimiento de la luz natural. Se entregan algunas recomendaciones para ser aplicados en edificios de oficinas:

- Los muros claros pueden lograr una distribución más homogénea de la luz en el espacio, en relación a los muros

oscuros. Éstos disminuyen el contraste entre la luminancia de los muros interiores y la claridad exterior creando beneficios en relación al confort visual.

- La pared que enfrenta la ventana perimetral puede desempeñar un papel crucial al recibir y reflejar la luz natural, si tiene un coeficiente de reflectancias alto reflejará la luz necesaria para equilibrar el brillo producido al ver a través de las ventanas del perímetro.
- Los acabados interiores de las superficies pueden ser una herramienta poderosa en la percepción del brillo y luminosidad dentro de los espacios interiores. Esto significa que si el perímetro de la zona es mucho más brillante que la zona interior, el espacio tiende a ser percibido más oscuro, producto que fisiológicamente nuestros ojos tienden a ajustarse en relación al área más brillante dentro del espacio interior.
- La disposición de los tabiques y las aberturas entre las partes, al interior de un edificio, son clave para una distribución de la luz. Utilizar tabiques transparentes o translúcidos y bajos favorecerá a una mejor distribución de la luz. De igual manera utilizar materiales translúcidos en los elementos de circulación favorecerá la distribución de la luz de un espacio a otro. (Figura 5.44)
- En la organización espacial de los puestos de trabajo en oficinas utilizar elementos divisorio bajos que no obstruyan el paso de la luz proveniente de la ventana (Figura 5.45).



Paneles altos impiden la penetración de la luz



Paneles bajos favorecen la penetración de la luz

Figura 5.45. Organización entre las partes en una oficina.



Figura 5.44. Tabiques translúcidos, Edificio Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas Antofagasta.



Figura 5.46. Alero horizontal, Contraloría de Temuco.

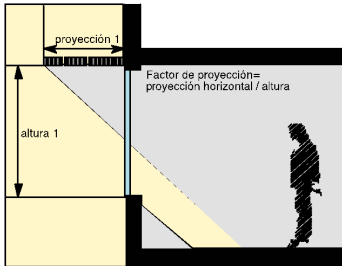


Figura 5.47. Dimensionamiento Alero horizontal.



Figura 5.48. Aplicación de Cortasoles horizontal exterior, Universidad Santo Tomás, Santiago.

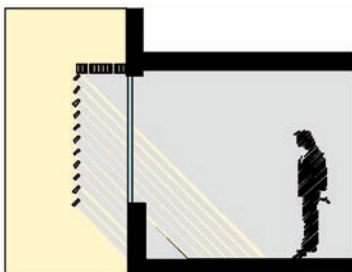


Figura 5.49. Esquema de quiebra vista horizontal.

5.5. Estrategias de protección solar

Las ganancias solares son un beneficio importante durante la estación invernal, no así en la época de verano, ya que sumado a las ganancias internas se produce sobrecalentamientos en el interior de los edificios provocando incomodidad a los usuarios. Por tanto es esencial disponer protecciones solares que permitan evitar las ganancias excesivas por radiación solar y evitar posibles focos de deslumbramiento en el campo visual de los ocupantes. Es más simple, razonable y económico evitar que se sobrecaliente a través de estrategias de protección solar pasivas.

Principio: protegerse de la luz natural consiste en detener parcial o totalmente la radiación solar cuando ésta presenta características negativas para la utilización del espacio, evitando así el deslumbramiento y el sobrecalentamiento de los espacios interiores..

Para evitar el sobrecalentamiento se recomienda utilizar dispositivos de protección exterior que bloquee los rayos evitando la penetración del calor. Al no tener dispositivos de protección la limitación del sobrecalentamiento dependerá del tipo de cristal y el factor solar asociado con él.

En el caso de requerir protecciones por deslumbramiento, es importante distinguir la causa principal; si es la radiación solar directa o la radiación solar difusa. Para detener la radiación solar directa son preferibles las protecciones solares opacas. Los materiales translúcidos como vidrios con tinte o cortinas muy claras pueden convertirse en una fuente de deslumbramiento secundario al incidir el sol directamente sobre ellos.

Las estrategias de protección solar dependen directamente de la orientación de la fachada a proteger, es por ello esencial para su diseño, comprender las diferentes posiciones del sol en un lugar determinado, utilizando las cartas solares para cada zona climática de Chile.

Una estrategia de protección solar pensada desde el inicio del proyecto puede ser fundamental para la formalización de la arquitectura, donde se puede utilizar elementos estáticos simples (voladizos o marquesinas), elementos móviles (celosías, persianas, cortinas) o dispositivos que combinan ambos elementos.

Protecciones solares exteriores fijas

Para el diseño de las protecciones solares exteriores debemos considerar que el porcentaje de protección de la ventana dependerá de la altura del sol, la posición de la protección del sol en relación a la ventana, la relación entre la longitud de la protección y la altura de la ventana. Es igualmente importante considerar que debemos evitar los puentes térmicos de su estructura.

Los Aleros horizontales exteriores fijos consisten en un plano horizontal sobre la ventana que permite en verano detener la radiación solar directa (cuando el sol está alto) y obtener las ganancias solares en invierno (cuando el sol está bajo). Estos tienen la ventaja de no bloquear la visión al exterior y la desventaja de generar una disminución permanente de la iluminación natural. Son más efectivos en la orientación norte; en el caso de las orientaciones noreste y noroeste estas protecciones requieren mayores longitudes. (Figura 5.47, Figura 5.48, Figura 5.49)

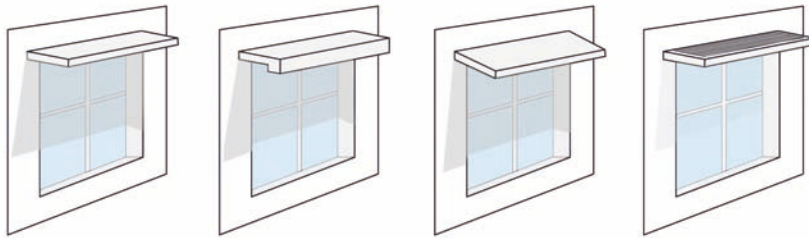


Figura 5.51. Esquema de organización Aleros horizontales exteriores fijos.

Los cortasoles, quiebra vista o celosías son enrejados de pequeños listones, generalmente de madera o hierro, que se colocan en las ventanas y otros huecos análogos para poder ver a través de ellos sin ser vistos. Su eficacia y efecto final depende del tamaño, distanciamiento y orientación de las láminas que conforman el elemento de protección. Con ellos es posible limitar la penetración solar directa; desde el punto de vista térmico detienen la radiación solar antes de que alcance el vidrio, sin embargo, las ganancias solares son limitadas incluso en invierno. Hay que considerar además que reducen las vistas al exterior permanentemente. (Figura 5.53)

En cuanto al sentido de las celosías, por lo general, se recomienda utilizar celosías verticales para las orientaciones este-oeste.

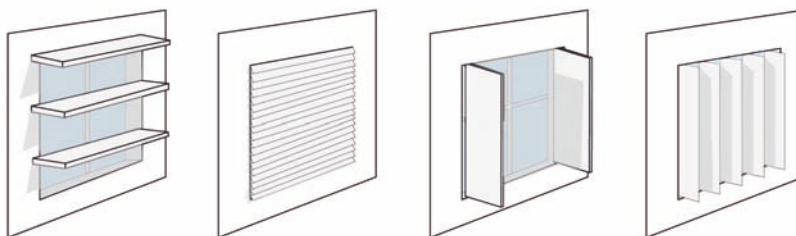


Figura 5.52. Esquema de organización cortasoles, quiebra vista o celosías horizontales y verticales.

Existen aplicaciones de dispositivos de control solar a través de cristales con un factor solar bajo, mientras menor es el factor solar tendremos menos ganancias solares. Este tipo de protección contra el sol tiene la ventaja que no bloquea la vista al exterior y disminuye en un bajo porcentaje el paso de luz natural. (Figura 5.54).



Figura 5.50. Protecciones solares, Edificio Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas Atacama, Copiapó

OBJETIVO:

- Limitar el deslumbramiento.
- Disminución del sobrecalentamiento.
- Suspensión de la insolación directa.



Figura 5.53. Quiebra vista aplicado en edificio Duoc de Puente Alto, oficina Sabbagh Arquitectos.



Figura 5.54. Protección solar a través de cristales con bajo factor solar. Edificio Duoc, Santiago.



Figura 5.55. Dispositivos de protección solar interior en corredor de luz, Galería Comercial, Santiago.



Figura 5.56. Aplicación celosía móviles, Edificio de la Organización Internacional del Trabajo, Santiago.



Figura 5.57. Toldos Exteriores Verticales, Edificio Carlos XII de los Arquitectos de la Oficina Rodrigo Larraín.

Protecciones interiores fijas

Las protecciones solares interiores actúan como pantallas difusoras y ayudan a una mejor distribución de la luz en el interior, filtran la luz y mitigan el calor que no ha sido controlado con protecciones exteriores, para así asegurar el confort visual y térmico de los usuarios.

Existe una gran variedad de aplicaciones interiores, las más eficientes desde el punto de vista lumínico son las pantallas difusoras que son aplicadas para controlar la penetración solar en atrios, claraboyas y lucernarios. (Figura 5.55)

Para este tipo de protecciones se debe realizar un análisis detallado de la trayectoria solar y sus proyecciones para lograr una dimensión adecuada de los elementos que la conforman (Figura 5.58).

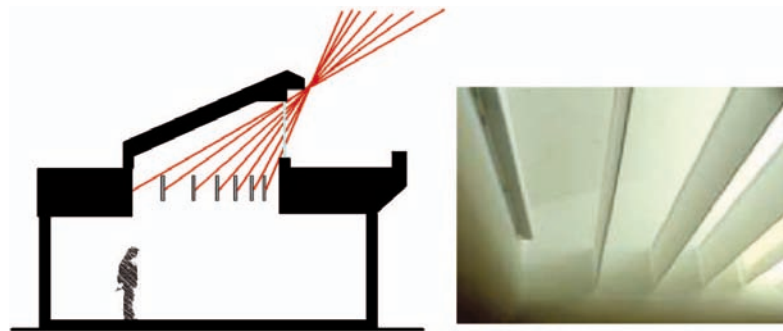


Figura 5.58. Esquema de diseño de protecciones solares interiores y efecto luminoso.

Protecciones solares móviles

Estas protecciones pueden ser adaptadas en función de la posición del sol y de las necesidades de los ocupantes. Su principal inconveniente es en relación a la manipulación y uso por parte de los ocupantes.

Este tipo de protecciones, al estar cerradas, tienen una baja transmisión luminosa, sin embargo, al tenerlas inclinadas favorecen la distribución luminosa en el recinto. Éstas permiten disminuir el

deslumbramiento cerca de la ventana y difunden la luz al interior del recinto

En función de la inclinación de las láminas es posible mantener la vista al exterior. Este tipo de protecciones puede ser ubicado al exterior, al interior o entre cristales. La eficacia de los diferentes tipos de protecciones móviles dependen en gran medida del conocimiento del usuario y los controles automatizados para su funcionamiento.

Protecciones móviles exteriores se recomienda considerarlas como parte de la geometría de la fachada, ya que tienen un impacto estético significativo en su composición (Figura 5.56, Figura 5.57, Figura 5.59).

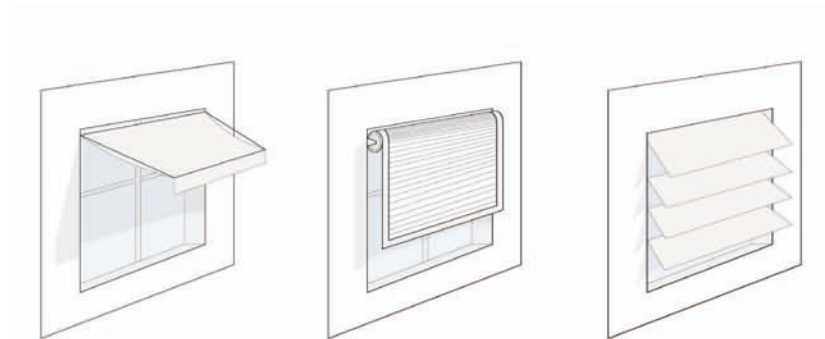


Figura 5.59. Tipos de protecciones solares utilizadas en el exterior.

Protecciones solares móviles interiores al ubicarlas al interior ofrecen una débil protección al sobrecalentamiento siendo desfavorable para el confort térmico, sin embargo, son favorables para el confort visual y estética del espacio. (Figura 5-60, Figura 5-61, Figura 5-62)

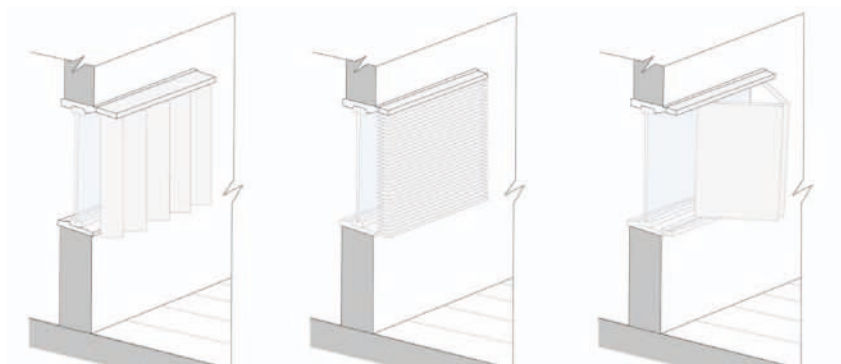


Figura 5.60. Tipos de protecciones solares interiores.

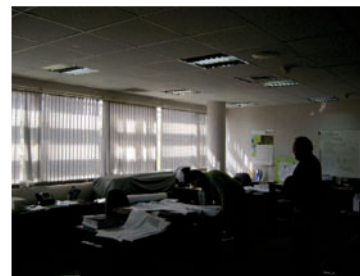


Figura 5.61. Cortinas oficinas.

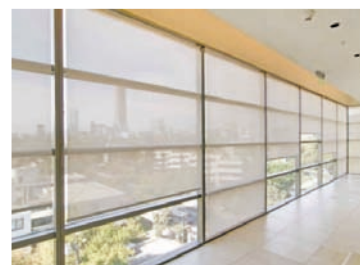


Figura 5.62. Cortina Roller al interior clínica Indisa, Santiago.

5.6. Estrategias de control de la iluminación

Las estrategias de control de la iluminación están referidas a los sistemas de control de la luz artificial en función de la luz natural disponible que integran el comportamiento dinámico de la luz.

Principio: consiste en generar la cantidad y distribución de luz artificial en un espacio en función la luz natural disponible, a partir de las necesidades de los ocupantes..

Hay tres objetivos principales para el empleo de sistemas de control de alumbrado artificial en respuesta a la luz natural; conseguir un ahorro de energía, lograr economizar en costo de las instalaciones y conseguir el confort visual de los usuarios.

En relación al ahorro de energía, en los edificios utilizando luz natural se puede conseguir una disminución de los niveles iniciales de iluminación en nuevas instalaciones, que generalmente están “sobredimensionadas” al no considerar la regulación de flujo en relación a los aportes de luz natural durante la jornada. Además, se puede conseguir una reducción de la carga de refrigeración (disminución ganancias internas) ya que se produce menos calor como consecuencia de la disminución de la potencia instalada en iluminación artificial.

En relación a la economía de costo, los sistemas de control que responden a la luz natural bien diseñados pueden dar como respuesta una disminución en la demanda en las horas de alta demanda. Sistemas económicos y simples con control del alumbrado en respuesta sólo a la luz natural ofrecen, por tanto, un periodo de retorno razonable. A su vez, es importante la aceptación del sistema por parte del usuario, ya es un aspecto económico indirecto.

En relación al confort de los usuarios, un sistema de control de la iluminación puede mejorar el confort, permite equilibrando las relaciones de luminancia en el recinto, específicamente en el campo visual. Se afirma que existe una correlación entre el confort del usuario y la productividad, que hacen de la aceptación y confort también sean elementos económicos importantes.

Podemos dividir las soluciones de control de la luz natural en dos categorías:

- Zonificación de la instalaciones de iluminación artificial en función de la luz natural disponible.
- Regulación del flujo de la iluminación artificial en función de la presencia de la luz natural.

Se recomienda proporcionar sistemas de gestión automatizada de la iluminación artificial en edificios de oficinas, teniendo en cuenta las diferentes áreas de uso. Los sistemas de gestión más efectivos en términos de energía son los que incorporan un sistema de control de flujo luminoso entregado por las lámparas en complemento

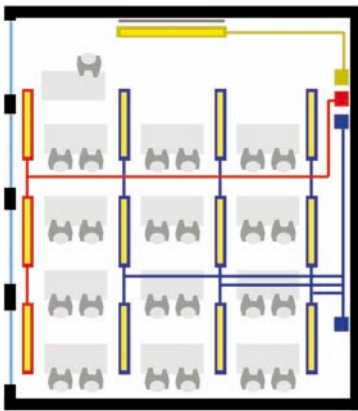


Figura 5.63. Zonificación del sistema de iluminación en una sala de clases.

de la luz natural disponible considerando también la presencia de ocupantes.

Zonificación de la instalación de iluminación

La zonificación consiste conectar la iluminación individualmente en varios sectores. Así, las diferentes partes del edificio pueden ser selectivamente iluminadas en función de la iluminación natural (o entrada de luz), o de acuerdo a las áreas que tengan la misma actividad o los mismos períodos de ocupación. (Figura 5-63).

Sistemas de control de la iluminación.

Los sistemas de control para la iluminación en respuesta a la luz disponible, son sistemas que actúan automáticamente controlando la iluminación artificial en función de la luz natural disponible en el espacio. Este sistema se espera que mantenga el nivel de iluminancia en el nivel seleccionado por el usuario para la tarea que esta requiera. Es importante mantener su funcionamiento solo durante el tiempo de ocupación evitando que permanezca funcionando si no hay ocupación del edificio.

Además estos pueden funcionar sobre diferentes parámetros de la instalación de iluminación, estos son:

- El nivel de iluminación (iluminancia/luminancia) (cantidad de luz, regulación de flujo luminoso).
- La distribución de luz (control direccional).
- La distribución espectral (el color).

El principio de sistema de control es la modularidad: instalación de un sistema de forma escalonada, partiendo de los módulos más básicos para llegar a los más complejos, buscando, además de la instalación de iluminación, que ésta se integre con el resto de las instalaciones de un edificio.

Regulación del flujo de la iluminación

La mayoría de los sistemas de regulación que responden a la luz natural miden la combinación de la luz natural y el alumbrado artificial con un detector de luz montado en el techo o montado en la luminaria.

Los sistemas de bucle cerrado, consiste en un detector que “mira” o se orienta hacia abajo, hacia el plano de trabajo. La salida del detector es una medida de luz que se refleja hacia el techo desde el plano de trabajo y los alrededores inmediatos. Por tanto, el sistema de control no funcionará adecuadamente si:

- Hay una fuente de luz (por ejemplo una luminaria indirecta) que brilla directamente sobre el detector.
- El detector está bloqueado por objetos (por ejemplo, paneles divisorios, estanterías con libros, plantas, etc.).

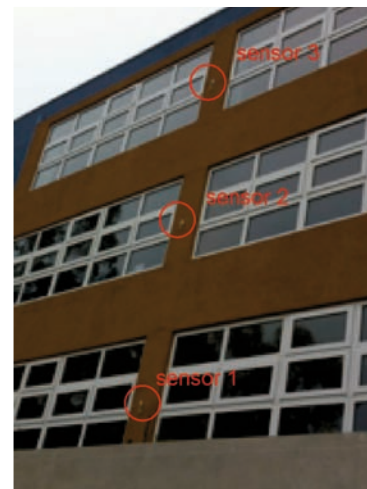


Figura 5.64. Sensores exteriores instalados en Colegio Almondale Valle Noble, Concepción.

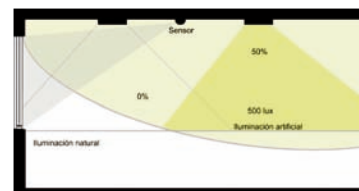


Figura 5.65. Esquema de aplicación de un sistema de regulación de la iluminación en presencia de luz natural

Los sistemas de control de bucle abierto que responden a la luz natural determinan la contribución de la luz natural al alumbrado en una sala midiendo el nivel de luz natural fuera del edificio y/o desde el interior de la sala y controlan el alumbrado artificial utilizando algoritmos predeterminados.

El detector exterior está situado en el tejado o en la fachada. No debe haber objetos sombreados u objetos muy reflectantes “vistos” por el detector, ya que no influyen por igual sobre la contribución de luz natural en todas las partes del edificio. (Figura 5-64)

El detector interno tendrá que “ver” sólo la ventana, por ello la mayor parte de las veces estará montado cerca del techo, “mirando” a la ventana. Debe tenerse cuidado de que no haya obstáculos o superficies reflectantes entre el detector y la ventana (Figura 5-65).

5.7. Integración en el proceso de diseño

El objetivo final es lograr que a través de la organización de los recintos y funcionalidad de las plantas podamos lograr mejores condiciones de confort lumínico para los ocupantes. Por medio de conseguir minimizar la profundidad de las plantas, es decir, intentar disminuir la distancia del núcleo de la planta al perímetro. A su vez, maximizar el acceso a las ventanas para la mayor cantidad de espacios ocupados. Para lo cual a continuación se entregan algunas recomendaciones a ser aplicadas en el proceso de diseño:

- 1) Elección de las estrategias de captación:
 - a) Elección y análisis lugar de emplazamiento del edificio.
 - b) Consideraciones de obstáculos exteriores.
 - c) Consideraciones de la orientación del edificio.
 - d) Elección de la forma y dimensión del edificio.
- 2) Elección de las estrategias de distribución :
 - a) Comprobación de la profundidad del recinto en relación con la línea sin cielo y regla simple de profundidad de la luz natural.
 - b) Reconocer y evaluar las diferentes zonas de iluminación:
 - zona de luz primaria: se extiende en la profundidad del espacio y corresponde a 1,5 veces la altura de la ventana (distancia desde el suelo hasta la parte superior del cristal). La anchura de la zona luz del día corresponde al ancho de la ventana 60 cm en cada lado.
 - zona de luz secundaria: se extiende desde el final de la zona primaria más una altura adicional de la ventana en el espacio.
 - c) Estudio de las características de las superficies del recinto en relación a los materiales de terminación elegidos:

- reflectancias de elementos exteriores al recinto (en el caso que tengan incidencia lumínica) y de las superficies interiores que configuran el espacio (paredes, cielo y suelo).
- 3) Estrategias de transmisión: elección del tipo de cristal por su coeficiente de transmisión luminosa (TL ó VT); tipo de perfiles o marcos de las ventanas (porcentaje de obstrucción de la luz exterior).
 - 4) Estrategias de protección: elegir dispositivos de protección apropiados para el control del deslumbramiento y la ganancia solar en relación a cada zona climática.
 - 5) Estrategias de control: decisión sobre la mejor estrategia de control y regulación de la luz artificial en función de la luz natural. Selección del sistema de iluminación artificial.
 - 6) Revisión de las implicaciones térmicas y de ventilación de las estrategias de iluminación aplicadas.
 - 7) Evaluación y análisis de las zonas propuestas o recintos más importantes de cada edificio, se plantea como mínimo una verificación de:
 - a) La contribución de luz día.
 - b) Los niveles de iluminancia (lux).
 - c) La uniformidad de la iluminación.

Recomendaciones organización oficinas

Se describen algunas consideraciones para la organización espacial interior en edificios de oficinas numeradas a continuación:

1. Para la organización espacial se recomienda localizar las estaciones de trabajo de planta abierta junto a las ventanas. Utilizar paneles divisorios de materiales translúcidos entre cada puesto de trabajo para que la luz natural penetre profundamente en el edificio.
2. Igualmente, en relación a la organización espacial, localizar los pasillos entre las estaciones de trabajo de planta abierta y oficinas privadas para utilizar la luz derramada, y así minimizar en luz artificial para los pasillos
3. Se sugiere disponer las oficinas privadas en relación a las orientaciones este y oeste, ya que por lo general, para estas orientaciones se requiere un control individual de las protecciones solares.
4. Para la elección de colores utilizar colores claros de acabado mate. Estos ayudan a promover inter-reflexiones y permiten un mejor aprovechamiento de la luz natural, al mismo tiempo de la luz artificial.
5. Para los sistemas de control de la iluminación artificial, se recomienda incluir sistemas con dimer en las oficinas

abiertas, interruptores de tiempo (relojes) en los pasillos y sistemas de detección de personas en oficinas privadas y salas de conferencias.

6. En relación al diseño de las aberturas, se sugiere que las ventanas se dispongan alineadamente con cualquiera de los muro divisorios del espacio en cuestión. Con la finalidad de asegurar que la luz natural sea maximizada y los niveles de luz se distribuyen uniformemente en él.

Glosario

Altitud: El ángulo entre el plano horizontal y una dirección específica en altura. Es común usar este término para describir las direcciones que apuntan hacia la ubicación o translación solar.

Azimut: Ángulo relativo a la dirección norte. A veces se presentan en relación con el sur.

Brillo: Sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por un área determinada. Corresponde con la luminancia.

Confort visual: El confort visual se consigue cuando se está en condiciones de realizar las tareas visuales de una manera fácil y rápida. Éste se considera una contribución al proceso productivo, aprendizaje y rendimiento en general. Por medio del diseño arquitectónico se debe proporcionar un entorno visual apropiado que logre equilibrar la cantidad y calidad de la luz en espacios interiores.

Contraste: Sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo visual. Usualmente se cuantifica como: $(L2-L1) / L1$

Deslumbramiento: La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado.

Entorno visual: Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

Factor solar (FS): Relación entre la cantidad total de energía, que entra en el edificio a través del cristal y la cantidad de energía solar incidente. Esta energía total es la suma de la energía solar que penetra por transmisión directa y la energía desprendida por el cristal hacia el interior como consecuencia de su calentamiento por absorción energética.

Iluminancia: Densidad de flujo luminoso en la superficie iluminada. Se mide en LUX. La luminancia a pleno sol de verano es de aproximadamente de 100.000 lux. Las luminancias recomendadas para los lugares de trabajo abarcan desde 200lux para las tareas de poca exigencia visual hasta 2.000.000 lux para las de elevada exigencia y minuciosidad. Símbolo: E

Luminancia: Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie. Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie. Unidad: cd/m². Símbolo: L

Lux: Unidad estándar de iluminancia de una superficie iluminada. Un lux es un lumen por metro cuadrado. Unidad: (lx) =lm /m²

Reflectancias: Coeficiente entre el flujo reflejado por una superficie y el flujo recibido: $\rho = \phi_{\text{refl}} / \phi_{\text{recib}}$

Transmisión luminosa: Coeficiente que expresa el porcentaje de luz natural que deja pasar el cristal (TL)

Bibliografía

British standard BS 8206-2. (2008). Lighting for buildings.

CIE-Commission Internationale de l'Eclairage. (1994). Spatial distribution of daylight –luminance distributions of various reference skies. Vienna.

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). (1994). Spatial distribution of daylight –luminance distributions of various reference skies. Vienna (Austria): CIE Publication.

Daylighting Desing. (2011). Retrieved 1 de 2011 from Xtralite-Rooflight: <http://www.xtralite.co.uk/designprinciples.asp>

De Herde, A., & Reiter , S. (2001). L'éclairage naturel de bâtiments. Architecture et climat, Faculté de Sciences Appliquées, Université catholique de Louvain.

EN12464-1, N. E. (2002). Luz y Alumbrado o Iluminación - Alumbrado de los puestos de trabajo- Parte 1: Puestos de trabajo en interiores. European Committe for Standardization CEN.

Illuminating engineering society of north. (2000). The IESNA Lighting Handbook. New York.

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), C. E. (2005). Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de Edificios. Madrid.

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), C. E. (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energetica para iluminación de oficinas. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) - Comité Español de Iluminación (CEI).

International energy agency. (2001). Application guide for daylight responsive lighting control:Task 21: Daylight in Buildings. Solar Heating & Cooling Programme.

Lash, D. (2004). Assessing the daylight transmittance of atria roofs in real buildings. PhD .

O'Connor, J. (1997). *Tips Of Daylighting*. University of California., The California Institute for Energy Efficiency(CIEE). California: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.

Piderit, M. B. (2011). *Daylighting Design Strategies for Visual Comfort in Classroom*. Université catholique du Louvain, Architecture et Climat.

Rea, M. (2000). *The IESNA Lighting Handbook*. New York: Illuminating Engineering Society of North America.

The society of light and lighting. (2009). *The SLL Lighting Handbook*. London, UK: Stones the Printers Ltd. www.stonestheprinters.co.uk.

Vásquez, C. (2006). *El Vidrio, arquitectura y técnica*. Santiago, Chile: Ediciones ARQ.

6. Diseño acústico

Los edificios construidos se pueden evaluar según los siguientes parámetros acústicos: a) la calidad acústica de sus elementos de separación, tanto entre recintos, como hacia el exterior, y b) el confort acústico al interior de éstos.

- a) La calidad acústica de los elementos de separación viene dada por su capacidad de aislamiento acústico, propiedad física que tienen las particiones de una construcción para minimizar la transmisión de energía acústica que se propaga a través de ellas. Estas particiones pueden ser muros divisorios, tabiquerías, fachadas, losas, etc. (es decir, una superficie o elemento material que separa dos recintos, o un recinto del exterior).
- b) El confort acústico puede entenderse como la sensación de comodidad o incomodidad de un individuo, proporcionada por el ambiente sonoro en el que está inserto. Esta sensación de comodidad o incomodidad está estrechamente relacionada con la magnitud del ruido ambiental y el tiempo de reverberación.

En la actualidad existen protocolos normativos que entregan directrices para cuantificar estos parámetros acústicos, definiendo a su vez los procedimientos de evaluación a realizar in situ y la forma de presentar los resultados obtenidos, con la finalidad de asegurar la trazabilidad y repetitividad de los ensayos.

Además de lo anterior, existe en la literatura y cuerpos normativos (legales y técnicos), estándares con valores: a) de cumplimiento obligatorio, y b) referenciales a modo de recomendaciones para efectos de diseño.

En nuestro país, el cuerpo normativo responsable de las exigencias referentes al aislamiento acústico es el D.S. N° 47 MINVU: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), con su Artículo N° 4.1.6, el cual señala que estas exigencias serán aplicables sólo a los elementos que separen o dividan unidades de viviendas:

- a) que sean parte de un edificio colectivo,
- b) entre unidades de vivienda de edificaciones continuas,
- c) entre unidades de viviendas de edificaciones pareadas,
- d) entre las unidades de vivienda que estén contiguas a recintos no habitables.

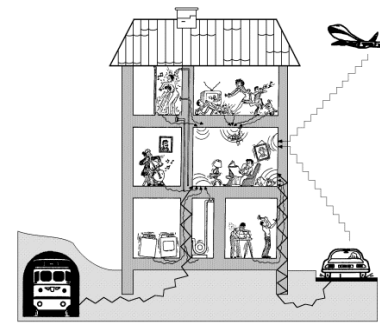


Figura 6.1. Principales actividades y fuentes de ruido dentro y fuera del edificio. (Fuente: Recuero, 1999)

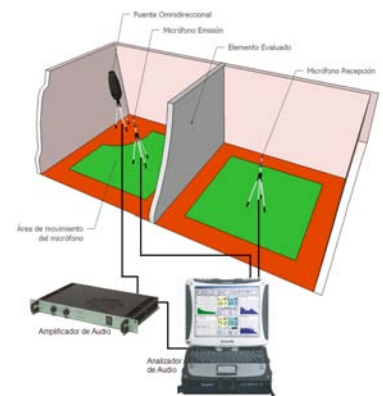


Figura 6.2. Esquema de ensayo acústico muro divisorio.



Figura 6.3. Etiquetado propuesto por CITEC UBB consistente en siete niveles de clasificación.

6.1. Estrategias de Diseño Acústico

El punto inicial para ejecutar adecuadamente un estudio técnico de Diseño Acústico es tener claramente definido los objetivos del proyecto, los que deben ser analizados y discutidos, especialmente si se está en presencia de objetivos acústicos claramente divergentes entre sí, como es el caso de recintos que deseen utilizarse simultáneamente para cine, conciertos, docencia y conferencias.

El estudio técnico de Diseño Acústico analiza los siguientes aspectos:

- Tamaño
- Proceso
- Localización
- Obras técnicas
- Calendario de inversiones

Puntos importantes a considerar:

Tamaño: En función del número de personas dentro del recinto y de la actividad a realizar. De acuerdo a los objetivos planteados, para cada actividad existe un tamaño mínimo y máximo aconsejable para cada tipo de recinto.

Localización: Determina la cantidad de aislamiento acústico a considerar para proteger la(s) fachada(s) más expuesta(s) al ruido exterior.

Se pueden evitar errores en el diseño si se planifica cada una de las medidas que se deben tomar para obtener un buen ambiente sonoro. Aproximadamente en orden cronológico se muestran los pasos a seguir:

- a) Seleccionar el emplazamiento del proyecto en función a los niveles de ruido presentes en el lugar.
- b) Mediciones de ruido ambiental y determinación de la cantidad de aislamiento acústico necesario a implementar a la envolvente.
- c) Distribuir los espacios, diseñar la forma y tamaño de los recintos interiores.
- d) Diseñar los elementos de separación con propiedades de aislamiento acústico.
- e) Diseño de uniones de elementos de separación con el objetivo de controlar el ruido que se propaga vía estructural.
- f) Selección y distribución del material absorbente.
- g) Supervisión de las obras de construcción y montaje de soluciones constructivas fundamentales en el aislamiento y acondicionamiento acústico, y en el control del ruido.
- h) Selección y supervisión de montaje de equipos e instalaciones.

Criterio fundamental de diseño a nivel de planificación: emplazamiento y orientación del edificio.

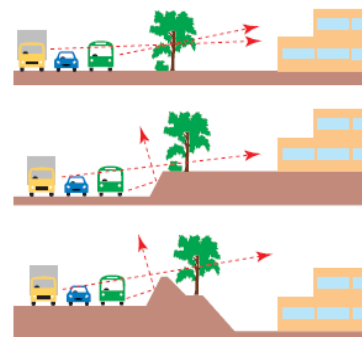


Figura 6.7. Interacción del edificio con las fuentes sonoras presentes. (Fuente BRE Acoustics, 2003)

Para esto, se hace necesario tener presente:

- a) El ambiente sonoro en el lugar de emplazamiento del edificio.
- b) Las principales fuentes de ruido existentes.
- c) La topografía y urbanización del lugar de emplazamiento (posible presencia de barreras naturales).

IMPORTANTE:

En nuestras ciudades, el 75% de las molestias causadas por el ruido ambiental es generado por el tráfico vehicular.

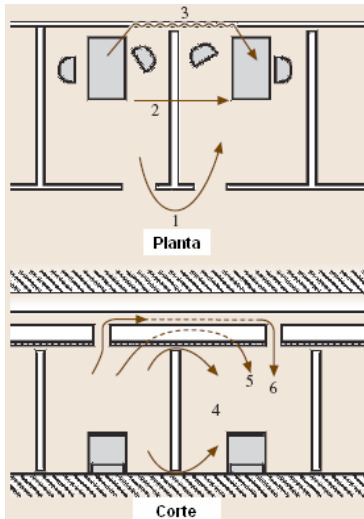


Figura 6.8. Principales vías de transmisión de ruido entre recintos. (1-difracción entre las aberturas, 2-transmisión a través de las particiones, 3- transmisión estructural, 4-transmisión a través de espacios de aire, 5-difracción a través de cámara de aire en cielo falso cuando la partición no alcanza la cubierta estructural, y 6 -transmisión a través de los conductos). (Fuente: Rossing, 2007)

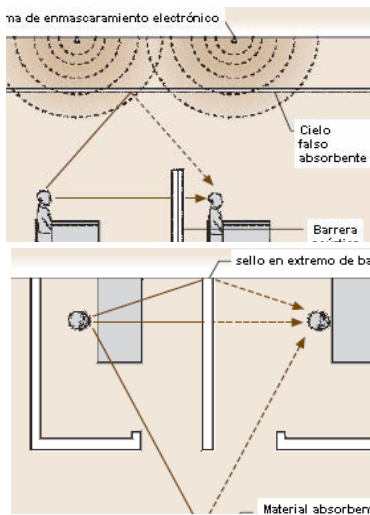


Figura 6.9. Principales consideraciones a tener en cuenta al momento de diseñar oficinas de planta abierta. (Fuente: Rossing, 2007)

6.2. Distribución, Forma y Tamaño de los Recintos

Generalmente, las conversaciones y el habla constituyen el sonido intrusivo más importante en edificios públicos. Otras fuentes sonoras las constituyen las instalaciones y equipamiento, y por otro lado, máquinas de escribir, computadores, fotocopiadoras, impresoras, escáner, etc.

Los pasillos pueden actuar como: a) zonas de amortiguación, b) fuentes de ruido, o c) vías de propagación e intrusión sonora a través de puertas mal aisladas o selladas. Es muy probable que la intrusión sonora no se produzca sólo desde el pasillo, sino también desde los recintos adyacentes y puertas enfrentadas (Figura 6.7).

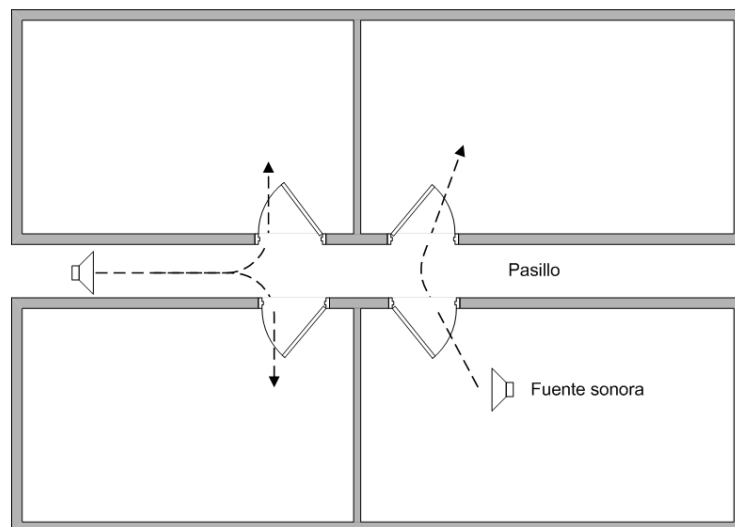


Figura 6.10. Principales vías de transmisión sonora desde pasillos y puertas enfrentadas.

A causa de lo anterior, surgen espontáneamente dos estrategias de diseño para prevenir y controlar la intrusión sonora:

- Generar zonas de amortiguación entre el pasillo y recintos, por medio de vestíbulos.
- Evitar puertas de acceso enfrentadas entre sí (Figura 6.11).

Las estrategias presentadas deben complementarse utilizando cielos acústicos absorbentes y alfombras en los pasillos. Siempre es recomendable en la etapa de diseño utilizar una estrategia mixta que consideren todos estos aspectos.

Lo anterior constituye las bases del diseño de las oficinas de planta abierta, consistentes en grandes espacios destinados a albergar una cantidad determinada de funcionarios administrativos, separados por barreras bajas que proporcionan separación visual entre los puestos de trabajo.

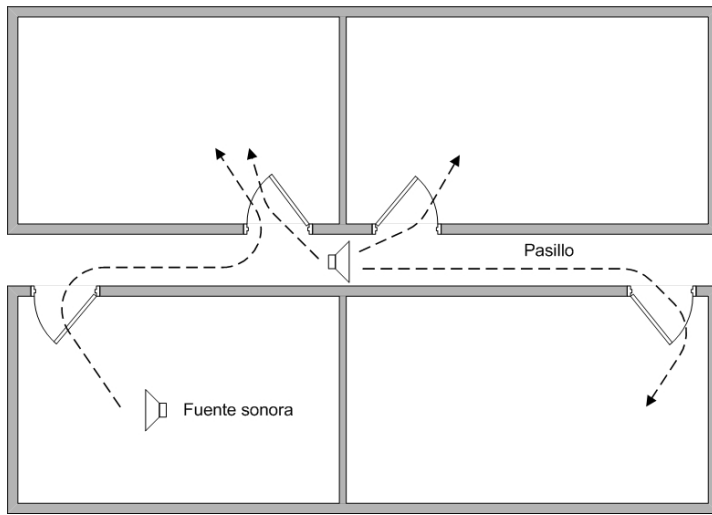


Figura 6.11: Evitando puertas enfrentadas se reduce la transmisión sonora entre recintos.

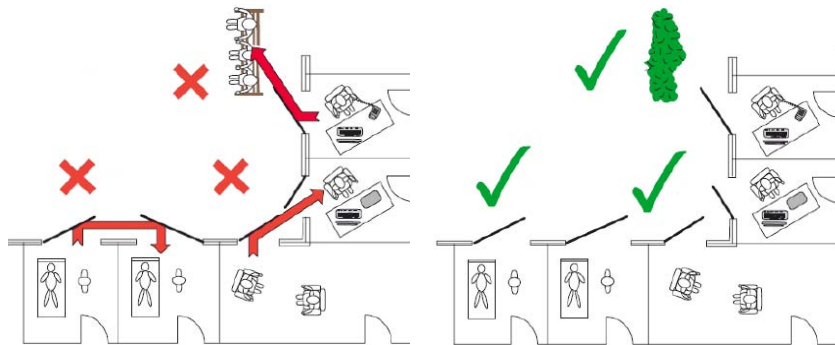
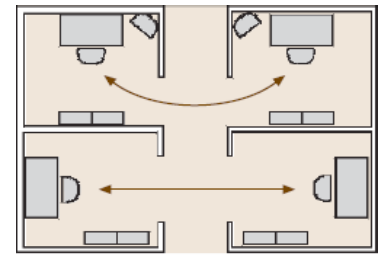


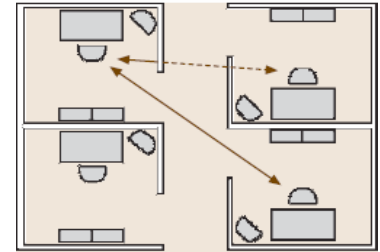
Figura 6.12: Ejemplo aplicado al diseño de edificios de salud.
(Fuente: Health Facilities Scotland, 2010)

Consideraciones al momento de diseñar oficinas de planta abierta:

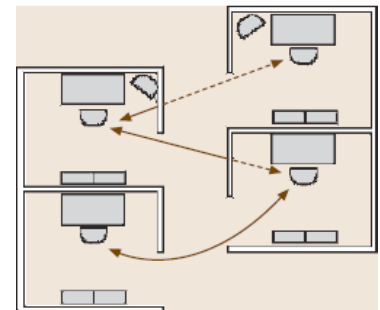
- Barreras o pantallas acústicas entre puestos de trabajo.
- Cielo con propiedades de absorción sonora.
- Paredes y superficies verticales cubiertas con material absorbente.
- Sistema electrónico de enmascaramiento sonoro.



Diseño deficiente



Diseño regular



Diseño óptimo

Figura 6.13. Consideraciones en la etapa de diseño referentes a la alineación de oficinas de planta abierta. (Fuente: Rossing, 2007)

Ejemplo de barrera acústica diseñada para implementarse en oficinas de planta abierta:
 Alto: 1,7 m
 Ancho: 1,8 m
 Distancia del borde inferior a suelo: menos de 100 mm
 Aislamiento acústico: > 20 dB.
 Absorción sonora: NRC > 0,80

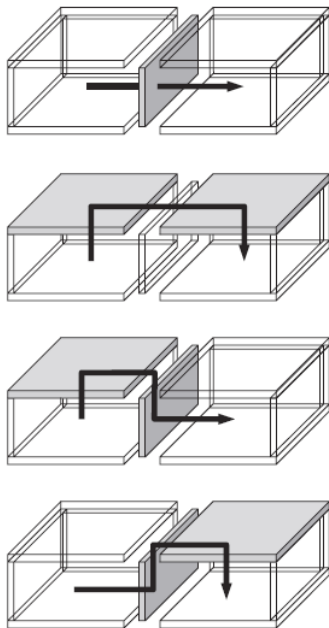


Figura 6.14. Principales vías de transmisión de ruido entre recintos. (Fuente: Hopkins, 2007)

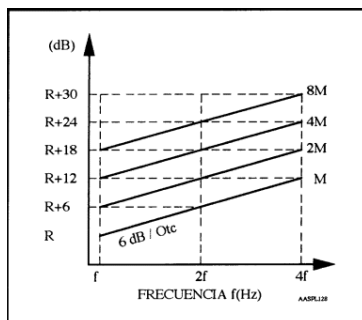


Figura 6.15. Ley de Masa. (Fuente: Recuero, 1999)

Tabla 6.3. Efectos del aislamiento acústico entre dos recintos: Conversación a voz normal. (Fuente: NCh351 Of61)

| Aislamiento acústico (dB) | Percepción |
|---------------------------|-------------------------|
| 30 | Se entiende muy bien |
| 40 | Se entiende bien |
| 50 | Apenas se entiende |
| 60 | Se escucha sin entender |
| 70 | No se escucha |

6.3. Aislamiento Acústico

El aislamiento acústico de un elemento constructivo destinado a separar recintos es la propiedad física que actúa de resistencia u oposición a la transmisión sonora a través de éste, ya sea a ruido aéreo o de impacto.

Aislamiento acústico a ruido aéreo

El ruido aéreo corresponde a todo aquel que se propaga por el aire e incide sobre los elementos constructivos que limitan un recinto, transmitiéndose al aire del espacio adyacente. El ruido aéreo puede provenir tanto desde el exterior como del interior, entre recintos adyacentes horizontales y/o verticales.

Cuando las ondas sonoras impactan un elemento constructivo, las presiones sonoras incidentes hacen que ésta vibre. Una parte de la energía vibratoria transportada por las ondas es transmitida al elemento constructivo, cuya vibración pone en movimiento el aire situado al otro lado, generando sonido.

Aislamiento acústico de una pared simple

Una pared simple es aquella que tiene sus dos caras exteriores rígidamente conectadas, de manera que se mueven como si fueran una sola. Estos elementos incluyen todos los paneles homogéneos sólidos, tales como los vidrios, paredes sólidas de hormigón armado, planchas metálicas, yeso cartón, etc.

Ley de Masa: aumento en la pérdida de transmisión al aumentar la masa del elemento constructivo: mientras más pesada, menos vibra en respuesta a las ondas incidentes, obteniendo con esto una menor cantidad de energía transmitida. La ley de masa predice que la pérdida por transmisión aumentará 6 dB por cada duplicación de la masa de la superficie. Tasa de cambio: 6 dB por cada duplicación en la frecuencia del sonido incidente.

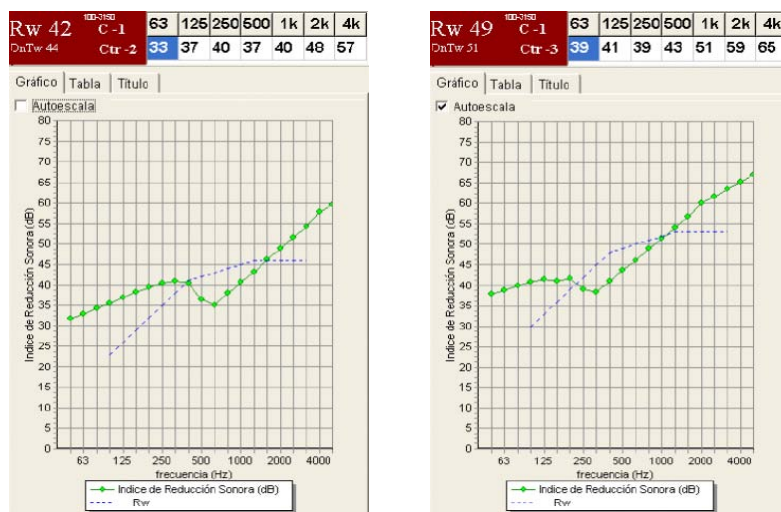


Figura 6.16. Aumento en el aislamiento acústico de una pared de hormigón armado al variar su espesor de 50 mm a 100 mm.

Aislamiento acústico de una pared doble

La transmisión sonora en este tipo de elementos depende de:

- el acoplamiento mecánico por medio de conexiones rígidas de las particiones individuales,
- las masas individuales de las particiones,
- la profundidad de la cámara de aire, y
- el material absorbente inserto dentro de la cámara de aire.

Las mejoras se obtienen en las frecuencias que se encuentran por sobre la de resonancia del sistema masa-aire-masa, obteniendo un aumento en la pérdida por transmisión en la razón de 18 dB por cada duplicación de frecuencia.

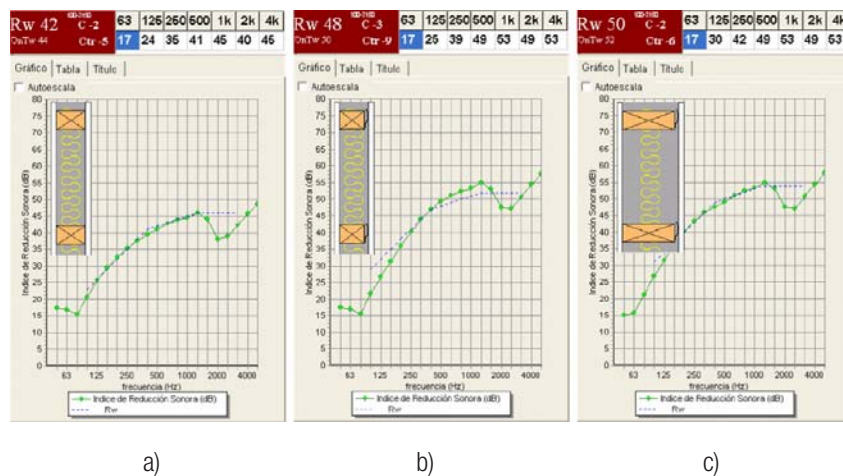


Figura 6.18 Aumento en el aislamiento acústico de una pared doble consistente en dos planchas de yeso cartón, espesor 15 mm c/u, cámara de aire rellena con 50 mm de lana mineral. a) Cámara de aire de 75 mm y unión rígida, b) cámara de aire de 75 mm y unión elástica, y c) cámara de aire 150 mm y unión elástica.

Diseño acústico de paredes

Es relativamente común encontrarse con dos tipos de soluciones constructivas aparentemente idénticas, pero sin embargo poseen una pérdida por transmisión, y por lo tanto, una capacidad de aislamiento acústico, completamente distinto.

Tales discrepancias incluyen variaciones en los detalles constructivos, diferencia en los materiales empleados y falta de control de calidad en el proceso de ejecución de la obra.

En las siguientes tablas se presenta una pequeña muestra de ejemplos, tipo de soluciones constructivas y sus valores de aislamiento acústico.

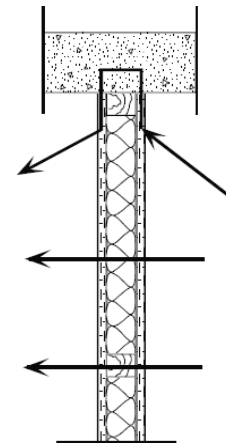


Figura 6.17. Vías de transmisión sonora en una pared doble liviana. (Fuente: Taylor & Francis, 2008)

Tabla 6.4. Efectos del aislamiento acústico entre dos recintos: Conversación con voz fuerte. (Fuente: NCh351 Of61)

| Aislamiento acústico (dB) | Percepción |
|---------------------------|-------------------------|
| 30 | Se entiende muy bien |
| 40 | Se entiende bien |
| 50 | Apenas se entiende |
| 60 | Se escucha sin entender |
| 70 | No se escucha |

Especial cuidado con las fugas de sonido a través de grietas o cualquier agujero en la estructura de las paredes. Los escapes más frecuentes se deben a:

- Grietas en las paredes de hormigón.
- Huecos no sellados en las salidas de instalaciones eléctricas.
- Fisuras en las planchas de yeso cartón.
- Aberturas alrededor de tuberías.
- Cierre no hermético de puertas y ventanas.

Las fugas de sonido tienen los siguientes efectos en el aislamiento acústico:

Muro: aislamiento acústico 60 dB
 + Agujero con área equivalente al 1%
 = Aislamiento acústico final: 20 dB

Muro: aislamiento acústico 60 dB
 + Agujero con área equivalente al 0,5%
 = Aislamiento acústico final: 23 dB

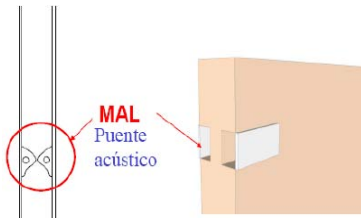


Figura 6.19. Recomendación práctica, no contraponer las cajas eléctricas. (Fuente: IETcc-CSIC, 2009)



Figura 6.20. Especial cuidado con las discontinuidades en los morteros de pega. (Fuente: IETcc-CSIC, 2009)

Tabla 6.5. Ejemplos de soluciones constructivas y sus respectivos valores de aislamiento acústico a ruido aéreo.

| R _w (dB) | Detalle | Descripción |
|---------------------|---------|--|
| 35 – 40 | | Dos placas de yeso cartón, espesor 12.5 mm unidas con perfil metálico (ancho total 75 mm). Bloque de 100 mm (baja densidad, 52 kg/m ²) estucado 12 mm en uno de sus lados. |
| 40 – 45 | | Dos placas de yeso cartón, espesor 12.5 mm, una a cada lado unidas con perfil metálico, cavidad rellena con lana mineral (ancho total 75 mm). Bloque de 100 mm (media densidad, 140 kg/m ²) estucado 12 mm en uno de sus lados. |
| 45 – 50 | | Cuatro placas de yeso cartón, espesor 12.5 mm, dos a cada lado unidas con perfil metálico (ancho total 122 mm). 115 mm de ladrillo estucado 12 mm en ambos lados. Bloque de 100 mm (media densidad 140 kg/m ²) estucado 12 mm en ambos lados. |
| 50 – 55 | | Cuatro placas de yeso cartón, espesor 12.5 mm, dos a cada lado unidas con perfil metálico, cavidad rellena con lana mineral (ancho total 122 mm). 225 mm de ladrillo estucado 12 mm en ambos lados. Bloque de 115 mm (alta densidad 430 kg/m ²) estucado 12 mm en ambos lados. |
| 55 – 60 | | Cuatro placas de yeso cartón, espesor 12.5 mm, dos a cada lado portadas con perfiles metálicos independientes, cavidad rellena con lana mineral (ancho total 178 mm). Bloque de 100 mm (alta densidad 200 kg/m ²) estucado 12 mm en uno de sus lados, unido a plancha de yeso cartón, espesor 12.5 mm, con perfil metálico, cavidad rellena con lana mineral. |

(Fuente BRE Acoustics, 2003)

Aislamiento acústico de ventanas y puertas

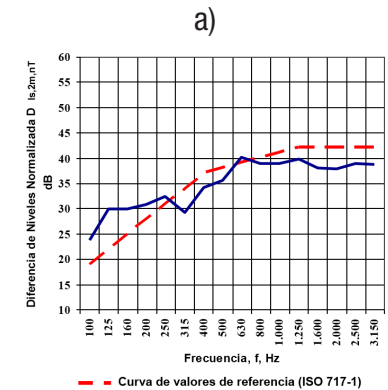
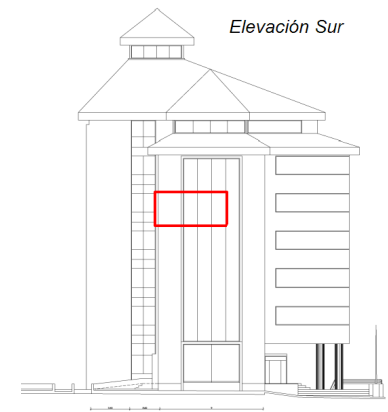
La transmisión sonora a través de puertas y ventanas se rige por los mismos principios físicos que afectan a las paredes. Son considerados los elementos más débiles en el aislamiento acústico a causa de poseer poca masa superficial y cierre de baja hermeticidad.

Las medidas de control de ruido procedentes a través de estos elementos se centran principalmente en aumentar la hermeticidad en el cierre mediante el uso de sellos, burletes, y otros, siendo los más comunes junto con la protección higrotérmica de fachada.

Tabla 6.6. Ejemplos de vidrios simples y dobles junto a sus respectivos valores de aislamiento acústico a ruido aéreo.

| Rw (dB) | Detalle | Descripción |
|---------|---------|--|
| 25 | | Vidrio simple 4 mm (sellado) |
| 28 | | Vidrio simple 6 mm (sellado) |
| | | 4/12/4: 4 mm de vidrio / cámara de aire 12 mm / 4 mm de vidrio |
| 30 | | 6/12/6: 6 mm de vidrio / cámara de aire 12 mm / 6 mm de vidrio. |
| | | Vidrio simple 10 mm (sellado). |
| 33 | | Vidrio simple 12 mm (sellado) |
| | | 16/12/8: 16 mm de vidrio / cámara de aire 12 mm / 8 mm de vidrio. |
| 35 | | Vidrio laminado 10 mm (sellado) |
| | | 4/12/10: 4 mm de vidrio / cámara de aire 12 mm / 10 mm de vidrio. |
| 38 | | Vidrio laminado 12 mm (sellado) |
| | | 6/12/10: 6 mm de vidrio / cámara de aire 12 mm / 10 mm de vidrio. |
| 40 | | Vidrio laminado 19 mm (sellado). |
| | | 10/12/6 lam: 10 mm de vidrio / cámara de aire 12 mm / 6 mm de vidrio laminado. |
| | | Vidrio laminado 19 mm (sellado). 10/50/6: 10 mm de vidrio / cámara de aire 50 mm / 6 mm de vidrio. |
| 43 | | 10/100/6: 10 mm de vidrio / cámara de aire 100 mm / 6 mm de vidrio. |
| | | 12 lam/12/10: 12 mm de vidrio laminado / cámara de aire 12 mm / 10 mm de vidrio. |
| 45 | | 6 lam/200/10: 6 mm de vidrio laminado / cámara de aire 12 mm / 10 mm de vidrio + absorción en marcos exteriores. |
| | | 17 lam/12/10: 17 mm de vidrio laminado / cámara de aire 12 mm / 10 mm de vidrio. |

(Fuente BRE Acoustics, 2003)



c)

Figura 6.21. Fachada MOP Puerto Montt. a) Muro de hormigón armado, espesor 25 cm, más sistema de doble ventana. b) Aislamiento acústico: 37 dBA. c) Calificación Acústica: D (Moderadamente Buena).

Tabla 6.7. Efectos del aislamiento acústico entre dos recintos: Música de radio. (Fuente: NCh351 Of61)

| Aislamiento acústico (dB) | Percepción |
|---------------------------|-------------------------|
| 30 | Se entiende muy bien |
| 40 | Se entiende bien |
| 50 | Apenas se entiende |
| 60 | Se escucha sin entender |
| 70 | No se escucha |



Figura 6.23. Un termopanel o Doble Vidriado Hermético (DVH) es un componente prefabricado compuesto por dos o más vidrios separados entre sí por un espacio de aire, herméticamente cerrado al paso de la humedad y al vapor de agua, lo que lo transforma en aislante térmico y acústico.

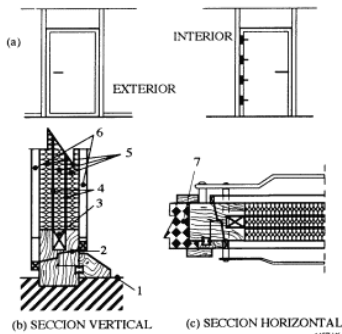


Figura 6.24. Detalles de una puerta acústica. (Fuente: Recuero, 1999)

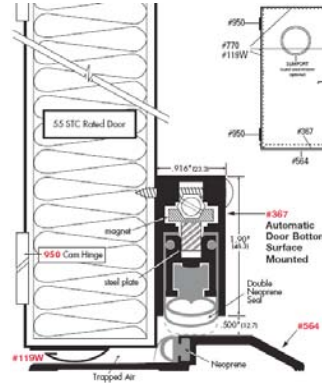


Figura 6.22. Sello automático inferior para puerta acústica.

Aislamiento acústico a ruido de impacto

El ruido de impacto es aquel que se produce por una acción mecánica directa sobre la estructura del edificio, propagándose a través de ésta y excitando los volúmenes de aire contenidos en los recintos.

Los mismos factores físicos que controlan la pérdida por transmisión de paredes se aplican a suelos y losas.

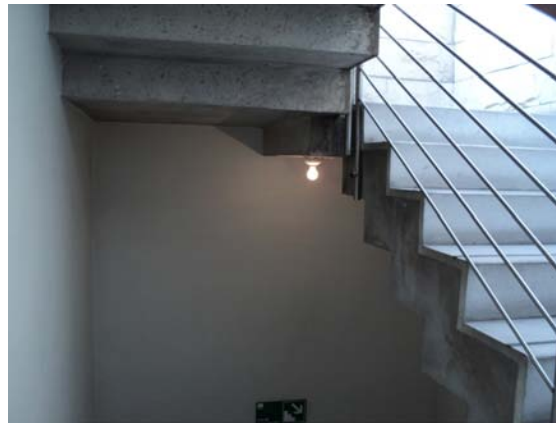
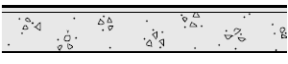

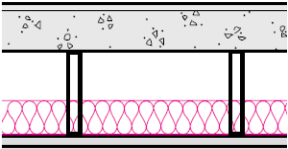
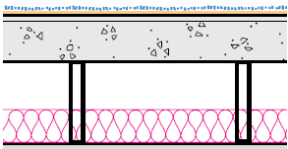
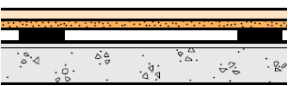
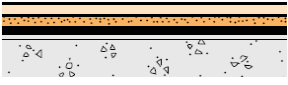

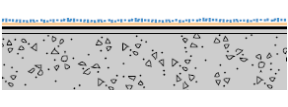
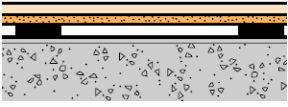
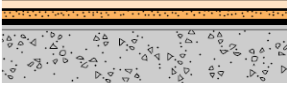
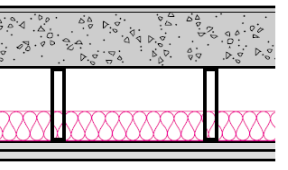
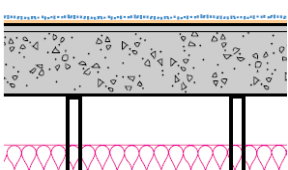


Figura 6.25. Las escaleras no separadas estructuralmente del edificio generan emisiones de ruido que se propagan estructuralmente hacia todos los pisos.

La flexibilidad de las capas de la superficie del suelo juega un rol importante en la reducción en la generación de ruido de impacto si se recubre la superficie del suelo, por ejemplo con alfombra, cubrepiso, linóleo, etc. Las fuerzas que impactan sobre el suelo se ven amortiguadas, disminuyendo la transferencia de energía mecánica hacia la estructura del suelo.

Tabla 6.9. Aislamiento acústico a ruido de impacto de ejemplos de conjunto suelo-techo.

| Rw (dB) | Ln,w (dB) | Detalle | Descripción |
|---------|-----------|---|---|
| 35-40 | 90-95 |  | Piso ligero de hormigón, espesor 100-150 mm, densidad 100 kg/m ² , sin techo o cubierta de piso. |
| 35-40 | 75-85 |  | Cubierto con superficie blanda, espesor > 5 mm. |
| | |  | Con cielo falso: dos paneles de yeso cartón, espesor 15 mm, perfil metálico, cámara de aire de 240 mm con lana mineral de 80-100 mm (> 10 kg/m ³) |
| 60-65 | 50-55 |  | Cubierto con superficie blanda, espesor > 5 mm. |
| 50-60 | 50-60 |  | Con suelo flotante sobre bandas elásticas. |
| 50-55 | 55-60 |  | Con suelo flotante sobre superficie elástica. |
| 45-55 | 60-70 |  | Con cielo falso: sistema de baldosas. |
| 50-55 | 60-65 |  | Piso de concreto sólido, espesor 150-200 mm, densidad 365 kg/m ² , cubierto con superficie blanda, espesor > 5 mm. |
| 55-60 | 50-55 |  | Con suelo flotante sobre bandas elásticas. |
| 55-60 | 50-60 |  | Con suelo flotante sobre superficie elástica. |
| 60-70 | 55-60 |  | Con cielo falso: dos paneles de yeso cartón, espesor 15 mm, perfil metálico, cámara de aire de 240 mm con lana mineral de 80-100 mm (> 10 kg/m ³) |
| 60-70 | 50-55 |  | Cubierto con superficie blanda, espesor > 5 mm. |

(Fuente: BRE Acoustics, 2003)

Tabla 6.8. Mejoras en el aislamiento acústico a ruido de impacto aplicando recubrimiento. (Fuente: Mösser & Barros, 2009)

| | |
|---------------------------------|------------|
| Cubierta | |
| Linóleo | 3 a 7 dB |
| Linóleo sobre corcho de 2 mm | 15 dB |
| Piso de PVC con fieltro de 3 mm | 15 a 19 dB |
| Alfombra gruesa | 25 a 35 dB |
| Piso flotante de cemento | |
| Sobre cartón corrugado | 18 dB |
| Sobre placas de espuma dura | 18 dB |
| Sobre placas de espuma blanda | 25 dB |
| Sobre placas de lana mineral | 27 a 33 dB |

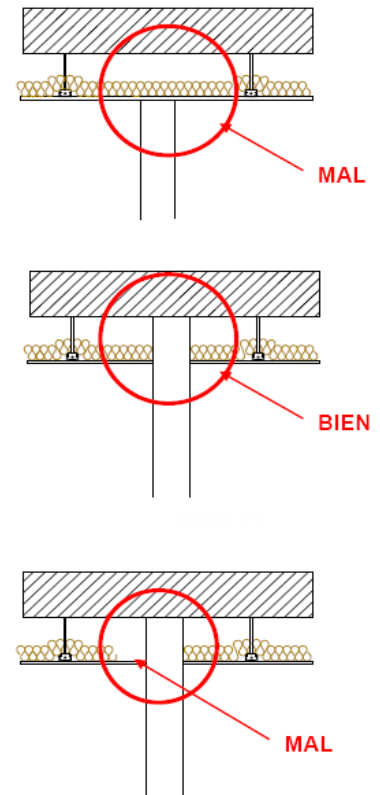


Figura 6.26. Especial cuidado en proyectar tabique hacia losa superior, posterior a esto instalar cielo falso. (Fuente: IETcc-CSIC, 2009)



Figura 6.27. Acondicionamiento acústico en áreas comunes. Cielo absorbente.



Figura 6.28. Acondicionamiento acústico en áreas comunes. Pasillo con alta reverberación, ausencia de material absorbente.

6.4. Acondicionamiento Acústico

El acondicionamiento acústico de un recinto puede entenderse como la técnica empleada para controlar el tiempo de reverberación al interior de éste, eliminar las reflexiones molestas y dirigir aquellas que son de carácter útil. Con el acondicionamiento acústico, más el control del ruido ambiental al interior de los edificios, se obtienen grados de confort ambiental en concordancia con el uso de los recintos.

Los valores de tiempo de reverberación y nivel de ruido ambiental nos permiten cuantificar la calidad de la inteligibilidad de la palabra en recintos tales como salas de clases y auditorios. Para ello se utiliza el procedimiento propuesto por Carrión, el cual establece un algoritmo matemático que relaciona el %AICons con el tiempo de reverberación. El %AICons es el acrónimo de Percentage Articulation Loss of Consonants (Pérdida porcentual de articulación de las consonantes). Es un valor numérico que se utiliza en acústica para medir las cualidades de un recinto, cuantificando con esto los grados de inteligibilidad del habla.

Tiempo de Reverberación

El Tiempo de Reverberación, T , es el tiempo, expresado en segundos, que se requiere para que el nivel de presión sonora disminuya en 60 dB, sobre una curva de caída obtenida de la regresión lineal por mínimos cuadrados de una curva de caída medida desde un nivel 5 dB por debajo del nivel inicial, hasta un nivel 35 dB inferior a dicho nivel inicial. La medición del tiempo de reverberación de un recinto se basa y es función de:

- El decaimiento temporal del nivel de presión sonora en el recinto a causa de la interrupción en la emisión de una fuente de ruido.
- El volumen del recinto.
- La absorción total del revestimiento interior del recinto.

La relación matemática que describe este fenómeno es:

$$T = \frac{55,3V}{cA}$$

Donde:

V : es el volumen, en metros cúbicos, del recinto;

A : Es el área de absorción sonora equivalente, en metros cuadrados Sabine, del recinto;

c : es la rapidez de propagación del sonido en el aire, en metros por segundo.

Ruido de Fondo

El nivel de presión sonora continuo equivalente es el descriptor utilizado preferentemente para dar una descripción física del ruido ambiental en la posición de un receptor existente o proyectado. Éste se expresa como diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el cuadrado de la presión sonora cuadrática media durante un intervalo de tiempo determinado y la presión sonora de referencia.

La relación matemática del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A es:

$$L_{Aeq,T} = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{T} \int_T p_A^2(t) / p_0^2 dt \right] \text{ dB}$$

Donde:

$p_A^2(t)$: es la presión sonora instantánea ponderada A en el instante de tiempo t;

p_0^2 : es la presión sonora de referencia (20 μ Pa).

Alcance del acondicionamiento acústico

Las estrategias de acondicionamiento acústico, y con esto, de control del ruido reverberante e inteligibilidad de la palabra, según sea el caso, deben ser abordadas en dos grupos de recintos:

- La absorción sonora en las áreas comunes.
- El tiempo de reverberación de salas de clases y salones de conferencias, salas de estar y atención al público, comedores.

El criterio socioacústico más importante en el diseño de salas destinadas a transmitir la palabra hablada (salas de clase y auditorios) es la **Inteligibilidad de la Palabra**. Ésta da cuenta de la forma en que un individuo distingue de forma clara y nítida cada sílaba inserta dentro de las palabras pronunciadas por un locutor. Los parámetros acústicos que interfieren negativamente en la Inteligibilidad de la Palabra son: a) excesiva reverberación, y b) altos niveles de ruido.

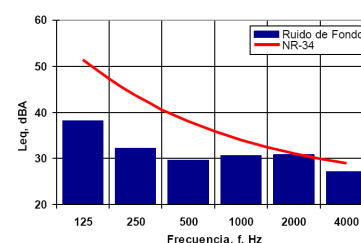
A la pérdida asociada a la percepción de las consonantes se le denomina % de Pérdida de Articulación de Consonantes, %ALCons ("Articulation Loss of Consonants"), la cual da cuenta de la pérdida asociada a una percepción incorrecta de las consonantes, y con esto, del mensaje emitido por un orador.

Otro parámetro acústico que cuantifica la Inteligibilidad de la Palabra corresponde al STI (Speech Transmission Index), cuyos valores oscilan entre 0 (nula inteligibilidad) y 1 (total inteligibilidad).

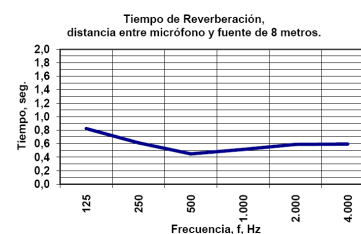
Tabla 6.10. Clasificación de ambientes acústicos.

| Ambiente | Niveles (dB) |
|-------------------------|--------------|
| Muy tranquilo | 30 o menos |
| Tranquilo | 30 a 40 |
| Moderadamente tranquilo | 40 a 50 |
| Ruidoso | 50 a 60 |
| Muy ruidoso | 60 a 70 |
| Insoportable | 70 a 80 |
| Inadmisible | Más de 80 |

(Fuente: NCh351 Of61)



a)



b)



c)

Figura 6.29. Sala 5 Escuela Francisco Valdés Subercaseaux, comuna de Curarrehue. a) Nivel de ruido: 36 dBA. b) Tiempo de reverberación: 0,48 s. c) Calificación Acústica: C (Buena).



Figura 6.32. Panel absorbtor ranurado Escuela Francisco Valdés Subercaseaux, comuna de Curarrehue.

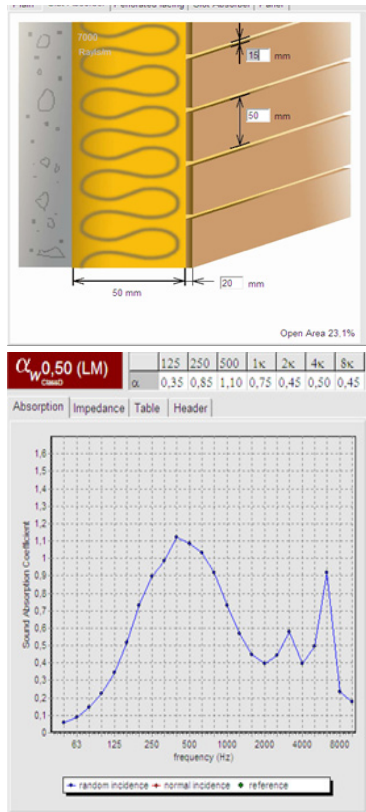


Figura 6.33. Panel absorbtor ranurado.

Tabla 6.11. Valoración subjetiva de los grados de Inteligibilidad de la Palabra.

| %ALCons | STI/RASTI | VALORACIÓN SUBJETIVA |
|--------------|-------------|----------------------|
| 1,4% - 0% | 0,88 - 1 | Excelente |
| 4,8% - 1,6% | 0,66 - 0,86 | Buena |
| 11,4% - 5,3% | 0,5 - 0,64 | Aceptable |
| 24,2% - 12% | 0,36 - 0,49 | Pobre |
| 46,5% - 27% | 0,24 - 0,34 | Mala |

(Fuente: Carrión, 2001)

Para el diseño de salas de clases y de conferencias, con el objetivo de mejorar la inteligibilidad de la palabra, las recomendaciones generales van dirigidas a la geometría de los recintos y a la distribución del material absorbente:

- Evitar recintos cúbicos o con lados cuya proporción sea número entero.
- Se recomiendan dos configuraciones en la distribución del material absorbente:
 - Configuración 1: material absorbente en toda la superficie del techo, pared a espaldas del orador con propiedades reflectantes, mientras que en la pared trasera recubrir con material absorbente.
 - Configuración 2: material absorbente en el techo únicamente en la parte trasera dejando una banda de 3 m con propiedades reflectantes en la parte frontal (zona del orador), pared a espaldas del orador de propiedades reflectantes, mientras que en la pared trasera recubrir con material absorbente.

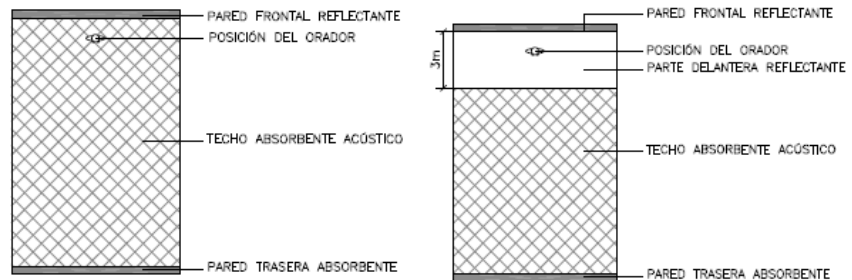


Figura 6.30. Vista en planta de las configuraciones 1 y 2. (Fuente: IETcc-CSIC, 2009)

Para lograr una distribución uniforme del sonido en la sala, debido a la direccionalidad de la voz humana, ésta no debe ser muy ancha, por lo que se recomienda que la audiencia quede al interior de un ángulo de 140° con el vértice de la fuente.

Otra recomendación tiene que ver con la razón existente entre la distancia al oyente más lejano al vértice de la fuente y los extremos más próximos al orador:

$$D_1 < \frac{2}{3} D_2$$

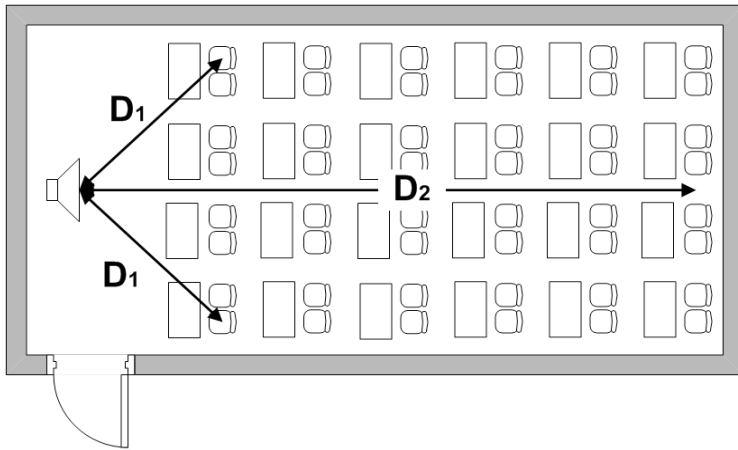


Figura 6.37. Recomendaciones en el diseño de salas de clases.

Algunas consideraciones sobre materiales absorbentes:

Materiales porosos: la absorción sonora se produce por la disipación de energía acústica a causa de la fricción del aire al interior de los poros.

Paneles resonadores: son utilizados en situaciones específicas debido a que su absorción se selecciona mediante cálculo sobre un rango determinado de frecuencias. Los más utilizados son los resonadores de membrana, perforados y ranurados.

El Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB HR), perteneciente al Código Técnico de Edificación (CTE) establece un mínimo de absorción acústica en función del volumen del área común, definiendo un área de absorción acústica equivalente, A, de al menos 0,2 m² por metro cúbico de volumen del recinto.

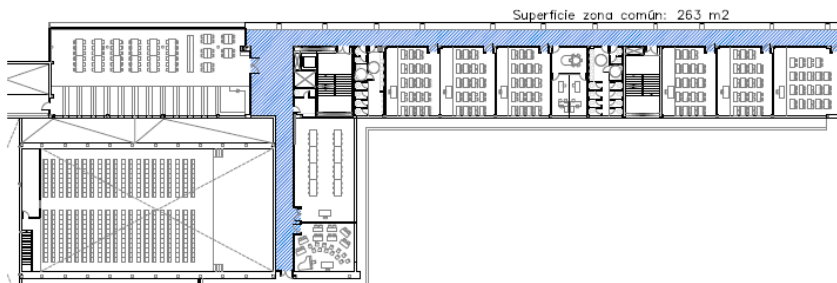


Figura 6.38. Área común colegio. (Fuente: IETcc-CSIC, 2009)

Como ejemplo (Figura 6.38) se muestra la planta de un colegio. Se muestra en color azul el pasillo (superficie 263,8 m² y volumen de 659,5m³).

De acuerdo a lo anterior, se obtiene el siguiente valor de absorción sonora:

$$A_{\text{requerida}} = 0,2 \cdot V = 0,2 \cdot 659,5 = 131,9 \text{ m}^2$$



Figura 6.34. Acondicionamiento acústico en oficinas de planta abierta.



Figura 6.35. Puestos de trabajo en oficinas de planta abierta, se aprecia barrera acústica divisoria.



Figura 6.36. Acondicionamiento acústico en áreas comunes. Pasillo con presencia de material absorbente en el cielo.

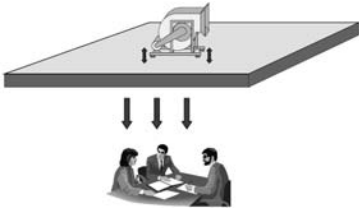


Figura 6.40. Fuente: ventilador. Vía: losa, aire. Receptor: Trabajadores en reunión. (Fuente: Hopkins, 2007)

6.5. Control de Ruido

El ruido puede definirse simplemente como un sonido no deseado, y al conjunto de procedimientos y técnicas utilizadas para obtener niveles sonoros que no impacten negativamente en el confort ambiental de un receptor se le denomina control de ruido.

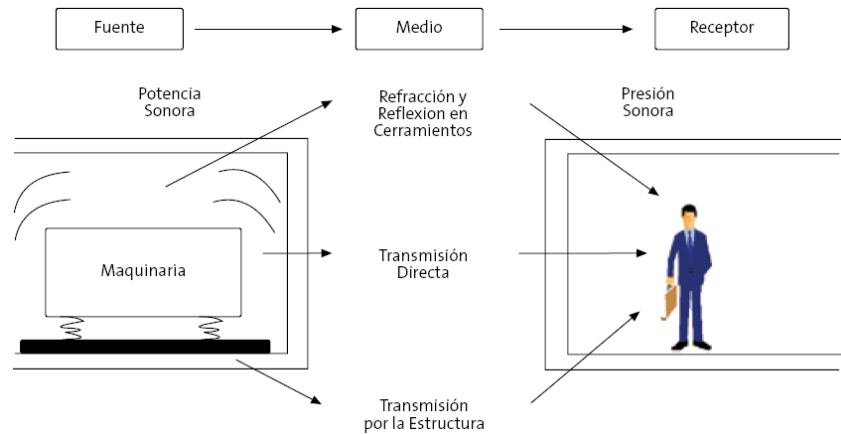


Figura 6.39. Diagrama esquemático de transmisión del ruido desde su generación en la fuente, hasta la incidencia sobre el receptor. (Fuente: Vilchez, 2006)

Una vez realizado el diagnóstico a través de mediciones y detectado un problema de ruido, el procedimiento a ejecutar de manera eficaz y económica puede resumirse en los siguientes pasos:

- Determinar la cantidad de ruido que se propaga por cada una de las vías de transmisión entre fuente y receptor.
- Escoger los criterios de diseño dentro de los requisitos legales y recomendaciones técnicas.
- Determinar la cantidad de reducción de ruido precisa con el fin de lograr los criterios de diseño.
- Evaluar la aplicabilidad de las distintas alternativas de control de ruido disponibles.

Los responsables del diseño del edificio deben actuar siempre bajo la premisa de que un problema de vibración o nivel sonoro es más fácil abordarlo en las primeras etapas de proyecto, resolviendo a un coste inferior si se realiza posterior a la implementación de acciones correctivas.

Recursos destinados a la selección de equipos de menor nivel sonoro pueden no aprovecharse si no se analiza la integración de los equipos dentro de un "sistema", que tiene en cuenta el ambiente interior, el exterior y las particularidades constructivas del edificio.



Figura 6.41. Las salas de bombas y de generación eléctrica sin el respectivo control de ruido pueden generar molestias a causa de sonidos intrusivos y transmisión de vibraciones mecánicas.

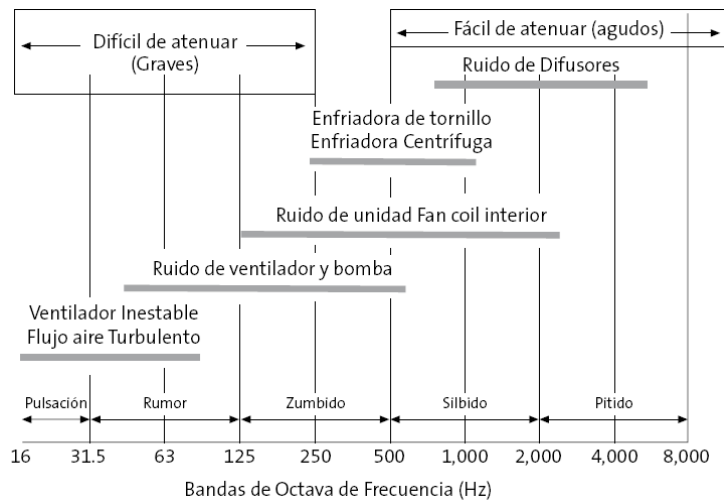


Figura 6.44. Fuentes de ruido en sistemas de climatización. (Fuente: Vilchez, 2006)

Los objetivos del control de ruido y vibraciones deben centrarse en:

- Limitar los niveles de ruido y vibraciones en los equipos, los que actúan como fuentes emisoras, y
- Limitar el ruido y vibraciones que se transmite por medio de los anclajes y puntos de contacto con los elementos constructivos.

Las estrategias de control de ruido deben actuar desde dos vertientes:

Desde la construcción, especificando el tipo de montaje de las instalaciones, describiendo los puntos de anclaje entre los equipos y conductos al edificio.

Desde la elección de equipos y el diseño de las instalaciones, limitando con esto la potencia acústica de los equipos.

El Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB HR), perteneciente al Código Técnico de la Edificación (CTE), da una serie de reglas de montaje para prevenir la transmisión de ruidos y vibraciones desde las instalaciones al edificio. Algunas de estas reglas son:

Condiciones de montaje de los equipos generadores de ruido estacionario:

- Los equipos se instalarán: a) sobre soportes antivibratorios elásticos cuando se trate de equipos pequeños y compactos, o b) sobre una base de inercia.
- En el caso de equipos instalados sobre base de inercia, ésta será de hormigón o acero. Entre la base y la estructura del edificio deben interponerse elementos antivibratorios.

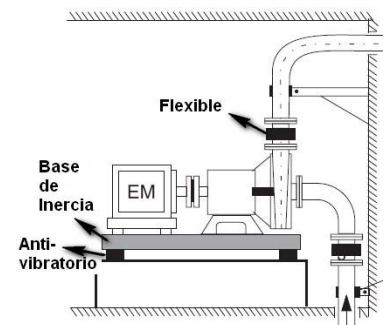


Figura 6.42. Métodos de reducción de vibraciones. (Crocker, 2007)

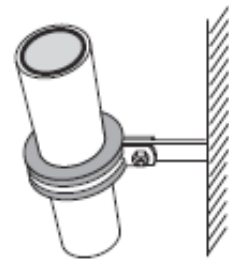


Figura 6.43. Abrazadera con sistema de amortiguamiento de vibraciones. Útil para evitar la transmisión de ruido y vibraciones entre conductos y elementos constructivos. (Crocker, 2007)

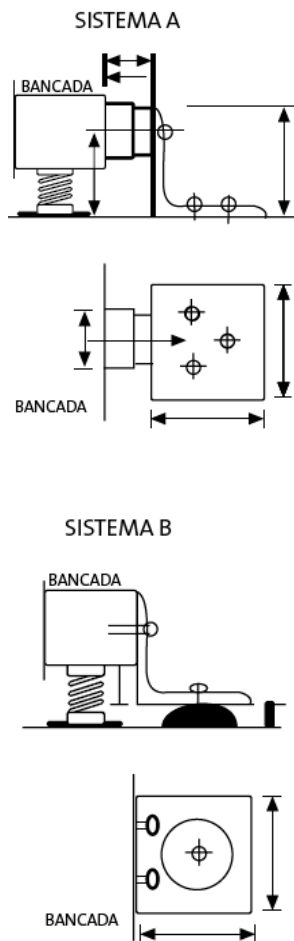


Figura 6.45. Sistema de anclaje de elementos antivibratorios. (Fuente: Rodero, 2006)

- Para los dos casos anteriores, se consideran válidos los soportes antivibratorios y los conectores flexibles que cumplan la UNE 100153 IN.
- Instalar conectores flexibles en entrada y salida de tuberías de equipos.

Condiciones de los conductos y equipamiento:

Hidráulicas

- Los conductos del edificio deberán ir tratados acústicamente para no provocar molestias en los recintos.
- En el paso de las tuberías a través de los elementos constructivos se utilizarán sistemas antivibratorios.
- No deben apoyarse de forma simultánea los radiadores a la losa y fijarse a la pared.

Aire acondicionado

- Los conductos de aire acondicionado deben ser absorbentes acústicos cuando se requiera y deben utilizarse silenciadores acordes al equipamiento.
- Se evitará la transmisión de vibraciones desde los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios.

Ventilación

- Los conductos de extracción que discurren dentro de una unidad de uso deben revestirse con elementos constructivos.
- Cuando un conducto de instalaciones colectivas se adose a un elemento de separación vertical, se revestirá de tal forma que no disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación.

Eliminación de residuos

- Los conductos deben tratarse para no transmitir ruidos y vibraciones a los recintos.
- El suelo del almacén de contenedores debe ser flotante.

Ascensores y montacargas

- Los sistemas de tracción de los ascensores y montacargas se anclarán a los sistemas estructurales del edificio mediante elementos antivibratorios. Deberá tener un índice de reducción acústica, RA mayor que 50 dBA.
- Puertas de acceso al ascensor con topes elásticos que aseguren la anulación del impacto contra el marco en las operaciones de cierre.

Tabla 6.12. Ejemplo de las fuentes generadoras de ruido en una instalación de climatización.

| | ORIGEN DEL RUIDO | POSIBLES SOLUCIONES |
|---|---|--|
| EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO | | |
| | | Seleccionar marcas y modelos con características acústicas adecuadas a la aplicación. Deben ir situados en cuartos específicos alejados de las zonas habitadas insonorizados. Cuando sea posible en edificios exentos. |
| Enfriadoras condensadas por aire | (1) Compresores. (2) Ventiladores. (3) Ruido por vibraciones. | Ubicación en cubierta preferiblemente. Evitar instalación en patios interiores. Instalación de pantallas acústicas para evitar transmisión de ruido a edificios adyacentes. (1) Encapsulado acústico de compresores. (2) Perfil aerodinámico de las palas. Velocidad variable. Silenciadores en descarga (comprobar presión disponible). (3) Bancada o soportes antivibratorios y manguitos de conexión flexible. |
| Enfriadoras condensadas por agua | (1) Compresores. (3) Ruido por vibraciones. | Ubicación en salas técnicas insonorizadas preferiblemente interiores en la base del edificio. |
| Torres de refrigeración / C. evaporativos | (2) Ventiladores. (3) Ruido por vibraciones. (4) Boquillas de descarga de agua y choque del agua en la balsa. | Ubicación en cubierta preferiblemente. Evitar instalación en patios interiores. Pantallas acústicas. Las torres con ventilador centrífugo son más silenciosas y más fácilmente insonorizables que con ventilador axial. (4) Insonorizado de superficie del agua (bolas de porexpan). |
| Calderas | (3) Ruido por vibraciones. (5) Quemador. | Ubicación en cubierta preferiblemente. Evitar instalación en patios. (5) Cajón para insonorizado de quemador. |
| Equipos autónomos de refrigeración tipo ROOF-TOPS | (1) Compresores. (2) Ventiladores. (3) Ruido por vibraciones. | Pantallas acústicas. |
| EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA | | |
| Bombas | (3) Ruido por vibraciones. | Ubicación en salas técnicas insonorizadas. |
| Tuberías | (6) Ruido por fricción. | (6) Correcta selección de velocidades de circulación y diámetros. Soportado mediante elementos flexibles antivibratorios, juntas isofónicas, etc. |
| Válvulas | (6) Ruido por fricción. | Las válvulas de control deberían estar sometidas a presiones diferenciales reducidas para evitar ruidos en el cierre. |
| EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE | | |
| Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) | (2) Ventiladores. (3) Ruido por vibraciones. | Se ubicarán en salas técnicas insonorizadas. Se seleccionarán ventiladores de bajo nivel sonoro trabajando en su punto máximo de rendimiento, silenciadores. |
| | ORIGEN DEL RUIDO | POSIBLES SOLUCIONES |
| Unidades Terminales | (2) Ventiladores. (1) Válvulas de expansión termostática para equipos VRV. | Se seleccionarán unidades de bajo nivel sonoro, silenciadores en la descarga o atrapadores de sonido. Los ventiladores deben ir sobre rodamientos y no sobre cojinetes. |
| Ventiladores, extractores | (2) Ventiladores. (3) Ruido por vibraciones. | |
| Elementos del circuito de aire | (6) Ruido por fricción. | Utilización de conductos con materiales fonoabsorbentes. Limitación de las velocidades máximas en conductos. Adecuado diseño aerodinámico del circuito de aire. Especial cuidado para las compuertas cortafuegos de no sobrepasar los 7 m/s y las compuertas de regulación para posiciones muy cerradas. |
| Difusión de aire | (6) Ruido por fricción. | Se seleccionarán de acuerdo a datos del fabricante. |

(Fuente: Lara, 2006)

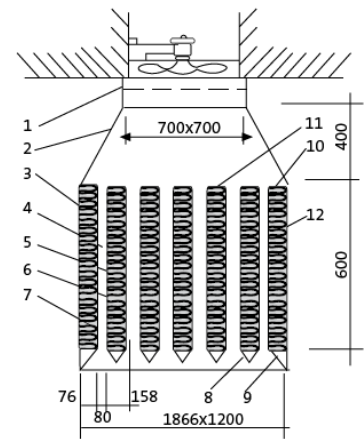


Figura 6.46. Silenciador de entrada en ventilador axial. (Fuente: Rodero, 2006)

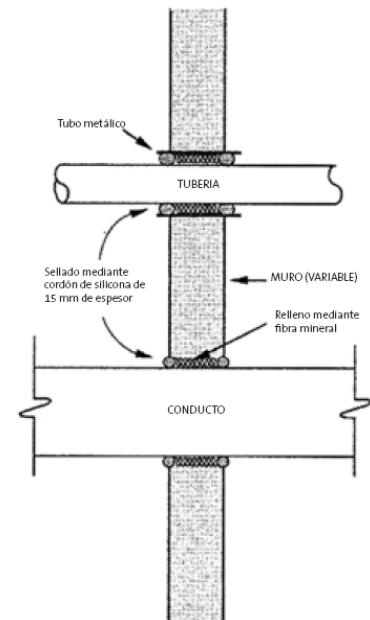


Figura 6.47. Tubos, cañerías y conductos aislados estructuralmente. (Fuente: Lara, 2008)

Fisiológicamente hablando, el sonido es una alteración física del medio generada por una onda sonora y que puede ser detectada por el oído humano.

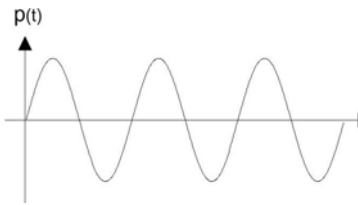


Figura 6.48. Onda sonora

Propiedades Físicas de las Ondas Sonoras

Velocidad del Sonido es aquella a la que se propaga la onda sonora en un medio elástico. Además de depender de las características del medio (masa y elasticidad), la temperatura tiene un efecto significativo.

La frecuencia, f , de un fenómeno periódico, como una onda sonora, es el número de veces que éste se repite a sí mismo en un tiempo igual a un segundo (es el número de ciclos por segundo). Su unidad de medida es en Hertz (Hz).

El periodo, T , se define como el tiempo, expresado en segundos, que demora en producirse un ciclo completo de la onda sonora

La longitud de onda, λ , es la distancia, expresada en metros, que recorre la onda sonora en un periodo completo de oscilación. La longitud de onda está relacionada con la velocidad del sonido, la frecuencia y el periodo mediante la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT \quad [m]$$

Glosario:

Absorción acústica: Fenómeno físico que se describe a través del porcentaje de la energía sonora que se transforma en calor (disipación) cuando ésta incide en una superficie. La capacidad de los materiales para absorber el sonido se cuantifica mediante el coeficiente de absorción, que varía desde 0 a 1.

Aislamiento acústico: Propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora de un recinto a otro.

Áreas comunes: Recintos u espacios transitables que constituyen parte de los bienes comunes de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

Decibel (dB): Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora.

Decibel A dB(A): Unidad de medida del ruido que toma en cuenta las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Ensayo de Laboratorio: Ensayo de elementos que deberá ser realizado por un Laboratorio inscrito en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Se coloca la muestra entre dos cámaras reverberantes normalizadas, donde está controlada la transmisión indirecta. La diferencia de niveles obtenida corresponde únicamente a la atenuación producida por la muestra de ensayo.

Ensayo en terreno: Ensayo que se realiza en terreno de acuerdo a normativa, y tiene la ventaja de evaluar en situación real la solución constructiva empleada, considerando la influencia de la ejecución en obra de la solución. El ensayo debe ser realizado por un consultor inscrito en los registros del MINVU.

Fachada: Elemento constructivo vertical o con inclinación superior a 60° sobre la horizontal, que separa un espacio habitable de la vivienda con respecto al exterior.

Frecuencia (f): Número de oscilaciones ocurridas en un tiempo de un segundo de una onda sonora sinusoidal. Se mide en ciclos por segundo (s⁻¹) o Hertz (Hz).

Índice de Reducción Acústica (R): Diferencia de niveles entre el recinto de emisión sonora y el recinto de recepción, corregidos por la relación entre el área del elemento constructivo ensayado y el área de absorción equivalente del recinto receptor. Se determina experimentalmente en laboratorio según la norma NCh 2786.

Índice Ponderado de Reducción Acústica: Es el valor en decibelios, a 500 Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-1.

Nivel de presión sonora: Corresponde a veinte veces el logaritmo de base diez de la razón entre la raíz cuadrática media de la presión sonora considerada y la presión sonora de referencia (20μPa).

Nivel de presión sonora continuo equivalente: Valor del nivel de presión sonora de un sonido continuo y estable, que dentro de un intervalo de tiempo especificado T, tiene la misma presión sonora cuadrática media que un sonido considerado variante en el tiempo.

Nivel de Presión Sonora Corregido, NPC: Es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en el D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES.

Nivel equivalente diurno, NED: Nivel de presión sonora continuo equivalente, expresado en dBA, medido en el exterior de la fachada evaluada, durante los períodos diurnos que consideran la actividad característica del lugar.

Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado, Ln: Corresponde al nivel de presión de ruido de impactos L, ajustado mediante un término de corrección, dado por el cociente entre la absorción equivalente del recinto receptor y el área de absorción equivalente de referencia.

Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado Ponderado: Es el valor en decibelios, a 500 Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-2.

Presión sonora: Incremento variable de la presión atmosférica que resulta de la presencia o la ausencia de sonido.

Puente Acústico: Discontinuidad de un elemento constructivo que genera una mayor transmisión de la energía acústica.

Reverberación: Fenómeno físico de persistencia del sonido en el interior de un recinto, una vez cesada la emisión de la fuente de ruido. Esto a causa de las reflexiones superficiales en el mismo.

Ruido: Sonido no deseado, capaz de generar una sensación auditiva desagradable.

Sonido: Cualquier variación de la presión en el aire que pueda generar una sensación auditiva.

Tiempo de Reverberación: Tiempo en que la energía acústica se reduce a la millonésima parte de su valor inicial (ó 60 dB), una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

Niveles expresados en Decibelios

El nivel expresado en decibelios (dB) es diez veces el logaritmo de base diez de la razón de una cantidad dada respecto de una cantidad de referencia del mismo tipo, donde estas dos cantidades son proporcionales a unidades de potencia. Matemáticamente, un nivel expresado en decibelios obedece a la siguiente relación:

$$L = 10 \log \left(\frac{X}{X_{ref}} \right) [dB]$$

Se acostumbra describir como niveles sonoros expresados en forma logarítmica de presión, intensidad y potencia sonora por dos razones:

- Debido a la amplia gama de valores de presión, intensidad y potencia sonora a la que responde el oído humano, desde un umbral de audición hasta un umbral del dolor (20 μPa a 200 Pa o 10-12 W/m² a 10 W/m²), dando la opción de comprimir en forma logarítmica éste rango a uno más estrecho (0 dB a 140 dB).
- El oído humano juzga la sonoridad relativa de dos sonidos por la razón de sus intensidades; un comportamiento logarítmico.

Nivel de Presión Sonora

El nivel de presión sonora, L_p , expresado en decibeles, correspondiente a una presión sonora eficaz p_{rms} , viene dada por la siguiente expresión:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p_{rms}}{p_0} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{p_{rms}}{p_0} \right)$$

donde;

L_p : Nivel de Presión Sonora (dB),

p_{rms} : Presión Sonora Eficaz (Pa);

p_0 : Presión Sonora de Referencia (20 μ Pa).

Bibliografía

Beraneck, L. & István, V. (2006). "Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications". John Wiley & Sons, Inc.; 2da Ed.

Bobadilla, A.; Guzmán, F.; Hernández, J. (2011). "Metodología de Evaluación de Estrategias de Diseño Constructivo y de Estándares de Calidad Ambiental Mediante Monitorización de Aislamiento y Confort Acústico de Edificios Construidos". Paper presentado en Congreso Internacional de Acústica y Audio Profesional – INGEACUS 2011.

BRE Acoustics, Building Research Establishment Ltd (BRE). (2003). "Building Bulletin 93 – Acoustic Design of Schools". Bridget Shield, London South Bank University.

Carrión, A. (2001) "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Talleres Gráficos HosteNCh, SA. 2001.

Comisión Nacional del medio Ambiente, CONAMA. (1998). "Manual de Aplicación Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas". Comisión Nacional del medio Ambiente, Chile.

Crocker, M. (2007). "Handbook of Noise and Vibration Control". John Wiley & Sons, Inc. ; 1st Ed.

Delgado, C., Dujovne, L., Poo, C.. (2006). "Manual de Aplicación Reglamentación Acústica. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones Artículo 4.1.6". Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile.

Harris. C. (1995). "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido". Mc Graw Hill; 3ra Ed.

Health Facilities Scotland. (2010). "Scottish Health Technical Memorandum 08-01" (SHTM 08-01: Acoustics).

Hopkins, C. (2007). "Sound Insulation". Elsevier Ltd; 1st Ed.

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc-CSIC. (2009). "Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido (Versión V.01)". Ministerio de Vivienda, España.

Instituto Nacional de Normalización, INN. (1961). "Condiciones acústicas que deben cumplir los edificios". (NCh 351 Of61).

International Organization for Standardization, ISO. (1997). "Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters". (ISO 3382:1997).

Lara, F. (2006). "Diseción de una instalación de climatización (por partes): Encuentro de los posibles problemas acústicos". Paper

presentado en I Jornada de Acústica en Instalaciones de Aire, AINAIR 2006, Madrid.

Lara, F. (2008). “Generación de ruidos en equipos de distribución de aire”. Paper presentado en II Jornada de Acústica en Instalaciones de Aire, AINAIR 2008, Madrid.

Ministerio de Fomento, España. Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, que aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al Ruido” del Código Técnico de la Edificación, España.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). “Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones”. D.S. N° 47/92 MINVU. CHILE.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2011). “Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo”.

Möser, M., Barros, J. (2009). “Ingeniería Acústica: Teoría y Aplicaciones”. Springer; 2da Ed.

Office of the Deputy Prime Minister (2003). “The Building Regulations, Approved Document E, Resistance to the passage of sound” (2003 Edition). London: The Stationery Office. ISBN 0117536423.

Recuero, M. (1999). “Acústica Arquitectónica Aplicada”. Ediciones Paraninfo S.A.

Rodero, C. (2006). “Ruido y vibraciones de las instalaciones de aire”. Paper presentado en I Jornada de Acústica en Instalaciones de Aire, AINAIR 2006, Madrid.

Rossing, T. (2007). “Springer Handbook of Acoustics”. Springer; 1st Ed.

Sommerhoff, J. (2000). “Acústica de Locales”. Apuntes del curso 1er semestre 2000. Instituto de Acústica. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

Vigrán, E. (2008). “Building Acoustics”. Taylor & Francis; 1ra Ed.

Vílchez, J. (2006). “Recomendaciones para el tratamiento acústico de instalaciones de climatización”. Paper presentado en I Jornada de Acústica en Instalaciones de Aire, AINAIR 2006, Madrid.

7. Integración de Sistemas Térmicos

En este capítulo se presentan sistemas eficientes de climatización que buscan producir calentamiento y/o enfriamiento en edificios con el mínimo de consumo de energía externa.

El uso de modernas tecnologías de alta eficiencia y de energías renovables no convencionales, en reemplazo de los combustibles fósiles tradicionales, han tenido un rol protagónico importante en la reducción de emisiones de CO₂ y su impacto sobre el efecto invernadero. El uso masivo y el aumento de producción de estas tecnologías han permitido, entre otros beneficios, reducir sus costos de producción y acceder al mercado con precios competitivos, generando así una mejor rentabilidad y una reducción en el tiempo de retorno de las inversiones.

Los incentivos al uso de este tipo de tecnologías en países desarrollados tanto económicamente como culturalmente en relación a la necesidad de proteger el medio ambiente, ha sido fundamental para potenciar y motivar la investigación básica y aplicada, en el desarrollo de nuevas tecnologías en pro del bienestar de la humanidad y las futuras generaciones.

En concordancia con lo anterior y, por ser consideradas del tipo no convencional, eficientes y/o de baja emisión, las tecnologías de mayor desarrollo utilizadas en sistemas térmicos de baja temperatura para climatización, abastecimiento de A.C.S. y en piscinas temperadas son:

- Energía Solar Térmica.
- Energía Geotérmica de Baja Temperatura.
- Bombas de Calor Eficientes.
- Calderas de Condensación.

7.1. Energía Solar

La energía solar está disponible en todo el mundo y especialmente en Chile, los niveles de radiación solar en la mayor parte del territorio son más altos que en muchos países de Europa, los que cuentan con un alto nivel de desarrollo, utilización y explotación de esta fuente de energía renovable y alternativa.



Figura 7.1. Concentrador solar térmico y fotovoltaico FVT

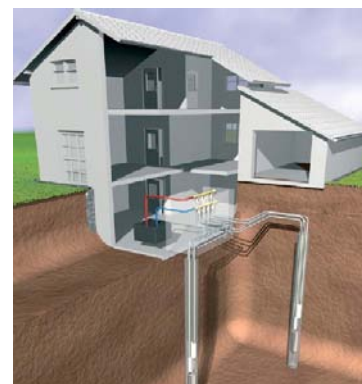


Figura 7.2. Sondas geotérmicas

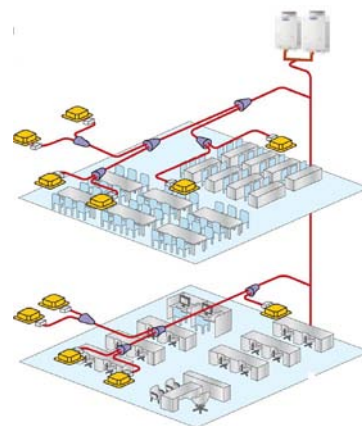


Figura 7.3. Sistema climatización VRV



Figura 7.4. Caldera Condensación



Figura 7.6. Instalación solar térmica para A.C.S.



Figura 7.7. Instalación solar térmica de A.C.S. con acumulador para colegio, hotel o edificio.

Particularmente desde la Región del Bío Bío al norte de Chile, los niveles de radiación solar compiten con dichos países y las posibilidades de utilizar esta forma de energía son amplias y variadas.

La figura 7.5 presenta un mapa con datos de la radiación media global anual sobre el planeta, expresada en (kWh/m² año)

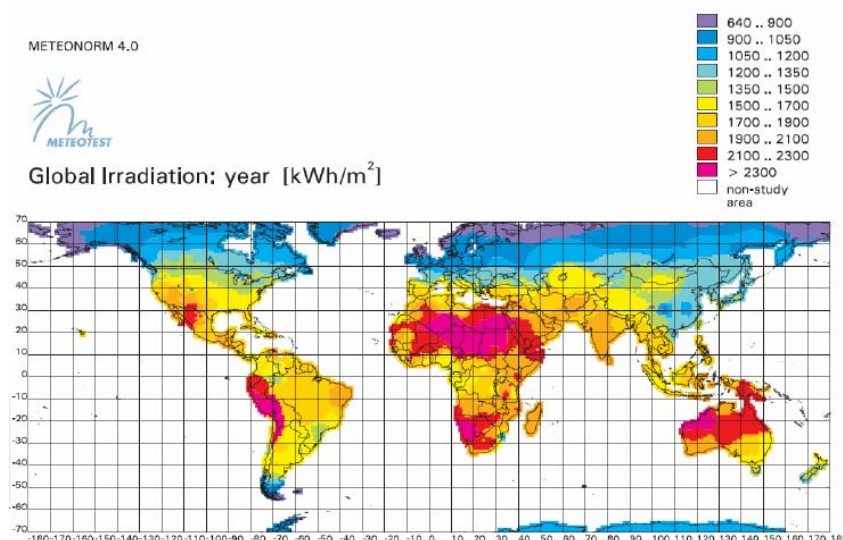


Figura 7.5. Mapa de radiación global anual sobre la tierra.

En la figura 7.8 se presenta un gráfico que compara las ciudades de Freiburg, en Alemania, considerada la "Ciudad del Sol" y Almería, en España, con una plataforma solar, respecto de tres ciudades chilenas y Las Vegas, en USA. Se observa que, ajustando las mediciones al hemisferio sur, los niveles de radiación sobre las ciudades europeas son inferiores a Calama y Copiapó. Sin embargo, Freiburg y Almería presentan un alto desarrollo de uso y aplicación de energía solar.

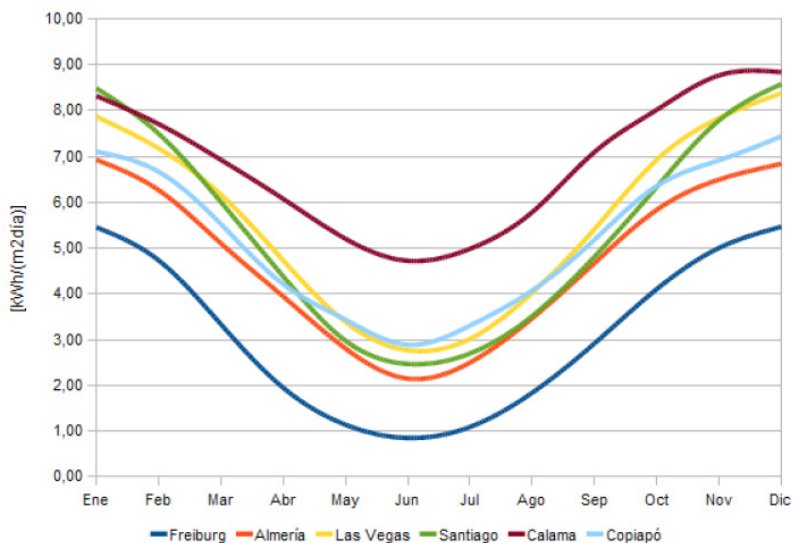


Figura 7.8 Comparación de la Radiación promedio diaria anual para seis ciudades datos ajustados al Hemisferio Sur para efectos de comparación. Fte Roberto Román

Colectores solares térmicos

Los paneles solares captan la energía irradiada por el sol y la convierten en energía térmica. La energía captada es absorbida por un líquido que se mueve dentro de los paneles solares y, posteriormente, es utilizada según demanda y/o propósitos de la instalación.

El aprovechamiento térmico de la energía solar puede realizarse en tres niveles de temperatura, según su campo de aplicación.

- De baja temperatura. Utilizando colectores simples del tipo panel plano con o sin vidrio.
- De temperatura media. Utilizando colectores planos de tubo evacuado, heat pipe, concentradores CPC.
- De alta temperatura. Utilizando concentradores lineales cilíndricos y parabólicos con seguimiento en un eje, concentradores de disco con motor stirling de seguimiento en dos ejes, heliostatos con seguimiento en dos ejes y concentradores de torre.

En la figura 7.9 se muestra un esquema general del uso potencial de la energía solar.

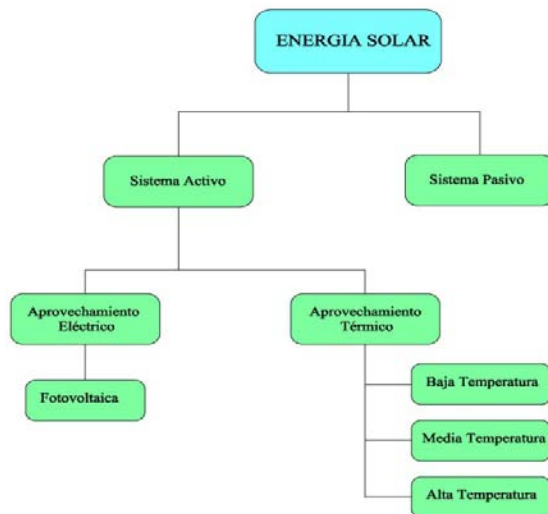


Figura 7.9. Esquema general de uso potencial de la energía solar.



Figura 7.10. Instalación solar agua caliente y paneles fotovoltaicos.

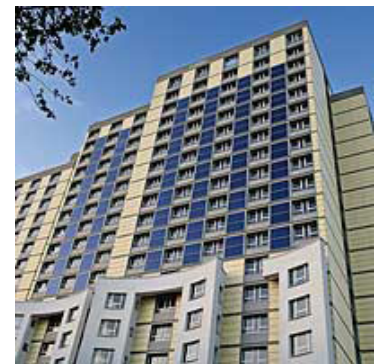


Figura 7.11. Instalación solar fotovoltaica en departamentos.



Figura 7.12. Conjunto de colectores planos.



Figura 7.14. Colector solar no vidriado.



Figura 7.15. Instalación solar con colectores no vidriados para piscina.

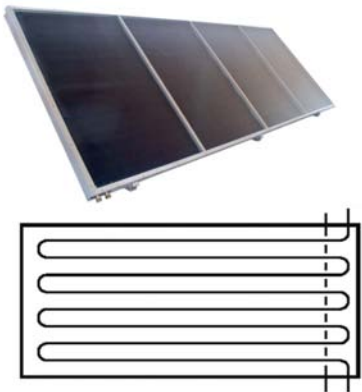


Figura 7.16. Colectores planos vidriados de gran dimensión.

Colectores solares planos

Preferentemente utilizados en el calentamiento de fluidos en fase líquida a temperaturas inferiores a los 80°C. El mercado ofrece del tipo vidriado y no vidriado.

Colector No vidriado

Para calentar fluido a temperatura no superior a 35°C. Se fabrican de Polietileno de alto peso molecular y se utilizan, preferentemente, para el calentamiento de agua en piscinas templadas y otras aplicaciones de baja temperatura.

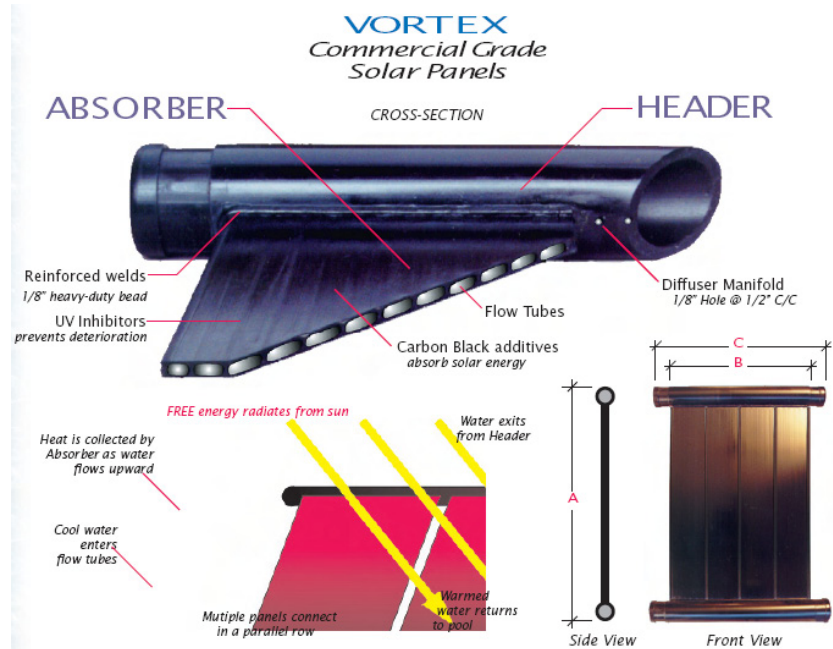
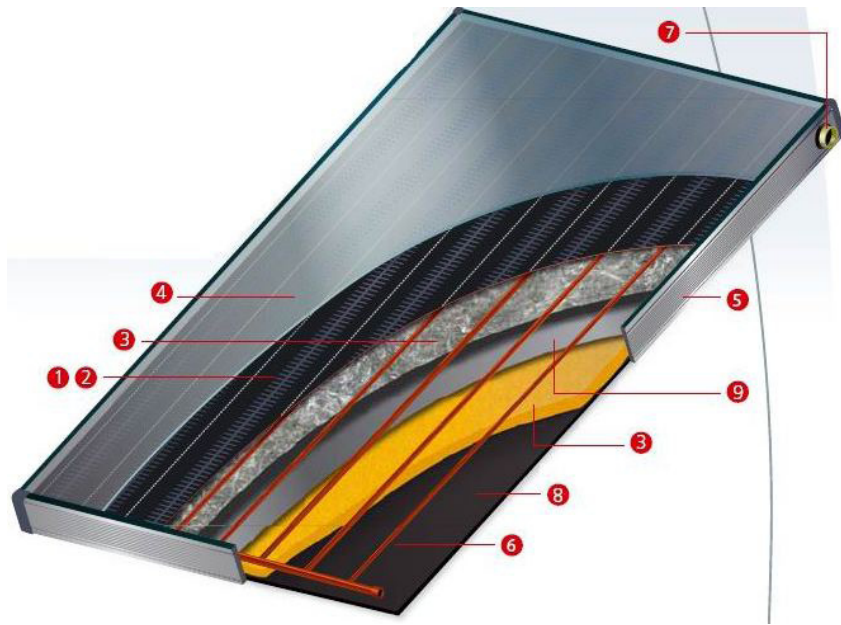


Figura 7.14. Colector solar no vidriado.

Colector vidriado

Para calentar fluido a temperatura no superior a 80°C. Se fabrican de una placa de alta conductividad térmica (aluminio) sobre la que se adhiere la cañería que conduce el fluido térmico. La placa puede cubrirse con: revestimiento de titanio, cromo negro sobre níquel o con pintura negra selectiva de alta capacidad de absorción para onda corta y baja emisividad en onda larga. La parte superior del colector se cubre con un vidrio solar templado o con placa de boro silicato de alta transmisividad en onda corta. Su parte inferior se protege con aislante térmico, del tipo poliuretano o de lana mineral, como se muestra en la figura 7.17.



1. Superficie de captación

Consiste en aletas soldadas ultrasónicamente a tuberías de cobre, que proporcionan una excelente transferencia de calor entre ellos, asegurando así una gran eficiencia.

2. Revestimiento de la superficie de captación

La superficie de captación está recubierta con un revestimiento de Titanio o bien, con cromo negro sobre níquel o con un pintura solar negra, altamente selectiva. Todos ellos permiten una excelente absorción de la energía, aun en condiciones de baja radiación.

3. Aislamiento

Caja de poliuretano rígido de 25 mm de espesor. Según modelos, una lámina de lana mineral de 25 mm de espesor, protege el poliuretano y ofrece un mayor aislamiento.

4. Vidrio Solar Templado

Un solo vidrio solar, de 3,2 mm de espesor, diseñado para reducir la reflexión y templado para maximizar su resistencia y duración. Su bajo contenido de óxido de hierro, 0,03%, permite una alta transmisión solar, del 91%

5. Cajas

A. Aluminio

Construidas en aluminio extrudido y anodizado son de gran solidez y fabricadas en color natural.

B. Acero galvanizado

Construidas en acero galvanizado con un acabado en poliéster, gris o blanco.

6. Red de conductos

Conductos de cobre de 8 ó 16 mm soldados a conductos principales de 28,5 ó 22 mm con una distribución óptima del flujo.

7. Conexión de las tuberías

Cuatro adaptadores hembra BSP de bronce, de 3/4" o alternativamente, sin adaptadores.

8. Dorso

El dorso está fabricado en una lámina de polipropileno negro.

9. Lámina de aluminio

La lámina de aluminio, integrada con el aislamiento, actúa como una barrera para evitar pérdidas por radiación.

Figura 7.17. Colector solar plano.

Colectores solares tubo evacuado, heat pipe y concentrador CPC (concentrador parabólico compuesto).

Tubos evacuados

Son colectores planos constituidos por un haz de tubos concéntricos con una cámara de vacío, sellada entre ambos tubos. Esto permite reducir considerablemente la pérdida de calor del tubo, permitiendo que éste opere a mayor temperatura, manteniendo un rendimiento aceptable.

Los tubos se conectan a un estanque colector que almacena el agua de consumo. Por medio del mecanismo de termosifón el agua de consumo circula por la parte superior de los tubos hacia el estanque acumulador, por la parte inferior de éste hacia la parte baja de los tubos, como se muestra en la figura 7.22.



Figura 7.18. Colector solar tubo evacuado Ecoinnova.



Figura 7.19. Detalle de la doble cámara de un tubo evacuado.



Figura 7.20. Sistema colector plano con acumulador.

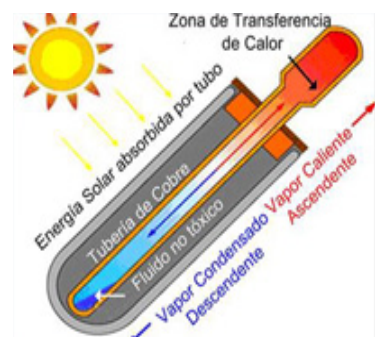


Figura 7.21. Tubo colector Heat Pipe.

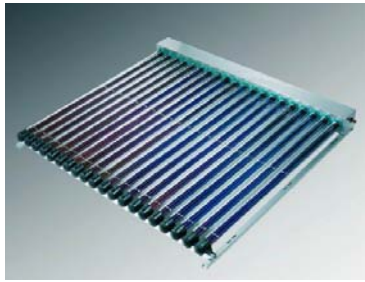


Figura 7.23. Colector solar Heat Pipe.

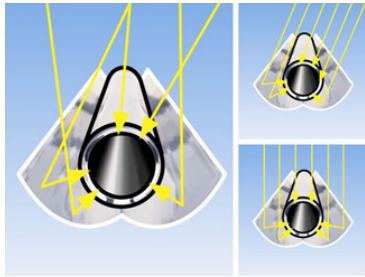


Figura 7.24. Detalle tubo evacuado y concentrador CPC.



Figura 7.26. Panel solar con concentrador CPC.

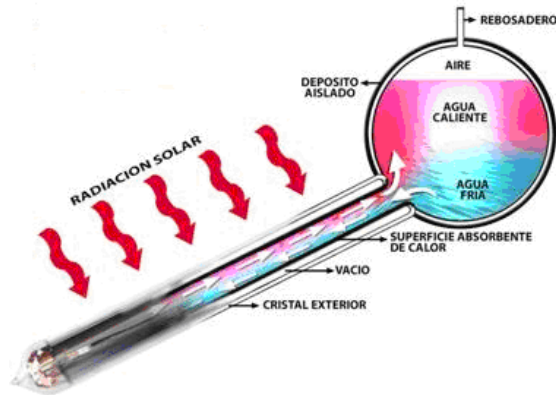


Figura 7.22. Colector tubo evacuado

Heat Pipe

Son tubos dobles concéntricos evacuados, que en su interior contienen un bulbo cerrado con un fluido térmico. Éstos se conectan desde su extremo superior a un intercambiador de calor, transfiriendo la energía solar captada por el fluido térmico, al agua que circula por el intercambiador del cabezal superior del panel. La figura 7.25 muestra un esquema tipo de colector Heat Pipe.

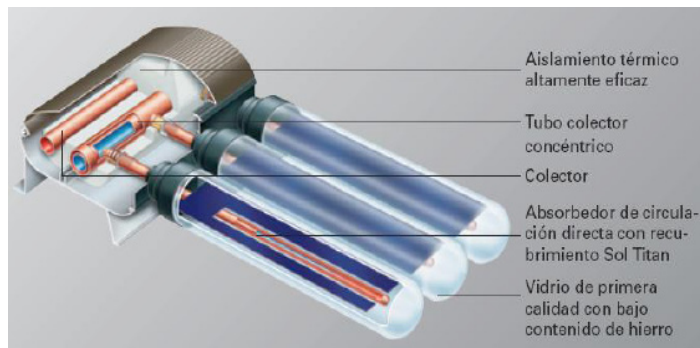


Figura 7.25. Colector Heat Pipe

Concentrador CPC (Compound parabolic collector)

Son tubos evacuados que se instalan sobre un panel que en su parte inferior tienen una placa reflectora parabólica, permitiendo concentrar la energía solar desde la placa reflectora al tubo. La figura 7.24 muestra el detalle del mecanismo de concentración y la figura 7.26 presenta un panel concentrador CPC.

7.2. Rendimiento de colectores solares

Determina la relación entre la energía que capta un colector solar y la radiación solar recibida. Está determinado por dos factores fundamentales que dependen de elementos constructivos del colector. Éstos son:

- Factor óptico. Que depende de la transmisividad de la superficie transparente, cristal que cubre un colector plano o material del tubo evacuado.
- Transmitancia térmica. Depende de la aislación térmica del colector, tipo de aislante y espesor.

Estos parámetros son determinados y certificados por Empresas y/o Instituciones registradas para la certificación de estos equipos.

El rendimiento de un colector puede determinarse utilizando alguna de las dos normas existentes:

- Norma americana. Plantea una expresión lineal de la forma:

$$\eta = F_R \cdot \tau \cdot \alpha - F_R U_L \cdot \frac{(t_f - t_a)}{I}$$

$F_R \cdot \tau \cdot \alpha$ = Rendimiento óptico del colector

$F_R U_L$ = Factor pérdida por transmisión de calor $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$

$(t_f - t_a)$ = Diferencia temperatura fluido-aire $[^\circ C]$

I = Radiación solar incidente $\left[\frac{W}{m^2} \right]$

- Norma Europea. Plantea una expresión cuadrática de la forma:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{(t_f - t_a)}{I} - a_2 \cdot \frac{(t_f - t_a)^2}{I}$$

η_0 = Rendimiento óptico del colector

a_1, a_2 = Factores pérdida por transmisión de calor

La energía solar térmica ha evolucionado significativamente al mejorar las propiedades de sus componentes: rendimiento óptico, absorptividad y emisividad de los materiales así como su aislación térmica, permitiendo mejorar de manera significativa el rendimiento de los colectores.

La tecnología de colectores basado en tubos evacuados o de vacío, Heat Pipe y concentradores CPC, ha sido fundamental ante la posibilidad de aumentar la temperatura de trabajo, mantener un rendimiento aceptable e incrementar su posibilidad de uso, incluyendo procesos industriales de temperatura media.

Los proyectos térmicos solares para calentamiento de A.C.S. (agua caliente sanitaria), calentamiento de piscinas y de calefacción continua, no pueden ser autónomos. Éstos deben ser apoyados con energía térmica auxiliar, proveniente de una caldera de alto rendimiento.



GH25S

Parámetros ensayados (CENER)

$\eta_0=0,770$

$a_1=3,663 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

$a_2=0,016 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Superficie útil m^2 : 2,4

Figura 7.27. Parámetros de rendimiento colector según norma europea.

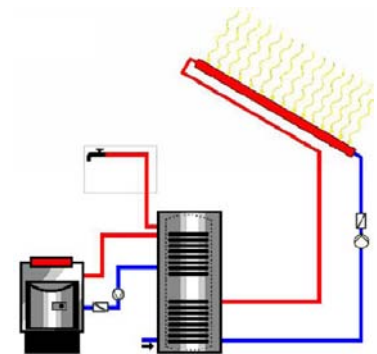


Figura 7.28. Esquema de instalación vivienda unifamiliar para A.C.S.



Figura 7.29. Instalación solar para edificio.

7.3. Demanda energética para Calefacción, Agua Caliente Sanitaria A.C.S. y Calentamiento Piscinas Temperadas

Calefacción

La potencia Instalada de un sistema de calefacción se evalúa determinando las pérdidas de calor de cada recinto. Este cálculo no considera ganancias por factores internos o externos que puedan favorecer la evaluación. Las ganancias susceptibles de obtenerse en un recinto, por efectos solares u otros, sólo se consideran en la reducción de la temperatura interior de cálculo, puesto que dichas ganancias se expresan en un incremento de la temperatura del recinto respecto de la base de cálculo, lo que permite reducir la temperatura interior de cálculo.

La expresión para determinar la pérdida total de calor de un edificio está dada por:

$$Q_{\text{recinto}} = \sum_{i=1}^n (U_i \cdot A_i + 0.35 \cdot V \cdot N) \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{amb}}) + \sum_{j=1}^m U_j \cdot A_j \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{mc}}) \quad (W)$$

con i = Muros comunicados con el exterior

j = Muros comunicados con espacios no caleccionados

$$U_{i,j} = \text{Transmitancia térmica} \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

$$A_{i,j} = \text{Area de transferencia de calor} \quad (m^2)$$

$$V = \text{Volumen del recinto} \quad (m^3)$$

N = Número de renovaciones por hora

$$t_{\text{int}} = \text{Temperatura interior de cálculo} \quad (^\circ C)$$

$$t_{\text{amb}} = \text{Temperatura ambiente según norma} \quad (^\circ C)$$

$$t_{\text{nrc}} = \text{Temperatura recinto no caleccionado} \quad \text{aprox } 10^\circ C$$

El consumo de energía, en tanto, considera variables tales como; la temperatura real del aire atmosférico y el período o tiempo de operación del sistema de calefacción. Luego, su evaluación se realiza a través de la expresión:

$$Q_{\text{demandado}} = 24 \cdot G \cdot V \cdot GD \cdot F_{op} \quad \left[\frac{W \cdot \text{día}}{\text{mes}} \right]$$

$$G = \text{Coeficiente volumétrico de transmisión de calor} \quad \left[\frac{W}{m^3 \cdot ^\circ C} \right]$$

$$V = \text{Volumen del recinto} \quad [m^3]$$

$$GD = \text{Grados día mes} \quad \left[\frac{^\circ C \cdot \text{día}}{\text{período}} \right]$$

$$F_{op} = \text{Factor de operación}$$

La ecuación anterior permite determinar el consumo mensual de energía para calefacción. Esta evaluación se realiza sólo los meses del año en que se utilizará este servicio y se debe considerar además, la fracción correspondiente a los días y horas de la semana en que operará el sistema de calefacción.

Si al requerimiento de energía se agrega el tipo de combustible a utilizar, además del rendimiento estimado de la caldera, el de la instalación

Tabla 7.1. Datos de entrada para cálculo demanda energía calefacción con caldera a gas.

| Lugar | Concepción | |
|-------------------------|------------|------------|
| Superficie recinto | 2500 | m2 |
| altura promedio | 3 | m |
| Días operación/semana | 5 | |
| Horas operación/día | 12 | |
| Grados-día anual | 1638 | °C día/año |
| Volumen | 7500 | m3 |
| Valor de G | 1.54 | W/m3 °C |
| Horas del día | 24 | |
| Valor dólar | 500 | \$/US\$ |
| Combustible | gas | |
| Poder calorífico | 12.8 | kW-h/kg |
| Rendimiento caldera | 80.0% | |
| Rendimiento instalación | 90.0% | |
| Costo combustible | 900 | \$/kg |
| Costo energía | 54.21 | US\$/GJ |
| Costo energía | 0.195 | US\$/kW-h |

Tabla 7.2. Grados-días para los meses de operación sistema calefacción.

| MES | Utiliza Calefacción ? | GRADOS-DIA/mes base 16°C | GRADOS-DIAS meses operación |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Enero | off | 51.4 | 0.0 |
| Febrero | off | 55.5 | 0.0 |
| Marzo | off | 91.5 | 0.0 |
| Abril | on | 131.3 | 131.3 |
| Mayo | on | 162.8 | 162.8 |
| Junio | on | 208.0 | 208.0 |
| Julio | on | 222.5 | 222.5 |
| Agosto | on | 214.4 | 214.4 |
| Septiembre | on | 195.8 | 195.8 |
| Octubre | off | 145.2 | 0.0 |
| Noviembre | off | 96.6 | 0.0 |
| Diciembre | off | 63.2 | 0.0 |
| Total anual | | 1,638.4 | 1,134.8 |

Tabla 7.3. Período efectivo de calefacción, demanda energética anual, costo de calefacción y consumo específico anual.

| MES | Días operación semana | Horas operación día | Factor Operación | Consumo energía kW-h/mes | Costo energía US\$/mes |
|--------------------|-----------------------|---------------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| Enero | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| Febrero | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| Marzo | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| Abril | 5 | 12 | 0.36 | 12,989.8 | 2,535.1 |
| Mayo | 5 | 12 | 0.36 | 16,096.6 | 3,141.4 |
| Junio | 5 | 12 | 0.36 | 20,572.7 | 4,015.0 |
| Julio | 5 | 12 | 0.36 | 22,001.8 | 4,293.9 |
| Agosto | 5 | 12 | 0.36 | 21,201.1 | 4,137.6 |
| Septiembre | 5 | 12 | 0.36 | 19,367.3 | 3,779.7 |
| Octubre | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| Noviembre | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| Diciembre | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| Total anual | | | | 112,229.3 | 21,902.7 |

| | | |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Consumo específico anual | 44.9 | kW-h/m² año |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------|

y el costo del combustible; es posible evaluar el costo mensual y anual de calefacción.

En la tabla 7.1 se presenta un ejemplo de cálculo para un edificio de 2500 m², ubicado en Concepción, a calefaccionar entre los meses de abril y septiembre, 5 días a la semana y por 12 horas diarias, utilizando gas licuado. Los grados días de operación se muestran en la tabla 7.2 y el consumo de energía y los costos mensuales y anual se presentan en la tabla 7.3.

Agua Caliente Sanitaria A.C.S. La demanda de energía térmica para agua caliente sanitaria, está determinada por el consumo y la temperatura de agua de la red. La estimación del consumo depende del tipo de prestación que se tenga, según la actividad del local en la que ésta se realice. La tabla 7.4. entrega valores de consumo según tipo de actividad y uso.

Tabla 7.4. Consumos de A.C.S. diario según actividad.

| | Temperatura del A.C.S. | |
|--------------------------|------------------------|----------------------|
| | 60°C | 45°C |
| Uso Doméstico | Litros/día x persona | Litros/día x persona |
| Media | 20 | 30 |
| Consumo bajo | 10 a 20 | 15 a 30 |
| Consumo medio | 20 a 40 | 30 a 60 |
| Consumo alto | 40 a 60 | 60 a 120 |
| Baño y ducha | | |
| Baños públicos | 40 | 60 |
| Baños privados | 20 | 30 |
| Sauna público | 100 | 140 |
| Sauna privado | 50 | 70 |
| Equipamientos públicos | | |
| Instalaciones deportivas | 40 | 60 |
| Residencias | 60 | 80 |
| Hospitales | 60 a 120 | 80 a 160 |
| Industria | 30 | 40 |

Para calcular la demanda de energía para agua caliente sanitaria A.C.S. se utiliza la expresión:

$$Q_{A.C.S.} = \rho_{agua} \cdot V_{agua} \cdot C_{agua} \cdot N^{\circ}_{días/mes} \cdot (T_{final} - T_{red}) \quad \left(\frac{kW \cdot h}{mes} \right)$$

con $Q_{A.C.S.}$ = Demanda energética para A.C.S.

$$\rho_{agua} = \text{Densidad del agua} = 1000 \quad \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$V_{agua} = \text{Volumen de agua por día} \quad \left(\frac{m^3}{día} \right)$$

$$C_{agua} = \text{Calor específico del agua} = 1.163 \cdot 10^{-3} \quad \left(\frac{kW \cdot h}{kg \cdot ^{\circ}C} \right)$$

$N^{\circ}_{días/mes}$ = Número de días del mes

T_{final} = Temperatura final del agua (deseada) (°C)

T_{red} = Temperatura del agua de la red (°C)



Figura 7.30. Instalación solar integrada a un edificio.



Figura 7.31. Monitorización instalación solar para abastecimiento A.C.S.

Tabla 7.5. Datos de entrada para evaluar requerimientos de energía y costo para producción de A.C.S

| | | |
|-------------------------|-----------|-------------|
| Temperatura agua salida | 45 | °C |
| Número de personas | 250 | |
| Consumo agua persona | 60 | lt/pers día |
| Consumo diario agua | 15,000 | Lt/día |
| calor específico agua | 1.163E-03 | kW-h/kg K |
| Rendimiento caldera | 85% | |
| Rendimiento instalación | 90% | |
| Valor dólar | 500 | \$/US\$ |
| Combustible a utilizar | Gas | |
| Poder Calorífico | 12.80 | kW-h/kg |
| Costo por kg | 900 | \$/kg |
| Costo energía | 51.06 | US\$/GJ |
| Costo energía | 0.184 | US\$/kW-h |

Tabla 7.6. Resultados de evaluación demanda energética para producción A.C.S. y costos asociados.

| | | Temperatura agua red | Consumo energía A.C.S. | Costo consumo comb. |
|------------|----------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Mes | días/mes | °C | kW-h/mes | US\$/mes |
| Enero | 31 | 15.7 | 15,845 | 2,913 |
| Febrero | 28 | 16.4 | 13,970 | 2,568 |
| Marzo | 31 | 16.0 | 15,683 | 2,883 |
| Abril | 30 | 14.7 | 15,858 | 2,915 |
| Mayo | 31 | 13.0 | 17,305 | 3,181 |
| Junio | 30 | 11.4 | 17,585 | 3,232 |
| Julio | 31 | 10.2 | 18,820 | 3,459 |
| Agosto | 31 | 9.8 | 19,036 | 3,499 |
| Septiembre | 30 | 10.1 | 18,265 | 3,358 |
| Octubre | 31 | 11.1 | 18,333 | 3,370 |
| Noviembre | 30 | 12.5 | 17,009 | 3,127 |
| Diciembre | 31 | 14.2 | 16,656 | 3,062 |
| | | 12.9 | 204,365 | 37,567 |

En la tabla 7.5 y 7.6 se entrega un ejemplo de cálculo de requerimiento de energía y costo anual asociado de A.C.S. para 250 personas, con un consumo medio de 60 lt/día a la temperatura de 45°C, utilizando gas licuado como combustible, con un rendimiento de caldera de 85% y de instalación de 90% para todo el año, en la ciudad de Concepción.

Piscina Temperada. La demanda de energía térmica para calentamiento de piscinas temperadas cubiertas o al aire libre, se determinan según el siguiente modelo de evaluación:

Demanda energética en piscina cubierta

Pérdidas de calor:

- Por evaporación, representan entre el 70% y el 80% de las pérdidas totales
- Por radiación, representan entre el 15% al 20% de las pérdidas totales
- Las pérdidas por conducción son despreciables.

Luego, la potencia requerida para mantener la temperatura del agua de una piscina cubierta se determina a partir de la siguiente expresión:

$$P = (130 - 3 \cdot t_{\text{agua}} + 0.2 \cdot t_{\text{agua}}^2) \cdot (S_{\text{agua}}/1000) \quad [kW]$$

t_{agua} = Temperatura del agua (°C)

S_{agua} = Superficie de la piscina (m^2)

Demanda energética en piscina al aire libre

Para este caso se utiliza la expresión:

$$P = (28 + 20 \cdot v_{\text{aire}}) \cdot (t_{\text{agua}} - t_{\text{aire}}) \cdot S_{\text{agua}}/1000 \quad [kW]$$

t_{agua} = Temperatura del agua (°C)

t_{aire} = Temperatura del aire (°C)

v_{aire} = Velocidad del aire (°C)

S_{agua} = Superficie de la piscina (m^2)

Tabla 7.7. Temperatura de agua en piscinas temperadas según uso

| Tipo | Temperatura °C |
|-------------|-------------------|
| Competición | 24 |
| Enseñanza | 25 |
| Privadas | 25 a 26 máxima 28 |
| Públicas | 24 a 25 |

La temperatura del ambiente y humedad relativa de una piscina temperada cubierta, que permita mantener controlada la evaporación superficial del agua, se determina a partir de la expresión:

$$t_{\text{ambiente}} = t_{\text{agua}} + 2^\circ C$$

$$HR_{\text{humedad relativa}} = 60\%$$

En las tablas 7.8 y 7.9 se presenta ejemplo de cálculo para una piscina de 25 x12 y 2.2 m de profundidad, operando con una temperatura de 25°C, utilizando gas licuado como combustible.

7.4. Proyecto energía solar térmica

Para dimensionar una instalación solar térmica, que permita satisfacer requerimientos energéticos como los evaluados, se requiere previamente establecer y definir:

- Demanda energética anual y su distribución mensual.
- Ciudad en la que se emplazará el proyecto.
- Meses del año en que va a operar el sistema solar.
- Radiación solar y datos climáticos del lugar.
- Tipo de colector a usar y parámetros de rendimiento.

A partir de estos antecedentes se confecciona una planilla de cálculo para efectuar evaluación mensual y total anual de:

Rendimiento mensual de los colectores.

- Cobertura solar mensual y total anual.
- Número de colectores.
- Energía suplementaria mensual a suministrar por sistema tradicional.
- Ahorro efectivo de energía.

La cantidad de colectores y el aporte solar anual de la instalación se puede determinar utilizando el método de carta F, que se aplica a instalaciones que utilizan sistema con acumulación de agua caliente.

Con los resultados obtenidos y, conocido el tamaño y componentes de la instalación solar, se determina el costo de inversión el que, complementado con los costos de operación, mantenimiento, ahorro de combustible y las correspondientes tasas de descuento, escalamiento de combustible y otros, permiten efectuar la evaluación económica del proyecto.

7.5. Bomba de calor

Es una máquina térmica capaz de transferir calor desde una fuente de baja temperatura a otra fuente de mayor temperatura, suministrándole un trabajo externo.

El fluido de trabajo de la máquina térmica es un refrigerante que tiene la propiedad de cambiar de fase a bajas temperaturas.

Su aplicación particular como Bomba de Calor se debe a que en procesos de climatización es posible:

- Utilizar la fuente de mayor temperatura para calentar un ambiente o,
- Utilizar la fuente de menor temperatura para enfriar un ambiente.

Tabla 7. 8. Datos de entrada para evaluar requerimientos de energía y costo para operar una piscina temperada cubierta.

| | | |
|-----------------------------|-------|----------------|
| Largo | 20 | m |
| Ancho | 12 | m |
| Profundidad media | 1.8 | m |
| Temperatura agua piscina | 25 | °C |
| Horas del día en operación | 12 | horas |
| Area superficie evaporación | 240 | m ² |
| Volumen de agua | 432 | m ³ |
| Potencia térmica perdida | 43.2 | kW |
| Energía perdida por día | 1,037 | kW-h/día |
| Valor dólar | 500 | \$/US\$ |
| Combustible a utilizar | Gas | |
| Poder Calorífico | 12.80 | kW-h/kg |
| Costo por kg | 900 | \$/kg |
| Rendimiento caldera | 85% | |
| Rendimiento instalación | 90% | |
| Costo energía | 51.06 | US\$/G.J |
| Costo energía | 0.184 | US\$/kW-h |

Tabla 7. 9. Resultados de consumo de energía y costo de combustible para operar la piscina del ejemplo.

| mes piscina operando | dias del mes en operación | Consumo energía piscina | Costo comb. |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|
| | días | kW-h/mes | US\$/mes |
| Enero | off | 0.0 | 0 |
| Febrero | off | 0.0 | 0 |
| Marzo | on | 31.0 | 16,070 |
| Abril | on | 30.0 | 15,552 |
| Mayo | on | 31.0 | 16,070 |
| Junio | on | 30.0 | 15,552 |
| Julio | on | 31.0 | 16,070 |
| Agosto | on | 31.0 | 16,070 |
| Septiembre | on | 30.0 | 15,552 |
| Octubre | on | 31.0 | 16,070 |
| Noviembre | on | 30.0 | 15,552 |
| Diciembre | off | 0.0 | 0 |
| | | 275.0 | 142,560 |
| | | | 26,206 |

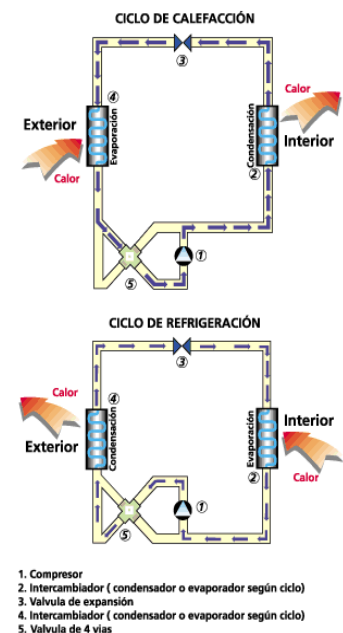


Figura 7. 32. Esquema general de una bomba de calor.



Figura 7.33. Bomba de Calor Split Muro.

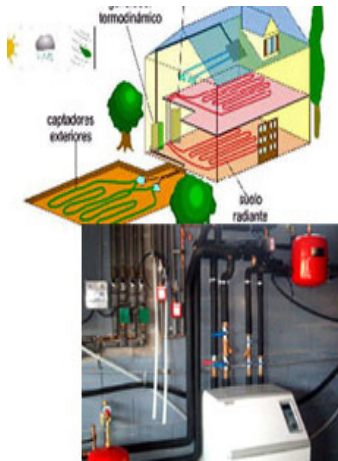


Figura 7.34. Bomba de Calor Geotérmica.



Figura 7.35. Bomba de Calor con estanque acumulador.

¿Cuáles son las ventajas de una bomba de calor?

1. Se puede utilizar como fuente de energía para absorber y/o entregar calor:
 - El aire atmosférico, bomba de calor clásica.
 - La tierra, bomba de calor geotérmica de lazo cerrado.
 - Agua de un río o lago, bomba de calor geotérmica de lazo abierto.
2. Se alimenta preferentemente de energía eléctrica.
3. Su eficiencia o COP (Coeficiente de Performance) puede ser mayor que 1 ó 100%
4. Soluciona demandas de energía para invierno y verano
5. Los costos de inversión, dependiendo de la tecnología a usar, pueden ser más altos, pero presentan menores costos de operación y alta eficiencia.

¿Cuáles son las desventajas de una bomba de calor?

1. No recomendables para calentar fluidos (aire o agua) a temperatura por sobre los 45°C, puesto que su eficiencia se reduce considerablemente. Su aplicación se limita a:
 - Climatización de recintos por aire
 - Calefacción con losa radiante
 - Calentamiento A.C.S.
2. Posibilidad de congelamiento del evaporador en períodos de invierno, para los sistemas que operan con aire.
3. Para sistemas de distribución mediante ductos de aire se requiere de mayor espacio.

¿Cómo funciona una Bomba de Calor?

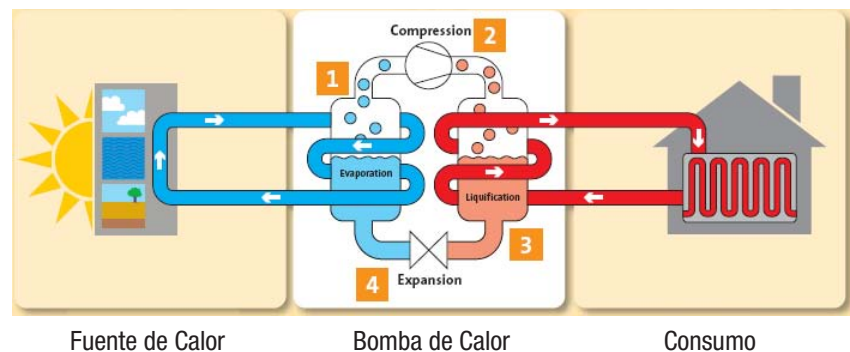
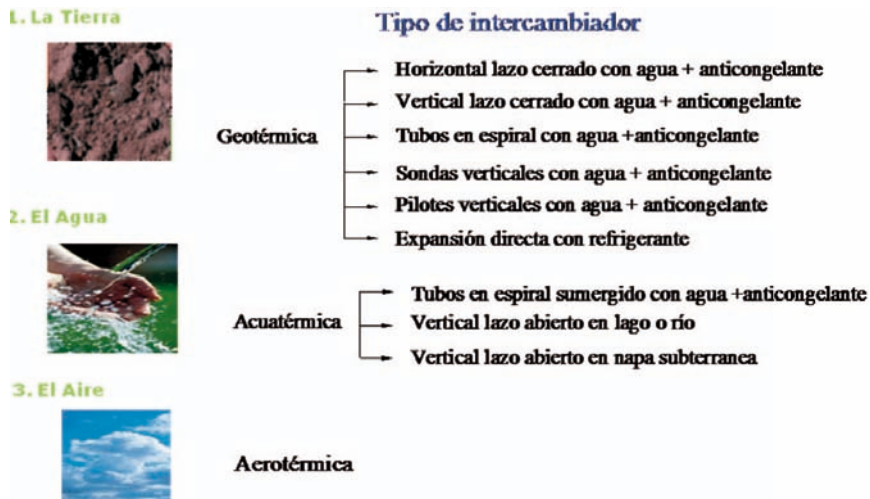


Figura 7.36. Esquema de una bomba de calor

Las bombas de calor pueden tener tres tipos de fuentes para captar o entregar energía, éstas son:

- Aire atmosférico
- Agua de río o lago
- Tierra, energía geotérmica de baja temperatura.

Fuentes de energía para las bombas de calor



Eficiencias de las Bombas de Calor

Una Bomba de Calor, extrae calor desde una fuente de baja temperatura y, luego de recibir un trabajo externo, entrega calor a una fuente de mayor temperatura, según lo muestra el esquema de la figura 7.38

La eficiencia de un ciclo de refrigeración y/o bomba de calor, en general, evalúa la relación entre lo que se desea obtener (energía frío o calor) y lo que se consume (energía del compresor).

Ciclo de Refrigeración: La eficiencia se evalúa a través del EER, definido como Energy Efficiency Ratio, que mide la relación entre la energía extraída en el evaporador o foco frío y el trabajo suministrado al ciclo.

$$EER \text{ (energy efficiency ratio)}$$

$$EER = \left(\frac{Q_e}{W_e} \right) = \left(\frac{Q_e}{Q_c - Q_e} \right) > 0 < 1.0$$

$$EER_{m\acute{a}x} = \left(\frac{T_e}{T_c - T_e} \right) > 0 < 1.0$$

Ejemplo: EER = 4

Por cada kW consumido por el compresor se extraen 4 kW desde la vivienda; luego, el costo de la energía consumida es $\frac{1}{4}$ del costo energía eléctrica.

Bomba de Calor: Su objetivo es entregar calor a una fuente de alta temperatura, que extrae desde otra, de baja temperatura, recibiendo un trabajo externo.



Figura 7.37. Bomba de Calor Aero-térmica.

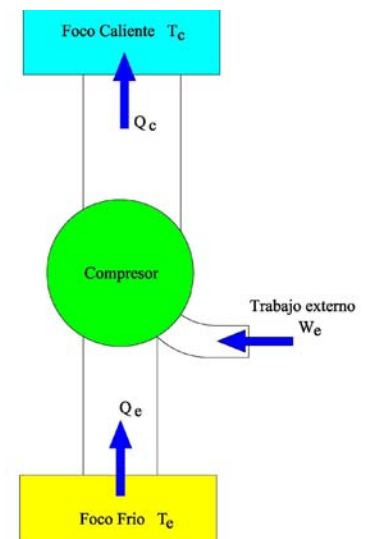


Figura 7.38. Esquema termodinámico de ciclo de refrigeración.



Figura 7.39. Bomba de Calor geotérmica con estanco acumulador.



Figura 7.40. Bomba de calor geotérmica Ciatesa utilizada en edificio PDI Puerto Montt.



Figura 7.41. Bomba de Calor geotérmica marca Ciatesa instalada en edificio PDI Puerto Montt.



Figura 7.42. Esquema Bomba de Calor VRV multisplit.

La eficiencia de la bomba de calor se evalúa a través de COP (Coeficiente de Performance), evalúa la relación entre la energía demandada, respecto de la aportada externamente (compresor)

COP : (Coeficiente de Performance)

$$COP = \left(\frac{Q_c}{W_e} \right) = \left(\frac{Q_c}{Q_c - Q_e} \right) > 1.0$$

$$COP_{m\acute{a}x} = \left(\frac{T_c}{T_c - T_e} \right) > 1.0$$

Ejemplo: COP = 4

Por cada kW consumido por el compresor obtenemos 4 kW para calefaccionar la vivienda; luego, el costo de la energía consumida es ¼ del costo energía eléctrica.

Etiquetado energético para Bombas de Calor.

El etiquetado de eficiencia energética establece una clasificación de los equipos según Directiva 2002/31/C. La clasificación se basa en el rendimiento, ya sea en refrigeración EER, como en calefacción COP.

Los programas de clasificación son creados por Eurovent, asociación europea de equipos de tratamientos de aire y climatización, está compuesta por catorce asociaciones europeas y los ensayos se realizan según Normas CEN o ISO.

Tabla 7.10. Etiquetado energético para bombas de calor en fase de calefacción

| Clase | Condensados por aire | | Condensados por agua | |
|-------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | Multi-Splits | Compactos | Multi-Splits | Compactos |
| A | 3.6 < COP | 3.4 < COP | 4.00 < COP | 4.7 < COP |
| B | 3.60 ≥ COP > 3.40 | 3.40 ≥ COP > 3.20 | 4.00 ≥ COP > 3.70 | 4.70 ≥ COP > 4.40 |
| C | 3.40 ≥ COP > 3.20 | 3.20 ≥ COP > 3.00 | 3.70 ≥ COP > 3.40 | 4.40 ≥ COP > 4.10 |
| D | 3.20 ≥ COP > 2.80 | 3.00 ≥ COP > 2.60 | 3.40 ≥ COP > 3.10 | 4.10 ≥ COP > 3.80 |
| E | 2.80 ≥ COP > 2.60 | 2.60 ≥ COP > 2.40 | 3.10 ≥ COP > 2.80 | 3.80 ≥ COP > 3.50 |
| F | 2.60 ≥ COP > 2.40 | 2.40 ≥ COP > 2.20 | 2.80 ≥ COP > 2.50 | 3.50 ≥ COP > 3.20 |
| G | 2.40 ≥ COP | 2.20 ≥ COP | 2.50 ≥ COP | 3.20 ≥ COP |

Tabla 7. 11. Etiquetado energético para bombas de calor en fase de refrigeración

| Clase | Condensados por aire | | Condensados por agua | |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Multi-Splits | Compactos | Multi-Splits | Compactos |
| A | $3.20 < EER$ | $3.00 < EER$ | $3.60 < EER$ | $4.40 < EER$ |
| B | $3.20 \geq EER > 3.00$ | $3.00 \geq EER > 2.80$ | $3.60 \geq EER > 3.30$ | $4.40 \geq EER > 4.10$ |
| C | $3.00 \geq EER > 2.80$ | $2.80 \geq EER > 3.00$ | $3.30 \geq EER > 3.10$ | $4.10 \geq EER > 3.80$ |
| D | $2.80 \geq EER > 2.60$ | $2.60 \geq EER > 2.40$ | $3.10 \geq EER > 2.80$ | $3.80 \geq EER > 3.50$ |
| E | $2.60 \geq EER > 2.40$ | $2.40 \geq EER > 2.20$ | $2.80 \geq EER > 2.50$ | $3.50 \geq EER > 3.20$ |
| F | $2.40 \geq EER > 2.20$ | $2.20 \geq EER > 2.00$ | $2.50 \geq EER > 2.20$ | $3.20 \geq EER > 2.90$ |
| G | $2.20 \geq EER$ | $2.00 \geq EER$ | $2.20 \geq EER$ | $2.90 \geq EER$ |

7.6. Sistemas VRV

- Los sistemas VRV (Volumen de Refrigerante Variable), aunque el término más preciso es “Caudal o Flujo de Refrigerante Variable”, suministran a las baterías de evaporación-condensación, un flujo variable de refrigerante en función de la demanda de energía del recinto.
- Estos sistemas operan a partir de bombas de calor aire-aire, poseen una central con uno o más compresores de refrigerante. En cada recinto, se tiene una unidad de evaporación-condensación (frío-calor), que opera de manera independiente, con su propio mando, termostato y solenoide, ajustada a la demanda de energía de dicho recinto.
- El flujo de refrigerante que suministra el compresor, hacia las diferentes unidades, es regulado a través de la incorporación de un variador de frecuencia en el motor eléctrico que opera entre 20 y 100 Hz.
- Las presiones de trabajo y el flujo de refrigerante, variarán de acuerdo a la demanda de energía y con ello la eficiencia COP o EER del ciclo.

En la siguiente nómina se enumeran las tecnologías asociadas al uso de las bombas de calor las que han sido desarrolladas de manera significativa y con alta cobertura en el mercado:

- Sistemas de bomba de calor VRV (Volumen de Refrigerante Variable) Frío-Calor.
- Sistema de bomba de calor VRV con recuperación de calor.
- Sistema de bomba de calor geotérmico de baja temperatura de lazo cerrado.
- Sistema de bomba de calor geotérmico de baja temperatura de lazo abierto.
- Sistema de bomba de calor VRV con energía geotérmica de baja temperatura.
- Sistema de bomba de calor con ciclo de refrigeración por absorción.

Las bombas de calor sólo consumen energía eléctrica, exceptuando las de refrigeración por absorción que consumen energía térmica.



Figura 7.43. Unidad interior de tipo Cassette.



Figura 7.44. Unidad interior de tipo ducto de alta presión.



Figura 7.45. Unidad interior muro.



Figura 7.46. Unidad exterior aerotérmica.



Figura 7.47. Unidades exteriores operadas con agua



Figura 7.49. Unidad interior de tipo ducto de alta presión instalada.



Figura 7.50. Branch derivador de flujo.

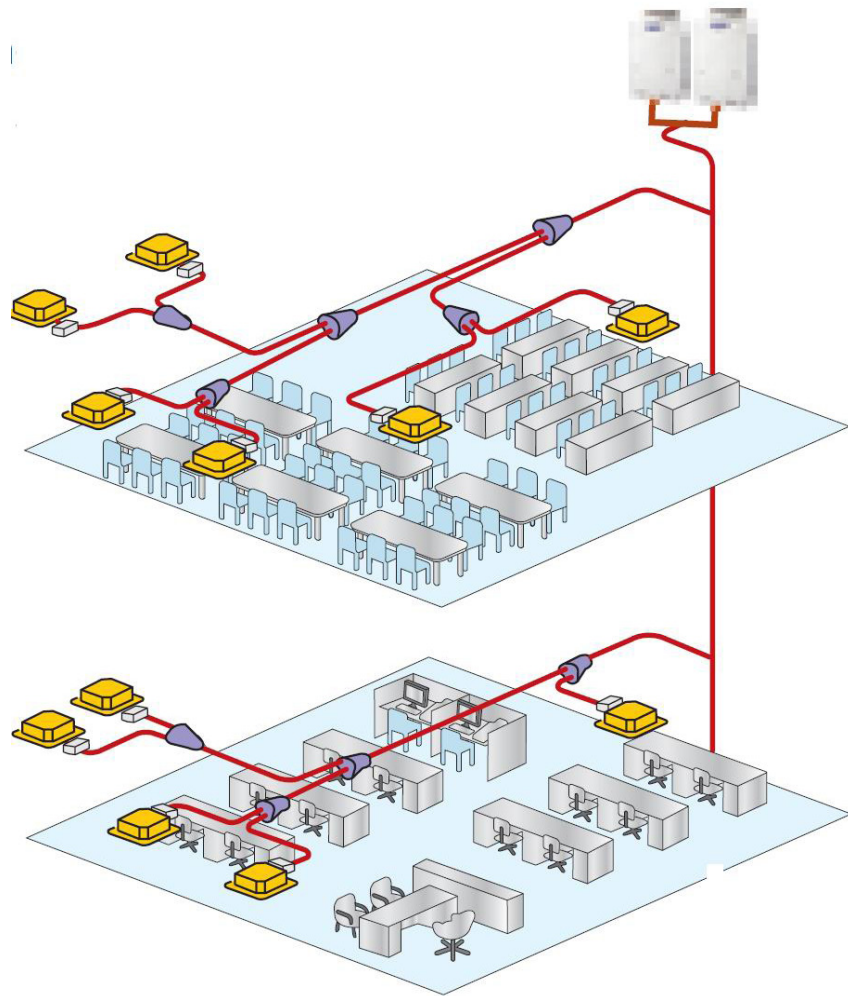


Figura 7.48. Esquema general sistema VRV

Clasificación de los sistemas de climatización VRV

Atendiendo a la forma de suministro de energía térmica

- **Sólo Frío.** En que las unidades interiores sólo extraen energía para refrigeración, este modo es el menos usado.
- **Bomba de calor.** Todas las unidades interiores puede funcionar simultáneamente, entregando calor (calefacción) o extrayendo calor (refrigeración).
- **Recuperación de Calor.** Las unidades interiores pueden operar de forma independiente suministrando o extrayendo calor. Estos sistemas son de mayor costo de inversión y su uso está restringido a zonas climáticas que requieran ambos servicios de manera simultánea en un edificio, dependiendo de la orientación de los recintos.

Atendiendo al modo de distribución del refrigerante

- De dos cañerías hacia la unidad interior. Para operar como bomba de calor (frío o calor), con una cañería de líquido y otra de gas; en succión, hacia el compresor, para modo de refrigeración o en descarga, desde el compresor, para modo de calefacción.
- De tres cañerías hacia la unidad interior. Para operar en modo recuperación de calor (frío y/o calor), con una cañería de líquido; otra de succión de gas, hacia el compresor, para modo de refrigeración y la tercera de descarga, desde el compresor, para modo de calefacción

Capacidades y componentes máximo a instalar por circuito en sistemas VRV.

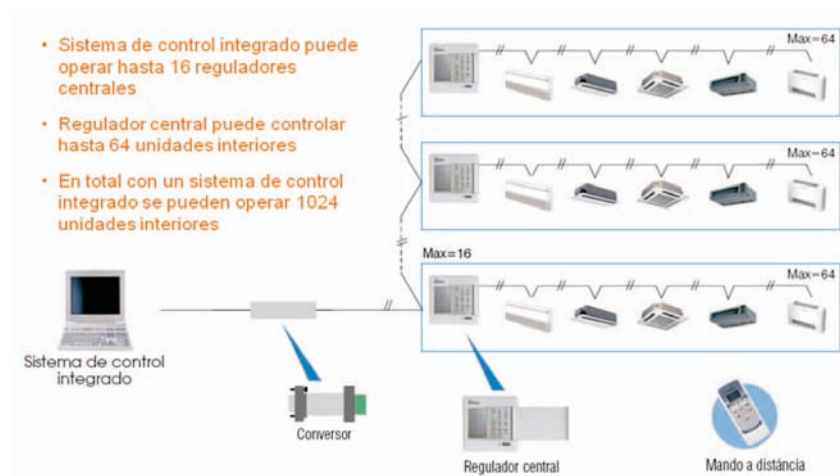


Figura 7.53. Esquema Instalación circuitos e integración de éstos en sistemas de control

Consideraciones finales para los sistemas VRV

- El sistema VRV permite climatizar cada recinto de manera independiente, en cuanto a temperatura y a la condición deseada frío/calor.
- Los recintos que no estén en uso se apagan, reduciendo de manera considerable el consumo de energía.
- De fácil instalación puesto que, sólo se deben tender cañerías de bajo diámetro, en lugar de grandes ductos, en espacios reducidos y con dificultad para distribuir los flujos de aire requeridos.
- Si bien su inversión es mayor, el costo de operación debe ser menor que en el sistema de ductos.
- Enviar refrigerante hacia los recintos, en lugar de aire. Se deben considerar los riesgos de fugas de refrigerante y atender a los límites establecidos de concentración máxima, por ejemplo, de 0.3 kg/m³ de aire para el R-410^a.

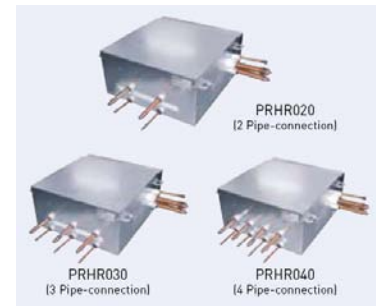


Figura 7.51. Cajas de distribución para sistemas VRV con recuperador de calor



Figura 7.52. Detalles de montaje de unidad interior tipo Cassette.

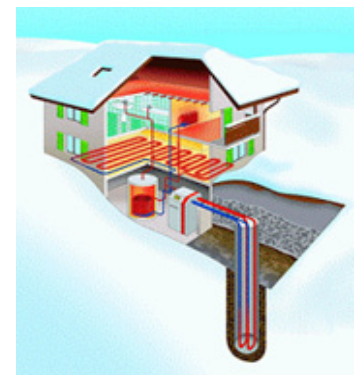


Figura 7.54. Bomba de calor geotérmica.



Figura 7.55. Caldera estándar a petróleo para calefacción por piso radiante instalada en edificio MOP, Puerto Montt.



Figura 7.57. Distribución de agua caliente. Sistema de calefacción. Edificio MOP, Puerto Montt.

- Lo anterior es especialmente válido para recintos de gran volumen y de atmósfera controlada; habitación de hoteles, hospitales, residencias geriátricas o de personas con movilidad limitada.

Combinación sistema geotérmico - VRV

La incorporación de captación de energía geotérmica para operar un sistema de climatización VRV, permite aumentar la eficiencia o COP de la bomba de calor y con ello reducir el consumo de energía externa.

Para esto, se plantean dos tipos de sistemas:

- W-W (agua-agua) que corresponde al sistema clásico de captación y uso de energía geotérmica.
- W-R (agua-refrigerante) que utiliza agua para intercambiar energía con la tierra y refrigerante para distribuir la energía a los recintos (VRV).

Para satisfacer requerimientos de energía tanto de climatización como de A.C.S. se utilizan los sistemas mixtos W-W y W-R.

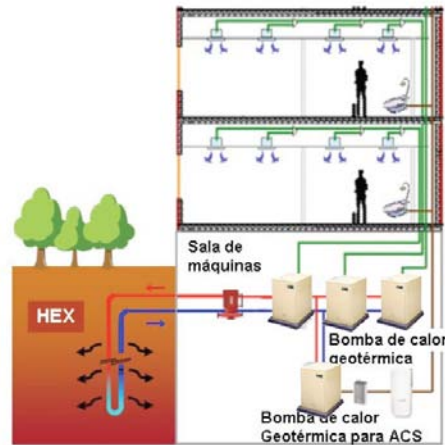


Figura 7. 56. Esquema sistema mixto VRV y geotérmico

Ventajas adicionales del sistema mixto W-W.

- El sistema W-W puede utilizarse para climatizar recintos, donde existan riesgos por concepto de fugas de refrigerantes (hospitales, cuartos de hotel, salas de recuperación geriátricas, etc.)
- Cuando existan requerimientos adicionales por A.C.S.
- Permite flexibilizar la instalación frente a futuras modificaciones o ampliaciones de los sistemas de climatización.
- Puede llevar energía térmica a distancias mayores a las que permite un sistema VRV.
- Permite reducir la cantidad de refrigerante en la instalación.
- Con la captación geotérmica, se evita el riesgo de congelamiento de la unidad evaporadora en lugares de baja temperatura y alta humedad.
- El COP del sistema es más alto y estable durante todo el año.

7.7. Calderas de alta eficiencia

Una caldera de calefacción es un conjunto formado por un cuerpo de acero que contiene agua a baja presión y un quemador, dispuesto en un hogar, donde se libera energía producto de un combustible de naturaleza líquida, sólido o gaseoso.

La Directiva Europea 92/94 CEE clasifica las calderas según la temperatura mínima de retorno, con la que pueden trabajar y el rendimiento de generación.

- **Caldera estándar.** Su temperatura mínima de funcionamiento debe limitarse a partir de su diseño.
- **Caldera de Baja Temperatura.** Puede funcionar continuamente con temperaturas de retorno del agua entre 35 y 40°C y, en determinadas circunstancias, puede producir condensación; se incluyen las calderas de condensación de combustibles líquidos.
- **Calderas de Gas de Condensación.** Diseñadas para poder condensar de manera permanente, una parte importante de los vapores de agua, contenidos en los gases de combustión.

Calderas de Condensación

- Incluyen un dispositivo de condensación diseñado para recuperar energía que descargaría dicha energía al ambiente en caso de no existir.
- En las calderas de condensación, el vapor de agua producido por la combustión de un gas se vuelve a condensar y se elimina en forma de líquido.
- La caldera utiliza un intercambiador de calor adicional de forma tal que el agua fría que entra enfría los gases de salida. Esto fuerza la condensación del vapor de agua presente en los gases.
- El proceso de condensación libera el calor latente de vaporización, cuyo valor se aproxima a 2260 kJ/kg, energía que la absorbe el agua de la caldera e incrementa su rendimiento a valores que en teoría puede superar el 100%.

La tecnología de calderas de alto rendimiento, particularmente las de condensación de baja temperatura, permite cubrir de buena forma la energía que no pueden suministrar los sistemas solares térmicos.

El uso de calderas de condensación exige la necesidad de replantear todos los proyectos térmicos de calefacción y de abastecimiento de A.C.S. Esto debido a que el alto rendimiento de una caldera de condensación sólo se logra si ésta trabaja a temperatura no superior a 45°C.

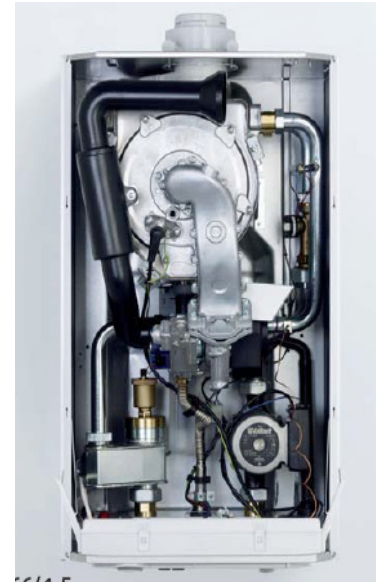


Figura 7.58. Caldera de condensación de alta eficiencia marca Vaillant.

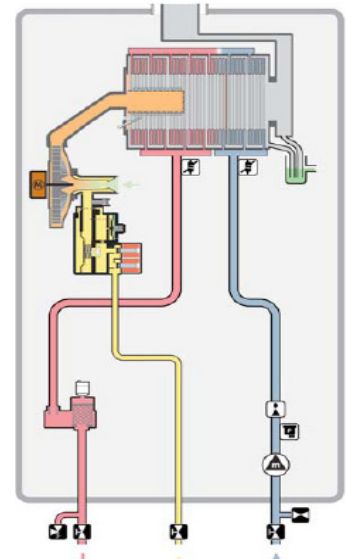


Figura 7.59. Esquema de funcionamiento de la caldera de condensación marca Vaillant.



Figura 7.60. Caldera de condensación Vaillant con intercambiador de calor de placas



Figura 7.62. Acumulador de Agua con estratificador marca Vaillant.

Tabla 7.12. Incremento potencial del aprovechamiento de energía por condensación.

| Combustible | Poder Calorífico (Hu) (kWh/m ³ ó kg) | Poder Calorífico (HO) (kWh/m ³ ó kg) | Ratio Hu/HO (%) | Punto de rocío de gases de combustión °C | Condensado Teórico (kg/kWh) |
|-------------|---|---|-----------------|--|-----------------------------|
| Gas natural | 10.35 | 11.46 | 110.7 | 55.6 | 0.16 |
| Gas natural | 8.83 | 9.78 | 110.8 | 55.1 | 0.16 |
| Gas propano | 25.89 | 28.12 | 108.6 | 51.4 | 0.13 |
| Gas butano | 34.39 | 37.24 | 108.3 | 50.7 | 0.12 |
| Gasóleo LF0 | 11.90 | 12.72 | 106.9 | 47.0 | 0.10 |

El efecto de la temperatura de salida de los gases sobre el rendimiento de una caldera de condensación para gas natural se presenta en la figura 7.61

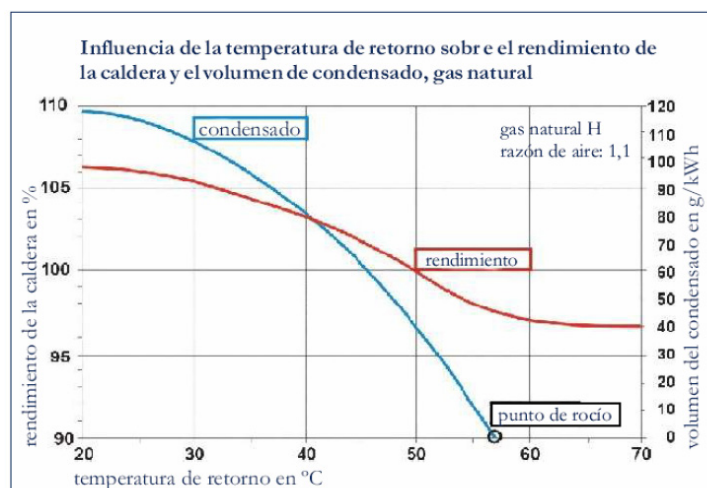


Figura 7.61. Efecto de la temperatura del agua sobre el rendimiento de una caldera de condensación.

De la figura anterior se desprende que para obtener un rendimiento cercano al 100% en una caldera de condensación, los gases de combustión deben alcanzar una temperatura de punto de rocío cercana a los 50°C en el interior de la caldera.

Otras Calderas de Alta Eficiencia

Caldera de Condensación con estanque acumulador estratificado. Una forma eficiente de acumulación de A.C.S. es utilizar una caldera de condensación con doble estanque y estratificación. Esto permite ingresar al intercambiador de calor de placas de la caldera, con una baja temperatura del agua, maximizando la energía transferida y manteniendo un alto rendimiento del sistema.

Las figuras 7.60 y 7.62, muestran el conjunto caldera-estanques marca Vaillant y en la figura 7.63 se muestra el esquema operacional del conjunto.

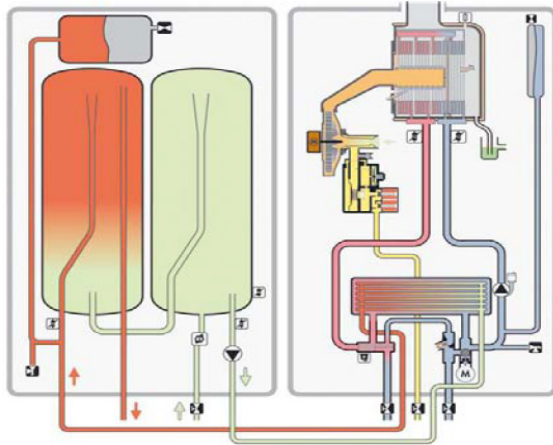


Figura 7.63. Caldera de condensación con acumulación de agua con estanque estratificador

Caldera de Biomasa

Una nueva generación de calderas de biomasa, particularmente de pellets y leña, de alta eficiencia térmica y operacional, se ha incorporado al mercado en la última década. Este tipo de calderas busca sustituir las calderas de combustibles líquidos y gaseosos, por lo que deben cumplir con una serie de requisitos para ser considerada como una alternativa viable, entre éstos se tienen; operación automática, sistema de almacenamiento de combustible con dispositivos de alimentación automática, encendido y detención de acuerdo a requerimientos, entre otros aspectos.

Las calderas de pellets han logrado cumplir de manera exitosa estos requerimientos y se han transformado en alternativa viable para ser utilizada en viviendas unifamiliares, edificios e industria. Su alto costo de inversión y los costos de energía del pellets, obligan a realizar una rigurosa evaluación técnica y económica, para determinar la viabilidad de sustituir pellet por gas natural o gas licuado.

En el caso de la leña, sin embargo, ésta no alcanza los estándares del gas y/o pellets, por cuanto la operación automática de este tipo de calderas es menos factible, por la dificultad que impone una operación automática de la caldera a leña.



Figura 7.64. Caldera a pellets KWB con depósito de almacenamiento.



Figura 7.65. Caldera a leña Uniclima.



Figura 7.66. Esquema general de caldera a pellets, tolva de combustible, sistema de alimentación, parrillas y cámara de combustión

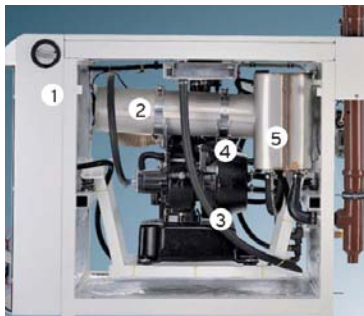


Figura 7.68. Caldera microgeneración CHP marca Vaillant modelo Ecopower



Figura 7.67. Motor CHP Vaillant modelo Ecopower

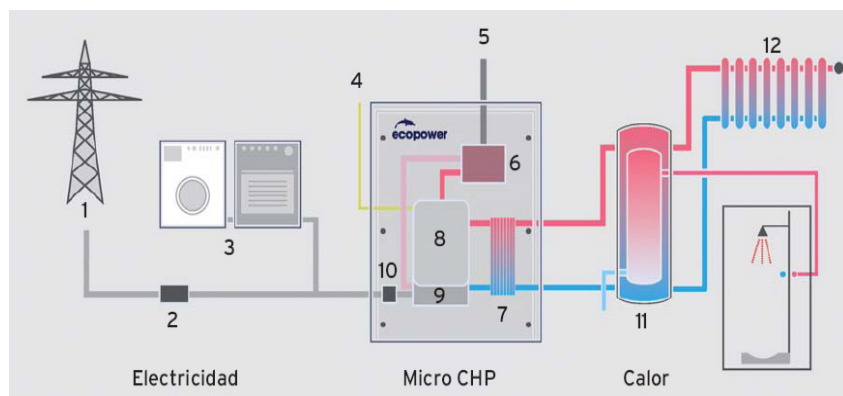
Caldera de microgeneración CHP (combined heat and power)

Un sistema CHP, corresponde a un motor a gas acoplado a un generador que produce energía eléctrica y con la energía de refrigeración del motor y de los gases de combustión produce energía térmica para calefacción y/o A.C.S.

Entre las partes componentes de la caldera de microgeneración encontramos las siguientes:

1. Panel de control
2. Recuperador de calor gases de escape con convertidor catalítico integrado
3. Bloque motor
4. Generador
5. Silenciador de los gases de escape
6. Conexiones eléctricas
7. Entrada de aire / gases de combustión

En la figura 7.69 se muestran los alcances esperados de un sistema micro CHP, operando en su capacidad plena y maximizando el uso de la energía producida.



- | | |
|--|----------------------------|
| 1 Red eléctrica | 7 Intercambiador de placas |
| 2 Contador | 8 Motor |
| 3 Instalación eléctrica de la vivienda | 9 Generador |
| 4 Gas | 10 Electrónica de potencia |
| 5 Salida de humos | 11 Agua fría |
| 6 Recuperador de calor | 12 Calefacción |

Figura 7.69. Esquema de instalación Caldera microgeneración CHP

Glosario

Bomba de Calor: Máquina térmica que transfiere energía desde una fuente a baja temperatura a otra de temperatura mayor, suministrándole un trabajo externo.

Caldera: Conjunto formado por un cuerpo acero y un quemador, destinado a transferir energía térmica liberada por un proceso de combustión al agua contenida en el cuerpo de acero.

Caldera Estándar: Caldera cuya temperatura media de funcionamiento puede limitarse a partir de su diseño (denominada también caldera convencional).

Calefacción: Proceso por el que se suministra calor a recintos para mantener una temperatura controlada del aire y compensar las pérdidas de calor al ambiente.

Climatización: Acción que permite mantener y controlar, en un espacio cerrado, las condiciones de temperatura, humedad relativa, pureza del aire y, según se requiera, de presión; necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de bienes y/o especies.

Cobertura solar: Fracción de la demanda energética anual que será cubierta por energía solar a través de paneles solares térmicos.

Coefficiente de Eficiencia Energética de una Máquina Frigorífica: En la modalidad de calefacción: COP (“Coefficient of Performance”): relación entre la potencia térmica suministrada a un recinto y la potencia efectivamente consumida por la unidad compresora. En la modalidad de enfriamiento: EER (“Energy Efficiency Ratio”): relación entre la energía térmica extraída de un recinto y la potencia efectivamente consumida por la unidad compresora.

Demanda energética: Requerimiento de energía (kWh) mensual o anual necesario para calefaccionar o enfriar un recinto.

Grados-día-mes: Sumatoria mensual de la diferencia entre la temperatura media de un día y la temperatura base de calefacción, normalmente 15 ó 16°C.

Poder Calorífico: Energía química liberada por un proceso de oxidación de los elementos reactivos de un combustible.

Poder Calorífico Superior (Hu o PCS): Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 Kg de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza, por consiguiente, el calor desprendido en este cambio de fase. (El agua producida en el proceso de combustión sale en forma de líquida).

Poder Calorífico Inferior (Ho o PCI): Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 kg de combustible sin

contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor. (El agua producida en el proceso de combustión sale en forma de vapor).

Rendimiento Caldera: Relación entre el flujo de calor transferido al fluido portador y la potencia suministrada por el combustible, expresada por el producto entre el PCI a presión constante del combustible y el flujo de combustible.

Tubo evacuado: Doble tubo concéntrico con su cámara entre tubos cerrada y con vacío (sin moléculas de aire) que permite una excelente aislación térmica.

Bibliografía

REAL DECRETO 314/2006, de 17 marzo, por el que se aprueba en Código Técnico de Edificación (CTE).

REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. (RITE).

Directiva 92/42/CE del Consejo del 21 de mayo de 1992 relativa al rendimientos para caldera nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos y gaseosos (DOCE L 167 de 22.6.92).

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCH (2007). Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A.G.

Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de de la Construcción (2007) Sistemas Solares Térmicos, Manual de diseño para el calentamiento de agua, , 1a edición.

Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2010). Sistemas Solares Térmicos II, Guía de diseño e instalaciones para grandes sistemas de agua caliente sanitaria, GEF y CDT. 1a edición.

8. Casos de Estudio.

En el contexto de la investigación se seleccionaron diez edificios públicos gestionados por la DA/MOP de cinco regiones del país, dos edificios por cada una de ellas, con y sin tecnologías de eficiencia energética y mejoramiento ambiental incorporadas, para evaluar comparativamente las diferentes estrategias de diseño de los edificios.

Este capítulo expone de las principales características de aquellos edificios que fueron identificados con criterios de eficiencia energética, desde la perspectiva del diseño: Departamento de Criminalística de Carabineros de Chile, Antofagasta, Región de Antofagasta, Edificio Terminal de Pasajeros, Desierto de Atacama, Región de Atacama; Escuela Francisco Valdés Subercaseaux, Curarrehue, Región de La Araucanía; Edificio Oficinas Policía de Investigaciones, Puerto Montt, Región de Los Lagos y Escuela Teniente Merino, Cochrane, Región de Aysén. Para cada uno de ellos se realizará una descripción de ubicación y entorno con el clima, diseño y estrategias más relevantes de eficiencia energética y mejoramiento ambiental, tales como envolvente térmica, protecciones solares, sistemas e instalaciones.

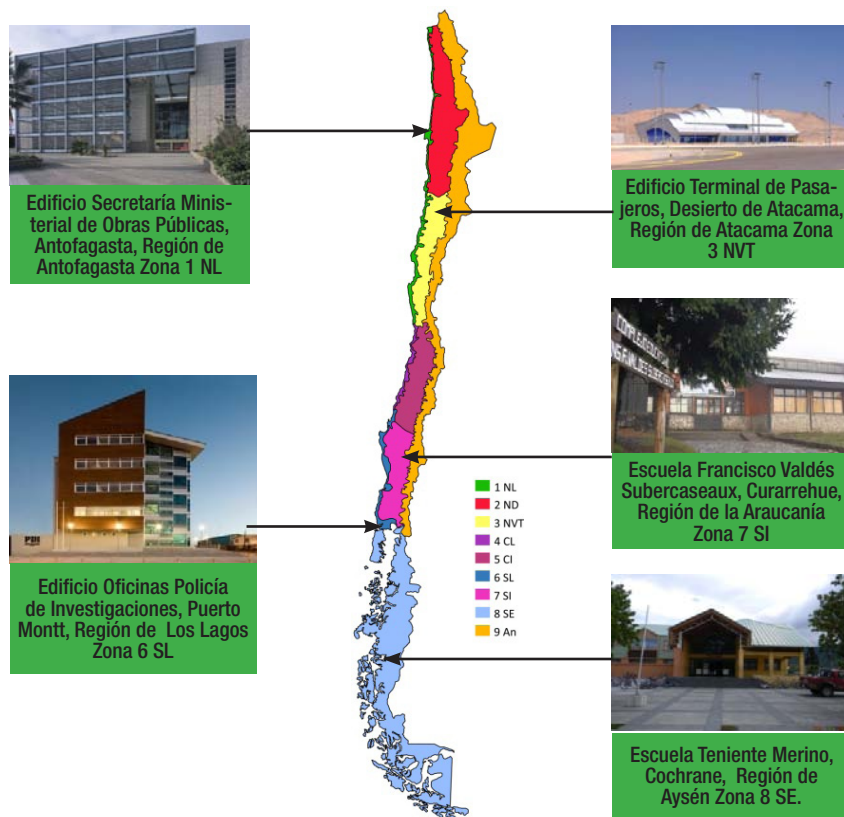


Figura 8.1. Ubicación edificios con criterios de eficiencia energética



Figura 8.2. Fachada poniente



Figura 8.3. Fachada oriente - Zona de acceso peatonal

EDIFICIO:

Terminal de Pasajeros Aeropuerto Desierto de Atacama.

PROPIETARIO:

Sociedad Concesionaria Aeropuerto regional de Atacama S.A.

UBICACIÓN:

Carretera Panamericana 5 Norte km 860, Caldera.

LATITUD:

27°15'52"S

LONGITUD:

70°46'27"O

ELEVACIÓN:

211 msnm.

ZONA CLIMÁTICA:

Norte de valles transversales (Ref.NCh 1079 Of.2008)

ZONA TÉRMICA:

1 (O.G.U.C).

EVALUACIÓN Y MONITORIZACIÓN:

DICTUC

8.1. Edificio de Terminal de pasajeros Aeropuerto Desierto de Atacama-Región de Atacama.

DICTUC

Ubicación:

El Complejo Aeropuerto Desierto de Atacama se encuentra ubicado en la Tercera Región de Atacama, Comuna de Caldera, en medio del Desierto de Atacama, distante aproximadamente a 67 km de la capital regional Copiapó y a 15 km de la ciudad de Caldera.



Figura 8.4. Identificación localización regional.

Copiapó posee una población estimada de 200.000 habitantes, de los cuales el 97,6% vive en sectores urbanos y 2,4% en sectores rurales. El Complejo se encuentra fuera de la zona urbana, rodeado por el Desierto de Atacama. El edificio del terminal de pasajeros se encuentra orientado al eje N-S con fachadas principales en las direcciones oriente y poniente.



Figura 8.5. Emplazamiento Terminal de Pasajeros, Aeropuerto Desierto de Atacama

Caracterización Climática:

El proyecto se emplaza en la localidad de Caldera, Zona 3 NVT, Norte de Valles transversales según la clasificación climática precisada por la NCh1079. Esta zona climática queda definida según la normativa como “ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona NL (norte litoral) excluida la cordillera de los Andes por sobre 400 msnm y desde el límite norte de las comunas de Chañaral y Diego de Almagro hasta el límite norte de las comunas de La Ligua y Petorca”

Las características generales del clima Norte de Valles transversales definidas por la normativa son Zona de clima semidesértico, veranos largos y calurosos, microclimas en los valles, precipitaciones bajas, aumentando hacia el sur. Fuerte radiación solar y oscilación diaria de temperaturas.

Las oscilaciones térmicas pueden llegar a 14,5°C en invierno (5,5°C a 20°C) y 15° (13°C a 28°C) en verano. Las máximas pueden llegar a los 28°C en verano (enero) y a 20°C en el mes más frío (junio-julio). Las temperaturas máximas alcanzan el nivel de confort durante todo el año. Las mínimas en verano bordean los 10°C y en invierno pueden llegar a valores por debajo de los 5°C. La Humedad Relativa se mantiene en su nivel inferior cercano al 70% durante todo el año. Durante el verano se observan vientos predominantes del Sur. En invierno, los predominantes son del Sur y SSO.

La radiación solar directa bordea los 7,35 kW/m2 en los períodos altos y 3,40 kW/m2 en los períodos bajos.

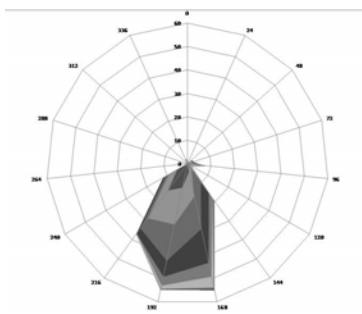


Figura 8.6. Diagramas vientos predominantes verano

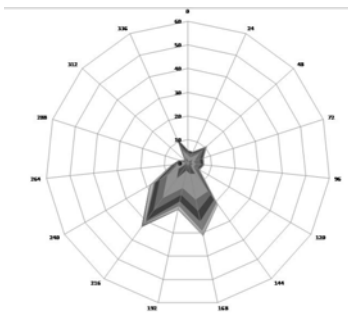
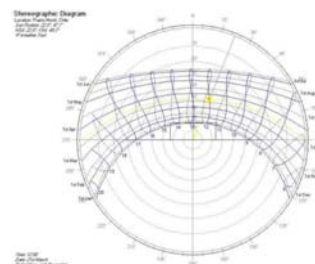
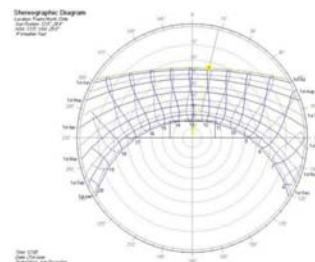


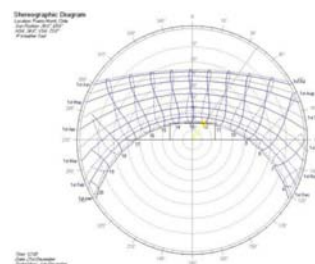
Figura 8.7. Diagramas vientos predominantes invierno



Equinoccios
21 marzo – septiembre 12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte : 22°
Elevación: 47,1°



Solsticio invierno
21 junio /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 13,5°
Elevación: 24,4°



Solsticio verano
21 diciembre /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 34,6°
Elevación: 69,6°

Figura 8.8. Diagramas solares.



Figura 8.9. Vista exterior general



Figura 8.10. Vista exterior norponiente



Figura 8.11. Vista norte



Figura 8.12. Acceso peatonal - oriente

Diseño



Figura 8.13. Edificio Terminal de pasajeros Aeropuerto Desierto de Atacama

El edificio posee una superficie total de 3.093 m² dividido en dos niveles, siendo su destino principal el tránsito de pasajeros de líneas aéreas comerciales. El edificio está conformado por un volumen curvo inspirado en las formas del paisaje, en la ondulante silueta de los cerros que definen el horizonte, el edificio se entiende como una sucesión de curvas, lo que le permite generar espacios entre volúmenes curvos descalzados para el aprovechamiento de iluminación natural.

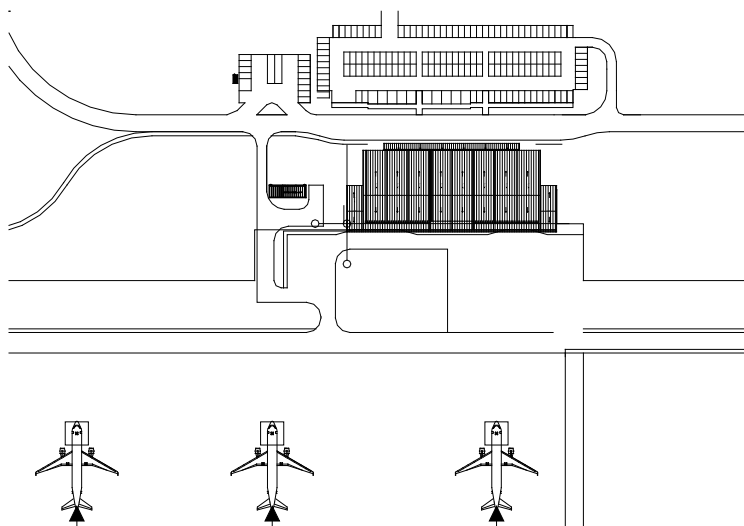


Figura 8.14. Emplazamiento

El primer nivel incluye el hall de acceso, sala de embarque, counters y cintas para entrega de equipaje. En el segundo nivel, de menor superficie (attillo) contiene un restaurant y las dependencias del personal que opera y administra el edificio.

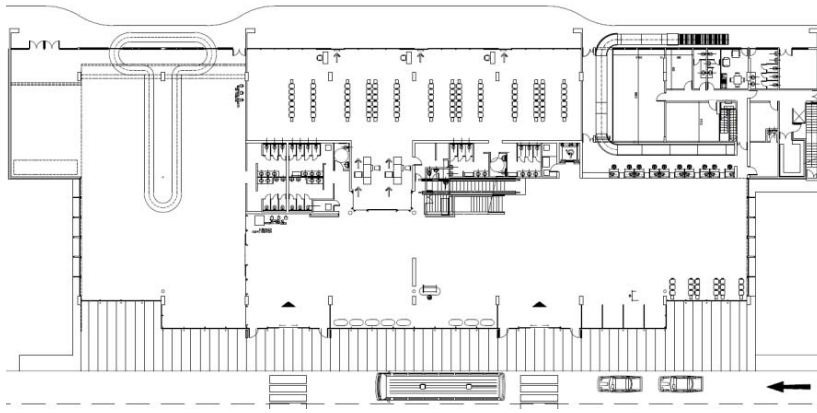


Figura 8.20. Planta Piso 1

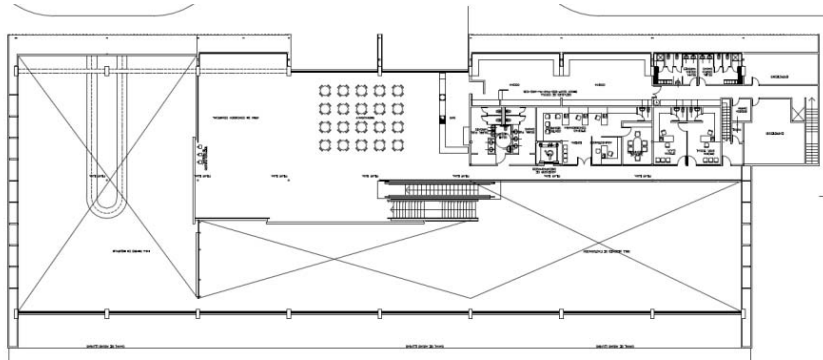


Figura 8.21. Planta Piso 2

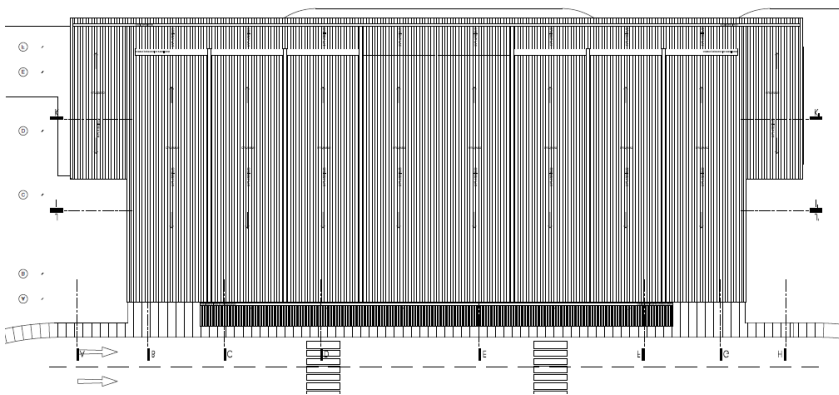


Figura 8.22. Planta Techumbre



Figura 8.23. Corte longitudinal

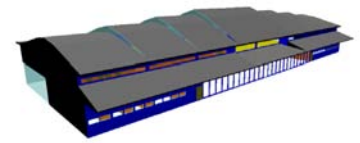


Figura 8.15. Vista suroriente

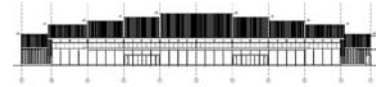


Figura 8.16. Elevación oriente



Figura 8.17. Elevación Norte

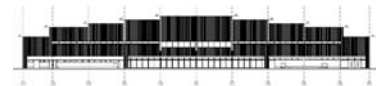


Figura 8.18. Elevación poniente

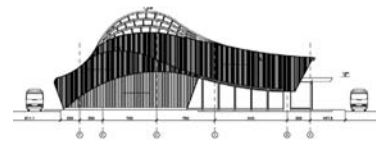


Figura 8.19. Elevación Sur



Figura 8.24. Circulación



Figura 8.25. Cafetería



Figura 8.26. Sala de embarque

DESEMPEÑO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

Aislación térmica de muros fachada: 0,7 W/m²°C

Aislación térmica de ventanas fachada: 3,7 W/m²°C

Aislación térmica ponderada vertical: 2,25 W/m²°C

Aislación térmica de cubierta: 0,7 W/m²°C

Factor solar vanos poniente: 0,46



Figura 8.27. Edificio Terminal de pasajeros Aeropuerto Desierto de Atacama

Estrategias

Las estrategias más relevantes incorporadas en el edificio son:

Envolvente Térmica: El proyecto se caracteriza por la alta capacidad aislante de su envolvente exterior, considerando el lugar donde se emplaza.

Los muros poseen una adecuada aislación térmica, evitando pérdidas a través de la envolvente vertical. Por otro lado, en las orientaciones oriente y poniente presentan una gran cantidad de elementos vidriados. Su superficie incide en la pérdida de calor, que durante la estación calurosa ayuda a disminuir el efecto del sobrecalentamiento.

En resumen hay un desequilibrio en las cargas térmicas, que determinan que la demanda de energía de calefacción sea un 136 % a la demanda del edificio de referencia y un 60% a la demanda de refrigeración.

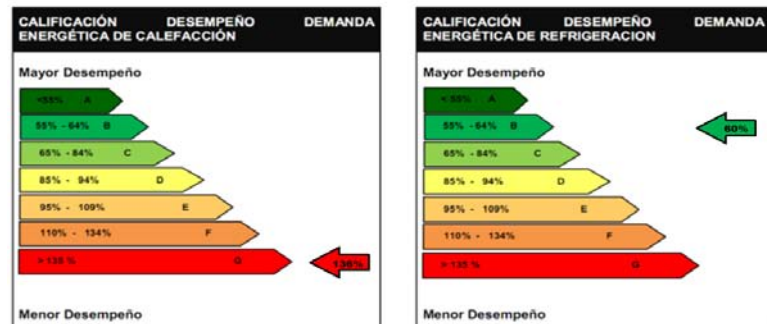


Figura 8.28. Calificación del desempeño energético de calefacción y refrigeración según sistema de etiquetado y clasificación desarrollado por CITEC UBB.

Los puentes térmicos resultan, principalmente, del uso de estructura de acero en los muros de la envolvente.

Las imágenes termográficas de los muros y techumbre evidencian los puentes térmicos provocados por la estructura de acero, además de las observadas en marcos de ventanas y superficies acristaladas.

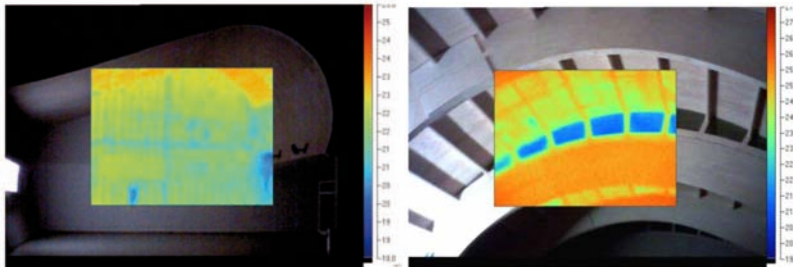


Figura 8.29. Termografía infrarroja muros fachada oriente correspondiente a oficinas cubierta.

Iluminación natural: Una característica del proyecto es el uso de iluminación natural mediante la incorporación de grandes superficies acristaladas en las orientaciones principales y elementos vidriados entre volúmenes descalzados de la cubierta de techo.

Dada las condiciones de iluminación natural exterior en la zona donde se emplaza el edificio, durante algunas horas del día se producen niveles excesivos de iluminación, especialmente en recintos como la sala de embarque.



Figura 8.30. Hall acceso



Figura 8.31. Vista hacia pista aterrizaje

DESEMPEÑO CONFORT AMBIENTAL

Confort acústico interior:
Categoría D, moderadamente buena.

Confort térmico interior:
Categoría D, moderadamente buena.
Temporada fría 25% del tiempo en rango de confort.
Temporada calurosa 100% rango de confort.

Confort lumínico interior:
Categoría E, base.

Temporada fría
70% del tiempo entre 200 a 1.500 lux.
12% sobre 1.500 lux

Temporada calurosa
45% del tiempo entre 200 a 1.500 lux.
47% sobre 1.500 lux

Calidad aire interior (CO₂):
Categoría B, muy buena.
92% del tiempo bajo 900 ppm

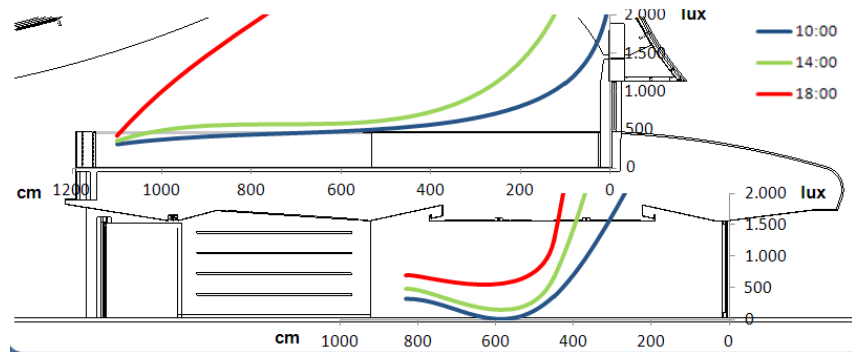


Figura 8.32. Diagrama de niveles de iluminación en lux, diferentes horas verano (sala de embarque nivel 1, restaurant nivel 2).

Un aspecto importante a destacar es el efecto que tiene la gran cantidad de superficie vidriada de la envolvente y el alto nivel de infiltración de aire, que incide en:

- La demanda de energía de calefacción sea mayor al caso de referencia debido a la mayor pérdida de calor.
- La demanda de energía para refrigeración sea menor al caso de referencia debido a la pérdida de una mayor proporción del sobrecalentamiento producido en recintos interiores.
- Debido al efecto de infiltración de aire como ventilación no controlada los niveles de CO₂ del interior son bajos.

Conclusiones

La estrategia más destacada de este edificio es la incorporación de una envolvente térmica de mayor eficiencia a la tradicional para la zona geográfica, además del uso de la iluminación natural.

Ambas estrategias son condicionadas por otras decisiones de diseño, como la incorporación de grandes superficies vidriadas sin adecuada protección solar para las características del clima local, que hacen que la operación energética disminuya en eficiencia y el confort térmico en temporada fría disminuya.

Las mediciones post-ocupacionales demostraron que las estrategias alcanzaron los niveles teóricos mínimos propuestos en las etapas anteriores (nivel de demanda total de energía en categoría E, base).

8.2. Edificio Secretaría Ministerial de Obras Públicas, Antofagasta, Región de Antofagasta

IDIEM

Ubicación:

El edificio del MOP se encuentra ubicado en la Segunda Región de Antofagasta, en Avenida 21 de Mayo N° 470 en la ciudad de Antofagasta.



Figura 8.33. Identificación localización regional.

La región de Antofagasta tiene una población de 493.984 habitantes según Censo 2002, de los cuales el 97% vive en sectores urbanos y 3% en sectores rurales. El edificio se encuentra en plena ciudad a escasos metros de la línea costera. Sus fachadas exteriores, dado que presenta forma de “L”, se encuentran orientadas hacia el Nor-Oriente y Sur-Oriente.

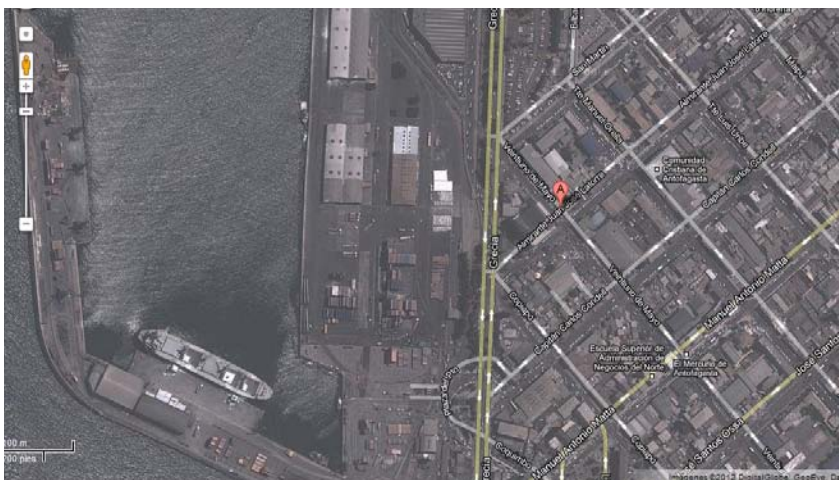


Figura 8.34. Emplazamiento edificio MOP, Antofagasta.



Figura 8.35. Edificio Secretaría Ministerial de Obras Públicas, Región de Antofagasta. Fachada Sur

EDIFICIO:

Edificio Ministerio de Obras Públicas Región de Antofagasta.

PROPIETARIO:

Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas.

UBICACIÓN:

Av. 21 de Mayo N° 470 en la ciudad de Antofagasta.

LATITUD:

23°39'04.93”S

LONGITUD:

70°24'07.31”O

ELEVACIÓN:

7 msnm.

ZONA CLIMÁTICA:

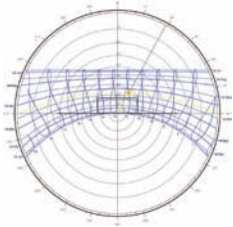
Norte Litoral 1 NL (Ref.NCh 1079 Of.2008).

ZONA TÉRMICA:

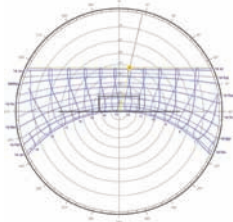
1 (O.G.U.C).

EVALUACION Y MONITORIZACION:

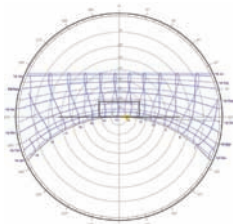
IDIEM



Equinoccios:
 Marzo 21 – septiembre 21 12:00 hrs
 Posición solar:
 Desviación respecto al norte: 28,8°
 Elevación: 66,9°



Solsticio invierno:
 Junio 21 12:00 hrs
 Posición solar:
 Desviación respecto al norte: 13,4°
 Elevación: 42,8°



Solsticio verano:
 Diciembre 21 12:00 hrs
 Posición solar:
 Desviación respecto al norte: 92,4°
 Elevación: 90,4°

Figura 8.36. Diagramas solares

Caracterización Climática:

El proyecto se emplaza en la ciudad de Antofagasta, zona -1 Norte Litoral según la clasificación climática precisada por la Nch1079. Esta zona climática queda definida según la normativa como “Se extiende desde el límite con el Perú hasta el límite norte de la comuna de La Ligua, 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 aproximadamente”

Las características generales del clima Norte Litoral definidas por la normativa son Zona desértica con clima dominante marítimo. Poca oscilación diaria de temperatura. Nubosidad y humedad que disipa al medio día. Soleamiento fuerte en las tardes. Precipitaciones nulas en el norte y débiles en el S. Vientos dominantes S y SW, con alguna interferencia de brisa de mar y tierra. Atmósfera y suelos salinos. Vegetación nula o escasa.

Las oscilaciones térmicas alcanzan los 15°C en invierno (5°C a 20°C) y 15° (10°C a 25°C) en verano. Las máximas pueden llegar a los 25°C en verano (enero) y a 20°C en el mes más frío (junio-julio). Las temperaturas bordean las temperaturas de confort durante la mayoría del año para el horario de uso del edificio. La Humedad Relativa se mantiene en su nivel inferior cercano al 72% durante casi todo el año con fluctuaciones en aumento en los meses de junio-agosto de hasta 78%.

La radiación solar directa bordea los 6,5 kW/m² en los períodos altos y 3,2 kW/m² en los períodos bajos.

Diseño



Figura 8.37. Edificio Secretaría Ministerial de Obras Públicas, Región de Antofagasta.

El edificio cuenta con una superficie total de 4506 m² dividido en seis niveles completos más dos pequeños y un subterráneo, siendo su destino principal el de Edificio de Oficinas. El edificio MOP está conformado por dos cuerpos que forman una “L” y se encuentra situado en el mismo terreno con el Ministerio de Justicia. Ambos edificios forman un único volumen a través de un sombreadero de estructura metálica galvanizada que permite graduar la luz del sol en el patio interior.

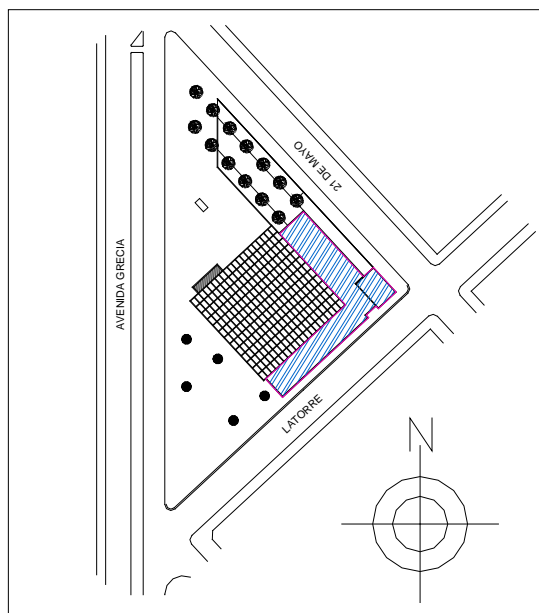


Figura 8.38. Emplazamiento.

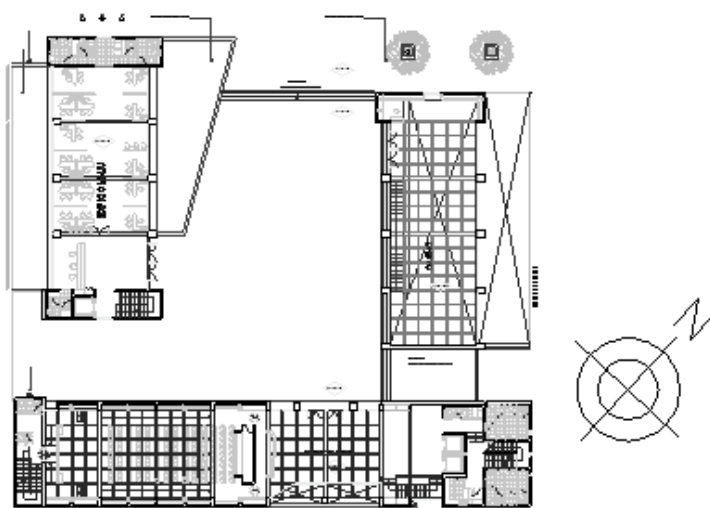


Figura 8.39. Planta Piso 1 – Acceso – Nivel 0,00

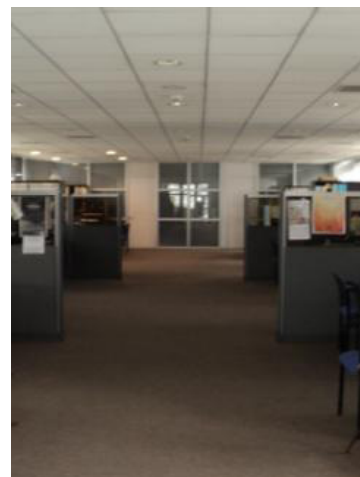


Figura 8.40. Vista interior oficinas

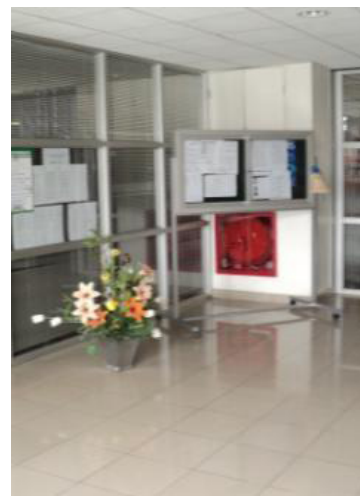


Figura 8.41. Vista interior pasillos

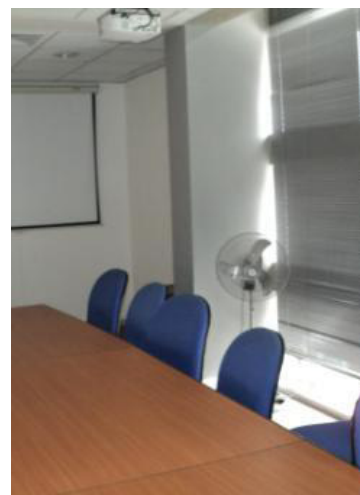


Figura 8.42. Vista interior sala de reuniones

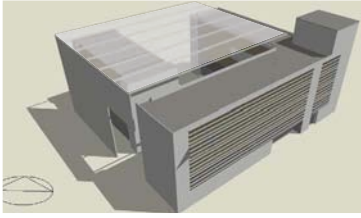


Figura 8.43. Vista 3D

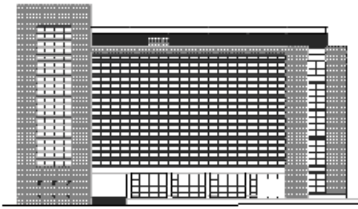


Figura 8.44. Elevación oriente

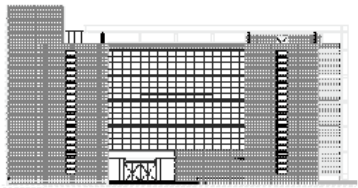


Figura 8.45. Elevación Norte

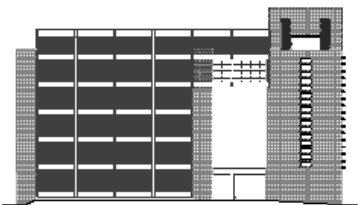


Figura 8.46. Elevación poniente

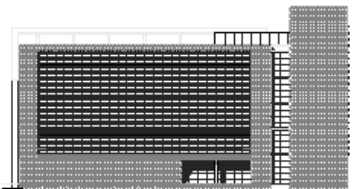


Figura 8.47. Elevación Sur

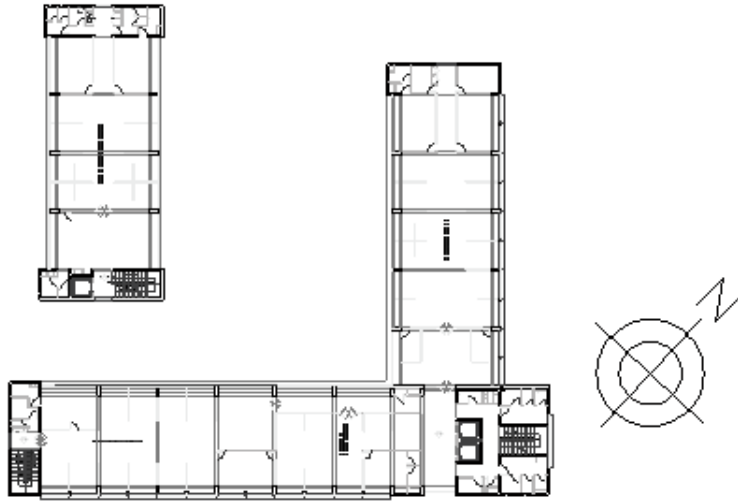


Figura 8.48. Planta Piso 2 a Planta piso 5 – Oficinas – Nivel +4,50 hasta +15,90

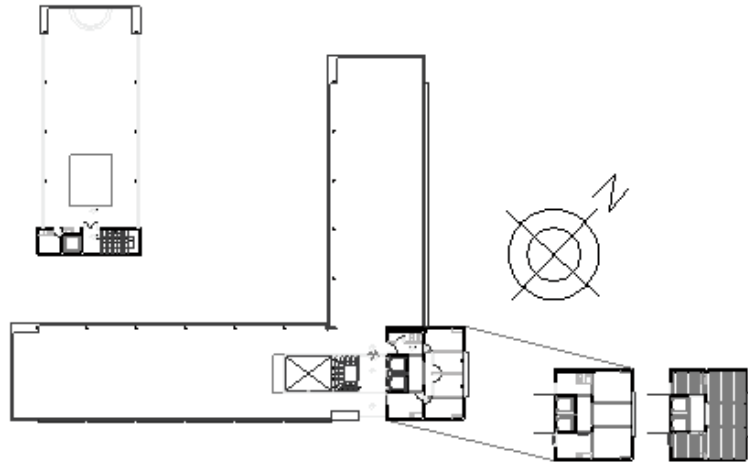


Figura 8.49. Planta Piso 6 y 7 – Oficinas – Nivel +19,80 hasta +22,55

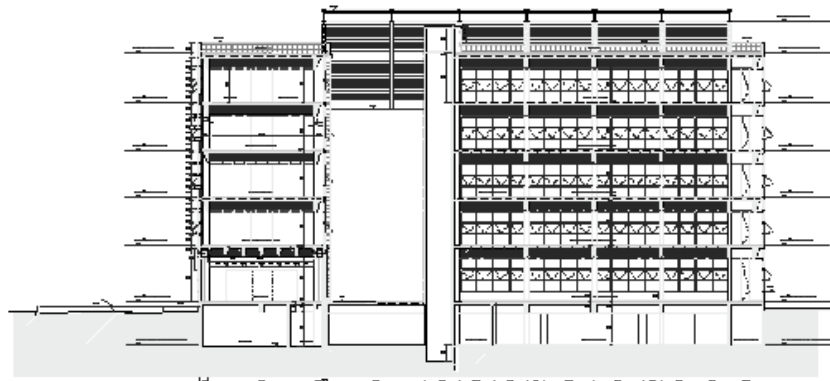


Figura 8.50. Corte longitudinal



Figura 8.51. Protección solar horizontal



Figura 8.52. Protección solar de fachada

Estrategias

Las estrategias más relevantes incorporadas en el edificio corresponden a medidas pasivas tales como:

- Tres losetas de hormigón por nivel en las fachadas Nor Oriente y Sur Oriente que cumplen función de aleros.
- Persianas interiores en todas las ventanas.
- Estructura metálica galvanizada entre edificios MOP y Ministerio de Justicia

En resumen, al comparar con el edificio de referencia, este posee un 50,2% peor control a la calefacción debido a un deficiente desempeño de la envolvente térmica perdiendo calor por las zonas vidriadas. No obstante lo anterior, esto ayuda a la refrigeración ya que, debido a esta característica, y a las protecciones solares existentes como medida pasiva, el desempeño en comparación con el edificio de referencia, es un 29,3% mejor, siendo el desempeño total un 14,3% mejor.



Figura 8.53. Vista interior protección solar horizontal

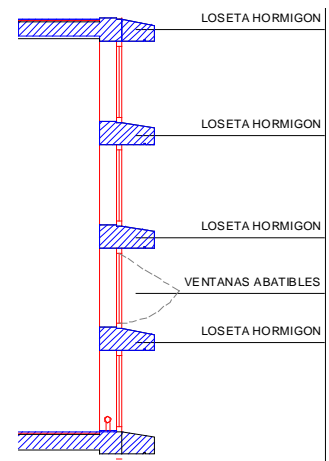


Figura 8.54. Medida pasiva de control lumínico

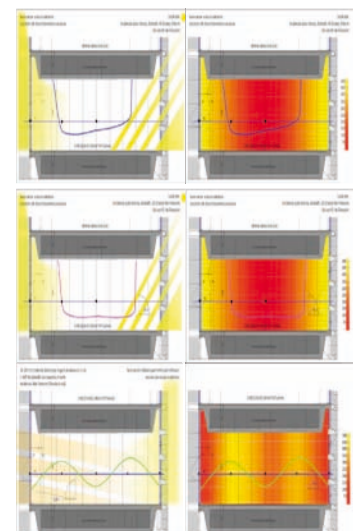


Figura 8.55. Distribución lumínica interior

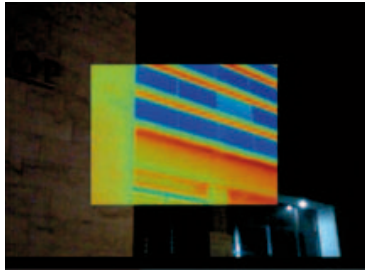


Figura 8.57. Imagen termográfica fachada norte

DESEMPEÑO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

Aislación térmica de fachada:
2,5 W/m²°C

Aislación térmica de cubierta:
2,16 W/m²°C

Aislación térmica ponderada vertical:
4,33 W/m²°C

Factor solar vanos caloportadores:
0,89

Cambios de aire por infiltraciones a 50 Pa: 8,22/h

Factor de forma (sup. envoltante/volumen):
0,32

DESEMPEÑO ENERGÉTICO

Demanda energía calefacción:
9,06 kW-h/m² año

Demanda energía refrigeración:
18,3 kW-h/m² año

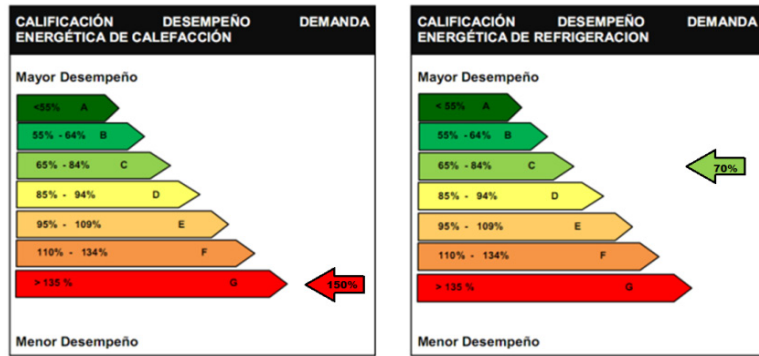


Figura 8.56. Calificación del desempeño energético de calefacción y refrigeración según sistema de etiquetado y clasificación desarrollado por CITEC UBB

Conclusiones

- La estructura se clasifica como edificio con medidas de eficiencia energética en su concepción, sin embargo, las medidas de arquitectura pasiva, tales como losetas de hormigón en fachadas orientes o estructuras de acero que aportan sombreadamiento en fachadas poniente destacan como los principales aportes al comportamiento térmico de la estructura.
- Considerando la ubicación geográfica, en la cual las temperaturas no distan de las del rango de confort, la utilización de medidas activas para el control de temperaturas, como la instalación de equipos de clima con un alto costo, no se consideran necesarias, sobre todo por la falta cultural de utilizar dichos equipos.
- La deficiente distribución lumínica presente en el edificio se encuentra relacionado con la incorrecta utilización de las persianas interiores. Esto debido a falta de mantención ya que se encuentran actualmente fijas.
- Las altas infiltraciones presentes favorecen la medida pasiva de ventilación para mejorar las condiciones de verano, sin embargo empeoran las condiciones de calefacción en invierno.
- Con respecto a las condiciones acústicas de la estructura, los elementos divisorios presentes no cuentan con la capacidad de disminuir los niveles de ruido exigido por norma. Esto debido a una incorrecta elección de los materiales en el caso de los tabiques de vidrio, deficientes condiciones de instalación y deficientes especificaciones debido a que los elementos fueron instalados hasta el cielo falso, permitiendo el traspaso de ruido en el espacio libre hasta la losa superior.
- Debido a las condiciones climáticas de la zona; temperaturas, humedades relativas, velocidades del aire, así como las condiciones de uso del edificio, no se presentaron condiciones que posibiliten la condensación superficial y una mala calidad del aire interior.

8.3. Escuela e Internado Monseñor Francisco Valdés Subercaseaux, Curarrehue, Región de la Araucanía.

CITEC-UBB

Ubicación:

La Escuela Monseñor Francisco Valdés Subercaseaux se encuentra ubicada en la Novena Región de la Araucanía; Provincia de Cautín; Comuna de Curarrehue, a 37 kilómetros al Este de la ciudad de Pucón.



Figura 8.59: Ubicación local de Curarrehue

Curarrehue tiene una población estimada de 7.358 habitantes, de los cuales el 76% vive en sectores rurales y el 80% es de origen mapuche. Posee una densidad baja de 6,29 habitantes por km². La Escuela se encuentra en la zona más poblada, cercana al acceso norte de la ciudad, enfrentando a la calle principal. Se emplaza al costado sur de la calle y las edificaciones que conforman el conjunto y se distribuyen casi perpendiculares a lo largo de un eje NE-SO.

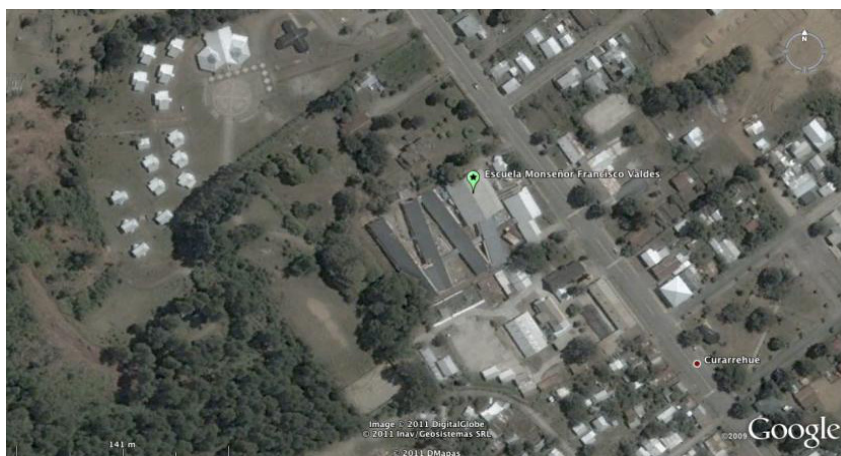


Figura 8.60. Escuela Monseñor Francisco Valdés Subercaseaux.



Figura 8.58. Acceso a Escuela, parte antigua habilitada, Curarrehue.

EDIFICIO:

Escuela e Internado Monseñor Francisco Valdés.

PROPIETARIO:

Ilustre Municipalidad de Curarrehue.

UBICACIÓN:

Curarrehue, Comuna de Curarrehue, Provincia de Cautín, Novena Región.

LATITUD:

39°21'29.33"S

LONGITUD:

71°35'23.28"O

ELEVACIÓN:

420 msnm.

ZONA CLIMÁTICA:

Sur Interior 6 Sl. (Ref.NCh 1079 Of2008)

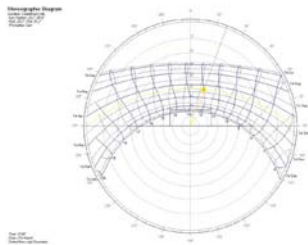
ZONA TÉRMICA:

6 (O.G.U.C).

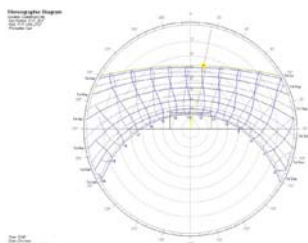
EVALUACIÓN

MONITORIZACIÓN:

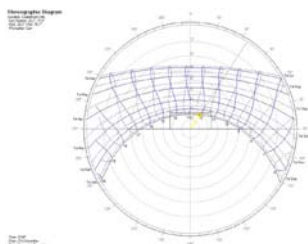
CITEC UBB



Equinoccios
21 Marzo- Septiembre /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 20,2°
Elevación: 49,4°



Solsticio invierno
21 Junio /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 11,9°
Elevación: 26,5°



Solsticio verano
21 Diciembre /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 33,2°
Elevación: 71,9°

Figura 8.60. Diagramas solares.

Caracterización Climática:

El proyecto se emplaza en la localidad de Curarrehue, zona “Sur Interior” según la clasificación climática precisada por la NCh1079. Esta zona climática queda definida según la normativa como “Continuación de zona CI desde el límite norte de la comuna de Cobquecura, Quirihue, Ninhue, San Carlos y Ñiquén, hasta el límite norte de las comunas de Maullín y Puerto Montt. Hacia el Este, hasta la Cordillera de los Andes por debajo de los 600 m aprox.”

Las características generales del clima Sur Interior definidas por la normativa son: “Zona lluviosa y fría con heladas frecuentemente. 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 calma.”

Las oscilaciones térmicas pueden llegar a 20° C en invierno (-5°C a 15°C) y alcanzan los 30° (0°C a 30°C) en verano. Las máximas pueden llegar a los 30°C en verano (enero-febrero) y a 15°C en el mes más frío (junio). Las temperaturas máximas alcanzan el nivel de confort en los períodos enero-abril y septiembre-diciembre. Las mínimas en verano bordean los 0°C y en invierno pueden llegar a valores por debajo de los -5°C. La Humedad Relativa se mantiene en su nivel inferior, cercano al 45%, durante los meses de octubre a marzo, aumentando progresivamente hasta llegar a valores entre 90% y 100% en los meses mayo a agosto. Durante el verano se observan vientos predominantes del Suroeste y en menor grado del SSO, del OSO y del Oeste. En invierno, los predominantes son del Norte pero se observan del Sur con una frecuencia alta, combinando un abanico hacia el Oeste y en menor frecuencia al Este.

La radiación solar directa bordea los 0,65 kW/m² en los períodos altos y 0,35 kW/m² en los períodos bajos.

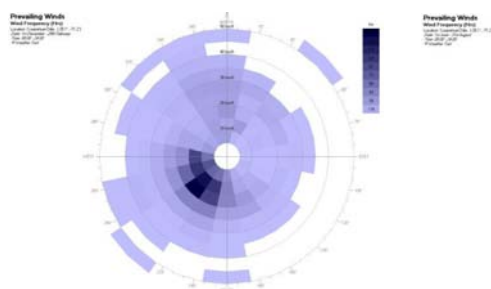


Figura 8.61a. Diagramas vientos predominantes verano.

Figura 8.61b. Diagramas vientos predominantes invierno.

Diseño

El edificio tiene una superficie total de 4.314 m² y su destino principal es de Escuela Básica e Internado para alumnos.

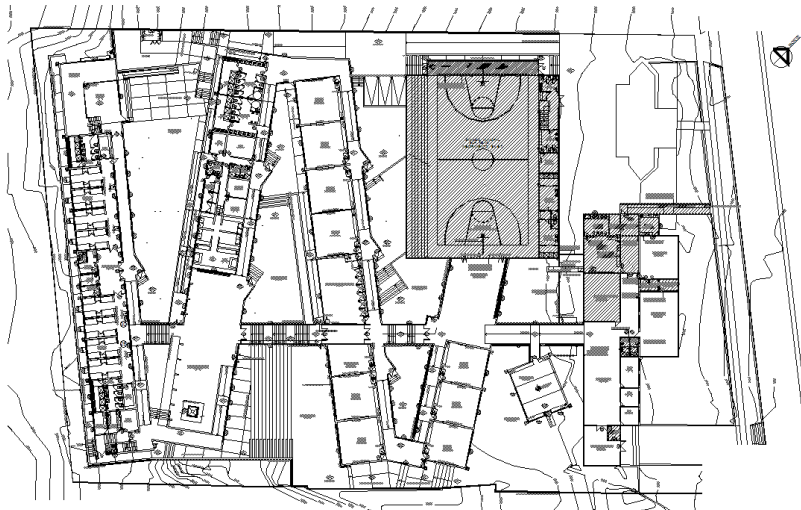


Figura 8.62. Emplazamiento

Se divide en cinco cuerpos principales y un cuerpo menor estructurado en base a volúmenes de planta rectangular, siendo el primero paralelo a la calle de acceso y los demás se ordenan de manera relativamente paralelos avanzando hacia el fondo del sitio.

Todos estos cuerpos son de un piso, a excepción del último que es de dos niveles. Entre ellos existe un pasillo recto, perpendicular al primer cuerpo que conecta todos los volúmenes.

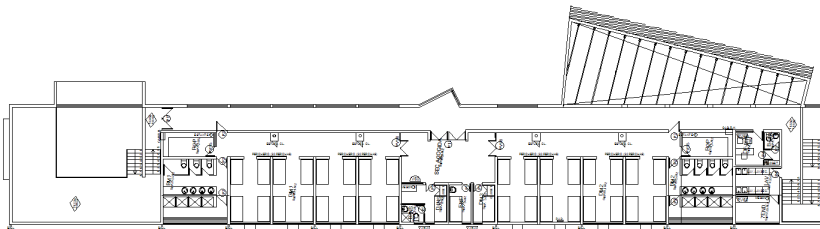


Figura 8.63. Planta piso 2 - internado

El primer volumen contiene las áreas administrativas; sala de computación; aula de integración y patios cubiertos, el segundo, el cuerpo menor, contiene la biblioteca. El tercero está conformado por el Gimnasio Municipal (que se articula al conjunto a través de un patio cubierto) y tres aulas; el cuarto está conformado por aulas y un multitaller. El quinto lo conforman los servicios higiénicos y el comedor de la Escuela y el sexto, en su primer nivel, contiene dormitorios, área de estudio y servicios del Internado y en el segundo nivel existen dormitorios y servicios del Internado.



Figura 8.64. Elevación Nororienté comedores



Figura 8.65. Elevación Norte sector internado



Figura 8.66. Elevación Nororienté sector servicios higiénicos



Figura 8.67. Elevación sur aulas



Figura 8.68. Acceso exterior internado

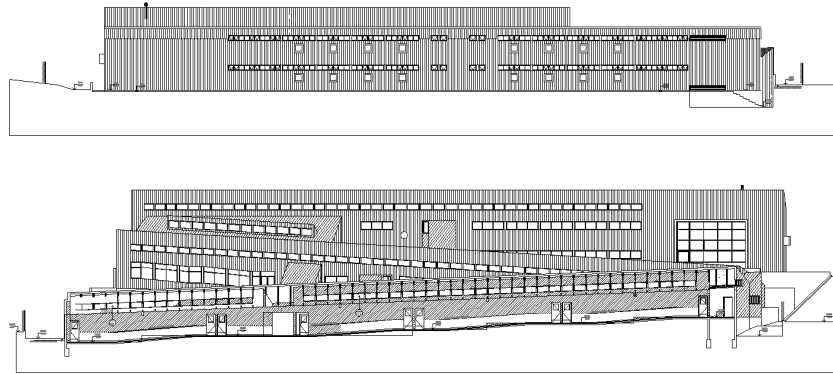


Figura 8.69. Elevaciones Surponiente y nororient

Estrategias

Las estrategias más relevantes incorporadas en el edificio son:

Envolvente Térmica de alta eficiencia:

El proyecto se caracteriza por un cuidado en la evaluación y determinación de los elementos que componen la envolvente exterior, combinando diferentes materialidades y soluciones, y teniendo cuidado en el corte de puentes térmicos.

Para las dos tipologías de muros (hormigón y albañilería) presentes en el proyecto de ampliación se desarrollaron soluciones de alta aislación térmica las que se realizaron junto a una solución para muros perimetrales de madera que correspondían a la parte existente de la Escuela. Estas soluciones fueron simuladas previo a la ejecución buscando alcanzar las menores pérdidas a través de la envolvente vertical.

La envolvente térmica en la techumbre se realiza sobre el cielo falso horizontal lo cual mejora aún más la eficiencia energética del edificio al reducir el volumen de las salas y manteniendo una geometría regular. El piso en contacto con el terreno posee aislación continua evitando con ello pérdidas en las zonas perimetrales.

El factor de forma del edificio alcanza un valor de 1.55 lo que da cuenta de un área de disipación alta, lo cual no es recomendable para un clima frío como lo es el de la zona Sur Interior, sin embargo esto se compensa con los altos niveles de aislación que posee la envolvente.

La demanda de energía de calefacción en un 97 % a la demanda del edificio de referencia (3 % más baja que el edificio de referencia) y un 89% inferior en la demanda de refrigeración (11% más baja que el edificio de referencia).

DESEMPEÑO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

Aislación térmica de fachada:
0,77 W/m²°C

Aislación térmica de cubierta:
0,25 W/m²°C

Aislación térmica de piso:
0,4 W/m²°C

Aislación térmica ponderada vertical:
0.62 W/m²°C

Factor solar vanos caloportadores: 0,56

Cambios de aire por infiltraciones a
50 Pa : 6,6/h

Factor de forma (sup.
envolvente/volumen):1,55

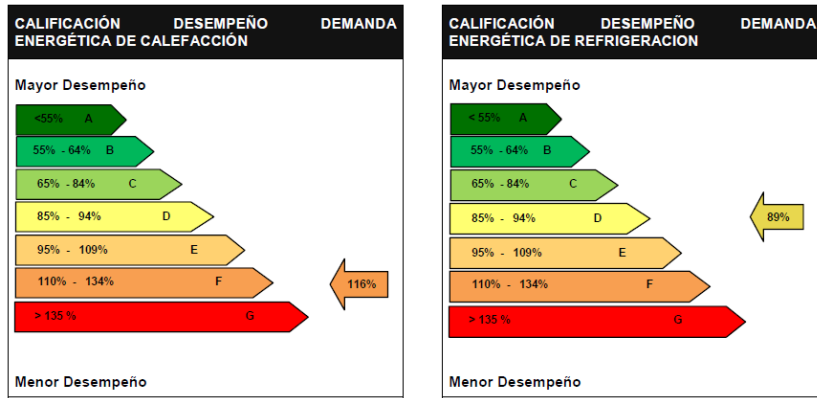


Figura 8.70. Calificación del desempeño energético de calefacción y refrigeración según sistema de etiquetado y clasificación desarrollado por CITEC UBB

Los puentes térmicos detectados resultan del uso de elementos metálicos como soporte del revestimiento exterior de la zona surponiente correspondiente a los muros exteriores del internado. Estos elementos se apoyan sobre el muro de hormigón y entre la aislación térmica exterior.

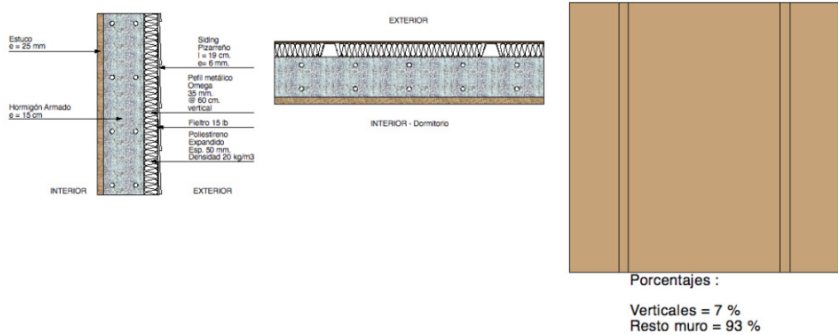


Figura 8.71. Solución de muro zona internado.

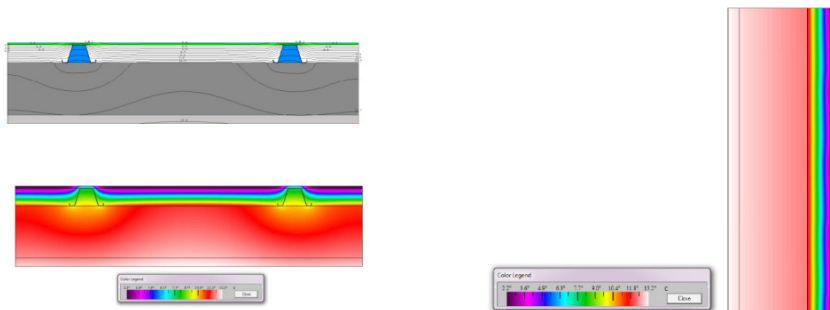


Figura 8.72. Solución de muro zona internado – Imágenes de isotermas y flujo de calor. Plantas y corte.

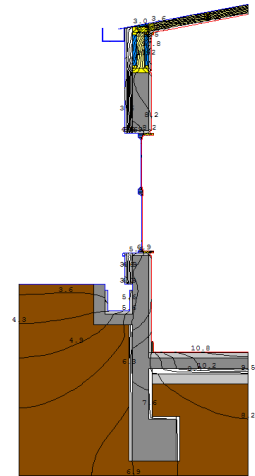


Figura 8.73. Simulación isotermas zona aulas - Therm

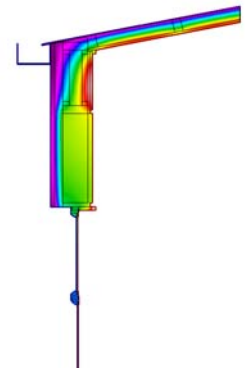


Figura 8.74. Detalle encuentro cubierta-muro. Simulación flujo de calor zona aulas – Therm

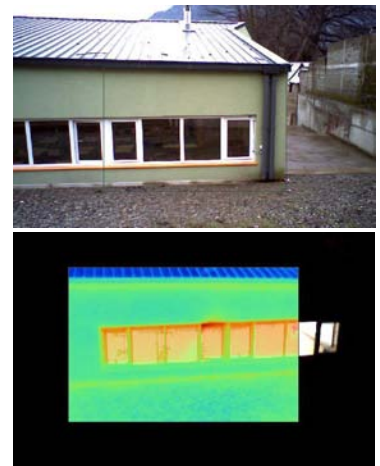


Figura 8.75. Termografía exterior sala de clases

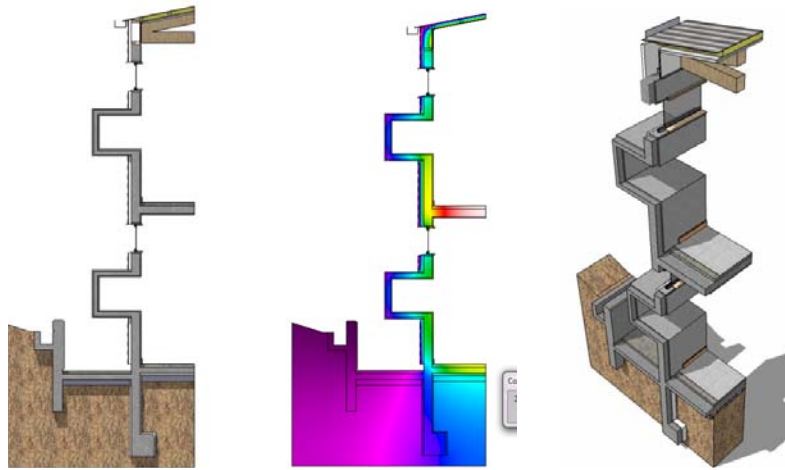


Figura 8.76. Detalle muro zona internado – Escatillón, imagen de flujo de calor y 3d

Pese a que este puente no está protegido, su influencia sobre eventuales efectos negativos es despreciable dado que las simulaciones térmicas en infra-rojo evidencian la existencia de puentes lineales determinados por los elementos de soporte, siendo el porcentaje de la envolvente con influencia de puentes térmicos de un 7 % y se estima relativamente bajo.

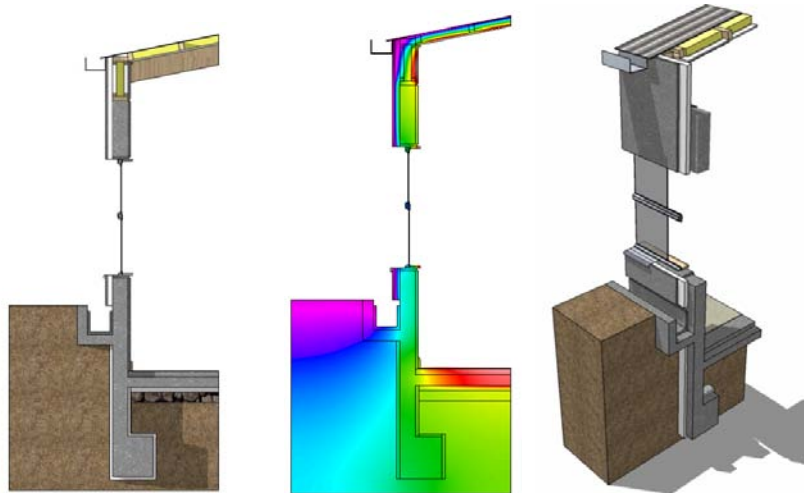


Figura 8.77. Detalle muro zona aulas- Escatillón, imagen de flujo de calor y vista 3d.

Las imágenes termográficas de los muros correspondientes a las aulas muestran de manera similar a las simulaciones que los mayores flujos de calor se producen en las ventanas, siendo una envolvente homogénea, sin presencia de puentes térmicos en casi la totalidad de su superficie, advirtiéndose dos puentes térmicos lineales: uno en la zona superior de encuentro de muro y cubierta y otro en la zona inferior de las ventanas, donde el muro se adosa a una canaleta de evacuación de aguas lluvias.

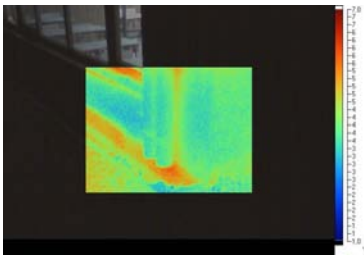


Figura 8.78. Termografía encuentro muro-canal agua lluvia

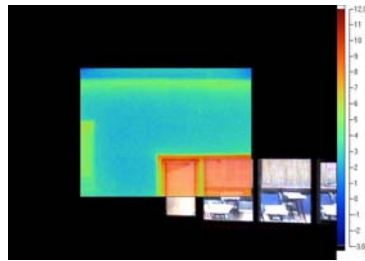


Figura 8.79. Termografía encuentro muro-cubierta

La zona superior explica dicho comportamiento por el cambio de materialidad y sistema constructivo y por el tipo de aislación térmica definida para cada elemento. La zona inferior, presenta una discontinuidad en la envolvente térmica por la presencia de esta canal, la cual interrumpe la aislación, evidenciando una clara alteración del flujo térmico y las consecuentes pérdidas de calor por estas zonas, además de las observadas en marcos de ventanas y superficies acristaladas.

Estas zonas débiles del muro pueden presentar problemas de condensación al estar expuestas a un área de gran concentración de humedad (canal de agua lluvias) y siendo un sector sin envolvente térmica.

Factores Solares:

El edificio cuenta con una buena estrategia de protección solar dado que el impacto de la radiación sobre las superficies acristaladas en la época calurosa se mitiga adecuadamente al incorporar aleros y retranqueos en los ventanales de mayor dimensión, además de la disposición de los espacios en base a su uso y orientación.

La gran zona de cocina y comedores, clasificada como de alta carga, se ubica en parte adosado al volumen del internado y con áreas de poca exposición a la radiación solar. Las ventanas de las aulas están orientadas al nororiente o norponiente, limitando su exposición solar. En el análisis de demanda de frío se corrobora lo anterior, al mantener una adecuada proporción de superficies acristaladas lo cual evita sobrecalentamientos en las zonas de alta carga. Además, por su emplazamiento, el edificio posee una volumetría que dispone cuerpos bajos pero en ascenso a la ladera del cerro, de oriente a poniente, manteniendo el cuerpo más alto al poniente, lo cual permite aprovechar adecuadamente la radiación solar del oriente y el norte y, a su vez, se protege del sol poniente.

El conjunto posee un sistema de pasillos interiores que conectan todos los recintos, concentrando en ellos una gran cantidad de ventanas altas y bajas las cuales crean una especie de corredor que amortigua los efectos de la radiación directa, de manera que

siempre existe una zona térmica intermedia entre los recintos de alta carga. Las ventanas no llevan protecciones, pero su tamaño y proporción mantiene el nivel adecuado del FS.

Niveles de Iluminación y confort visual:

La iluminación natural de los recintos se evalúa en relación a las necesidades de la actividad a desarrollar en ellos. Para el caso de este edificio, la orientación de las ventanas está directamente relacionada tanto con la necesidad de captar energía solar y protegerse de ella en ciertos períodos del año, como con la necesidad de proveer de una adecuada iluminación a los recintos de enseñanza.

Es así como se observa que la estrategia utiliza favorece protegerse de la radiación solar y aportar niveles de iluminación homogéneos, pero provoca en algunos zonas con poca iluminación durante la jornada de clases dado que se alternan las posiciones de las salas entre orientación oriente o poniente y con ello la posición del pasillo-galería que conecta el circuito completo de circulaciones interiores,

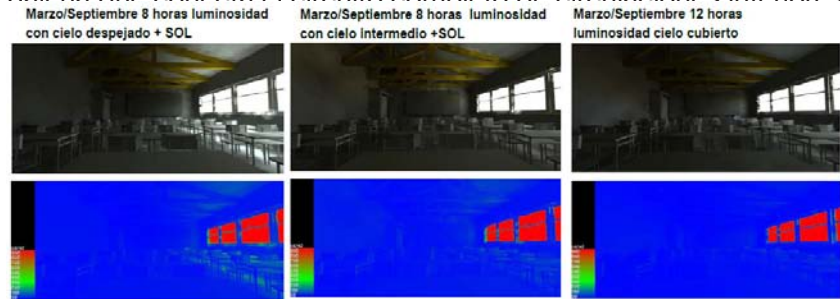


Figura 8.80. Imágenes de Radiance, permiten visualizar las variaciones de luminosidad con diferentes tipos de cielos al medio día durante Equinoccio (21 de marzo/septiembre)

Esto califica las condiciones de iluminación de acuerdo a los indicadores en la categoría “E”, “base aceptable”.

El tiempo en el rango de iluminación para las tareas visuales es muy bajo, más del 50% del día los niveles de iluminación están bajo lo definido por el Decreto 548.

El confort visual evalúa qué porcentaje de tiempo está la iluminación en niveles demasiado bajo (< 500 lux) o demasiado alto (>2000 lux). Estas dos condiciones lumínicas generan fatiga visual o dificultan el desarrollo de las tareas visuales, lo que para estas aulas se obtuvo que sólo un 57% del tiempo se encuentra la iluminación en esta situación.



Figura 8.81. Imágenes de Radiance, permiten visualizar las variaciones de luminosidad con diferentes tipos de cielos al medio día durante solsticio de invierno (21 de junio)

Según el indicador propuesto, se obtuvo que los rangos de iluminación entre 500 y 1500 lux se encuentran en la categoría “E” los niveles de iluminación se mantienen un tiempo BASE ACEPTABLE. Estos se ajustan a límite propuesto, el tiempo con la iluminancia > 500 lux es muy bajo, lo cual genera que se deba utilizar la luz artificial gran parte de la jornada, para lograr mantener los niveles necesarios y realizar las tareas visuales.



Figura 8.82. Imágenes de Radiance, permiten visualizar las variaciones de luminosidad con diferentes tipos de cielos al medio día durante solsticio de verano (21 de diciembre)

La distribución de la iluminación, referido a la uniformidad el aula evaluada está dentro de la categoría B clasificando como una MUY BUENA distribución y uniformidad de la luz natural.

Esto se opone al indicador de los niveles de iluminación donde los niveles de luz son muy bajos, nos indica que no existen grandes diferencias entre la iluminancia media y la mínima en los puntos medidos, ambas se encuentran en niveles bajos.

En relación al confort lumínico observado de las imágenes Radiance y los valores de luminancia en el área de trabajo, se concluye que no existe riesgo de tener luminancias altas en el área de trabajo en ninguno de los períodos estudiados. La ubicación del aula simuladas su orientación sur poniente contribuye a no tener penetración solar.

Conclusiones

De las estrategias utilizadas, el cuidado para mantener una envolvente continua y con un mínimo de puentes térmicos es lo más destacable dado que se hicieron estudios y simulaciones previo a la construcción de manera de poder mejorar la solución inicialmente planteada. Esto se aplicó tanto a la ampliación como a la reposición de la infraestructura existente.

El tratamiento de los puentes térmicos se ve favorecido al utilizar un sistema EIFS existiendo algunos puntos visibles de flujos de calor no deseados generados por geometría o, en el caso de la zona del internado, por la incorporación de un revestimiento que requiere soportes metálicos adicionales. Si bien su efecto es muy bajo sobre el total de la envolvente, es adecuado tratarlos como puntos singulares y evitar sus posibles efectos.

Las estrategias de iluminación natural conllevan ciertas dificultades al compatibilizarlas con las orientaciones que conforman los volúmenes y los factores solares ya que estos últimos se encuentran en rangos adecuados, pero afectan negativamente a los aportes de luz natural.

8.4. Edificio de Oficinas Policía de Investigaciones, Puerto Montt, Región de los Lagos.

CITEC-UBB

Ubicación:

El Complejo de la Policía de Investigaciones se encuentra ubicado en la Décima Región de Los Lagos, Provincia de Llanquihue; Comuna de Puerto Montt en el Sector urbano denominado La Paloma.

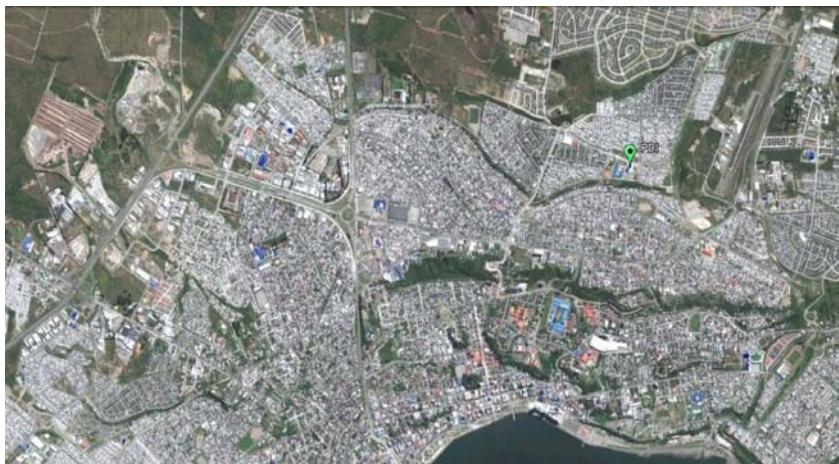


Figura 8.85. Identificación localidad de Puerto Montt

La población de Puerto Montt está estimada en 236.000 habitantes, de los cuales el 88,61% vive en sectores urbanos y 11,39% en sectores rurales. El Complejo se encuentra en una zona urbana denominada ZEU por el PRC cuyo destino es Zona de Equipamiento Urbano, con edificaciones de poca altura y emplazándose en una faja de baja densidad y grandes áreas despejadas en torno al edificio. Se encuentra al costado sur de la calle que enfrenta y se emplaza, por su lado más largo, casi paralelo al eje N-S.



Figura 8.86. Emplazamiento Complejo Policía de Investigaciones..



Figura 8.83. Fachada nororiente



Figura 8.84. Zona de acceso peatonal

EDIFICIO:

Complejo Policía de Investigaciones Región de Los Lagos.

PROPIETARIO:

Policía de Investigaciones de Chile.

UBICACIÓN:

Avda. Monseñor Ramón Munita, Esquina Copahue. Sector La Paloma. Provincia de Llanquihue, X Región de Los Lagos, Puerto Montt.

LATITUD:

41°27'26.19"S

LONGITUD:

72°55'43.33"O

ELEVACIÓN:

15 msnm.

ZONA CLIMÁTICA:

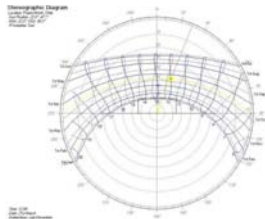
Sur Litoral 7 SL. (Ref.NCh 1079 Of.2008).

ZONA TÉRMICA:

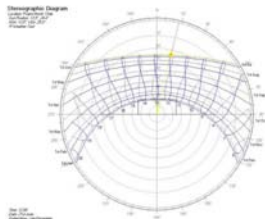
6 (O.G.U.C).

EVALUACIÓN MONITORIZACIÓN:

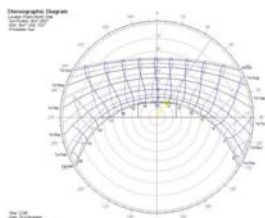
CITEC UBB



Equinoccios
21 marzo – septiembre
12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 22°
Elevación: 47,1°



Solsticio invierno
21 junio /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 13,5°
Elevación: 24,4°



Solsticio verano
21 diciembre /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: 4,6°
Elevación: 69,6°

Figura 8.87. Diagramas solares.

Caracterización Climática:

El proyecto se emplaza en la localidad de Puerto Montt, zona 7 Sur Litoral según la clasificación climática precisada por la NCh1079. Esta zona climática queda definida según la normativa como “continuación de zona CL desde el límite norte de la comuna de Cobquecura hasta el límite sur de las comunas de Maullín, Calbuco y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan”.

Las características generales del clima Sur Litoral definidas por la normativa son Zona de clima marítimo, lluvioso. Inviernos largos. Suelo y ambiente salinos y húmedos. Vientos irregulares de componentes SW y N. Vegetación robusta. Temperatura templada a fría. Las oscilaciones térmicas pueden llegar a 20°C en invierno (-5°C a 15°C) y 20° (5°C a 25°C) en verano. Las máximas pueden llegar a los 25°C en verano (enero) y a 15°C en el mes más frío (junio-julio). Las temperaturas máximas alcanzan el nivel de confort en los períodos diciembre-enero y noviembre- diciembre. Las mínimas en verano bordean los 0°C y en invierno pueden llegar a valore por debajo de los -5°C. La Humedad Relativa se mantiene en su nivel inferior cercano al 60% durante casi todo el año con fluctuaciones en aumento en los meses de junio-agosto. Durante todo el año se mantienen máximas entre 95 a 100%. Durante el verano se observan vientos predominantes del Suroeste y en menor grado del SSO y del Oeste con cierta presencia de viento Norte. En invierno, los predominantes son del Norte pero se observan del Sur con una frecuencia alta, combinando un abanico hacia el oeste y en menor frecuencia al Este.

La radiación solar directa bordea los 0,65 kW/m2 en los períodos altos y 0,25 kW/m2 en los períodos bajos

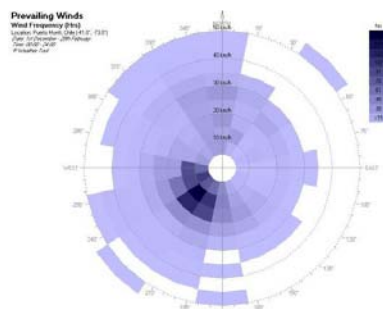


Figura 8.88. Diagramas vientos predominantes verano

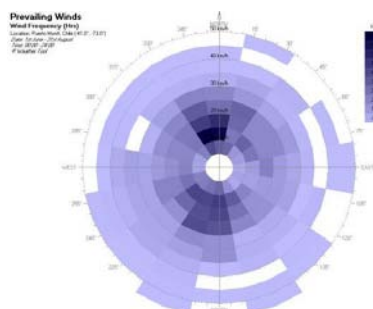


Figura 8.89. Diagramas vientos predominantes Invierno



Figura 8.90. PDI Pto. Montt (Fuente: DA MOP Región de Los Lagos)

La superficie total del edificio es de 4.182 m² dividido en seis niveles, cinco pisos y un subterráneo, siendo su destino principal el de Edificio de Oficinas. El edificio está conformado por un cuerpo principal unido a uno secundario a través de un espacio central que los articula. Este espacio es continuo desde el piso primero al quinto. El cuerpo principal tiene oficinas y el secundario contiene las escaleras y ascensores junto a otras dependencias que también incluyen estaciones de trabajo. El volumen está emplazado de manera aislada y se encuentra en un sitio esquina.

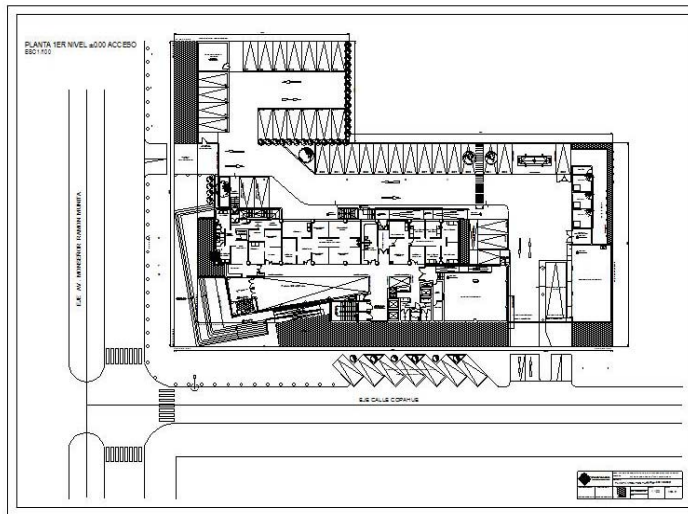


Figura 8.91. Emplazamiento.

En la planta del primer piso se encuentran los recintos de atención al público, el servicio médico y el auditorio. Desde el segundo piso se encuentran distribuidas las distintas brigadas con sus oficinas operativas y jefaturas. En el último piso se ubica el casino y oficinas.



Figura 8.92. Vista interior Pasillo



Figura 8.93. Vista Norponiente- Acceso



Figura 8.94. Vista lado oriente



Figura 8.95. Elevación poniente



Figura 8.96. Elevación Norte



Figura 8.97. Elevación poniente



Figura 8.98. Elevación Sur

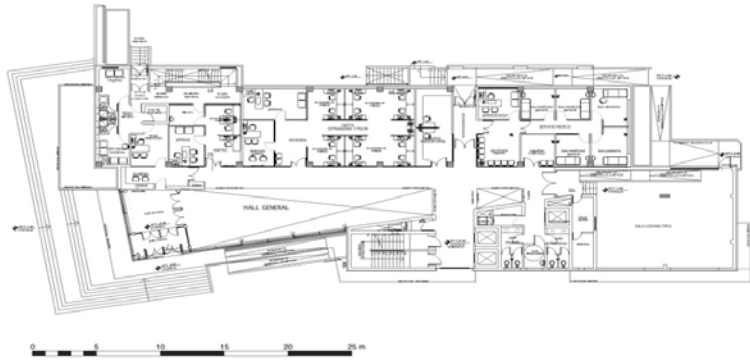


Figura 8.99. Planta Piso 1 – Acceso – Nivel 0,00

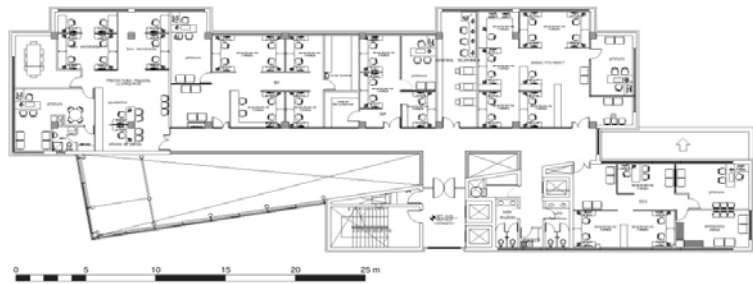


Figura 8.100. Planta Piso 3 – Oficinas – Nivel +6,80

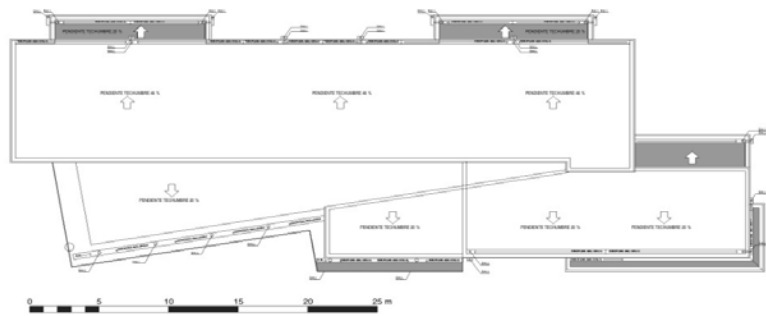


Figura 8.101. Planta Techumbre

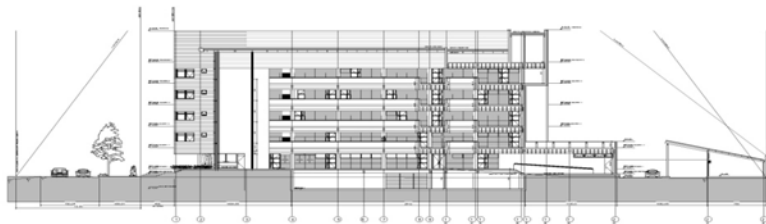


Figura 8.102. Corte longitudinal



Figura 8.103. PDI Pto.Montt (Fuente: DA MOP Región de Los Lagos)



Figura 8.104. PDI Pto.Montt (Fuente: DA MOP Región de Los Lagos)

Estrategias

Las estrategias más relevantes incorporadas en el edificio son:

Envolvente Térmica de alta eficiencia:

El proyecto se caracteriza por el alto poder aislante de su envolvente exterior, con especial cuidado en el tratamiento de los puentes térmicos.

Los muros, poseen una adecuada aislación térmica, evitando pérdidas a través de la envolvente vertical dentro de rangos muy eficientes. La envolvente térmica es continua a través de la techumbre lo



Figura 8.105. Fachada oriente



Figura 8.106. Fachada Norte



Figura 8.107. Fachada oriente

cual mejora aún más la eficiencia energética del edificio. Por otro lado, el factor de forma del edificio alcanza un valor de 0.3 lo que da cuenta de un área de disipación baja, muy apropiada para un clima frío, característica de la zona Sur litoral.

En resumen hay un equilibrio en la estructura de pérdidas térmicas que determinan, en este caso, que la demanda de energía de calefacción sea menor en un 12 % a la demanda del edificio de referencia y un 10% superior en la demanda de refrigeración.

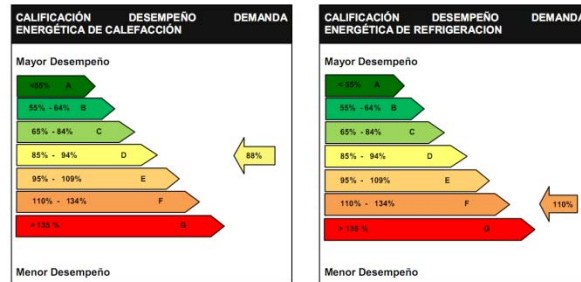


Figura 8.108. Calificación del desempeño energético de calefacción y refrigeración según sistema de etiquetado y clasificación desarrollado por CITEC UBB

Los puentes térmicos resultan, principalmente, del uso de elementos de madera como soporte del revestimiento exterior apoyado sobre el muro de hormigón y entre la aislación térmica de los muros identificados como Tipo 1.

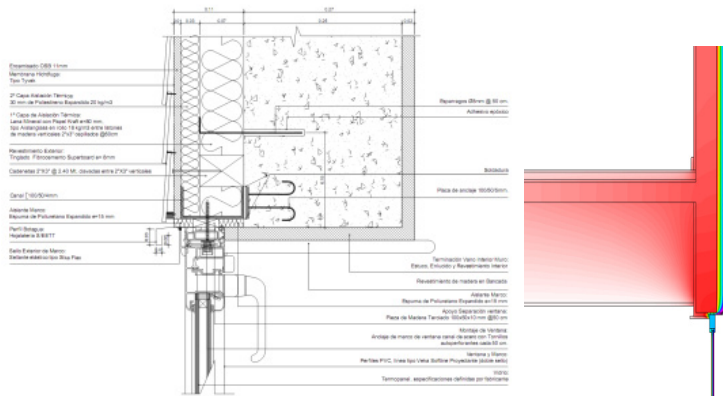


Figura 8.109. Detalle ruptura de puente térmico de muro exterior identificado como Tipo 1

Este puente está debidamente protegido, lo cual disminuye su influencia sobre los eventuales efectos negativos. En este tipo de muros las simulaciones térmicas en infra-rojo y la imagen de las isotermas evidencian la existencia de puentes lineales determinados por los elementos de soporte principalmente. En tanto el porcentaje de la envolvente con influencia de puentes térmicos es de un 10 % y se estima relativamente bajo, lo mismo su influencia en la mayor demanda energética, dado que todos ellos han sido debidamente protegidos generando una adecuada ruptura o atenuación del puente.

DESEMPEÑO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

Aislación térmica de fachada:
0,3 W/m²°C

Aislación térmica de cubierta:
0,19 W/m²°C

Aislación térmica de piso:
0,32 W/m²°C

Aislación térmica ponderada vertical:
1,48 W/m²°C

Factor solar vanos caloportadores:
0,62

Cambios de aire por infiltraciones a 50 Pa:
5,71/h

Factor de forma (sup. envolvente/volumen): 0,3

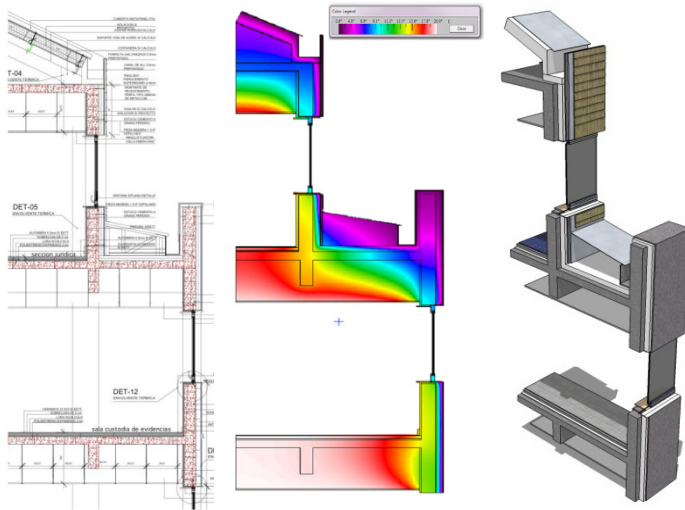


Figura 8.110. Simulación térmica e infrarroja de escantillón

Las imágenes termográficas de los muros correspondientes a las oficinas, las cuales presentan un muro relativamente homogéneo, con presencia de puentes térmicos lineales correspondientes al soporte del revestimiento exterior, además de las observadas en marcos de ventanas y superficies acristaladas. Estas zonas débiles del muro son poco perceptibles dado que se encuentran aisladas del contacto directo a los elementos de revestimiento, sin embargo, dado que el sistema no es hermético, éstos pueden eventualmente ser afectados por humedad que puede cambiar su comportamiento aumentando su conductividad.

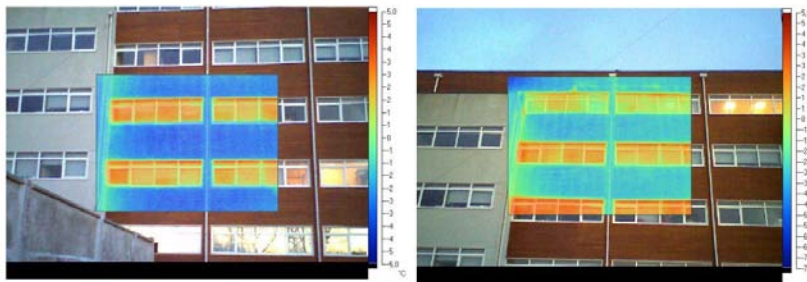


Figura 8.111. Termografía infrarroja muros fachada oriente correspondiente a oficinas.

Sistema de Calefacción:

El edificio cuenta con un sistema de calefacción por piso radiante que atiende una superficie aproximada de 2.470 m² en cinco niveles, y un sistema de radiadores y fancoil para los requerimientos del auditorio.

Para la calefacción por piso radiante, la energía térmica es suministrada a partir de una bomba de calor geotérmica, con sondas de extracción de agua y, mediante bombas, se conduce el agua hasta el intercambiador, que opera como evaporador de la bomba

La aislación térmica de puentes térmicos de muro de fachada está en torno a 0,5 (W/m²°C).

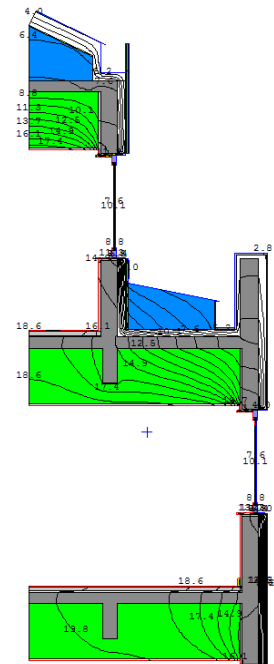


Figura 8.112. Simulación isotermas zona pisos superiores y cubierta - Therm

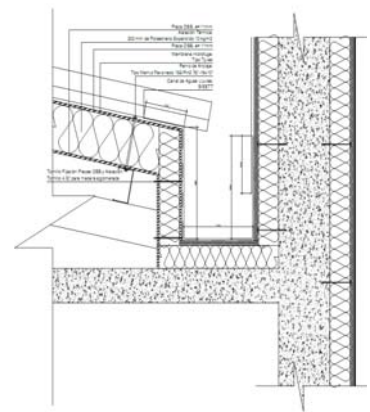


Figura 8.113. Detalle ruptura puente térmico de techumbre

La bomba de calor utilizada es marca Ciatessa modelo LGP 500-V con una potencia térmica de 160.7 kW y un consumo de energía eléctrica de 39 kW, según catálogo.

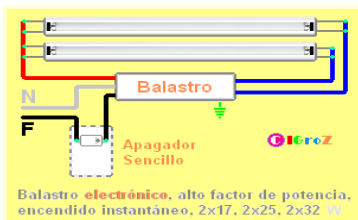


Figura 8.114. Bomba de calor

Los balastos electrónicos son de menor consumo comparado con los balastos magnéticos convencional, así también permite un encendido en 0,5 segundos sin pestañeos, de igual modo evita el efecto estroboscópico y no provoca vibraciones mecánicas en las luminarias.



El balastro electrónico desconecta inmediatamente las luminarias con fallas, previniendo que parpadeen y se recalienten.



de calor. Luego el condensador de la bomba de calor entrega la energía al agua de circulación del edificio que suministra la energía demandada por éste.

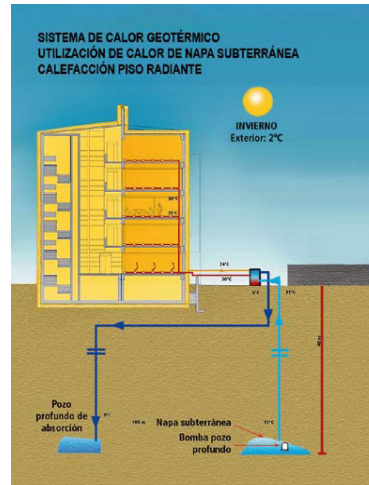


Figura 8.115. Sistema de pozos profundos

El sistema contempla dos pozos profundos de aproximadamente 70 m. Del primer pozo se extrae la energía por medio de la bomba de calor y que calienta el agua de calefacción de la losa radiante del edificio, al segundo pozo ubicado a 100 m de distancia, retorna el agua a la napa a una temperatura levemente menor.

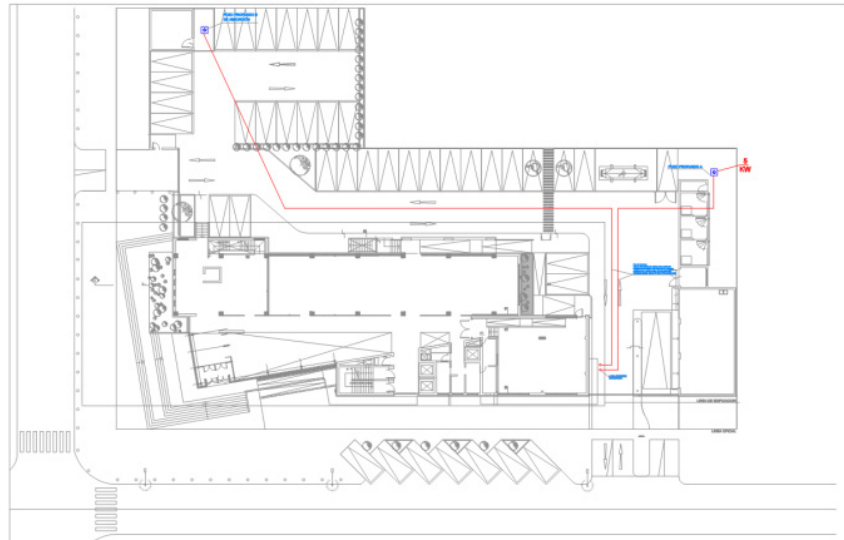


Figura 8.116. Trazado en planta del circuito de pozos

Sistema eléctrico:

La instalación eléctrica considera un sistema de programación para horarios punta, el cual prioriza la utilización de ciertos circuitos, cortando la energía de acuerdo a los requerimientos del edificio previamente establecidos.

El sistema de iluminación predominante utiliza tubos fluorescentes de alta eficiencia del tipo T5 con balastos electrónicos, con una

potencia instalada para las áreas de trabajo de 6W/m² aproximadamente.

Los diversos circuitos de alumbrado permiten independizar la iluminación sectorizándola por áreas. Para el caso de las oficinas del sector oriente, los puestos de trabajo que se ubican más próximos a las ventanas cuentan con un circuito independiente del resto del recinto, el que permite su encendido y/o apagado según la necesidad de iluminación.

Conclusiones

La estrategia más destacada de este edificio es el desarrollo de una envolvente térmica de alta eficiencia junto a un adecuado sistema de generación de calor. Ambas estrategias apoyadas por otras decisiones de diseño adecuadas a las exigencias del clima local y el uso del edificio hacen que la operación energética alcance un desempeño eficiente. Las mediciones post-ocupacionales demostraron que las estrategias y sistemas de ahorro de energía alcanzaron los niveles teóricos propuestos en las etapas anteriores. El seguimiento en el tiempo de estas mediciones a través de un plan de gestión energética asegura un adecuado comportamiento tanto del edificio como de las prácticas de los usuarios.

DESEMPEÑO ENERGÉTICO

Demanda energía calefacción:
40,9 kW-h/m² año

Demanda energía refrigeración:
36,8 kW-h/m² año



Figura 8.117. Edificio Escuela Teniente Merino, Cochrane, Región de Aysén.

8.5. Edificio Escuela Teniente Merino, Cochrane, Región de Aysén

DECON-UC

Ubicación:

Las Escuela Teniente Merino se ubica en la XI Región de Aysén, en la comuna de Cochrane, provincia de Capitán Prat.



Figura 8.118. Identificación localidad de Cochrane

EDIFICIO:

Escuela Teniente Merino, Región de Aysén.

UBICACIÓN:

La Escuela se ubica en la calle Teniente Merino N°585. El recinto ocupa una cuadra estratégica, frente a la plaza de armas, entre las calles Teniente Merino/Las Golondrinas/San Valentín y Esmeralda.

LATITUD:

47°115'11" S

LONGITUD:

72°34'29" O

ELEVACIÓN:

148 msnm.

ZONA CLIMÁTICA:

Sur Extremo 8 SE. (Ref. NCh 1079 Of.2008)

ZONA TÉRMICA:

7 (O.G.U.C).

EVALUACIÓN

MONITORIZACIÓN:

DECON UC

Aysén posee una población estimada de 105.000 habitantes, de los cuales el 87,54% vive en sectores urbanos y 12,46% en sectores rurales. El Complejo se encuentra en una zona urbana denominada ZU-2 por el PRC cuyo destino es Zona de Equipamiento Urbano.

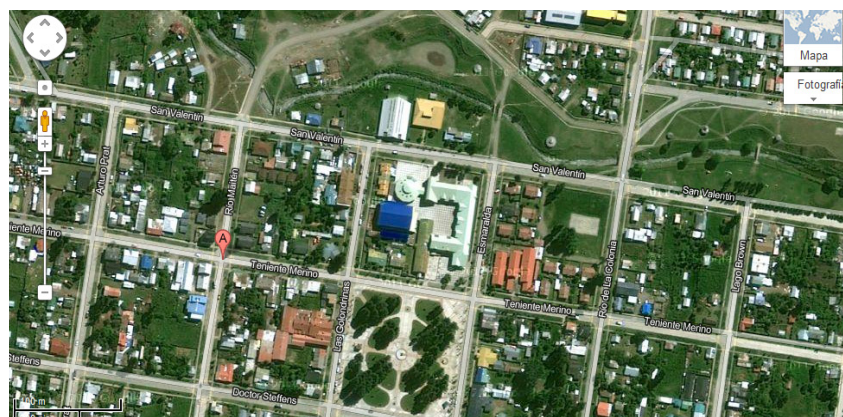


Figura 8.119. Emplazamiento Escuela Gabriela Mistral.

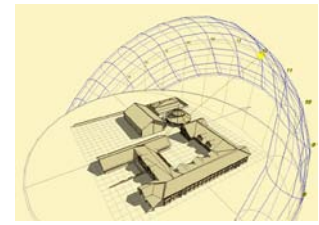
Caracterización Climática:

El proyecto se emplaza en la localidad de Cochrane, zona 8 Sur Extremo según la clasificación climática precisada por la Nch1079. Esta zona climática, según la normativa, “la constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta Tierra del Fuego”.

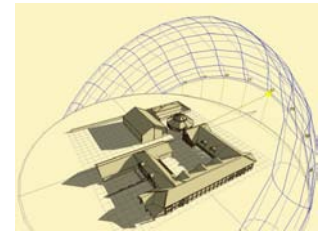
Las características generales del clima Sur Extremo definidas por la normativa son Zona fría muy lluviosa, con precipitaciones a lo largo de todo el año, disminuyendo su intensidad hacia el Sur y desde W a E. Nubosidad casi permanente, veranos cortos. Ambiente muy húmedo, radiación solar moderada en verano.

Las oscilaciones térmicas pueden llegar a 6° C en invierno (-5°C a 15°C) y 10° (5°C a 25°C) en verano. Las máximas pueden llegar a los 18°C en verano (enero) y a 7°C en el mes más frío (junio-julio). Las temperaturas máximas alcanzan el nivel de confort en los períodos diciembre-enero y noviembre- diciembre. Las mínimas en verano bordean los 10°C y en invierno pueden llegar a valores por debajo de los 2°C. La Humedad Relativa se mantiene en su nivel inferior cercano al 75% durante casi todo el año con fluctuaciones en aumento en los meses de junio-agosto. Durante todo el año se mantienen máximas entre 70 a 90%. Durante el verano se observan vientos predominantes del Suroeste. En invierno, los predominantes son del Oeste.

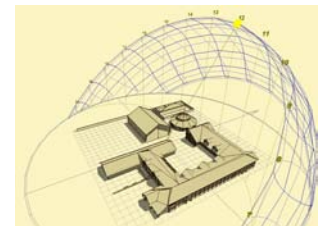
La radiación solar directa bordea los 5,5 kW/m² en los períodos altos y 0,5 kW/m² en los períodos bajos.



Equinoccios
21 Marzo – Septiembre
12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: -7,9°
Elevación: 43°



Solsticio invierno
21 Junio /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: -7,9°
Elevación: 43,1°



Solsticio verano
21 Diciembre /12:00 horas
Posición solar:
Desviación respecto del Norte: -7,9°
Elevación: 65,2°

Figura 8.120. Diagramas solares



Figura 8.123. Imagen Virtual elevación oriente



Figura 8.124. Imagen Virtual elevación sur



Figura 8.125. Vista interior comedor



Figura 8.126. Vista interior pasillo

Diseño



Figura 8.121. Edificio Escuela Teniente Merino, Cochrane Undécima Región de Aysén

La Escuela cuenta con una reposición del sector antiguo del establecimiento, correspondiente a una demolición y ampliación de dos volúmenes existentes, los cuales se consideran como reposición ya que se mantiene la ubicación inicial de estos volúmenes. La superficie total construida, en uno y dos pisos, corresponde a 1.816m², de los cuales 1.131m² son del primer piso, al que se le deben adicionar 136 m² correspondientes a la Sala de Calderas y leñera; y 549.59 m², corresponden al segundo piso del edificio principal.

El área de reposición considera, por una parte, dos alas de dos pisos, una enfrente de otra, que corresponde al sector de comedores y cocina, y a un área docente donde se ubican las salas de clases, talleres y biblioteca. Por otro lado, también considera la reposición de un edificio de un piso, donde se ubica el jardín infantil.

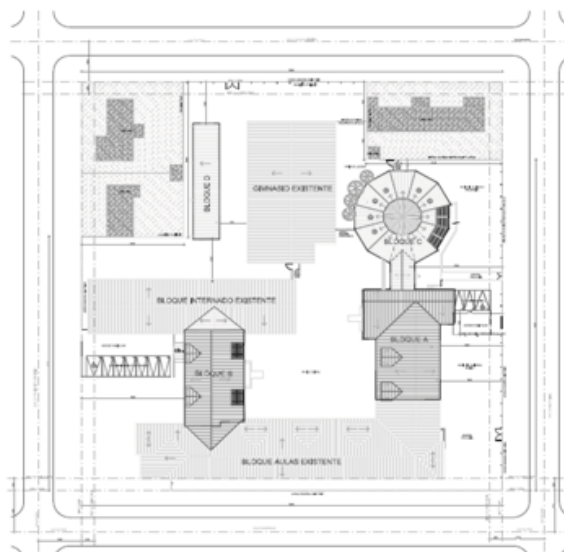


Figura 8.122. Emplazamiento.

Para la reposición se ha considerado un diseño que favorece la orientación óptima, para maximizar la radiación solar en invierno y tener un control de la misma en verano; y la ventilación natural cruzada. Se considera también la instalación de termopaneles y aislación térmica en la envolvente.

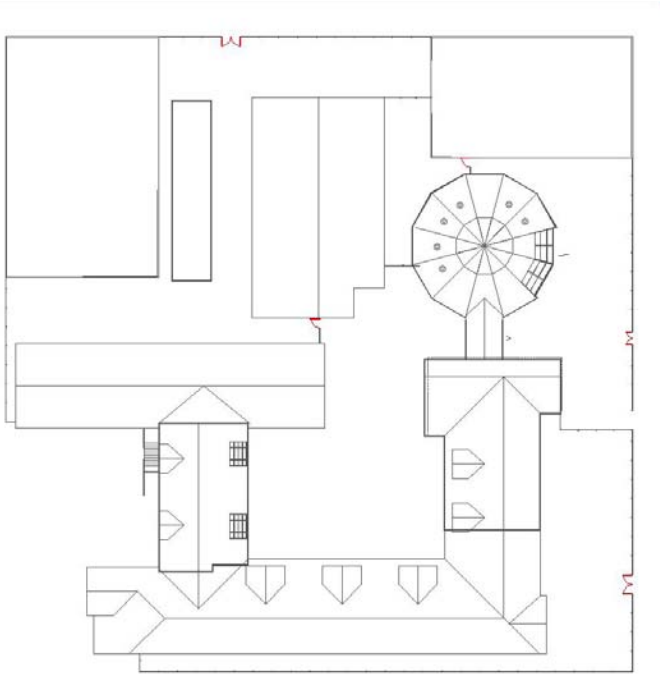


Figura 8.127. Planta Piso 1 – Nivel 0,00

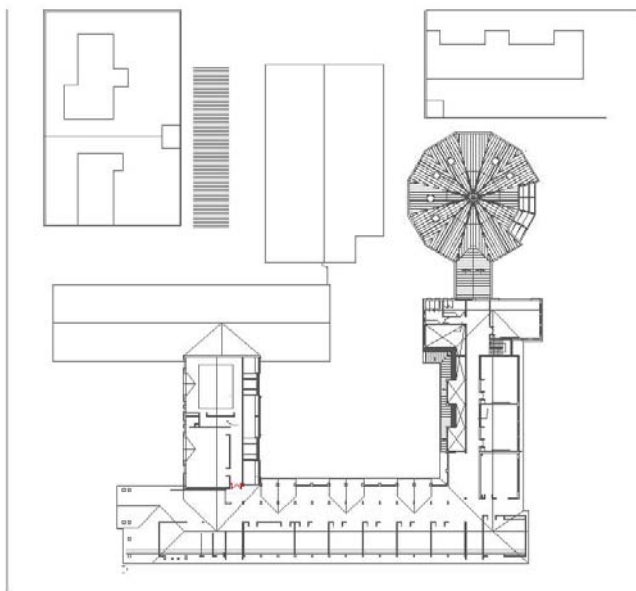


Figura 8.128. Planta Piso 2 – Nivel +6,80



Figura 8.129. Vista sector oriente



Figura 8.130. Elevación poniente



Figura 8.131. Elevación Norte



Figura 8.132. Elevación oriente



Figura 8.133. Elevación Sur

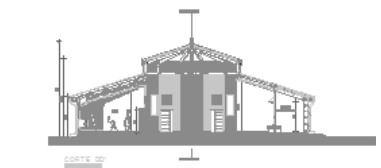


Figura 8.134. Cortes longitudinales



Figura 8.135. Imagen Virtual elevación oriente



Figura 8.136: Imagen Virtual elevación sur



Figura 8.137: Vista interior comedor



Figura 8.138: Vista interior pasillo



Figura 8.139. Vista acceso sur



Figura 8.140. Vista interior hall

Estrategias

Las estrategias más relevantes incorporadas en el edificio son:

Sistema de aprovechamiento de Luz Natural.

Orientación óptima para maximizar radiación solar en invierno y control en verano.

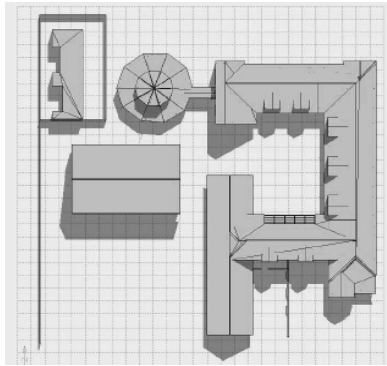


Figura 8.141: Sombras proyectadas del conjunto de edificios

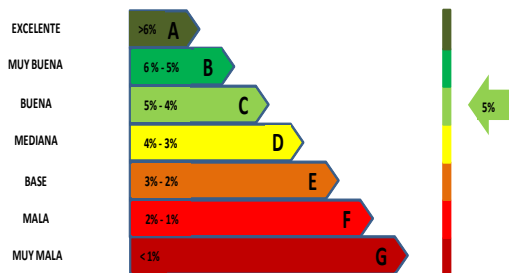


Figura 8.142. Calificación de Contribución de luz natural, según sistema de etiquetado y clasificación desarrollado por CITEC UBB

Ventilación.

Los vientos locales se trabajan de acuerdo a la orientación predominante Oeste 36 Km/h. En época cálida se favorece la ventilación cruzada para refrescamiento diurno y nocturno, así como en la media estación media con igual orientación predominante y 28,8 Km/h. En época fría predomina la calma, velocidades menores a 18Km/h. La solución de abertura de ventanas permite dosificar la ventilación, especialmente en aulas para las dos a tres renovaciones horarias requeridas.

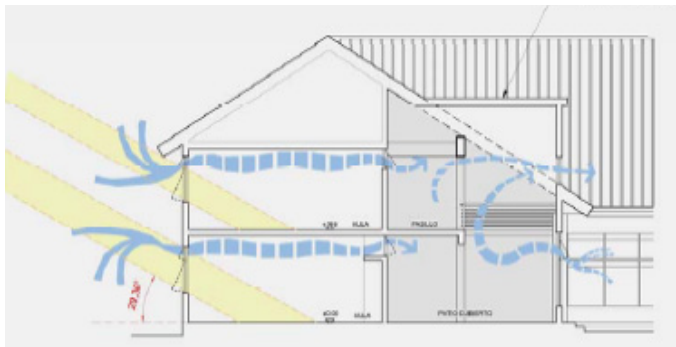


Figura 8.143. Corte aulas ala norte

Los valores de transmitancia térmica ponderada observados para los muros de fachada es de 0,33 ($W/m^2\text{°C}$), mientras que para la estructura de techumbre y pisos en contacto con el terreno son de 0,19 ($W/m^2\text{°C}$) y 0,32 ($W/m^2\text{°C}$) respectivamente. En el caso de superficies acristaladas se utilizó DVH con perfilaría de PVC, con valores de transmitancia Térmica en torno a 2,6 ($W/m^2\text{°C}$)

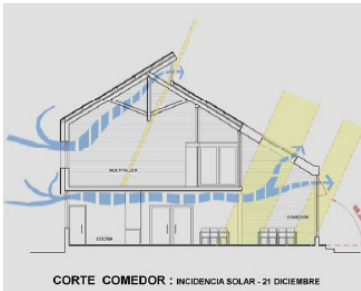


La transmitancia térmica ponderada de los paramentos verticales es de 1,48 ($W/m^2\text{°C}$) y se aprecia buena para la zona. Da cuenta de relativamente bajas pérdidas por transmisión a través de la envolvente vertical.



En el bloque B, imagen 7; se aprovecha el diferencial térmico entre la fachada sur y la fachada norte expuesta a mayor radiación solar, lo que permite acentuar el movimiento de aire fresco de acuerdo a la apertura de ventanas superiores, facilitando renovar el aire de ambos niveles de manera independiente según el uso en cada piso.

Comedor y cocina de mayor requerimiento 4 Rh y en el segundo piso: biblioteca y sala de computación según la concentración de alumnos.



El diseño favorece la ventilación natural cruzada, desde el exterior a través de las aulas y el patio cubierto con salida por ventanas superiores en cubierta, facilitándose esta apertura principalmente en verano.

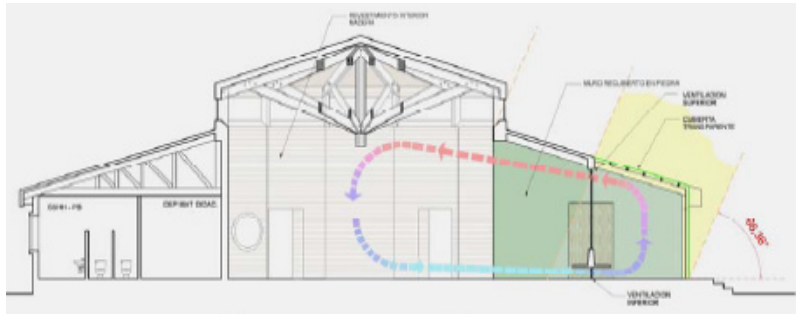


Figura 8.144. Corte jardín infantil. Incidencia solar 21 de diciembre

El invernadero planteado en el sector de prebásica, ha sido evaluado favorablemente. Sin embargo, su efectividad depende de los cerramientos en doble vidrio hermético (DVH), en todas sus caras. Esto permite evitar, la rápida pérdida de calor en los meses más fríos del año junio y julio, en que se registran las temperaturas medias mínimas del orden de 1,6 °C; con el efecto consecuente de mayor demanda de calefacción (mayores grados días). En estos meses fríos, el aporte de calor es menor; sin embargo, en los meses próximos a la media estación el aporte aumenta.

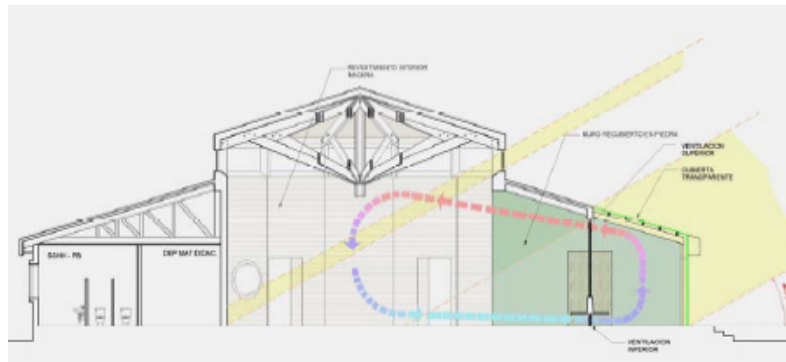


Figura 8.145. Corte jardín infantil. Incidencia solar 21 de junio

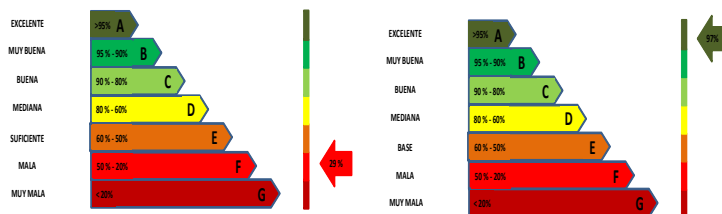


Figura 8.146. Calificación Calidad del Aire Verano (izq.) e Invierno (der.)

Conclusiones

Las estrategias de edificación energética de este edificio presentan características y comportamiento disímiles, puesto que para el sistema de aprovechamiento de luz natural, basado en una orientación que maximice la radiación del sol en períodos fríos, y el control en períodos cálidos, alcanza el efecto deseado, demostrado por la monitorización realizada. Para el sistema de ventilación pasiva, en cambio, los resultados muestran un buen comportamiento en período cálido, y una calificación mala en períodos fríos, principalmente debido a las bajas temperaturas y un sistema de calefacción que no se acopla al de ventilación, ya que la caldera a leña se mantiene en funcionamiento durante todo el invierno, sin posibilidad de abrir ventanas dentro de las salas de clase, razón por la cual el diseño de ventilación pasiva no resulta efectivo.



Beneficiario



Co-desarrolladores

