



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica

Diseño de un sistema de calefacción central para una casa habitación.

Seminario de Título presentado en
conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de
Ejecución en Mecánica.

Profesor Guía: Sr. Luis Cerda Miskulini.

Rodrigo Orlando Parra Muñoz.

2014

RESUMEN

Este Seminario de Título tuvo como objetivo diseñar y seleccionar un sistema de calefacción central con agua caliente para una casa habitación ubicada en la ciudad de Santa María de Los Ángeles.

Para poder llevar a cabo lo mencionado anteriormente se debió conocer los materiales que conforman la estructura de la vivienda, las condiciones ambientales para poder realizar todos los cálculos de transferencia de calor para el periodo de invierno además de las pérdidas por aire infiltrado y los suplementos correspondientes, para determinar la capacidad de equipos.

Posteriormente, una vez realizado lo anterior se efectuó la selección de los componentes necesarios para este sistema, como radiadores y caldera.

Para tener un índice cuantitativo, se efectuó un cálculo de los costos de inversión y de los costos de operación. La inversión inicial para este sistema de calefacción central es de 2.781.688 pesos IVA incluido. El otro punto tomado en cuenta fue el costo operacional anual, el cual arrojó como resultado 665.088 pesos IVA incluido para un operación de seis meses, todos los días, 8 horas diarias.

La caldera seleccionada para el sistema es una Baxi Fourtech 24 a gas licuado, de tiro natural y 20600 kcal/h.

CONTENIDOS

CONTENIDO	PAGINAS
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES.	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Origen del tema.	2
1.3 Objetivos.	3
1.3.1 Objetivos del trabajo.	3
1.3.2 Objetivos específicos.	3
CAPÍTULO II	
DESCRIPCIÓN DEL RECINTO.	4
2.1 Antecedentes del recinto.	4
2.2 Características del recinto.	5
2.3 Características constructivas.	8
2.3.1 Características de las paredes.	9
2.3.2 Características de las ventanas.	9
2.3.2.1 Características geométricas de las ventanas.	9
2.3.3 Características de las puertas interiores.	13
2.3.4 Características de las puertas exteriores	13
2.3.4.1 Características geométricas de las puertas.	13
2.3.5 Características del cielo falso.	15
2.3.6 Características del techo de las habitaciones	15
2.3.7 Características del piso	15

CAPÍTULO III

CÁLCULO DE CARGA DE CALEFACCIÓN, CAPACIDAD DE EQUIPOS.	17
3.1 Cálculo de las necesidades de calefacción.	17
3.1.1 Pérdidas de calor por transmisión a través de muros y ventanas.	17
3.1.2 Pérdidas de calor a través del cielo de las habitaciones.	18
3.1.3 Pérdidas de calor por infiltraciones de aire.	18
3.2 Evaluación de la carga térmica.	19
3.2.1 Resistencia a la convección interior.	19
3.2.2 Resistencia a la convección exterior.	19
3.2.3 Resistencia térmica de las paredes.	20
3.2.4 Resistencia térmica de las ventanas.	20
3.2.5 Resistencia térmica de las puertas interiores.	21
3.2.6 Resistencia térmica de las puertas exteriores.	22
3.2.7 Resistencia térmica del cielo falso de las habitaciones.	23
3.2.8 Resistencia térmica del techo de las habitaciones.	24
3.2.9 Resistencia térmica del piso.	25
3.2.9.1 Resistencia térmica del piso de las habitaciones y living-comedor.	25
3.2.9.2 Resistencia térmica del piso de los baños y cocina.	26
3.3 Aire frío infiltrado.	27
3.4 Cálculos de carga de calefacción.	27
3.4.1 Cálculos de carga de calefacción living-comedor.	27
3.4.2 Cálculos de carga de calefacción dormitorio matrimonial.	31
3.5 Capacidad de los equipos de calefacción.	35
3.5.1 Suplementos.	35
3.6 Cálculo de la capacidad de los equipos de calefacción.	36
3.6.1 Cálculo de suplementos (living-comedor).	36

3.6.1.1 Cálculo del suplemento s_0 .	36
3.6.1.2 Cálculo del suplemento s_1 .	37
3.6.1.3 Cálculo del suplemento s_2 .	37
3.6.1.4 Cálculo del suplemento R .	37
3.6.1.5 Cálculo del suplemento H .	38
3.6.2 Cálculo de Suplementos (dormitorio matrimonial).	41
3.6.2.1 Cálculo del suplemento s_0 .	41
3.6.2.2 Cálculo del suplemento s_1 .	41
3.6.2.3 Cálculo del suplemento s_2 .	41
3.6.2.4 Cálculo del suplemento R .	42
3.6.2.5 Cálculo del suplemento H .	42
3.7 Cálculo de carga de calefacción de radiadores OCEAN.	45
3.8 Cálculo de los equipos calefactores.	45
3.8.1 Temperatura promedio de agua caliente en los radiadores.	46
3.8.2 Diferencia de temperatura real al ambiente interior.	46
3.8.3 Factor de corrección.	46
3.8.4 Q radiador modificado.	46
CAPÍTULO IV	
SELECCIÓN DE EQUIPOS.	48
4.1 Introducción.	48
4.2 Equipos radiadores de agua caliente.	48
CAPÍTULO V	
SELECCIÓN DE CALDERA.	49
5.1 Introducción.	49

5.2 Selección y descripción de la caldera.	50
5.3 Diagramas de instalación	51
CAPÍTULO VI	
COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN	54
6.1 Costos de inversión	54
6.2 Costos de operación	55
CONCLUSIONES.	59
BIBLIOGRAFÍA.	61
SECCION ANEXO 1 (Norma Chilena).	62
SECCION ANEXO 2 (Hojas de Calefacción).	78
SECCION ANEXO 3 (Descripciones y tablas).	84

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción.

En este último tiempo el mundo ha sufrido grandes cambios climáticos, los cuales hacen más difícil la predicción del clima. A raíz de esto, es que se origina en el hombre la inquietud de poder generar condiciones climáticas que le brinden un agradable confort térmico. En la actualidad existen una amplia gama de sistemas y equipos capaces de brindar éste, para determinados recintos.

Cabe señalar que un factor muy importante que se debe considerar al momento de realizar la selección de los artefactos y equipos destinados para calefaccionar un recinto, es el balance entre la optimización de la energía y el lograr un ambiente térmicamente cómodo al más bajo costo operacional posible.

En este proyecto se trabaja en la búsqueda de un ambiente térmicamente agradable para una casa habitación ubicada en el Country Villa Pulmahue Lote Z-16 , correspondiente a la Localidad de Santa María De Los Ángeles.

El sistema a desarrollar está constituido por una caldera de agua caliente, la cual alimentará una serie de radiadores convencionales instalados estratégicamente dentro de las habitaciones a calefaccionar.

1.2 Origen Del tema.

El desarrollo de este trabajo, se origina en la necesidad de reemplazar el actual sistema de calefacción empleado en dicha Casa Habitación, el cual está constituido por dos estufas a leña de combustión lenta, una que está ubicada en el living y la otra ubicada en la sala de estar. Este sistema, aún cuando están ambas estufas encendidas, no es capaz de brindar confort térmico durante los meses más fríos del invierno. Además uno de los inconvenientes presentados por el actual sistema de calefacción es el considerable desequilibrio térmico dentro de la casa habitación, es decir, mientras las habitaciones donde se encuentran las estufas se mantienen a una buena temperatura, las demás habitaciones de la casa están considerablemente más frías.

Por estos motivos es que se busca reemplazar el actual sistema, por uno capaz de brindar confort térmico a todos los ocupantes de la casa habitación.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivos del Trabajo.

- Diseño y selección de un sistema de calefacción central, utilizando caldera de agua caliente que sea capaz de brindar confort térmico de la manera más eficiente posible a una casa habitación ubicada en Los Ángeles.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Cálculo de las pérdidas de calor durante el invierno para todos los recintos a calefaccionar.
- Cálculo de la capacidad de los equipos de calefacción.
- Selección de equipos de calefacción
- Cálculos de costos de inversión y de operación para el periodo de calefacción anual.

CAPITULO 2: DESCRIPCION DEL RECINTO

2.1 Antecedentes del recinto

La casa habitación está ubicada en el Country Villa Pulmahue Lote Z-16 , correspondiente a la ciudad de Los Ángeles, saliendo camino a Nacimiento.

La casa está construida en albañilería, los muros exteriores e interiores están constituidos de ladrillo fiscal, con sus respectivos estucos en ambas caras, lo anterior está sustentado en un radier de hormigón armado con aditivos anti humedad.



Fig.2.1 Ubicación de la casa habitación

2.2 Características del Recinto

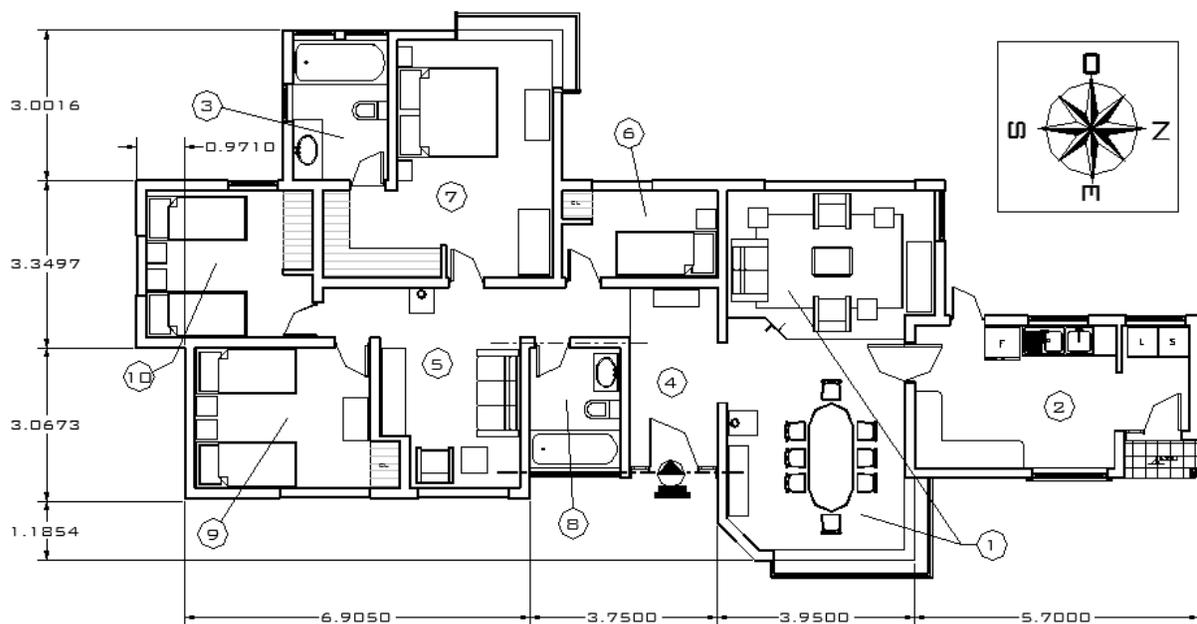


Fig. 2.2. Planta casa Habitación

La planta de la vivienda, está constituida tanto por habitaciones que requieren calefacción y otras no. Los recintos que requieren calefacción son: los cuatro dormitorios, el living-comedor, sala de estar y pasillo. No se calefactarán los baños ni la cocina.

La superficie de los recintos a calefactar se detalla en la Tabla 2.1.



Fig. 2.3. Vista Noreste de la casa habitación



Fig. 2.4. Vista Norte de casa habitación



Fig. 2.5. Vista Noroeste de casa habitación.



Fig.2.6. Vista Sur de casa habitación.

Tabla 2.1.Superficies Casa Habitación

Ubicación	Sector	Área m ²	Calefacción
1	Living-Comedor	26.56	si
2	Cocina	14.55	no
3	Baño en Suite	5.32	no
4	Hall Entrada	6.13	si
5	Sala De Estar-Pasillo	13.81	si
6	Dormitorio Visitas	5.43	si
7	Dormitorio Matrimonial	17.36	si
8	Baño Visitas	4.32	no
9	Dormitorio 1	10.3	si
10	Dormitorio 2	9.74	si
Total		113.52	

2.3.Características Constructivas

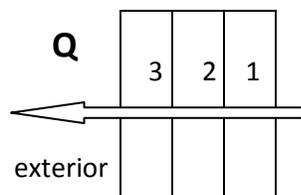
La casa habitación está conformada en la totalidad de sus muros, por albañilería confinada, ladrillo fiscal, con revestimiento de estuco tanto interior como exterior, el piso está conformado por hormigón armado de 10cm de espesor

El cielo falso está compuesto con placas de yeso-cartón, aislado con poliestireno expandido, cámara de aire, papel fieltro y planchas de cinc.

Los ventanales son de aluminio con una sola hoja de vidrio de 8mm de espesor. Puertas de madera

2.3.1. Características de las paredes.

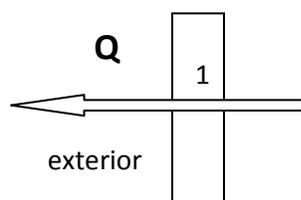
Tanto las paredes exteriores como las interiores, están conformadas por ladrillo fiscal con revestimiento de estuco mortero tanto interior como exteriormente, el espesor de los muros es $e = 20$ cm,



N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)
1	Estuco Mortero	0,025	0,84
2	Ladrillo Fiscal	0,15	0,52
3	Estuco Mortero	0,025	0,84

2.3.2. Características de las ventanas.

Ventanas conformadas por marcos de aluminio con una hoja de vidrio inastillable de 8mm.



N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)
1	Vidrio	0,008	1,2

2.3.2.1. Características geométricas de las ventanas.

A continuación se especifican las características geométricas de cada una de las ventanas de la casa habitación.

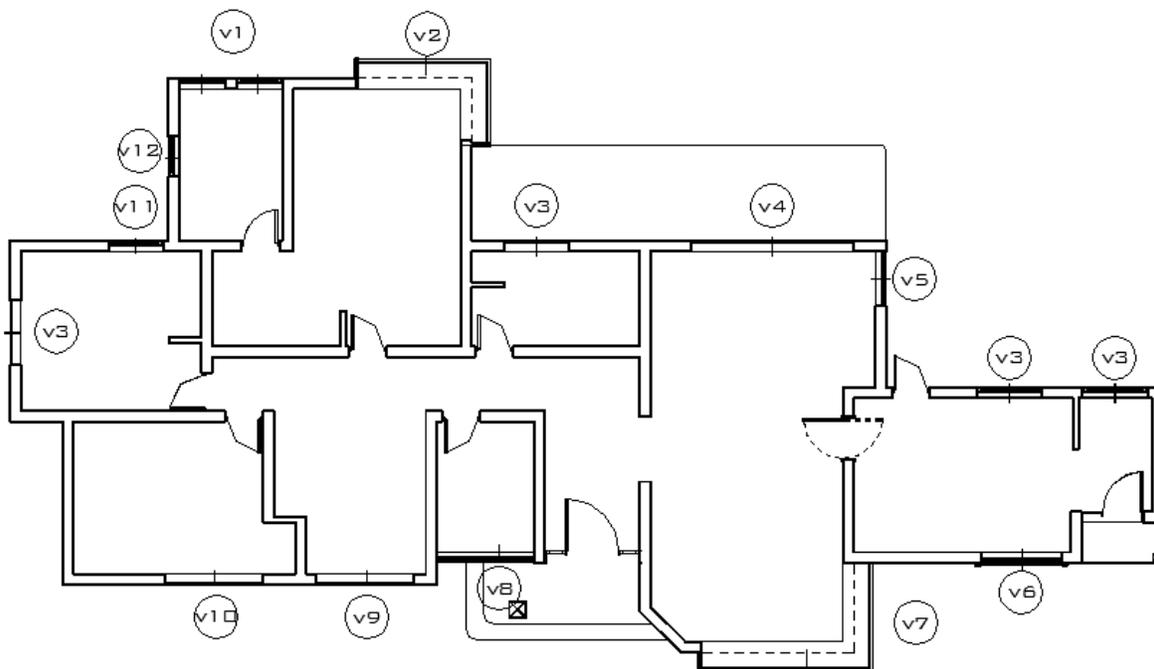


Fig. 2.7. Distribución de ventanas.

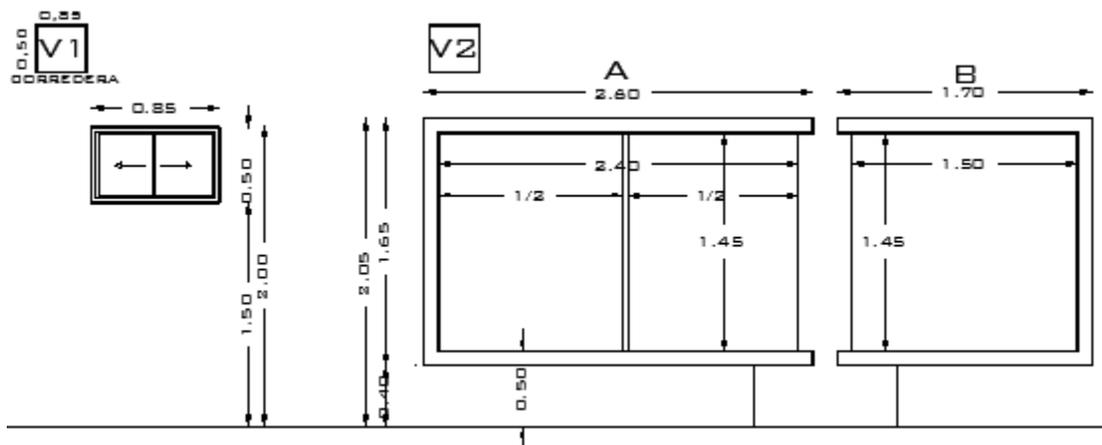


Fig. 2.8. Características geométricas de ventanas v1 y v2.

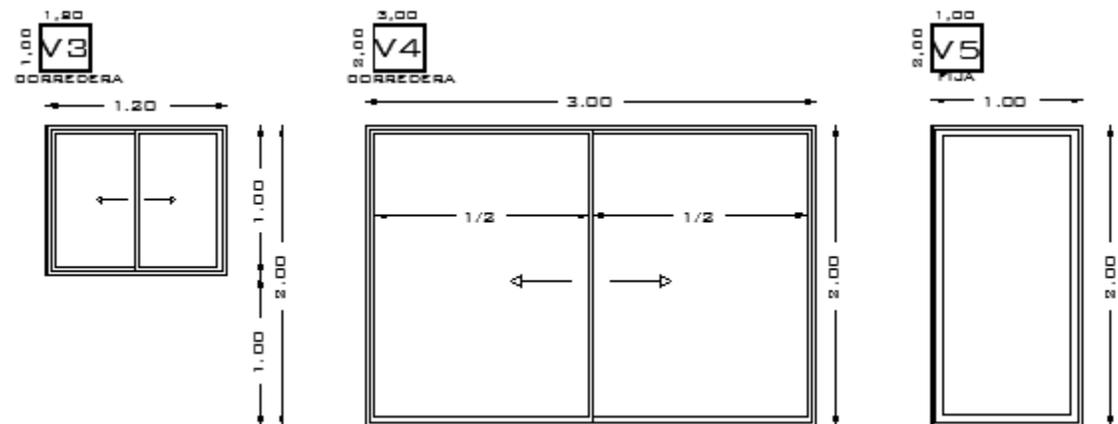


Fig. 2.9. Características geométricas de v3, v4 y v5.

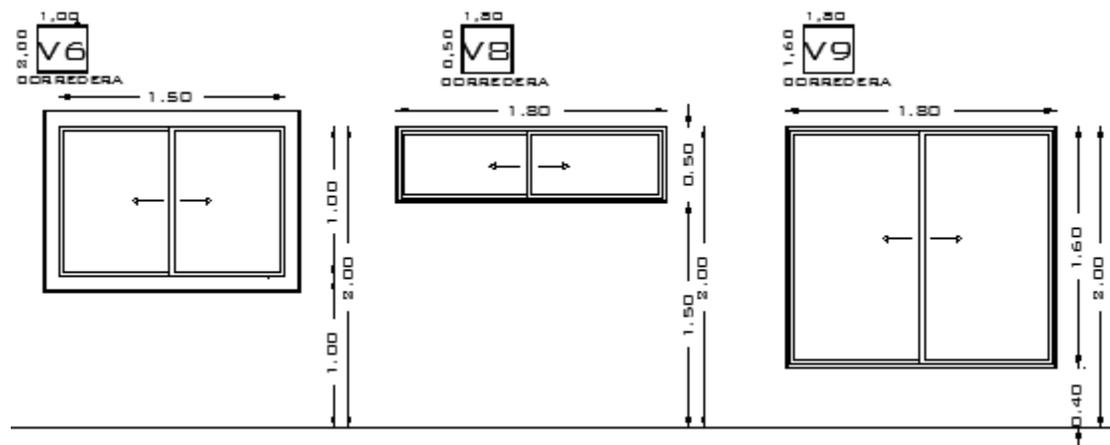


Fig. 2.10. Características geométricas de v6, v8 y v9.

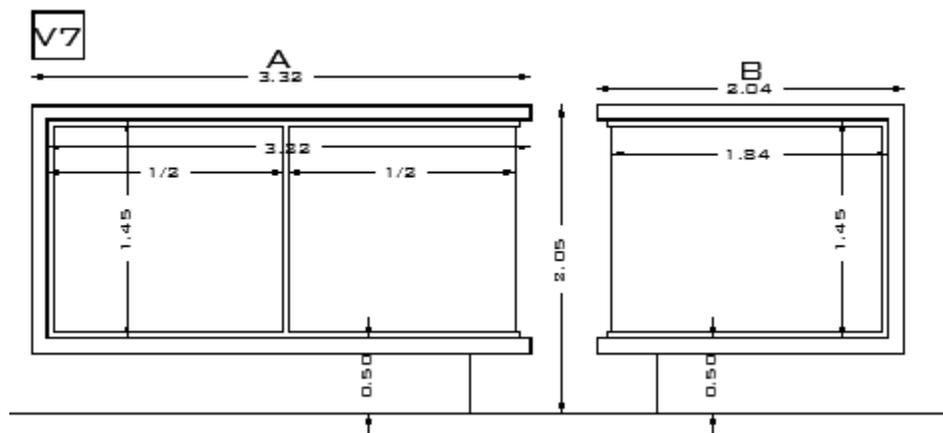


Fig. 2.11. Características geométricas de v7.

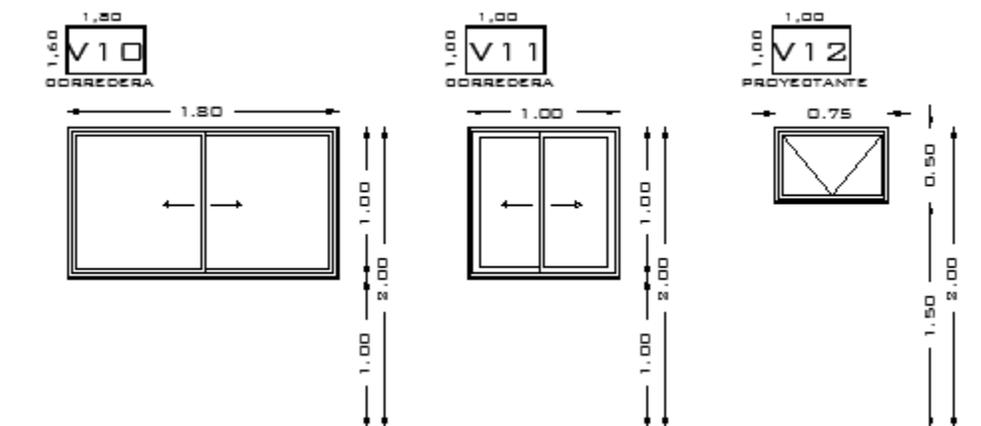
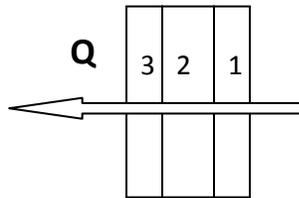


Fig. 2.12. Características geométricas de v10, v11 y v12

2.3.3. Características de las Puertas interiores.

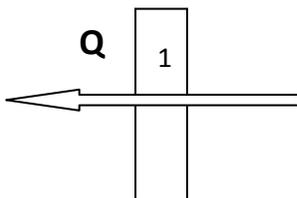
Puertas interiores con marco de terciado, de 90 cm por 2 metros de alto



N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)
1	Terciado	0,003	0,14
2	Cámara de Aire	0,039	-----
3	Terciado	0,003	0,14

2.3.4. Características de las puertas exteriores.

Puertas exteriores de madera de Eucalipto, macizas de 1 m x 2 m.



N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)
1	Madera	0,045	0,23

2.3.4.1. Características geométricas de las puertas.

Descripción de la distribución y la forma geométrica de las puertas interiores y exteriores.

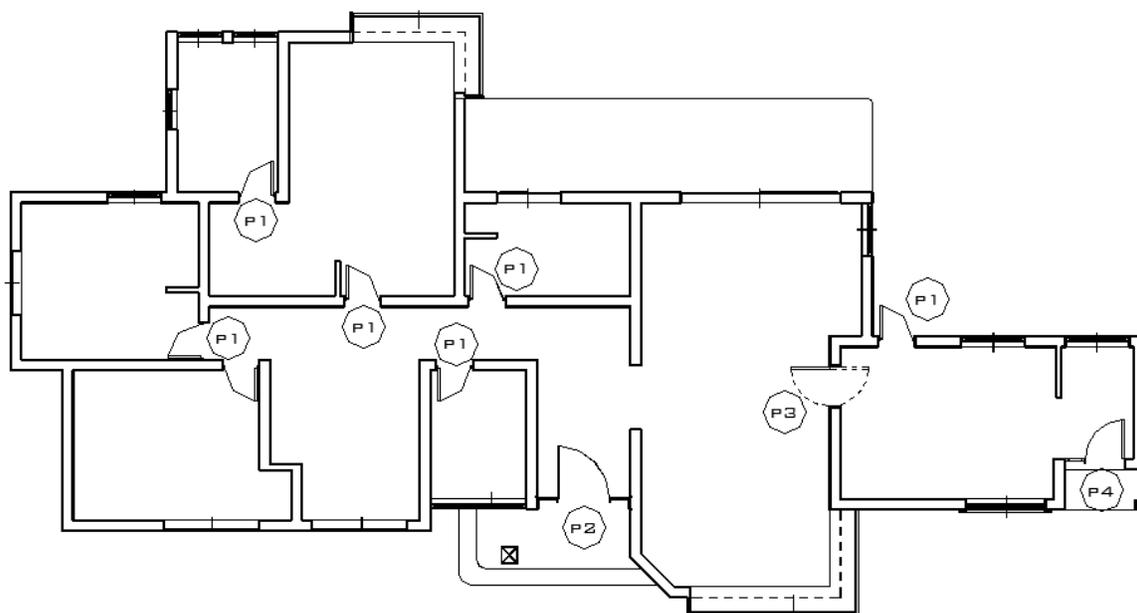


Fig. 2.13. Distribución de puertas.

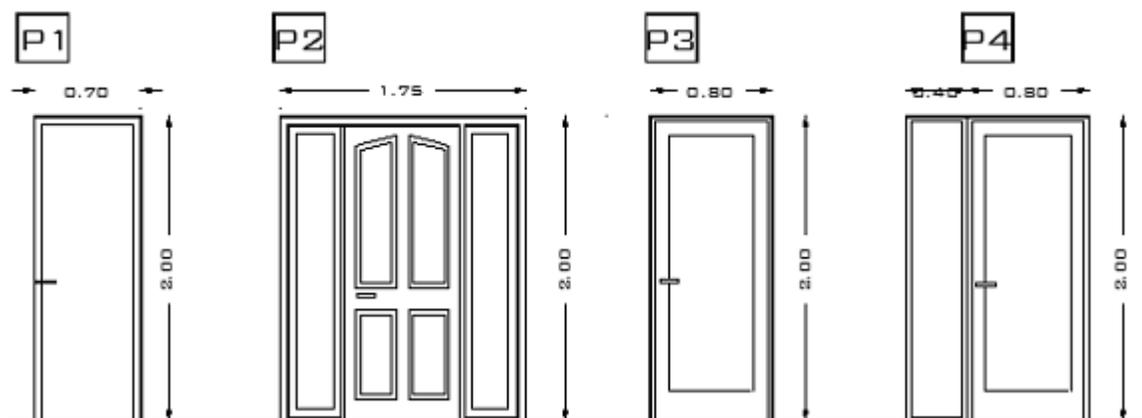
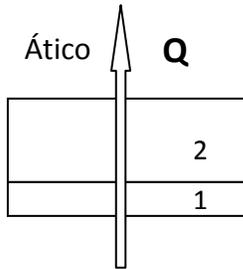


Fig. 2.14. Geometría de puertas.

2.3.5. Características del cielo falso.

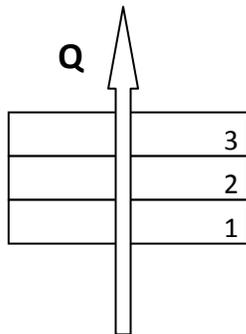
Para todas las habitaciones de la casa, el cielo falso está estructurado por placas de yeso-cartón de 12 mm, con aislación de poliestireno expandido de 100 mm.



N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)
1	Yeso-Cartón	0,012	0,20
2	Poliestireno Exp	0,100	0,034

2.3.6 Características del techo de las habitaciones.

Para todas las habitaciones de la casa, se considera en el techo, posterior al ático, una techumbre conformada de placas de OSV, con papel fieltro y planchas de cinc con revestimiento asfáltico, según se indica en esquema.



N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)
1	placas OSV	0,012	0,082
2	papel fieltro	0,0008	0,05
3	cinc asfaltico	0,0004	110

2.3.7. Características del piso.

Para todas las habitaciones de la casa, con excepción de la cocina y los baños, se ha utilizado piso flotante con espesor de 8 mm, instalado sobre una espuma niveladora de 2 mm de espesor, todo esto sobre radier de hormigón.



Para la cocina y los baños el piso está compuesto de 10 cm de hormigón y sobre éste hay piso cerámico.



Los datos de conductividad térmica de cada material, han sido extraídos de la norma Chilena Nch 853.EOF71.

CAPITULO 3: CÁLCULO DE CARGA DE CALEFACCIÓN.

3.1. Cálculo de la necesidad de calefacción.

Carga de calefacción es la cantidad de calor que debe entregar el equipo, para compensar las pérdidas de calor a través de la estructura más el calor necesario para calentar el aire frío que se infiltra desde el exterior.

$$Q_{calef} = \sum U_i \times A_i \times \Delta T_i + Q_{aire} \quad (W)$$

Se deben calcular las siguientes pérdidas:

- Pérdidas de calor por transmisión a través de muros, ventanas, cielo y piso.
- Pérdidas de calor por infiltración de aire frío a través de puertas y ventanas.
- El proyecto considera una temperatura de confort, para el ambiente a calefaccionar, de 21°C, de acuerdo a Tabla Nch1078.c73.

3.1.1. Pérdidas de calor por transmisión a través de muros y ventanas.

Para el cálculo de las pérdidas de calor a través de muros y ventanas se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = A \times U \times (T_{int} - T_{ext}) \quad (W)$$

Donde:

A : Área de la superficie de transferencia de calor (m^2)

U : Coeficiente global de transmisión de calor ($W/m^2 \cdot K$)

T_{int} : Temperatura interior del recinto ($^{\circ}C$)

T_{ext} : Temperatura exterior del recinto ($^{\circ}C$)

3.1.2. Pérdidas de calor a través del cielo de las habitaciones.

Para las pérdidas de calor a través del cielo de las habitaciones es utilizada la siguiente fórmula:

$$Q = A_{\text{cielo}} \times U \times (T_{\text{int}} - T_{\text{atico}}) \quad (W)$$

Donde:

A : Área de la superficie del cielo de transferencia de calor (m^2)

T_{atico} : Temperatura interior del ático no calefaccionado inmediatamente debajo del techo sin protección térmica ($^{\circ}C$)

3.1.3. Pérdidas de calor por infiltraciones de aire.

Se considera la existencia de rendijas en puertas y ventanas por las cuales hay flujo de aire frío hacia el interior de los recintos, dicho flujo impone aporte de calor por parte de los equipos calefactores.

Las pérdidas de calor por infiltraciones de aire, se calculan por el método de N°RH, empleando la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{aire}} = m_a \times C_{p_{\text{aire}}} \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \quad (W)$$

Donde:

m_a : masa de aire frío infiltrado al recinto (kg/h)

m_a : $V_{\text{infiltrado}}$ (m^3/h) x densidad aire (kg/m^3)

$V_{\text{infiltrado}} = V_{\text{local}} \times N^{\circ} \text{RH}$ (m^3/h)

$\rho_{\text{aire}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$C_{p_{aire}}$: calor específico del aire $0,24 \text{ (kcal/kg} \cdot \text{°C)} = 1004 \text{ (J/kg} \cdot \text{K)}$

3.2. Evaluación de la carga térmica.

Antes de realizar cualquier cálculo, se debe conocer la materialidad y los coeficientes térmicos de cada recinto que compone la casa habitación, tales como, paredes, ventanas, puertas interiores y exteriores, piso, cielo y techo, se debe destacar que no todas las habitaciones se calefaccionarán, por lo tanto, se considerará pérdidas de calor por el contorno, por el interior de los recintos, por el cielo, por el techo y el piso.

3.2.1. Resistencia a la convección interior. (R_{ci})

Se considera:

- $R_{ci} = 1/h_i$ según Norma Chilena Nch853.EOF71, tabla 3, para flujos de calor horizontal en elementos verticales.
- $R_{ci} = 0,12(m^2 \cdot K/W)$, para convección natural.

3.2.2. Resistencia a la convección exterior. (R_{ce})

Se considera:

- $h_e = 7,15 \cdot v^{0,78}$, se determina según velocidad del viento, que para este caso se estima $v = 24(km/h) = 6,667(m/s)$, por lo tanto, $h_e = 31,4(W/m^2 \cdot K)$
- $R_{ce} = 1/h_e = 0,0318(m^2 \cdot K/W)$

3.2.3. Resistencia térmica de las paredes. (R_k)

Las conductividades térmicas (K) de los materiales que conforman las paredes tanto interiores como exteriores, según la Tabla N° 2 de la Norma Chilena Nch853EOF.7, se detallan en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1: Resumen resistencia térmica paredes exteriores e interiores.

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m ² * K/W)
1	Estuco Mortero	0.025	0.84	0.03
2	Ladrillo Fiscal	0.15	0.52	0.29
3	Estuco Mortero	0.025	0.84	0.03
			$\sum R_k$	0.348

Nota: esquema de pared indicado en pagina 9.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,12 + 0,348 + 0,032$$

$$R_{total} = 0,5 \text{ (m}^2 \text{ * K/W)}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0,5$$

$$U = 2 \text{ (W/m}^2 \text{ * K)}$$

3.2.4. Resistencia térmica de las ventanas.

Las conductividades térmicas (K) de los materiales que conforman las ventanas de la casa habitación, según Tabla N°2 de la Norma Chilena Nch853EOF.71, se detallan en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2: Resumen resistencia térmica de las ventanas

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m ² * K/W)
1	Vidrio	0.008	1.2	0.007
			$\sum R_k$	0.007

Nota: esquema de flujo de calor, a través de ventanas, indicado en página 9.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,12 + 0,007 + 0,032$$

$$R_{total} = 0,159 \text{ (m}^2 \text{ * K/W)}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0,159$$

$$U = 6,29 \text{ (W/m}^2 \text{ * K)}$$

3.2.5. Resistencia Térmica de las puertas interiores.

Las conductividades térmicas de los materiales que conforman las puertas interiores según Tabla N°2 de la Norma chilena NCH853EOF.71, se detallan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Resumen resistencia térmica de las puertas interiores.

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m ² * K/W)
1	Terciado	0.003	0.14	0.02
2	Cámara de Aire	0.039	-----	0.155
3	Terciado	0.003	0.14	0.02
			$\sum R_k$	0.198

Nota: Para el cálculo de la resistencia térmica de la cámara de aire de las puertas interiores, se considera que dicha cámara es vertical y el flujo de calor es horizontal, con un espesor de 0,039 m, las absorptividades en contacto son $a_1=a_2=0,9$ de donde $a'=0,82$. De este modo se obtiene que La resistencia térmica de la cámara es de $0,155 (m^2 \cdot K/W)$. Datos obtenidos de la tabla n°4 de la Norma Chilena NCH853EOF71.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ci}$$

$$R_{total} = 0,12 + 0,198 + 0,12$$

$$R_{total} = 0,44 (m^2 \cdot K/W)$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0,44$$

$$U = 2,27 (W/m^2 \cdot K)$$

3.2.6. Resistencia Térmica de las puertas exteriores.

La conductividad térmica del material que conforma las puertas exteriores según tabla N°2 de la Norma Chilena NCH853EOF71, se detallan en tabla 3.4.

Tabla 3.4: Resumen resistencia térmica de las puertas exteriores.

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m2 * K/W)
1	Madera	0.045	0.23	0.196
			$\sum R_k$	0.196

Nota: Esquema de puerta exterior, indicado en página 13.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,12 + 0,196 + 0,032$$

$$R_{total} = 0,35 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0,35$$

$$U = 2,86 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

3.2.7. Resistencia térmica del cielo falso de las habitaciones.

La conductividad térmica de los materiales que componen el cielo falso de las habitaciones, según Tabla N°2 de la Norma Chilena NCH853EOF71, se detallan en Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Resumen conductividad térmica del cielo falso

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m ² * K/W)
1	Yeso-Cartón	0.012	0.2	0.06
2	Poliestireno Exp	0.1	0.034	2.94
			ΣR_k	3.00

Nota A: según esquema de cielo falso indicado en página 15, disposición horizontal, flujo vertical.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,11 + 3,00 + 0,11$$

$$R_{total} = 3,22 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/3,22$$

$$U = 0,31 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

Nota B: Cálculo para el cielo del living-comedor, ligeramente inclinado flujo ascendente.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ci}$$

$$R_{total} = 0,09 + 3,00 + 0,09$$

$$R_{total} = 3,18 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/3,18$$

$$U = 0,31 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

3.2.8. Resistencia térmica del techo de las habitaciones.

La resistencia térmica de los materiales que componen el techo de las habitaciones , según Tabla N°2 de la Norma Chilena NCH853EOF71, se detallan en Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Resumen resistencia térmica del techo de las habitaciones

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m2 * K/W)
1	placas OSV	0.012	0.082	0.15
2	papel fieltro	0.0008	0.05	0.02
3	cinc asfáltico	0.0004	110	0.00
$\sum R_k$				0.16

Nota: esquema del techo indicado en página 15.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,09 + 0,16 + 0,032$$

$$R_{total} = 0,28 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0,31$$

$$U = 3,55 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

3.2.9. Resistencia térmica del piso.

3.2.9.1. Resistencia térmica del piso de las habitaciones y living-comedor.

Todas las habitaciones exceptuando los baños y la cocina poseen piso flotante.

La resistencia térmica de los materiales que componen el piso de las habitaciones, según Tabla N°2 de la Norma Chilena NCH853EOF71, se detallan en Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Resumen resistencia térmica piso flotante

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m ² * K/W)
1	Piso flotante	0.008	0.2	0.04
2	Espuma niveladora	0.002	0.025	0.08
3	Hormigón	0.1	1.75	0.06
			$\sum R_k$	0.177

Nota: Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor para piso, se considera flujo descendente para elementos interiores según tabla N°3 de la Norma Chilena NCH853EOF71, obteniendo $R_{ci} = R_{ce} = 0,17$.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,17 + 0,177$$

$$R_{total} = 0,347 (m^2 * K/W)$$

$H = 1,2 (W/m * K)$ este valor se obtiene de la Nch1076.c73 correspondiente a un piso medianamente aislado

3.2.9.2. Resistencia térmica del piso de los baños y cocina.

La resistencia térmica de los materiales que componen el piso de la cocina y de los baños, según Tabla N°2 de la Norma Chilena NCH853EOF71, se detallan en Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Resumen resistencia térmica del piso de baños y cocina

N°	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m*K)	Resistencia $R_k=L/K$ (m2 * K/W)
1	Cerámica	0.007	1.75	0.00
2	Hormigón	0.1	1.75	0.06
			$\sum R_k$	0.061

Nota: Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor para piso, se considero flujo descendente para elementos interiores, según Tabla N°3 de la Norma Chilena NCH853EOF71, obteniendo $R_{ci} = R_{ce} = 0,17$.

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce}$$

$$R_{total} = 0,17 + 0,061$$

$$R_{total} = 0,23 (m^2 * K/W)$$

$H = 1,4 (W/m * K)$ este valor se obtiene de la Nch1076.c73, correspondiente a un piso corriente.

3.3. Aire frio infiltrado.

Para determinar el aire frio infiltrado se consideran los siguientes puntos:

- Según manual Carrier $0,5 < N^{\circ}RH < 2$, por lo que se estima $N^{\circ}RH = 1$, dada la hermeticidad de los recintos.
- Volumen del recinto = largo x ancho x altura (m^3).
- Volumen infiltrado = $N^{\circ}RH \times$ volumen del recinto (m^3/h).
- Masa de aire = (ma) = volumen infiltrado x ρ aire = $1,2 (kg/m^3)$.

3.4. Cálculos de carga de calefacción.

Como ejemplo se detalla el proceso de cálculo resumen para el living comedor y la habitación matrimonial, para el resto de las habitaciones se muestran los resultados en tablas resumen.

3.4.1. Cálculos de carga de calefacción living-comedor.

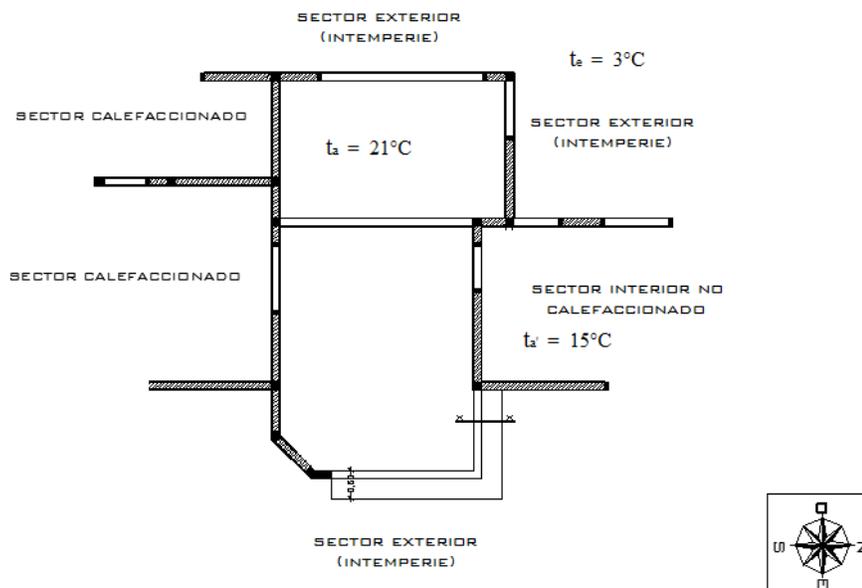


Fig.3.1. Living comedor casa habitación.

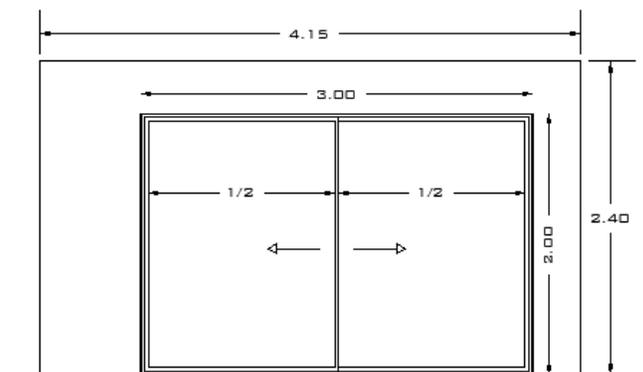


Fig. 3.2. Características muro Oeste del living comedor.

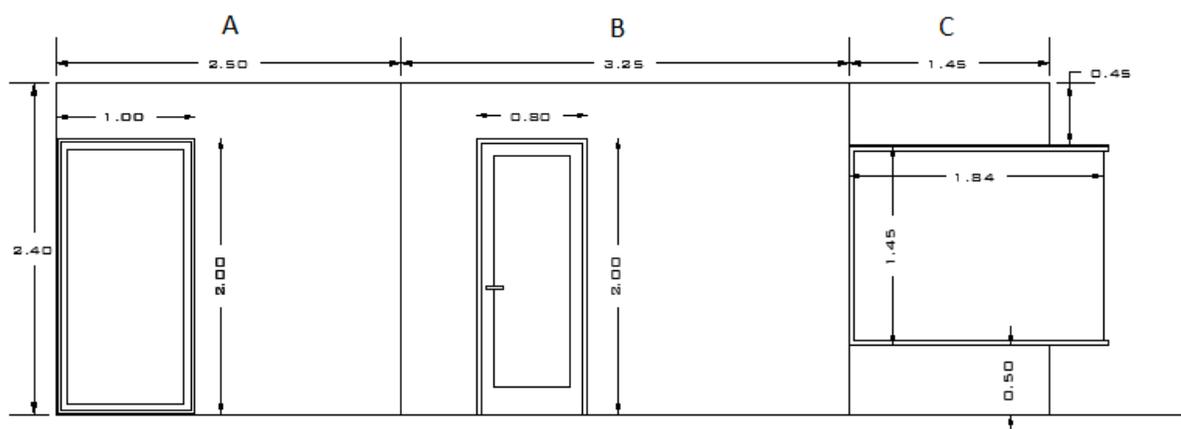


Fig.3.3. Características muro Norte del living comedor.

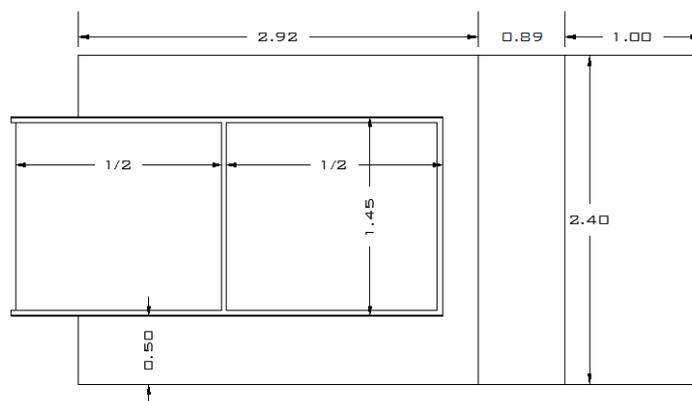


Fig. 3.4. Características muro Este del living comedor.

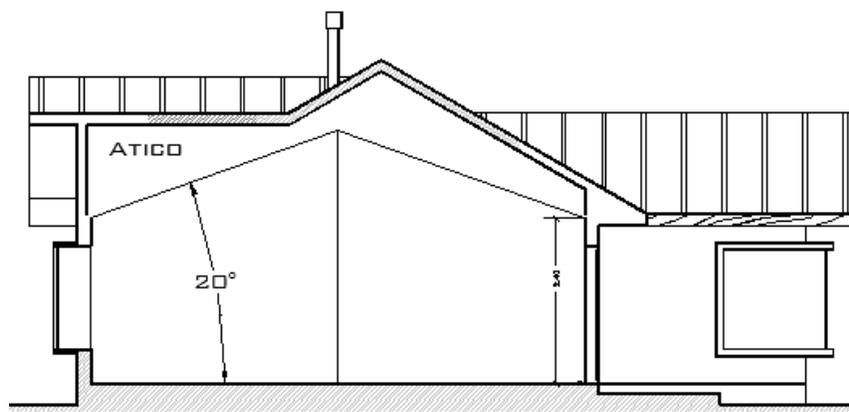


Fig. 3.5. Angulo de inclinación del techo del living comedor

Sector Oeste. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ven\ tan a} = 6,29(W / m^2 x^{\circ} C) \times 6(m^2) \times 18(^{\circ} C) = 679,32(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W / m^2 x^{\circ} C) \times 3,96(m^2) \times 18(^{\circ} C) = 142,56(W)$$

Sector Norte A. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ven\ tan a} = 6,29(W / m^2 x^{\circ} C) \times 2(m^2) \times 18(^{\circ} C) = 226,44(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W / m^2 x^{\circ} C) \times 4(m^2) \times 18(^{\circ} C) = 144,00(W)$$

Sector Norte B. (Ambiente exterior es interior no calefaccionado)

$$Q_{Puerta} = 2,27(W / m^2 x^{\circ} C) \times 1,6(m^2) \times 9(^{\circ} C) = 32,69(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W / m^2 x^{\circ} C) \times 6,2(m^2) \times 9(^{\circ} C) = 111,60(W)$$

Sector Norte C. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ven\ tan a} = 6,29(W / m^2 x^{\circ} C) \times 2,67(m^2) \times 18(^{\circ} C) = 302,29(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W / m^2 x^{\circ} C) \times 1,37(m^2) \times 18(^{\circ} C) = 49,32(W)$$

Sector Este. (Ambiente exterior a la intemperie)

Para efectos de simplificar los cálculos todo el extremo Este del living comedor será considerado como muro Este.

$$Q_{Ventana} = 6,29(W / m^2 \times ^\circ C) \times 4,81(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 544,59(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W / m^2 \times ^\circ C) \times 7,39(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 266,04(W)$$

Luego:

$$Q_{Cielo} = 0,31(W / m^2 \times ^\circ C) \times 28,58(m^2) \times 13(^{\circ}C) = 115,2(W)$$

Nota: La temperatura del ático fue obtenida usando la Tabla 3 NCh1078.c73, para un “ático no calefaccionado, inmediatamente debajo del tejado sin aislación térmica”, por lo tanto, se estima un valor de $T_{\text{ático}}=8^{\circ}C$, obteniendo de acuerdo a esto un $\Delta T = 13^{\circ}C$.

$$Q_{piso} = 14,28(m) \times 1,2(W / mxK) \times 18^{\circ}C = 308,45(W)$$

Finalmente:

$$V_{Sala} = 80,7(m^3)$$

$$V_{Infiltrado} = 80,7(m^3) \times 1(N^{\circ}RH) = 80,7(m^3 / h)$$

$$m_a = 1,2(kg / m^3) \times 80,7(m^3 / h) = \frac{96,8(kg / h)}{3.600} = 0,02(kg / s)$$

$$Q_{Aire} = 0,02(kg / s) \times 1004(J / kgxK) \times 18(^{\circ}C) = 361,44(W)$$

$$Q_{Transferido} = 226,44 + 144 + 111,6 + 32,69 + 302,3 + 49,32 + 544,59 + 266,04 + 679,32 + 142,56 + 115,18 + 308,45 = 2922,48(W)$$

$$Q_{\text{Calefacción}} = 2.922,48 + 361,44 = 3283,92(W)$$

3.4.2. Cálculos de carga de calefacción dormitorio matrimonial.

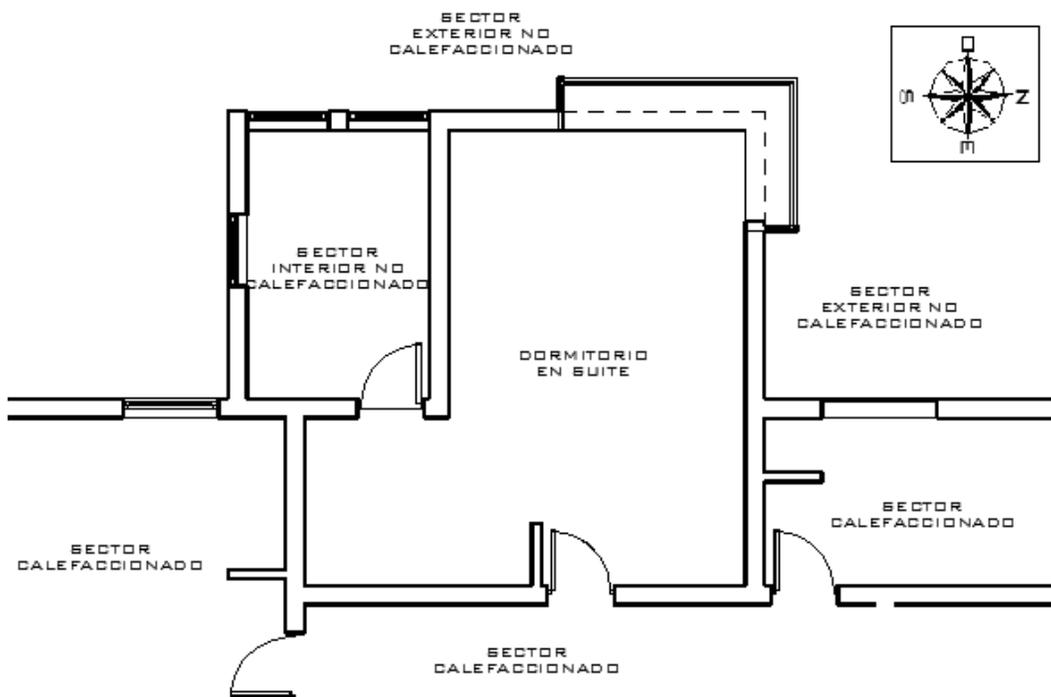


Fig. 3.6. Dormitorio Matrimonial

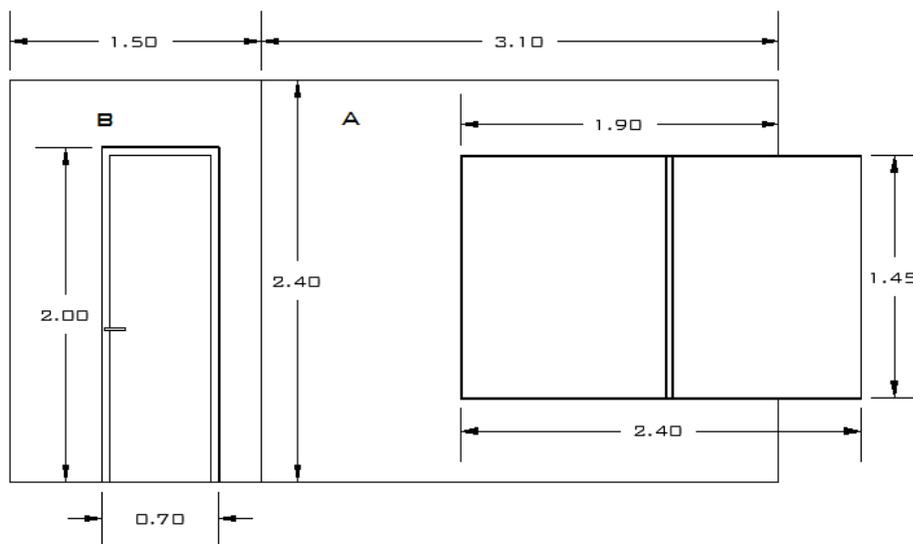


Fig. 3.7. Características muro Oeste de la habitación matrimonial

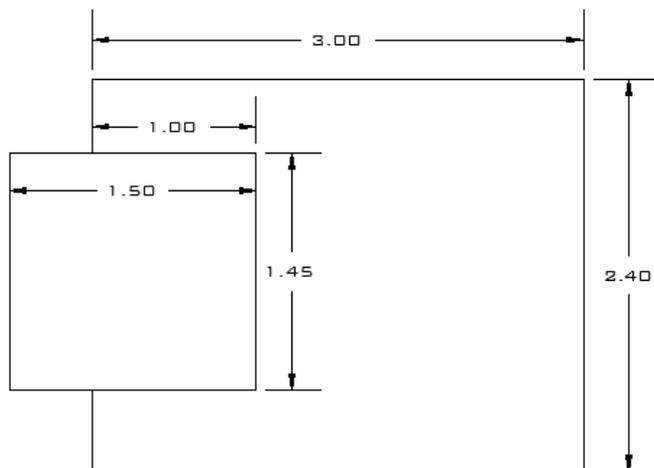


Fig. 3.8. Características muro Norte de la habitación matrimonial.

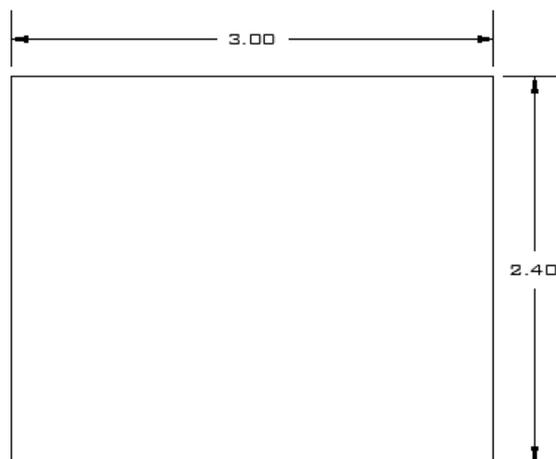


Fig. 3.9. Características muro sur de la habitación matrimonial

Sector Oeste A. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 6,29(W/m^2 \times ^\circ C) \times 3,48(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 394(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W/m^2 \times ^\circ C) \times 4,69(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 168,84(W)$$

Sector Oeste B. (Ambiente interior no calefaccionado)

$$Q_{Puerta} = 2,27(W/m^2 \times ^\circ C) \times 1,4(m^2) \times 9(^{\circ}C) = 28,6(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W/m^2 \times ^\circ C) \times 2,2(m^2) \times 9(^{\circ}C) = 39,6(W)$$

Sector Norte. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 6,29(W/m^2 \times ^\circ C) \times 2,18(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 246,82(W)$$

$$Q_{Muro} = 2(W/m^2 \times ^\circ C) \times 5,75(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 207(W)$$

Sector Sur. (Ambiente interior no calefaccionado)

$$Q_{Muro} = 2(W/m^2 \times ^\circ C) \times 7,2(m^2) \times 18(^{\circ}C) = 259,2(W)$$

Nota: Como el resto de los muros de la habitación colindan con habitaciones igualmente calefaccionadas se asume que no existe transferencia de calor a través de dichos muros.

Luego:

$$Q_{Cielo} = 0,31(W/m^2 \times ^\circ C) \times 17,36(m^2) \times 13(^{\circ}C) = 69,96(W)$$

Nota: La temperatura del ático fue obtenida usando la tabla 3 NCh1078.c73, para un "ático no calefaccionado, inmediatamente debajo del tejado sin aislación térmica", por lo tanto, se estima un valor de $T_{\text{ático}}=8^{\circ}C$, obteniendo de acuerdo a esto un $\Delta T = 13^{\circ}C$.

$$Q_{\text{piso}} = 4,7(\text{m}) \times 1,2(\text{W} / \text{m} \times \text{K}) \times 18(\text{K}) = 101,52(\text{W})$$

Finalmente:

$$V_{\text{Sala}} = 41,66(\text{m}^3)$$

$$V_{\text{Infiltrado}} = 41,66(\text{m}^3) \times 1(\text{N}^\circ \text{RH}) = 41,66(\text{m}^3 / \text{h})$$

$$m_a = 1,2(\text{kg} / \text{m}^3) \times 41,66(\text{m}^3 / \text{h}) = \frac{50(\text{kg} / \text{h})}{3.600} = 0,014(\text{kg} / \text{s})$$

$$Q_{\text{Aire}} = 0,014(\text{kg} / \text{s}) \times 1004(\text{J} / \text{kg} * \text{K}) \times 18(^{\circ} \text{C}) = 253(\text{W})$$

$$Q_{\text{Transferido}} = 246,82 + 207 + 259,2 + 394 + 168,84 + 39,6 + 28,6 + 69,96 + 101,52 = 1515,55(\text{W})$$

$$Q_{\text{Calefacción}} = 1515,55 + 253 = 1768,56(\text{W})$$

3.5. Capacidad de los equipos de calefacción.

Para calcular la capacidad de los equipos de calefacción se debe agregar factores de corrección o suplementos a la carga de calefacción, lo cual se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q_{Equipo} = \sum U_i \times A_i \times \Delta T_i \times (1 + S_0 + S_1) + Q_{aire} \times (R \times H \times S_2) \quad (W)$$

3.5.1. Suplementos

Suplemento S_0 : Este suplemento depende del modo de servicio de calefacción y la permeabilidad térmica media comprendida en la Tabla N°6, NCH1078.c73. Anexo-1.

- Permeabilidad térmica media:
$$P_{Media} = \frac{\sum U_i * A_i * \Delta T_i}{\sum A_i * \Delta T_i}$$

- Modo del servicio de calefacción: Se considera que el servicio de calefacción se utilizará durante la madrugada de 5:30 a 7:30 y posteriormente en la tarde de 18:00 hasta las 00:00 Hrs., por lo tanto, las horas de servicio diarias serán 8 horas y en consecuencia las horas de interrupción corresponderán a 16 horas.

Suplemento S_1 : Este suplemento depende de la orientación de las paredes respecto a los puntos cardinales del recinto a calefaccionar. Considera el aporte solar o no de las paredes en estudio y cuyo valor está indicado en la Tabla N°7, NCH1078.c73.

Suplemento S_2 : En este suplemento se pueden adoptar dos valores, que son los siguientes:

$S_2=1,2$ Para recintos ubicados en casa esquina que contengan una puerta o ventana en el vértice.

$S_2=1$ Para el resto de los recintos.

Suplemento R : Suplemento que depende de las características de ventanas y puertas existentes en el recinto y de los materiales constructivos de las mismas y cuyo valor está indicado en la Tabla N°9, NCH1078.c73.

Suplemento H : Suplemento que corrige el aire infiltrado de acuerdo a la protección que tendrá el local con respecto al viento. El valor de este suplemento se encuentra en la Tabla N°10, NCH1078.c73.

3.6.Cálculo de la capacidad de los equipos de calefacción.

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo de la capacidad de los equipos de calefacción del living-comedor y del dormitorio matrimonial. Para los demás recintos se indican los valores obtenidos en las hojas de resumen, adjuntas en anexo 2.

3.6.1 Cálculo de suplementos (living-comedor)

3.6.1.1 Cálculo de suplemento S_0

$$P_{Media} = \frac{Q_{trans.}}{\sum A_i \times \Delta T_i}$$

$$P_{Media} = \frac{2922,48}{(2 \times 18) + (4 \times 18) + (6,2 \times 9) + (1,6 \times 9) + (2,67 \times 18) + (1,37 \times 18) + (4,81 \times 18) + (7,39 \times 18) + (6 \times 18) + (3,96 \times 18) + (28,58 \times 13) + (14,28 \times 18)} =$$

$$P_{Media} = 2,29$$

-Permeabilidad térmica media $P_m = 2,29$ para una interrupción durante 12 a 16 horas, dentro del rango mayor a 1,75 según tabla N°6 NCh1078.c73.

$$- S_0 = 0,15$$

3.6.1.2 Cálculo del suplemento S_1

$$-\text{Norte A } S_1 : -0,05$$

$$-\text{Norte B } S_1 : 0,05$$

$$-\text{Norte C } S_1 : -0,05$$

Nota: Como Norte A y C, están a la intemperie y están expuestas a la radiación solar, según Tabla N°6 de NCh1078.c73, $S_1 = -0,05$, y como Norte B no está a la intemperie y no expuesta a la radiación solar $S_1 = 0,05$.

$$-\text{Oeste } S_1 : 0$$

$$-\text{Este } S_1 : 0$$

$$-\text{Sur } S_1 = 0,05$$

3.6.1.3 Cálculo del suplemento S_2

$$-\text{Habitación sin ventanas o puertas en el vértice, } S_2 = 1$$

3.6.1.4 Cálculo del suplemento R

-Ventanas de metal (Aluminio)

-Puertas no herméticas

$$- A_v / A_p = 14,15 \Rightarrow R = 0,7$$

3.6.1.5 Cálculo del suplemento H

-Localidad de vientos normales

-Casa Despejada

$$- H = 0,58$$

Luego, se tiene que:

Sector Oeste. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 679,32x(1 + 0,15 + 0) = 781,22(W)$$

$$Q_{Muro} = 142,56x(1 + 0,15 + 0) = 163,94(W)$$

Sector Norte A. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 226,44x(1 + 0,15 + -0,05) = 249,08(W)$$

$$Q_{Muro} = 144,00x(1 + 0,15 + -0,05) = 158,4(W)$$

Sector Norte B. (Ambiente exterior es interior no calefaccionado)

$$Q_{Puerta} = 32,69x(1 + 0,15 + 0,05) = 39,23(W)$$

$$Q_{Muro} = 111,60x(1 + 0,15 + 0,05) = 133,92(W)$$

Sector Norte C. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 302,29x(1 + 0,15 + -0,05) = 332,53(W)$$

$$Q_{Muro} = 49,32x(1 + 0,15 + -0,05) = 54,25(W)$$

Sector Este. (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 544,59x(1 + 0,15 + 0) = 626,28(W)$$

$$Q_{Muro} = 266,04x(1 + 0,15 + 0) = 305,95(W)$$

Luego:

$$Q_{Cielo} = 115,2x(1 + 0,15 + 0) = 132,45(W)$$

$$Q_{Piso} = 308,45x(1 + 0,15 + 0) = 354,72(W)$$

$$Q_{Aire} = 361,44x(1 * 0,7 * 0,58) = 146,74(W)$$

$$Q_{transferido} = 249,08 + 158,4 + 133,92 + 39,23 + 332,53 + 54,25 + 626,28 + 305,95 + 781,22 + 163,94 + 132,45 + 354,72 = 3331,96(W)$$

$$Q_{calefaccion} = 3331,96 + 146,74 = 3478,71(W)$$

Tabla 3.9 Tabla Resumen de cálculos para living-comedor

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

$t_i = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_e = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	$V = 24 \text{ km/h}$
------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Living - Comedor

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte A	2	6,29	18	226,44	0,15	-0,05	1,1	249,08
Muros	Norte A	4	2	18	144,00	0,15	-0,05	1,1	158,40
Puerta	Norte A	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Ventanas	Norte B	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Muros	Norte B	6,2	2	9	111,60	0,15	0,05	1,2	133,92
Puerta	Norte B	1,6	2,27	9	32,69	0,15	0,05	1,2	39,23
Ventanas	Norte C	2,67	6,29	18	302,30	0,15	-0,05	1,1	332,53
Muros	Norte C	1,37	2	18	49,32	0,15	-0,05	1,1	54,25
Puerta	Norte C	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Ventanas	Sur	0	0	0	0,00	0,15	0	1,15	0,00
Muros	Sur	0	0	0	0,00	0,15	0	1,15	0,00
Puerta	Sur	0	0	0	0,00	0,15	0	1,15	0,00
Ventanas	Este	4,81	6,29	18	544,59	0,15	0	1,15	626,28
Muros	Este	7,39	2	18	266,04	0,15	0	1,15	305,95
Puerta	Este	0	0	0	0,00	0,15	0	1,15	0,00
Ventanas	Oeste	6	6,29	18	679,32	0,15	0	1,15	781,22
Muros	Oeste	3,96	2	18	142,56	0,15	0	1,15	163,94
Puerta	Oeste	0	0	0	0,00	0,15	0	1,15	0,00
Cielo		28,58	0,31	13	115,18	0,15	0	1,15	132,45
Piso		14,28	1,2	18	308,45	0,15	0	1,15	354,72
	SUBTOTAL				2922,48				3331,96

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	80,7	0,02	1004	18	361,44	0,7	0,58	1	146,74
SUBTOTAL					361,44				146,74
TOTAL					3283,92				3478,71

Pmedia	2,29
---------------	-------------

S0	0,15
-----------	-------------

3.6.2 Cálculo de suplementos (Dormitorio Matrimonial)

3.6.2.1 Cálculo de Suplemento S_0

$$P_{Media} = \frac{Q_{trans.}}{\sum A_i \times \Delta T_i}$$

$$P_{Media} = \frac{1515,55}{(2,18 \times 18) + (5,75 \times 18) + (7,2 \times 18) + (3,48 \times 18) + (4,69 \times 18) + (2,2 \times 9) + (1,4 \times 9) + (17,36 \times 13) + (4,7 \times 18)} =$$

$$P_{Media} = 1,99$$

-Permeabilidad térmica media $P_m = 1,99$ para una interrupción durante 12 a 16 horas, dentro del rango mayor a 1,75, según Tabla N°6 NCh1078.c73.

$$- S_0 = 0,15$$

3.6.2.2 Cálculo del suplemento S_1

$$-\text{Norte } S_1 : -0,05$$

$$-\text{Oeste } S_1 : 0$$

$$-\text{Sur } S_1 = 0,05$$

$$-\text{Este } S_1 : 0$$

$$-\text{Oeste A } S_1 : 0$$

$$-\text{Oeste B } S_1 : 0$$

3.6.2.3 Cálculo del suplemento S_2

$$-\text{Habitación sin ventanas o puertas en el vértice } S_2 = 1$$

3.6.2.4 Cálculo del suplemento R

-Ventanas de metal (Aluminio)

-Puertas no herméticas

$$- A_v / A_p = 14,15 \Rightarrow R = 0,7$$

3.6.2.5 Cálculo del suplemento H

-Localidad de vientos normales

-Casa Despejada

$$- H = 0,58$$

Luego, tenemos que:

Sector Oeste. A (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 394,01x(1 + 0,15 + 0) = 453,11W$$

$$Q_{Muro} = 168,84x(1 + 0,15 + 0) = 194,17(W)$$

Sector Oeste. B (Ambiente interior no calefaccionado)

$$Q_{puerta} = 28,6x(1 + 0,15 + 0) = 32,89(W)$$

$$Q_{Muro} = 39,6x(1 + 0,15 + 0) = 45,54(W)$$

Sector Norte (Ambiente exterior a la intemperie)

$$Q_{Ventana} = 246,82x(1 + 0,15 + -0,05) = 271,50(W)$$

$$Q_{Muro} = 207x(1 + 0,15 + -0,05) = 227,7(W)$$

Sector Sur. (Ambiente interior no calefaccionado)

$$Q_{Muro} = 259,2 \times (1 + 0,15 + 0,05) = 311,04 (W)$$

Luego:

$$Q_{Cielo} = 69,96 \times (1 + 0,15 + 0) = 80,45 (W)$$

$$Q_{Piso} = 101,52 \times (1 + 0,15 + 0) = 116,75 (W)$$

$$Q_{Aire} = 253,01 \times (0,7 \times 0,58 \times 1) = 102,72 (W)$$

$$Q_{transferido} = 271,5 + 227,7 + 311,04 + 453,11 + 194,17 + 45,54 + 32,89 + 80,45 + 116,75 = 1733,15 (W)$$

$$Q_{calefaccion} = 1733,15 + 102,72 = 1835,87 (W)$$

Tabla 3.10 Tabla Resumen de cálculos para dormitorio matrimonial

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

ti = 21 °C	te = 3 °C	V = 24 km/h
-------------------	------------------	--------------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Dormitorio Matrimonial

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte	2,18	6,29	18	246,82	0,15	-0,05	1,1	271,50
Muros	Norte	5,75	2	18	207,00	0,15	-0,05	1,1	227,70
Puerta	Norte	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Ventanas	Sur	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Muros	Sur	7,2	2	18	259,20	0,15	0,05	1,2	311,04
Puerta	Sur	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Ventanas	Este	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Muros	Este	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Puerta	Este	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Ventanas	Oeste A	3,48	6,29	18	394,01	0,15	0	1,15	453,11
Muros	Oeste A	4,69	2	18	168,84	0,15	0	1,15	194,17
Puerta	Oeste A	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Ventanas	Oeste B	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Muros	Oeste B	2,2	2	9	39,60	0,15	0	1,15	45,54
Puerta	Oeste B	1,4	2,27	9	28,60	0,15	0	1,15	32,89
Cielo		17,36	0,31	13	69,96	0,15	0	1,15	80,45
Piso		4,7	1,2	18	101,52	0,15	0	1,15	116,75
	SUBTOTAL				1515,55				1733,15

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	41,66	0,014	1004	18	253,01	0,7	0,58	1	102,72
SUBTOTAL					253,01				102,72
TOTAL					1768,56				1835,87

Pmedia	1,99
---------------	-------------

S0	0,15
-----------	-------------

Dados los cálculos anteriormente realizados para el living-comedor y para la habitación matrimonial como método demostrativo, se presenta el siguiente cuadro de resumen con las necesidades de calefacción para cada recinto de la casa habitación. En anexo 2 se encuentran las hojas de cálculo para los otros recintos.

Tabla 3.11 Tabla resumen de cálculos de capacidad de los equipos

Ubicación	Sector	Área m ²	Qequipo (W)	Tasa calefacción (W/m ²)
1	Living-Comedor	26,56	3478,71	130,98
4	Hall Entrada	6,13	699,94	114,18
5	Sala De Estar-Pasillo	13,81	815,98	59,09
6	Dormitorio Visitas	5,43	575,69	106,02
7	Dormitorio Matrimonial	17,36	1835,87	105,75
9	Dormitorio 1	10,3	1196,07	116,12
10	Dormitorio 2	9,74	1215,25	124,77
	Total	113.52	9817,51	

3.7 Cálculo de carga de calefacción de radiadores OCEAN

Se estiman los siguientes valores para el agua caliente que circulará por los artefactos de calefacción:

- Temperatura de entrada al calefactor de 80° C.
- Temperatura de salida del calefactor de 64° C.
- Caída de temperatura = 16°C

3.8 Cálculo de los equipos Calefactores

Para el cálculo de la capacidad de los equipos, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

3.8.1 Temperatura promedio del agua caliente en los radiadores.

$$\bar{t} = \frac{t_{entrada} + t_{salida}}{2} = \frac{80^{\circ}\text{C} + 64^{\circ}\text{C}}{2} \quad \bar{t} = 72^{\circ}\text{C}$$

3.8.2 Diferencia de temperatura real al ambiente interior.

$$\Delta t_{real} = \bar{t} - t_a = 72^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C} = 51^{\circ}\text{C}$$

3.8.3 Factor de corrección.

Las tablas de capacidad térmica de los radiadores que entrega el fabricante están dadas para un $\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$ entre la temperatura media del agua y el ambiente interior, por lo tanto, cuando el ΔT real $\neq 60^{\circ}\text{C}$, debe utilizarse un factor de corrección "X".

$$x = \left(\frac{\Delta t_{real}}{60} \right)^{1,33} = \left(\frac{51}{60} \right)^{1,33} = 0,806$$

3.8.4 Q radiador modificado.

$$q_{\Delta T=60^{\circ}\text{C}} = q_s = \frac{Q_{equipo}}{x}$$

A modo de ejemplo, a continuación se detallará el procedimiento de cálculo del equipo calefactor para el living-comedor. Para los demás recintos de la casa habitación se mostrarán los valores obtenidos, en la Tabla 4.1.

$$Q_{equipo} = 3478,71(\text{W}) = 2991,69 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$$

$$q_{\Delta t=60^{\circ}C} = q_s = \frac{2991,69(kcal/h)}{0,806} \approx 3712(kcal/h)$$

Con el valor anterior se seleccionará el o los equipos necesarios para el recinto en estudio.

Tabla 3.12 Resumen de Capacidad de Equipos.

Ubicación	Sector	Capacidad de equipo (W)	Capacidad de Equipos (kcal/h)
1	Living-Comedor	3478,71	2991,69
4	Hall Entrada	699,94	601,95
5	Sala De Estar-Pasillo	815,98	701,74
6	Dormitorio Visitas	575,69	495,09
7	Dormitorio Matrimonial	1835,87	1578,85
9	Dormitorio 1	1196,07	1028,62
10	Dormitorio 2	1215,25	1045,12
	Total	9817,51	8443,06

CAPITULO 4: SELECCION DE EQUIPOS.

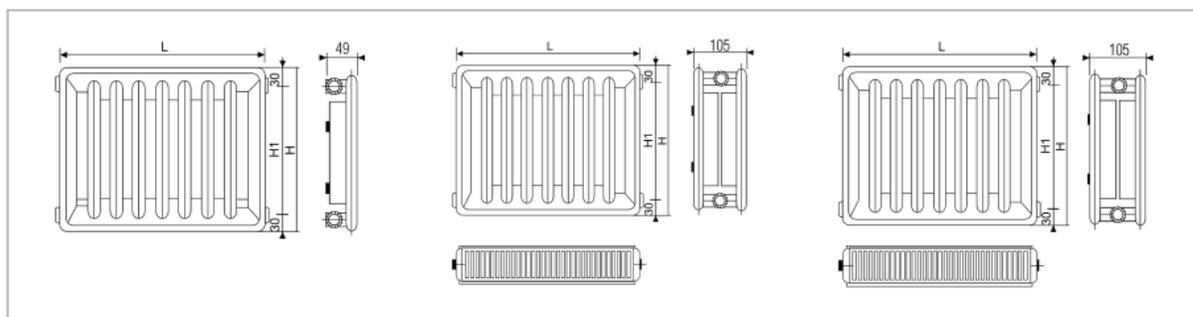
4.1 Introducción.

Este capítulo está orientado a la selección de radiadores de agua caliente de la marca ANWO, de acuerdo a las necesidades de cada recinto. Los equipos se describen a continuación.

4.2 Equipos radiadores de agua caliente.

Se utilizarán radiadores OCEAN EK 500 y DK 500 de la marca ANWO. El equipo EK 500, es un radiador simple formado por una placa convectiva. El equipo DK 500 es un radiador doble formado por dos placas convectors de acero, en ambos casos están fabricados bajo la norma ISO 9001. Posee un tratamiento anticorrosivo, decapado, fosfatizado, pintura antioxido por inmersión a 180°C, pintura epóxica pulverizada de 200°C. Su presión de trabajo es de 10 bar.

Dimensiones



	EK 500	DK 300	DK 500
Altura (H)	500 mm	300 mm	500 mm
Profundidad	49 mm	105 mm	105 mm
Distancia (H1)	445 mm	245 mm	445 mm
Longitud (L)	desde 400 mm a 3000 mm	desde 400 mm a 3000 mm	desde 400 mm a 3000 mm
Espesor de placa	1,25 mm	1,25 mm	1,25 mm
Presión de trabajo	10 bar	10 bar	10 bar

Especificaciones Técnicas																	
Código	Largo (mm)	Altura (mm)	KW	Kcal/h	Capacidad lts	Código	Largo (mm)	Altura (mm)	KW	Kcal/h	Capacidad lts	Código	Largo (mm)	Altura (mm)	KW	Kcal/h	Capacidad lts
EK 500.0400	400	500	0,452	389	1,92	DK 300.0400	400	300	0,585	503	1,36	DK 500.0400	400	500	0,879	756	3,84
EK 500.0500	500	500	0,566	487	2,40	DK 300.0500	500	300	0,731	629	1,70	DK 500.0500	500	500	1,099	945	4,80
EK 500.0600	600	500	0,679	584	2,88	DK 300.0600	600	300	0,878	755	2,04	DK 500.0600	600	500	1,319	1134	5,76
EK 500.0700	700	500	0,792	681	3,36	DK 300.0700	700	300	1,024	881	2,38	DK 500.0700	700	500	1,538	1323	6,72
EK 500.0800	800	500	0,905	778	3,84	DK 300.0800	800	300	1,169	1006	2,72	DK 500.0800	800	500	1,758	1512	7,68
EK 500.0900	900	500	1,021	878	4,32	DK 300.0900	900	300	1,316	1132	3,06	DK 500.0900	900	500	1,978	1701	8,64
EK 500.1000	1000	500	1,131	973	4,80	DK 300.1000	1000	300	1,463	1258	3,40	DK 500.1000	1000	500	2,197	1890	9,60
EK 500.1100	1100	500	1,244	1070	5,28	DK 300.1100	1100	300	1,609	1384	3,74	DK 500.1100	1100	500	2,417	2079	10,56
EK 500.1200	1200	500	1,358	1168	5,76	DK 300.1200	1200	300	1,756	1510	4,08	DK 500.1200	1200	500	2,637	2268	11,52
EK 500.1300	1300	500	1,471	1256	6,24	DK 300.1300	1300	300	1,901	1635	4,42	DK 500.1300	1300	500	2,857	2457	12,48
EK 500.1400	1400	500	1,584	1362	6,72	DK 300.1400	1400	300	2,048	1761	4,76	DK 500.1400	1400	500	3,077	2646	13,44
EK 500.1500	1500	500	1,698	1460	7,20	DK 300.1500	1500	300	2,194	1887	5,10	DK 500.1500	1500	500	3,297	2835	14,40
EK 500.1600	1600	500	1,810	1557	7,68	DK 300.1600	1600	300	2,341	2013	5,44	DK 500.1600	1600	500	3,516	3024	15,36
EK 500.1800	1800	500	2,036	1751	8,64	DK 300.1800	1800	300	2,633	2264	6,12	DK 500.1800	1800	500	3,956	3402	17,28
EK 500.2000	2000	500	2,263	1946	9,60	DK 300.2000	2000	300	2,926	2516	6,80	DK 500.2000	2000	500	4,395	3780	19,20
EK 500.2200	2200	500	2,490	2141	10,56	DK 300.2200	2200	300	3,219	2768	7,48	DK 500.2200	2200	500	4,835	4158	21,12
EK 500.2400	2400	500	2,715	2335	11,52	DK 300.2400	2400	300	3,510	3019	8,16	DK 500.2400	2400	500	5,274	4536	23,04
EK 500.2600	2600	500	2,942	2530	12,48	DK 300.2600	2600	300	3,803	3271	8,84	DK 500.2600	2600	500	5,714	4914	24,96
EK 500.2800	2800	500	3,167	2724	13,44	DK 300.2800	2800	300	4,095	3522	9,52	DK 500.2800	2800	500	6,153	5292	26,88
EK 500.3000	3000	500	3,394	2919	14,40	DK 300.3000	3000	300	4,388	3774	10,20	DK 500.3000	3000	500	6,593	5670	28,80

Tabla 4.1. Selección de equipos OCEAN de ANWO

Ubicación	Sector	Potencia de Equipo Req. (W)	Potencia modificada (kcal/h)	Radiador seleccionado	Capacidad (kcal/h)	Cant.
1	Living-Comedor	3478,71	3712	DK 500 1000	1890	2
4	Hall Entrada	699,94	747	EK 500 0800	778	1
5	Sala De Estar-Pasillo	815,98	871	EK 500 0900	878	1
6	Dormitorio Visitas	575,69	614	EK 500 0700	681	1
7	Dormitorio Matrimonial	1835,87	1959	DK 500 1100	2079	1
9	Dormitorio 1	1196,07	1276	DK 500 0700	1323	1
10	Dormitorio 2	1215,25	1297	DK 500 0700	1323	1

La potencia modificada corresponde a la potencia térmica estándar que se encuentra especificada en las tablas anteriores, dadas por el fabricante.

CAPITULO 5: SELECCION DE CALDERA.

5.1 Introducción.

En este capítulo se selecciona la caldera que mejor cumpla con las necesidades requeridas.

5.2 Selección y descripción de la Caldera .

De acuerdo a los cálculos de potencia térmica de equipo requerida donde se obtuvo un valor de aproximadamente 8443 kcal/h, y donde posteriormente esto se traduce en una potencia modificada de aproximadamente 10475 kcal/h, será seleccionada una caldera mural Baxi Fourtech 24.

Se trata de una caldera compacta a gas mixta con encendido y modulación electrónica además de ser del tipo de tiro natural.

Posee una bomba y un estanque de expansión todo dentro de la misma unidad.

Al ser una caldera del tipo mixta, da la posibilidad de que en el futuro se pueda proporcionar agua caliente a toda la red sanitaria de la casa habitación.

Es una de las calderas de menor potencia actualmente disponibles en el mercado, 20600 kcal/h, sin embargo, excede considerablemente los requerimientos de potencia térmica para la casa habitación en estudio.

Especificaciones Técnicas - Caldera Mainfour / Fourtech

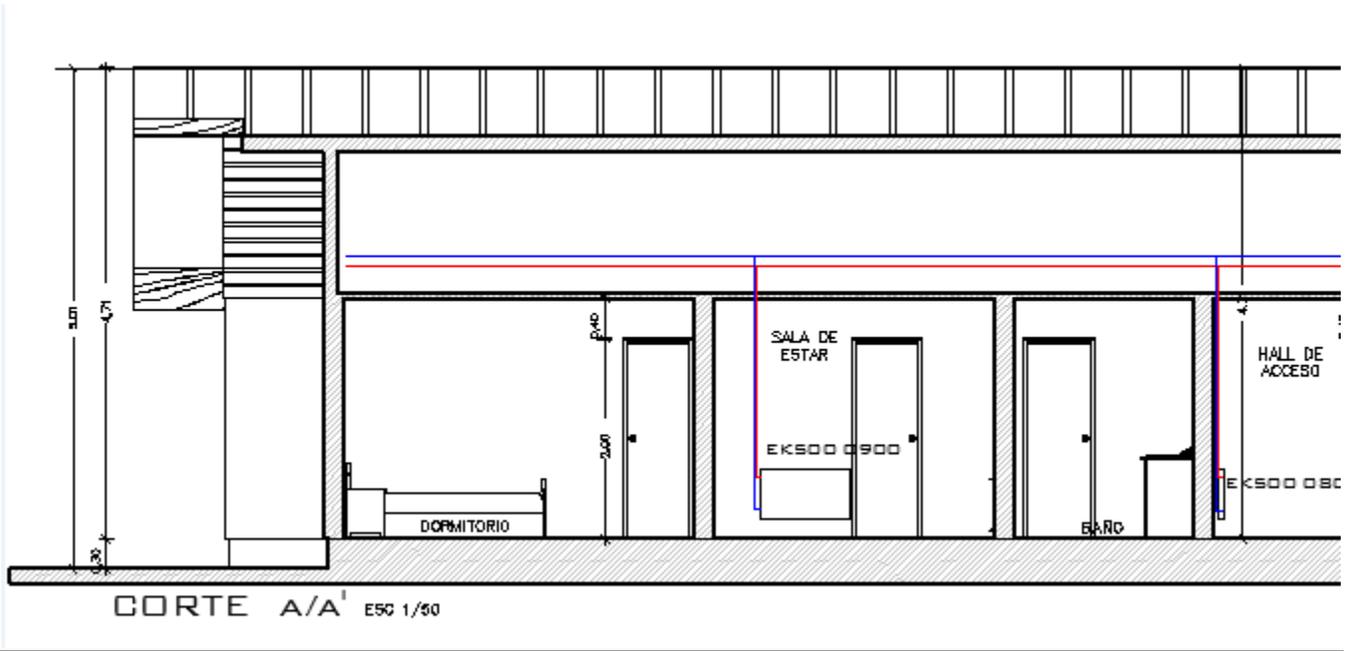
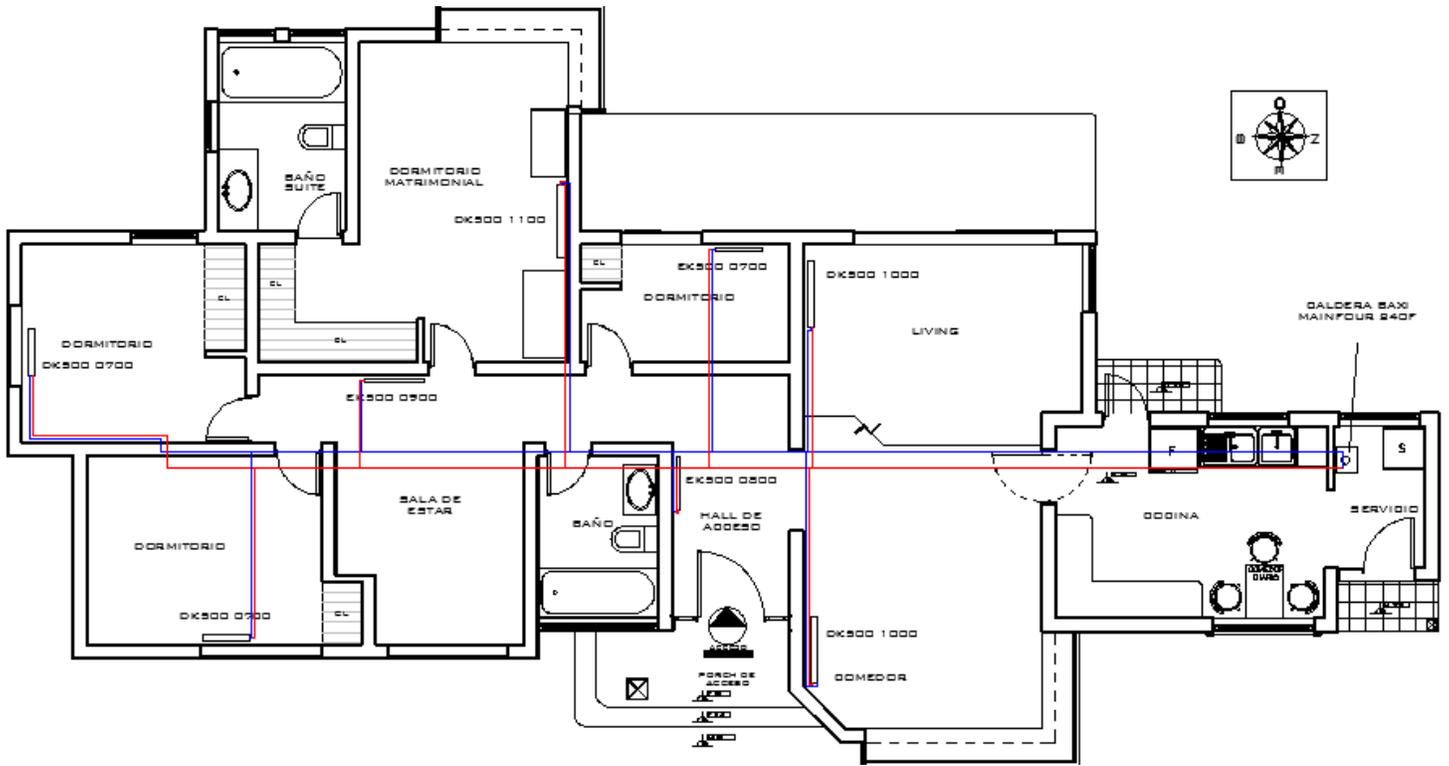


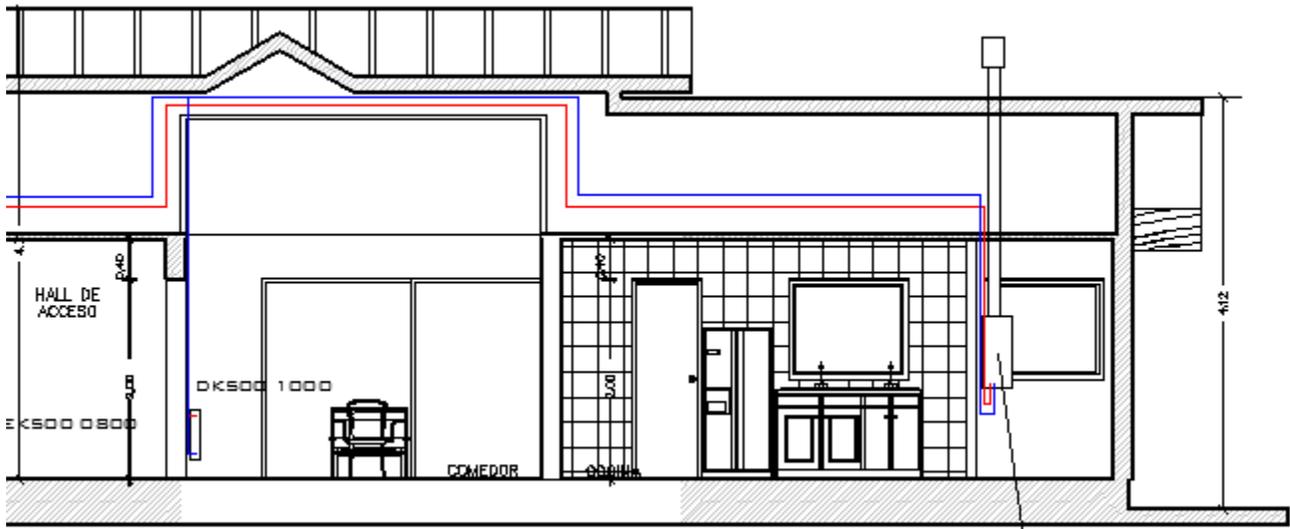
<p>Sistema de Termoregulación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulación de la temperatura de calefacción. • Regulación de la temperatura del agua sanitaria. • Predisposición para la conexión de la sonda externa. <p>Sistema de Control y Seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control de las temperaturas mediante sondas NTC. • Verificación automática del funcionamiento de los sistemas de control. • Termostato de seguridad contra el sobre calentamiento del intercambiador. • Presostato que no permite el funcionamiento de la caldera en caso de baja presión de agua. • Termostato de seguridad para el control de la correcta evacuación de humos (24 Mainfour/Fourtech). • Presostato diferencial de seguridad para el control de la correcta evacuación de humos (240F / 24F). • Dispositivo anti-hielo. • Display LCD. • Alarma caliza (Mainfour). • Manómetro. 	<p>Sistema Modulgas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modulación continua electrónica de la llama. • Encendido electrónico de ionización. • Encendido gradual automático. • Válvula de gas con dispositivo de modulación continua. • Quemador de acero. <p>Sistema Hidráulico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador de placas (Fourtech). • Intercambiador bitérmico (Mainfour). • By-pass automático. • Bomba de circulación con desgasificador incorporado. • Bomba de post-circulación. • Sistema antibloqueo de la bomba que interviene cada 24 hrs. • Válvula de seguridad en el circuito de calefacción que interviene cuando la presión es de 3 bar. • Llave de vaciado. • Llave de llenado.
--	--

Especificaciones Técnicas

		Mainfour 24	Mainfour 240 F	Fourtech 24	Fourtech 24 F
Potencia térmica	Nominal	20.600 kcal/hr.	20.600 kcal/hr.	20.600 kcal/hr.	20.600 kcal/hr.
	Reducida	8.000 kcal/hr.	8.000 kcal/hr.	8.000 kcal/hr.	8.000 kcal/hr.
Capacidad térmica	Nominal	26,3 kW	25,8 kW	26,3 kW	25,8 kW
	Reducida	10,6 kW	10,6 kW	10,6 kW	10,6 kW
Rendimiento térmico útil 100%		**	***	**	***
Presión máxima agua circuito térmico		3 bar	3 bar	3 bar	3 bar
Capacidad vaso de expansión		6 lts.	6 lts.	6 lts.	6 lts.
Presión vaso de expansión		0,5 bar	0,5 bar	0,5 bar	0,5 bar
Presión máxima agua circuito sanitario		8 bar	8 bar	8 bar	8 bar
Caudal mínimo agua sanitaria		2,0 lts./min.	2,0 lts./min.	2,0 lts./min.	2,0 lts./min.
Producción sanitaria con Δt 25°C		13,7 lts./min.	13,7 lts./min.	13,7 lts./min.	13,7 lts./min.
Producción sanitaria con Δt 35°C		9,8 lts./min.	9,8 lts./min.	9,8 lts./min.	9,8 lts./min.
Rango temperatura circuito de calefacción		30/76 °C	30/76 °C	30/85 °C	30/85 °C
Rango temperatura agua sanitaria		35/55 °C	35/55 °C	35/60 °C	35/60 °C
Temperatura humos máx.		120°C	149°C	110°C	149°C
Temperatura humos mín.		86°C	119°C	85°C	119°C
Presión alimentación gas natural		20 mbar	20 mbar	20 mbar	20 mbar
Presión alimentación gas licuado		37 mbar	37 mbar	37 mbar	37 mbar
Tensión de alimentación eléctrica		230 v	230 v	230 v	230 v
Frecuencia alimentación eléctrica		50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Potencia de alimentación nominal		80 w	130 w	80 w	130 w
Tiro		Natural	Forzado	Natural	Forzado
Peso		29 kg.	31 kg.	29 kg.	31 kg.
Dimensiones:	Altura	730 mm.	730 mm.	730 mm.	730 mm.
	Ancho	400 mm.	400 mm.	400 mm.	400 mm.
	Profundidad	299 mm.	299 mm.	299 mm.	299 mm.

5.3. Diagramas de instalación.





BAXI FOURTECK 24

CAPITULO 6: COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

6.1 Costos de inversión e instalacion.

Los datos incluidos en la tabla 6.1, han sido proporcionados por Comercial ANWO Ltda., vía cotizaciones obtenidas en sucursal Concepción y a través de pagina WEB del mismo proveedor.

Tabla 6.1 Valores de artefactos y accesorios.

Numero de Parte	Descripción	Cantidad	Precio neto Unit. USD	Precio neto Total USD
00.168.12C	Kit Caldera Baxi Fourteck 24	1	1020,00	1020,00
DK500.1000	Radiador Ocean 500mm alto, 1000mm longitud de 1890 kcal/hr	2	102,00	204,00
EK500.0800	Radiador Ocean 500mm alto, 800mm longitud de 778 kcal/hr	1	56,65	56,65
EK500.0900	Radiador Ocean 500mm alto, 900mm longitud de 878 kcal/hr	1	61,97	61,97
EK500.0700	Radiador Ocean 500mm alto, 700mm longitud de 681 kcal/hr	1	51,36	51,36
DK500.1100	Radiador Ocean 500mm alto, 1100mm longitud de 2079kcal/hr	1	111,00	111,00
DK500.0700	Radiador Ocean 500mm alto, 700mm longitud de 1323kcal/hr	2	68,81	137,62
00.057.24	Válvula reguladora de retorno	8	9,27	74,16
00.057.12	Válvula Radiador	8	12,07	96,56
05.003.15	Codo Tuerca Móvil, (20mm diámetro)	16	5,02	80,32
05.006.48	Tee 25-20-25	14	6,27	87,78
05.007.33	Reducción 25-20	2	3,13	6,26
05.003.48	Codo 90° (diámetro 25mm)	18	4,09	73,62
20.060.23DZR	Válvula de Bola 1" (Roja)	1	9,00	9,00
20.060.24DZR	Válvula de Bola 1" (Azul)	1	9,00	9,00
05.061.41	Válvula de Bola 1/2"	2	4,91	9,82
00.050.48	Termostato Inalámbrico	1	287,51	287,51
05.010.260	Kit de Alicata Prensador	1	99,00	99,00
0.6.05000	Placas de fijación	16	10,20	163,20
00.012.32	Cañería PEX-A 25*2,3 rollo 100m	1	226,80	226,80
05.010.18	Tubo PEX-A 20*1.9 5,8m	14	6,89	96,46
07.2210	Aislación 22*10 tira 2m	20	1,89	37,80
07.2510	Aislación 25*10 tira 2m	22	2,09	45,98
05.007.03	Manguito Unión 20-20	10	1,91	19,10
-----	Mano obra, regulación y puesta en marcha	1	992,00	992,00
-----	Abrazaderas	60	0,50	30
-----	Amarras Plásticas 100 unidades	1	14,00	14
			Total Neto UDS	4100,97
			Total + iva	4880,1543
			Total en pesos	2.781.688

6.2 Costos de Operación

El costo de operación del sistema de calefacción está dado por el costo de consumo de combustible, en el periodo de calefacción anual, definido por los habitantes de la casa habitación.

El método radica en calcular previamente el consumo de energía anual, dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{anual} = 24 * G * V * \mu * i * GD_{real} = \left[\frac{W_h}{año} \right]$$

Donde:

G = Coeficiente de transferencia de calor volumétrico.

V = Volumen del recinto.

μ = coeficiente por interrupción de la calefacción.

i = Coeficiente de corrección por protección de ventanas, si estas poseen cortinas o persianas.

$i = 0,96$ (si no tiene cortinas)

$i = 0,9$ (si posee cortinas)

GD = Grados día, obtenidos de normas, tablas o planilla excel. Este dato está dado en función de la ciudad y temperatura base. (T_a)

Tabla 6.2 Carga de calefacción

Ubicación	Sector	Carga de Calefacción (W)
1	Living-Comedor	3283,92
4	Hall Entrada	619,74
5	Sala De Estar-Pasillo	811,52
6	Dormitorio Visitas	531,16
7	Dormitorio Matrimonial	1768,56
9	Dormitorio 1	1084,7
10	Dormitorio 2	1092,69
	Total	9192,29

La carga de calefacción del recinto en estudio, en forma práctica se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q_{Calefacción} = G * V * (t_a - t_e) \rightarrow G * V = \frac{\sum Q_{Calefacción}}{(t_a - t_e)} = \frac{9192,29}{(21 - 3)} = 510,68 \left[\frac{W}{^\circ C} \right]$$

Desde esta ecuación se despeja y obtiene el valor del factor "G*V", para el cálculo del "Q_{anual}".

Cálculo del μ :

$$\mu = \frac{\text{N}^\circ \text{ horas efectivas de calefacción durante periodo anual}}{\text{N}^\circ \text{ horas totales del periodo.}}$$

Como todos los días serán de igual número de horas de calefacción, basta realizar el cálculo para un día, por lo tanto:

$$\mu = \frac{\text{N}^\circ \text{ horas diarias de calefacción}}{\text{N}^\circ \text{ horas del día}}$$

$$\mu = \frac{8}{24} = 0,333$$

Tabla 6.3 Grados días para la zona de Los Ángeles y para temperatura base = 18°C

Mes	GD
Mayo	255,3
Junio	309,4
Julio	326,8
Agosto	299,8
Septiembre	252,1
Octubre	187,4
Total	1630,8

Se tiene que: $ta' = ta - 3^{\circ}C = 21 - 3 = 18^{\circ}C$ donde a la temperatura deseada para el local t_a , se le extraen $3^{\circ}C$ considerando el aporte de energía de las personas y los equipos.

Cálculo de i :

En este caso $i = 0,9$ debido a que las ventanas poseen cortinas.

Cálculo Q_{anual} :

$$Q_{Anual} = 24 * 510,68 * 0,333 * 0,9 * 1.630,8 = 5990285,7 \left(\frac{Wh}{año} \right)$$

$$Q_{Anual} = 5990285,7 \left(\frac{Wh}{año} \right) * 0,86 = 5151645,7 \left(\frac{kcal}{año} \right)$$

La caldera trabaja con agua caliente suministrada a $80^{\circ}C$, y se considera un rendimiento aproximado del 88%

Cálculo de la masa de combustible.

$$Q_{Anual} \left[\frac{kcal}{año} \right] = \dot{m} \left[\frac{kg_{combustible}}{año} \right] * PCI_{Gas\ licuado} \left[\frac{kcal}{kg} \right] * \eta_{sistema}$$

$$\eta_{sistema} = \eta_{caldera} * \eta_{distribucion} * \eta_{regulacion}$$

$$\eta_{sistema} = 0,88 * 0,96 * 1 = 0,845$$

$$\dot{m}_{combustible} = \frac{Q_{anual}}{PCI * \eta_{sistema}} = \frac{5151645,7}{11000 * 0,845} = 554,24 \left(\frac{kg_{comb}}{año} \right)$$

Nota: Se considera que el poder calorífico inferior para el gas licuado es de 11000 kcal/kg.

Cálculo costo anual de operación

Costo combustible gas-licuado: 1200 \$/kg iva incluido.

$$Costo_{comb} \left[\frac{\$}{año} \right] = \dot{m}_{comb} \left(\frac{kg}{año} \right) * C_e \left[\frac{\$}{kg} \right]$$

$$Costo_{comb}(c / iva) = 554,24 * 1200 = 665088 \left(\frac{\$}{año} \right)$$

Esto da como resultado un costo promedio mensual de 110848 pesos IVA incluido, considerando seis meses de calefacción.

Tabla 6.4, Resumen de costos

	Monto en pesos iva incluido
Costo de inversión	2.781.688
Costo de operación anual	665.088

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.

Para la realización de este proyecto de calefacción, se aplica conocimientos de ingeniería, específicamente dentro de las áreas de transferencia de calor y economía.

Este estudio de ingeniería se realiza tomando como referencia las condiciones más desfavorables a las que puede estar expuesto el recinto, considerando el mayor requerimiento de tiempo en invierno, de la ciudad de Los Ángeles, bajo condiciones establecidas por la norma Chilena en el cálculo de calefacción.

El análisis de los diferentes recintos de la casa habitación, se obtiene minuciosamente por la materialidad entregada por el propietario, considerando pérdidas zonales dentro del recinto, como pérdidas por paredes, puertas, ventanas, entre otras. Los coeficientes de transferencia obtenidos tienen un valor relativamente alto, debido a que los muros están conformados por albañilería estucada sin aislación térmica y las ventanas son de una sola lámina de vidrio, no posee termo paneles.

Se selecciona radiadores de agua caliente de modelo OCEAN EK y DK, para calefaccionar los 7 recintos definidos.

El resultado total obtenido de la capacidad de los equipos de calefacción del recinto es de 8443 (kcal/h).

Se calcula tanto el costo de inversión como el costo de operación anual, de acuerdo a la información entregada por el distribuidor de los artefactos necesarios para la instalación. El costo de inversión obtenido es de 2.781.688 pesos IVA incluido y el costo de operación anual es de 665.088 pesos IVA incluido.

Se concluye que, si bien es cierto el costo de inversión para la implementación de este sistema de calefacción es bastante alto comparado con el actual sistema compuesto por dos estufas de combustión lenta y el costo de operación mensual promedio también es medianamente elevado, comparado con el gasto en consumo de leña de las estufas de combustión lenta, posee beneficios que lo hacen una muy buena alternativa al momento de seleccionar un sistema de

calefacción para una casa habitación con las características de la recientemente estudiada.

Este sistema es capaz de brindar equilibrio térmico entre todos los recintos de la casa habitación, además de permitir fijar y controlar la temperatura que se desea, lo que permite un ahorro en el consumo de combustible.

El sistema arranca y se detiene en forma totalmente automática en función de los datos programados en la caldera y en el termostato de control.

Los gases de combustión generados por la caldera a gas licuado son considerablemente menos contaminantes que los gases generados por las estufas a combustión lenta que utilizan leña como combustible.

Se elimina la necesidad de contar con espacios físicos para el almacenaje de la leña.

La caldera también da la opción de entregar agua caliente para las instalaciones sanitarias de la casa habitación.

BIBLIOGRAFÍA

- CERDA, Luis. Apuntes de transferencia de calor.
- Catálogo de productos 2013, ANWO.

SECCION ANEXO 1

Nch 853.EOF71
Tabla 2 conductividad térmica válida (λ) y densidad aparente(ρ) de
materiales de construcción

Nº	Material (M)	ρ kg/m ³	λ W/(mK)
M.1	Aislantes térmicos		
M.1.1	En forma de colchonetas y fieltros		
M.1.1.1	Colchoneta aislante de algodón	14	0,35
M.1.1.2	Colchoneta de lana mineral, entre papel, según densidades aparentes	35< ρ <40 40< ρ <50 50< ρ <60 60< ρ <70 70< ρ <80 80< ρ <90 90< ρ <110 110< ρ <130	0,047 0,044 0,041 0,040 0,038 0,038 0,037 0,037M.
M.1.1.3	Fibra de lino entre papel	78	0,041
M.1.1.4	Fibra de madera, tratada químicamente y colocada entre capas de cartón	58	0,036
M.1.1.5	Fieltro de vidrio embreado	58	0,05
M.1.2	En forma de planchas (rígidas y semirígidas)		
M.1.2.1	Lanas minerales de vidrio, rígidas o semirígidas	150< ρ <200 200< ρ <300	0,052 0,058
M.1.2.2	Madera triturada y cemento	390 480	0,066 0,11
M.1.2.3	Materias plásticas expandidas		
M.1.2.3.1	Caucho espuma	50< ρ <100 200 300 400 500	0,035 0,45 0,06 0,07 0,09
M.1.2.3.2	Cloruro de polivinilo expandido	40< ρ <16	0,036
M.1.2.3.3	Ebonita expandida	64	0,031
M.1.2.3.4	Formaldeido de fenol celular	32	0,042
M.1.2.3.5	Poliestireno expandido, según densidades aparentes	10< ρ <16 20< ρ <25 25< ρ <30	0,036 0,035 0,034
M.1.2.3.6	Poliuretano expandido	24	0,025
M.1.2.4	Panles de amianto	200 300 400 500 600 800	0,056 0,065 0,078 0,084 0,105 0,15

Nch 853.EOF71
Tabla 2 (continuación)

N°	Material (M)	ρ kg/m³	λ W/(mK)
M1.2.5	Paneles de fibras aglomeradas, con colas orgánicas	200	0,044
		250	0,045
		300	0,047
		350	0,050
		400	0,052
		450	0,055
		500	0,059
		550	0,064
		600	0,071
M.1.2.6	Paneles de fibra de vidrio	16	0,051
		22	0,042
		40	0,040
		54	0,036
M.1.2.7	Plancha de corcho	100	0,040
		200	0,047
		300	0,058
		400	0,066
		500	0,074
M.1.2.8	Plancha de corcho aglomerado con asfalto	230	0,047
M.1.3.4	Plancha de corcho sin aglomerante	96	0,035
		112	0,038
		170	0,043
		224	0,049
M.1.3.	Material suelto (de relleno)		
M.1.3.1	Aserrín de corcho (≈ 5 mm)	130	0,044
M.1.3.2	Aserrín de madera	190	0,06
M.1.3.3	Corcho granulado	50	0,035
		100	0,040
		150	0,045
		200	0,050
M.1.3.4	Corteza de pino	80	0,037
M.1.3.5	Escorias de alto horno	----	0,11
M.1.3.6	Fibras de vidrio (0,008 a 0,15 mm)	24	0,040
M.1.3.7	Lana de amianto	100	0,061
		200	0,063
		400	0,12
M.1.3.8	Lana de vidrio	50	0,041
		100	0,039
		200	0,041
		300	0,048
		400	0,056

Nch 853.EOF71
Tabla 2 (continuación)

N°	Material (M)	ρ kg/m ³	λ W/(mK)
M.1.3.9	Lana mineral granulada, aplicada a mano o a máquina en espesores de 5 a 15 cm, posición horizontal; sin recubrimiento	40< ρ <60	0,043
M.1.3.10	Material fibroso, a base de solomita y sílice	24	0,038
M.1.3.11	Material fibroso, a base de escoria	150	0,038
M.1.3.12	Material granular aislante fabricado con silicato cálcico y alúmina	67	0,035
M.1.3.13	Poliestireno en partículas	15	0,036
M.1.3.14	Vermiculita expandida	100	0,070
M.1.3.15	Vermiculita en partículas	99	0,047
M.2	Cubiertas		
M.2.1	Asbestocemento en planchas onduladas	1800< ρ <2000	0,76
M.2.2	Asbetoscemento en planchas planas	1400< ρ 1800	0,65
M.2.3	Asfalto	2100	0,9
M.2.4	Bitumén (betún)	1050	0,16
M.2.5	Cartón asfaltado	1100	0,14
M.2.6	Fibro cemento (amianto-cemento-celulosa)	1400< ρ <1800 1000< ρ <1400	0,46 0,35
M.2.7	Planchas onduladas metálicas	---	50
M.2.8	Tejas curvas	---	0,76
M.2.10	Tejas y planchas prensadas de fibrocemento	1800	0,76
M.3	Hormigones		
M.3.1	Bloques huecos de hormigón (promedio)	1160 1150 500	0,94 0,76 0,66
M.3.2	Hormigón armado, dosificación normal	2400	1,75(1,50)
M.3.3	Hormigón celular		
M.3.3.1	Hormigón con cenizas	1000	0,41
M.3.3.2	Hormigón con escorias de altos hornos	600 800 1000	0,17 0,22 0,30
M.3.3.3	Hormigón normal, con áridos silíceos	600 800 1000	0,34 0,49 0,67
M.3.4	Hormigón liviano (piedra pómez, escoria dilatada, puzolana, pliestireno expandido es copos, vermiculita, etc.)	600 800 1000 1200 1400	0,17 0,26 0,33 0,43 0,55

Nch 853.EOF71
Tabla 2 (continuación)

Nº	Material (M)	ρ kg/m ³	λ W/(mK)
M.3.5	Hormigón con grava normal, sin armar		
M.3.5.1	Hórmigón con áridos livianos	1600 1800	0,73 0,93
M.3.5.2	Hormigón con áridos ordianrios, sin virar	2000	0,16
M.3.5.3	Hormigón con áridos ordinarios, virados	2200 2400	1,40 1,75
M.3.6	Hormigón de madera		
M.3.6.1	Hormigón con viruta de madera	450< ρ <650	0,26
M.3.6.2	Hormigón de fibras de madera	300< ρ <400 400< ρ <500 500< ρ <600	0,12 0,14 0,16
M.3.7	Placa de hormigón	2000	0,77
M.3.8	Placa de hormigón de escorias	1350	0,29
M.4	Ladrillos		
M.4.1	Albañilería de ladrillo, incluso las juntas de mortero		
M.4.1.1	Clinker	$\rho \geq 1900$	1,05
M.4.1.2	Clinker hueco	----	0,79
M.4.1.3	Ladrillo hueco	1000 1200 1400	0,46 0,52 0,60
M.4.1.4	Ladrillo macizo	1000 1200 1400 1800 2000	0,46 0,52 0,60 0,79 1,0
M.4.2	Ladrillo hecho a mano	---	0,5
M.4.3	Ladrillo liviano con agregados	600 800	0,25 0,31
M.4.4	Muros de adobes	1100< ρ <1800	0,90
M.4.5	Muros de ladrillos livianos	800 1000 1200	0,34 0,41 0,49
M.4.6	Muros de ladrillos normales	1600 1800 2000	0,76 0,87 1,05
M.5	Maderas		
M.5.1	Maderas livianas, tales como: álamo, pino araucaria, roble, pellín, eucalipto	600< ρ <900	0,23
M.5.3.	Madera terciada	400< ρ <600	0,14
M.5.4	Paneles de fibras de madera prensada	850< ρ <1000	0,20
M.5.5	Viruta de madera	140 210	0,06 0,051

Nch 853.EOF71
Tabla 2 (continuación)

Nº	Material (M)	ρ kg/m³	λ W/(mK)
M.5.6	Viruta de madera mineralizada y con cemento	400	0,066
M.5.7	Viruta de madera prensada	650	0,082
M.6	Materiales a granel o en polvo		
M.6.1	Arena	1600	0,49
M.6.2	Escorias	800 1000 1200 1400	0,25 0,29 0,34 0,41
M.6.3	Grava	1800< ρ <2200	0,8
M.6.4	Ladrillo molido	---	0,4
M.6.5	Productos minerales a granel	200 400 600	0,15 0,18 0,22
M.6.6	Productos minerales en polvo (kiseselgurhr, polvo mineral)	200 400 600 800 1000 1200 1400	0,08 0,12 0,16 0,21 0,27 0,34 0,40
M.7	Metales		
M.7.1	Acero (1% C)	7780	50
M.7.2	Aluminio	2700	210
M.7.3	Aluminio duro (duraluminio95%Al, 5% Cu)	2780	210
M.7.4	Cinc	7140	110
M.7.5	Cobre	8930	380
M.7.6	Fundición (4% C)	7400	110
M.7.7	Hierro puro	7870	75
M.7.8	Latón (70% Cu, 30% Zn)	8450	105
M.7.9	Plomo	11300	35
M.8	Morteros y enlucidos		
M.8.1	Enlucidos de yeso	800 1000 1200	0,35 0,44 0,56
M.8.2	Enlucidos y morteros de cal o cemento	1600 1800 2000 2200	0,65 0,84 1,05 1,40
M.8.3	Placas celulares o áridos livianos	200 400 600	0,09 0,16 ,025

Nch 853.EOF71
Tabla 2 (continuación)

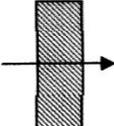
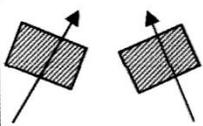
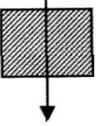
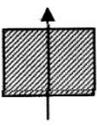
N°	Material (M)	ρ kg/m³	λ W/(mK)
M.8.4	Placas de yeso	600 800 1000 1200	0,24 0,28 0,35 0,41
M.9	Pavimentos		
M.9.1	azulejos	---	1,05
M.9.2	Baldosas cerámicas	---	1,75
M.9.3	Linóleo	1200	0,19
M.9.4	Madera (ver M.5)		
M.9.5	Pavimento plástico	---	0,75
M.9.6	Mármol	2500< ρ <2850	2,0-3,5
M.9.7	terrazo	2200	1,75
M.9.8	Tierra natural	1600< ρ <1900	0,3< λ <2,8
M.10	Piedras		
M.10.1	Areba secado normal	1500	0,6
M.10.2	arenaisca	2200	1,4
M.10.3	Basaltos	2800< ρ <3000	1,8
M.10.4	Clacáreas		
M.10.4.1	Blandas	1450< ρ <1850	1,05
M.10.4.2	Medias(calizas)	1850< ρ <2150	1,4
M.10.4.3	Duras	2150< ρ <2850	2,2
M.10.4.4.	Mármol	ρ >2590	2,9
M.10.5	granito	2600> ρ <3000	3,5
M.10.6	Grvas	1900	2,3
M.10.7	Lavas	2100< ρ <2400	2,9
M.10.8	mampostería	---	1,6< λ <2,5
M.10.9	Piedar pómez	---	0,16< λ <0,5
M.11	Varios		
M.11.1	cartón	800	0,14
M.11.2	Cartón piedra	700	0,14
M.11.3	Caucho espuma	50< ρ <100 200 300 400 500	0,035 0,045 0,06 0,07 0,09
M.11.4	Caucho natural	1050 1150	0,16 0,28
M.11.5	Caucho sintético	1150 1250	0,23 0,47
M.11.6	Celuloide	1400	0,22
M.11.7	Papel	1000	0,13
M.11.8	Vidrio para ventanas	---	1,2

Nch 853.EOF71
Tabla 2 (continuación)

N°	Material (M)	ρ kg/m³	λ W/(mK)
M.12	Yesos		
M.12.1	Bloques de yeso para tabiques	---	0,40
M.12.2	Planchas de yezo con revestimiento de cartón en ambas caras	---	0,20
M.12.3	Yeso con piedras pómez, escoria dilatada, puzolana, vermiculita, poliestireno expandido	200	0,08
		400	0,12
		600	0,16
M.12.4	Yeso normal	--	0,48
M.12.5	Yesos porosos	200	0,12
		400	0,21
		600	0,29

NCh853.53.EOF71

Tabla 3 resistencias térmicas de superficie ($1/h_i$, $1/h_e$, $1/h_i + 1/h_e$)

Inclinación de elementos y sentido del flujo de calor	Elementos exteriores			Elementos interiores		
	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_e}$ (*)	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_r}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_r}$
Elementos verticales 	0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Elementos horizontales o ligeramente inclinados (flujo ascendente) 	0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Elementos horizontales (flujo descendente) 	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34
Elementos horizontales (flujo ascendente) 				0,11	0,11	0,22

(*) Los valores de $\frac{1}{h_e}$ corresponden a aire exterior movido con velocidad máxima

de 2 m/s, aproximadamente y los demás a aire en reposo. Estos valores se utilizan como base de cálculos comparativos entre las propiedades térmicas de diferentes elementos. Para los cálculos en condiciones reales, se debe consultar la forma referente a condiciones climatológicas.

$h_e = 5,8 + 4V$ (W/m²K); si $\bar{v} < 5$ m/s (18 km/h)

$h_e = 7,15 \bar{v}^{0,78}$ (W/m²K); si $\bar{v} \geq 5$ m/s (18 km/h)

NCh853.EOF71

24.

TABLA 4 (ver Nota 7)
RESISTENCIA TERMICA VALIDA POR UNIDAD DE SUPERFICIE, R_a , DE ESPACIOS NO VENTILADOS (CAMARAS DE AIRE) VERTICALES; (flujo térmico horizontal)

Espesor del espacio (e) mm	Factor a'			
	0,82	0,20	0,1	0,05
	Resistencia térmica válida, R_a , m ² .K/W			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,14	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,16	0,35	0,45	0,53
35	0,155	0,35	0,44	0,51
$e \geq 40$	0,155 - 0,19	0,35	0,43	0,50

Nota 7 . Las Tablas 4,5 y 6 indican la resistencia térmica, R_a , válida de espacios continuos no ventilados (cámaras de aire) en función de los parámetros siguientes:
a) sentido de flujo térmico
b) espesor del espacio (de la cámara de aire)
c) factor a' , dado por la fórmula:

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1$$

en que :

a_1, a_2 = absorptividades de las superficies en contacto con el espacio considerado.

$a = 0,9$ superficie de albañilería, madera, papel, vidrio o pinturas no metálicas.

$a = 0,2$ superficie de papel de aluminio, fierro galvanizado brillante.

$a = 0,05$ superficie de lámina de aluminio brillante.

Se distinguen los 4 casos característicos siguientes:

a) Caso general : $a_1 = a_2 = 0,9$ de donde: $a' = 0,82$

b) Una superficie absorbe poco: $a_1 = 0,2; a_2 = 0,9$, de donde: $a' = 0,20$

c) Ambas superficies absorben poco: $a_1 = a_2 = 0,2$, de donde: $a' = 0,11$.

d) Una absorbe muy poco: $a_1 = 0,05; a_2 = 0,9$. de donde: $a' = 0,05$.

NCh853.53.EOF71

Tabla 5

**(ver nota 7) resistencia térmica válida, por unidad de superficie, R_a , de espacios no ventilados (cámaras de aire) horizontales
Flujo térmico ascendente.**

Espesor del espacio (e)mm	Factor a'			
	0,82	0,20	0,1	0,05
	Resistencia termica valida, R_a , (m^2K/W)			
5	0,10	0,16	0,17	0,19
10	0,13	0,23	0,26	0,29
15	0,13	0,25	0,29	0,32
20	0,135	0,25	0,29	0,33
30	0,14	0,26	0,31	0,35
40	0,14	0,27	0,32	0,36
50	0,14	0,28	0,33	0,37
60	0,14	0,28	0,34	0,38
70	0,14	0,29	0,34	0,39
80	0,145	0,29	0,35	0,39
90	0,145	0,29	0,35	0,40
e≥100	0,145	0,30	0,36	0,40

NCh853.53.EOF71

Tabla 6

**(ver nota 7) resistencia térmica válida, por unidad de superficie, R_a , de espacios no ventilados (cámaras de aire) horizontales
Flujo térmico descendente.**

Espesor del espacio (e)mm	Factor a'			
	0,82	0,20	0,1	0,05
	Resistencia termica valida, R_a , (m^2K/W)			
5	0,09	0,16	0,20	0,20
10	0,14	0,29	0,34	0,37
15	0,16	0,36	0,45	0,52
20	0,17	0,42	0,55	0,65
25	0,17	0,47	0,63	0,76
30	0,175	0,51	0,68	0,87
40	0,185	0,57	0,77	1,03
50	0,19	0,60	0,84	1,15
60	0,19	0,61	0,89	1,25
70	0,195	0,62	0,94	1,33
80	0,20	0,63	0,97	1,40
90	0,20	0,63	1,00	1,46
e≥100	0,20	0,63	1,03	1,51

NCh1078.c73

**Tabla 6
Suplemento S_o.**

Modo del servicio de clafacción	Valores del suplemento S _o			
	Permeabilidad térmica media, P _m , W/(m ² K)			
	0,11 a 0,34	0,35 a 0,81	0,82 a 1,74	> 1,75
1.- Reducción de la potencia durante la noche	0,07	0,07	0,07	0,07
2.-Interrupción durante 9 a 12 h.	0,20	,015	0,15	0,15
3.-Interrpcción durante 12 a 16 h.	0,30	0,25	0,20	0,15

Tabla 7 Suplemento S₁ por orientación

Orientación	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Suplemento S ₁	-0,05	-0,05	0	+0,05	+0,05	+0,05	0	-0,05

NCh1078.c73

Tabla 9
Factor característico de local, locales con ventanas y puertas normales

Ventanas de	Puertas interiores		
	no hermáticas	hermáticas	R
madera y material sintético	$\frac{A_v}{A_p} < 3$ *)	$\frac{A_v}{A_p} < 1,5$ *)	0,9
	$3 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 9$ *)	$1,5 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 3$ *)	0,7
metal	$\frac{A_v}{A_p} < 6$ *)	$\frac{A_v}{A_p} < 2,5$ *)	0,9
	$6 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 20$	$2,5 \leq \frac{A_v}{A_p} \leq 6$	0,7

*) A_v : superficie, m², de ventanas exteriores

*) A_p : superficie, m², de puertas interiores.

Nch1078.c73

Tabla 3
Temperatura de locales no calefaccionados

Local	Temperatura exterior de cálculo				
	+3	+1	-1	-3	-5
Local no calefaccionado, rodeado de otro calefaccionado.	12	11	10	9	8
Sotanos no calefaccionados	13	12	11	11	10
Terreno debajo del suelo del sótano	12	11	10	10	9
Suelo a nivel del terreno	8	6	5	3	2
Atico no calefaccionado, inmediatamente debajo del tejado provisto de aislación térmica.	13	12	11	11	10
Atico no calefaccionado, inmediatamente debajo del tejado sin protección térmica.	8	6	4	2	0
Local auxiliar comunicado directamente con el aire exterior.	6	4	2	0	-2

NCh1078.c73

Temperatura exterior de cálculo de ciudades del país

Lugar	Latitud S	Zona climática	Temperatura ext. de cálculo °C
Achao	42° 28'	F	5
Aisén	45° 24'	D	1
Algarrobo	33° 22'	F	7
Ancud	41° 52'	F	5
Angol	37° 48'	E	3
Antofagasta	23° 42'	F	9
Arica	18° 28'	F	13
Clama	22° 27'	F	5
Cladera	27° 03'	F	9
Cartagena	33° 33'	F	7
Castro	42° 29'	F	5
Cauquenes	35° 58'	E	3
Coyaique	45° 34'	B	-3
Combarbalá	31° 11'	E	3
Concepción	36° 50'	F	5
Constitución	35° 20'	F	5
Copiapó	27° 21'	F	7
Coquimbo	29° 56'	F	7
Coronel	37° 01'	F	5
Curacautín	38° 26'	D	1
Curicó	34° 59'	E	3
Chaitén	42° 54'	E	3
Chañaral	26° 20'	F	9
Chile chico	46° 34'	B	-3
Chillán	36° 36'	E	3
Huasco	28° 27'	F	9
Illapel	31° 37'	F	5
Iquique	20° 12'	F	11
Islas Juan Fernandez	33° 37'	F	9
La Calera	32° 48'	E	3
La Ligua	32° 27'	F	7
La Serena	29° 55'	F	7
La Unión	40° 15'	E	3
Lautaro	38° 33'	E	3
Lebu	37° 37'	F	5
Limache	33° 01'	F	5
Linares	35° 51'	E	3
Loncoche	39° 23'	E	3
Lonquimay	38° 26'	B	-3

Lugar	Latitud S	Zona climatica	Temperatura ext. de cálculo °C
Los Andes	32° 50'	D	1
Los Angeles	37° 28'	E	3
Los Vilos	31° 54'	F	7
Lota	37° 05'	F	5
Llolleo	33° 38'	F	7
Melipilla	33° 42'	E	3
Molina	35° 05'	D	1
Navarino	55° 10'	C	-1
Nieva Imperial	38° 43'	E	3
Olmué	33° 00'	F	5
Osorno	40° 35'	E	3
Ovalle	30° 36'	F	5
Palena	43° 38'	C	-1
Panguipulli	39° 41'	D	1
Panimávida	35° 45'	E	3
Papudo	32° 30'	F	7
Parral	36° 09'	E	3
Pichidangui	32° 07'	F	7
Pichilemu	34° 24'	F	5
Pisagua	19° 34'	F	11
Pitrufquén	38° 59'	E	3
Potrerrillos	26° 30'	F	5
Pucón	39° 16'	D	1
Puerto Montt	41° 28'	E	3
Puerto Natales	51° 44'	B	-3
Puerto varas	41° 20'	E	3
Punta Arenas	53° 10'	C	-1
Quilpué	33° 04'	F	5
Quillota	32° 54'	F	5
Quintero	32° 47'	F	7
Rancagua	34° 10'	D	1
Rengo	34° 25'	E	3
San Antonio	33° 34'	F	7
San Felipe	32° 45'	E	3
San Fernando	34° 35'	E	3
San José de Maipo	33° 39'	D	1
Santiago	33° 27'	E	3
Santo Domingo	33° 39'	F	7
Talagante	33° 40'	F	5

Lugar	Latitud S	Zona climática	Temperatura ext. de cálculo °C
Talca	35° 26'	E	3
Talcahuano	36° 43'	F	5
Taltal	25° 22'	F	9
Temuco	38° 45'	E	3
Tocopilla	22° 06'	F	11
Tomé	36° 37'	F	5
Traiguén	38° 15'	E	3
Valdivia	39° 48'	E	3
Valparaíso	33° 02'	F	7
Vallenar	28° 34'	F	5
Victoria	38° 14'	E	3
Vicuña	30° 02'	F	5
Villa Alemana	33° 04'	F	5
Villarrica	39° 17'	C	1
Viña del Mar	33° 01'	F	7
Yumbel	37° 09'	E	3
Zapallar	32° 32'	F	7

Nch1076.c73

Coefficiente "H" de transmisión térmica por metro de perímetro del muro exterior

Aislación piso	R_t (m ² K)/W	H W/(m K)
Piso corriente	0,15-0,25	1,4
Piso medianamente aislado	0,26-0,6	1,2
Piso aislado	>0,6	1

FACTOR CARACTERÍSTICO DE CASAS, H

Localidad	Situación	Casa de fila *)	Casa independiente
normal	Protegida	0,24	0,34
	despejada	0,41	0,58
	extraordinariamente despejada	0,60	0,84
de vientos intensos	protegida	0,41	0,58
	despejada	0,60	0,84
	extraordinariamente despejada	0,82	1,13

*) Además, las casas con varias viviendas, en grupos de locales, viviendas de esquina de dichas casas y de casas pareadas.

SECCION

ANEXO

2

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

$t_i = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_e = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	$V = 24 \text{ Km/h}$
------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Sala Estar - Pasillo

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
									0
Ventanas	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
									0
Ventanas	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
									0
Ventanas	Oeste A	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Oeste A	3,88	2	8	62,08	0,2	0	1,2	74,50
Puerta	Oeste A	1,4	2,27	8	25,42	0,2	0	1,2	30,51
Ventanas	Oeste B	2,88	6,29	18	326,07	0,2	0	1,2	391,29
Muros	Oeste B	2,42	2	18	87,12	0,2	0	1,2	104,54
Puerta	Oeste B	0	0	0	0	0	0	0	0
									0
Cielo		13,81	0,31	13	55,65	0,2	0	1,2	66,785
Piso		2,61	1,2	18	56,38	0,2	0	1,2	67,651
	SUBTOTAL				612,73				735,27

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	33,14	0,011	1004	18	198,79	0,7	0,58	1	80,71
SUBTOTAL					198,79				80,71
TOTAL					811,52				815,98

Pmedia	1,68
--------	------

S0	0,2
----	-----

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

$t_i = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_e = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	$V = 24 \text{ Km/h}$
------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Hall Entrada

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte	1,5	6,29	18	169,83	0,25	0	1,25	212,29
Muros	Norte	0,7	2	18	25,2	0,25	0	1,25	31,50
Puerta	Norte	2	2,86	18	102,96	0,25	0	1,25	128,70
Ventanas	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Sur	6,2	2	8	99,2	0,25	0	1,25	124,00
Puerta	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Cielo		6,13	0,31	13	24,70	0,25	0	1,25	30,88
Piso		5,06	1,2	18	109,30	0,25	0	1,25	136,62
SUBTOTAL					531,19				663,99

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	14,71	0,0049	1004	18	88,55	0,7	0,58	1	35,95
SUBTOTAL					88,55				35,95
TOTAL					619,74				699,94

Pmedia	1,79
--------	------

S0	0,25
----	------

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

ti = 21 °C	te = 3 °C	V = 24 Km/h
------------	-----------	-------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Dormitorio 1

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Sur	6,72	2	18	241,92	0,2	0,05	1,25	302,4
Puerta	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Este	1,8	6,29	18	203,80	0,2	0	1,2	244,56
Muros	Este	8,04	2	18	289,44	0,2	0	1,2	347,33
Puerta	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Cielo		10,3	0,31	13	41,51	0,2	0	1,2	49,81
Piso		7,4	1,2	18	159,84	0,2	0	1,2	191,81
	SUBTOTAL				936,51				1135,90

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	24,72	0,0082	1004	18	148,19	0,7	0,58	1	60,17
SUBTOTAL					148,19				60,17
TOTAL					1084,70				1196,07

Pmedia	1,66
--------	------

S0	0,2
----	-----

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

$t_i = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_e = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	$V = 24 \text{ Km/h}$
------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Dormitorio 2

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Sur	1,2	6,29	18	135,86	0,2	0,05	1,25	169,83
Muros	Sur	5,88	2	18	211,68	0,2	0,05	1,25	264,6
Puerta	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Este	1,85	2	18	66,6	0,2	0	1,2	79,92
Puerta	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Oeste A	1	6,29	18	113,22	0,2	0	1,2	135,86
Muros	Oeste A	5,77	2	18	207,72	0,2	0	1,2	249,26
Puerta	Oeste A	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Oeste B	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Oeste B	1,2	2	8	19,2	0,2	0	1,2	23,04
Puerta	Oeste B	0	0	0	0	0	0	0	0
Cielo		9,74	0,31	13	39,25	0,2	0	1,2	47,10
Piso		7,24	1,2	18	156,38	0,2	0	1,2	187,66
	SUBTOTAL				949,92				1157,28

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg°C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	23,38	0,0079	1004	18	142,77	0,7	0,58	1	57,96
SUBTOTAL					142,77				57,96
TOTAL					1092,69				1215,25

Pmedia	1,73
--------	------

S0	0,2
----	-----

HOJA DE CALCULO PARA CALEFACCION

ti = 21 °C	te = 3 °C	V = 24 Km/h
------------	-----------	-------------

PERDIDAS DE CALOR POR LA ESTRUCTURA

Dormitorio Visitas

Designac.	Orientac.	Superf. neta (m ²)	U W/m ² °C	Δt °C	Qcalef. W	So	S ₁	(1+ So+ S ₁)	Qequipo W
Ventanas	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Sur	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Muros	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	Este	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventanas	Oeste	1,2	6,29	18	135,86	0,2	0	1,2	163,04
Muros	Oeste	6,24	2	18	224,64	0,2	0	1,2	269,57
Puerta	Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Cielo		5,43	0,31	13	21,88	0,2	0	1,2	26,26
Piso		3,29	1,2	18	71,064	0,2	0	1,2	85,28
	SUBTOTAL				453,45				544,14

INFILTRACION DE AIRE FRIO

Rendijas	V m ³ /h	m kg /s	Cp J/kg °C	Δt °C	Qcalef. W	R	H	S ₂	Qequipo W
	13,03	0,0043	1004	18	77,71	0,7	0,58	1	31,55
SUBTOTAL					77,71				31,55
TOTAL					531,16				575,69

Pmedia	1,72
--------	------

S0	0,2
----	-----

SECCION

ANEXO

3

Especificaciones Técnicas - Caldera Mainfour / Fourtech



Sistema de Termoregulación

- Regulación de la temperatura de calefacción.
- Regulación de la temperatura del agua sanitaria.
- Predisposición para la conexión de la sonda externa.

Sistema de Control y Seguridad

- Control de las temperaturas mediante sondas NTC.
- Verificación automática del funcionamiento de los sistemas de control.
- Termostato de seguridad contra el sobre calentamiento del intercambiador.
- Presostato que no permite el funcionamiento de la caldera en caso de baja presión de agua.
- Termostato de seguridad para el control de la correcta evacuación de humos (24 Mainfour/Fourtech).
- Presostato diferencial de seguridad para el control de la correcta evacuación de humos (240F / 24F).
- Dispositivo anti-hielo.
- Display LCD.
- Alarma caliza (Mainfour).
- Manómetro.

Sistema Modulgas

- Modulación continua electrónica de la llama.
- Encendido electrónico de ionización.
- Encendido gradual automático.
- Válvula de gas con dispositivo de modulación continua.
- Quemador de acero.

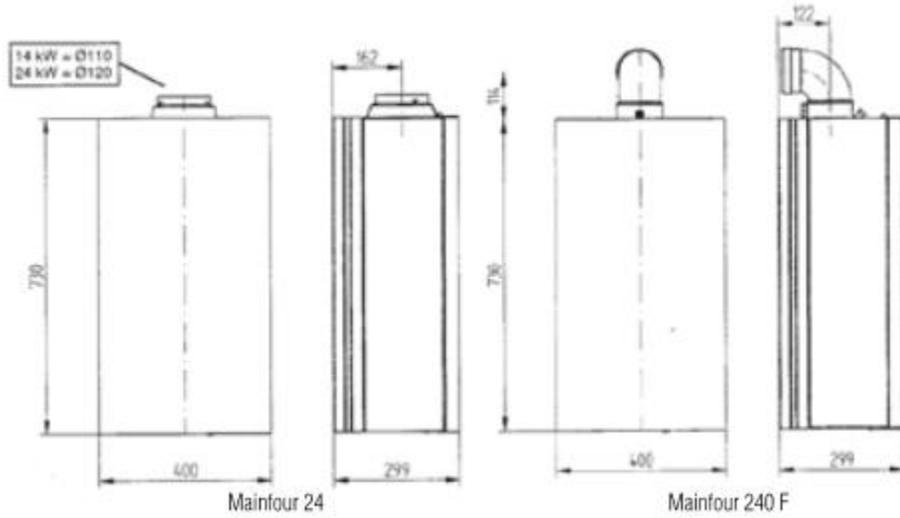
Sistema Hidráulico

- Intercambiador de placas (Fourtech).
- Intercambiador bitérmico (Mainfour).
- By-pass automático.
- Bomba de circulación con desgasificador incorporado.
- Bomba de post-circulación.
- Sistema antibloqueo de la bomba que interviene cada 24 hrs.
- Válvula de seguridad en el circuito de calefacción que interviene cuando la presión es de 3 bar.
- Llave de vaciado.
- Llave de llenado.

*Nota: Si la dureza del agua del circuito sanitario es superior a 20ºF (1ºF = 10 mg de carbonato de calcio por litro de agua), es preciso instalar un dosificador de polifosfato ó un sistema similar.

Especificaciones Técnicas

		Mainfour 24	Mainfour 240 F	Fourtech 24	Fourtech 24 F
Potencia térmica	Nominal	20.600 kcal/hr.	20.600 kcal/hr.	20.600 kcal/hr.	20.600 kcal/hr.
	Reducida	8.000 kcal/hr.	8.000 kcal/hr.	8.000 kcal/hr.	8.000 kcal/hr.
Capacidad térmica	Nominal	26,3 kW	25,8 kW	26,3 kW	25,8 kW
	Reducida	10,6 kW	10,6 kW	10,6 kW	10,6 kW
Rendimiento térmico útil 100%		★★	★★★	★★	★★★
Presión máxima agua circuito térmico		3 bar	3 bar	3 bar	3 bar
Capacidad vaso de expansión		6 lts.	6 lts.	6 lts.	6 lts.
Presión vaso de expansión		0,5 bar	0,5 bar	0,5 bar	0,5 bar
Presión máxima agua circuito sanitario		8 bar	8 bar	8 bar	8 bar
Caudal mínimo agua sanitaria		2,0 lts./min.	2,0 lts./min.	2,0 lts./min.	2,0 lts./min.
Producción sanitaria con Δt 25°C		13,7 lts./min.	13,7 lts./min.	13,7 lts./min.	13,7 lts./min.
Producción sanitaria con Δt 35°C		9,8 lts./min.	9,8 lts./min.	9,8 lts./min.	9,8 lts./min.
Rango temperatura circuito de calefacción		30/76 °C	30/76 °C	30/85 °C	30/85 °C
Rango temperatura agua sanitaria		35/55 °C	35/55 °C	35/60 °C	35/60 °C
Temperatura humos máx.		120°C	149°C	110°C	149°C
Temperatura humos mín.		86°C	119°C	85°C	119°C
Presión alimentación gas natural		20 mbar	20 mbar	20 mbar	20 mbar
Presión alimentación gas licuado		37 mbar	37 mbar	37 mbar	37 mbar
Tensión de alimentación eléctrica		230 v	230 v	230 v	230 v
Frecuencia alimentación eléctrica		50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Potencia de alimentación nominal		80 w	130 w	80 w	130 w
Tiro		Natural	Forzado	Natural	Forzado
Peso		29 kg.	31 kg.	29 kg.	31 kg.
Dimensiones:	Altura	730 mm.	730 mm.	730 mm.	730 mm.
	Ancho	400 mm.	400 mm.	400 mm.	400 mm.
	Profundidad	299 mm.	299 mm.	299 mm.	299 mm.



25. CURVAS CAUDAL/ALTURA MANOMÉTRICA EN LA PLACA

La bomba tiene una altura manométrica elevada, que permite utilizarla en cualquier instalación de calefacción de uno o dos tubos. La válvula automática de purga de aire, incorporada en el cuerpo de la bomba, permite una rápida desaireación del circuito.

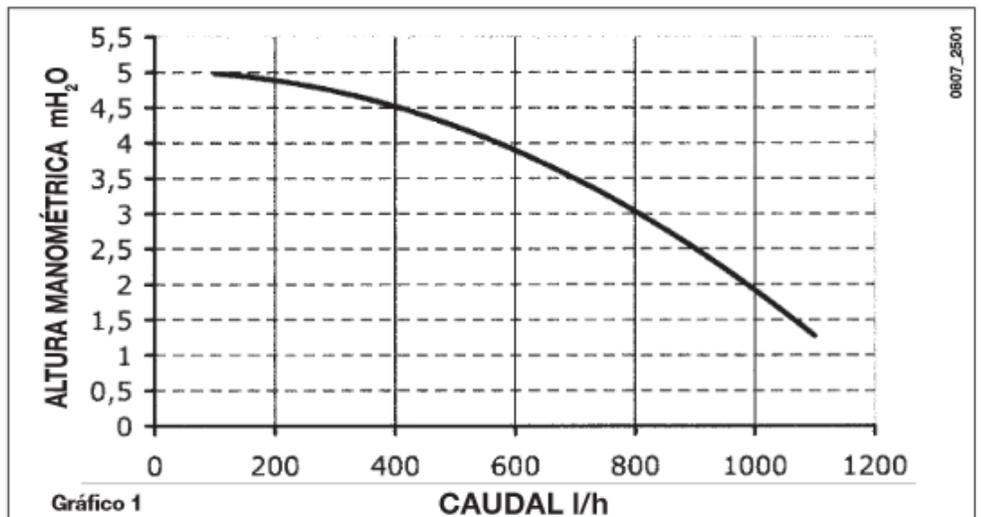


Gráfico 1

0807_2501

Especificaciones Técnicas - Radiadores



Características

Radiador EK es un radiador simple formado por una placa y un convector. Los radiadores OCEAN están fabricados bajo la calidad total ISO 9001, con placas convectoras de acero. Tienen un tratamiento anticorrosivo: decapado, fosfatizado, pintura antióxido por inmersión a 180°C, pintura epóxica pulverizada a 200°C. Su presión de trabajo es de 10 bar. Vienen con un embalaje especial para máxima protección en bodega, transporte e instalación. Cuentan con la certificación Europea, CE (EN 442, RAL, DIN).

Radiador DK 300 - 500 es un radiador doble formado por dos placas y dos convectores. Los radiadores OCEAN están fabricados bajo la calidad total ISO 9001, con placas convectoras de acero. Tienen un tratamiento anticorrosivo: decapado, fosfatizado, pintura antióxido por inmersión a 180°C, pintura epóxica pulverizada a 200°C. Su presión de trabajo es de 10 bar. Vienen con un embalaje especial para máxima protección en bodega, transporte e instalación. Cuentan con la certificación Europea, CE (EN 442, RAL, DIN).

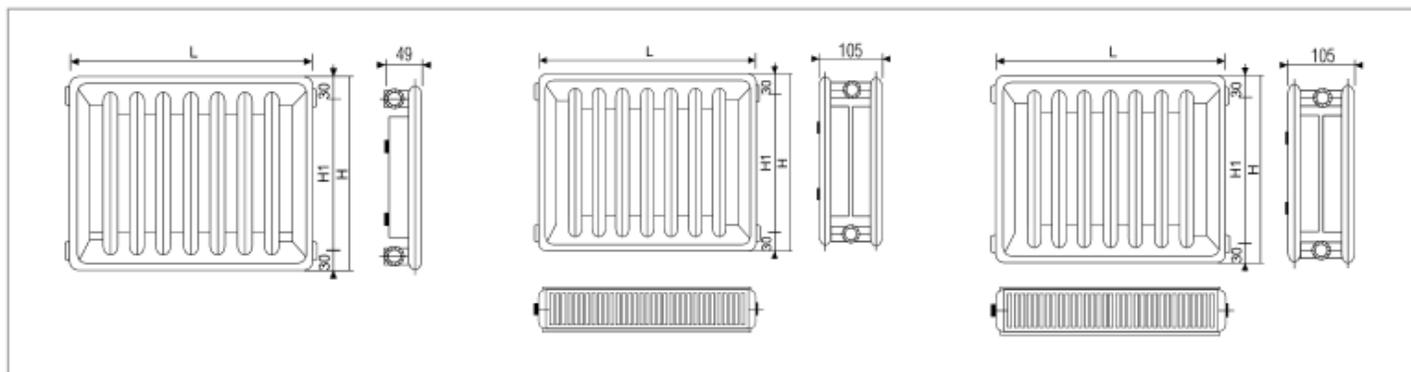
Condiciones de Cálculo

Las emisiones caloríficas señaladas son en base a una temperatura de entrada de 90°C y una temperatura de salida de 70°C, lo que supone una temperatura media de 80°C en el interior del radiador. La temperatura ambiente se considera de 20°C, con un salto térmico de 60°C (80-20) °C.



Código	Largo (mm)	Altura (mm)	KW	Kcal/h	Capacidad lts	Código	Largo (mm)	Altura (mm)	KW	Kcal/h	Capacidad lts	Código	Largo (mm)	Altura (mm)	KW	Kcal/h	Capacidad lts
EK 500.0400	400	500	0,452	389	1,92	DK 300.0400	400	300	0,585	503	1,36	DK 500.0400	400	500	0,879	756	3,84
EK 500.0500	500	500	0,566	487	2,40	DK 300.0500	500	300	0,731	629	1,70	DK 500.0500	500	500	1,099	945	4,80
EK 500.0600	600	500	0,679	584	2,88	DK 300.0600	600	300	0,878	755	2,04	DK 500.0600	600	500	1,319	1134	5,76
EK 500.0700	700	500	0,792	681	3,36	DK 300.0700	700	300	1,024	881	2,38	DK 500.0700	700	500	1,538	1323	6,72
EK 500.0800	800	500	0,905	778	3,84	DK 300.0800	800	300	1,169	1006	2,72	DK 500.0800	800	500	1,758	1512	7,68
EK 500.0900	900	500	1,021	878	4,32	DK 300.0900	900	300	1,316	1132	3,06	DK 500.0900	900	500	1,978	1701	8,64
EK 500.1000	1000	500	1,131	973	4,80	DK 300.1000	1000	300	1,463	1258	3,40	DK 500.1000	1000	500	2,197	1890	9,60
EK 500.1100	1100	500	1,244	1070	5,28	DK 300.1100	1100	300	1,609	1384	3,74	DK 500.1100	1100	500	2,417	2079	10,56
EK 500.1200	1200	500	1,358	1168	5,76	DK 300.1200	1200	300	1,756	1510	4,08	DK 500.1200	1200	500	2,637	2268	11,52
EK 500.1300	1300	500	1,471	1256	6,24	DK 300.1300	1300	300	1,901	1635	4,42	DK 500.1300	1300	500	2,857	2457	12,48
EK 500.1400	1400	500	1,584	1362	6,72	DK 300.1400	1400	300	2,048	1761	4,76	DK 500.1400	1400	500	3,077	2646	13,44
EK 500.1500	1500	500	1,698	1460	7,20	DK 300.1500	1500	300	2,194	1887	5,10	DK 500.1500	1500	500	3,297	2835	14,40
EK 500.1600	1600	500	1,810	1557	7,68	DK 300.1600	1600	300	2,341	2013	5,44	DK 500.1600	1600	500	3,516	3024	15,36
EK 500.1800	1800	500	2,036	1751	8,64	DK 300.1800	1800	300	2,633	2264	6,12	DK 500.1800	1800	500	3,956	3402	17,28
EK 500.2000	2000	500	2,263	1946	9,60	DK 300.2000	2000	300	2,926	2516	6,80	DK 500.2000	2000	500	4,395	3780	19,20
EK 500.2200	2200	500	2,490	2141	10,56	DK 300.2200	2200	300	3,219	2768	7,48	DK 500.2200	2200	500	4,835	4158	21,12
EK 500.2400	2400	500	2,715	2335	11,52	DK 300.2400	2400	300	3,510	3019	8,16	DK 500.2400	2400	500	5,274	4536	23,04
EK 500.2600	2600	500	2,942	2530	12,48	DK 300.2600	2600	300	3,803	3271	8,84	DK 500.2600	2600	500	5,714	4914	24,96
EK 500.2800	2800	500	3,167	2724	13,44	DK 300.2800	2800	300	4,095	3522	9,52	DK 500.2800	2800	500	6,153	5292	26,88
EK 500.3000	3000	500	3,394	2919	14,40	DK 300.3000	3000	300	4,388	3774	10,20	DK 500.3000	3000	500	6,593	5670	28,80

Dimensiones



	EK 500	DK 300	DK 500
Altura (H)	500 mm	300 mm	500 mm
Profundidad	49 mm	105 mm	105 mm
Distancia (H1)	445 mm	245 mm	445 mm
Longitud (L)	desde 400 mm a 3000 mm	desde 400 mm a 3000 mm	desde 400 mm a 3000 mm
Espesor de placa	1,25 mm	1,25 mm	1,25 mm
Presión de trabajo	10 bar	10 bar	10 bar