



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

“PROYECTO DE CALEFACCIÓN PARA EL GIMNASIO DEL INSTITUTO SALESIANO DE VALDIVIA MEDIANTE TUBOS CALEFACTORES POR RADIACIÓN INFRARROJA DE INTENSIDAD REDUCIDA”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor

Profesor Patrocinante:
Sr. Carlos Vergara Muñoz
Ingeniero Civil Mecánico,
Magíster en Economía y Gestión Regional,
Doctor en Economía Aplicada.

JUAN PABLO MARTÍNEZ CERDA
VALDIVIA - CHILE
2009

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en general, a todas las personas que ayudaron a materializar la presente memoria y en particular a mi profesor guía por su dedicación y buena voluntad, ya que este fue pilar fundamentales en la concreción de este trabajo.

INDICE

RESUMEN.....1

SUMMARY.....1

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....2

1.1.- INTRODUCCIÓN.....2

1.2.- OBJETIVOS.....4

CAPÍTULO II: SISTEMA DE CALEFACCIÓN INFRARROJA, PROPIEDADES Y BENEFICIOS.....5

2.1.- SISTEMA DE CALEFACCIÓN INFRARROJA.....5

2.2.- PROPIEDADES.....6

2.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.....8

2.3.1.- Especificaciones del producto9

2.4.- BENEFICIOS.....10

CAPÍTULO III: APLICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO EN EL GIMNASIO DEL INSTITUTO SALESIANO DE VALDIVIA.....12

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS DEPENDENCIAS.....12

3.2.- PÉRDIDAS DE CALOR O CARGA TÉRMICA.....20

3.2.1.- Condiciones de Cálculo.....20

3.2.2.- Resistencias Térmicas.....21

3.2.3.- Determinación de la pérdidas de calor.....38

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....43

4.1.- SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.....43

4.2. PROYECTO DE CALEFACCIÓN POR RADIACIÓN INFRARROJA DE INTENSIDAD REDUCIDA EN EL GIMNASIO DEL INSTITUTO SALESIANO DE VALDIVIA.....44

4.2.1. Planta de Arquitectura.....44

4.2.2. Ubicación de los Equipos en Planta y Elevaciones.....47

4.2.3. Red de Gas y Evacuación de Gases de Combustión.....50

4.2.4. Red de Eléctrica.....53

4.3. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN Y COSTO DE OPERACIÓN.....58

4.4. CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE.....61

CAPITULO V: CONCLUSIONES.....63

BIBLIOGRAFÍA.....49

ANEXO 1. EHL Series. Installation, Operation, Maintenance and Parts Manual68

ANEXO 2. EHL SERIES.....109

INDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1: Calor Perdido a Través de Elementos Constructivos.....39

Tabla Nº 2: Calor perdido a través de ventilación.....42

Tabla Nº 3: Costos de transporte de equipos calefactores.....59

Tabla Nº 4: Presupuesto.....60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Uso del gimnasio en actividades no deportivas.....2

Figura 2: Esquema comparativo entre el Sol y Tubo calefactor.....3

Figura 3: Intervalo de longitudes de onda.....6

Figura 4: Calefacción infrarroja.....7

Figura 5: Circulación de aire caliente.....7

Figura 6: Equipo calefactor infrarrojo modelo EHL en configuración “simple”.....8

Figura 7: Calefactor infrarrojo en configuración tipo “L”11

Figura 8: Planta arquitectura.....	10
Figura 9: Elevaciones interiores.....	14
Figura 10: Techo de zinc y cielo de madera de pino.....	15
Figura 11: Frontón lado sur poniente, ventanales con vidrios simples y forro de tablas de pino.....	15
Figura 12: lado nororiente, estructura de pilares y muro de albañilería de ladrillo confinada y estucada.....	16
Figura 13: Muros laterales de albañilería de ladrillo confinada por hormigón armado.....	16
Figura 14: Ventanales con marcos de aluminio con vidrios simples y forro de tablas de pino.....	17
Figura 15: Piso compuesto de poyos de hormigón embebidos en el terreno compactado.....	17
Figura 16: Viga maestra de roble en estructura de piso.....	18
Figura 17: Cadeneteado con piezas de pino en estructura de piso.....	18
Figura 18: Tablas de roble y tablas de pino en estructura de piso.....	19
Figura 19: Muro noreste de albañilería de ladrillos confinada con estuco por ambos lados.....	19
Figura 20: Muro noroeste albañilería de ladrillos confinada con estuco por ambos lados.....	20
Figura 21: Pérdida de calor a través de piso sobre poyos.....	21
Figura 22: Detalle topología de piso en zona 1.....	24
Figura 23: Detalle topología de piso en zona 2.....	25
Figura 24: Detalle topología de piso en zona 3.....	26
Figura 25: Detalle muro madera.....	27
Figura 26: Detalle muro albañilería 1.....	28
Figura 27: Detalle muro albañilería 2.....	29

Figura 28: Hormigón Armado hacia exterior.....	31
Figura 29: Pilar Acero.....	33
Figura 30: Tablero Aglomerado.....	34
Figura 31: Puerta madera de Lingue.....	35
Figura 32: Puerta madera pino.....	36
Figura 33: Cielo – Techo.....	37
Figura 34: Número de personas en el gimnasio.....	41
Figura 35: Planta gimnasio con proyección de calefactores.....	43
Figura 36: Distribución de circuitos eléctricos en planta.....	53
Figura 37: Ley de Ohm.....	54

RESUMEN

El presente trabajo se refiere a la calefacción por tuberías que emiten calor por radiación infrarroja y el proyecto para su aplicación para calefaccionar el gimnasio del Instituto Salesiano de Valdivia.

Este sistema se seleccionó porque permite calefacción apropiada para recintos de altura libre considerable y tiempo de ocupación escaso, proporcionando además calefacción en forma limpia y silenciosa, optimizando las condiciones y aumentando la utilidad social por el confort que brindará a su comunidad educativa.

SUMMARY

This present work relates to the heating using pipes that emit heat infrared radiation and the project for installation Heating System in the gym area of the Instituto Salesiano de Valdivia.

The system was selected considering that it allows appropriate heating concept inside of building with great height and low occupation time, providing further clean and quiet heating mode, also optimizing operation conditions and increasing social utility by providing comfort to their educational community.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción:

El gimnasio del Instituto Salesiano de Valdivia, además de ser utilizado como tal, lo es para la realización de otro tipo de actividades de tiempo reducido tales como charlas, jornadas, actos, bingos y otros, que congregan gran cantidad de personas principalmente autoridades, padres, apoderados, funcionarios, alumnos, ex alumnos y amigos de la comunidad Salesiana de Valdivia.

Figura 1: Uso del gimnasio en actividades no deportivas



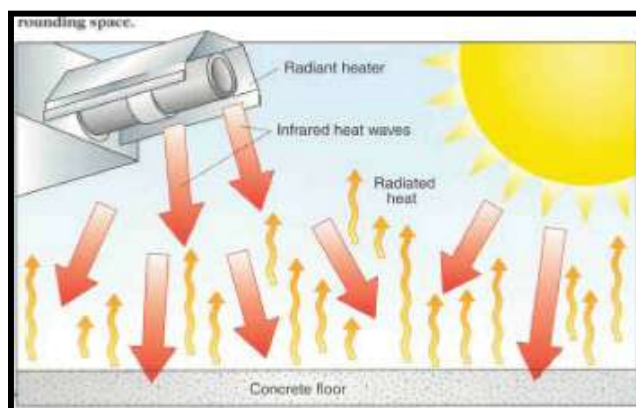
Fuente: Elaboración propia.

Este recinto actualmente no está dotado de un sistema de calefacción, por lo que se hace necesario implementar uno, sobre todo si consideramos el período en que las temperaturas llegan a su nivel más bajo y que en nuestra ciudad se ubican

entre los meses de Abril y Octubre aproximadamente, es decir, alrededor de 7 meses, periodo considerablemente extenso con respecto a la duración que tiene el año lectivo, el cual es de alrededor de 10 meses.

Se ha considerado estudiar la alternativa de calefaccionarlo mediante tubos calefactores que radian calor mediante rayos infrarrojos de intensidad reducida puesto que a diferencia de los calefactores más comunes, como radiadores que funcionan mediante la circulación de agua caliente y que en espacios amplios emiten calor el que sube como aire caliente para posteriormente bajar como aire frío, lo que los configura como poco funcionales, los calefactores infrarrojos calientan en forma directa el suelo, objetos y personas con sus rayos infrarrojos bajo el mismo principio que la energía solar. La energía emitida por los rayos es absorbida por la superficie de los objetos, los cuales transmiten este calor por convección para aumentar la temperatura del medio ambiente en la zona en que más se necesita la calefacción para las personas, que es en las cercanías del piso.

Figura 2: Esquema comparativo entre el Sol y Tubo calefactor



Fuente: Jim Harrold (1995), Wood Magazine, Radiant Heating.

La figura 2, es un esquema de tubos calefactores y el Sol, y muestra de forma comparativa la similitud de principios que ocupan para entregar calor, los rayos infrarrojos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Desarrollar un estudio de las características térmicas del gimnasio del Instituto Salesiano de Valdivia, a fin de proponer un proyecto de calefacción mediante tuberías que emiten calor por radiación infrarroja.

1.2.2. Elaborar el proyecto para que entregue una alternativa que permita la calefacción apropiada de un recinto de altura libre considerable y de tiempo de ocupación escaso, tal como es la calefacción mediante tubos calefactores por radiación infrarroja de intensidad reducida.

CAPÍTULO II

SISTEMA DE CALEFACCIÓN INFRARROJA, PROPIEDADES Y BENEFICIOS

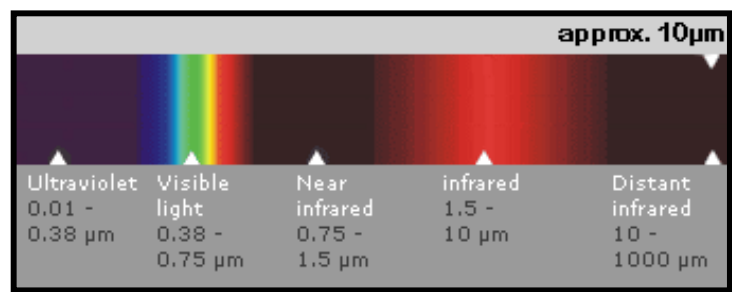
2.1. Sistema de Calefacción Infrarroja.

Según “**Energy Products Group NV.**” empresa especializada en calefacción mediante rayos infrarrojos, el Sistema de Calefacción Infrarroja actúa aplicando el mismo principio con que el Sol calienta la superficie terrestre. A través de la fisión nuclear que se produce la superficie del sol, origina gran cantidad de energía, la que a su vez se transforma en distintos tipos de ondas ya sean; electromagnéticas (luz visible), ultravioletas o infrarrojas. Las ondas infrarrojas calientan durante el día la superficie de la tierra, por la noche la tierra se enfría y se libera calor por las radiaciones infrarrojas

La radiación que produce un efecto de variación de energía interna en el cuerpo que la recibe, corresponde a la radiación infrarroja, por lo tanto, cuando se transmite calor por radiación se hace a través de los rayos infrarrojos.

En la ilustración observamos el rango en que se encuentran las longitudes de ondas infrarrojas con respecto a las ondas ultravioletas y la luz visible.

Figura 3: Intervalo de longitudes de onda.



Fuente: Energy Product Group NV, Así funciona la calefacción por infrarrojo.

La figura 3 muestra el rango en que se encuentran los rayos infrarrojos, los que tienen una longitud de onda entre los 10^{-6} a 10^{-4} metros.

Este proceso natural realizado permanentemente durante millones de años en nuestro planeta no acarrea consecuencias negativas para los seres humanos.

La intensidad de la radiación aumenta conforme a la cantidad de oscilación de los átomos en un objeto. Cada objeto con una temperatura superior al cero absoluto (0 K ó $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) radia calor, por lo tanto, todos los cuerpos emiten energía bajo la forma de radiación.

2.2. Propiedades.

Según “**Energy Products Group NV.**”, “si ponemos en marcha un panel de infrarrojo en una habitación que está a 0°C con la intensidad de radiación máxima y la temperatura del entorno mínima, a medida que subimos la temperatura ambiente la intensidad de radiación se reduce gradualmente. Después de un rato habrá llegado, por ejemplo, la temperatura ambiente a los 18°C . La intensidad de la temperatura ambiente y la intensidad de radiación permanecen ahora constantes, lo

que significa que hay un equilibrio en la combinación del mecanismo de calefacción que produce una climatización agradable. Esta temperatura ambiente se puede comparar con una sensación térmica de 20° C, con la consecuente ventaja de que las personas se encuentran más cómodas a una temperatura relativamente más baja que cuando usan calefacción por aire caliente “.

Los beneficios de esta forma de calefacción son la recuperación rápida ante la pérdida de calor, calefacción silenciosa y sin flujo de aire, instalación fácil, mantenimiento mínimo, el calor que emiten los calefactores es cómodo y agradable, además de ser cuidadoso del medio ambiente ya que funcionan con gas y electricidad.

Figura 4: Calefacción infrarroja

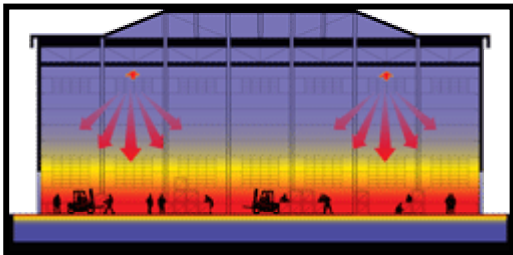
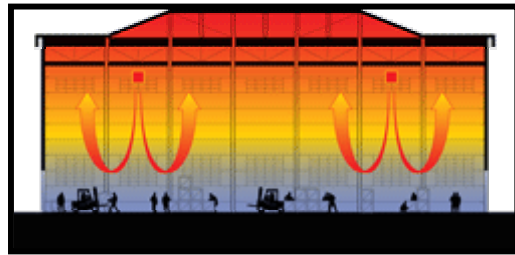


Figura 5: Circulación de aire caliente



Fuente: Detroit Radiant Products Company, The Theory of Infra-Red Radiant Heating

En la figura 4 se observa como actúan los calefactores en base a radiación infrarroja, muy útiles en recintos de altura libre considerable, a diferencia de los calefactores que actúan a base de aire caliente (figura 5), donde el calor sube y luego baja como aire frío lo que los caracteriza como poco funcionales.

Como se ha señalado anteriormente, luego de llegar los rayos infrarrojos a los objetos, éstos irradian calor por convección calentando las cercanías del piso,

situación que no es de menor importancia ya que por principio, las personas al tener los pies (extremidades) cálidos, tendrán el resto del cuerpo templado.

2.3. Descripción de los Equipos.

Los tubos calefactores, seleccionados para este estudio, son producidos por la compañía Norteamericana “**Detroit Radiant Products Company**”, la que ofrece la línea de calentadores radiantes de la marca “**Re-Verber-Ray**” o “**Reverberray**”, los que pueden ser usados tanto en el interior como en el exterior.

El interés se centra en un par de productos en particular, cuales son los calefactores de tubo de intensidad reducida y más específicamente de las series, EHL de dos etapas de combustión y la EDX de una etapa de combustión.

Figura 6: Equipo calefactor infrarrojo modelo EHL en configuración “simple”.



Fuente: Detroit Radiant Products Company, Two-Stage Infra-Red Tube Heater

En la figura 6 se observa que el equipo calefactor de tubo radiador infrarrojo, las series EHL y EDX son similares en apariencia, estas han sido adaptadas para entrar en estándares europeos comunes ya que su sistema eléctrico funciona en 220 V, 50 Hz, al igual que en nuestro país, puesto que usamos la norma eléctrica europea y una variedad de tipos de gas, en nuestro caso por su disponibilidad en el mercado el propano.

2.3.1. Especificaciones del producto.

Según ***Detroit Radiant Product Company***, las especificaciones de las series EDX y EHL, son las siguientes:

Serie EDX (1 etapa)

- Potencias (caloríficas) nominales desde 14.7 a 44 kW.
- Disponible en largo de tubos de 6.1 a 18.3 m.
- Caja de combustión cubierta de titanio o aluminizada.
- Cubierta aluminizada u opcional económica de tubos cilíndricos radiantes de acero.
- Reflectores de acero altamente pulidos.
- Quemador limpio de acero.
- Sistema de ignición por chispa.
- Caja de control esmaltada.
- Configuración opcional en “U” o “L”.

Serie EHL (2 etapas)

- Potencias (caloríficas) nominales desde 19 a 44 kW.
- Disponible en largo de tubos de 6.1 a 18.3 m.

- Caja de combustión cubierta de titanio o aluminizada.
- Cubierta aluminizada u opcional económica de tubos cilíndricos radiantes de acero.
- Tecnología patentada de dos etapas.
- Reflectores de acero altamente pulidos.
- Quemador limpio de acero.
- Sistema de ignición por chispa.
- Caja de control esmaltada.
- Configuración opcional en “U” o “L”.

2.4. Beneficios.

Bajo Consumo y Ahorro de Energía.

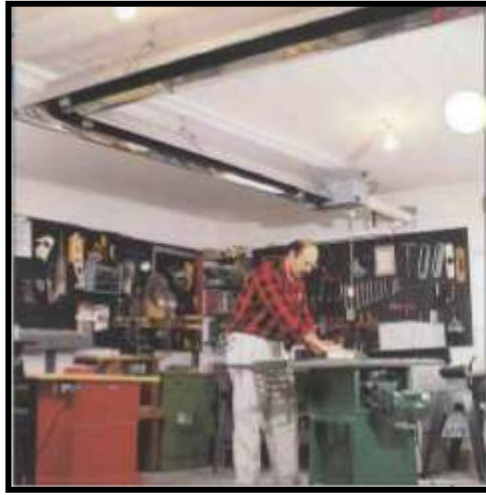
Según ***Detroit Radiant Products Company***, la serie EDX de una etapa, ofrece una economía de combustible del 12% y la serie EHL de dos etapas, ofrece un 35% de economía en energía con respecto a los calefactores a leña que funcionan a través de radiadores mediante la circulación de agua caliente.

Facilidad de Instalación.

Según ***Detroit Radiant Products Company***, los calefactores vienen embarcados completos y listos para su instalación. Se incluyen con cada unidad un conector de 24 pulgadas de acero inoxidable flexible, un martillo para gas de ½ pulgadas, amortiguador de ondas de calor para máxima eficiencia, apoyos para el centro del reflector, tubos de conexión tipo “deslizar-acoplarse” y las abrazaderas del

extremo del reflector, lo que lo hace fácilmente adaptable para configuraciones tipo “U” y “L”.

Figura 7: Calefactor infrarrojo en configuración tipo “L”.



Fuente: Wood Magazine, Radiant Heating

La figura 7 muestra la configuración tipo “L”, en esta imagen se puede observar que el calefactor se instaló sobre el sector en donde circula el trabajador.

Poseen una influencia prácticamente nula en la humedad, lo que trae como consecuencia un ambiente sano y de máxima comodidad además de una temperatura equilibrada, ya que la diferencia de temperatura de suelo al techo varía solo en un par de grados y sin circulación de polvo, lo que es ideal para pacientes con alergias y enfermedades respiratorias. Por último, funcionan sin ruidos ni olores.

CAPÍTULO III

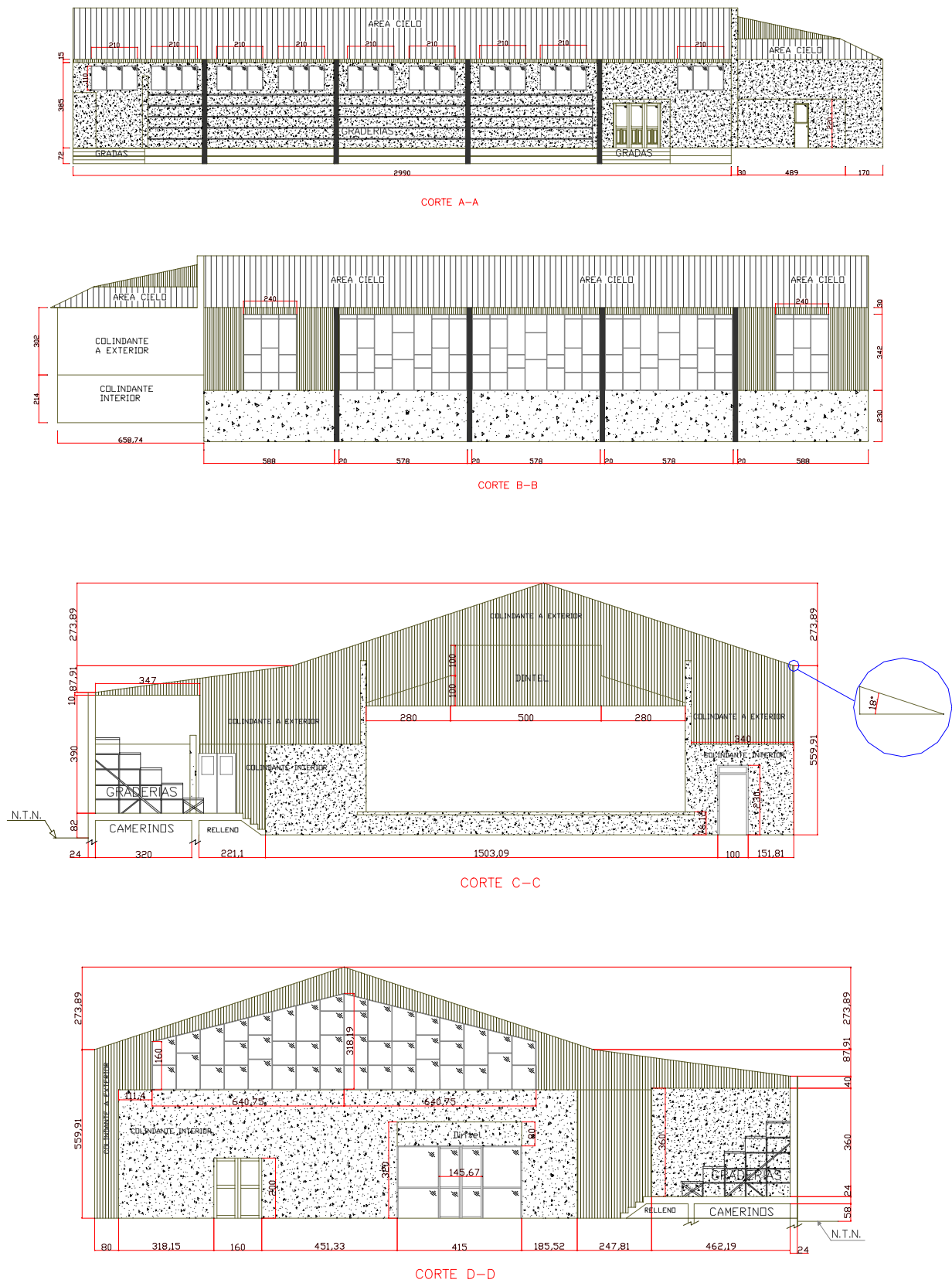
APLICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO EN EL GIMNASIO DEL INSTITUTO SALESIANO DE VALDIVIA

3.1. Descripción de las Dependencias.

El gimnasio en cuestión consta de una superficie aproximada de 800 m², distribuido en un escenario, graderías y una multicancha.

En la figura 8 se muestra la planta de arquitectura y en la figura 9 las elevaciones interiores del gimnasio Don Bosco del Instituto Salesiano de Valdivia, que concita el presente estudio.

Figura 9: Elevaciones interiores



Fuente: Elaboración propia a partir de visita a terreno

El edificio está construido en base a:

Figura 10: Techo de zinc y cielo de madera de pino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Frontón lado sur poniente, ventanales con vidrios simples y forro de tablas de pino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: lado nororiente, estructura de pilares y muro de albañilería de ladrillo confinada y estucada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Muros laterales de albañilería de ladrillo confinada por hormigón armado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Ventanales con marcos de aluminio con vidrios simples y forro de tablas de pino



Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Piso compuesto de poyos de hormigón embebidos en el terreno compactado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Viga maestra de roble en estructura de piso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Cadeneteado con piezas de pino en estructura de piso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Tablas de roble y tablas de pino en estructura de piso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Muro noreste de albañilería de ladrillos confinada con estuco por ambos lados



Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Muro noroeste albañilería de ladrillos confinada con estuco por ambos
lados



Fuente: Elaboración propia

3.2. Pérdidas de Calor o Carga Térmica.

Es la suma de la pérdida del calor a través de los distintos materiales que conforman la estructura, más el calor que se pierde por infiltraciones y/o ventilación

3.2.1 Condiciones de Cálculo.

Según NCh 1078, los parámetros para el cálculo de carga térmica son las condiciones interiores y exteriores de cálculo.

Temperatura exterior de cálculo	: 3 °C
Humedad relativa exterior	: 95%
Temperatura interior de cálculo	: 15 °C
Velocidad del viento promedio en Valdivia	: 32 km / h, Luis Acevedo (1995)

Para efectos de aplicar en el cálculo las temperaturas de locales no calefaccionados se aplicará la NCh 1078.

3.2.2. Resistencias Térmicas

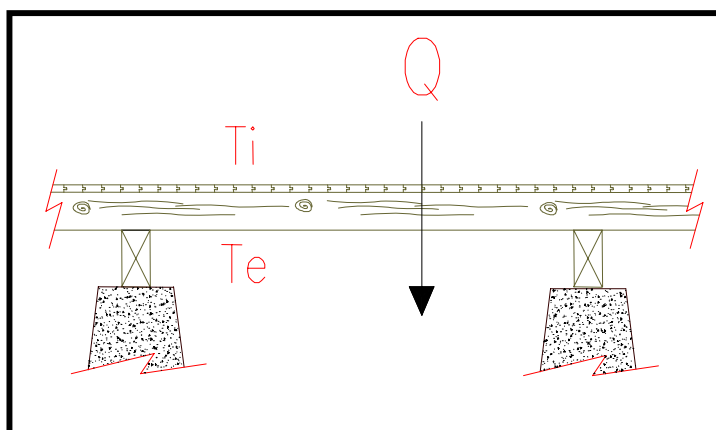
Resistencia Térmica de Piso.

Se refiere a los pisos que están sobre poyos o sobre losa, o radier. En el caso de que el piso de un local esté en contacto con un local inferior, como ocurre en el piso de un segundo piso, la pérdida de calor se calcula como si fuera una pared común y corriente pero dispuesta horizontalmente y no como complejo de piso.

Para pisos y complejo de piso se distinguen 3 situaciones; sobre poyos, radier y complejo de losa.

a) Pisos sobre poyos:

Figura 21: Pérdida de calor a través de piso sobre poyos



Fuente: Elaboración propia

Ecuación 1, (NCh 853, 1991)

$$R_t = 1/U = R_{si} + R_{se} + \sum (e / \lambda) + R_g$$

Ecuación 2, (NCh 853, 1991)

$$Q = [A * (T_i - T_e)] / R_t$$

b) Piso de radier:

Se consideran que el calor se pierde a través de 2 vías: transversal (Q_{trans}) que es dirección perpendicular a la superficie del radier y perimetral (Q_p) en forma paralela a la superficie del radier principalmente por el efecto de aleta, en nuestro estudio no aplica la pérdida por calor perimetral.

Ecuación 3, (NCh 853, 1991)

$$Q_{trans} = [A * (T_i - T_{snt})] / (R_{si} + \sum R_i + R_g)$$

c) Losas o complejos de piso sobre cámara de aire:

Se diferencian dos situaciones en función de la altura de la cámara de aire ("e"), por un lado cuando la altura ("e") de la cámara de aire es mayor a 1 metro la pérdida de calor se calcula como si en la parte inferior de la losa hubiera otro local o subterráneo, y por otro lado, cuando "e" es menor o igual a 1 metro se utiliza la expresión N° 19 de la NCH 853, que es:

Ecuación 4, (NCh 853, 1991)

$$R_{\text{total}} = R_{\text{piso}} + [(1) / (\alpha + P_{\text{ext}} / A)]$$

Donde:

R_{piso} = Resistencia térmica del piso incluido la losa pero sin considerar el efecto de la cámara de aire (R_g).

P_{ext} = Perímetro exterior (en planta) de la cámara de aire, en metros.

A = superficie en planta de la cámara de aire, en metros cuadrados.

α = Coeficiente cuyo valor se obtiene de la tabla 5 (NCH 853) en función del grado de ventilación de la cámara; el grado de ventilación se determina por la relación S/A , en que “S” es el área neta de ventilación, en centímetros cuadrados.

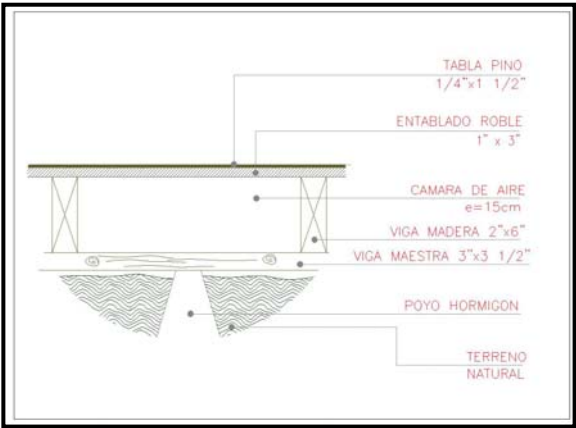
En el caso de nuestro estudio, tenemos una fundación corrida por todo el perímetro de la estructura, en el piso se pueden diferenciar tres sectores: en el área principal existe un sistema de poyos de hormigón y envigado de madera, en una de las dos áreas secundarias orientada a las graderías se encuentra un radier, finalmente en el último sector que podemos diferenciar se ubica una losa cuyo encuentro lo hace con un muro de hormigón pero no al nivel del terreno natural, por lo que no se considerará la pérdida de calor perimetral.

Zona de Piso N° 1 (Ver Figura 8: Planta arquitectura)

Para la obtención de R_{si} , R_{se} , λ_i y R_g se utilizarán las tablas y ábacos de en la NCh 853.

Piso Sobre Poyos.

Figura 22: Detalle topología de piso en zona 1



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,17 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,17 [(m^2 * K) / W]$$

$$e_{pino} = 0,006 \text{ m}$$

$$e_{roble} = 0,0254 \text{ m}$$

$$\lambda_{pino} = 0,104 [W / (m * K)]$$

$$\lambda_{roble} = 0,157 [W / (m * K)]$$

$$R_g = 0,2 [(m^2 * K) / W]; \epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,9 \text{ materiales no brillantes.}$$

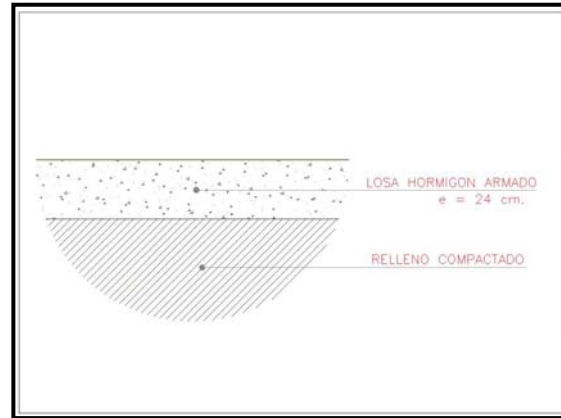
$$R_{piso} = (R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g)$$

$$= 0,17 + 0,17 + (0,006 / 0,104) + (0,0254 / 0,157) + 0,2 = 0,76 [(m^2 * K) / W]$$

Zona de Piso N° 2 (Ver Figura 8: Planta arquitectura)

Losa en Contacto con Relleno Compactado.

Figura 23: Detalle topología de piso en zona 2



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,17 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,0$$

$$e_{\text{hormigón armado}} = 0,24 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{hormigón armado}} = 1,63 [W / (m * K)]$$

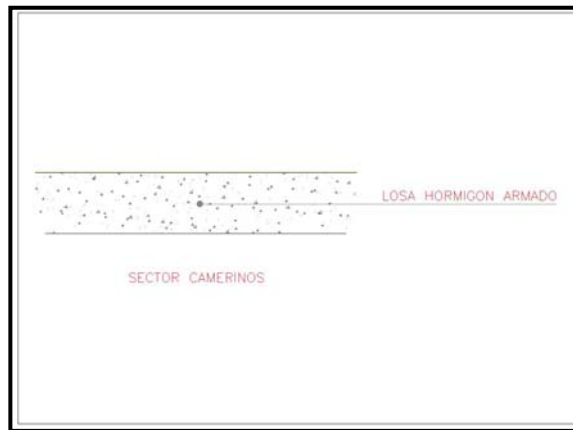
$$R_t = (R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g)$$

$$R_t = 0,17 + (0,24 / 1,63) = 0,32 [(m^2 * K) / W]$$

Zona de Piso N° 3 (Ver Figura 8: Planta arquitectura)

Losa de H. A.

Figura 24: Detalle topología de piso en zona 3



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,17 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,17 [(m^2 * K) / W]$$

$$e_{\text{hormigón armado}} = 0,24 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{hormigón armado}} = 1,63 [W / (m * K)]$$

$$R_{\text{piso}} = (R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g)$$

$$R_t = 0,17 + 0,17 + (0,24 / 1,63) = 0,49 [(m^2 * K) / W]$$

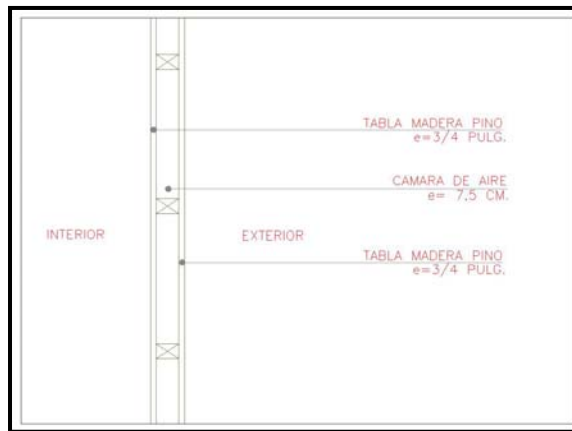
Resistencia Térmica de Muro.

Se aplicará lo dispuesto en NCh 853, “Resistencia Térmica Total De Elementos Compuestos Por Varias Capas Homogéneas, R_t .”

Para la obtención de R_{si} , R_{se} , λ_i y R_g se utilizarán las tablas y ábacos de en la NCh 853.

Tabique con Forro de Pino Colindante al Exterior (incluye frontones ambos costados).

Figura 25: Detalle muro madera



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0$$

$$e_{pino} = 0,019 \text{ m}$$

$$\lambda_{pino} = 0,104 [W / (m * K)]$$

$$R_g = 0,16 [(m^2 * K) / W] ; \epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,9 \text{ materiales no brillantes.}$$

$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g$$

$$= 0,12 + 2*(0,019 / 0,104) + 0,16 = 0,645 [(m^2 * K) / W]$$

Tabique con Forro de Pino Colindante a Recintos Interiores.

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$e_{pino} = 0,019 \text{ m}$$

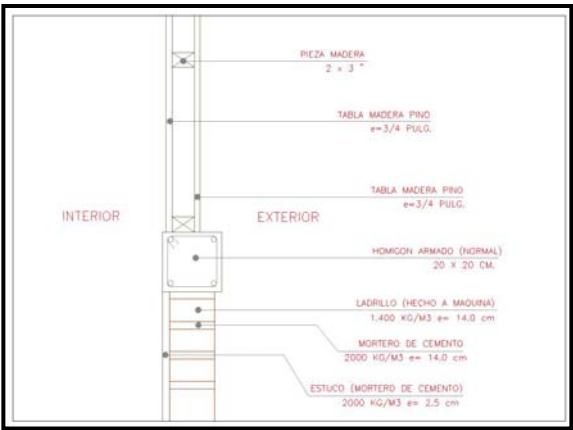
$$\lambda_{pino} = 0,104 [W / (m * K)]$$

$$R_g = 0,16 [(m^2 * K) / W] ; \epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,9 \text{ materiales no brillantes.}$$

$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g$$
$$= 0,12 + 0,12 + 2*(0,019 / 0,104) + 0,16 = 0,765 [(m^2 * K) / W]$$

Albañilería de Ladrillo Expuesto al Exterior con Estuco en un Lado.

Figura 26: Detalle muro albañilería 1



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$

$R_{se} = 0$

$e_{ladrillo} = 0,14 m$

$e_{estuco} = 0,025 m$

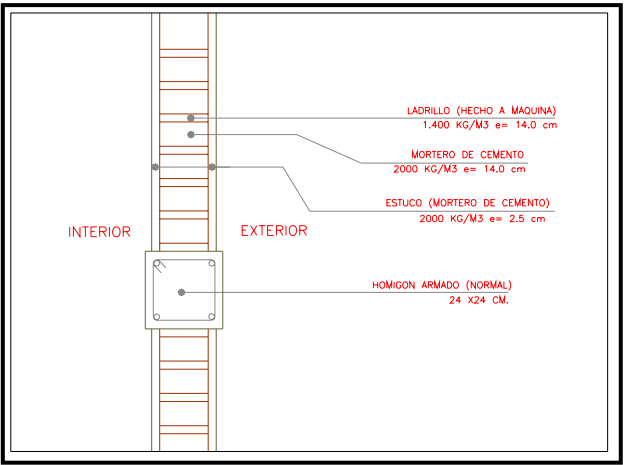
$\lambda_{Ladrillo} = 0,60 [W / (m * K)]$

$\lambda_{Estuco} = 1,40 [W / (m * K)]$

$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda)$
 $= 0,12 + (0,14 / 0,60) + (0,025 / 1,640) = 0,371 [(m^2 * K) / W]$

Albañilería de Ladrillo Colindante a Recintos Interiores con Estuco en Ambos Lados.

Figura 27: Detalle muro albañilería 2



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$e_{ladrillo} = 0,14 \text{ m}$$

$$e_{estuco} = 0,025 \text{ m}$$

$$\lambda_{Ladrillo} = 0,60 [W / (m * K)]$$

$$\lambda_{Estuco} = 1,40 [W / (m * K)]$$

$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda)$$

$$= 0,12 + 0,12 + 2 * (0,14 / 0,60) + (0,025 / 1,640) = 0,722 [(m^2 * K) / W]$$

Albañilería de Ladrillo Colindante a Recintos Exteriores con Estuco en Ambos Lados.

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,0 [(m^2 * K) / W]$$

$$e_{ladrillo} = 0,14 \text{ m}$$

$$e_{estuco} = 0,025 \text{ m}$$

$$\lambda_{Ladrillo} = 0,60 [W / (m * K)]$$

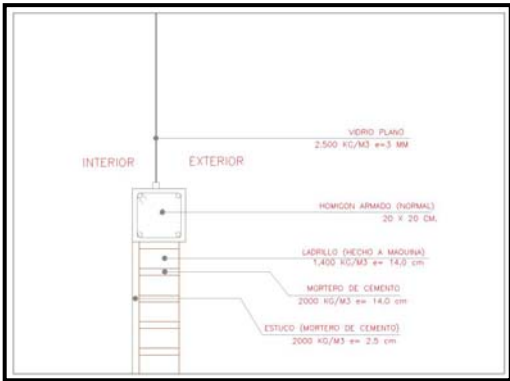
$$\lambda_{Estuco} = 1,40 [W / (m * K)]$$

$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda)$$

$$= 0,12 + 2 * (0,14 / 0,60) + (0,025 / 1,640) = 0,602 [(m^2 * K) / W]$$

Hormigón Armado Expuesto al Exterior.

Figura 28: Hormigón Armado hacia exterior



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0$$

$$e = 0,24 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{hormigón armado}} = 1,63 [W / (m * K)]$$

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) \\ &= 0,12 + (0,24 / 1,63) = 0,267 [(m^2 * K) / W] \end{aligned}$$

Hormigón Armado Colindante a Recintos Interiores.

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$e = 0,24 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{hormigón armado}} = 1,63 [W / (m * K)]$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= R_{\text{si}} + R_{\text{se}} + \Sigma (e / \lambda) \\
 &= 0,12 + 0,12 + (0,24 / 1,63) = 0,387 \text{ [(m}^2 \text{ * K) / W]}
 \end{aligned}$$

Vidrios Expuestos al Exterior.

Cálculos y resultados

$$R_{\text{si}} = 0,12 \text{ [(m}^2 \text{ * K) / W]}$$

$$R_{\text{se}} = 0$$

$$e = 0,003 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{vidrio}} = 1,2 \text{ [W / (m * K)]}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= R_{\text{si}} + R_{\text{se}} + \Sigma (e / \lambda) \\
 &= 0,12 + (0,003 / 1,2) = 0,123 \text{ [(m}^2 \text{ * K) / W]}
 \end{aligned}$$

Vidrios Colindantes a Recintos Interiores.

Cálculos y resultados

$$R_{\text{si}} = 0,12 \text{ [(m}^2 \text{ * K) / W]}$$

$$R_{\text{se}} = 0,12 \text{ [(m}^2 \text{ * K) / W]}$$

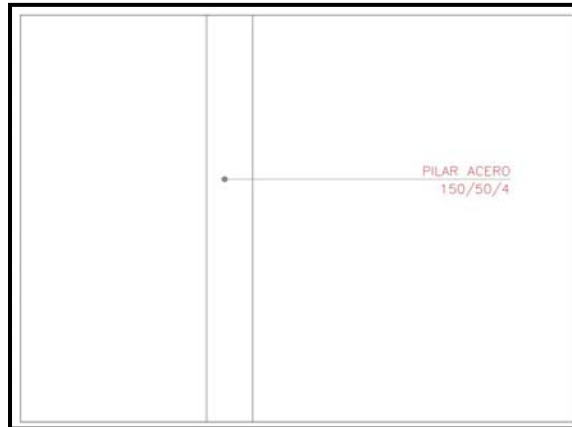
$$e_{\text{vidrio}} = 0,003 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{vidrio}} = 1,2 \text{ [W / (m * K)]}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= R_{\text{si}} + R_{\text{se}} + \Sigma (e / \lambda) \\
 &= 0,12 + 0,12 + (0,003 / 1,2) = 0,243 \text{ [(m}^2 \text{ * K) / W]}
 \end{aligned}$$

Pilar Acero.

Figura 29: Pilar Acero



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0$$

$$e_{acero} = 0,004 \text{ m}$$

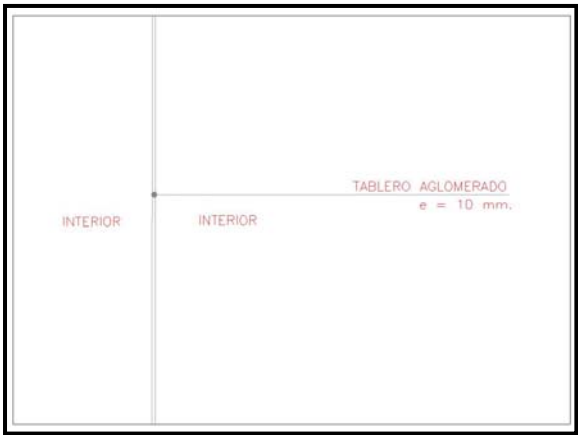
$$\lambda_{acero} = 58 [W / (m * K)]$$

$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda)$$

$$= 0,12 + (0,004 / 58) = 0,120 [(m^2 * K) / W]$$

Tablero Aglomerado.

Figura 30: Tablero Aglomerado



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

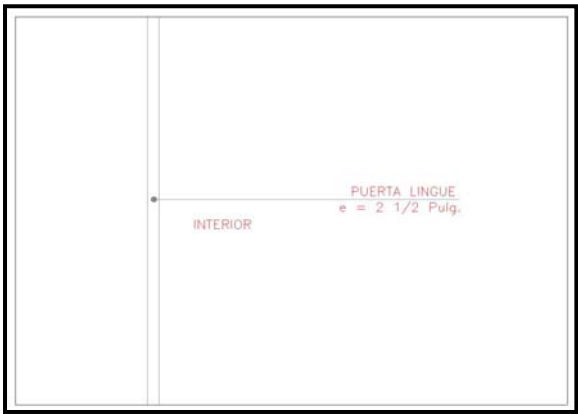
$$e_{\text{Tablero Aglomerado}} = 0,01 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{Tablero Aglomerado}} = 0,103 [W / (m * K)]$$

$$\begin{aligned} R_{total} &= R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) \\ &= 0,12 + 0,12 + (0,01 / 0,103) = 0,337 [(m^2 * K) / W] \end{aligned}$$

Puerta Madera Lingue (hacia exterior).

Figura 31: Puerta madera de Lingue



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 \text{ [(m}^2 \cdot \text{K) / W]}$$

$$R_{se} = 0$$

$$e_{Lingue} = 0,0381 \text{ m}$$

$$\lambda_{Lingue} = 0,136 \text{ [W / (m} \cdot \text{K)]}$$

$$\begin{aligned} R_{total} &= R_{si} + \Sigma (e / \lambda) \\ &= 0,12 + (0,0381 / 0,136) = 0,4 \text{ [(m}^2 \cdot \text{K) / W]} \end{aligned}$$

Puerta Madera Lingue (hacia recinto interior).

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

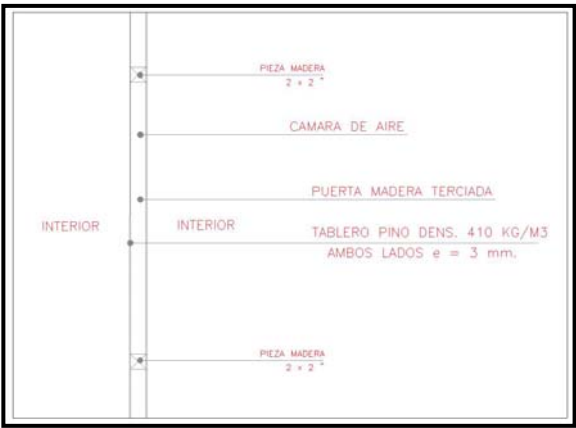
$$e_{Lingue} = 0,0381 \text{ m}$$

$$\lambda_{Lingue} = 0,136 [W / (m * K)]$$

$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda)$$
$$= 0,12 + 0,12 + (0,0381 / 0,136) = 0,52 [(m^2 * K) / W]$$

Puerta Tablero de Madera de Pino.

Figura 32: Puerta madera pino



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

$$R_{si} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0,12 [(m^2 * K) / W]$$

$$\lambda_{Pino} = 0,104 [W / (m * K)]$$

$$R_g = 0,16 (m^2 * K / W); \epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,9 \text{ materiales no brillantes}$$

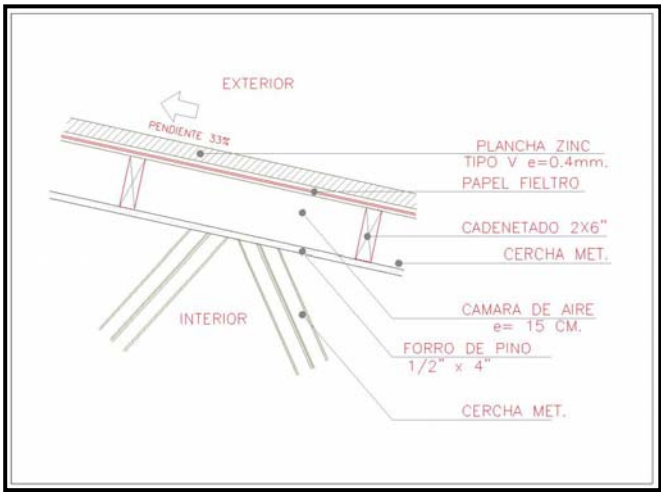
$$R_{total} = R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g$$
$$= 0,12 + 0,12 + 2 * (0,003 / 0,104) + 0,16 = 0,458 [(m^2 * K) / W]$$

Resistencia Térmica Cielo – Techo.

Cabe señalar que se tienen complejos cielo- techo cuando se configuran dos supuestos: por una parte, la existencia de una cámara de aire entre el cielo y el techo, y por otra, el área del techo en contacto con la cámara de aire es mayor que en área del cielo. En este caso se aplicará lo señalado al artículo 5.5 de la NCh 853, y en concreto en nuestra investigación se analizará como una pared común y corriente pero horizontal, expuesta al exterior.

Para la obtención de R_{si} , R_{se} , λ_i y R_g se utilizaran las tablas y ábacos de en la NCh 853.

Figura 33: Cielo - Techo



Fuente: Elaboración propia

Cálculos y resultados

Pendiente 33 % ó $\theta = 18^\circ$

$$R_{si} = 0,09 [(m^2 * K) / W]$$

$$R_{se} = 0$$

$$e_{pino} = 0,0127 \text{ m}$$

$$\lambda_{pino} = 0,104 [W / (m * K)]$$

$$R_g = 0,14 (m^2 * K / W); \epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,9 \text{ materiales no brillantes}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{cielo - techo}} &= R_{si} + R_{se} + \Sigma (e / \lambda) + R_g \\ &= 0,09 + (0,0127 / 0,104) + 0,14 = 0,352 [(m^2 * K) / W] \end{aligned}$$

Según NCh 2251 Of. 94, los materiales que se utilizan en espesores inferiores a 3 mm ofrecen tal pequeña resistencia térmica que ésta no debe considerarse en cálculos prácticos. Tal es el caso de papeles folios y láminas delgadas (ver NCh 853).

No obstante a lo anterior, ellos pueden contribuir a aumentar las resistencias térmicas de las cámaras de aire confinadas por ellos, por ejemplo al actuar por reflexión, si la cara del material que mira a dicha cámara es brillante y mantiene el brillo en el tiempo.

3.2.3. Determinación de la pérdidas de calor.

En primer lugar se determina el calor perdido a través de los elementos constructivo (Q_p).

Tabla N° 1: Calor Perdido a Través de Elementos Constructivos

Elemento	Area (m ²)	Rt [(m ² * K) / W]	Ti (°C)	Te (°C)	Qp (W)
Zona de piso N° 1	641,47	0,76	15	8	5.908
Zona de piso N° 2	65,43	0,32	15	12	613
Zona de piso N° 3	96,93	0,49	15	13	396
tabique con forro de pino (expuesto a exterior)	125,19	0,645	15	3	2.329
tabique con forro de pino (expuesto a otro local)	11,05	0,765	15	12	43
Ladrillos estuco 1 lado (a exterior)	53,18	0,371	15	3	1.720
Ladrillos estuco ambos lados (a otro local)	94,15	0,722	15	12	391
Ladrillos estuco ambos lados (a exterior)	162,31	0,602	15	3	3.235
Hormigón Armado (a exterior)	53,16	0,267	15	3	2.389
Hormigón Armado (a otro local)	2,83	0,387	15	12	22
Vidrios (a exterior)	128,95	0,123	15	3	12.580
Vidrios (expuesto a otro local)	13,28	0,243	15	12	164
Pilar acero	4,80	0,12	15	6	360
Tablero Aglomerado	18,48	0,337	15	12	165
Puerta Lingue (a exterior)	5,00	0,4	15	3	150
Puerta Lingue (a otro local)	3,20	0,52	15	6	55
Puerta Tablero De Pino	5,90	0,458	15	12	39
Cielo – Techo	803,83	0,352	15	3	27.403
Total Calor Perdido en Piso, Muros y Cielo					57.964

Fuente: Elaboración propia

El Calor perdido a través de los elementos es 57.964 Watt ó 57,964 kW.

Pérdidas por Infiltraciones y/o Ventilación (Q_v).

Es la pérdida que se produce por apertura de puertas o ventanas y a través de los ajustes entre marcos y puertas o ventanas, de éste por el efecto de viento y/o por el “efecto chimenea” en el edificio.

Ecuación 5, (NCh 853)

$$Q_v = V * \Gamma * Q_{\text{esp aire}} * (T_{ic} - T_{ec})$$

Donde:

Q_v : Calor perdido por infiltraciones, (kcal / h).

V : Caudal de aire infiltrado, (m^3 / h).

Γ : Densidad del aire, 1,2 (kg / m^3)

$Q_{\text{esp aire}}$: Calor específico del aire, 0,24 [(kcal / ($kg * ^\circ C$))]

$(T_{ic} - T_{ec})$: Gradiente de temperatura entre el ambiente interior y el exterior, en nuestro caso 15 y 3 $^\circ C$ respectivamente, por lo tanto, este gradiente toma el valor de 12 $^\circ C$.

Reemplazando:

$$\begin{aligned} Q_v &= V * \Gamma * Q_{\text{esp aire}} * (T_{ic} - T_{ec}) \\ &= V (m^3 / h) * 1,2 (kg / m^3) * 0,24 (kcal / kg * ^\circ C) * 12 ^\circ C \\ &= 3,456 * V (kcal / h) \end{aligned}$$

Ya que conocemos la cantidad de personas, podemos evaluar el caudal de aire “V” usando el método de renovación de aire (ventilación) para cada persona,

éste es de del orden de $20 \text{ m}^3/\text{Hora/Persona}$ y se contabilizará la cantidad de personas por m^2 del recinto.

Figura 34: Número de personas en el gimnasio



Fuente: Elaboración propia

Observando la figura 33 y con relativa precisión se puede estimar que existe un promedio de una persona por m^2 aproximadamente.

Considerando solo el área que es ocupada por las personas que es de $693,68 \text{ m}^2$ y aproximando, tenemos una cantidad de 700 personas, si a esta cantidad aplicamos el volumen de ventilación de $20 \text{ m}^3/\text{Hora/Persona}$ tenemos un volumen total de $14.000 \text{ m}^3/\text{h}$, de caudal por ventilación.

A continuación se determina la pérdida de calor usando el método de ventilación.

Tabla N° 2: Calor perdido a través de ventilación

Elemento	Caudal (V) (m3)	Ti (°C)	Te (°C)	Qv (W)
Calor perdido por ventilación	14.000	15	3	56.280

Fuente: Elaboración propia

La pérdida de calor total (Q_t) se obtiene sumando el calor perdido a través de los elementos constructivos (Q_p) mas el calor de ventilación (Q_v)

Por lo tanto,

$$Q_t = 57,964 + 56,28 = 114,245 \text{ kW.}$$

El calor total perdido en el recinto es de **114,245 kW**.

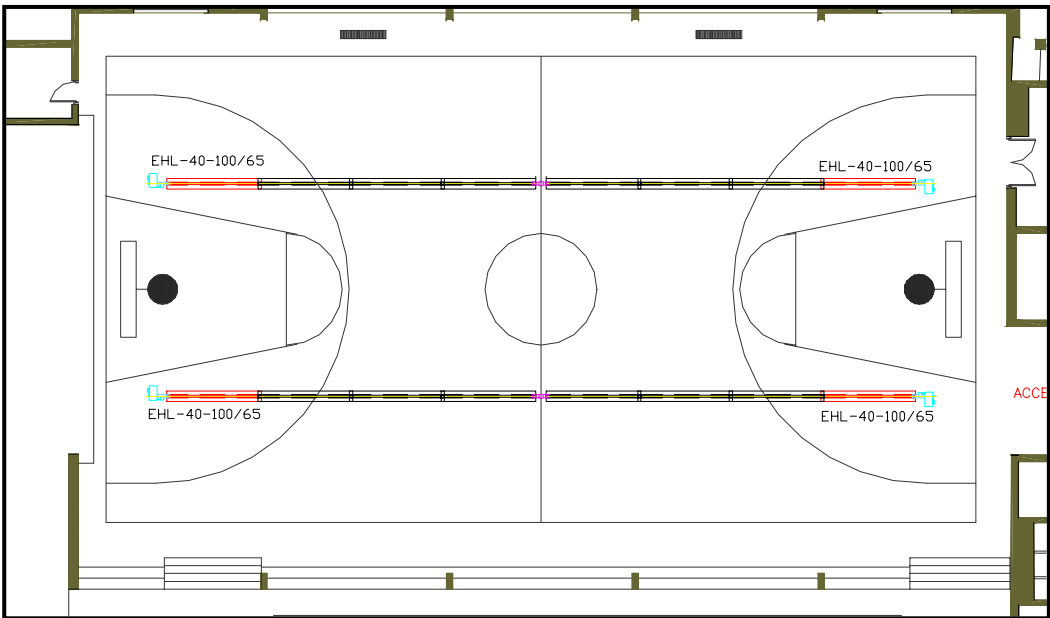
CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 Selección de los Equipos.

En contacto realizado con la empresa Norteamericana *Detroit Radiant Products Company*, a través del señor John D. Wortman (Engineering Director, Detroit Radiant Products Co.), luego de entregada la información del requerimiento de calor, fotografías y planos y consultando con el señor Michelle Kostusyk (Product Support, Detroit Radiant Products Co.), éste sugiere la instalación de 4 equipos de la serie EHL modelo EHL-40-100/65 (ver anexo 2) como lo indica la figura 35.

Figura 35: Planta gimnasio con proyección de calefactores



Fuente: Elaboración propia con proyección de calefactores realizadas por Michelle Kostusyk

El señor John D. Wortman piensa que la mejor aplicación que tendrían los equipos es en configuración simple, como lo muestra la figura 35.

Con la necesidad de suplir una cantidad de calor de 114,245 kW, en la elección del equipo, se acepta la sugerencia hecha por el fabricante ***Detroit Radiant Products Company*** con el modelo EHL-40-100/65, ya que éste, con su funcionamiento en baja (14,7 kW) y alta (29,3 kW) intensidad de forma alternada junto con su termostato interno, le permite funcionar de forma óptima, manteniendo un calor constante y agradable para los usuarios del recinto proporcionando una sensación de comodidad térmica para las personas en las actividades tenidas en cuenta para la finalidad principal de este proyecto, que son aquellas anexas al funcionamiento del gimnasio como tal.

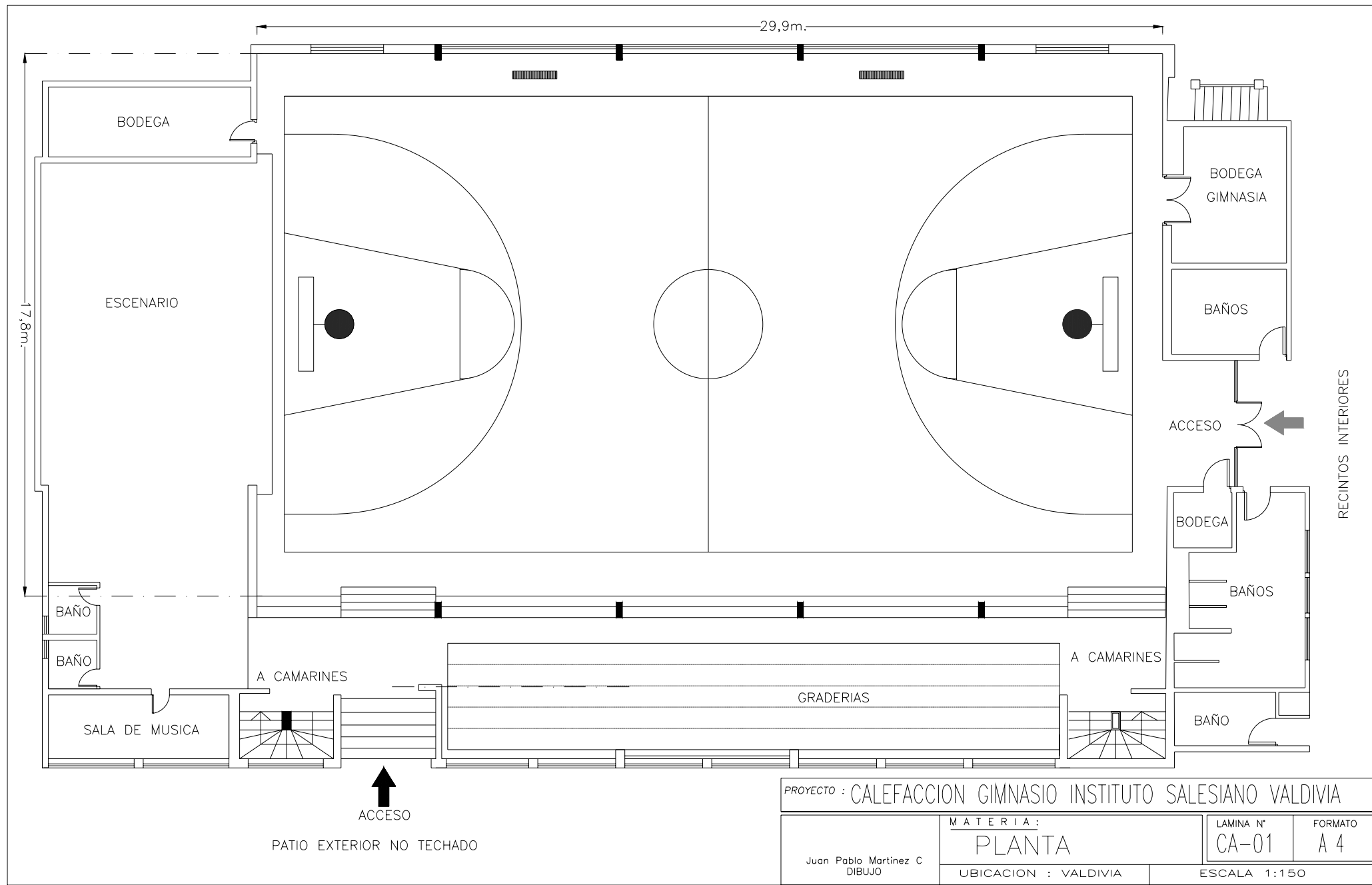
4.2. Proyecto de Calefacción por Radiación Infrarroja de Intensidad Reducida en el Gimnasio del Instituto Salesiano de Valdivia

Los proyectos que se encuentran a continuación están sujetos a un conjunto de disposiciones para su ejecución, las que se encuentran principalmente en la guía de diseño del fabricante como también en las normas y reglamentos que rigen la seguridad de las instalaciones en nuestro país, y que complementan las descripciones para la ejecución de la instalación de los equipos de calefacción mediante tubos que emiten radiación infrarroja de intensidad reducida.

4.2.1. Planta de Arquitectura

En lámina del proyecto de calefacción N°1, CA-01, corresponde al levantamiento realizado en el recinto, además de consultar planos de un

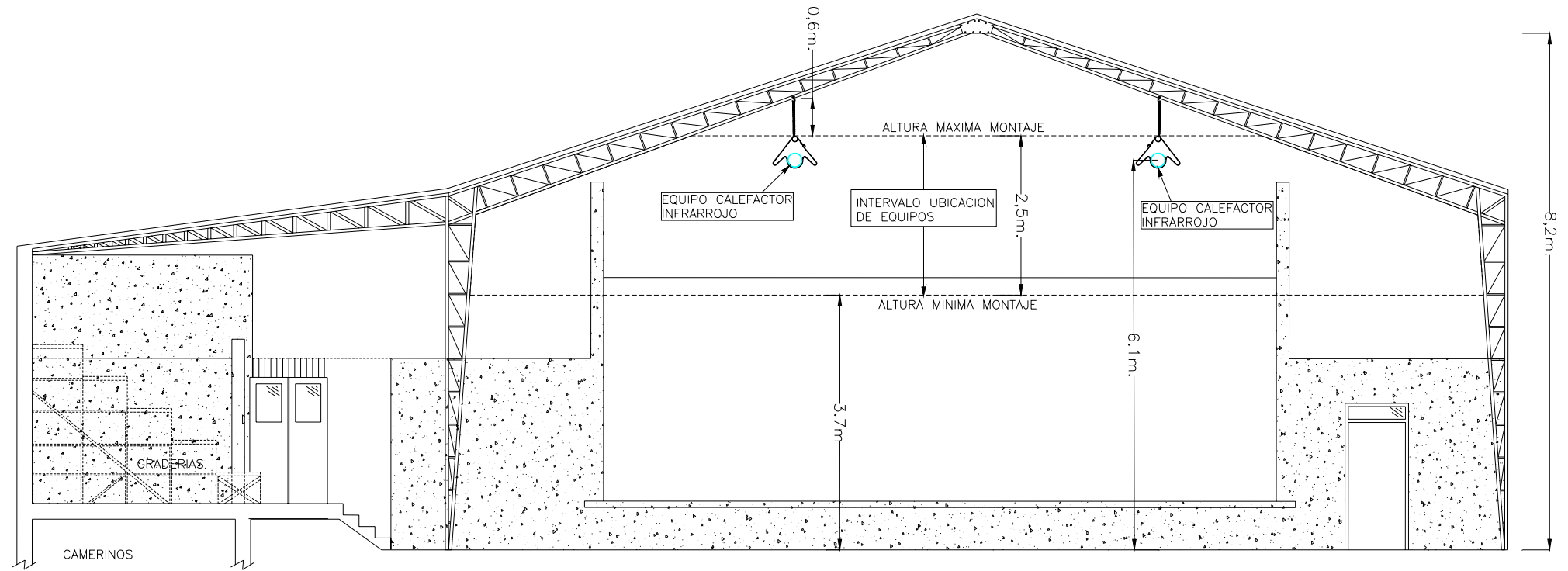
levantamiento anterior, facilitados por la administración del Instituto Salesiano de Valdivia.



4.2.2. Ubicación de los Equipos en Planta y Elevaciones

Corresponden a las láminas CA-02 y CA-03, respectivamente.

En relación al los modelos de los calefactores y ubicación de estos para su puesta en obra, El diseño en planta fue realizada por el señor Michelle Kostusyk (Product Support, Detroit Radiant Products Co.) tal como se expuso anteriormente en el punto 4.1. Para el diseño de elevación se consultó el manual correspondiente (anexo 1).



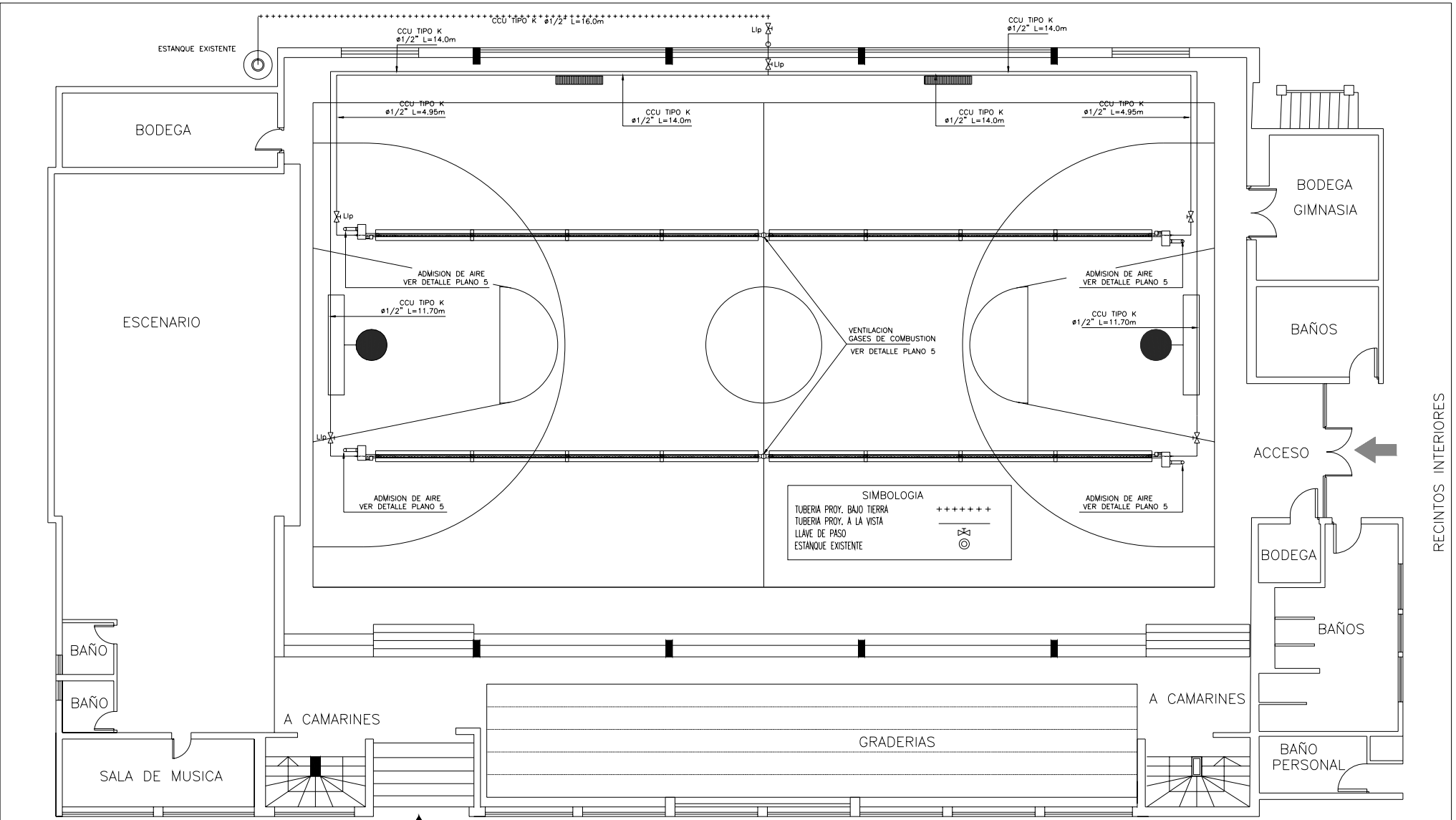
PROYECTO : CALEFACCION GIMNASIO INSTITUTO SALESIANO VALDIVIA			
Juan Pablo Martinez C DIBUJO	M A T E R I A :		LAMINA N°
	UBICACION EQUIPOS EN CORTE		CA-03
	UBICACION : VALDIVIA		FORMATO A 4
		ESCALA S/ESC	

4.2.3. Red de Gas y Evacuación de Gases de Combustión.

Correspondiente a las láminas CA-04 para la red de gas y CA-05 para los detalles que muestran el sistema de evacuación de gases de combustión. En punto se aplican las normas dispuestas en “**Reglamento De Instalaciones Interiores De Gas**”, Decreto Supremo 222/96, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción de la República de Chile.

Según la clasificación que hace el **D. S. 222/96** referente a los artefactos en relación al modo de cómo captan el aire y dónde descargan los gases de combustión, nuestro equipo está catalogado en el tipo “C”, vale decir, que capta el aire para combustión desde el exterior del recinto donde está el artefacto y descarga los gases de combustión al exterior a través de un conducto.

Según manual “**Installation, Operation, Maintenance and Parts Manual**” de la “**EHL Series**” tenemos la posibilidad de ocupar varios tipos de gas, pero el que se dispone en la ciudad de Valdivia es el G-31 (C_3H_8) mayormente conocido como propano, que es el utilizado en los cilindros de 45 Kg y en los estanques. En las afueras del gimnasio existe un estanque de gas, el que será utilizado para la conexión de la red de gas. También se recomienda el uso de tubos de cobre de ½ pulgada, estos serán tipo “K”.



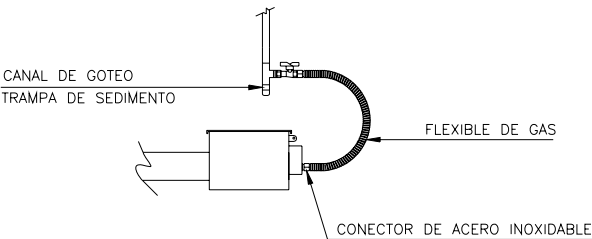
SIMBOLOGIA

TUBERIA PROY. BAJO TIERRA	++++++
TUBERIA PROY. A LA VISTA	—X—
LLAVE DE PASO	⊗
ESTANQUE EXISTENTE	⊙

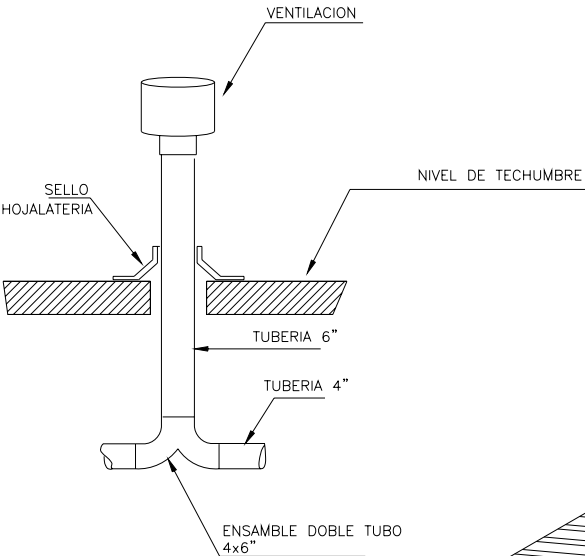
PROYECTO : CALEFACCION GIMNASIO INSTITUTO SALESIANO VALDIVIA			
Juan Pablo Martínez C DIBUJO	MATERIA :	LAMINA N°	FORMATO
	RED DE GAS	CA-04	A 4
UBICACION : VALDIVIA		ESCALA 1:150	

RECINTOS INTERIORES

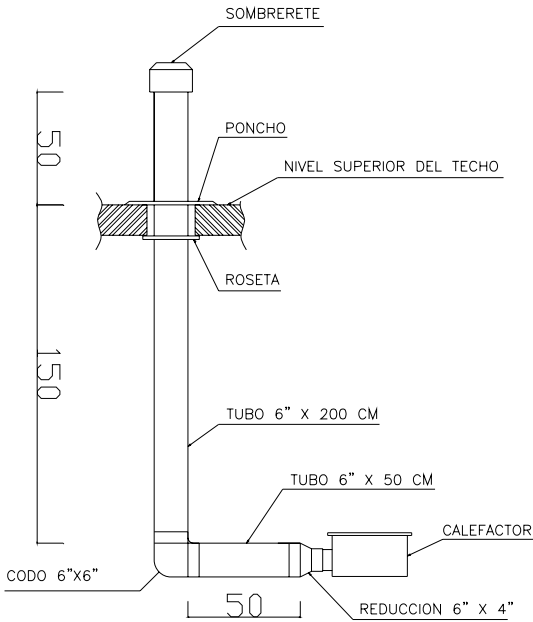
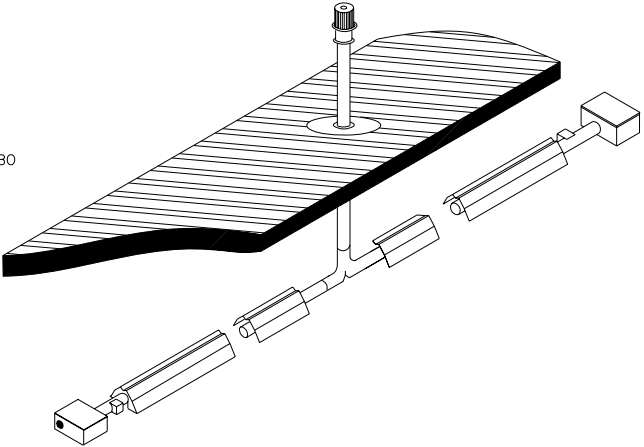
DETALLE CONEXION



DETALLE VENTILACION



ISOMETRICA



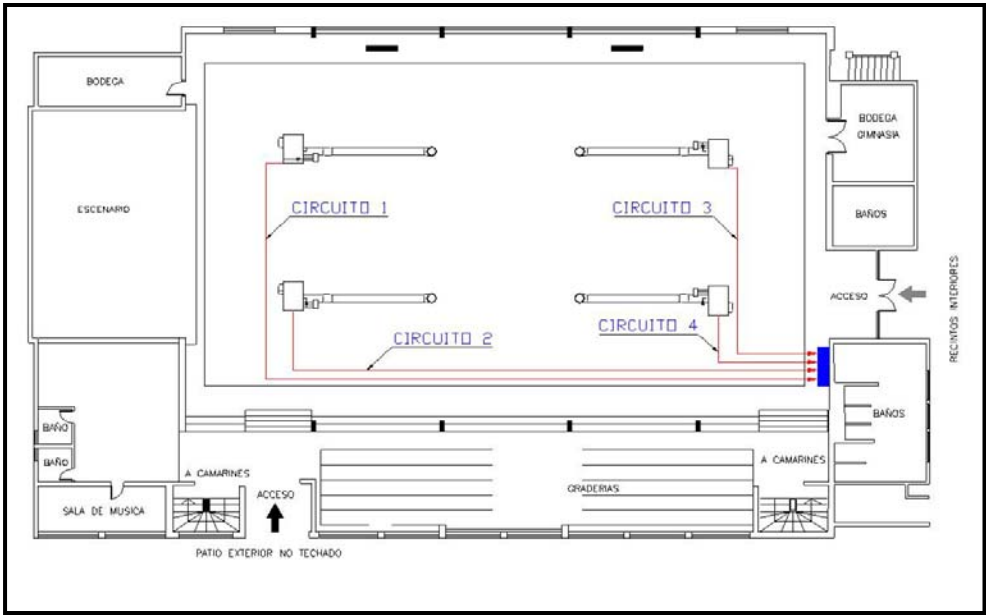
PROYECTO : CALEFACCION GIMNASIO INSTITUTO SALESIANO VALDIVIA

Juan Pablo Martínez C DIBUJO	MATERIA : DETALLES ADMISION-VENTILACION	LAMINA N° CA-05	FORMATO A 4
	UBICACION : VALDIVIA	ESCALA S/E	

4.2.4. Red Eléctrica.

Corresponde a lámina N° 6. Para brindar una mayor funcionalidad se diseño un sistema de 4 interruptores donde cada uno de ellos hace funcionar el sistema de encendido de cada calefactor, tal como los ilustra la siguiente figura, de esta manera se tiene un mayor control sobre el sistema adecuándolo a las necesidades que existan en el momento.

Figura 36: Distribución de circuitos eléctricos en planta.



Fuente: Elaboración propia

La figura 36 ilustra la forma en la que se proyectarán los circuitos eléctricos, los que se dirigirán hacia el sector donde se encuentra la caja eléctrica existente para su conexión.

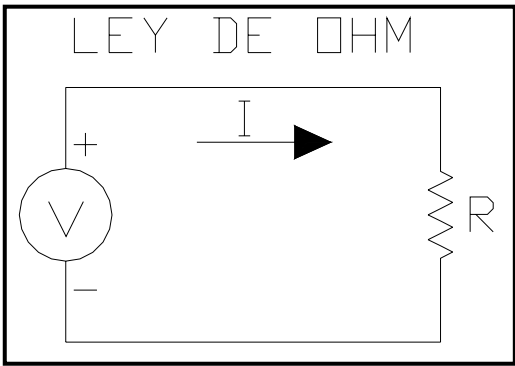
Según manual “*Installation, Operation, Maintenance and Parts Manual*” de la “*EHL Series*” los requisitos eléctricos son: 220 voltios, 50 Hz, monofásico, el

requisito máximo de amperaje es de 4,8 Å en la partida y 0,6 Å en su funcionamiento continuo, en particular el equipo seleccionado ocupa 0,8 Å para su funcionamiento continuo, además se necesita de un transformador (24 V) para su termostato y sistema de ignición.

Cálculo del Diámetro del Cable para cada Circuito:

Según ley de Ohm:

Figura 37: Ley de Ohm



Fuente: Elaboración propia

$$V = R \cdot I$$

Ecuación 6

- V : Diferencia de potencial eléctrico (V, voltios)
- R : Resistencia eléctrica (Ω, ohms)
- I : Intensidad eléctrica (Å, amperes)

Según ley de Watt:

Ecuación 7

$$P = V * I$$

P = Potencia eléctrica (W, Watt)

V = Diferencia de potencial eléctrico (V, voltios)

I = Intensidad eléctrica (A, amperes)

Se define Resistencia eléctrica (R), (NCh 817, 1974):

Ecuación 8

$$R = (\rho * L) / S = \Omega$$

ρ : Coeficiente de resistividad del material, ($\Omega * m$).

L : Largo del conductor, (m).

S : Sección del conductor, (m^2).

Nota: $\rho_{cu} = 0,018 [(mm^2 * \Omega) / m]$

Cuando:

L = metros

S = mm^2

R = Ω

Aplicando Ecuación 7 el consumo eléctrico del termostato de cada calefactor será de:

$$P = 220 \text{ V} * 0,8 \text{ A} = 176 \text{ W}$$

Circuito 1:

Aplicando ecuación 6

$$R_1 = (V / I_1) = (220 \text{ Volt} / 0,8 \text{ A}) = 275 \Omega$$

Ídem para circuitos 2, 3 y 4.

De la ecuación 8, $S_i = (L_i * \rho_{cu}) / R_i$, se obtiene:

$$S_1 = (50 * 0,018) / 275 = 0,003 \text{ mm}^2$$

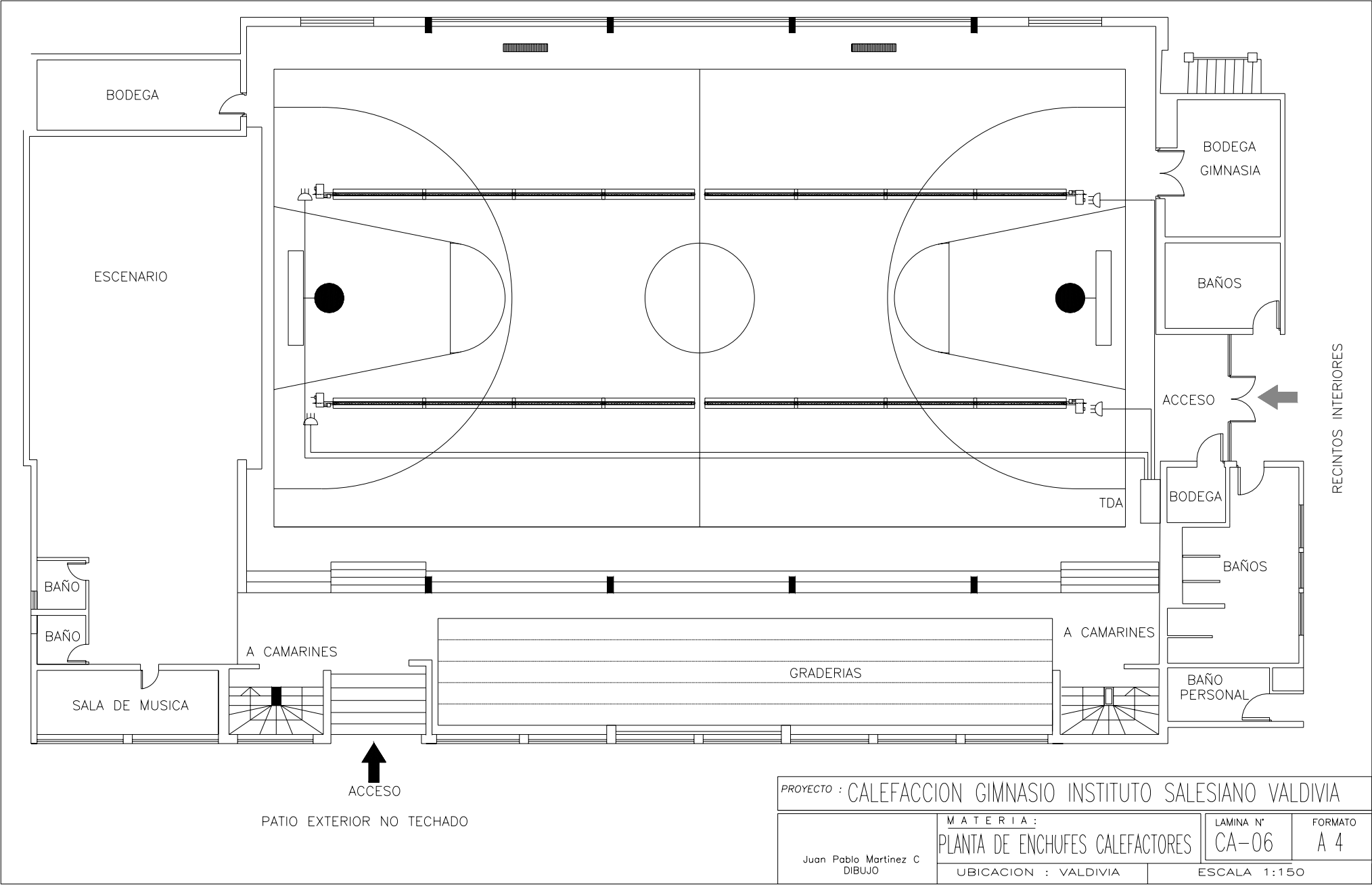
$$S_2 = (40 * 0,018) / 275 = 0,003 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = (20 * 0,018) / 275 = 0,001 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = (15 * 0,018) / 275 = 0,001 \text{ mm}^2$$

Secciones nominales en sistema métrico (NYA) en mm^2 : 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; etc (NCh 1476, 1979).

Por lo tanto, la sección del conductor por tramos de todos los circuitos serán de 0,75 mm^2 .



4.3. Presupuesto de instalación y costo de operación

El presupuesto de instalación corresponderá a la suma de cada partida involucrada en la ejecución del proyecto, además se considera un ítem en el presupuesto que corresponde a la “marcha blanca” del funcionamiento de los calefactores, vale decir, se considerará un gasto de gas para corroborar el correcto y normal funcionamiento de los calefactores antes de su recepción final.

Posteriormente el costo de operación corresponde al valor estimado que tendrá el uso de los calefactores por unidad de tiempo.

El valor de cada equipo es de 850 dólares americanos, con el dólar a 635,88 pesos el día 22 de diciembre del 2008, cada calefactor costará la cantidad de 540.498 pesos.

La importación fue cotizada en la empresa *Modaltrade S.A.* por vía marítima (LCL Miami), en tanto su recepción demorará de 30 a 35 días.

Dicha cotización tiene un costo de 3.100 dólares americanos que se desglosan de la siguiente manera.

Tabla Nº 3: Costos de transporte de los (4) equipos calefactores

Referencia	Usd	\$ (635,88)
Transporte Marítimo	960	610.445
Transporte Interno	300	190.764
Manejo en Origen	120	76.306
Desconsolidación (*)	190	120.817
Apertura Manifiesto (*)	40	25.435
B/L Fee (*)	45	28.615
Seguro a la carga (*)	60	38.153
Agencia Aduanal (*)	150	95.382
Entrega en Valdivia (*)	1.200	763.056
THCD (*)	35	22.256
Gran Total	3.100	1.971.228
(*) : Iva Incluido		

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos mediante cotización.

Presupuesto Estimativo Proyecto Calefacción.

Tabla Nº 4: Presupuesto

PRESUPUESTO ESTIMATIVO

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT.	VALOR UNITARIO	SUB-TOTAL
1.-	Calefactor modelo EHL-40-100/65 DPR	GL	4	540.498	2.161.992
2.-	Conector flexible para Gas DPR	Unid.	4	7.421	29.684
3.-	Trampa sedimento cobre 1/2"	Unid.	4	990	3.960
4.-	Cadena galvanizada eslabón corto 6.0 m	ML	28	2.820	78.960
5.-	Eslabón rápido para cadena 5/16"	Unid.	56	1.965	110.040
6.-	Perno anclaje madera tirafondo 6"x 1 ¼ "	Unid.	28	225	6.300
7.-	Llaves de paso corte rápido ½ "	Unid.	6	3.780	22680
8.-	Codo Cu 90 ½ " cementar	Unid.	12	145	1.740
9.-	Tee Cu ½ " x ½ " cementar	Unid.	4	345	1.380
10.-	Abrazaderas Cu	Unid.	120	260	3.1200
11.-	Tornillo madera 6 x 1 ½", 144 Unidades	Unid.	3	1.696	5.088
12.-	Display soldadura estaño + pasta 95%	Unid.	3	2.190	6.570
13.-	Tubería Cu 1/2" tipo "K"	ML	120	2.725	327.000
14.-	Copla Cu 1/2"	Unid.	6	145	870
15.-	Cañon Zinc 6" x 2mt x 0,5 mm.	Unid.	4	4.000	16.000
16.-	Codos Zinc 6" x 0,5 mm.	Unid.	4	4.000	16.000
17.-	Cañon Zinc 6" x 0,5mt x 0,5 mm.	Unid.	4	2.000	8.000
18.-	Sombrerete Zinc	Unid.	2	9.000	18.000
19.-	Sombrerete Zinc tipo "chilote"	Unid.	4	9.000	36.000
20.-	Reducción Zinc 6" x 4"	Unid.	4	7.000	28.000
21.-	Poncho Zinc	Unid.	6	6.000	36.000
22.-	Roseta Zinc	Unid.	6	2.000	12.000
23.-	Reducción Tee 4"x6"x4"	Unid.	2	16.000	32.000
24.-	Transformador electrónico	Unid.	4	3.590	14.360

25.-	Cordón 3 hebras x 0,75 mm2	ML	130	498	64.740
26.-	Grapa galvanizada 1 1/2"x8, 100 g.	Unid.	4	590	2.360
27.-	Automático 10 Amp	Unid.	4	1.895	7.580
28.-	Diferencial 20 Amp.	Unid.	1	7.086	7.086
29.-	Conexión eléctrica y puesta a tierra	GL	1	100.000	100.000
30.-	Pruebas de presión	GI	1	20.000	20.000
31.-	Conexión de gas y puesta en servicio	GI	1	50.000	50.000
32.-	Transporte e Internación de Equipos	GL	1	1.971.228	1.971.228
33.-	Fletes	GI	1	80.000	80.000
34.-	Mano de obra	GI	1	1.200.000	1.200.000
	Costo directo				6.506.818
	Gasto generales y util. 35 % (20-15 respec.)				2.277.386
	Sub Total				8.784.204
	I.V.A.				1.668.999
	Presupuesto total				10.453.203

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos mediante cotización.

4.4. Consumo de Electricidad y Combustible.

Según Detroit Radiant Products Company, el sistema accionamiento y control del calefactor tiene un consumo eléctrico de 176 W ó 0,176 kW, el valor del kW x h (monofásica, BT1) es de 138 pesos aproximadamente (Diciembre de 2008), por lo tanto el costo/Hora de funcionamiento es de 25 pesos aproximadamente, por lo que, todo el sistema operando a su máxima capacidad tendrá un costo, por concepto de energía eléctrica de **100 pesos la hora de uso.**

A su vez, el calefactor tiene un consumo de gas licuado de 4,16 dm³ / h. El valor de un dm³ (litro) de gas para estanque es de 495,34 pesos (al 18 de Mayo de

2009), por lo tanto, el costo por Hora de funcionamiento de cada uno de los calefactores es de 2.060 pesos aproximadamente, por lo que, todo el sistema (4 calefactores) operando a su máxima capacidad, esto es, entregando la suma de 117,2 kW de calor, tendrá un costo máximo de **8.340 pesos la hora de uso** (gasto eléctrico incluido).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Del análisis y principalmente de acuerdo a motivos relacionados con la altura y de tiempo de ocupación, esto es gran altura y tiempo de ocupación escaso (eventos, actos, charlas, etc.), de protección del medio ambiente y la consiguiente demanda de las comunidades por este tipo de energía y funcionalidad que los caracteriza, puesto que calientan en forma directa suelo, objetos y personas de acuerdo al mismo principio de la energía solar, el tipo de calefacción más adecuada para la realización de actividades no deportivas dentro del gimnasio del Instituto Salesiano de Valdivia, es aquella generada por tubos calefactores por radiación infrarroja de intensidad reducida.

El proyecto propuesto dotará al gimnasio del Instituto Salesiano de Valdivia de un sistema de calefacción infrarroja que produce una climatización agradable irradiando calor que rápidamente llega a la piel y ropa del usuario, de rápida puesta en marcha, silenciosa y que no contamina el ambiente interior.

El presupuesto de instalación asciende a la suma de 10.453.203 pesos, esto incluye las redes de gas y eléctrica, así como también el trabajo en hojalatería para los ductos de admisión de aire de combustión y evacuación de los gases de combustión, además de los costos de importación e instalación de los calefactores.

En relación al costo horario por concepto de consumo de gas y eléctrico para las condiciones de proyecto de cada uno de los calefactores es de 2.060 pesos aproximadamente, por lo que todo el sistema, vale decir, los 4 calefactores e

incluyendo el gasto eléctrico (\$ 100), operando a su máxima capacidad tendrá un costo de **8.640 pesos la hora de uso.**

BIBLIOGRAFÍA

- HARROLD J. (1995). Radiant Heating. Wood Magazine. (81): pp. 24-26

- Detroit Radiant Products Company. s.f. The Theory of Infra-Red Radiant Heating. (Disponible en: http://www.reverberray.com/pdf/brochures/ehl_brochure.pdf. Consultado el 28 de Marzo de 2007)

- Energy Products Group NV. s.f. ¿Qué es calefacción por infrarrojo?. Así funciona la calefacción por infrarrojo. (Disponible en: http://www.varmigo.com/es/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=51. Consultado el 04 de Abril de 2007)

- Energy Products Group NV. s.f. ¿Qué es calefacción por infrarrojo?; El calor por medio de radiación y por medio de aislamiento juntos. (Disponible en: http://www.varmigo.com/es/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=51. Consultado el 04 de Abril de 2007)

- Detroit Radiant Products Company. s.f. Two-Stage Infra-Red Tube Heater. (Disponible en: <http://www.reverberray.com/products/ehl.html>. Consultado el 29 de Marzo de 2007)

- Detroit Radiant Products Company. s.f. 5 Reasons to Choose Two-Stage Heaters (Disponible en: <http://www.reverberray.com/products/5reasons.html>. Consultado el: 12 de Abril de 2007)

- Detroit Radiant Products Company. s.f. EHL Series Specifications (Disponible en: http://www.reverberray.com/pdf/brochures/ehl_brochure.pdf. Consultado el: 12 de Abril de 2007)
- Detroit Radiant Products Company. s.f. EDX Series Specifications (Disponible en: http://www.reverberray.com/pdf/brochures/edx_brochure.pdf. Consultado el: 12 de Abril de 2007)
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 853). 1991. Acondicionamiento térmico – Envolverte térmica de edificios – Cálculo de transmitancias térmicas. Santiago. (43 p.), CIN 91.120.30
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 2251). 1994. Aislación térmica – Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción. Santiago. (3 p.), CIN.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 1078). s.f. Ing. Sanitaria, artefactos, calefacción. Temperatura interior de cálculo t_{ic} . Temperatura de locales con calefacción: pp. 33 – 34.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 1078). s.f. Ing. Sanitaria, artefactos, calefacción. Temperatura de locales no calefaccionados: p. 35.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 1078). s.f. Ing. Sanitaria, artefactos, calefacción. Temperatura exterior de cálculo de ciudades de país: pp. 35 - 37.

- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 1476). 1979. Conductores de cobre aislados con poli (cloruro de vinilo), PVC, para instalaciones fijas - Tipos NYA y NSYA: p.5. Santiago. (36 p.), CIN 77.120.30; 91.140.50; 29.160.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 817). 1974. Electricidad – Conductores – Terminología y clasificación: p.2. Santiago. (7 p.), CIN.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 712). 1972. Arquitectura y urbanismo- símbolos eléctricos para planos: p.3. Santiago. (8 p.), CIN 01.100.10; 01.100.30; 91.140.50; 29.020.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile) (norma 2251). 1994. Aislamiento térmica – Resistencia térmica de materiales y elementos de construcción: p.3. Santiago. (3 p.), CIN.
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (Chile) (Decreto Supremo 222). 1996; Reglamento de Instalaciones Interiores de Gas: pp. 11, 20 (67 p.).
- Acevedo L. 1995. Proyecto de calefacción central para el colegio Inmaculada Concepción Valdivia. Tesis Tít. Ingeniero Mecánico. Valdivia, Univ. Austral de Chile, Fac. Cien. Ing. 78 p.