



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela Ingeniería Civil Mecánica

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CASINO, MEDIANTE BOMBA DE CALOR

Tesis para optar al Título de:  
**Ingeniero Mecánico.**

Profesor Patrocinante:  
Sr. Misael Fuentes Paredes.  
Ingeniero Mecánico.  
Magíster (C) Modelado del Conocimiento Entornos Visuales.

GERALD ALEXANDER FUENTES MOLINA  
FEDERICO ANDRÉS TRAPP MEDINA  
VALDIVIA –CHILE

2009

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del Señor:

**Gerald Alexander Fuentes Molina**  
**Federico Andrés Trapp Medina**

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día \_\_\_\_\_ de 2009, como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

Ing. Mecánico Sr. Misael Fuentes P.

\_\_\_\_\_

Profesor Informantes:

Dr. Héctor Noriega F.

\_\_\_\_\_

Ing. Marcelo Paredes C.

\_\_\_\_\_

V°B° Director de Escuela:

Sr. Milton Lemarie O.

\_\_\_\_\_

## *Dedicateria*

*A mi Familia y por sobre todo a mis Padres, por su apoyo incondicional.*

*Hoy se cierra un capítulo en mi vida, del que me quedan dulces y amargos recuerdos,  
pero da comienzo a otro, con muchas expectativas futuras. . .*

## *Agradecimientos*

*En especial al profesor Patrocinante Misael Fuentes P. el que me incentivó en realizar este trabajo.*

*De igual forma quiero agradecer a los profesores informantes Héctor Noriega F. y Marcelo Paredes C. por todos los conocimientos entregados en mi paso por la Universidad y por su apoyo cuando fue necesario.*

<b>TEMA</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>CAPÍTULO 1      CONFORT TÉRMICO</b> .....	<b>7</b>
1.1.- Definición, historia y modelos teóricos .....	7
1.2.- Aspectos que influyen en el confort térmico .....	8
1.2.1.- Factores personales .....	9
1.2.2.-El metabolismo y la vestimenta .....	10
1.2.3.- La temperatura .....	12
1.2.4.- La humedad relativa .....	14
1.2.5.- La calidad del aire .....	15
1.2.6.- La velocidad del aire .....	16
<b>CAPITULO 2      COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN</b>	
2.1.- Producción térmica .....	20
2.2.- Distribución .....	20
2.3.- Emisión .....	21
2.4.- Sistema todo refrigerante .....	21
2.5.- Sistema refrigerante – aire .....	22
2.6.- Sistema todo agua .....	23
2.7.- Sistema agua – aire .....	24
2.8.- Sistema todo aire .....	24

2.9.- Parámetro a considerar al momento de instalar un sistema para adecuar el ambiente interior de la vivienda .....	25
2.9.1.- La zona climática .....	25
2.9.2.- Necesidad de la vivienda y de quienes la habitan .....	25
2.9.3.- La posibilidad de la fuente de energía .....	26
2.9.4.- Instalación .....	26
2.9.5.- Mantenimiento .....	26
2.9.6.- Criterios ecológicos y de seguridad .....	26
2.9.7.- Costo de energía .....	27

### **CAPITULO 3      BOMBA DE CALOR**

3.1.- Bomba de calor: calor y frío en un aparato .....	28
3.2.- Funcionamiento de la bomba de calor .....	29
3.3.- Funcionamiento de la bomba de calor reversible .....	30
3.3.1.- Ciclo de calefacción .....	30
3.3.2.- Ciclo de refrigeración .....	31
3.4.- Focos de la bomba de calor .....	32
3.5.- Utilización de acondicionadores y bombas de calor de alto rendimiento.....	32
3.6.- Clasificación de las bombas de calor .....	34
3.7.- Bomba de calor agua aire .....	35
3.8.-Ventajas de la bomba de calor respecto a otros sistemas .....	36

### **CAPITULO 4      SITUACIÓN ACTUAL DEL CASINO MIRAFLORES**

4.1.-Descripción del edificio .....	37
4.2.- Actividad a la que destina .....	38
4.3.- Descripción de los cerramientos Arquitectónicos casino Miraflores .....	39
4.3.1.- Superficie vidriada .....	39
4.3.2.- Superficie correspondiente al techo .....	39
4.3.3.- Superficie correspondiente al piso .....	40

4.3.4.- Superficie correspondiente a las paredes	41
4.4.- Sistema de calefacción actual	41
4.5.- Revisión de los elementos constructivos con la normativa chilena	42

## **CAPITULO 5 CÁLCULO DE CARGA TERMICA CASINO MIRAFLORES**

5.1.- Cálculo de la carga térmica de calefacción Casino Miraflores	47
5.2.- Cálculo del coeficiente de convención térmica	47
5.2.1.- Cálculo del h exterior	47
5.2.2.- Cálculo del h interior	47
5.3.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente a los vidrios	48
5.4.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente al techo	49
5.5.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente al piso	51
5.6.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente a las paredes	52
5.7.- Cálculo de las pérdidas por ventilación	53
5.8.- Cálculo de la carga térmica de refrigeración Casino Miraflores	55
5.9.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente a los vidrios	57
5.10.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente al techo	58
5.11.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente al piso	59
5.12.- Cálculo de pérdida de carga correspondiente a las paredes	60
5.13.- Cálculo de las pérdidas por infiltración	62
5.13.1.- Calor sensible debido al aire de infiltración	62
5.13.2.- Calor latente debido al aire de infiltración	62
5.14.- Cálculo de ganancias por personas	62
5.15.- Calor generado por iluminación del local	63
5.16.- Calor debido a la transmisión a través de paredes y techo	64
5.17.- Calor sensible procedente del aire de ventilación	64
5.18.- Calor latente procedente del aire de ventilación	65
5.19.- Cálculo de la carga sensible efectiva total( $Q_{se}$ )	65
5.20.- Cálculos de los parámetros fundamentales	66

## CAPÍTULO 6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

6.1.- Potencia Térmica (Frío y Calor)	70
6.2.- Comparativo tras realizar el ejercicio de cambiar los vidrios por termopanel	72
6.3.- Cálculos de los conductos de climatización	76
6.3.1.- Características	76
6.3.2.- Ventajas	76
6.3.3.- Ubicación de los difusores	77
6.4.- Diseño de conductos	79
6.4.1.- Cálculo de la sección 1	81
6.4.2.- Cálculo de la sección 2	82
6.4.3.- Cálculo de la sección 3	82
6.5.- Cálculo de la pérdida de carga en el ducto de impulsión	83
6.5.1.- Pérdida de carga en la sección 1	84
6.5.2.- Pérdida de carga en la sección 2	86
6.5.3.- Pérdida de carga en la sección 3	88
6.5.4.- Total pérdidas en ductos de impulsión	88
6.6.- Cálculo de ductos de recirculación	89
6.7.- Características de la Bomba de Calor elegida	94
6.8.- Selección de la bomba de agua	95
6.8.1.- Altura manométrica	95
6.8.2.- Altura geométrica	95
6.8.3.- Pérdida de carga	96
6.8.4.- Presión diferencial	100

**CAPITULO 7      PRESUPUESTO CLIMATIZACION CASINO MIRAFLORES**

7.1.- Resumen del costo total del sistema de climatización ..... 102

**CONCLUSIÓN** ..... 103

**BIBLIOGRAFÍA** ..... 105

**ANEXOS** ..... 107

## INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1.- Balance de la transmisión térmica del cuerpo humano .....	9
2.- Riesgo de aparición de problemas con la humedad relativa ambiente .....	15
3.- Velocidad media de aire permitida para garantizar un 15% de insatisfechos .....	16
4.- Sistema todo refrigerante .....	22
5.- Esquema básico de una instalación todo agua .....	23
6.- Sistema inducción (agua – aire) .....	24
7.- Sistema todo- aire .....	25
8.- Bomba de calor de compresión mecánica .....	29
9.- Ciclo de calefacción de una bomba de calor .....	30
10.- Ciclo de refrigeración de una bomba de calor .....	31
11.- Emisiones de CO <sub>2</sub> que se producen para obtener 1KWH .....	33
12.- Esquema simplificado de una red de conductos .....	35
13.- Casino Miraflores .....	37
14.- Combustión lenta .....	42
15.- Diagrama Psiconométrico .....	56
16.- Forma gráfica de obtener la temperatura de rocío .....	67
17.- Fachada Casino Miraflores .....	71
18.- Vidrio simple y Termopanel .....	71
19.- Piso ventilado Casino Miraflores .....	74
20.- Croquis indicativo de un corte transversal del piso ventilado .....	74
21.- Tipo de ducto .....	77
22.- Gráfico para rejillas, para determinar la caída y la flecha .....	78
23.- Áreas de distribución, difusor situado en la pared .....	78
24.- Esquema indicativo del lugar optimo de colocación de la rejilla .....	79
25.- Representación esquemática de la difusión de aire para el Casino Miraflores .....	80
26.- Representación tramo 1 .....	81
27.- Representación tramo 2 .....	82

<b>28.- Representación tramo 3</b>	83
<b>29.- Corresponde a longitud equivalente de curvas en 90°</b>	84
<b>30.- Diagrama de pérdida de carga</b>	85
<b>31.- Dimensionamiento del ducto de impulsión</b>	89
<b>32.- Dimensionamiento de las diferentes secciones transversales del ducto de impulsión</b>	89
<b>33.- Dimensionamiento del ducto de recirculación</b>	90
<b>34.- Dimensionamiento de las secciones transversales del ducto de recirculación</b>	91
<b>35.- Longitud equivalente de curvas de 90°</b>	91
<b>36.- Relación entre de las velocidades en la derivación y conducto principal</b>	93
<b>37.- Representación esquemática altura geométrica</b>	95
<b>38.- Representación Esquemática ducto abastecimiento de agua</b>	98
<b>39.- Representación del tipo y disposición de la bomba</b>	101

## INDICE DE CUADRO

<b>CUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
1.- Factores y parámetros que determinan el confort térmico .....	8
2.- Relación entre actividad y el metabolismo .....	11
3.- Aislamiento térmico para combinaciones típicas de ropa .....	12
4.- Sensación térmica en un ambiente según temperatura, humedad y movimiento de aire.17	
5.- Relación temperatura efectiva, sensación térmica y estado de salud .....	18
6.- Resistencia térmica de vestimentas .....	19
7.- Comparativo de costo de energía por calefaccionar y climatizar .....	27
8.- Resumen sobre el foco frío y foco caliente .....	32
9.- Clasificación de la bomba de calor .....	34
10.- Coeficiente de transferencia de calor y espesor del material (techo) .....	40
11.- Coeficiente de transferencia de calor y espesor del material (piso) .....	40
12.- Coeficiente de transferencia de calor y espesor del material (paredes) .....	41
13.- Zona térmica en la que se encuentra ubicada valdivia .....	43
14.- Transmitancia U de los elementos según zona térmica .....	44
15.- Comparativo situación actual con exigencia de la Norma Chilena .....	44
16.- Superficie máxima vidriada respecto a la envolvente .....	45
17.- Especificaciones técnicas del Casino Miraflores .....	45
18.- Especificación técnica vidrio Casino Miraflores .....	48
19.- Datos de edificación .....	49
20.- Especificación técnica del techo Casino Miraflores .....	50
21.- Datos de edificación .....	50
22.- Especificación técnica del piso Casino Miraflores .....	51
23.- Datos de edificación .....	52
24.- Especificación técnica de las paredes Casino Miraflores .....	52
25.- Datos de edificación .....	53
26.- Especificación técnica vidrio Casino Miraflores .....	57
27.- Datos de edificación .....	57

<b>28.- Especificación técnica del techo Casino Miraflores</b>	.....	58
<b>29.- Datos de edificación</b>	.....	59
<b>30.- Especificación técnica del piso Casino Miraflores</b>	.....	59
<b>31.- Datos de edificación</b>	.....	60
<b>32.- Especificación técnica de las paredes del Casino Miraflores</b>	.....	61
<b>33.- Datos de edificación</b>	.....	61
<b>34.- Calor emitido por persona en (kcal/hr)</b>	.....	63
<b>35.- Comparativo entre situación actual y la norma</b>	.....	73
<b>36.- Comparativo entre situación modificada y la norma</b>	.....	73
<b>37.- Comparativo entre piso aislado y normativa</b>	.....	75
<b>38.- Relación entre las velocidades en la derivación y el conducto principal</b>	.....	87
<b>39.- Velocidad aconsejable del aire</b>	.....	90
<b>40.- Potencia de las bombas de calor elegidas</b>	.....	94
<b>41.- Recomendación de velocidad máxima</b>	.....	96
<b>42.- Pérdidas de carga en las tuberías de PVC/ polietileno</b>	.....	97
<b>43.- Pérdidas de carga en los accesorios</b>	.....	98
<b>44.- Presupuesto de instalación sistema de abastecimiento de agua</b>	.....	102
<b>45.- Presupuesto de fabricación e instalación de ductos y bomba de calor</b>	.....	102
<b>46.- Presupuesto de aislamiento y cambio de elementos de la edificación</b>	.....	102
<b>47.- Presupuesto de administración e ítem varios</b>	.....	102

## **RESUMEN**

El proyecto pretende remarcar las características de los cerramientos para conseguir un funcionamiento eficiente de la edificación. Hasta hace poco tiempo, cuando un Ingeniero debía hacer frente a la satisfacción de demandas de climatización de un edificio, sólo contaba con la opción de optimizar energéticamente los sistemas a aplicar, ya que los proyectos llegaban arquitectónicamente cerrados. De ese modo no existía flexibilidad para la creación de un edificio eficiente energéticamente desde las vertientes arquitectónica y de sistemas de un modo coordinado, desde su concepción. Existen bastantes estudios en cuanto a la selección de los elementos vidriados del edificio. Esto es así, porque en los últimos años las grandes superficies vidriadas han ido en auge y las aportaciones solares a través de éstas influyen fuertemente sobre el ambiente térmico en el interior de las habitaciones, y por tanto sobre las demandas de climatización que crean. Este proyecto se centra en la eficiencia energética, que suele ser la gran olvidada por diseñadores y normativas. De ese modo, se realizan simulaciones energéticas con mejoramientos en vidrios y pisos. A su vez se incluye un cálculo que pretende presentar las bondades de las bombas de calor de alta temperatura como alternativa para el uso racional de energía, simulando la incorporación de un sistema de climatización a través de bomba de calor. Por último, mencionar que las simulaciones se engloban en un contexto teórico y ligeramente matemático que permite valorar la necesidad y validez del proyecto. Junto a la memoria se entrega un grupo de ANEXOS que completan la información dada, a nivel teórico y a nivel de resultados numéricos de las simulaciones.

**ABSTRACT**

The project attempts to remark the necessity of a descriptive study from the enclosing characteristics to obtain an efficient functioning of the building.

Not long ago, when an engineer had to face the demands of a climatization of a building, he only had the option for optimizing energetically the systems to be applied, because the projects arrived architecturally closed. In that way, there was no flexibility for the creation of a building energetically efficient from the architectonic lines and from a coordinating system since the very beginning.

There are many studies regarding to the selection of the glassing elements of a building because in those late years the glassing surfaces had become booming and the solar contribution had strongly influenced over the thermal environment inside the rooms; so there is a demand for the creation of it.

This project aims in the energetic efficiency, usually forgotten in the designs, legislations and policies. In this sense, the energetic simulations are simulated with the different improvements in glasses and floors. It also includes a calculation whose aim is to introduce the benefits of high temperature pumps as an alternative for rational use of energy simulating the incorporation of a systems of climatization through heat pumps. Last but not least, it needs to be mentioned that the simulations are included in a global and theoretical context and slightly mathematic which allows the project value and its necessity.

Along with this memory, there are attached documents to complete the information given both in theoretical and numeric result levels of the simulations.

## INTRODUCCIÓN

El actual modelo de producción y consumo energético está en crisis, debido esencialmente a las condiciones ambientales que produce. En Chile, esta situación se complica aún más, por la gran dependencia externa de los recursos energéticos. La solución pasa por desarrollar energías más limpias, y por tanto, apostar fuertemente por las energías renovables. En la actualidad, se hacen importantes esfuerzos para el desarrollo y la implementación de estas energías y así lograr mejorar la calidad de vida.

En el caso de Chile, el tema se torna vital. La situación energética del país ha dado mucho de que hablar en el último tiempo. Los problemas de abastecimiento y las relaciones con los países vecinos, esto sumado a un desarrollo acelerado para los próximos años en el país y el alto crecimiento del consumo de energía eléctrica asociado a este proceso, imponen la necesidad de evaluar alternativas que permitan el adecuado abastecimiento energético. En este contexto, uno de los desafíos futuros lo constituye desarrollar formas eficientes de producción de alternativas energéticas viables, los que deben armonizar el desarrollo sustentable con la protección del medio ambiente.

Actualmente, el reto se basa en buscar el desarrollo sostenible, manteniendo el nivel de actividad, de transformación y progreso, pero adecuando las necesidades a los recursos existentes y evitando el derroche energético. Por tanto, se debe comenzar por **minimizar las pérdidas energéticas en el interior** de las edificaciones, logrando estándares de confort y ahorro de energía óptimos. Teniendo como base mejorar las condiciones humanas. Estas últimas vienen dadas por incluir **energías limpias**, libre de contaminación. En la actualidad el suministro de energía depende mayoritariamente de fuentes de carácter limitado, y que en su generación, transporte y consumo, afectan negativamente al medio ambiente.

En Chile, el confort térmico está condicionado prioritariamente por las condiciones de temperatura de invierno, que hasta la fecha, ha sido abordado básicamente por el uso de sistemas de calefacción que, en la mayoría de los casos, afectan directamente a la salud y a la durabilidad de las construcciones. Como consecuencia se produce un derroche energético de gran envergadura, tanto a nivel familiar como a nivel de país, existiendo un gran potencial para mejoramientos y

ahorros, especialmente si se toman algunas consideraciones al momento del diseño y construcción de las edificaciones destinadas a viviendas.

La demanda de confort en el hogar, la oficina, el comercio, y en la industria es debido a que se está transformando la percepción que en general se tiene que la climatización en verano es un lujo para ambientes minoritarios, por lo que es realmente, una necesidad que mejora la calidad de vida, salud y rendimiento laboral. El mercado de la climatización crece constantemente en los países más desarrollados, y nuevos países se incorporan con fuerza a la demanda de **acondicionadores y bombas de calor**. Consecuencia de ello, es que cada día cobra mayor importancia el consumo de energía dedicada al confort.

Una de las definiciones más aceptadas de lo que se entiende por confort térmico establece que es la **condición mental bajo la cual expresan satisfacción la mayoría de los ocupantes de un determinado ambiente térmico**.

Generalmente se relaciona el confort, en verano o en invierno, a un sistema productor de frío o calor que mantiene la temperatura interior a unos niveles entre 18° y 25°C. No obstante, hay otros factores que intervienen, directa e indirectamente para dar como resultado una percepción psicofisiológica integral de las condiciones ambientales circundantes, como **la humedad y la velocidad del aire**.

Finalmente, otro factor cada día más considerado en la obtención del confort, por los efectos directos que tiene sobre la salud es **la calidad del aire interior**.

En las instalaciones de climatización, considerando todos estos factores en el proyecto, pueden conseguirse extraordinarios ahorros de energía con unas pequeñas inversiones adicionales, normalmente amortizables durante el primer año de funcionamiento.

La prescripción y utilización de acondicionadores de alto rendimiento, es un requisito básico para una política de ahorro de energía. En particular, el uso de **bombas de calor** de alto rendimiento se considera hoy como el sistema más eficaz para hacer compatible el confort con el desarrollo sostenible. Entre las tecnologías que hoy se manejan para reducir el consumo energético, se considera que la bomba de calor, al aplicarlas en la climatización de edificios, es el equipo que genera mayores reducciones energéticas, debido a la alta incidencia de calefacción en el consumo energético global.

Si se usan extensamente bombas de calor para calefacción, podría reducirse significativamente el efecto invernadero, debido a que decrecerían las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Además la bomba de calor puede suministrar energía para calefacción con un mínimo consumo, y por tanto, con la mínima producción de CO<sub>2</sub>, de todos los sistemas de calefacción disponible en el entorno. Aún en los períodos más fríos del invierno, el aire exterior, el subsuelo y el agua subterránea contienen una considerable cantidad de energía que la bomba de calor extrae y utiliza para calentar el ambiente interior. Otra razón importante para la utilización de las bombas de calor de alto rendimiento se da para conseguir una mayor diversificación de las fuentes de energía, y con ello reducir las alzas de consumo que se producen en invierno.

El modo actual en que se construye denota una confianza en la tecnología y en la idea de que las fuentes de energía convencionales son de abundancia ilimitada. En el siglo XX se descubrió que era posible construir de manera independiente a las condiciones que rodean el edificio, echando mano de los sistemas de climatización e iluminación sin pensar en el concepto de eficiencia energética.

Por otra parte, la Industrialización en la Construcción, ha alejado al usuario de la Construcción en la que luego habitará, trabajará, etc. de modo que se han ido arrinconando conocimientos que han estado arraigados en la civilización y cultura arquitectónica en pro de factores más mundanos como pueden ser los económicos.

Al ver la evolución del modo de construir, se ha perdido ligeramente la selección natural en función del clima y la cultura de cada zona, el uso de materiales autóctonos y los conocimientos tecnológicos del momento.

Al buscar documentación, puede verse que conceptos de diseño energético en edificios no son fruto de los tiempos que en que se vive actualmente.

Por todo lo anterior es importante la incorporación de nuevas y diferentes alternativas para el Casino de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el Campus Miraflores en la ciudad de Valdivia, el que hoy en día es calefaccionado por medio de un par de calefactores de combustión lenta, los que no son suficientes para cumplir con los requerimientos de calefacción y confort. El objetivo de éste trabajo es evaluar la solución para reducir las pérdidas energéticas tanto

en ventanas como en el piso, e implementar un sistema de climatización, enfocado a solucionar el problema que ocasiona una mala elección y disposición de elementos de calefacción, que es con lo que cuenta hoy en día el Casino Miraflores, para ello se debe verificar las materialidades de paredes, pisos y ventanas del edificio, que no den cumplimiento a la normativa de aislación vigente, al igual que determinar la carga térmica actual y futura, para luego seleccionar la bomba de calor que cumpla con los requerimientos necesarios y simultáneamente cuantificar los costos de inversión y operación del sistema, para que de esa forma se proporcione un ambiente confortable, mediante el control simultáneo de la temperatura, limpieza y distribución del aire en el ambiente, dando así cumplimiento a la Normativa Térmica Chilena y a las condiciones de confort que hoy se necesitan para poder llevar un buen pasar.

Para que los objetivos planteados anteriormente, se puedan llevar a cabo debe existir un método de trabajo, el que conducirá de una forma ordenada y fácil a la elaboración de los resultados.

- Obtención de datos de las materialidades del Casino.
- Revisión de las especificaciones técnicas de las materialidades correspondientes a piso y ventana.
- Revisión de la normas existente, referidas a aislación
- Verificación de los cálculos correspondientes a la carga térmica actual.
- Formalización de cálculos de la carga térmica incorporando mayor aislamiento en pisos y ventanas.
- Informarse en nuevos diseño e instalación de ductos de climatización.
- Evaluación de las cotizaciones correspondientes a los sistemas de climatización.

## **CAPITULO I: CONFORT TÉRMICO**

### **1.1. Definición, historia y modelos teóricos**

El confort térmico es una sensación personal ante un ambiente térmico dado. Existen varias definiciones, una es que “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”[11].

Las grandes civilizaciones, como la griega y la romana, ya tenían estudios e incluso leyes para regular el diseño de los espacios habitacionales con el objeto de lograr el equilibrio térmico del cuerpo humano, el que produce el desarrollo eficiente del individuo tanto en el ámbito físico como mental. Posteriormente, la evolución arquitectónica se preocupó más por el equilibrio estético que por la salud del hombre. Con la llegada de la Revolución Industrial esta problemática se agudizó ya que no sólo se preocupó por la línea y la forma sino que a partir de aquí entraron en juego el uso de nuevas técnicas y nuevos materiales que lograban rapidez y fiabilidad y por ende reducción de costos, dejando en el olvido casi por completo el respeto y la integración a la naturaleza. En los últimos años se ha llegado a la creación de climas artificiales totalmente aislados del clima natural de la zona, dando paso a excesivos consumos de energía con sus respectivas consecuencias. En la actualidad todos estos aspectos vuelven a tenerse en cuenta redundando en beneficio físico, psicológico y económico de los ocupantes.

Desgraciadamente el confort humano es una sensación en la que aspectos relacionados con los usuarios tales como la edad, el género, la cultura, la actividad realizada, la vestimenta, etc. también tienen influencia. Teniendo en cuenta, por tanto, que es un parámetro subjetivo, garantizar el confort de la totalidad de los ocupantes de un recinto es prácticamente imposible.

Para obtener una sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo conservando de este modo el ocupante su temperatura normal, esto suele definirse como alcanzar el equilibrio térmico.

Algunos autores dedicaron gran parte de su carrera al desarrollo de estudios entorno al confort térmico de las personas y su grado de satisfacción ante la variación de varios

de los parámetros que definen un ambiente térmico, entre ellos el Prof. FANGER de la Universidad de Lyngby en Dinamarca, el más reconocido en este campo. El que ha dicho que cuantificar el confort es un concepto complicado por depender de parámetros subjetivos y personales.

## 1.2. Aspectos que influyen en el confort térmico

Pueden diferenciarse en dos grupos los aspectos determinantes en el confort de los usuarios en un recinto: **factores y parámetros**. Los primeros vienen fijados por la situación, mientras que los segundos son modificables mediante cambios en el recinto de estudio.

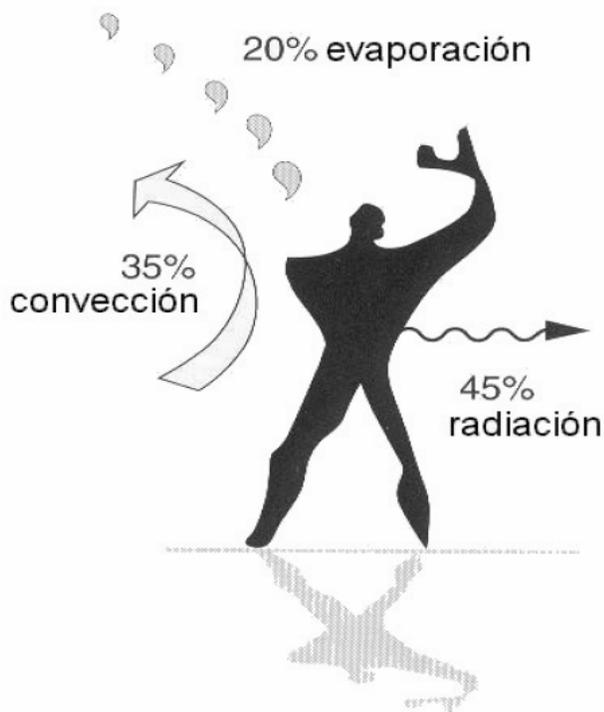
**CUADRO N° 1** Factores y parámetros que determinan el confort térmico [11].

FACTORES	Ambientales	Exteriores	Temperatura del Aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Velocidad del Aire
	Personales	Fisiológicos y Contributivos	Sexo
			Edad
			Peso
			Tasa de Metabolismo Basal Muscular (Nivel de Actividad)
			Estado de Salud
			Intercambio de Calor por Ingestión de Bebidas y Alimentos
			Historial Térmico Inmediato Mediato
			Tiempo de Permanencia
			Variabilidad Temporal y Espacial de los Estímulos Físicos Ambientales
			Socioculturales y Psicológicos
Tipo de Vestimenta			
Expectativas de Confort			
Contacto Visual con el Exterior			
PARÁMETROS	Ambientales	Interiores	Temperatura del Aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Velocidad del Aire
	Arquitectónicos	Adaptabilidad del Espacio	Movilidad del Ocupante dentro del Espacio.
			Modificación de Elementos y Dispositivos de Control Ambiental.

Debe distinguirse una situación de discomfort general de una que lo sea a nivel local. El discomfort térmico local suele deberse a corrientes de aire puntuales, a la diferencia de temperaturas entre pies y cabeza (debido a diferencias en la temperatura del aire o bien a la temperatura del suelo) o a la variación de temperatura en partes de cuerpo debida a radiación.

### 1.2.1.- Factores personales

Tal y como se ha comentado al definir el confort térmico, los aspectos personales juegan un papel importante a la hora de sentirse cómodo en un lugar. Sólo el metabolismo basal de una persona (que permite que su organismo siga vivo) hace que se generen entre 65 y 80 W, en función de la edad, el sexo y el tamaño de la persona. El calor generado por el cuerpo humano se libera de modo porcentual mediante radiación, convección y evaporación.



**FIGURA N° 1:** Balance de la transmisión térmica del cuerpo humano [11].

Una temperatura que una persona del Mediterráneo consideraría moderadamente fría, en el rango de los 10 y 17°C, puede ser totalmente tolerable en función del nivel de actividad que desarrolle en ese momento o del tipo de ropa que lleve. Incluso, lo que se espera en cuanto a confort de un ambiente, crea una influencia en la manera de sentirlo. Es el caso de disfrutar de un paseo en invierno, de la temporada de esquí o bien de un día de playa.

A su vez, el confort térmico tiene una importante componente sociocultural, por lo que no son suficientes únicamente los parámetros físicos para medir el confort térmico de un lugar. El único parámetro común entre una persona en un ambiente exterior en Alaska o en el Cairo es que su cuerpo intentará mantener una temperatura aproximada de 37°C.

En cuanto a diferencias de sexos y edad, las mujeres suelen preferir una temperatura efectiva 1°C más alta que los hombres, mientras que a partir de los 40 años, las personas suelen preferir una temperatura 1°C superior a la que requieren sus congéneres más jóvenes [11].

### 1.2.2.- El metabolismo y la vestimenta

Tradicionalmente, el metabolismo se mide en una unidad llamada Met. Un adulto de constitución media tiene una superficie de 1,7 m<sup>2</sup> en su cuerpo. El rango de valores que puede alcanzar el metabolismo de una persona es amplio, en función de las actividades que realice [4].

$$1 \text{ met} = 58,2 \frac{W}{m^2} \left[ = 50 \frac{kcal}{h \cdot m^2} \right] \quad (1.1)$$

El cuadro N° 2 ilustra diferentes actividades otorgándole un valor de producción energética.

**CUADRO N° 2** Relación entre actividad y metabolismo [11].

Actividad	Producción de energía metabólica	
	W /m <sup>2</sup>	met
Tumbado	46	0,8
Sentado, relajado	58	1,0
Actividad ligera, sentado (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	70	1,2
Actividad ligera, de pie (compras, laboratorio, industria ligera)	93	1,6
Actividad media, de pie (vendedor, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	116	2,0
Marcha en llano:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

A la energía generada por una persona debido a su metabolismo cabe integrar la incidencia de la vestimenta que ésta utiliza en ese momento. La vestimenta de una persona se clasifica en función del aislamiento en cuanto a pérdida de energía que le produce al cuerpo que lo lleva.

Tanto el parámetro o valor como la unidad para cuantificar la vestimenta, vienen denominados por el vocablo Clo (de clothing = vestido en inglés). La escala Clo asigna a la ausencia de vestimenta el valor 0 y a un traje de vestir el valor de la unidad. El número de Clo que implica una prenda de ropa está tabulado y el valor de Clo que implica la vestimenta total se realiza mediante sumatoria.

$$1 \text{ clo} = 0,155 \frac{m^2 \cdot k}{w} \left[ = 0,18 \frac{h \cdot m^2 \cdot ^\circ c}{kcal} \right] \quad (1.2)$$

En el caso de la Norma UNE-EN ISO 7730 se dan además combinaciones típicas de ropa y los respectivos valores de Clo, que se ilustran el cuadro siguiente:

**CUADRO N° 3:** Aislamiento térmico para combinaciones típicas de ropa [11].

Ropa de trabajo	I <sub>cl</sub>		Ropa de uso diario	I <sub>cl</sub>	
	clo	m <sup>2</sup> .K/W		clo	m <sup>2</sup> .K/W
Calzoncillos, camisa, pantalón, chaqueta, calcetines, zapatos	0,85	0,135	Bragas, medias, camisa de manga corta, falda, sandalias	0,55	0,085
Calzoncillos, camisa, pantalón, bata, calcetines, zapatos	0,90	0,140	Calzoncillos, camisa, pantalón ligero, calcetines, zapatos	0,60	0,095
Ropa interior de manga corta y pantalón corto, camisa, pantalón, chaqueta, calcetines, zapatos	1,00	0,155	Bragas, combinación, medias, vestido, zapatos	0,70	0,105
Ropa interior de manga corta y pantalón corto, camisa, pantalón, mono, calcetines, zapatos	1,10	0,170	Ropa interior, camisa, pantalón, calcetines, zapatos	0,70	0,110
Ropa interior de manga larga y pantalón largo, chaqueta termoaislante, calcetines, zapatos	1,20	0,185	Ropa interior, chándal (sudadera y pantalón), calcetines altos, zapatos de deporte	0,75	0,115

### 1.2.3.-La temperatura

Los parámetros a tener en cuenta a nivel físico ambiental son la temperatura del aire, la temperatura media radiante, la velocidad del aire y la humedad, tal y como se ha mostrado al hablar de zonas de confort. Todos estos parámetros deben tenerse en cuenta al realizar un buen diseño de climatización de aire en un local.

La temperatura del aire se define como la que se mide a la altura de la cabeza y a una distancia mínima de 1,5 m de las paredes de locales cerrados. La temperatura media radiante, en cambio, es la temperatura de las superficies del local que percibe el cuerpo humano. Autores y Normativas diversas dan recomendaciones o imponen valores de temperatura utilizando parámetros como:

- Temperatura resultante u operativa: combina los efectos de la temperatura del aire y los de la temperatura media radiante.
- Temperatura equivalente: integra la temperatura resultante y la velocidad del aire.
- Temperatura eficaz: efecto de la temperatura resultante y la presión del aire.

Por lo general lo más habitual es hablar de la temperatura resultante, que es la temperatura media entre la radiante y la temperatura del aire (también llamada seca).

$$t_{op} = \frac{t_a + t_r}{2} \quad (1.3)$$

Donde:

$t_a$  = Temperatura del aire (°C).

$t_r$  = Temperatura radiante de las superficies del local (°C).

En España, según la UNE-EN ISO 7730:1996 [11] y las recomendaciones de ASHRAE [6], la temperatura operativa media que se considera de confort está comprendida entre 23 y 26°C cuando no se tiene en cuenta la ventilación natural. Pese a ello, el RITE [10] recomienda no superar los 25°C de temperatura operativa.

También se indica en la norma UNE que la diferencia de temperaturas aceptable en el aire entre las cotas 1,1 m y 0,1 m respecto al suelo (nivel de cuello y tobillos en posición sentado, respectivamente) debe ser como máximo de 3°C. Dicha diferencia implica un 5% de descontento de la población.

A su vez, y para garantizar confort respecto a diferencias de temperatura entre pies y cabeza, pero debidas a temperaturas del suelo y no del aire, fija temperaturas del suelo de entre 19 y 29°C, lo cuál implica un máximo del 10% de insatisfechos. Si los ocupantes utilizan un calzado de suela normal, el material del que esté hecho el suelo no es tan significativo.

En cuanto a la variación de temperatura debida a la radiación recibida en distintas partes del cuerpo (asimetría de radiación), se ha comprobado en experimentos que los

techos calientes y las ventanas frías causan el mayor grado de discomfort, mientras que los techos fríos y las paredes calientes no provocan tanta incomodidad en los ocupantes.

#### **1.2.4.-La humedad relativa**

La humedad relativa (HR) junto a la temperatura del aire, o bien el binomio temperatura del aire seca y temperatura húmeda, indicará en el diagrama Psicrométrico las condiciones térmicas en el interior de un local.

Se define la humedad relativa como la cantidad de vapor de agua que se halla en el aire en proporción a la máxima que podría contener (aire saturado = 100% de humedad). Cuanto mayor es la temperatura del aire, más humedad retendrá en comparación con un aire más frío. Una baja HR permite la evaporación del sudor y por tanto el descenso de temperatura superficial de los ocupantes. Pese a ello, debe tenerse en cuenta que una HR reducida puede llevar a problemáticas, si se combina con otros factores.

La Norma UNE-EN 7730 indica que las humedades relativas deben mantenerse en el rango del 30-70%, los límites de 40 a 60 % están basados en consideraciones sanitarias, relativas a irritación de las mucosas, sequedad de la piel, crecimiento de microorganismos y otros problemas asociados a la humedad. [11]

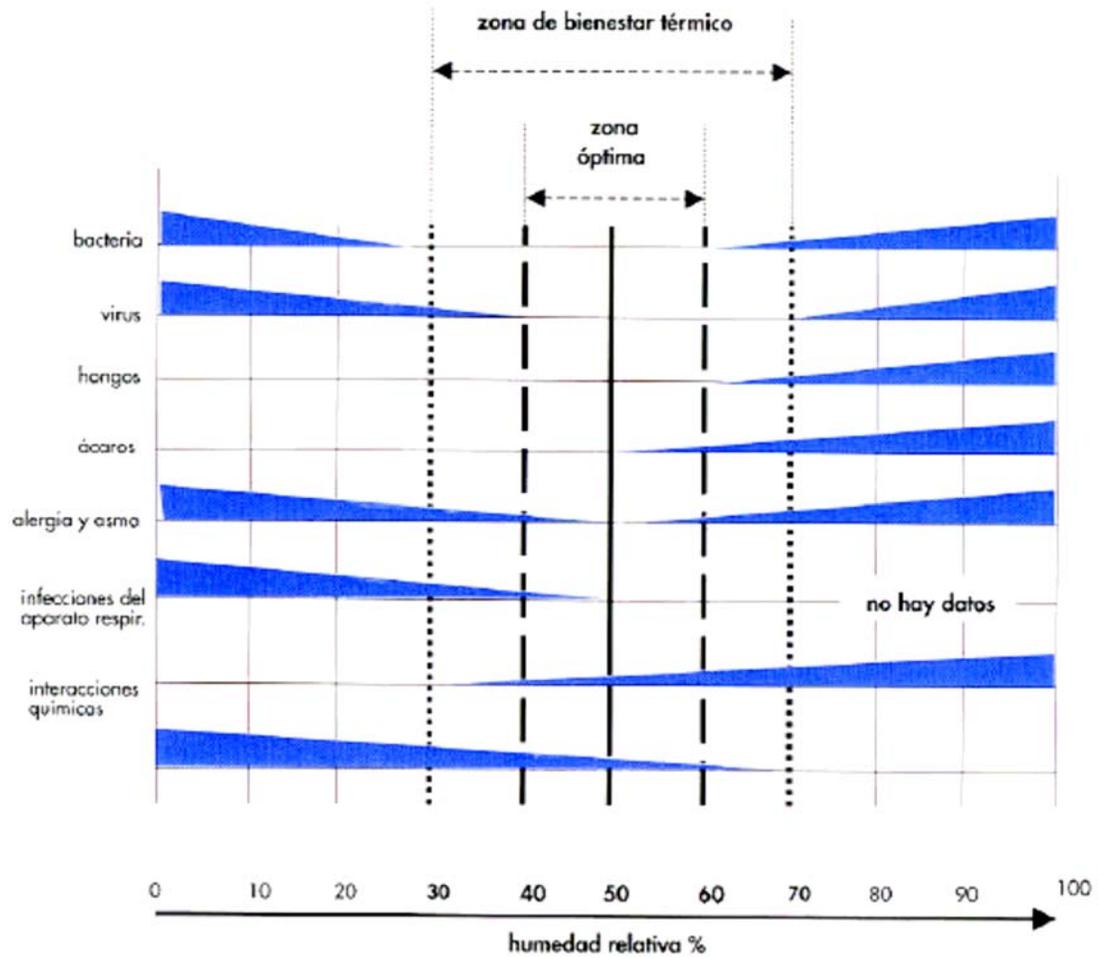


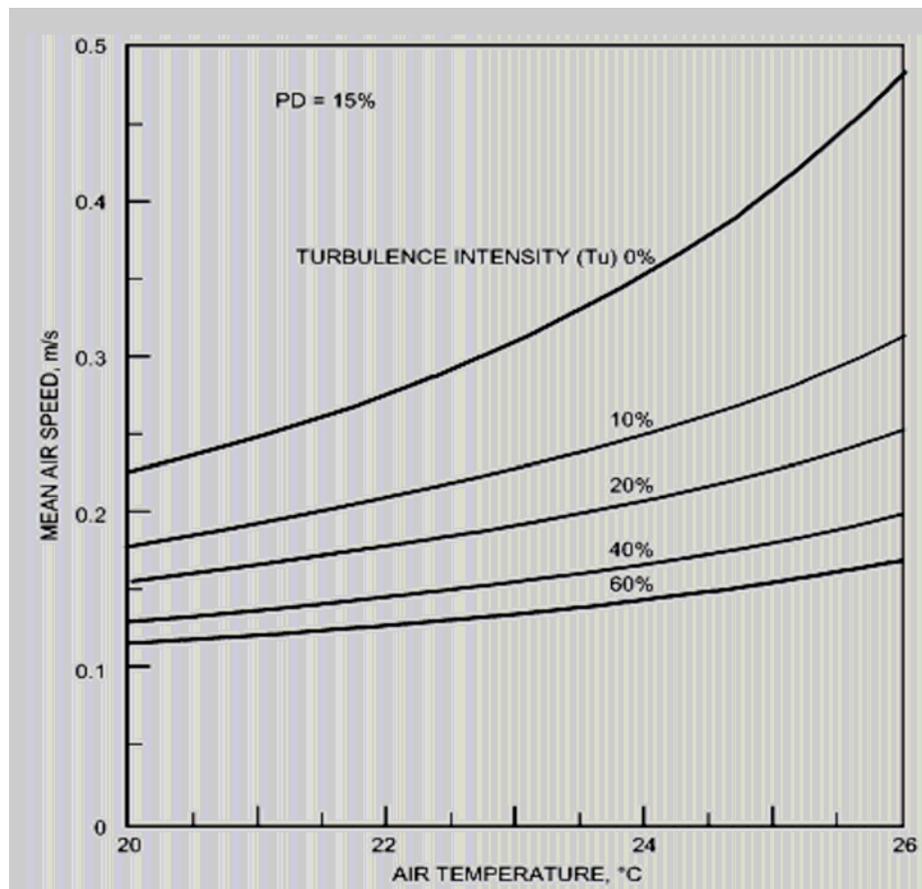
FIGURA N° 2 Riesgo de aparición de problemas con la humedad relativa ambiente [11].

### 1.2.5.-La calidad del aire

La calidad del aire necesaria para la respiración y para evitar olores se debe conseguir mediante la renovación del aire del local. Para determinar el caudal de aire necesario existen varios sistemas basados en la cuantificación de los polucionantes interiores (CO, CO<sub>2</sub>, partículas y ozono) del edificio y el porcentaje de personas afectadas. De este modo se marcan renovaciones por hora necesarias en el recinto.

### 1.2.6.-La velocidad del aire

Las corrientes de aire son una de las quejas más comunes en ambientes climatizados por aire, ya que el ser humano es muy sensible a la variación de velocidades en el aire sobre las partes no cubiertas por la vestimenta. Es por ello importante calcular el porcentaje de personas descontentas por corrientes utilizando la Norma UNE-EN ISO 7730 [11], donde se relaciona la temperatura del aire, la velocidad de éste y la desviación estándar de esa velocidad, para ello puede utilizarse la figura N°3 la que garantiza un ambiente confortable para el 85% de los ocupantes.



**FIGURA N° 3:** Velocidad media del aire permitida para garantizar un 15% de insatisfechos en caso de actividades ligeras [6].

El cuadro N° 4, da a conocer las variaciones de las condiciones ambientales que son de gran importancia al momento de definir la sensación térmica de la edificación, se asimila a °C, en rigor, no es medible con un termómetro común.

**CUADRO N° 4** Sensación térmica en un ambiente según temperatura, humedad y movimiento de aire [5].

<b>Sensación Térmica en un Ambiente según Temperatura, Humedad y Movimiento del Aire.</b>				
Temperatura aire °C	Humedad relativa del aire %	Velocidad del aire metros/segundo **	Sensación térmica °C *	Sensación de confort
25	100	0,1	25	caluroso
25	100	0,5	24	caluroso
25	100	1	23	tibio
25	100	1,5	22,2	tibio
25	80	0,1	23,5	tibio
25	80	0,5	23	tibio
25	80	1	22	agradable
25	80	1,5	21,3	agradable
25	60	0,1	22,8	agradable
25	60	0,5	22	agradable
25	60	1	21,2	agradable
25	60	1,5	20,5	agradable
25	40	0,1	21,3	agradable
25	40	0,5	21,5	agradable
25	40	1	20	agradable
25	40	1,5	19	agradable
20	100	0,1	19	agradable
20	100	0,5	18,5	agradable
20	100	1	17,3	frío
20	100	1,5	16,2	frío
20	60	0,1	18	frío
20	60	0,5	17,1	frío
20	60	1	16	frío
20	60	1,5	15	frío

**CUADRO N° 5** Relación temperatura efectiva, sensación térmica y estado de salud [3].

<b>T EFECTIVA</b>	<b>SENSACIONES TERMICAS</b>	<b>REACCIONES FISIOLÓGICAS</b>	<b>ESTADO DE SALUD</b>
43	LIMITE TOLERABLE	CALENTAMIENTO DEL CUERPO	COLAPSO CIRCULATORIO
42			
41		IMPOSIBILIDAD DE REGULACION	
40			
39	GRAVES MOLESTIAS		
38	MUCHO CALOR		
37		ESFUERZO CRECIENTE	
36		DEBIDO A LA	CRECIENTE PERIODO DE
35		SUDORACION Y A LA	GOLPES DE CALOR
34		CIRCULACION SANGUINEA	MOLESTIAS CARDIOVASCULARES
33	CALOR		
32			
31	BASTANTE CALOR		
30			
29			
28		REGULACION NORMAL	
27	CALOR LIGERO	ASEGURADA POR EL SUDOR Y	
26		POR EL SISTEMA VASOMOTOR	
25			
24	NEUTRO - CONFORT	REGULACION ASEGURADA DEL	NORMAL
23		SISTEMA VASOMOTOR	
22			
21			
20	LIGERAMENTE FRESCO	AUMENTO DE LA	
19		PERDIDA DE CALOR	
18		POR RADIACION Y CONVECCION	
17		NECESIDAD DE MAS	
16	FRESCO	ABRIGO O DE	
15	LEVES MOLESTIAS	MOVIMIENTO	
14			CRECIENTES MOLESTIAS POR
13	FRIO	VASOCONSTRICCIONES EN	SEQUEDAD DE LAS MUCOSAS
12		LAS MANOS Y	Y DE LA PIEL
11	MUCHO FRIO	EN LOS PIES	
10	MOLESTIAS		DOLORES MUSCULARES
9		ESCALOFRIOS	MOLESTIAS EN LA
8			CIRCULACION PERIFERICA

A modo de ejemplo el cuadro N° 6 presenta valores de resistencia térmica.

**CUADRO N° 6** Resistencia térmica de Vestimentas [11].

Indumentaria	Resistencia térmica de la ropa según ISO 7730	
	m <sup>2</sup> .°C / W	Clo
Ropa tropical (short, camisa de cuello abierto, mangas cortas, calcetines finos y sandalias)	0,045	0,3
Ropa ligera de verano (pantalón ligero, camisa de cuello abierto, mangas cortas, calcetines finos y zapatos)	0,08	0,5
Ropa ligera de trabajo (ropa int. ligera, camisa de trabajo de algodón, mangas largas, pantalón de trabajo, calcetines y zapatos)	0,11	0,7
Ropa de interior para invierno (ropa interior, camisa de mangas largas, pantalón de trabajo, calcetines gruesos y zapatos)	0,16	1,0
Ropa de vestir tradicional (ropa interior de algodón con mangas y piernas largas, camisa, traje, chaleco, calcetines de lana)	0,23	1,5

## **CAPÍTULO 2 COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN**

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar locales, por el hecho de que varios sistemas participan de características comunes, es muy difícil incluso hacer una clasificación con diferenciaciones claras entre unos y otros. Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas: **Producción Térmica, Distribución, y Emisión en los locales**; cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos se dice que los equipos son compactos.

### **2.1.- Producción térmica**

Hay dos formas de producción por ciclo de compresión y por ciclo de absorción; la más extendida corresponde al ciclo de compresión. El ciclo de compresión dispone de una zona de evaporación y otra de condensación unidas mediante el compresor y cerrándose el ciclo mediante una laminación. En la evaporación es donde se produce el frío necesario para la climatización y en la condensación es donde se cede el calor extraído en los locales. Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante. Habitualmente se encuentran cuatro tipos de equipos de producción:

- **AIRE - AIRE.**
- **AIRE - AGUA.**
- **AGUA - AGUA.**
- **AGUA - AIRE.**

### **2.2.- Distribución**

El frío producido en el equipo frigorífico debe ser transportado a los locales a climatizar mediante alguno de los siguientes fluidos: REFRIGERANTE, AGUA o AIRE, empleándose para ello Tuberías o Ductos, según corresponda.

### 2.3.- Emisión

El frío se emite en los locales a través de rejillas y difusores, que pueden estar incorporadas en los propios equipos, o bien formar parte de una red de ductos de distribución. Lo más habitual es clasificar los sistemas de climatización, según sea el fluido que entra en el local para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento. Según esto, los sistemas pueden ser:

**Todo Refrigerante:** Sistemas de expansión directa en el interior del local.

**Refrigerante-Aire:** Al local llega refrigerante y aire.

**Todo Agua:** Al local llega sólo agua.

**Agua - Aire:** Al local llega aire y agua.

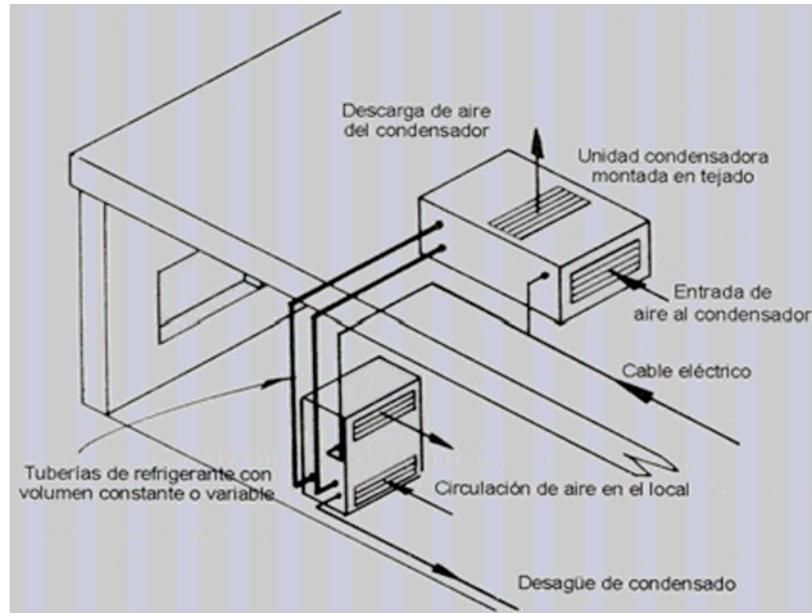
**Todo Aire:** El único fluido que entra en el local es el aire.

Además de la clasificación anterior, se podrían introducir la diferenciación entre los equipos compactos o sistemas centralizados. A continuación se describen las características más importantes de cada sistema.

### 2.4.- Sistemas todo refrigerante

En estos sistemas, la refrigeración se produce por la expansión directa de refrigerante en un equipo provisto de batería aleteada para este propósito. El aire del local pasa directamente por la batería en la que se expansiona el refrigerante, que forma parte pues del sistema frigorífico. De acuerdo con lo anterior, pueden incluirse en este grupo, los aparatos compactos de "ventana", consolas enfriadas por aire o agua, y todos los equipos compactos situados en el interior del local a acondicionar, así como los equipos y sistemas **partidos**, en los que la **unidad condensadora**, generalmente condensado por aire se encuentra situada a distancia y unida a la unidad interior o climatizadora, por tuberías de refrigerante.

En los últimos tiempos, los sistemas partidos han conocido una extraordinaria evolución y aceptación, tanto en el ámbito doméstico y pequeño comercial.



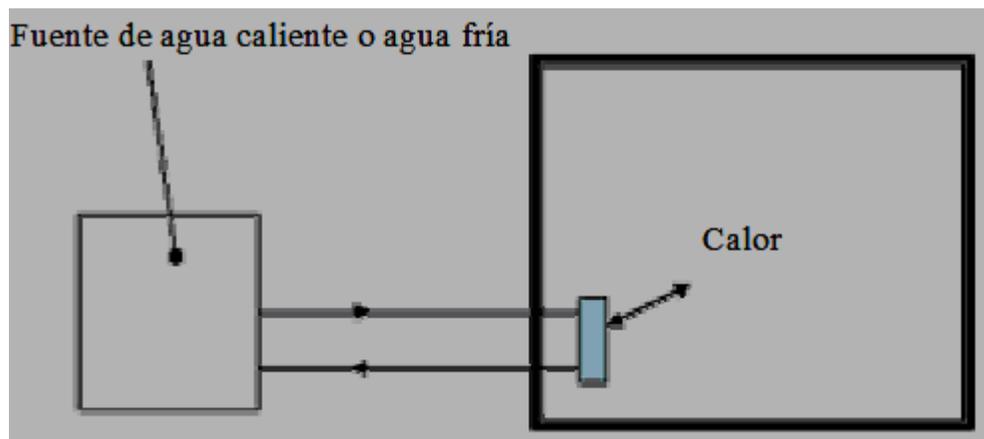
**FIGURA N° 4** Sistema todo Refrigerante [7].

### 2.5.- Sistemas refrigerante-aire

Un problema importante del sistema todo refrigerante, es que no resuelven el aspecto de la ventilación, debiendo proporcionarse la misma de manera independiente. El sistema refrigerante – aire consiste en un conjunto de equipos como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario. El aire primario viene tratado en un climatizador central y repartido a los diferentes locales. Este aire primario provee las necesidades de ventilación y parte o todas las necesidades de deshumidificación, según sea el dimensionamiento. En este caso la distribución de aire primario se hace con una red general de conductos y se impulsa a los locales a través de rejillas. El aire primario también puede ser enviado sin tratamiento termohigométrico, y en este caso se impulsa a la aspiración de los equipos interiores, y es en estos en los que se enfría y deshumidifica. También existe la posibilidad de prever los equipos interiores con una toma de aire exterior directa.

## 2.6.- Sistema todo agua

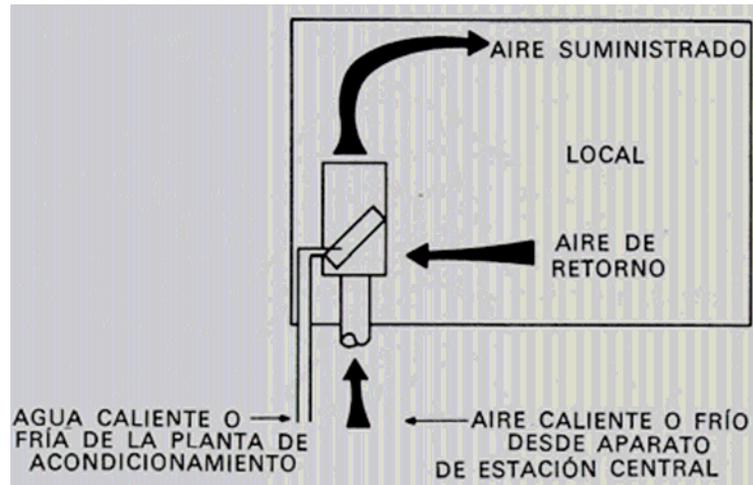
Son aquellos en los que el único fluido caloportador que llega al espacio acondicionado desde el exterior es agua. Para la producción se requieren equipos enfriadores de agua, con condensación por aire o por agua, en este último caso además se requiere la instalación de torres de enfriamiento, para poder a su vez eliminar el calor del agua de condensación, a no ser que se disponga de una fuente continua para el agua de condensación. La cesión del frío al aire del local se realiza en aparatos terminales, que generalmente son ventiloconvectores, que incorporan una batería de tubo aleteado y un ventilador que recircula el aire del local a través de la batería, enfriándolo según la temperatura del agua que se suministra. Los aparatos ventiloconvectores pueden adoptar formas, disposiciones y colocaciones variadas. Desde el más conocido de suelo con envolvente metálica para instalación vista, hasta el oculto sobre el falso techo que aspira e impulsa el aire a través de rejillas, pasando por colocaciones de pared o techo vistos, empotrados en nichos o los más recientes compactos de techo vistos, que incluyen los elementos de difusión. Generalmente, en el proceso de enfriamiento, se produce también deshumidificación, habiendo necesidad de evacuar el agua formada, lo que en ocasiones presenta dificultades. Modernamente, existen bombas de elevación del condensado que pueden resolver el problema. Las temperaturas del agua de enfriamiento que se envía suelen estar entre 7 y 9°C.



**FIGURA N° 5** Esquema básico de una instalación todo agua [7].

## 2.7.- Sistemas agua – aire

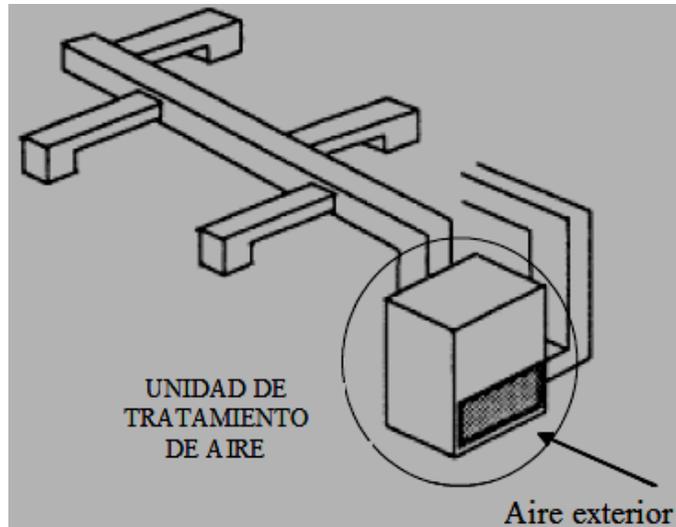
En estos sistemas, a los locales llegan ambos fluidos, realizando cada uno una función, aunque el diseño admite variantes que diferencian unos de otros.



**FIGURA N° 6** Sistema Inducción (Agua – Aire) [7].

## 2.8.- Sistemas todo aire

El único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene del exterior y está ya tratado, es decir, filtrado, enfriado y deshumidificado, según las necesidades. El aire puede provenir de una manejadora que a su vez recibe el frío de un productor central (enfriadora de agua), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.



**FUGURA N° 7** Sistema todo aire [7].

## **2.9.- Parámetros a considerar al momento de instalar un sistema para adecuar el ambiente interior de la vivienda.**

A la hora de elegir un buen sistema para combatir el frío o el calor en el hogar existen una serie de aspectos que deben tomarse en cuenta y que ayudarán a tomar una decisión acertada.

### **2.9.1.- La zona climática**

Si su vivienda se encuentra en una zona fría, necesitará un sistema que mantenga el calor de forma constante.

### **2.9.2.- Necesidades de la vivienda y de quienes la habitan.**

- Las dimensiones, uso y orientación de la vivienda, además la necesidad de calefaccionar o refrigerar total o parcialmente.
- El espacio disponible para la ubicación del sistema.
- La existencia o no de un sistema anterior.
- La necesidad o no de disponer de suministro de agua caliente.
- El uso que se haga de la instalación (las horas que permanencia)

### **2.9.3.- La posibilidad de la fuente de energía**

Para consumir una fuente de energía de suministro continuo, es necesario que la vivienda esté situada en una zona donde haya red de distribución, o acceso a una fuente de energía alternativa.

Cuando se trata de sistemas que precisan el suministro de combustible a granel se deberá conocer el servicio de reparto, la frecuencia de la distribución y la accesibilidad de los vehículos de transporte a la vivienda.

### **2.9.4.- Instalación**

Corresponde estudiar las posibilidades técnicas de efectuar la obra que conlleva la instalación; la envergadura, y por último, sopesar el desembolso económico que supondrá.

Además analizar el costo de la inversión inicial en instalaciones necesarias y su rentabilidad por el uso posterior.

### **2.9.5.- Mantenimiento**

El mantenimiento posterior que va a necesitar el sistema adoptado es otro punto importante a considerar ya que será un gasto para toda su vida útil. La instalación efectuada, a excepción de la eléctrica, requieren de inspecciones periódicas que deben ser realizadas por empresas instaladoras autorizadas.

### **2.9.6.- Criterios ecológicos y de seguridad**

La utilización de elementos combustibles que suponen una amenaza para el medio ambiente, la producción de gases y olores y el consumo de recursos, son factores para medir la **limpieza** de los distintos sistemas.

La necesidad de almacenar combustible, con la consiguiente posibilidad de explosiones, fugas o fuegos debe tenerse en cuenta antes de decidirse por uno u otro sistema.

### 2.9.7.- Costo de energía

Tomar en cuenta el costo de la fuente de energía resulta fundamental a la hora de hacer una elección. El cuadro indica valores comparativos entre diferentes sistemas de calefacción y climatización.

**CUADRO N° 7** Comparativo de costo de energía por calefaccionar y climatizar [13].

	Precio Unit Energía (\$)	Calor Aprovechado	Costo del Calor \$/KWH
Leña 20% Humedad (Kg) en estufa poco eficiente	120	60%	46,72
Leña 50% Humedad (Kg) en estufa poco eficiente	120	60%	82,6
Leña 20% Humedad (Kg) en estufa eficiente	120	80%	35,04
Leña 50% Humedad (Kg) en estufa eficiente	120	80%	61,95
Leña 20% Humedad (Kg) en chimenea Tradicional	120	15%	186,87
Leña 20% Humedad (Kg) en Salamandra Tradicional	120	35%	80,09
Gas Licuado (Kg) sin descarga de gases al exterior	907,78	100%	70,55
Gas Licuado (Kg) con evacuación de gases eficiente	907,78	80%	88,18
Gas Licuado (Kg) con evacuación de gases poco eficiente	907,78	60%	117,58
Gas Catalítico sin descarga de gases al exterior	921,11	100%	71,58
Etanol (Litro) sin descarga de gases al exterior	800	100%	145,79
Kerosene (Litro) sin descarga de gases al exterior	525	100%	54,83
Kerosene (Litro) con evacuación de gases eficiente	525	80%	68,53
Kerosene (Litro) con evacuación de gases poco eficiente	525	60%	91,37
Estufa eléctrica, tarifa normal (KW)	108	100%	108
Estufa eléctrica, tarifa sobreconsumo	158	100%	158
Bomba de Calor, Tarifa Normal	108	300%	36
Bomba de Calor, Tarifa Sobreconsumo	158	300%	52,67

## CAPITULO 3 BOMBA DE CALOR

### 3.1.- Bomba de calor: calor y frío en un aparato

El acondicionamiento de aire es un proceso de tratamiento que controla el ambiente interior de una vivienda o local: en verano mediante la refrigeración y en invierno con calefacción. Ahorra energía en calefacción y además proporciona aire acondicionado. Ventajas por partida doble.

Cuando se cubren ambos servicios se habla de climatización. Los acondicionadores de aire pueden pertenecer a dos familias básicas:

- **Sólo frío**, cuando únicamente proporcionan refrigeración (conocidos como aparatos de aire acondicionado).
- **Bomba de calor**, cuando además de refrigeración proporcionan calefacción, es decir, climatización.

La gran ventaja de la bomba de calor reside en su eficiencia energética en calefacción, puesto que es capaz de aportar más energía que la que consume, aproximadamente entre 2 y 3 veces más. Esto es así porque el equipo recupera energía gratuita del ambiente exterior y la incorpora como energía útil para climatizar.

Por tanto, para lograr el mismo efecto consume menos energía que otros aparatos o sistemas de calefacción, lógicamente el costo de calefacción es también más reducido, en línea con los sistemas más competitivos.

Además de esta ventaja, cabe señalar:

- Reúne dos servicios en un sólo aparato y una sola instalación, lo que limita la inversión necesaria y simplifica las instalaciones.
- Variedad de marcas y modelos que facilitan la colocación en distintos lugares: pared, techo, suelo, etc.
- Prácticamente sin mantenimiento, salvo la limpieza periódica del filtro de aire.

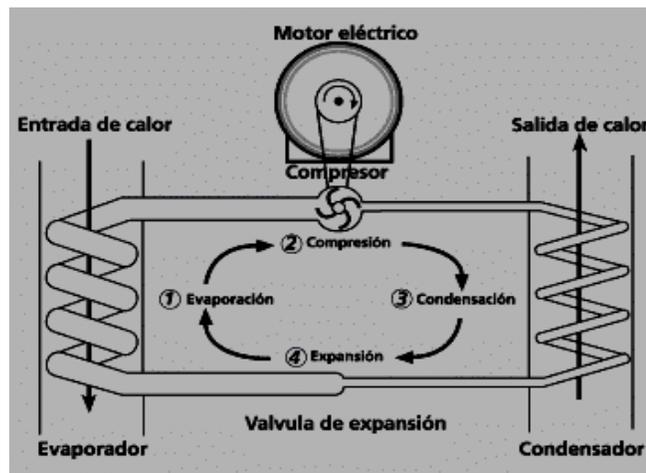
### 3.2.- Funcionamiento de la bomba de calor.

La mayor parte de las Bombas de Calor existentes trabajan con el ciclo de compresión de un fluido condensable.

Sus principales componentes son:

- Compresor - Válvula de expansión – Condensador - Evaporador

Los componentes se conectan en un circuito cerrado por el que circula un fluido refrigerante, en la siguiente figura podemos ver una bomba de calor de compresión mecánica accionada por motor eléctrico, según figura N° 8



**FIGURA N° 8** Bomba de calor de compresión mecánica [16].

En la figura N°8, se da a conocer el ciclo de funcionamiento con sus respectivas 4 etapas.

(1). En el evaporador la temperatura del fluido refrigerante se mantiene por debajo de la temperatura de la fuente de calor (foco frío), de esta manera el calor fluye de la fuente al fluido refrigerante propiciando la evaporación de éste.

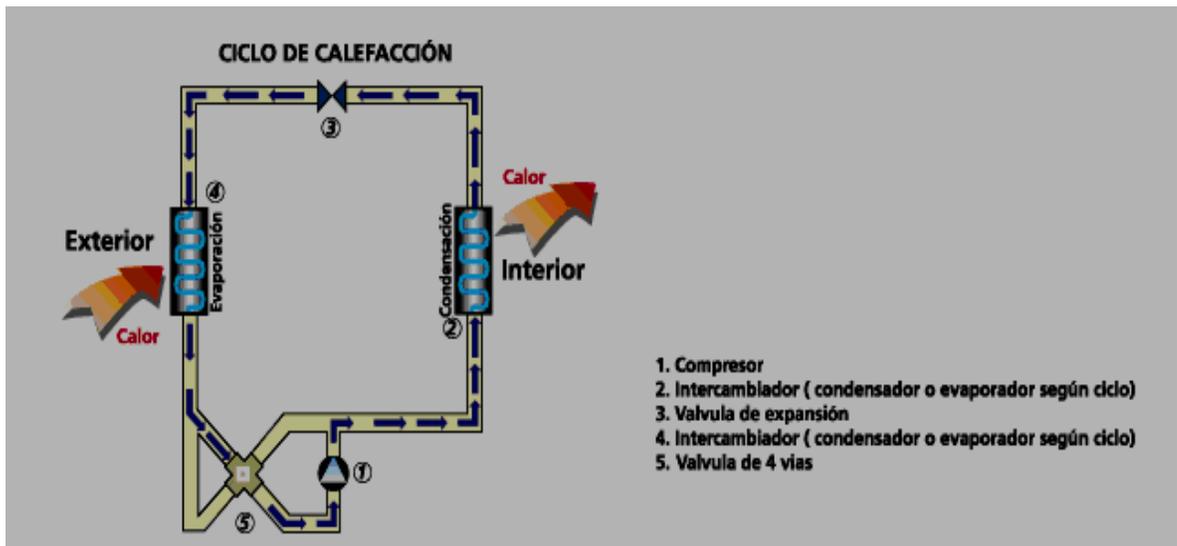
(2). En el compresor el vapor que sale del evaporador es comprimido elevando su presión y temperatura.

(3). El vapor caliente accede al condensador. En este cambiador, el fluido cede el calor de condensación al medio.

(4). Finalmente, el líquido a alta presión obtenido a la salida del condensador se expande mediante la válvula de expansión hasta alcanzar la presión y temperatura del evaporador. En este punto el fluido comienza de nuevo el ciclo accediendo al evaporador.

### 3.3.- Funcionamiento de una bomba de calor reversible.

#### 3.3.1.- Ciclo de calefacción:



**FIGURA N° 9** Ciclo de Calefacción de una bomba de calor [17].

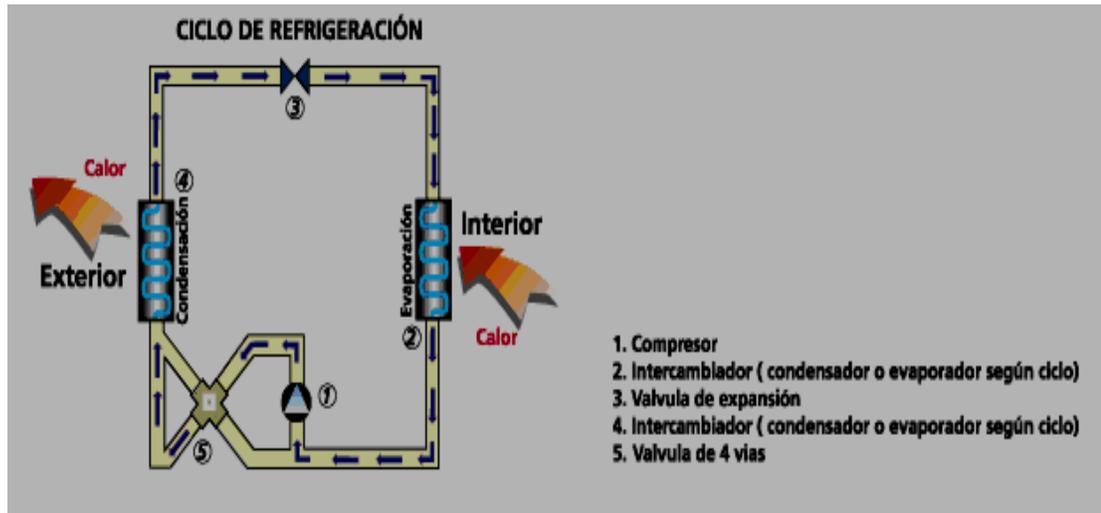
(1). El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico.

(2). En el intercambiador, situado en el interior del recinto a calentar, el fluido cede al aire del recinto el calor de su condensación.

(3). El fluido en estado líquido y a alta presión y temperatura se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y temperatura, evaporándose en parte.

(4). En el intercambiador situado en el exterior el fluido refrigerante completa su vaporación absorbiendo calor del aire exterior, retornando al compresor (1) a través de una válvula de cuatro vías. (5)

### 3.3.2.- Ciclo de refrigeración:



**FUGURA N° 10** Ciclo de Refrigeración de una bomba de calor [17].

(1). El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico, siguiendo su camino a través de la válvula de 4 vías (5).

(4). En el intercambiador, situado en el exterior, el fluido se condensa cediendo su calor al medio exterior.

(3). El fluido en estado líquido y alta presión se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y evaporándose en parte.

(2). En el intercambiador situado en el interior del recinto a refrigerar, el fluido frigorífico completa su evaporación absorbiendo calor del medio interior.

### 3.4.- Focos de la bomba de calor

La Bomba de Calor extrae energía de un medio y mediante el trabajo externo aportado, esta energía es cedida a otro. El medio del que se extrae la energía se llama foco frío y el medio al que se cede se llama foco caliente.

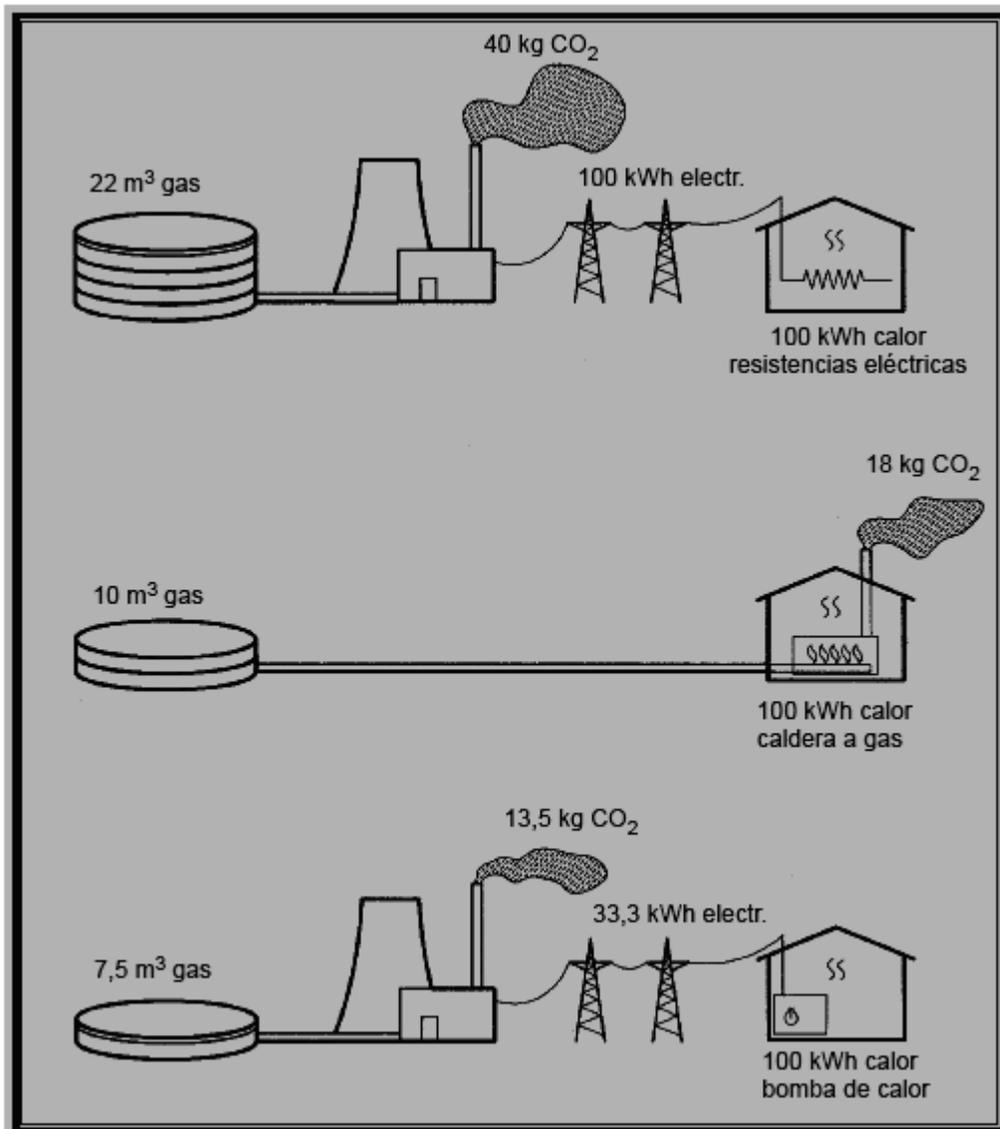
**CUADRO N° 8** Resumen sobre el foco frío y foco caliente

<b>Focos Fríos</b>	<b>Foco Caliente o Sumidero</b>
<p>Un foco frío ideal es aquel que tiene una temperatura elevada y estable a lo largo de la estación en que es necesario calentar, está disponible en abundancia y no es corrosivo o contaminante.</p> <p>Dentro de los mejores focos fríos encontramos a las aguas naturales, las cuales las podremos obtener de ríos, lagos, y aguas subterráneas o del mar, teniendo estas una eficiencia muy elevada, no presentando el problema de desescarche.</p>	<p><b>Aire</b> =&gt; En este caso el aire es el encargado de transferir el calor obtenido por el foco frío a la habitación, lo cual lo limita al sistema solo a generar calefacción.</p> <p><b>Agua</b> =&gt; Este foco es más versátil, siendo apropiado tanto para la producción de agua para calefacción o agua caliente sanitaria y procesos industriales.</p>

### 3.5.- Utilización de acondicionadores y bombas de calor de alto rendimiento

La prescripción y utilización de acondicionadores de alto rendimiento, es un requisito básico para una política de ahorro de energía. En particular, el uso de bombas de calor de alto rendimiento se considera hoy como el sistema más eficaz para hacer compatible el confort con el desarrollo sostenible. Entre las tecnologías que hoy se cuentan para reducir el consumo energético, se considera que las bombas de calor, al aplicarlas en la calefacción de edificios, produce una de las mayores reducciones que se pueden aportar, debido a la alta incidencia de la calefacción en el consumo energético global. Si se usan extensivamente las bombas de calor para calefacción, podría reducirse significativamente el efecto invernadero, debido a que decrecerían las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La figura N°11 indica las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen para obtener 1 kWh según sea la fuente de energía primaria. La bomba de calor puede ayudar a reducir estas emisiones de CO<sub>2</sub>, principalmente cuando se aplica en sustitución de sistemas de calefacción por resistencias eléctricas, e incluso cuando hay que sustituir sistemas de calefacción a gas. En la figura se muestra gráficamente cómo se reducen en más de 2/3 las emisiones de CO<sub>2</sub> al aplicar una bomba de calor.



**FIGURA N° 11** Emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen para obtener 1 kWh. [2].

### 3.6.- Clasificación de las bombas de calor.

Las bombas de calor se pueden clasificar de distintas maneras:

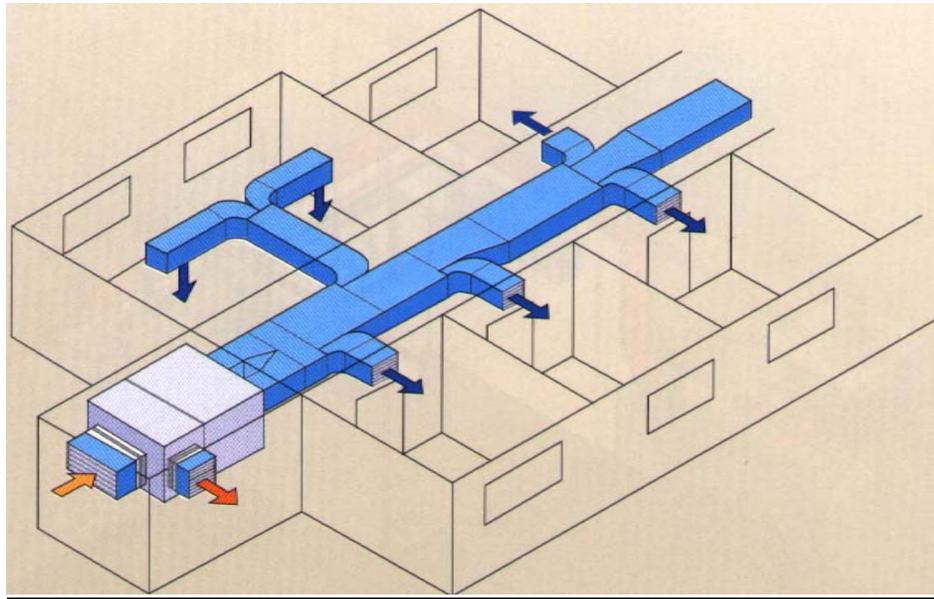
**CUADRO N° 9** Clasificación de las bombas de calor

<b>Según el tipo de Proceso:</b>	<b>Según el medio de origen y destino de la energía</b>		<b>Según construcción</b>	<b>Según funcionamiento</b>
Bombas de Calor, cuyo compresor está impulsado mecánicamente por un motor eléctrico de gas, diesel, etc..	Esta clasificación es la más utilizada. La Bomba de Calor se denomina mediante dos palabras. La primera corresponde al medio del que		Compacta: Todos los elementos que constituyen la Bomba de Calor se encuentran alojados dentro de una misma carcasa.	-Reversibles: Pueden funcionar tanto en ciclo de calefacción como en ciclo de refrigeración
Bombas de Calor de accionamiento térmico (Bombas de Calor de absorción), en las que el ciclo se impulsa mediante calor a temperaturas elevadas.	absorbe el calor (foco frío) y la segunda al medio receptor (foco caliente).		Split o partidas: Están constituidas por dos unidades separadas. Una exterior donde se aloja el compresor y la válvula de expansión y una unidad interior. De esta manera se evitan los ruidos en el interior local.	invirtiendo el sentido de flujo del fluido.
	<b>Foco Frío</b>	<b>Foco Caliente</b>		-No reversibles: Únicamente funcionan en ciclo de calefacción.
	Aire	Aire		
	Aire	Agua		
Bombas de Calor electrotérmicas, que funcionan según el efecto Peltier.	Agua	Aire	Multi-split: Están constituidas por una unidad exterior y varias unidades interiores	Termofrigobombas: Producen simultáneamente frío y calor.
	Agua	Agua		
	Tierra	Aire		
	Tierra	Agua		

### 3.7.- Bomba de calor agua -aire

La bomba de calor agua-aire, utiliza como fuente de calor el agua superficial de ríos, lagos, etc. o agua subterránea. La temperatura de estas fuentes es prácticamente constante durante toda la estación de calefacción. Las bombas térmicas tienen un rendimiento, denominado *COP* (*coefficient of performance*, en castellano, *CEE* coeficiente de eficiencia energética) lo que permite mantener un (COP) constante y elevado durante toda la temporada.

La distribución de calor se realiza mediante una red de ductos, a todas las dependencias del lugar, de ésta forma se obtiene una mejor estética, un aprovechamiento de la altura de edificación, ya que éstos van ubicados por los cielos rasos, obteniendo un aire muy saludable, limpio, y filtrado, además de una climatización la que será entregada de forma más homogénea.



**FIGURA N° 12** Esquema simplificado de una red de conductos [5].

### **3.8.- Ventajas de la bomba de calor respecto a otros sistemas**

- Utilización de un sólo equipo para cumplir los requerimientos a través de todo el año, ya que este sistema, da la posibilidad de poder invertir su funcionamiento, de modo de producir calefacción en invierno y refrigerar en verano.
- La implementación de éste sistema no requiere de un operario para su funcionamiento, sólo de una inspección preventiva, lo cual disminuye los gastos en el período de funcionamiento.
- Independencia de carácter energético.
- Por las condiciones climáticas del lugar se debería obtener, coeficientes de eficiencia energética de 4, trabajando en calefacción y de 3.5 en refrigeración.
- Utilización de tecnologías limpias y eficientes, en relación a tipos de calefacción convencional.
- La fuente de calor utilizada, mantiene un promedio de temperaturas estables.

## CAPÍTULO 4 SITUACIÓN ACTUAL DEL CASINO MIRAFLORES

### 4.1.-Descripción del edificio.

La edificación del Casino Miraflores fue diseñada por el Arquitecto Sergio Advandter, utilizando el primer nivel como el sector de accesos, servicios higiénicos, bodega y pasillo de circulación, considera una fundación corrida de hormigón pilares y vigas. Se puede decir que, el segundo nivel está considerado en las especificaciones técnicas como una losa de concreto soportadas en perfiles de acero normal doble “T” – IPN 200, y estas ancladas en pilares correspondientes a tubos de acero hincados en el terreno, destinado este nivel a comedor y cocina.



**FIGURA N° 13** Casino Miraflores

#### **4.2.- Actividad a la que se destina.**

El Casino de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral Campus Miraflores, se destina principalmente como sala de estar y comedor para los estudiantes de esta casa de estudios, en el horario del medio día, beneficio con que cuentan gran mayoría de los alumnos de este campus.

La edificación se caracteriza por estar constituida mayoritariamente por ventanales, además la mayor parte de los metros construidos, se encuentran con que sus pisos son ventilados. Las principales características de la edificación son también sus mayores debilidades, correspondiendo éstas a una problemática del lado del aislamiento térmico.

Hoy en día la situación actual del casino es crítica, vista desde la perspectiva de las personas que frecuentan esta edificación, la evolución de la población, exige día a día más cantidad de confort, lo que ésta edificación no les ofrece.

El problema radica desde el momento en que diseñó ésta edificación, se pensó en un diseño Arquitectónico basado en:

- Levantar la edificación por intermedio de pilotes logrando así, privilegiar la vista del comedor hacía el río.
- Garantizar una iluminación natural, agrupando gran cantidad de superficie vidriada.

Estas características principales del diseño ponen en riesgo el confort térmico. Es por ello que debe estudiar las decisiones que busquen crear un ambiente confortable, donde el pensamiento sea minimizar las pérdidas energéticas.

La mejor estrategia para alcanzar el objetivo del trabajo debe combinar varios aspectos relacionados con el sector, abarcando desde el diseño del edificio hasta el diseño de las instalaciones que lo habilitan y los equipos instalados. Todo ello cumpliendo con las Normativas actuales.

Ya que el diseño previo del Casino Miraflores no incluyó la importancia del confort y eficiencia energética, se debe pensar en dar una solución que se pueda integrar sobre lo construido, interiorizarse en nuevas tecnologías y elementos constructivos, los

que mejoren los cerramientos y los optimicen energéticamente, dando así mayor aislamiento a la edificación y con ello generar una mejora en el nivel de confort térmico.

#### **4.3.- Descripción de los cerramientos Arquitectónicos Casino Miraflores**

El tipo de cerramiento utilizado, con los distintos parámetros e indicaciones de los correspondientes coeficientes de transmisión térmica.

$U$  = Coeficiente global de transferencia de calor.

$K$  = Coeficiente de transferencia de calor.

$E$  = Espesor del material.

#### **El detalle de las materialidades de Casino Miraflores ver ANEXO N°5**

##### **4.3.1.- Superficie vidriada**

$$\mu_{\text{vidrio}} = 6,79 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \circ \text{C}} \right), \text{ coeficiente global de transferencia de calor.}$$

Compuesta por un sólo elemento siendo sus características principales las siguientes:

##### **Vidrio simple**

$$\kappa_{\text{vidrio}} = 0,986 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \circ \text{C}} \right), \text{ coeficiente de transferencia de calor.}$$

$E_{\text{vidrio}} = 0,004\text{m}$ , espesor del material.

##### **4.3.2.- Superficie correspondiente al techo**

$$\mu_{\text{techo}} = 0,924 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \circ \text{C}} \right), \text{ Coeficiente global de transferencia de calor.}$$

Compuesta por diferentes elementos cuyas características son:

**CUADRO N° 10** Coeficiente de transferencia de calor y espesor del material. (Anexo 5)

<b>ZINC</b>	<b>K<sub>zinc</sub></b>	<b>96,05</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>ZINC</b>	<b>E<sub>zinc</sub></b>	<b>0,0005</b>	<b>m</b>
<b>ENTABLADO</b>	<b>K<sub>pino</sub></b>	<b>0,119</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>ENTABLADO</b>	<b>E<sub>pino</sub></b>	<b>0,025</b>	<b>m</b>
<b>FIELTRO</b>	<b>K<sub>fieltro</sub></b>	<b>0,2</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>FIELTRO</b>	<b>E<sub>fieltro</sub></b>	<b>0,01</b>	<b>m</b>
<b>COSTANERA</b>	<b>K<sub>pino</sub></b>	<b>0,119</b>	<b>Kcal/ h-m-°C</b>
<b>COSTANERA</b>	<b>E<sub>pino</sub></b>	<b>0,051</b>	<b>m</b>
<b>AISLAN</b>	<b>K<sub>aislan</sub></b>	<b>0,50075</b>	<b>Kcal/ h-m-°C</b>
<b>AISLAN</b>	<b>E<sub>aislan</sub></b>	<b>0,02</b>	<b>m</b>
<b>TABLILLAS</b>	<b>K<sub>pino</sub></b>	<b>0,119</b>	<b>Kcal/ h-m-°C</b>
<b>TABLILLAS</b>	<b>E<sub>pino</sub></b>	<b>0,025</b>	<b>m</b>

#### 4.3.3.- Superficie correspondiente al piso

$$\mu_{\text{piso}} = 2,901 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}} \right), \text{ Coeficiente global de transferencia de calor.}$$

Compuesta por diferentes elementos cuyas características son:

**CUADRO N° 11** Coeficiente de transferencia de calor y Espesor del material.

(Anexo N°5)

<b>SUPERFLEXIT</b>	<b>K<sub>flexit</sub></b>	<b>0,15487</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>SUPERFLEXIT</b>	<b>E<sub>flexit</sub></b>	<b>0,0024</b>	<b>m</b>
<b>SOBRE LOSA</b>	<b>K<sub>cemento</sub></b>	<b>0,43</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>SOBRE LOSA</b>	<b>E<sub>cemento</sub></b>	<b>0,08</b>	<b>m</b>

#### 4.3.4.- Superficie correspondiente a las paredes

$$\mu_{paredes} = 0,303 \left( \frac{kcal}{hm^2 \cdot c} \right), \text{ Coeficiente global de transferencia de calor.}$$

Compuesta por diferentes elementos cuyas características son:

**CUADRO N° 12** Coeficiente de transferencia de calor y espesor del material.

(Anexo N°5)

<b>REV. INTERIOR</b>	<b>K<sub>pino</sub></b>	<b>0,119</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>REV. INTERIOR</b>	<b>E<sub>pino</sub></b>	<b>0,019</b>	<b>m</b>
<b>AISLAPOL</b>	<b>K<sub>aislapol</sub></b>	<b>0,50075</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>AISLAPOL</b>	<b>E<sub>aislapol</sub></b>	<b>0,04</b>	<b>m</b>
<b>CAPA DE AIRE</b>	<b>K<sub>aire</sub></b>	<b>0,02211</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>CAPA DE AIRE</b>	<b>E<sub>aire</sub></b>	<b>0,0616</b>	<b>m</b>
<b>REV. EXTERIOR</b>	<b>K<sub>pino</sub></b>	<b>0,119</b>	<b>(Kcal/ h-m-°C)</b>
<b>REV. EXTERIOR</b>	<b>E<sub>pino</sub></b>	<b>0,016</b>	<b>m</b>

#### 4.4.- Sistema de calefacción actual.

El Casino Miraflores actualmente es calefaccionado mediante dos combustiones lentas, marca Bosca modelo Gold 800, las que no son capaces de proporcionar la carga térmica de calefacción que corresponde a 48.953,267 (Kcal/hr), que son las requeridas para ofrecer el confort en la edificación.

Las dos combustiones lentas sólo son capaces de contribuir con 21.200,00 (Kcal/hr), lo que es muy por debajo de lo necesario.



**FIGURA N° 14** Combustión lenta

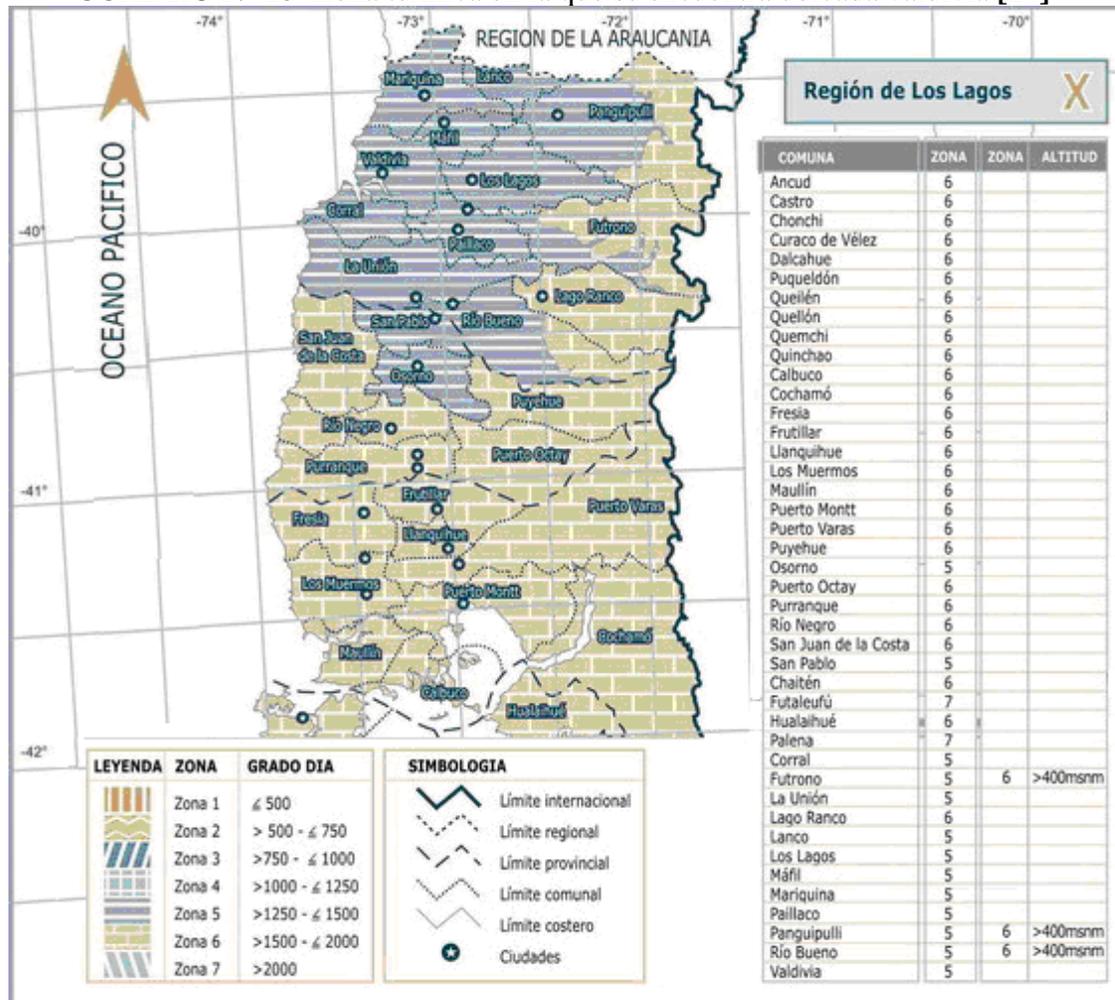
La ineficiente calefacción que presenta el Casino, sumado a la contaminación que produce el quemar leña y a los efectos nocivos producidos por la contaminación del aire atmosférico, datan de muchos años. Las emisiones de contaminantes, es un tema preocupante al momento de seleccionar un equipo, ya que se trata de una inversión que es proyectada a largo plazo.

#### **4.5.- Revisión de los elementos constructivos con la Normativa Chilena**

El País por su condición geográfica consta de un clima muy variado, por ello en la Normativa Térmica Chilena NCh853 Of 91, se encuentra subdividida en 7 zonas térmicas, lo que se define según la localidad de emplazamiento de la edificación, encontrándose Valdivia, situada en la zona N°5, según los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo, ver cuadro N° 19, cabe destacar que la Norma incluye:

- Pisos ventilados
- Muros perimetrales(vidrio + paredes)

CUADRO N° 13 Zona térmica en la que se encuentra ubicada valdivia [14]



Esta normativa exige que los elementos constructivos de la edificación tales como techumbres, muros perimetrales y pisos ventilados, deben tener una **Transmitancia térmica “U”** igual o menor, o una **Resistencia térmica total “Rt”** igual o superior, a los valores correspondientes para la zona N°5, indicados en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 14** Transmitancia U de elementos según zona térmica [14].

ZONA TÉRMICA	MUROS PERIMETRALES		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt
	W/m <sup>2</sup> °C	m <sup>2</sup> °C/W	W/m <sup>2</sup> °C	m <sup>2</sup> °C/W
1	4,0	0,25	3,60	0,28
2	3,0	0,33	0,87	1,15
3	1,9	0,53	0,70	1,43
4	1,7	0,59	0,60	1,67
5	1,6	0,63	0,50	2,00
6	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,6	1,67	0,32	3,13

Tras Verificar los valores de los coeficientes globales de transferencia de calor obtenidos según cálculos de la edificación del Casino Miraflores y los requerimientos según Norma, se puede concluir en el cuadro N° 15..

**CUADRO N° 15** Comparativo situación actual con exigencia de la Norma Chilena. (Anexo N°5)

Elementos Constructivos	Situación actual	> 0 <	Requerimientos de la norma	% que sobrepasa la norma
Piso	<b>2,901 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	>	<b>0,429 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	<b>676,2</b>
Paredes	<b>0,303 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	<	<b>1,375 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	-22,0
Vidrios	<b>6,793 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	>	<b>1,375 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	<b>494,1</b>
Envolvente (paredes+vidrio)	<b>3,736 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	>	<b>1,375 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	<b>271,7</b>

Otro parámetro a evaluar mediante la Normativa Chilena NCh853 Of 91, es el porcentaje máximo superficie de ventanas respecto a parámetros verticales de la envolvente. El complejo de ventanas debe cumplir con las exigencias establecidas en el cuadro, en relación al tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de Arquitectura. El tipo de vidrio utilizado en las superficies de

ventanas se encuentra indicado en las especificaciones técnicas del proyecto de Arquitectura del Casino Miraflores, correspondiendo a un vidrio simple de 4mm de espesor.

Para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas de un proyecto de Arquitectura como éste, se debe calcular tanto el área correspondiente a la envolvente del edificio como el área de las ventanas, tras el cálculo del porcentaje de superficie, considerando también el tipo de vidrio utilizado, zona térmica en que está situado la edificación, se deberá comparar con la superficie especificada en el cuadro N° 16.

**CUADRO N° 16** Superficie máxima vidriada respecto a la envolvente [14].

ZONA	VENTANAS		
	% MÁXIMO DE SUPERFICIE VIDRIADA RESPECTO A PARAMENTOS VERTICALES DE LA ENVOLVENTE		
	VIDRIO MONOLÍTICO (b)	DVH DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO (c)	
		$3.6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (a)	$U \leq 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

**CUADRO N° 17** Especificaciones técnicas del Casino Miraflores.

Materiales	Área (m <sup>2</sup> )
Vidrio de edificación	105.68
Paredes de edificación	94.09
Envolvente (TOTAL)	199.77

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de dimensiones del Casino Miraflores.

El porcentaje de superficie vidriada respecto a parámetros verticales de la envolvente del Casino Miraflores equivale a un 52.9%, valor muy superior al 18% estipulado por la Normativa Chilena.

Tras la revisión de la situación actual del Casino Miraflores, se puede decir que en su periodo de funcionamiento se está quemando dinero en calefacciones inútiles.

## CAPITULO 5      CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA CASINO MIRAFLORES

### 5.1.- Carga térmica de calefacción Casino Miraflores [4].

#### En condiciones de invierno:

Temperatura promedio exterior : 3 ° C

Velocidad de los vientos promedio : 40  $\left[ \frac{km}{hr} \right]$

Temperatura interior : 18 ° C

Velocidad del aire interior : 0,14  $\left[ \frac{m}{hr} \right]$

### 5.2.- Cálculos del coeficiente de convección térmica[4].

Donde

$v$  = velocidad de los vientos

$$h = 1,6 + 1,3 \cdot v \quad (5.1)$$

#### 5.2.1.- Cálculo de h exterior ( $h_e$ )

$$h_e = 1,6 + 0,3 \cdot 40$$

$$= 13,6 \left( \frac{Btu}{hpie^{2\circ F}} \right) \quad 1 \left( \frac{Btu}{hpie^{2\circ F}} \right) = 4,88 \left( \frac{kcal}{hm^2\circ C} \right)$$

$$= 13,6 \cdot 4,88 \left( \frac{kcal}{hm^2\circ C} \right)$$

$$h_e = \mathbf{66,37} \left( \frac{kcal}{hm^2\circ C} \right)$$

#### 5.2.2.- Cálculo de h interior ( $h_i$ )

$$h_i = 1,6 + 0,3 \cdot 0,00014$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,600042 \left( \frac{Btu}{hpie^2 \circ F} \right) \\
 &= 1,600042 \cdot 4,88 \\
 h_i &= 7,808 \left( \frac{kcal}{hm^2 \circ C} \right)
 \end{aligned}$$

### 5.3.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente a los vidrios

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad (5.2)$$

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{Ev}{Kv} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.3)$$

$$U_{\text{termopanel}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + 2 \cdot \left( \frac{Ev}{Kv} \right) + \left( \frac{Ea}{Ka} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.4)$$

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \left[ \frac{Kcal}{hr} \right] \quad (5.5)$$

#### CUADRO N° 18 Especificación técnica vidrio Casino Miraflores (Anexo N°5)

Tenemos que:

$E_{(m)}$  = Espesor del material  $(m)$   
 $K_{(m)}$  = Coeficiente de transferencia de calor  $(m)$

	$he=$	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	$hi=$	8	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Vidrio simple	$K_{\text{vidrio}}$	0.986	Kcal/ h-m-°C
Vidrio simple	$E_{\text{vidrio}}$	0.004	m
Aire	$K_{\text{aire}}$	0.022	Kcal/ h-m-°C
Aire	$E_{\text{aire}}$	0.008	m

Reemplazando los valores del cuadro N°18 en las ecuaciones (5.3) y (5.4) se obtiene:

$$U_{\text{vidrio}} = 6,79 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]$$

$$U_{\text{termopanel}} = 1,95 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]$$

Con ello se obtienen los valores de las pérdidas tanto por el vidrio como por el termopanel, reemplazando los valores del cuadro N° 19 en la ecuación (5.5) se obtiene:

**CUADRO N° 19** Datos de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	ΔT (°C)
Vidrio	105.68	6.79	15
Termopanel	105.68	1.95	15

$$Q_{\text{vidrio}} = 10769,2 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$Q_{\text{termopanel}} = 3089,79 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

#### 5.4.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente al techo

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \tag{5.2}$$

$$U_{\text{techo}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{Ez}{Kz} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{Ef}{Kf} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{Ea}{Ka} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \tag{5.6}$$

**CUADRO N° 20** Especificación técnica del techo Casino Miraflores. (Anexo N°5)

Tenemos que:

$E_{(m)}$ = Espesor del material (m)  
 $K_{(m)}$ = Coeficiente de transferencia de calor (m)

	$h_e$ =	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	$h_i$ =	7.808	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
ZINC	$K_{zinc}$	96.05	Kcal/ h-m-°C
ZINC	$E_{zinc}$	0.0005	m
ENTABLADO	$K_{pino}$	0.119	Kcal/ h-m-°C
ENTABLADO	$E_{pino}$	0.025	m
FIELTRO	$K_{filtro}$	0.2	Kcal/ h-m-°C
FIELTRO	$E_{filtro}$	0.01	m
COSTANERA	$K_{pino}$	0.119	Kcal/ h-m-°C
COSTANERA	$E_{pino}$	0.051	m
AISLAN	$K_{aislan}$	0.50075	Kcal/ h-m-°C
AISLAN	$E_{aislan}$	0.02	m
TABLILLAS	$K_{pino}$	0.119	Kcal/ h-m-°C
TABLILLAS	$E_{pino}$	0.025	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 20 en la ecuación (5.6) se obtiene:

$$U_{techo} = 0,924 \left[ \frac{kcal}{hm^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Con ello se obtiene el valor de la pérdida por el techo, reemplazando los valores del cuadro N° 21 en la ecuación (5.5) se obtiene:

**CUADRO N° 21** Dato de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	$\Delta T$ (°C)
Techo	399.22	0.924363592	15

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores.

$$Q_{techo} = 5535,37 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.5.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente al piso

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad (5.2)$$

$$U_{\text{piso}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{h_e} \right) + \left( \frac{E_{\text{flexit}}}{K_{\text{flexit}}} \right) + \left( \frac{E_{\text{cemento}}}{K_{\text{cemento}}} \right) + \left( \frac{1}{h_i} \right) \right)} \quad (5.7)$$

$$U_{\text{piso aislado}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{h_e} \right) + \left( \frac{E_{\text{flexit}}}{K_{\text{flexit}}} \right) + \left( \frac{E_{\text{cemento}}}{K_{\text{cemento}}} \right) + \left( \frac{E_{\text{p expandido}}}{K_{\text{p expandido}}} \right) + \left( \frac{1}{h_i} \right) \right)} \quad (5.8)$$

#### CUADRO N° 22 Especificación técnica del piso Casino Miraflores. (Anexo N°5)

Tenemos que:

$E_{(r)}$  = Espesor del material  $(r)$   
 $K_{(r)}$  = Coeficiente de transferencia de calor  $(r)$

	$h_e$	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	$h_i$	7.808	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
SUPERFLEXIT	$K_{\text{flexit}}$	0.15487	Kcal/ h-m-°C
SUPERFLEXIT	$E_{\text{flexit}}$	0.0024	m
SOBRE LOSA	$K_{\text{cemento}}$	0.43	Kcal/ h-m-°C
SOBRE LOSA	$E_{\text{cemento}}$	0.08	m
P. EXPANDIDO	$K_{\text{poliestreno exp.}}$	0.0215	Kcal/ h-m-°C
P. EXPANDIDO	$E_{\text{poliestreno exp.}}$	0.045	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 22 en las ecuaciones (5.7) y (5.8) se obtiene:

$$U_{\text{piso}} = 2,901 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$U_{\text{pisoaislado}} = 0,410 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Con ello se obtienen los valores de las pérdidas tanto por piso como por el piso aislado, reemplazando los valores del cuadro N° 23 en las ecuaciones (5.7) y (5.8) se obtiene:

**CUADRO N° 23** Datos de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	ΔT (°C)
Piso	387.2	2.901208074	15
Piso Aislado	387.2	0.410	15

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores.

$$Q_{piso} = 16850,22 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{piso\ aislado} = 2382,57 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.6.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente a las paredes

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad (5.2)$$

$$U_{paredes} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{E_{aislapol}}{K_{aislapol}} \right) + \left( \frac{E_{aire}}{K_{aire}} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.9)$$

**CUADRO N° 24** Especificación técnica de las paredes Casino Miraflores. (Anexo N°5)

E (m)= **Espesor del material (m)**  
K (m)= **Coficiente de transferencia de calor (m)**

	he=	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	hi=	7.808	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
REV. INTERIOR	K <sub>pino</sub>	0.119	Kcal/ h-m-°C
REV. INTERIOR	E <sub>pino</sub>	0.019	m
AISLAPOL	K <sub>aislapol</sub>	0.50075	Kcal/ h-m-°C
AISLAPOL	E <sub>aislapol</sub>	0.04	m
CAPA DE AIRE	K <sub>aire</sub>	0.02211	Kcal/ h-m-°C
CAPA DE AIRE	E <sub>aire</sub>	0.0616	m
REV. EXTERIOR	K <sub>pino</sub>	0.119	Kcal/ h-m-°C
REV. EXTERIOR	E <sub>pino</sub>	0.016	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 24 en la ecuación (5.9) se obtiene:

$$U_{\text{paredes}} = 0,303 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]$$

Con ello se obtiene el valor de la pérdida por las paredes, reemplazando los valores del cuadro N° 25 en la ecuación (5.5) se obtiene:

**CUADRO N° 25** Datos de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	ΔT (°C)
Paredes	94.09	0.302723841	15

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores

$$Q_{\text{paredes}} = 427,25 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

### 5.7.- Cálculo de las pérdidas por ventilación

El cálculo considera una cantidad máxima de 120 personas presentes en el Casino de la Universidad, según recomendaciones cada persona debe recibir una cantidad de aire puro de 13 m<sup>3</sup>/h (para recintos donde no se permite fumar)[5].

$$V = \text{Cantidad de aire} \cdot N^\circ \text{ de personas} \quad (5.10)$$

$$V = \text{Caudal total de aire a suministrar} = 13 \cdot 120 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right]$$

$$V = 1560 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right]$$

$$V = 55.090,88 \left[ \frac{\text{pie}^3}{\text{hr}} \right]$$

**Para el exterior**

$$T_i = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 37,4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Humedad relativa = 90 %

$$H_{\text{exterior}} = 1031,7 + 0,439 \cdot T \quad (5.11)$$

(recomendación para temperaturas por debajo de 70 °F)

$$H_{\text{exterior}} = 1048,11 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \right]$$

$$H_s = C_p \cdot T \quad (5.12)$$

$$H_s = 0,24 \cdot 37,4 = 8,976 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \right]$$

**Para el interior**

$$T_i = 18^\circ\text{C}$$

$$T_i = 64,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

Humedad relativa = 60%

$$d = \text{densidad del aire} = 0,075 \left[ \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \right]$$

$$H_i = 1059,97 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \right]$$

$$H_s = 0,24 \cdot 64,4 = 15,456 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \right]$$

$$Q_t = Q_s + Q_l \quad (5.13)$$

$$\Delta_{hs} = \text{diferencia entre } H_{s\text{interior}} - H_{s\text{exterior}} \quad (5.14)$$

$$Q_s = \Delta_{hs} \cdot d \cdot V \quad (5.15)$$

$$Q_s = 6,48 \cdot 0,075 \cdot 55.090,08$$

$$Q_s = 26773,78 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right] = 6744,32 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$Q_{\text{exterior}} = (H_{le} \cdot w_e \cdot \Phi) \cdot m \quad \text{donde: } m = d \cdot V$$

$$= H_{le} \cdot w_e \cdot \Phi \cdot d \cdot V \quad (5.16)$$

$$= 1048,11 \cdot 0,90 \cdot 0,004618 \cdot 0,075 \cdot 55.090,08$$

$$Q_{\text{exterior}} = 18511,852 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right]$$

$$Q_{\text{interior}} = 1059,97 \cdot 0,5 \cdot 0,01574 \cdot 0,075 \cdot 55.090,08 \quad (5.17)$$

$$Q_{\text{interior}} = 34466,95 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right]$$

$$\Delta Q = Q_{\text{interior}} - Q_{\text{exterior}} \quad (5.18)$$

$$\Delta Q = 15955,1 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right] = 4020,61 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$QT = Q_s + \Delta Q \quad (5.19)$$

$$QT = 6744,32 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right] + 4020,61 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$QT = 10764,93 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$\text{Calor total en invierno} = QT + QT_{\text{estructural}} \quad (5.20)$$

$$\text{Calor total en invierno} = 10764,93 + 33738,04$$

$$\text{Calor total en invierno} = 44502,97 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

Aplicando un coeficiente de seguridad de un 10% más, la carga térmica en el invierno es

$$\text{de } 48953,267 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

### 5.8.- Cálculo de la carga térmica de refrigeración del Casino Miraflores

El lugar geográfico tiene unas condiciones de temperatura y humedad a lo largo del verano que se pueden resumir en:

Temperatura exterior: 33°C

Temperatura interior: 26°C

Humedad relativa exterior: 70%

Humedad relativa interior: 60%

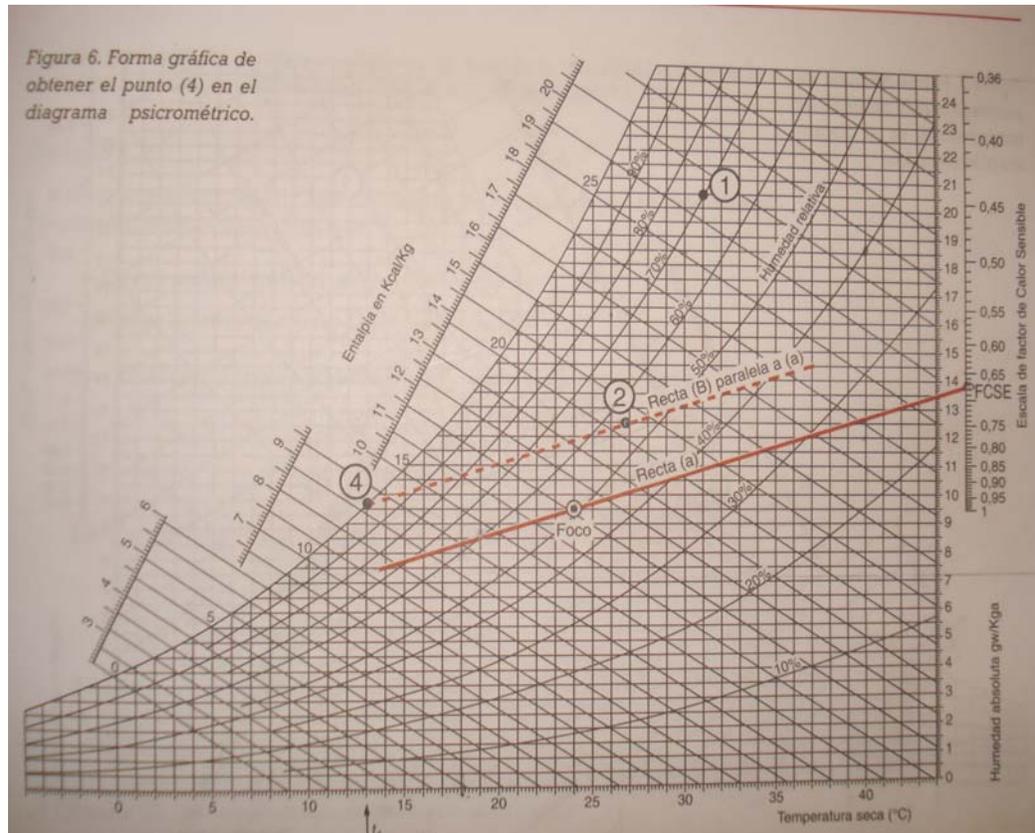
Para obtener las condiciones del proyecto hay que situarse en el diagrama Psicométrico de la figura N° 16 obteniendo las humedades:

$$W_{33} = 19.2 \text{ g/kg}$$

$$W_{26} = 16 \text{ g/kg}$$

$$\text{Salto térmico} = 33 - 26 = 7^\circ\text{C}$$

$$\text{Diferencia de humedades} = 3.2 \text{ g/kg}$$



**FIGURA N° 15** Diagrama Psicométrico [5].

A continuación se presentan los cálculos de pérdidas de carga térmica por los diferentes componentes estructurales:

- **Vidrios**
- **Techo**
- **Pisos**
- **Paredes**

### 5.9.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente a los vidrios

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad (5.2)$$

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{Ev}{Kv} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.3)$$

$$U_{\text{termopanel}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + 2 \cdot \left( \frac{Ev}{Kv} \right) + \left( \frac{Ea}{Ka} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.4)$$

#### CUADRO N° 26 Especificación técnica vidrio Casino Miraflores. (Anexo N°5)

Tenemos que:

E (m) = Espesor del material (m)  
K (m) = Coeficiente de transferencia de calor (m)

	he=	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	hi=	8	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Vidrio simple	K <sub>vidrio</sub>	0.986	Kcal/ h-m-°C
Vidrio simple	E <sub>vidrio</sub>	0.004	m
Aire	K <sub>aire</sub>	0.022	Kcal/ h-m-°C
Aire	E <sub>aire</sub>	0.008	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 26 en las ecuaciones (5.3) y (5.4) se obtiene:

$$U_{\text{vidrio}} = 6,79 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$U_{\text{termopanel}} = 1,95 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Con ello se obtienen los valores de las pérdidas tanto por vidrio como por el termopanel, reemplazando los valores del cuadro N° 27 en la ecuación (5.5) se obtiene:

#### CUADRO N° 27 Datos de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	ΔT (°C)
Vidrio	105.68	6.79	7
Termopanel	105.68	1.95	7

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores.

$$Q_{\text{vidrio}} = 5025,62 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$Q_{\text{termopanel}} = 1441,9 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

### 5.10.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente al techo

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad (5.2)$$

$$U_{\text{techo}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{h_e} \right) + \left( \frac{E_z}{K_z} \right) + \left( \frac{E_p}{K_p} \right) + \left( \frac{E_f}{K_f} \right) + \left( \frac{E_p}{K_p} \right) + \left( \frac{E_a}{K_a} \right) + \left( \frac{E_p}{K_p} \right) + \left( \frac{1}{h_i} \right) \right)} \quad (5.6)$$

### CUADRO N° 28 Especificación técnica del techo Casino Miraflores. (Anexo N°5)

Tenemos que:

$E$  (m) = Espesor del material (m)  
 $K$  (m) = Coeficiente de transferencia de calor (m)

	$h_e =$	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	$h_i =$	7.808	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
ZINC	$K_{\text{zinc}}$	96.05	Kcal/ h-m-°C
ZINC	$E_{\text{zinc}}$	0.0005	m
ENTABLADO	$K_{\text{pino}}$	0.119	Kcal/ h-m-°C
ENTABLADO	$E_{\text{pino}}$	0.025	m
FIELTRO	$K_{\text{feltro}}$	0.2	Kcal/ h-m-°C
FIELTRO	$E_{\text{feltro}}$	0.01	m
COSTANERA	$K_{\text{pino}}$	0.119	Kcal/ h-m-°C
COSTANERA	$E_{\text{pino}}$	0.051	m
AISLAN	$K_{\text{aislan}}$	0.50075	Kcal/ h-m-°C
AISLAN	$E_{\text{aislan}}$	0.02	m
TABLILLAS	$K_{\text{pino}}$	0.119	Kcal/ h-m-°C
TABLILLAS	$E_{\text{pino}}$	0.025	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 28 en la ecuación (5.6) se obtiene:

$$U_{\text{techo}} = 0,924 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Con ello se obtiene el valor de la pérdida por el techo, reemplazando los valores del cuadro N° 29 en la ecuación (5.5) se obtiene:

**CUADRO N° 29** Datos de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	ΔT (°C)
Techo	399.22	0.924363592	7

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores

$$Q_{techo} = 2583,17 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.11.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente al piso

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad (5.2)$$

$$U_{piso} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{E_{flexit}}{K_{flexit}} \right) + \left( \frac{E_{cemento}}{K_{cemento}} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.7)$$

$$U_{piso \text{ aislado}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{E_{flexit}}{K_{flexit}} \right) + \left( \frac{E_{cemento}}{K_{cemento}} \right) + \left( \frac{E_{p \text{ expandido}}}{K_{p \text{ expandido}}} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \quad (5.8)$$

**CUADRO N° 30** Especificación técnica del piso Casino Miraflores. (Anexo N°5)

Tenemos que:

$E_{(r)}$  = Espesor del material  $(r)$

$K_{(r)}$  = Coeficiente de transferencia de calor  $(r)$

	he=	66.37	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
	hi=	7.808	Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
SUPERFLEXIT	$K_{flexit}$	0.15487	Kcal/ h-m-°C
SUPERFLEXIT	$E_{flexit}$	0.0024	m
SOBRE LOSA	$K_{cemento}$	0.43	Kcal/ h-m-°C
SOBRE LOSA	$E_{cemento}$	0.08	m
P. EXPANDIDO	$K_{poliestreno \text{ exp.}}$	0.0215	Kcal/ h-m-°C
P. EXPANDIDO	$E_{poliestreno \text{ exp.}}$	0.045	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 30 en las ecuaciones (5.7) y (5.8) se obtiene:

$$U_{\text{piso}} = 2,901 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$U_{\text{pisoaislado}} = 0,410 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Con ello se obtienen los valores de las pérdidas tanto por piso como por el piso aislado, reemplazando los valores del cuadro N° 31 en la ecuación (5.5)

**CUADRO N° 31** Datos de edificación.

Material	Area (m <sup>2</sup> )	U Kcal/h-m <sup>2</sup> °C	ΔT (°C)
Piso	387.2	2.901208074	7
Piso Aislado	387.2	0.410	7

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores

$$Q_{\text{piso}} = 7863,43 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

$$Q_{\text{piso aislado}} = 1111,86 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right]$$

### 5.12.- Cálculo de la pérdida de carga térmica correspondiente a las paredes

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \tag{5.2}$$

$$U_{\text{paredes}} = \frac{1}{\left( \left( \frac{1}{he} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{E_{\text{aislapol}}}{K_{\text{ailapol}}} \right) + \left( \frac{E_{\text{aire}}}{K_{\text{aire}}} \right) + \left( \frac{Ep}{Kp} \right) + \left( \frac{1}{hi} \right) \right)} \tag{5.9}$$

**CUADRO N° 32** Especificación técnica de las paredes del Casino Miraflores.  
(Anexo N°5)

Tenemos que:

$E_{(m)}$ =	<b>Espesor del material (m)</b>		
$K_{(m)}$ =	<b>Coficiente de transferencia de calor (m)</b>		
	$h_e$ =	66.37	Kcal/h-m <sup>2</sup> -°C
	$h_i$ =	7.808	Kcal/h-m <sup>2</sup> -°C
REV. INTERIOR	$K_{pino}$	0.119	Kcal/h-m-°C
REV. INTERIOR	$E_{pino}$	0.019	m
AISLAPOL	$K_{aislapol}$	0.50075	Kcal/h-m-°C
AISLAPOL	$E_{aislapol}$	0.04	m
CAPA DE AIRE	$K_{aire}$	0.02211	Kcal/h-m-°C
CAPA DE AIRE	$E_{aire}$	0.0616	m
REV. EXTERIOR	$K_{pino}$	0.119	Kcal/h-m-°C
REV. EXTERIOR	$E_{pino}$	0.016	m

Reemplazando los valores del cuadro N° 32 en la ecuación (5.9) se obtiene:

$$U_{paredes} = 0,303 \left[ \frac{kcal}{hm^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Con ello se obtiene el valor de la pérdida por las paredes, reemplazando los valores del cuadro N° 33 en la ecuación (5.5)

**CUADRO N° 33** Datos de edificación.

<b>Material</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U Kcal/h-m<sup>2</sup>°C</b>	<b>ΔT (°C)</b>
Paredes	94.09	0.302723841	7

**Fuente:** Elaborado a partir de cálculo de las características del Casino Miraflores

$$Q_{paredes} = 199,38 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.13.- Cálculo de pérdidas por infiltración

#### 5.13.1.- Calor sensible debido al aire de infiltraciones

$$Q_s = V_v \cdot \Delta x \cdot 0.29 \quad (5.21)$$

$Q$  = calor sensible debido a las infiltraciones

$V_1$  = volumen en infiltración en  $\left[ \frac{m^3}{hr} \right]$

$\Delta x$  = salto térmico en  $^{\circ}C = 7$

El cálculo involucra un comedor con 120 personas, el volumen de aire necesario para ese número de personas es  $1560 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$ , lo que genera calor sensible de aire de infiltración  $Q_s = 1136,8 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$ .

#### 5.13.2.- Calor latente debido al aire de infiltraciones

$$Q_v = V_v \cdot \Delta \phi \cdot 0.72 \quad (5.22)$$

$\Delta \phi$  = diferencia de humedades absolutas = 3.2 g/kg

Al reemplazar en la fórmula (5.24), se obtiene  $Q_v = 3594,248 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$

### 5.14.- Cálculo de ganancia por personas

Las personas que frecuentan el comedor del casino generan calor sensible y calor latente debido a la actividad que realizan y a que su temperatura corporal es de unos  $37^{\circ}C$  aproximadamente, la que supera a la temperatura del local.

En el cuadro N° 34 se encuentra la información necesaria, según la temperatura del local y el tipo de actividad que se realice [5].

Esta ganancia se calcula de la siguiente forma.

$Q_{sp}$  = Ganancia de calor sensible generado por persona.

$Q_{lp}$  = Ganancia de calor latente generado por persona.

$k_s$  = Calor sensible emitido por persona.

$k_l$  = Calor latente emitido por persona.

$N_p$  = Número máximo de personas que ocupan el local.

$$Q_{lp} = k_l \cdot N_p \left[ \frac{kcal}{hr} \right] \quad (5.23)$$

$$Q_{sp} = k_s \cdot N_p \left[ \frac{kcal}{hr} \right] \quad (5.24)$$

**CUADRO N° 34** Calor emitido por personas en (kcal/hr) [5]

Cuadro de actividad	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista con actividad moderada	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

Al remplazar los valores se obtiene:

$$Q_{lp} = 35 \cdot 120 = 4200 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{sp} = 55 \cdot 120 = 6600 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.15.- Calor generado por iluminación del local

$$\text{Ganancias por cada ampolla} = 0.86 \cdot \text{potencia} \quad (5.25)$$

$$\text{Potencia} = 100 \text{ [w]}$$

$$\text{Ganancia} = 0,86 \cdot 100 = 86 \left[ \frac{w}{hr} \right] = 73,1 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

Nº de ampolletas = 40

$$\text{Ganancias totales por las ampolletas presentes en el Casino es igual: } \mathbf{2924} \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.16.- Calor debido a la transmisión (solo transmisión) a través de paredes y techo

$$K = 1,8 \left[ \frac{kcal}{(h \cdot m^2 \cdot ^\circ C)} \right], \text{ recomendado para paredes y techo interiores}$$

$$Q = S \cdot k \cdot \Delta T \quad (5.26)$$

$S$  = Es la superficie del elemento en  $m^2$  de (techo y paredes)

$\Delta T$  = Salto térmico en  $^\circ C$

$$Q = 493,31 \cdot 1,8 \cdot 7 = \mathbf{6215,7} \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

### 5.17.- Calor sensible procedente del aire de ventilación

$$Q_{sv} = V_v \cdot \Delta T \cdot f \cdot 0.29 \quad (5.27)$$

Salto térmico exterior 33 e interior 26

$Q$  = calor sensible procedente del aire de ventilación

$$V_v = \text{caudal de ventilación en } \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$\Delta T$  = salto térmico en  $7^\circ C$ .

$f$  = coeficiente de la batería de refrigeración, llamado factor de by – pass = 0,3

Al reemplazar en la fórmula (5.27), se obtiene el calor sensible de ventilación de

$$Q_{sv} = 950,04 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

**5.18.- Calor latente procedente del aire de ventilación**

$$Q_{lv} = V_v \cdot \Delta x \cdot f \cdot 0,72 \quad (5.28)$$

$Q_{lv}$  = calor latente procedente de el aire de ventilación

$$V_v = \text{caudal de ventilación en } \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$\Delta x$  = diferencia de humedades absolutas = 3,2 g/kg

$f$  = factor de by – pass de la batería = 0,3

Al reemplazar en la fórmula (5.27), se obtiene un calor latente de ventilación de

$$Q_{lv} = 6065,28 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$\text{Carga total de verano} = \Sigma Q = 47513,688 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

**5.19.- Cálculo carga sensible efectiva total ( $Q_{se}$ ), de donde se tiene:**

$Q_{sep}$  = Carga sensible efectiva parcial

$$Q_s = \text{Carga sensible } Q_s = 26773,78 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

$$Q_{sv} = \text{Carga sensible por ventilación } Q_{sv} = 8081,77 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

$$Q_{sep} = Q_s + Q_{sv} \quad (5.29)$$

$$Q_{sep} = 26773,78 \left[ \frac{Btu}{hr} \right] + 8081,77 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

$$Q_{sep} = 34855,55 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

Para la carga sensible total se debe considerar un factor de seguridad, con el fin de asegurarnos de haber calculado todas las posibilidades de producción e ingreso de calor en el local. Es preferible calcular la carga térmica, ligeramente por exceso que por defecto, usualmente se considera de un 5 a un 10 % de aumento. Se asumirá un 10%.

$$Q_{se} = Q_{sep} + (0.1 \cdot Q_{sep}) \quad (5.30)$$

$$Q_{se} = 1,1 \cdot Q_{sep}$$

$$Q_{se} = 1,1 \cdot 34855,55 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

$$Q_{se} = 38341,105 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

## 5.20.- Cálculo de los parámetros fundamentales

### a) Obtención de la temperatura de rocío ( $t_4$ ) ver figura N° 17

FCSE = Factor de calor sensible efectivo, en donde se tiene:

$$Q_{le} = 18511,852 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

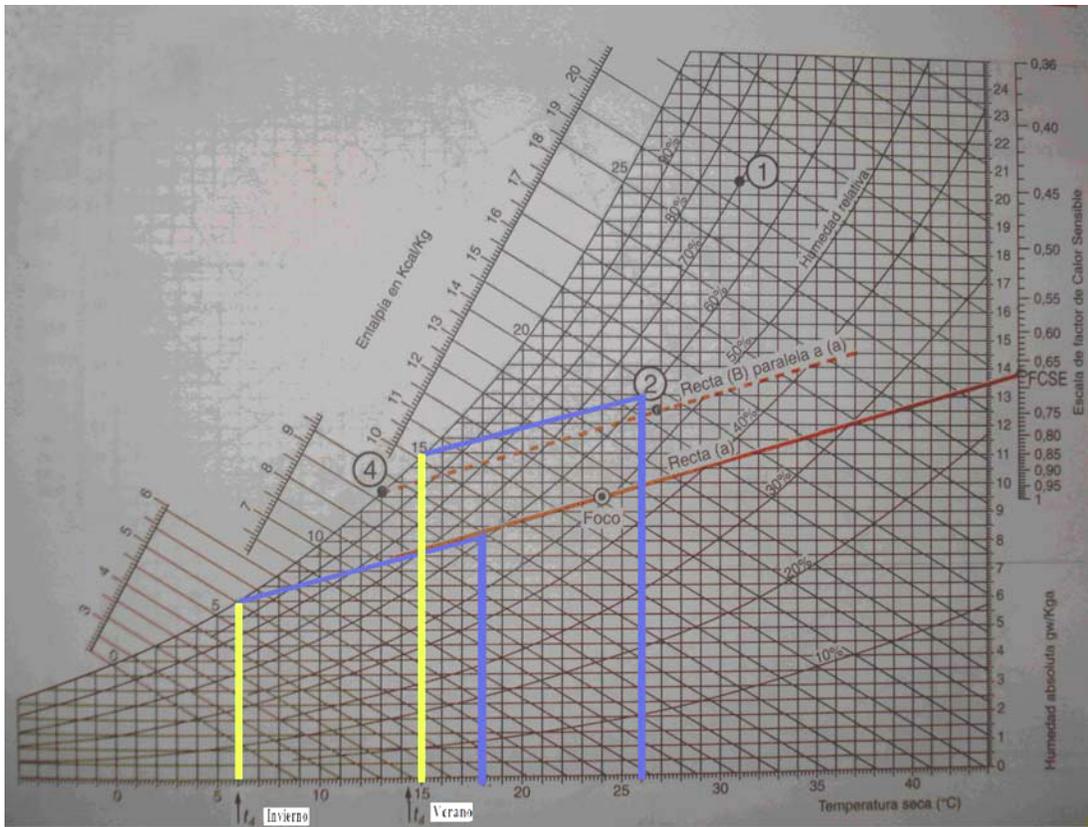
$$Q_{se} = 38341,105 \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

$$FCSE = \frac{Q_{se}}{(Q_{se} + Q_{le})} \quad (5.31)$$

$$FCSE = \frac{38341,105}{(38341,105 + 18511,852)} \left[ \frac{Btu}{hr} \right]$$

$$FCSE = 0,674$$

Obtenido el factor de calor sensible efectivo, se ingresa al diagrama psicrométrico (Fig. 17), con los datos de la humedad relativa y temperatura interior del local, para ello hay que trazar una línea recta paralela a la que se encuentra entre el factor de calor sensible y el foco, la cual corte con el punto correspondiente a la intersección de la línea de humedad relativa y la temperatura interior, siendo estos valores equivalentes a una humedad relativa interior de un 60% y una temperatura interior de 26°C para el verano, con humedad relativa interior de un 60% y una temperatura interior de 18°C para el invierno, ingresando al diagrama con estos valores se obtienen la temperatura de rocío tanto para el invierno como para el verano.



**FIGURA N°16** Forma gráfica de obtener la temperatura de rocío [5].

Del gráfico se obtiene la temperatura de rocío para el verano, la que equivale a  $t_4 = 15^\circ\text{C}$ , y para invierno una temperatura de rocío de  $t_4 = 6^\circ\text{C}$ .

**b) Obtención del caudal del aire**

$$V = \frac{Q_{se}}{(0.29 \cdot (1-f) \cdot (t_2 - t_4))} \quad (5.32)$$

Siendo:

$V$  = el caudal de aire en  $\left[ \frac{m^3}{hr} \right]$

$Q_{se}$  = la carga sensible efectiva, en  $\left[ \frac{kcal}{hr} \right]$

$f$  = el factor de by-pass de la batería (equivalente a 0,3)

$t_2$  = la temperatura interior del local

$t_4$  = la temperatura de rocío de la Unidad de aire Acondicionado (UAA)

En condiciones de verano, tenemos  $t_2 = 26^\circ\text{C}$ ;  $t_4 = 15^\circ\text{C}$  y una humedad relativa interior de 60%, con lo que el caudal de aire para verano reemplazando en la ecuación (5.32) se obtiene:

$$V = 4326,81 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

En condiciones de invierno, tenemos  $t_2 = 18^\circ\text{C}$ ;  $t_4 = 6^\circ\text{C}$  y una humedad relativa interior de 60%, en donde el caudal de aire para invierno, reemplazando en la ecuación (5.32) se obtiene:

$$V = 3966,24 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

Por tanto, el cálculo se debe guiar con el mayor volumen de aire que requiere la instalación para cumplir con los requerimientos de confort de un local como lo es el Casino Miraflores.

c) Obtención de la temperatura del ambiente del aire a la entrada de la UAA,  $t_3$  [5]

$$t_3 = \left( \frac{V_v}{V} \right) \cdot (t_1 - t_2) + t_2 \quad (5.33)$$

Siendo:  $t_3$  la temperatura a la entrada de la UAA.

$V_v$  = el caudal de aire exterior de ventilación en  $\left[ \frac{m^3}{hr} \right]$

$V$  = el caudal del aire, en  $\left[ \frac{m^3}{hr} \right]$

$t_1$  = la temperatura exterior del local.

**Para el caso se tiene que asumir un caudal de aire de:**

$$V = 4350 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$V_v = 1560 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$t_1 = 33^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 26^\circ \text{C}$$

Reemplazando los valores en la ecuación (5.33) se obtiene:

$$t_3 = 28,51^\circ \text{C}$$

d) Obtención de la temperatura del aire a la salida de la UAA,  $t_5$

$$t_5 = f \cdot (t_3 - t_4) + t_4 \quad (5.34)$$

$$t_5 = 0,3 \cdot (28,51 - 15) + 15$$

$$t_5 = 19,053^\circ \text{C}$$

## **CAPÍTULO 6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **6.1.- Potencia Térmica (Frío y Calor)**

El no cumplimiento de la Normativa Chilena vigente NCh853 Of 91, genera la necesidad de pensar en una solución al plantearse este problema.

Ver la factibilidad de utilizar un sistema que cumpla las expectativas tanto en invierno como en verano, y que le conceda al estudiante de Ingeniería un ambiente confortable, en donde utilice una mínima y limpia energía, no produciendo emisiones contaminantes y menos colocando en riesgo la seguridad de las personas. Es por ello que en busca de una eficiencia energética, se plantean soluciones de cambio del sistema de calefacción por uno de climatización, a través de una bomba de calor con mayor tecnología, requerimientos básicos para una Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

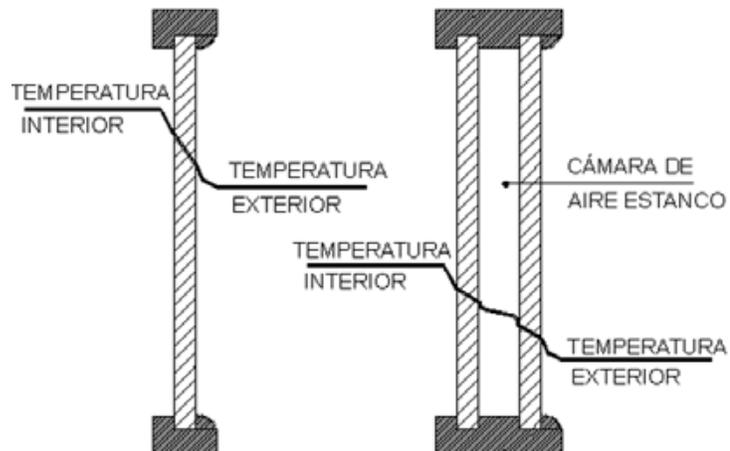
El no cumplir con la Normativa Chilena NCh 853 Of 91, establece el orden a seguir a las alternativas de incorporar nuevas mejoras, que cumplan con la Normativa Chilena vigente NCh 853 Of 91, las que se destacan a continuación:

- **Cambio de ventanales vidriados por termopaneles**
- **Aislación del piso ventilado en su parte inferior, mediante incorporación de poliuretano inyectado**



**FIGURA N° 17** Fachada Casino Miraflores

Al realizar el ejercicio de cambiar los ventanales del Casino Miraflores, los que corresponden a (vidrios simples de 4 mm), por termopanel que constituyen dos vidrios iguales de 4 mm, distanciados por una cámara de aire de 8 mm, como lo ilustra la figura N°18.



**FIGURA N° 18** Vidrio simple y Termopanel [14].

Se presentan inmejorables mejoras ya que el termopanel es uno de los vidrios más completos dentro del mundo de los cristales, mejora los índices de atenuación de ruidos al ser contruidos con vidrios de mayor espesor, además otorga transparencia y luminosidad al interior del lugar, ofrece mejor calidad, y máximo aislamiento térmico y acústico.

Este elemento constructivo importante, que tiene que cumplir con los requerimientos estipulados por la Normativa Chilena NCh853 Of 91, se verifica a continuación en el cuadro N° 35 donde se comparan los valores del coeficiente global de transferencia de calor con la Normativa, se puede apreciar que al realizar el ejercicios de incorporar termopanel a los ventanales se obtienen valores permitidos por la Norma, dando así cumplimiento a la Normativa térmica Chilena NCh853 Of 91.

## 6.2.- Comparativo tras realizar el ejercicio de cambiar los vidrios por termopanel

- **Calefacción:** Se produce una disminución de  $7679.41 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$ , equivalente a un **15.7%** de la carga calorífica total de la edificación en este periodo.

A continuación se compara las pérdidas entre el vidrio y el termopanel(calefacción).

$$Q_{vidrio} = 10769,2 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{termopanel} = 3089,79 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

- **Refrigeración:** Se produce una disminución de  $3583.72 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$ , equivalente a un **7.54%** de la carga frigorífica total de la edificación en este periodo.

A continuación se compara las pérdidas entre el vidrio y el termopanel(Refrigeración)

$$Q_{\text{vidrio}} = 5025,62 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{\text{termopanel}} = 1441,9 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

En el cuadro se resume la situación de incorporar termopanel:

**CUADRO N° 35** Comparativo entre situación actual y la Norma. (Anexo N°5)

Elementos Constructivos	Situación actual	> o <	Requerimientos de la norma
Piso	2,901 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	>	0,429 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Paredes	0,303 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	<	1,375 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Vidrios	6,793 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	>	1,375 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Envolvente (paredes+vidrio)	3,736 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	>	1,375 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C

**CUADRO N° 36** Comparativo entre situación modificada y la Norma. (Anexo N°5)

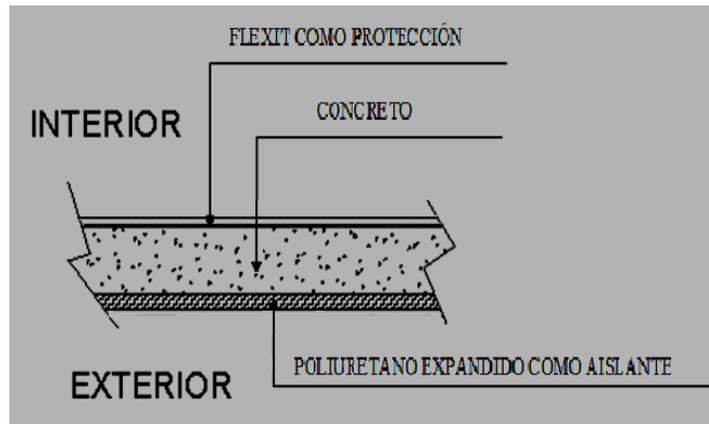
Elementos Constructivos	Situación modificada	> o <	Requerimientos de la norma
Piso aislado	0,410 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	<	0,429 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Paredes	0,303 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	<	1,375 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Termopaneles	1,949 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	>	1,375 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C
Envolvente (paredes+vidrio)	0,740 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C	<	1,375 Kcal/ h-m <sup>2</sup> -°C

Con el ejercicio de realizar las modificaciones indicadas anteriormente, se da cumplimiento con la Normativa vigente y trae consigo una apreciable disminución, de carga térmica tanto en refrigeración como en calefacción.



**FIGURA N° 19** Piso ventilado Casino Miraflores.

Al realizar la incorporación de aislación al piso ventilado del Casino Miraflores, mediante la técnica de poliuretano inyectado, como lo muestra la figura N° 20.



**FIGURA N° 20** Croquis indicativo de un corte transversal del piso ventilado [14].

Las características del poliuretano inyectado son que posee baja conductividad térmica, buena adherencia, fácil empleo, una gran rigidez estructural y baja absorción de humedad.

Verificando los valores del coeficiente global de transferencia de calor con la Normativa Chilena, se puede ver que aplicando la incorporación de aislación mediante la inyección de poliuretano se obtienen valores comprendidos dentro de la Normativa Chilena NCh853 Of 91.

- **Calefacción:** Al incorporar la aislación mediante poliuretano inyectado se produce una disminución de **14467,65**  $\left[ \frac{kcal}{hr} \right]$ , equivalente a un **29.56%** de la carga calorífica total de la edificación en este periodo.

A continuación se compara las pérdidas entre la situación actual y piso aislado(calefacción).

$$Q_{piso} = 16850,22 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{pisoaislado} = 2382,57 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

- **Refrigeración:** Al incorporar la aislación mediante poliuretano inyectado se produce una disminución de **6751,57**  $\left[ \frac{kcal}{hr} \right]$ , equivalente a un **14,2 %** de la carga frigorífica total de la edificación en este periodo.

A continuación se compara las pérdidas entre la situación actual y piso aislado(refrigeración).

$$Q_{piso} = 7863,43 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

$$Q_{pisoaislado} = 1111,86 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$$

**CUADRO N° 37** Comparativo entre piso aislado y normativa. [14]

Elementos Constructivos	Situación modificada	> o <	Requerimientos de la norma	% que sobrepasa la norma
Piso aislado	<b>0,410 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	<	<b>0,429 Kcal/ h-m<sup>2</sup>-°C</b>	-95,6

Tras realizar las dos soluciones constructivas a la edificación del Casino Miraflores, se obtienen valores de carga térmica muy inferiores a los correspondientes a la situación actual, a continuación se contrastan los valores de la situación actual y los nuevos valores de carga térmica en Refrigeración y Calefacción.

- Carga térmica actual requerida en Refrigeración:  $47.513,6 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$
- Carga térmica actual requerida en Calefacción:  $48.953,2 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$
- Carga térmica de Refrigeración al implementar soluciones:  $37.178,398 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$
- Carga térmica de Calefacción al implementar soluciones:  $26.806,207 \left[ \frac{kcal}{hr} \right]$

### 6.3.- Cálculos de los conductos de climatización

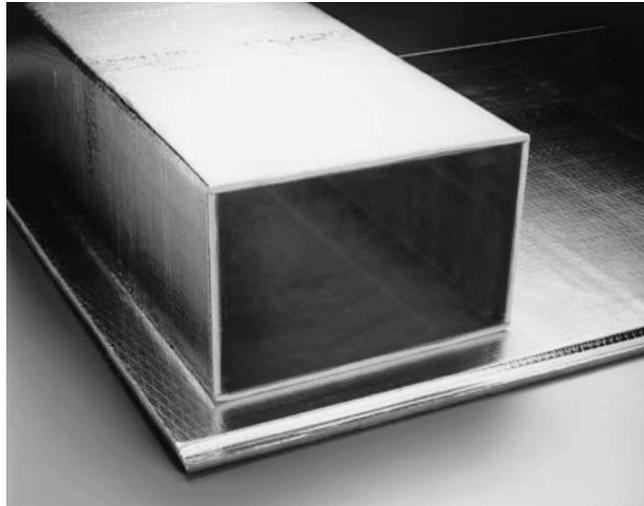
#### 6.3.1.- Características

El tipo de ducto seleccionado es fabricado a partir de **paneles de lana de vidrio de alta densidad**, aglomerada con resinas termo endurecibles, recubierta con láminas de aluminio, reforzado con hilos de vidrio y papel Kraft. Estos paneles tienen las siguientes dimensiones: espesor 25 mm., ancho 1,33 m., largo 2,97 m. Ver ANEXO N°2

#### 6.3.2.- Ventajas

- Conduce el aire de una manera muy eficiente, sin ningún tipo de escapes.
- El aislamiento térmico uniforme en las paredes del ducto, asegura una protección efectiva, contra pérdida o ganancia de calor.
- El recubrimiento en laminado de aluminio, lo hace muy resistente a daños, sirve como barrera de vapor previniendo la condensación y retarda la acción de la llama en caso de incendio.

- Su revestimiento contiene un aislante acústico, por lo tanto el aire se transporta en silencio.



**FIGURA N° 21** Tipo de ducto

Para alcanzar una sensación de confort mediante el acondicionamiento de aire, es necesario conseguir uniformidad en la temperatura.

La velocidad del aire necesaria para garantizar que la caída no llegue a la zona ocupada y que mantenga una flecha adecuada a las dimensiones de la edificación debe

ser  $7 \left[ \frac{m}{s} \right]$  [5].

### 6.3.3.- Ubicación de los difusores

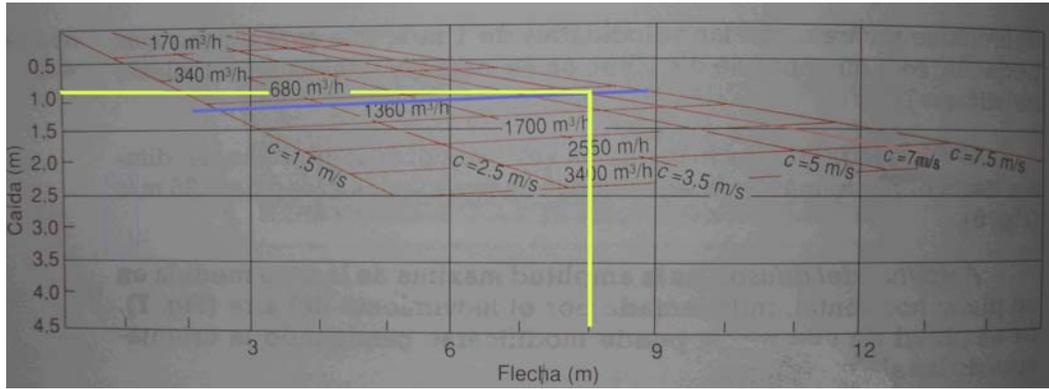
Al casino debe llegar un caudal de  $4326,81 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$  de aire frío, asimismo es amplio sin obstáculos interiores, y se debe tener en cuenta las corrientes convectivas que en verano tienden a llevar el aire caliente hacia el suelo, por lo tanto, para contrarrestar ambos fenómenos debe introducirse el aire acondicionado cerca del techo.

El caudal de salida de aire de cada rejilla, esta dado por:

$$V_{(x \text{ rejilla})} = \frac{4350}{6} = 725 \left[ \frac{m^3}{hr} \right] \quad (6.1)$$

$$C_1 = 7 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

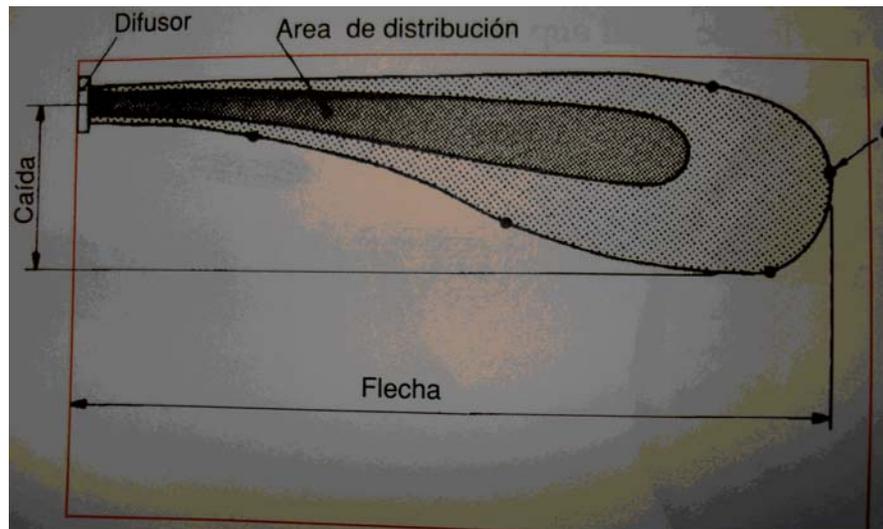
Estos valores se introducen en la figura N° 22, donde se obtiene:



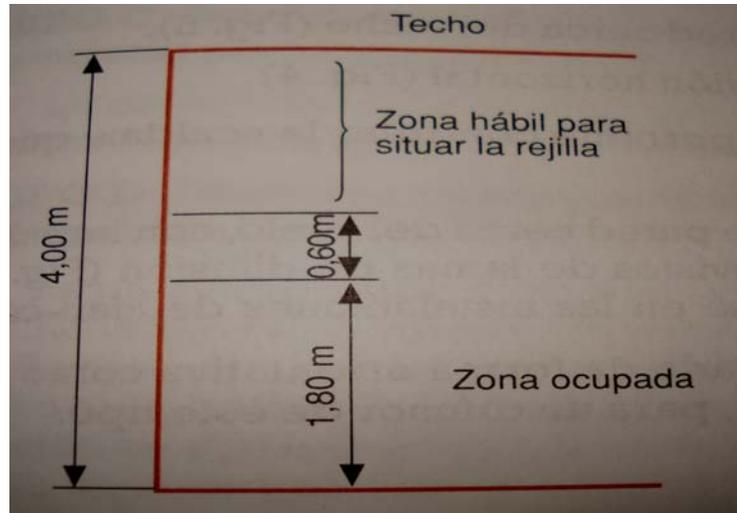
**FIGURA N° 22:** Gráfico para rejillas, para determinar la caída y la flecha [5].

Del gráfico se obtiene una flecha equivalente a 8 m y una caída que corresponde a 0,8 m.

La ubicación del difusor se debe encontrar en la zona no ocupable



**FIGURA N° 23:** Áreas de distribución, difusor situado en la pared [5].

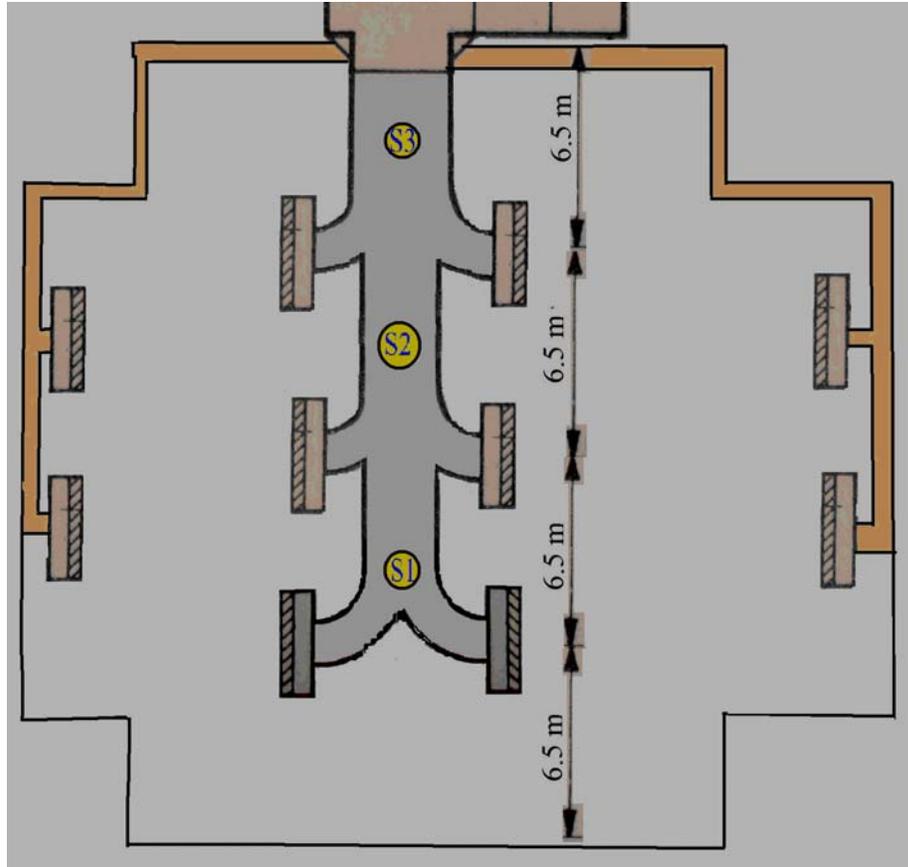


**FIGURA N° 24:** Esquema indicativo del lugar óptimo de colocación de la rejilla [5].

Para garantizar que la caída no llegue a la zona ocupada, la rejilla debe ser situada como lo indica la figura N° 23, dentro de la parte indicada [5].

#### 6.4.- Diseño de conductos

El aire debe distribuirse a los distintas habitaciones, para ello se emplean conductos rectangulares o circulares. La forma de la red de distribución es la de un gran conducto que parte de una columna central del que van saliendo derivaciones hacia los distintos lugares. El conjunto se asemeja a un árbol, en el cual el tronco sería el conducto principal y las ramas las derivaciones. A medida que se aleja del tronco, el caudal de aire va siendo cada vez menor y las dimensiones se hacen más pequeñas.



**FIGURA N° 25:** Representación esquemática de la difusión de aire para el Casino Miraflores [5].

**Nota:** Baja velocidad se establece por debajo de los  $11 \left[ \frac{m}{s} \right]$  y por encima de este valor se considera alta velocidad [5].

Se tiene:

$V$  = Caudal correspondiente a la sección especificada

$C_1$  = Velocidad del flujo de aire en la sección N°1

3600 = Coeficiente de transformación de hr a s

$S_1$  = Corresponde a la sección uno, la que se encuentra ubicada en el extremo del ducto de impulsión de aire, siendo este tramo el fin del ducto, consta de dos curvas ubicadas en su extremo.

### 6.4.1.- Cálculo de la sección 1:

$$\text{Sección: } \frac{V}{C_1 \cdot 3600} = [m^2] \quad (6.2)$$

$$S_1 = \frac{1450}{7 \cdot 3600} = 0,0575 m^2 = 575,39 cm^2$$

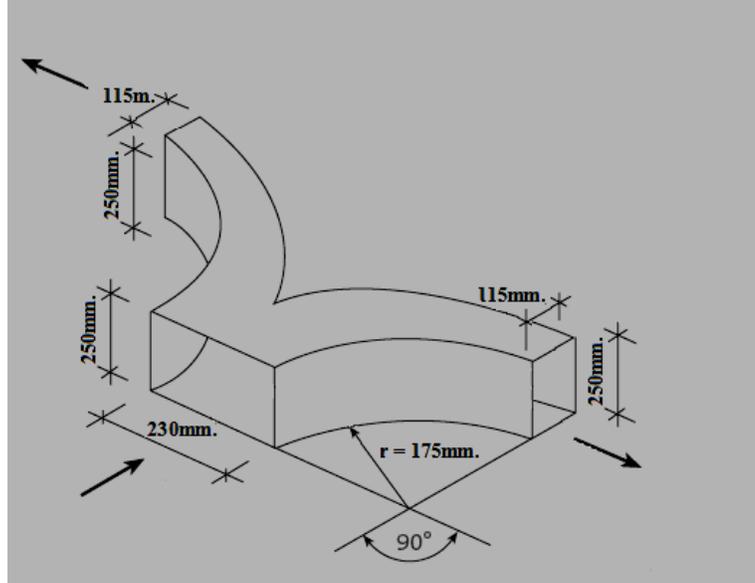


FIGURA N° 26 Representación tramo 1.

Se opta por una red de ductos de una misma dimensión de alto (H) y sólo deben variar sus anchos (W) dependiendo del caudal que transporten. La altura (H) corresponde a 25 cm, y en este tramo N°1 el ancho (W) equivale a 23 cm.

Aunque el conducto que se está diseñando es de sección rectangular es muy útil establecer una comparación con una tubería circular equivalente al conjunto rectangular, para ello se calcula el diámetro equivalente ( $D_e$ ).

$$D_e = 1.3 \times \frac{(W \cdot H)^{0,625}}{(W + H)^{0,25}} \quad (6.3)$$

$$D_e = 1.3 \times \frac{(23 \cdot 25)^{0,625}}{(23 + 25)^{0,25}} = 26,2 \text{ cm.} = 262 \text{ mm.}$$

$$D_{e(S1)} = 26,20 \text{ cm} = 262 \text{ mm}$$

### 6.4.2.- Cálculo de la sección 2:

$S_2$  = Corresponde a la sección dos, ubicada en el centro del ducto, consta de dos desviaciones destinadas a la impulsión de aire.

$$S_2 = \frac{2900}{7 \cdot 3600} = 0.115079 \text{ m}^2 = 1150,79 \text{ cm}^2$$

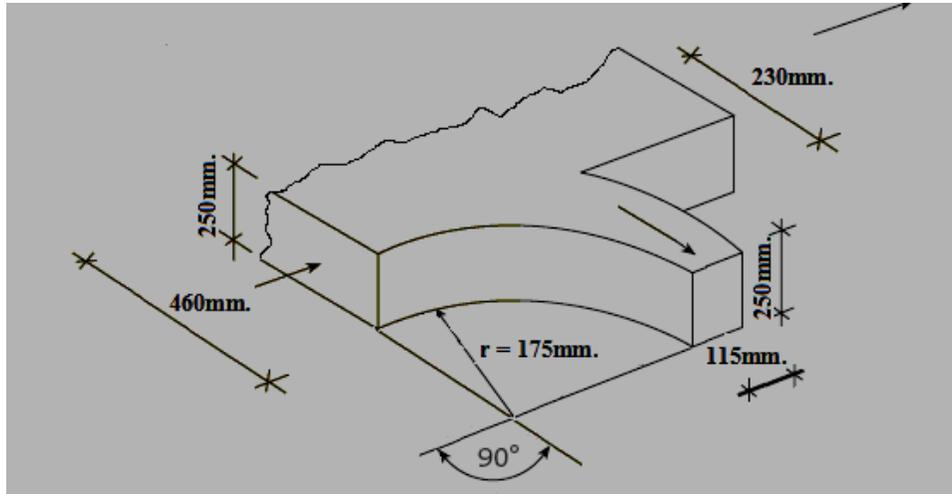


FIGURA N° 27 Representación tramo 2

Las dimensiones de este tramo N°2 corresponde a una altura (H) de 25 cm., y una anchura (W) de 46 cm., a modo de comparación esta sección le corresponde un diámetro equivalente remplazando en la ecuación (6.3), donde se obtiene:

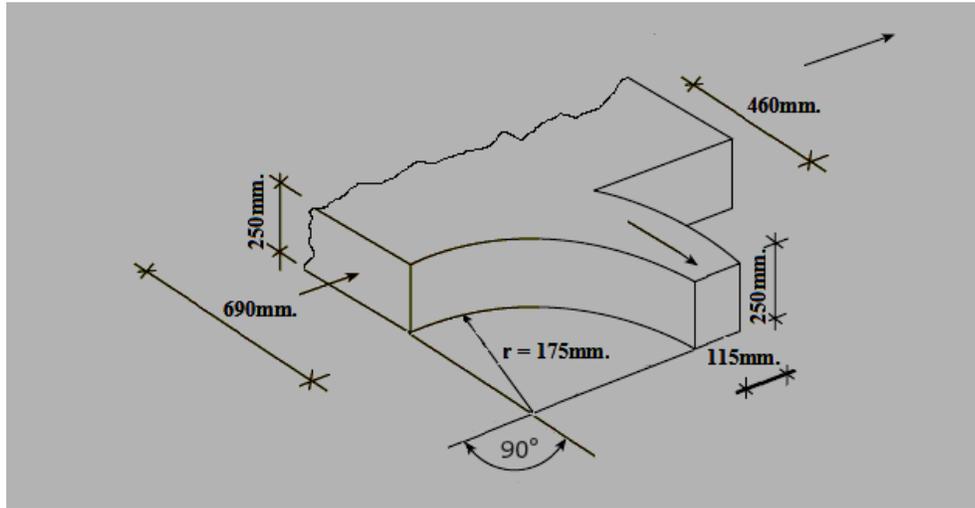
$$D_e = 1.3 \times \frac{(46 \cdot 25)^{0,625}}{(46 + 25)^{0,25}} = 36,65 \text{ cm.} = 366,6 \text{ mm.}$$

$$D_e(S_2) = 36,65 \text{ cm} = 366,5 \text{ mm}$$

### 6.4.3.- Cálculo de la sección 3:

$S_3$  = Corresponde a la sección tres, ubicándose como tramo principal del ducto, siendo el más cercano a la UAA, consta de dos desviaciones destinadas a la impulsión de aire.

$$S_3 = \frac{4350}{7 \cdot 3600} = 0.172619 \text{ m}^2 = 1726,19 \text{ cm}^2$$



**FIGURA N° 28** Representación tramo 3

Las dimensiones del tramo N°3 corresponden a una altura (H) de 25 cm. y una anchura (W) de 69 cm., a modo de comparación esta sección le corresponde un diámetro equivalente, reemplazando en la ecuación (6.3), donde se obtiene:

$$D_e = 1.3 \times \frac{(69 \cdot 25)^{0,625}}{(69 + 25)^{0,25}} = 44,02 \text{ cm.} = 440,2 \text{ mm.}$$

$$D_{e(S3)} = 44,02 \text{ cm} = 440,2 \text{ mm}$$

### 6.5.- Cálculo de la pérdida de carga en el ducto de impulsión.

El caudal de aire que circula, se divide en 6 rejillas las que entregarán el aire acondicionado al Casino Miraflores:

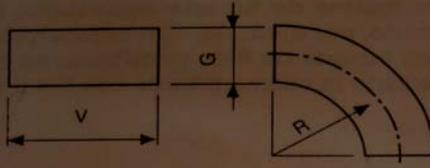
$$V_{(x \text{ rejilla})} = \frac{4350}{6} = 725 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right], \text{ que es lo que proporcionará cada rejilla.} \quad (6.1)$$

Luego las pérdidas de carga se realizan por tramos.

### 6.5.1.- Pérdida de carga en la sección 1.

Este tramo consta de dos curvas mas una sección de tubería recta, donde la sección del ducto de abastecimiento de estas dos curvas de impulsión corresponde a una sección rectangular de medidas altura  $H= 25$  cm, y de un ancho  $W = 23$  cm.

Por ser dos curvas tenemos que el ancho hay que dividirlo en 2, obteniéndose un valor  $G= 11,5$  cm y un valor  $V=H= 25$  cm, con los cuales se obtiene, el factor  $V/G$ ;  $V/G= 25/11,5 = 2,17$ ; se asume un coeficiente  $R/G = 1,5$ : con estos datos se ingresa al figura N° 29, de donde se obtiene el factor  $L/G$ , el cual corresponde a un valor igual a 5, despejando el valor  $L$ , el cual corresponde al largo equivalente. [5]



$\frac{V}{G}$	$\frac{R}{G}$	$\frac{L}{G}$
0,25	0,5	25
	0,75	12
	1,00	7
	1,50	4
0,50	0,50	40
	0,75	16
	1,00	9
	1,50	4
1,00	0,50	50
	0,75	21
	1,00	11
	1,50	4,5
2,00	0,50	55
	0,75	30
	1,00	13
	1,50	5
4,00	0,50	65
	0,75	43
	1,00	17
	1,50	6

**FIGURA N° 29** Corresponde a longitud equivalente de curvas en 90°[5].

$$L/G=5 \quad L=5 \cdot G = 5 \cdot 11,5 = 57,5 \text{ cm} = 0,575 \text{ m.}$$

$$L= 0,575 \text{ m}$$

Este tramo consta de 2 curvas iguales  $L_{(\text{equivalente})} = 1,15 \text{ m}$ . donde hay que agregarle la pérdida a la sección de ducto recto el que tiene un largo =  $6,5 \text{ m}$

$$\text{Longitud total equivalente} = 1,15 + 6,5 = 7,65 \text{ m}$$

Para el cálculo de la caída de presión para este tramo N°1, se debe calcular en principio la caída unitaria correspondiente para éste tramo, en donde se debe reemplazar los valores, en la ecuación (6.3) se tiene:

$$V=1450 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$D_e = 262,2 \text{ mm}$$

Con estos datos y mediante el diagrama de pérdida de carga, según figura N° 30 se obtiene la caída de presión unitaria correspondiente a éste tramo.

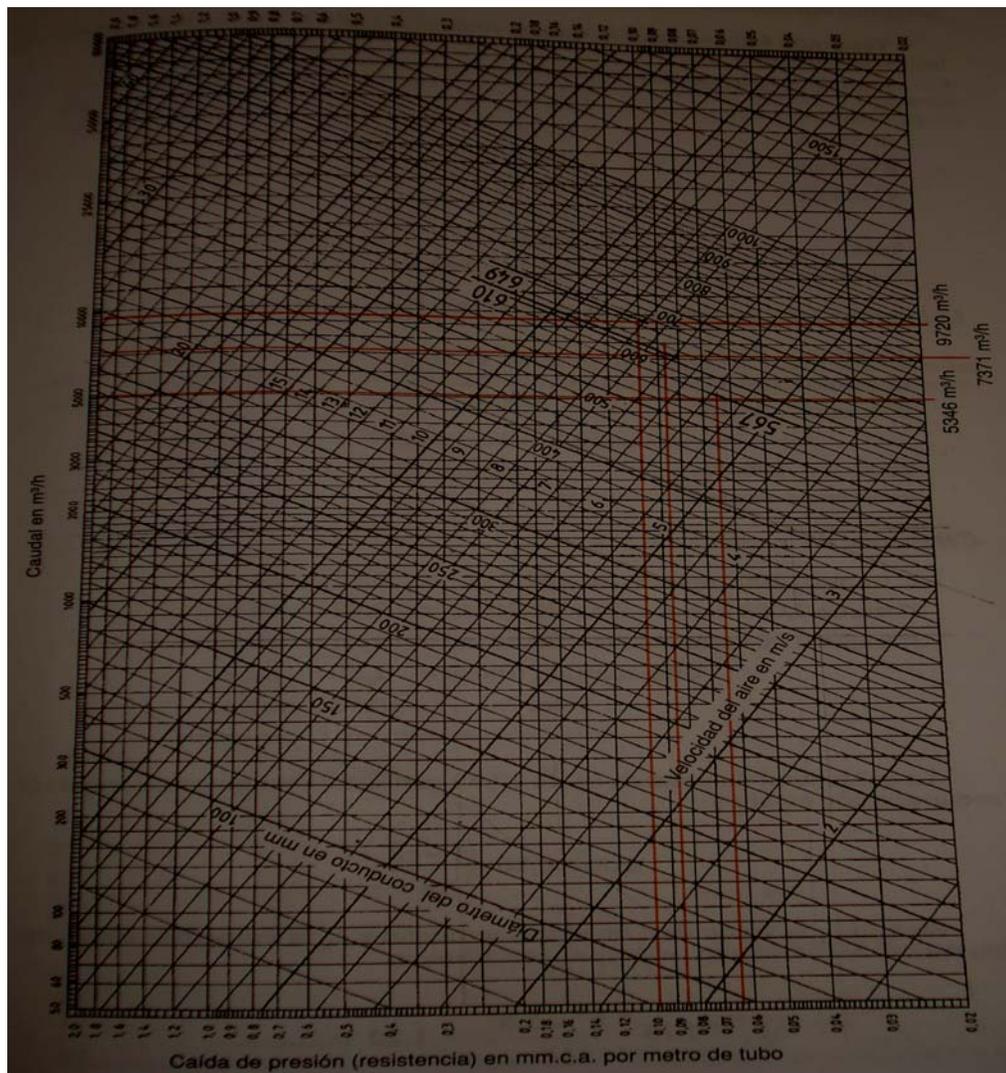


FIGURA N° 30 Diagrama de pérdida de carga [5].

Donde se obtiene una caída unitaria para el tramo N°1 correspondiente de 0,28

$$\frac{mm.c.a}{m}$$

$$\Delta P = L_{equivalente} \cdot \text{Caída unitaria}$$

**(6.4)**

$$\Delta P = 7,65 \text{ m} \cdot 0,28 \frac{mm.c.a}{m}$$

$$\Delta P (\text{tramo N}^\circ 1) = 2,142 \text{ mm.c.a}$$

### 6.5.2.- Pérdida de carga en la sección 2.

En la sección 2, se presentan pérdidas por derivación.

Pero en la totalidad del ducto se mantiene la velocidad constante, con la que se puede calcular la sección de la rejilla, la que queda expresada de la siguiente forma, según ecuación (6.2).

$$\text{Sección 2: } = \frac{725}{7 \cdot 3600} = 2,87698 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 = 287,69 \text{ cm}^2, \text{ lo que origina medidas de sección}$$

$$\text{de } 20 \cdot 14,4 = 288 \text{ cm}^2$$

- Además se presenta un ángulo de derivación de 90° y una relación de velocidad en la derivación y velocidad en el conjunto principal =1.

- En el que se obtiene un resultado de n=1,5

**CUADRO N° 38** Relación entre las velocidades en la derivación y el conducto principal [5].

Angulo de la derivación	Relación entre las velocidad en la derivación y la velocidad en el conducto principal						
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	3
90°	6,5	3,1	2	1,5	0,95	0,74	0,62
60°	5	2,2	1,3	0,77	0,47	0,47	0,58
45°	3,5	1,3	0,64	0,43	0,40	0,45	0,54

Luego las pérdidas quedan dadas  $\Delta P = \frac{n \cdot c^2}{16}$  (6.4)

$$= \frac{1,5 \cdot 49}{16} = 4,6 \text{ mm.c.a}$$

$D_{\text{equivalente}} = 366,5$  con estos datos el gráfico entrega una caída unitaria de presión de  $0,2 \frac{\text{mm.c.a}}{m}$

$$V = 2900 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$\Delta P = \frac{4,6}{0,2} = 23m, \text{ como son 2 derivaciones es } 46m$$

Por lo tanto las pérdidas quedan expresadas por  $46 m + 6,5 m = 52,5 m$

$$\Delta P = L_{\text{equivalente}} \cdot \text{Caída unitaria} \quad (6.5)$$

$$\Delta P = 52,5 m \cdot 0,2 \frac{\text{mm.c.a}}{m}$$

$$\Delta P (\text{tramo N}^\circ 2) = 10,5 \text{ mm.c.a}$$

### 6.5.3.- Pérdida de carga en la sección 3.

En las pérdidas de carga de las dos curvas iguales equivalen a 1,15 m y la longitud equivalente = 1,15 m + 6,5 m = 7,65 m

Realizando el mismo procedimiento con un caudal es de  $V = 1450 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$  y un  $D_e$

reemplazado en la ecuación (6.3). se obtiene:

$$D_e = 262,2 \text{ mm}$$

El gráfico N° 30 representa una caída de presión de 0,28 mm.c.a

$$\Delta P = L_{\text{equivalente}} \cdot \text{Caída}_{\text{unitaria}} \quad (6.5)$$

$$\Delta P = 7,65 \text{ m} \cdot 0,28 \frac{\text{mm.c.a}}{\text{m}}$$

$$\Delta P (\text{tramo N°3}) = 2,142 \text{ mm.c.a}$$

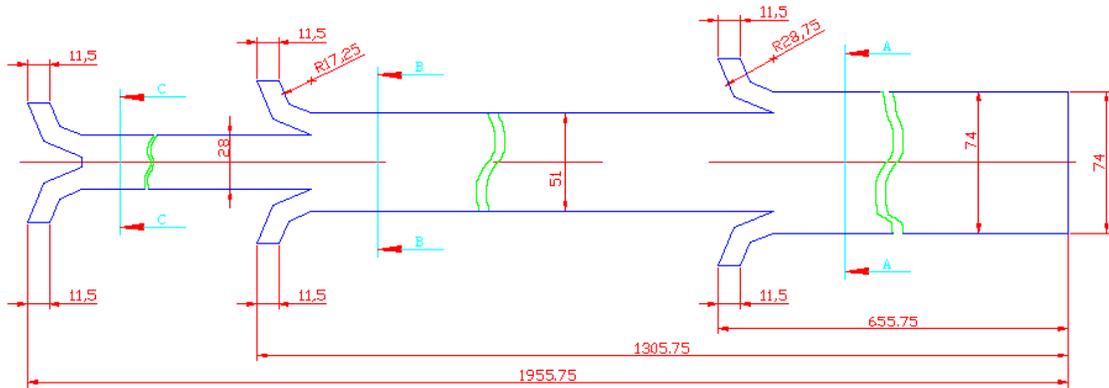
### 6.5.4 Total pérdida de carga en el ducto de impulsión.

$$\sum \Delta P = \Delta P(\text{tramo N°1}) + \Delta P(\text{tramo N°2}) + \Delta P(\text{tramo N°3})$$

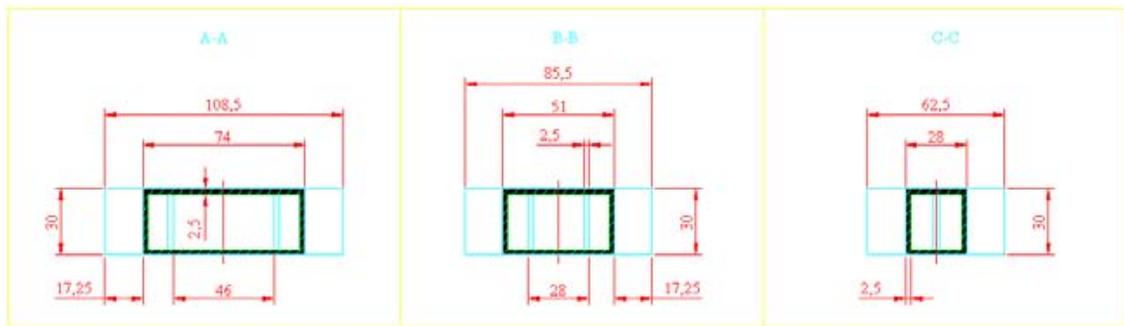
$$\sum \Delta P = 2,142 \text{ mm.c.a} + 10,5 \text{ mm.c.a} + 2,142 \text{ mm.c.a}$$

$$\sum \Delta P = 14,784 \text{ mm.c.a}$$

En donde las dimensiones quedan representadas en la figura N° 32.



**FIGURA N° 31** Dimensionamiento del ducto de impulsión



**FIGURA N° 32** Dimensionamiento de las diferentes secciones transversales del ducto de impulsión

### 6.6.- Cálculo de ductos de recirculación

El cálculo se realiza en un sentido, aprovechando la simétrica geométrica del Casino Miraflores.

$$V = 1560 \left[ \frac{m^3}{hr} \right], \text{ caudal proveniente de } 13 \left[ \frac{m^3}{hr} \right] \text{ por } 120 \text{ personas.}$$

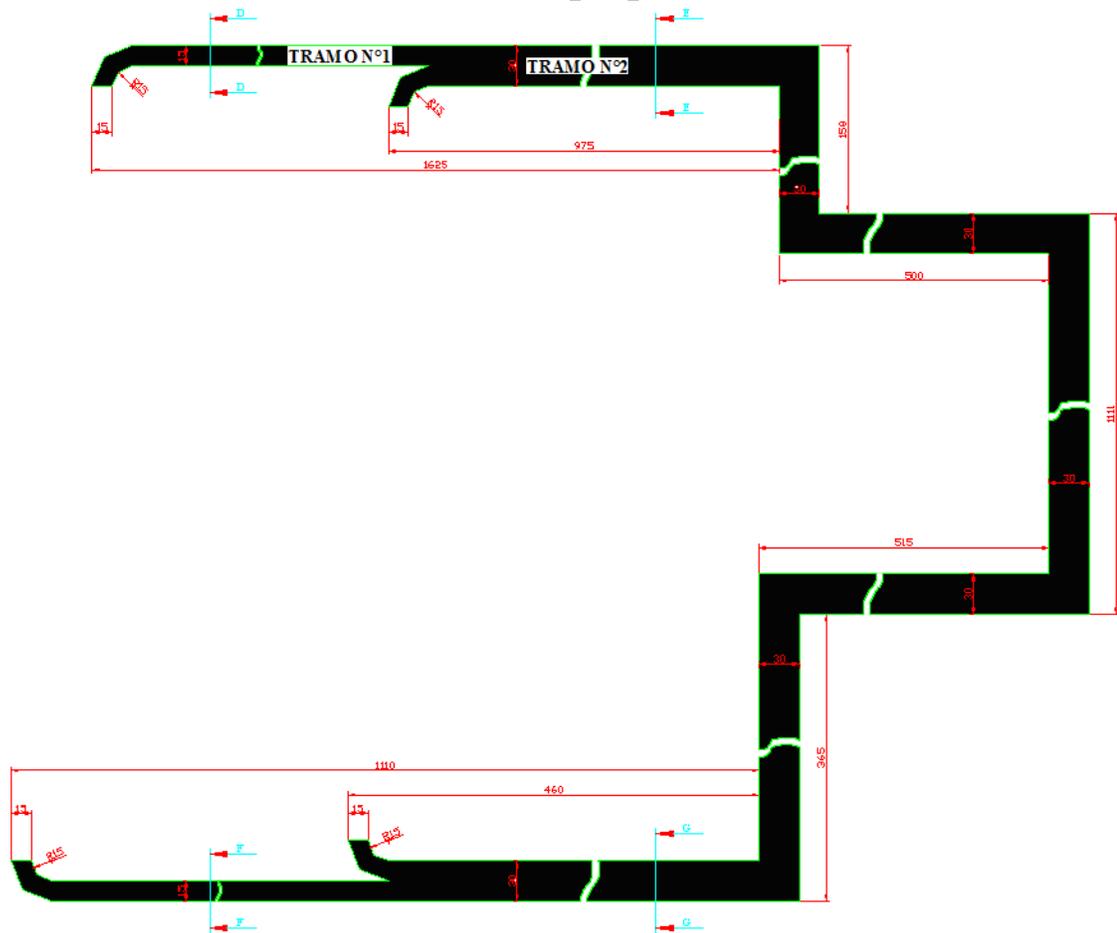
$$\text{Caudal equivalente a cada rejilla de recirculación} = 390 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

Se obtiene la velocidad aconsejable del cuadro N° 39, donde recomienda que la velocidad sea superior a  $4 \left[ \frac{m}{s} \right]$  [5].

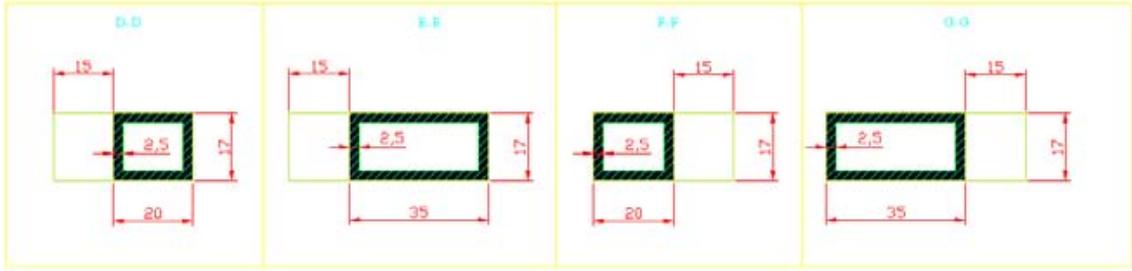
**CUADRO N° 39** Velocidades aconsejables del aire [5].

Situación de la rejilla de recirculación	Velocidad
Por encima de la zona ocupada	Más de 4 m/s
En el interior de la zona ocupada, en el extremo superior	Entre 3 y 4 m/s
En el interior de la zona ocupada, en el extremo inferior	Entre 2 y 3 m/s
Aberturas por debajo de las puertas	Entre 1 y 1,5 m/s

Para el cálculo se asume una velocidad de  $6 \left[ \frac{m}{s} \right]$



**FIGURA N° 33** Dimensionamiento del ducto de recirculación



**FIGURA N° 34** Dimensionamiento de las diferentes secciones transversales del ducto de recirculación.

$$\text{Sección 1(recirculación)} = \frac{V}{c \cdot 3600} = 180,555 \text{ cm}^2 \quad (6.2)$$

en donde la sección queda de 12'15cm

$$D_e = 1,3 \frac{(15 \cdot 12)^{0,625}}{(15 + 12)^{0,25}} = 14,64 \text{ cm} = 146,4 \text{ mm} \quad (6.3)$$

**Tramo1**

Consta de una curva

$$G=15 \quad \frac{V}{G} = \frac{12}{15} = 0,8 \quad \frac{R}{G} = 1,5$$

$$V=12$$

The diagram shows a 90-degree curve with a radius R and a width G. The length of the curve is V. The curve is shown in a perspective view, with the radius R and width G indicated by arrows. The length V is also indicated by an arrow.

$\frac{V}{G}$	$\frac{R}{G}$	$\frac{L}{G}$
0,25	0,5	25
	0,75	12
	1,00	7
	1,50	4
0,50	0,50	40
	0,75	16
	1,00	9
	1,50	4
1,00	0,50	50
	0,75	21
	1,00	11
	1,50	4,5
2,00	0,50	55
	0,75	30
	1,00	13
	1,50	5
4,00	0,50	65
	0,75	43
	1,00	17
	1,50	6

**FIGURA N° 35** Longitud equivalente de curvas de 90°[5].

$$\frac{L}{G} = 4,3 \quad L = 4,3 \cdot 15 = 64,5m$$

### Pérdidas en tramo 1

$$L_{equivalente} = l \text{ arg o ducto} + L_{equivalente} (\text{curva})$$

$$L_{equivalente} = 6,3m. + 64,5m. = 70,8m.$$

$$Caida \text{ unitaria} = 0,45 \frac{mm.c.a}{m.}$$

Con estos valores se puede obtener la pérdida del tramo N°1:

$$Pérdida \text{ tramo } N^{\circ}1 = L_{equivalente} \cdot caída \text{ unitaria}$$

$$Pérdida \text{ tramo } N^{\circ}1 = 70,8m \cdot 0,45 \frac{mm.c.a}{m}$$

$$Pérdida \text{ tramo } N^{\circ}1 = 31,86mm.c.a$$

$$\text{Sección } 2 = \frac{V}{3600 \cdot c} = \frac{780}{3600 \cdot 6} \cdot 10000 = 361,1cm^2 \quad (6.2)$$

La que da una sección de  $12 \cdot 30 = 360cm^2$

$$D_e = 1,3 \frac{(30 \cdot 12)^{0,625}}{(30 + 12)^{0,25}} = 20,22cm = 202,22mm \quad (6.3)$$

### Tramo N°2

Este tramo consta de 1 derivación y 4 codos

4 curvas iguales

$$V = 30$$

$$G=12 \qquad \frac{V}{G} = \frac{30}{12} = 2,5 \qquad \frac{R}{G} = 1,5$$

Obtener valores según figura N° 36

$$\frac{L}{G} = 5,25 \qquad L = 5,25 \cdot 12 = 63m$$

$$\text{Caída unitaria} = 0,25 \frac{mmca}{m}$$

En cuanto a la derivación la velocidad se mantiene constante y es igual a la del ducto principal.

- Relación entre las velocidades en la derivación y la velocidades el ducto principal=1, Teniendo un ángulo de 90° se obtiene un:

$$N=1,5$$

Angulo de la derivación	Relación entre las velocidad en la derivación y la velocidad en el conducto principal						
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	3
90°	6,5	3,1	2	1,5	0,95	0,74	0,62
60°	5	2,2	1,3	0,77	0,47	0,47	0,58
45°	3,5	1,3	0,64	0,43	0,40	0,45	0,54

**FIGURA N° 36** Relación entre las velocidades en la derivación y la velocidad en el conducto principal [5].

### Caída de presión en la derivación

$$\Delta P = \frac{n \cdot c^2}{16} = \frac{1,5 \cdot 36}{16} = 3,375 mmca \qquad (6.4)$$

$$\text{Pérdida tramo N°2} = 4 \cdot L_{\text{equivalente}}(\text{curva}) \cdot \text{caída unitaria} + \Delta P$$

$$\text{Pérdida tramo N°2} = 4 \cdot 63m \cdot 0,25 \frac{mm.c.a}{m} + 3,375 mm.c.a$$

*Pérdida tramo N°2 = 66,375mm.c.a*

### **Pérdida total ducto de recirculación**

Por la correspondiente simetría del ducto de recirculación sólo se calculó la mitad de este, lo que obliga a doblar los valores de pérdida de los dos tramos.

$$\sum \Delta P_{(RECIRCULACIÓN)} = 2 \cdot (\Delta P(\text{tramo } N^{\circ}1) + \Delta P(\text{tramo } N^{\circ}2))$$

$$\sum \Delta P_{(RECIRCULACIÓN)} = 2 \cdot (31,86\text{mm.c.a} + 66,375\text{mm.c.a})$$

$$\sum \Delta P_{(RECIRCULACIÓN)} = 196,47\text{mm.c.a}$$

### **6.7.- Características de la Bomba de Calor elegida**

Marca: HITECSA modelo WCHBZ 501 o similar, de 14190 Kcal/hr de potencia frigorífica, y 16856 Kcal/hr de potencia calorífica, correspondiendo a una bomba de calor unitaria compacta **agua/aire** de forma horizontal, la que reúne las condiciones para su funcionamiento.

Para los requerimientos de la edificación será necesario la instalación de 3 bombas de calor, siendo utilizado los 3 equipos para cumplir con la potencia frigorífica, y con sólo el funcionamiento de 2 de ellos, para los requerimientos de potencia calorífica, ver ANEXO N°1

**CUADRO N° 40** Potencia de las bombas de calor elegidas (Anexo N°1)

	Requerida según cálculo	Entregada por bombas de calor
Potencia frigorífica	37.178,4 (Kcal/hr)	42.570 (Kcal/hr)
Potencia calorífica	26.806,2 (Kcal/hr)	33.712 (Kcal/hr)

### **Intercambiador interior**

Refrigerante/aire. Construido en aletas de aluminio y tubo de cobre.

### Intercambiador exterior

Agua/Refrigerante, del tipo tubo (coaxial), todo cobre, refrigerado por agua a contracorriente. El tubo interior es aleteado y el tubo exterior forma la carcasa.

### Alimentación eléctrica

Modelo 501 230.III.50 Hz~ ó 400.III+N.50 Hz~

## 6.8.- Selección de la bomba de agua

### 6.8.1.- Altura manométrica ( $H_m$ )

Es la altura, presión diferencial o resistencia que tiene que vencer la bomba compuesta de

$$H_m = H_g + P_c + 10 \cdot \frac{P_i - P_a}{\gamma} \quad (6.6)$$

6.8.2.- **Altura geométrica ( $H_g$ ).** Desnivel existente entre el mínimo nivel de aspiración y el punto más alto de impulsión expresado en metros.

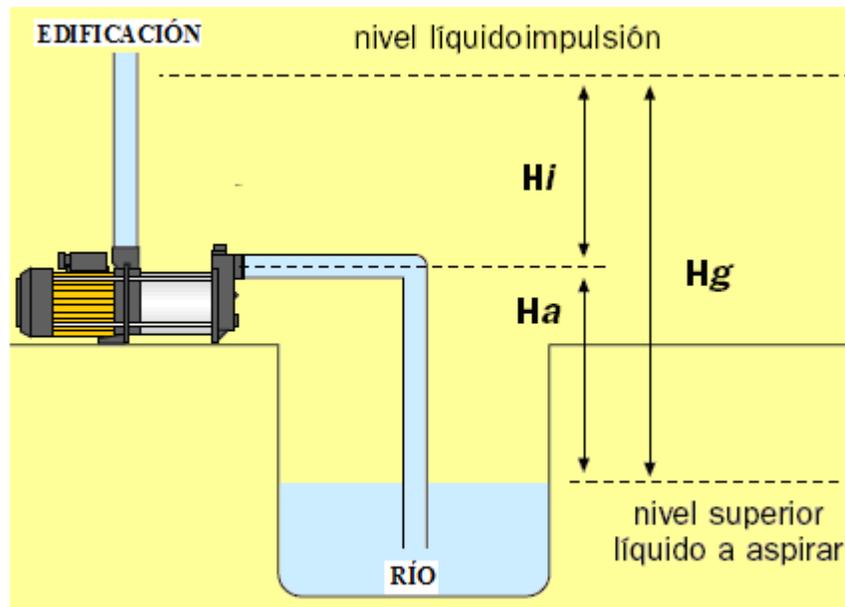


FIGURA N° 37 Representación esquemática altura geométrica [12].

Donde:

$H_g$  = altura de aspiración ( $H_a$ ) + altura de impulsión ( $H_i$ ) con los siguientes valores;

$$H_a = 4 \text{ m} \quad H_i = 11 \text{ m} \quad \rightarrow H_g = 15 \text{ m}$$

**6.8.3.- Pérdida de carga ( $P_c$ ).** Resistencia que ofrece al paso del líquido las tuberías, curvas, válvulas, etc. Expresada en metros.

$P_c$  = Pérdida de carga en aspiración + Pérdida de carga en impulsión

Para obtener las pérdidas parciales se deberá realizar varios cálculos expresados a continuación.

Según los requerimientos de consumo de agua de las **bombas de calor agua-aire**, los tres equipos tendrán un consumo máximo de  $1 \left[ \frac{l}{s} \right]$ ,

$$Q = \text{caudal, en } \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$Q = 1 \frac{l}{s} \cdot 3600 \frac{s}{hr} \cdot \frac{1}{1000} \frac{m^3}{l}$$

$$Q = 3,6 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

Para el uso de tuberías de PVC, uno de sus fabricantes (vinilit) recomienda una velocidad máxima.

**CUADRO N° 41** Recomendación de velocidad máxima [15].

TUBERIAS		
Ø mm	Aspiración m/s	Impulsión m/s
25 a 40	1,25	1,5
50 a 70	1,5	2
80 a 100	1,75	2,25
125 a 200	2	2,5
desde 200	2	3

La velocidad en las tuberías se determina según:

$$V = \frac{353,68 \cdot Q}{D^2} \quad (6.7)$$

Al seleccionar una tubería de diámetro nominal de 32 mm, se obtiene una velocidad igual a:

$$Q = 3,6 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$D = 32 \text{ mm}$ , reemplazando valores en la ecuación (6.7) se obtiene:

$$V = 1,2434 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Velocidad esta dentro de los parámetros indicados por el fabricante de la tubería.

Las resistencias por rozamiento que ofrecen los fluidos a su paso por las tuberías y accesorios, son un tanto complejos. Su determinación nunca es exacta.

Para simplificar este cálculo, se utilizaron las tablas adjuntas, en las que se han tabulado aproximadamente los metros de tubería recta a que equivalen las pérdidas de carga en distintos accesorios

**CUADRO N° 42** Pérdidas de carga en las tuberías de PVC/ polietileno [12].

Litros por Hora	En diámetros interiores de tuberías en mm.											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
Metros manométricos por cada 100 metros de recorrido horizontal recto												
500	8.9	2.1	0.6									
800	20.2	4.7	1.3	0.4								
1000	29.8	7	1.9	0.6								
1500		14.2	3.9	1.2	0.5							
2000		23.5	6.4	2	0.9							
2500			9.4	2.9	1.3	0.4						
3000			13	4	1.8	0.5	0.2					
3500			17	5.3	2.3	0.6	0.2					
4000			21.5	6.6	2.9	0.8	0.3	0.1				

El caudal necesario para alimentar las bombas de calor corresponde a 3600  $\left( \frac{l}{hr} \right)$  con una tubería de  $\phi 32 \text{ mm.}$ , el valor exacto no se encuentra tabulado en la tabla anterior por lo que es necesario realizar una interpolación.

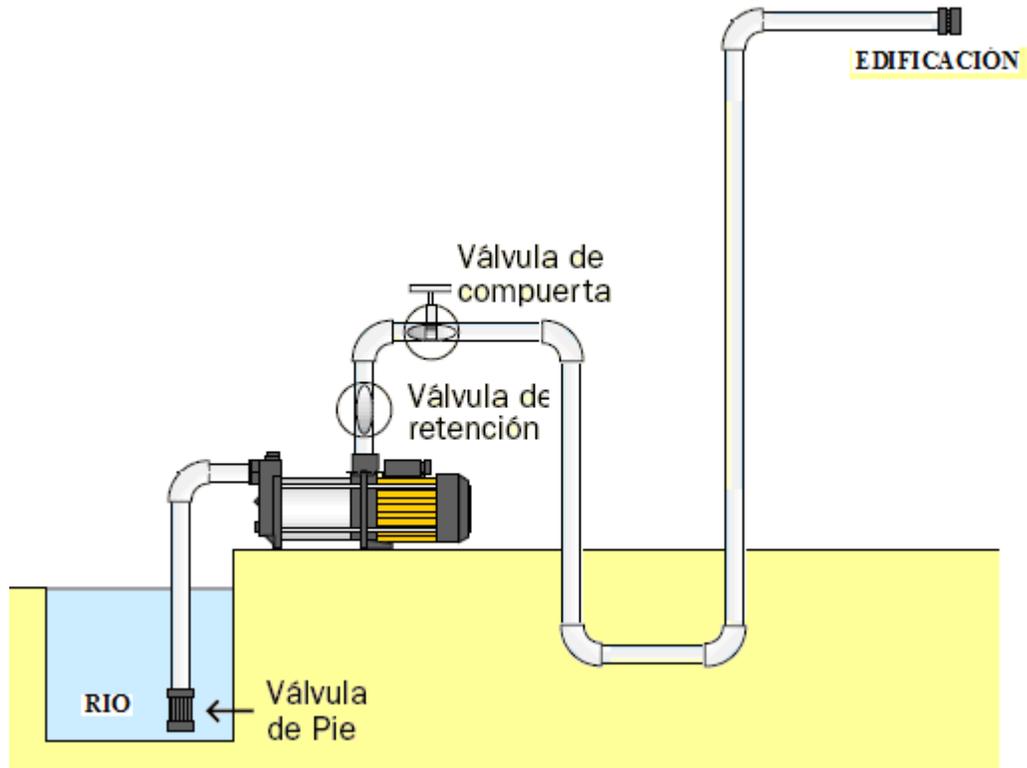
$$\begin{array}{ccc} 5,3 & \text{x} & 6,6 \\ 3500 & 3600 & 4000 \end{array}$$

$$(3600-3500)/(x-5,3) = (4000 -3500)/(6,6-5,3)$$

X= 5,56 m manométricos por cada 100 m de recorrido horizontal recto

**CUADRO N° 43** Pérdidas de carga en los accesorios [15].

Ø del tubo	Conos difusores	Codo de 45°	Codo de 90°	Curva de 90°	Válvula de pie	Válvula de reten.	Válvula abierta	Válvula cerrada 1/4	Válvula cerrada 1/2	Válvula Cerrada 3/4
25	5 m aproximadamente	0,5	1	0,5	5	4		1	5	20
32		0,5	1	1	6	5		1,5	6	25
40		1	1,5	1	8	7		1,5	8	30
50		1	1,5	1	9	8	0,5	2	10	40
60		1	2	1,5	12	10	0,5	2,5	12	50
80		1,5	2,5	1,5	15	13	0,5	3	16	60
100		1,5	3	2	18	16	1	4	20	80
125		2	4	2,5	23	20	1	5	25	100
150		2,5	5	3	28	25	1	6	30	120
200		3	6,5	4	35	30	1,5	8	40	160
250		3,5	8	5	45	40	2	10	50	200
300		4,5	9,5	6	55	50	2	12	60	240
350		5,5	11	7	70	60	2,5	14	70	280
400		6	13	8	80	70	3	16	80	325
500		7	16	10	90	80	3,5	20	100	400



**FIGURA N° 38** Representación Esquemática ducto abastecimiento de agua [12].

**Pérdida de carga en aspiración**, en donde se tiene

Longitud de la tubería: 8 m  
 Perdidas singulares: 6 m (válvula de pie)  
 1 m (codo en 90°)

**Longitud equivalente de la tubería: 15 m**

Con este valor se puede obtener la pérdida en *m.c.a* a través de la tabla de pérdidas de carga. Es decir, 3600  $\left[ \frac{l}{hr} \right]$  en una tubería de  $\phi$  32 mm. Correspondiendo a 5,56 m manométricos por cada 100 m lineales de tubería de las características dadas.

$$\text{Entonces, } \frac{5,56 \cdot 15}{100} = 0,834 m.c.a$$

**Pérdida de carga en impulsión**, en donde se tiene

Longitud de la tubería: 50 m  
 Perdidas singulares: 5 m (válvula de retención)  
 0 m (válvula de compuerta)  
 5 m (5 codos en 90°)

**Longitud equivalente de la tubería: 60 m**

$$\text{Se procede igual que en el punto anterior, se obtiene: } \frac{5,56 \cdot 60}{100} = 3,336 m.c.a$$

Tras realizar estos cálculos y reemplazando en la formula (6.8), obtenemos la pérdida de carga (**P<sub>c</sub>**)

$$P_c = \text{Pérdida de carga en aspiración} + \text{Pérdida de carga en impulsión} \quad (6.8)$$

$$P_c = 0,834 m.c.a + 3,336 m.c.a$$

$$P_c = 4,17 m.c.a$$

#### 6.8.4.- Presión diferencial

$$10 \frac{P_i - P_a}{\gamma} \quad (6.9)$$

Presión diferencial existente sobre las superficies del líquido en impulsión y aspiración. Expresada en metros.

Donde:

$P_i = P_a =$  Presión atmosférica  $\rightarrow$  que el valor de la presión diferencial sea nulo.

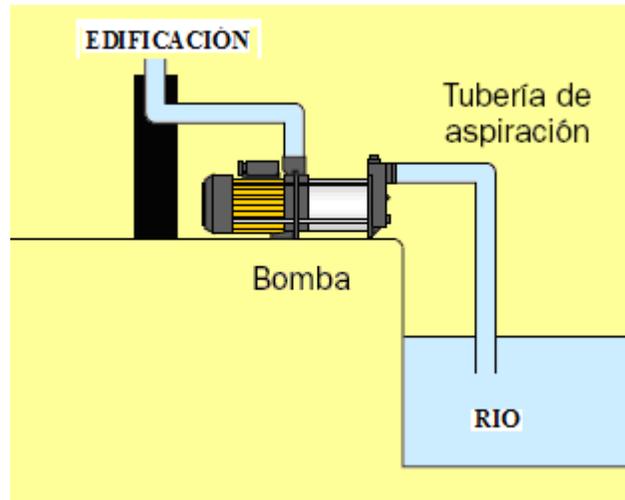
Tras realizar todos los cálculos, es necesario sólo reemplazar los valores en la formula (6.6)

$$H_m = H_g + P_c + 10 \cdot \frac{P_i - P_a}{\gamma} \quad (6.6)$$

$$H_m = 15 + 4,17 + 0$$

$$H_m = \mathbf{19,17 \text{ m.c.a}}$$

En consecuencia, se debe seleccionar una bomba de agua que eleve  $3600 \left[ \frac{l}{hr} \right]$  a una altura de  $19,17 \text{ m.c.a}$



**FIGURA N° 39** Representación del tipo y disposición de la bomba, correspondiente a bomba de superficie en aspiración [12].

**CAPITULO 7 PRESUPUESTO CLIMATIZACION CASINO MIRAFLORES  
A DICIEMBRE DE 2008**

**CUADRO N° 44** Presupuesto de instalación sistema de abastecimiento de agua

Cant.	Denominación	Distribuidor	Precio unitario \$	Precio \$
1	Bomba de agua marca Pedrollo, modelo PK.m100	Ferreteria Sur	\$ 255.380.-	\$ 255.380.-
10	Tubería de PVC hidráulico 32 x 6000mm.para cementar	Homecenter Sodimac	\$ 2.558.-	\$ 25.580.-
6	Codos 90° PVC presión de 32mm. para cementar	Homecenter Sodimac	\$ 201.-	\$ 1.206.-
1	Válvula de pie bronce de 32mm.	Homecenter Sodimac	\$ 6.380.-	\$ 6.380.-
6	Terminal PVC de32mm.x1 pulg. cementado/He de 32mm.	Homecenter Sodimac	\$ 123.-	\$ 738.-
1	Válvula de retención conexión 32mm.	Homecenter Sodimac	\$ 4.230.-	\$ 4.230.-
1	Válvula de esfera (bola) cementar con union americana en PVC	Homecenter Sodimac	\$ 1.920	\$ 1.920.-
2	Lija de madera grano 80	Homecenter Sodimac	\$ 120.-	\$ 240.-
1	Adhesivo Vinilit para PVC, envase plástico de 250 cc.	Homecenter Sodimac	\$ 1.480.-	\$ 1.480.-
1	Instalación bomba con anclaje equipo y armado de red	Maco-Metal Construcciones	\$ 80.000.-	\$ 80.000.-
			<b>Total</b>	<b>\$ 377.154.-</b>

**CUADRO N° 45** Presupuesto de fabricación e instalación de ductos y bomba de calor

Cant.	Denominación	Distribuidor	Precio unitario \$	Precio \$
23	Plancha fabricación conductos Endura Gold de 25mm.	Transaco	\$ 23.640.-	\$ 543.720.-
1	Rollo de 45 metros de cinta selladora uniones para ductos	Transaco	\$ 16.000.-	\$ 16.000.-
1	Armado de ductos	Maco-Metal Construcciones	\$ 125.000.-	\$ 125.000.-
3	Tiras perfil rectangular 40x20x2mm. ASTM-500(soportes horizontales)	Homecenter Sodimac	\$ 10.799.-	\$ 32.397.-
16	Barras fierro estrella 10.5mm x 6m (soportes verticales)	Homecenter Sodimac	\$ 5.391.-	\$ 86.256.-
1	Fabricación y instalación de soportes	Maco-Metal Construcciones	\$ 45.000.-	\$ 45.000.-
1	Conector flexible para ductos de 74x30mm.	Maco-Metal Construcciones	\$ 15.000.-	\$ 15.000.-
3	Bomba de calor agua-aire marca: Hitecsa modelo: WCHBZ 501	HITECSA (España)	\$ 4.735.000.-	\$ 14.205.000.-
6	Rejilla de suministro de 115x250 mm.	Klima	\$ 9.300.-	\$ 55.800.-
1	Filtro de aire de policarbon	Ecozone	\$ 90.000.-	\$ 90.000.-
4	Rejilla de recirculación de 120x150 mm.	Klima	\$ 6.230.-	\$ 24.920.-
1	Instalación de ductos y bombas de calor	Maco-Metal Construcciones	\$ 90.000.-	\$ 90.000.-
			<b>Total</b>	<b>\$ 15.329.093.-</b>

**CUADRO N° 46** Presupuesto de aislamiento y cambio de elementos de la edificación

Cant.	Denominación	Distribuidor	Precio unitario \$	Precio \$
106	Cambio de vidrios por termopaneles en m <sup>2</sup>	PH-Glass	\$ 23.400.-	\$ 2.480.400.-
388	Instalación de poliuretano inyectado en m <sup>2</sup> , con una densidad de 35 kg/m <sup>3</sup>	Thermopol	\$ 8.890.-	\$ 3.449.320.-
			<b>Total</b>	<b>\$ 5.929.720.-</b>

**CUADRO N° 47** Presupuesto de administración e ítem varios

Cant.	Denominación	Precio unitario \$	Precio \$
1	Ítem en caso de variaciones de precio y costos de envío de los elementos	\$ 1.000.000.-	\$ 1.000.000.-
1	Costo de administración	\$ 2.000.000.-	\$ 2.000.000.-
		<b>Total</b>	<b>\$ 3.000.000.-</b>

**7.1.- Resumen del costo total del sistema de climatización**

- Presupuesto de instalación sistema de abastecimiento de agua	<b>\$ 377.154.-</b>
- Presupuesto de fabricación e instalación de ductos bombas de calor	<b>\$ 15.329.093.-</b>
- Presupuesto de aislamiento y cambio de elementos de la edificación	<b>\$ 5.929.720.-</b>
- Presupuesto de administración e ítems varios	<b>\$ 3.000.000.-</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 24.635.967.-</b>

**Nota:** todos los valores incluyen iva.

## CONCLUSIONES

El desafío de incorporar variables de sustentabilidad en el desarrollo del sistema energético, requiere conciliar el abastecimiento de la creciente demanda de energía, con una protección efectiva del medio ambiente, que permita asegurar el derecho de las **generaciones venideras por vivir en un medio ambiente sano y libre de contaminación**, y al mismo tiempo, no frenar el justo anhelo de alcanzar mejores niveles en la calidad de vida y de un mayor progreso para las actuales generaciones de nuestro país.

Resulta sorprendente que en el tiempo que se vive hoy, donde todo apunta a facilitarle la vida a las personas, se sigan utilizando métodos de calefacción obsoletos, que no hacen nada más que contaminar y aportar al calentamiento global que hoy vive el mundo entero. Además, queda claro que no se consigue mucho, al insistir en implementar sistemas de calefacción o climatización sin antes pensar en el aislamiento térmico, que es lo primordial sobre todo en climas relativamente fríos (centro y sur de Chile), en donde por ningún motivo se debe desperdiciar el calor y es de suma importancia la selección de las materialidades del aislamiento térmico, ya que con ello, se economizarán grandes sumas de dinero.

El cumplimiento de la normativa térmica vigente, según la localidad de emplazamiento del Casino Miraflores, para la ciudad de Valdivia corresponde a la zona N° 5, que tiene valores definidos que deben ser cumplidos, y que en el desarrollo del trabajo se muestran muy por debajo. Tras revisar y comparar dichos valores con la normativa vigente, el coeficiente global de transferencia de calor (U) del piso, sobrepasa a la norma en 6,7 veces, seguido de los vidrios con un valor 5 veces superior al coeficiente global de transferencia de calor (U), que establece la normativa vigente. Las mayores pérdidas se encuentran en el piso y no en los vidrios como era de esperar.

En un buen planteamiento constructivo sobre la Arquitectura de un edificio, se debe tener en cuenta que las demandas energéticas cumplan con la Normativa Térmica vigente. Al sugerir soluciones en el desarrollo del trabajo para la edificación del Casino Miraflores, se obtienen mejoras tanto en refrigeración como en calefacción; visto del lado constructivo se disminuyen los porcentajes de pérdida de energía, por medio de la

transferencia de calor entre el interior con el exterior de la edificación, lo que lleva a una reducción del consumo energético. Los porcentajes de ahorro de energía corresponden a un 21,75% de carga térmica en refrigeración y a una mejora muy significativa de un 45,24% de carga térmica en calefacción, lo que demuestra prácticamente un ahorro de energía de la mitad del consumo actual en calefacción. Además las mejoras propuestas contribuyen a dar cumplimiento a la Normativa Térmica Chilena vigente.

Por último con los resultados obtenidos se puede concluir que es factible tanto técnicamente como económicamente la implementación de un sistema de bomba de calor agua - aire, ya que no involucra grandes inversiones y sí proporciona grandes y variados beneficios, tales como eficiencia energética muy superior al sistema actual.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- Belmar R. Contaminación Atmosférica de Santiago: Estado Actual y Soluciones. Capítulo 6. Efectos de la Contaminación Atmosférica sobre la Salud de la Personas. Universidad de Chile, CONAMA-RM, Banco Santander. 1993.
- 2.- Corvalán R.M. Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Santiago. Revista Electrónica Ciencia al Día. Vol 1; N°1, 1998.
- 3.- Fanger Povl Ole, Thermal Comfort, McGraw-Hill Book Company 1972.
- 4.- Hernández Goribar Eduardo, fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa, México, 1995.
- 5.- Miranda Barreras Luis Angel, Enciclopedia de la climatización, aire acondicionado, editorial Ceac, Barcelona, España,1994.
- 6.- ASHRAE HANDBOOK, “Fundamentals SI Edition 1993. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.”. Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA
- 7.- Carrier air conditioning company. “Manual de Aire Acondicionado”, Editorial Marcombo, S.A. Barcelona, España.1996.
- 8.- CONAMA: Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana. Comisión Nacional del Medio Ambiente,1998.
- 9.-HAINES.R, ”Sistemas de control para calefacción, ventilación y aire acondicionado”, Editorial Marcombo, Barcelona, España, 1974.
- 10.- RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, 29 agosto 2007.
- 11.- UNE EN ISO 7730:1996: “Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de aire para el bienestar térmico”. AENOR 1996.
- 12.- Guía práctica para seleccionar una bomba ESPA,1999.(Disponible en [http://www.aquabazar.com/pub/guia\\_seleccion\\_bombas\\_espa.pdf](http://www.aquabazar.com/pub/guia_seleccion_bombas_espa.pdf). (Consultado el 03 de diciembre de 2008).
- 13.- Sitio destinado a la difusión de información útil sobre territorios ambientales.(Disponible en <http://www.territorioverde.cl> (consultado 28 noviembre de 2008).

**14.-** Reglamentación térmica chilena, ordenanza general de urbanismo y construcciones artículo 4.1.10,2006(Disponible en <http://www.minvu.cl> (consultado 14 abril de 2008).

**15.-** Asistencia técnica bomba zeda, (Disponible en [http://www.bombaszeda.com/upload/departamento/1/Es\\_4manometrica.pdf](http://www.bombaszeda.com/upload/departamento/1/Es_4manometrica.pdf) (consultado 20 julio de 2008).

**16.-** Bomba de calor de compresión mecánica (disponible en <http://sarikaah.wordpress.com/2008/10/29/bomba-de-calor/> (consultado 20 abril de 2008).

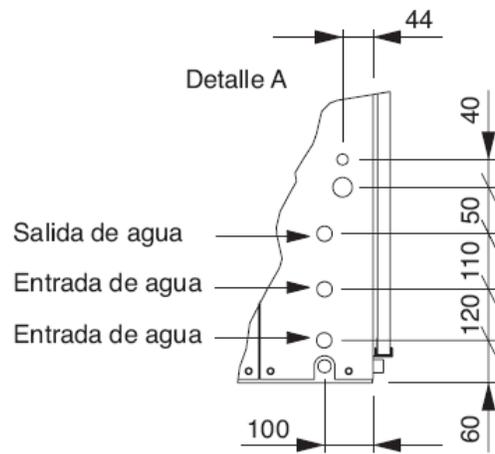
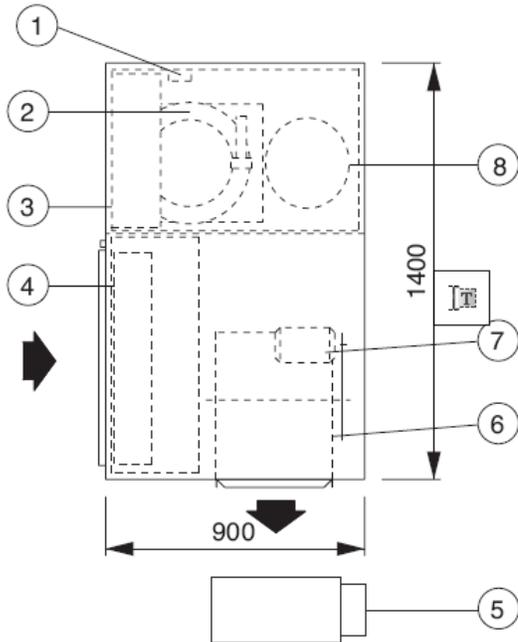
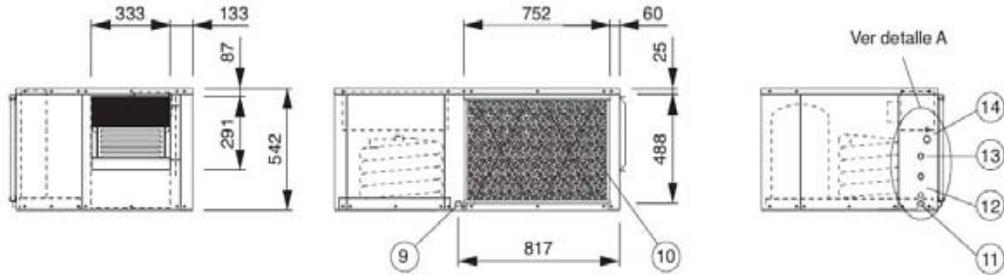
**17.-** Ciclos de calefacción y refrigeración de una bomba de calor (Disponible en [http://www.repsol.com/pe\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/glp\\_butano\\_y\\_propano/guia\\_de\\_los\\_glp/usos\\_del\\_glp/climatizacion/sistemas\\_de\\_climatizacion/bomba\\_de\\_calor/](http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/guia_de_los_glp/usos_del_glp/climatizacion/sistemas_de_climatizacion/bomba_de_calor/) (consultado 20 abril de 2008).

# ANEXO

**ANEXO N° 1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICA BOMBA DE CALOR**

**Dimensiones**

**MOD. 501**



**CONEXIONES AGUA**

<b>MODELO</b>	<b>501</b>
Conexión (macho)	3/4"

**PESO APROXIMADO (kg)**

<b>MODELO</b>	<b>501</b>
Peso neto	166
Peso embalado	186

**DETALLES CONSTRUCTIVOS**

1. Presostato
2. Condensador
3. Cuadro eléctrico
4. Batería
5. Batería eléctrica
6. Turbina
7. Motor turbina
8. Compresor
9. Drenaje interior 3/4" macho
10. Filtro aire
11. Drenaje exterior 3/4" macho
12. Entrada agua macho
13. Salida agua macho
14. Entrada alimentación eléctrica

**Especificaciones Técnicas****Refrigerante**

Carga de refrigerante 407C	kg	2,75
----------------------------	----	------

**Características Generales**

Voltaje (50 Hz ~)	V	230.III	400.III
Potencia total absorbida (frío) (1)	kW	5,10	
Corriente total absorbida (frío) (1)	A	15,1	8,7
Potencia máx. absorbida (frío) (2)	kW	6,10	
Corriente máx. absorbida (frío) (2)	A	18,0	10,4
Potencia total absorbida (calor) (3)	kW	4,95	
Corriente total absorbida (calor) (3)	A	14,6	8,4
Potencia total absorbida (calor) (4)	kW	5,55	
Corriente total absorbida (calor) (4)	A	16,4	9,4
Corriente de arranque	A	131	70

**Presión sonora(a 2 m)**

Unidad	dB (A)	65
--------	--------	----

## Potencias Caloríficas

Temp. seca int. °C	Temperatura entrada agua intercambiador							
	10	12	14	16	18	20	22	24

MOD. WCHBZ 501. CAUDAL DE AIRE 972 l/s.

18	Pot. kW	17,52	18,36	19,18	19,99	20,72	21,27	21,89	22,50
	C.O.P.	3,98	4,04	4,11	4,17	4,21	4,25	4,28	4,32
21	Pot. kW	17,05	17,97	18,78	19,60	20,35	20,94	21,56	22,17
	C.O.P.	3,77	3,84	3,90	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
24	Pot. kW	16,65	17,53	18,37	19,13	19,90	20,52	21,15	21,83
	C.O.P.	3,54	3,61	3,67	3,75	3,80	3,85	3,89	3,93

### NOTAS:

- La potencia calorífica integrada tiene en cuenta la pérdidas producidas durante el desescarche.
- En la potencia calorífica instantánea no se contemplan las pérdidas por desescarche. Para temperaturas exteriores superiores a 6 °C la potencia instantánea e integrada coinciden.
- Las potencias de calor y C.O.P. son para caudal y motor estándar. Para distintos caudales utilizar coeficiente de corrección.

### FACTORES DE CORRECCION

% caudal aire	80	90	110	120
Potencia	0,95	0,98	1,02	1,04
C.O.P.	0,93	0,97	1,03	1,05

## Consumo De Agua

MODELO	Temperatura entrada agua °C			15		20		25		30		35	
	Temperatura de condensación °C	EWBT °C	Potencia frigorífica	LWT °C	WT l/s								

WCHBZ 501	35	15	14,72	28,20	0,35	28,80	0,52	29,40	1,04	-	-	-	-
		17	15,92	29,09	0,35	29,39	0,52	29,70	1,04	-	-	-	-
		19	17,10	30,00	0,35	30,00	0,52	30,00	1,04	-	-	-	-
		21	18,32	30,92	0,35	30,61	0,52	30,31	1,04	-	-	-	-
	40	15	14,11	32,59	0,26	33,19	0,34	33,80	0,52	34,40	1,03	-	-
		17	15,32	33,81	0,26	34,10	0,34	34,40	0,52	34,70	1,03	-	-
		19	16,50	35,00	0,26	35,00	0,34	35,00	0,52	35,00	1,03	-	-
		21	17,71	36,21	0,26	35,91	0,34	35,61	0,52	35,30	1,03	-	-
	45	15	13,46	36,95	0,20	37,56	0,26	38,17	0,34	38,78	0,51	39,39	1,02
		17	14,66	38,47	0,20	38,78	0,26	39,08	0,34	39,39	0,51	39,69	1,02
		19	15,86	40,00	0,20	40,00	0,26	40,00	0,34	40,00	0,51	40,00	1,02
		21	17,07	41,52	0,20	41,21	0,26	40,91	0,34	40,61	0,51	40,30	1,02
	50	15	5,80	41,32	0,17	41,93	0,20	42,54	0,25	43,16	0,34	38,77	0,51
		17	13,98	43,16	0,17	43,47	0,20	43,77	0,25	44,08	0,34	44,39	0,51
		19	15,18	45,00	0,17	45,00	0,20	45,00	0,25	45,00	0,34	45,00	0,51
		21	16,35	46,80	0,17	46,50	0,20	46,20	0,25	45,90	0,34	45,60	0,51

### NOTAS:

EWBT= Temperatura entrada bulbo húmedo (°C). LWT= Temperatura salida agua (°C). WT= Caudal agua (l/s).

## Caída De Presión

		CAUDAL DE AGUA												
MODELO	l/s	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
WCHBZ	m <sup>3</sup> /h	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3	4,7
501	-	2,0	3,7	7,0	8,5	12,0	16,0	21,0	25,0	28,0	33,0	37,5	42,0	

## Precio De Referencia

### BOMBAS DE CALOR AGUA - AIRE

### SERIE WCHBZ/WCVBZ

#### TIPO HORIZONTAL

MODELO	POT. W FRÍO-CALOR	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	AnchoxFondoxAlto mm	VOLT.50Hz	PRECIO €
WCHBZ 501	16500-19600	3400	900 x 1400 x 542	230 ó 400.III	5817,00



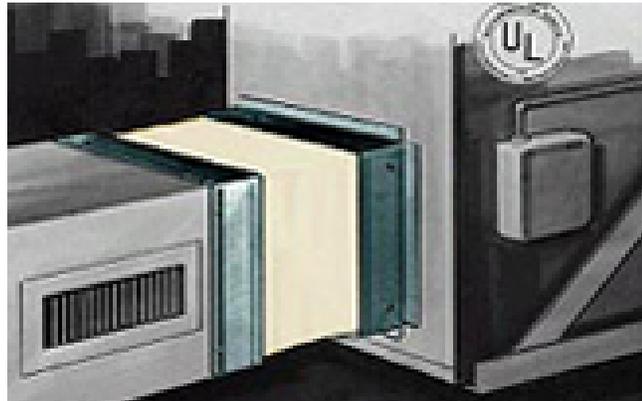
**Nota:** El valor está sujeto a variaciones por el cambio de moneda \$ 4.735.000 c/u + los respectivos gastos de instalación.

1 Euro: \$ 814 pesos. Fecha: 11/11/08

## ANEXO N° 2      CONFORMACIÓN DE DUCTOS MEDIANTE PLANCHAS ENDURA GOLD

El ducto se conforma a partir de estas planchas, cortándolas y doblándolas para obtener la sección deseada.





Conector flexible para ductos, son de marca Owens Corning, distribuidos por TRANSACO S.A. Valenzuela Castillo 1078, Providencia - Santiago - Chile - Mesa Central : (56-2) 421 8070, Fax : (56-2) 236 2036

### ANEXO N° 3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL POLIURETANO INYECTADO

La aplicación del poliuretano se realiza con una máquina de proyección especial, que proporciona la potencia adecuada para controlar la dosificación del producto, así como regulación del caudal y la presión. La velocidad del viento debe ser inferior a 30 km/h, salvo que se utilicen pantallas protectoras.

En el cuadro siguiente se especifican las características técnicas de la espuma de poliuretano basado en Polioliol y Disisocianato de Difenilmetano.

Características	Norma	Unidad	Propiedades							
			Paredes y techos		Paredes, techos y suelos		Cubiertas impermeables			
Densidad	UNE 1602	Kg/m <sup>3</sup>	30	32	35	40	45	50	55	60
Espesor	Según método UNE 92120	Mm	> 20		> 30					
Coefficiente de conductividad térmica	UNE 92202	W/m.K	0,026							
Absorción de agua	DIN 53428	% volumen	< 4,1	< 3,9	< 3,7	< 3,3	< 2,9	< 2,6	< 2,4	< 2,3
Permeabilidad al vapor de agua	UNE 92226	U	> 98	> 102	> 107	> 115	> 127	> 142	> 150	> 164
Resistencia a la compresión	UNE EN 826	KPa	> 115	> 130	> 150	> 185	> 220	> 255	> 290	> 325
Resistencia a la tracción	UNE EN 1607		> 180	> 220	> 275	> 370	> 450	> 550	> 680	> 820
Estructura celular	ISO 4590	% Cerrada	> 90							
Comportamiento al fuego	UNE 23727	---	M1 a M4							
Coefficiente de dilatación o contracción		K <sup>-1</sup>	5 a 8 · 10 <sup>-5</sup>							

# **PK** pumps with peripheral impeller



**RANGE OF PERFORMANCE**

Flow rate up to 90 l/min (5.4 m<sup>3</sup>/h)  
Head up to 100 m

**LIMITS OF USE**

Manometric suction lift up to 8 m  
Liquid temperature up to + 60°C  
Environment temperature up to + 40°C

**CONSTRUCTION AND SAFETY STANDARDS**

EN 60 335-1      EN 60034-1  
IEC 335-1        IEC 34-1  
CEI 61-150       CEI 2-3



**INSTALLATION AND USE**

They are recommended for pumping clean water without abrasive particles and liquids that are chemically non aggressive to the materials from which the pump is made.  
**FOR THEIR RELIABILITY, SIMPLICITY OF USE AND ECONOMY THEY ARE SUITABLE FOR DOMESTIC USE AND IN PARTICULAR FOR DISTRIBUTING WATER IN COMBINATION WITH SMALL PRESSURE SETS, FOR IRRIGATING GARDENS.**  
The pumps must be installed in enclosed places, or at least protected against inclement weather.

**GUARANTEE 2 YEARS** subject to our general terms of sale.

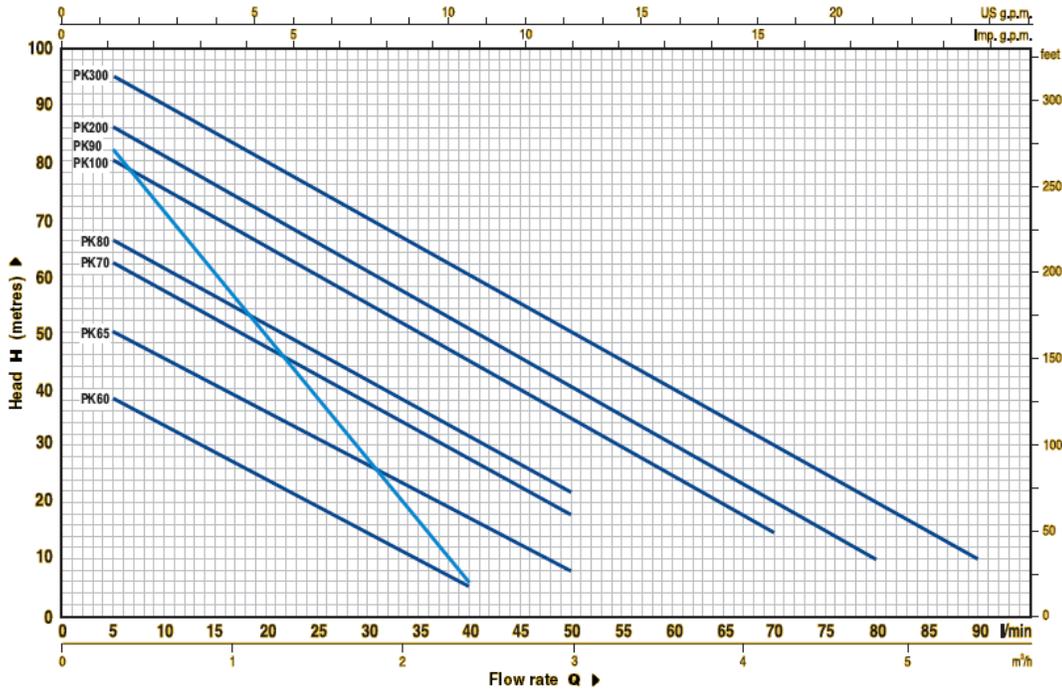
**CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

- **PUMP BODY:** cast iron, with threaded ports ISO 228/1.
- **MOTOR BRACKET (patent n° 1289150):** aluminium with brass insert; reduces starting difficulties due to seizure of the impeller after long periods of inactivity.
- **IMPELLER:** brass, of the type with radial peripheral vanes.
- **MOTOR SHAFT:** stainless steel EN 10088-3 - 1.4104.
- **MECHANICAL SEAL:** ceramic - graphite - NBR.
- **ELECTRIC MOTOR:** the pumps are close-coupled to a carefully matched PEDROLLO electric motor, quiet running, totally enclosed fan cooled (TEFC), suitable for continuous duty.  
PKm: single-phase 230 V - 50 Hz with capacitor and thermal overload protector.  
PK: three-phase 230/400 V- 50 Hz.
- **INSULATION:** class F. ● **PROTECTION:** IP 44.
- **REGISTERED MODEL n° 72753.**
- **PKm 60® is a REGISTERED TRADE MARK n° 602636.**

**OPTIONS ON REQUEST**

- ⇒ special mechanical seal
- ⇒ other voltages or frequency 60 Hz

**CURVES AND PERFORMANCE DATA AT n= 2900 1/min**

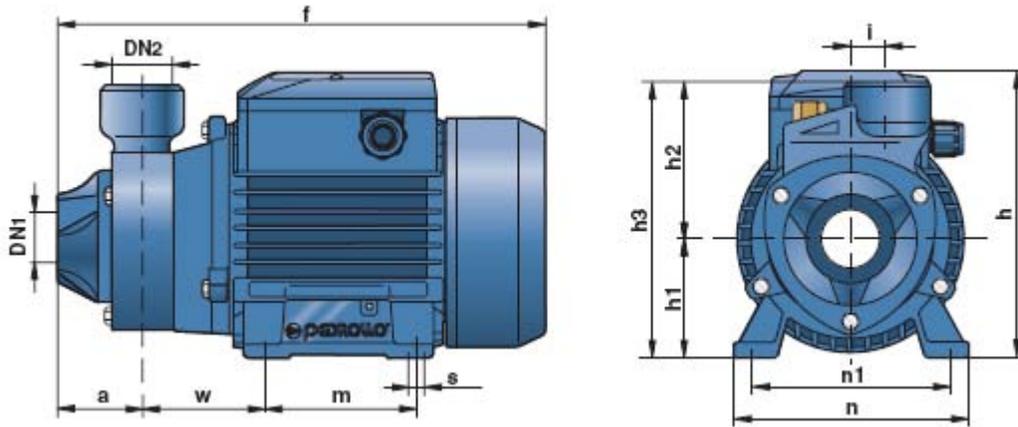


TYPE		POWER		Q														
Single-phase	Three-phase	kW	HP	m <sup>3</sup> /h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
				l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
PKm 60®	PK 60®	0.37	0.50	H metres	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5					
PKm 65	PK 65	0.50	0.70		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8				
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18				
PKm 80	PK 80	0.75	1		70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22				
PKm 90	PK 90	0.75	1		90	82	71	60	49	38	27	17	5					
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15		
PKm 200	PK 200	1.5	2		90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10	
—	PK 300	2.2	3		100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10

Q = Flow rate H = Total manometric head

Tolerance of the performance curves according to EN ISO 9906 App. A.

**DIMENSIONS AND WEIGHTS**



TYPE		PORTS		DIMENSIONS mm													kg					
Single-phase	Three-phase	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s	1~	3~					
PKm 60 <sup>a</sup>	PK 60 <sup>b</sup>	1"	1"	42	243	152	63	75	138	20	80	120	100	55	7	5.3	5.3					
PKm 65	PK 65			48	258/250			80	143							7.7	6.4					
PKm 70	PK 70			55	285	179	71	85	156		9.9	9.3										
PKm 80	PK 80			58	288			95	166		10.3	9.3										
PKm 90	PK 90	3/4"	3/4"	55	348	212	80	94	174		90	138	112	62		9	15.0	13.1				
PKm 100	PK 100	1"	1"														100	158	125	85	16.0	15.2
PKm 200	PK 200																PK 300	—	—	18.0		

**01. FUNDACIONES**

Se ejecutarán según planos y especificaciones de cálculo.

- a) Sector accesos, servicios higiénicos, bodega y pasillo de circulación, considera una fundación corrida de hormigón pilares y vigas.
- b) Sector bajo comedor principal considera una fundación formada por tubos de acero hincados en el terreno formando una cuadrilla de 300x320 cm.

**02. ESTRUCTURA**

Se ejecutará según planos y especificaciones de cálculo.

- a) Estructura de acero
  - \* Sobre los tubos de acero se colocarán vigas de acero doble T de 100x200 mm espesor según cálculo, en ambos sentidos formando una cuadrícula de 300x320cm.
  - \* Marcos de acero
    - La estructura del comedor estará formada por ocho marcos de acero, ellos se unirán entre sí mediante vigas y costaneras de acero.
    - Sus dimensiones y espesores según planos de cálculo.
- b) Estructura de hormigón armado y albañilería reforzada
  - Se ejecutará según especificaciones y planos de cálculo.
  - Se considera este tipo de estructura para la estructuración en el primer nivel de los muros, pilares, vigas, cadenas y tabiques que conformarán los accesos, pasillo de circulación, bodega, servicios higiénicos y escaleras de acceso al piso principal.

## c) Losa de hormigón armado

Se ejecutará según especificaciones y planos de cálculo (espesor, enfierradura y dosificación del hormigón).

La losa de hormigón formará el pavimento del 2º nivel del edificio, comedor principal, pasillo de distribución y cocina.

En el sector del comedor se construirá sobre la cuadrícula de vigas de acero, en las cuales previamente se habrán dejado insertos los anclajes para apoyar la losa.

En el sector del pasillo de distribución y cocina la losa se construirá en forma tradicional apoyada sobre los muros y vigas de hormigón armado.

Entre ambas losas se deberá dejar una junta de dilatación cuyas características se indican en los planos de cálculo.

La terminación de la losa será rugosa para recibir posteriormente una sobre losa de 8cm. de espesor.

## d) Estructura de madera

Se usará madera de pino impregnado de 4" de espesor para la estructura de madera que se considera para todos los muros y cubierta de 2º piso.

Esta estructura considera los siguientes elementos para la construcción de los muros:

- \* Soleras inferiores 2x4" ancladas a la losa mediante pernos empotrados previamente de 1/2x10" con tuerca y golilla a una distancia de 80cm. entre ejes aproximadamente.
- \* Pies derechos esquineros y aislados 4x4".
- \* Pies derechos intermedios 2x4" a 50cm. entre ejes.
- \* Soleras superiores 2x2x4" uniones traslapadas.
- \* Barrotes horizontales 2x4" a 60 cms. entre ejes.
- \* Diagonales 1x6" caladas en los pilares.
- \* Dinteles sobre ventanas 4x8" en luces de 3m y 4x6" en luces menores de 3m.

Estructura cubierta sector comedor principal se usará madera de roble para los siguientes elementos.

- \* Costaneras de 2x6" apoyadas entre los marcos de acero apernadas a ángulos de acero soldados previamente sobre los marcos.

Irán a una distancia de 80 cm. entre ejes aproximadamente.

Estructura cubierta sector pasillo, halles de escalera y cocina.

Se usará madera de pino impregnado para los siguientes elementos.

- \* Vigas de 2x8" a una distancia de 60cm. entre ejes se apoyarán y afianzarán sobre los muros de madera que conforman la cocina y sobre viga de acero de unión de los marcos de acero.
- \* Se usará roble para los siguientes elementos constaneras de 2x3" apoyadas sobre las vigas de cubierta de 2x8" descritas en el párrafo anterior, irán a una distancia de 70 cm. entre ejes

aproximadamente.

- \* Envidado de terraza roble 2x8" a 45 cm. entre ejes, cadenetado con piezas de 2x8" a 1,6m. se apoyará y afianzará a las vigas doble T de acero.
- e) Estructura de escaleras interiores  
Se ejecutarán de acuerdo a los planos de cálculo y especificaciones correspondientes en hormigón armado.
- f) Estructura de escalera exterior desde terreno natural a terraza.  
Se ejecutará según especificaciones y plano de cálculo.  
Limones de acero, peldaños de acero rellenos de hormigón.

### 03. REVESTIMIENTOS EXTERIORES

#### a) MUROS

- \* Estuco de proporción 1:3 con agregado de hidrófugo de 2 a 3cm espesor máximo, terminado a grano perdido para empastar y pintar se usará en todos los muros de albañilería y hormigón armado.
- \* Contrachapado Matter, ranurado vertical machihembrado en los extremos de 16mm de espesor, se usará en todos los muros de madera del 2º nivel.

#### b) CUBIERTA

- \* Entablado machihembrado de pino de 1x6", diagonal se clavará sobre las costaneras de madera de roble.  
ALTERNATIVA: contrachapado de 16mm de espesor atornillado sobre las costaneras de madera.
- \* Filtro bituminado de 15 libras, se colocará sobre el entablado en franjas horizontales, traslapadas y clavadas.
- \* Plancha ondulada cincalum de 05mm de espesor, irán clavadas directamente a las costaneras a través del entablado, se usarán clavos de techo 4 por plancha y por costanera.

### 04. HOJALATERIA

Se usará plancha cincalum lisa de 05mm de espesor para los siguientes elementos que se ejecutarán según detalles:

- \* Cumbre desarrollo 1/2 plancha
- \* Terminales laterales de cubierta: desarrollo 1/3 de plancha
- \* Canales de aguas lluvias desarrollo 1/3 de plancha
- \* Bajadas de aguas lluvias, desarrollo 1/3 de plancha
- \* Soportes para canales y bajadas de aguas lluvias, se ejecutará en fletina de 3x30mm según detalle, distanciados a 1m en las canales y a 1.5m en las bajadas.

Se necesita un total de 9 bajadas

- \* Ventilaciones de alcantarillado convencional
- \* Forros en marcos de puertas y ventanas.

## 5. PUERTAS Y VENTANAS

Se ejecutarán de acuerdo a los planos y especificaciones correspondientes.

### a) EXTERIORES

Los marcos de puertas y ventanas considerarán los siguientes elementos:

- \* Premarco de acero, espesor 2mm pintado con antióxido y dos manos de esmalte epóxico.
- \* Marcos de aluminio según especificación.
- \* Hojas de puertas exteriores de aluminio vidriadas.
- \* Hojas de ventanas línea AL 42 de Alumco o similar de Indalum.

### b) INTERIORES

Los marcos de puertas interiores se ejecutarán en madera de laurel, las hojas de puertas serán del tipo placa standart para empastar y pintar con esmalte brillante.

## 0.6. QUINCALLERIA

### a) PUERTAS EXTERIORES

Su quincallería vendrá incorporada de fábrica y será de la mejor calidad.

Las puertas considerarán los siguientes elementos:

- \* 3 Bisagras por cada hoja AB 450 de Indalum o similar
- \* Picaportes superiores e inferiores en puerta secundaria
- \* Cerradura artículo 1280 Scanavini
- \* Guarniciones, manilla de palanca artículo 910 Scanavini
- \* Cierra puerta hidráulico en hoja principal

### b) PUERTAS INTERIORES

Cada hoja llevará los siguientes elementos:

- \* 3 Bisagras de bronce de 3.1/2x3.1/2"
- \* Cerradura de embutir, artículo 4180 de Scanavini
- \* Topes de goma Fischer

### c) VENTANAS

Las hojas de ventanas practicables serán del tipo proyectante AL 42 de Alumco o similar de Indalum.

Considerarán los siguientes elementos:

- \* Brazos de proyección tipo UA 3514 de apertura 40º de Indalum
- \* Trancas de seguridad C 635/36 línea 42 de Indalum

## 1.7. REVESTIMIENTOS INTERIORES

### A) MUROS

- a) Estuco de proporción 1:3, espesor 2 cm. aprox., terminado a grano perdido para empastar y pintar se usará en todos los muros de albañilería del primer piso.
- b) Pino machihembrado de 3/4x6" se usará en todos los muros de madera del 2º piso exseptuando cocina.
- c) Volcanita hidrorresistente de 15mm de espesor, planchas con bordes para junta invisible, las planchas se colocarán atornilladas sobre un entablado de pino machihembrado de 1/2x6".
- d) Azulejo blanco: se colocarán azulejos blancos en los espacios de la cocina entre muebles base y muebles superiores.  
h= 60cm. aproximadamente

### B) CIELOS

- a) Estuco proporción 1:3, 2cm espesor terminado a grano perdido se usará para la losa en el cielo de los recintos del primer piso.
- b) Pino machihembrado de 3/4x6" se usará en el alero exterior sobre terraza.
- c) Volcanita hidrorresistente planchas de 15mm de espesor con cantos para junta invisible, se usará en el cielo de la cocina.
- d) Cielo acústico: se usará en comedor y pasillo circulación 2º piso, considera los siguientes elementos:
  - \* Cadeneteado de 2x3" pino, se colocará a una distancia de 60cm. entre ejes, entre las costaneras de cubierta.
  - \* Aislante: colchoneta de aislan, papel ambas caras en espacio entre costaneras.
  - \* Arpillera corcheteada bajo costaneras
  - \* Pino 1x3" cepillado por 4 caras atornillado al cadeneteado, se colocará dejando una separación de 2cm. entre tablas.

**C) PAVIMENTOS**

- a) Se usará superflexit alto tráfico de 2,4mm de espesor color beige en todos los recintos, exceptuando servicios higiénicos de alumnos.
- b) Se usará Cerámica Cordillera, baldosín 33/33cm. color blanco o similar en servicios higiénicos de alumco.
- c) Elementos de caucho, se usarán en escaleras interiores, considera lo siguiente:
- \* Huellas con estrías y pestaña en gradas
  - \* Contrahuellas lisas
  - \* Planchas botonadas en descansos
- El color de las planchas será beige
- d) Listoneado de roble de 1x3", se usará en terraza, irá clavado con clavos galvanizados al envigado del piso.

**BARANDAS ESCALERAS y BALCON**

Se ejecutará según detalle en perfiles tubulares de acero de 40/40/2.

Considera los siguientes elementos:

- \* Pilares a 110 aprox. (anclados a estructura)
- \* Barra superior horizontal
- \* Barra intermedia horizontal

**VIDRIOS**

Se usarán vidrios triples y vitrea 5mm dependiendo del tamaño de los mismos.

Se asentarán en burletes de goma y se aprisionarán con junquillos de aluminio.

**PINTURAS Y BARNICES**

Se usarán pinturas de la mejor calidad.

Se pintará sobre superficies limpias y preparadas con anterioridad.

Los colores se determinarán en su oportunidad por el arquitecto.

- a) Estuco elastomérico: se aplicará sobre una mano de latex vinílico en todos los muros exteriores y en el pasillo de circulación frente a servicios higiénicos, halles de acceso y caja de escaleras.
- b) Latex vinílico: 3 manos sobre una mano de pasta en cielo de

- c) Esmalte epóxico: 3 manos sobre una mano de pasta epóxica, se colocará según instrucciones del fabricante, deberá quedar una superficie dura y brillante. Se usará en los servicios higiénicos, y loseta de hormigón armado, donde se apoyan los vanitorios.
- d) Oléo brillante tres manos: se aplicará a los revestimientos de madera exteriores muros, tapacanes.
- e) Dos manos de antióxido y dos manos de esmalte, se aplicará en todos los elementos de acero.  
Pilares tubulares, vigas doble T, marco estructura, vigas longitudinales, barandas escaleras, etc.  
**NOTA:** La pintura de los premarcos de acero de las ventanas y puertas se especificó en el ítem correspondiente.
- f) Barniz tipo laca semibrillo, se aplicará sobre todos los revestimientos de madera natural en el interior.  
Revestimiento cielo acústico y muros comedor.
- g) Oléo brillante, tres manos: se aplicará al listoneado de roble del pavimento de la terraza.
- h) Hojalatería y cubierta  
Dos manos de antióxido y dos manos de esmalte especial para techos.

## 12. ARTEFACTOS Y ACCESORIOS

Se usarán artefactos Fanalozza y se consideran los siguientes:

- \* WC modelo Verona      Cantidad: 3
- \* Portarrollos de losa      Cantidad: 3
- \* Vanitorios Sidney      Cantidad: 10
- \* Urinarios Campus      Cantidad: 2
- \* Ganchos de losa      Cantidad: 10
- \* Pies de ducha: se ejecutarán en situ en cerámica según detalle.
- \* Divisiones para WC y duchas del personal: se ejecutarán en perfiles de aluminio alma de melamina, según plano de detalle.

## 13. ILUMINACION

Los equipos de iluminación se especificarán en su oportunidad.

## 14. AISLACIONES

Se consideran colchonetas de aislan en todos los muros de madera perimetrales (exteriores) y en el espacio entre la cubierta y el cielo.

**15. INSTALACIONES**

Se consideran las siguientes instalaciones, las cuales se construirán según planos y especificaciones correspondientes.

- a) AGUA POTABLE
- b) ALCANTARILLADO
- c) ELECTRICIDAD
- d) CALEFACCION
- e) GAS

**16. ARTEFACTOS COCINA**

Se especificarán en su oportunidad.

**17. ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR**

PROPIETARIO: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

ARQUITECTO: SERGIO ANWANDTER

EMPRESA CONSTRUCTORA:

VALDIVIA, Noviembre de 1997