UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2020

DISEÑO DE SISTEMA DE CLIMATIZACION Y OBTENCION DE AGUA CALIENTE PARA RESIDENCIA DE CONDOMINIO ECOLOGICO AGUILA SUR

ZAMORA RAMIREZ, CHRISTIAN JAVIER

https://hdl.handle.net/11673/49567

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

"DISEÑO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y OBTENCIÓN DE AGUA CALIENTE PARA RESIDENCIA DE CONDOMINIO ECOLÓGICO AGUILA SUR"

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero en Ejecución en Control e Instrumentación Industrial.

Alumno:

Christian Javier Zamora Ramírez.

Profesor Guía:

José Llantén Álvarez.

Comisión:

Sergio Riquelme Bravo.

Tatiana Marín Ramirez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que me apoyaron y guiaron en este camino, particularmente agradecer a mi familia, a mi madre Alejandra Ramirez y a mi padre Isidoro Zamora, quien sin su cariño, apoyo, comprensión y esfuerzo se me hubiera sido imposible alcanzar las metas que me he propuesto. A mis abuelos Sylvia Neira (QEPD) y Juan Ramirez (QEPD), quien sin sus enseñanzas me alentaron a seguir adelante, a fijar metas altas y aspirar a ser alguien en la vida. También a mi abuela Ana Vega, por tantas buenas vibras y aliento que me dio en este duro camino. Agradecer a una persona especial, por tanto, apoyo y amor que me ha dado, alentarme y estar siempre en lo que necesitara, sin tener obligación alguna con mi persona, gracias Yescari Valverde.

Gracias a todas estas personas que me han ayudado a lograr los objetivos que me he propuesto, este trabajo de título va dedicados a ellos, y reitero nuevamente, muchas gracias por todo.

Christian Javier Zamora Ramirez.

RESUMEN

Keywords: Diseño, Climatización, Eficiente, Ecológico.

Este trabajo de título consta de un diseño de sistema de climatización eficiente, tanto para invierno como para verano, el cual está limitado por las condiciones del terreno donde se encontrará.

Se abordan los cálculos de carga térmica tanto para invierno como para verano, incluyendo las consideraciones pertinentes para cada periodo calculado.

Por petición del cliente todo el sistema debe ser amigable con el medio ambiente, produciendo el mínimo impacto en el. Dado esto se debe buscar la solución al problema de climatización buscando la mejor alternativa para esta labor, detallando los equipos a usar, su ubicación, instalación de cañerías para la refrigeración, tubería de desagüe, instalación de difusores de inyección de aire en el cielo de toda la vivienda, instalación de unidades condensadoras, etc.

Posterior a los cálculos se procede a la selección de equipos. Esta selección se realiza con los equipos y sistemas de control que estén presente en el mercado.

Una vez seleccionado se hace una descripción de los equipos seleccionados, así como los tipos de controladores seleccionados y todo el sistema de control en sí.

INDICE

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1

1.1. ANTECEDENTES GENERALES 2

1.1.1. Aerotermia 5

1.1.2. Geotermia 6

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 9

1.2.1. Definición del problema. 11

1.2.2. Importancia de resolver el problema. 13

1.3. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA 16

1.3.1. Requerimientos 16

1.3.2. Alternativas de solución. 16

1.3.3. Solución seleccionada. 18

1.3.4. Valora agregado. 19

1.3.5. Objetivos del Proyecto. 19

CAPÍTULO 2: CÁLCULO, DISEÑO Y ELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA .. 21

2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL. 22

2.1.1. Característica térmica de paredes exteriores y techo. 22

2.1.3. Revestimiento interior. 27

2.2 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN. 28

2.2.1. Fórmulas para cálculos de pérdida de calor. 28

2.2.3. Cálculo de perdida de calor de la vivienda. 38

2.2.5. Cálculo de capacidad del equipo. 44

2.3. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN. 48

2.3.1. Radiación en muros. 48
2.3.2. Cálculo radiación en ventanas. 51
2.4. SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA. 56
2.4.1. Equipos Fan Coil. 56
2.4.2. Bomba de calor. 58
2.4.3. Bomba de calor para ACS. 60
2.4.4. Termostatos Fan Coil. 61
2.4.5. Electroválvula. 63
2.4.7. Válvula Manual. 64
2.4.8. Cañería. 65
2.5. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA. 65
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA 70
3.1. PRESUPUESTO. 71
3.2. EQUILIBRIO PRESUPUESTARIO. 72
3.3. CARTA GANTT. 73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Climatización por aerotermia. 5

Figura 1-2. Climatización por geotermia. 7

Figura 1-3. Localización de la edificación en región metropolitana. 9

Figura 1-4. Viste área de la ubicación del sitio. 10

Figura 1-5. Porcentaje de hora de sombra durante cada mes. 12

Figura 1-6. Planta de arquitectura de la casa. 13

Figura 2-1. Material usado en construcción de la casa. 22

Figura 2-2. Conductividad térmica en función de la densidad. 24

Figura 2-3. Diseño piso de casa. 27

Figura 2-4. Doble vidrio hermético. 28

Figura 2-5. Análisis demostrativo de una habitación. 38

Figura 2-6. Representación cara Este de Sector A. 39

Figura 2-7. Representación cara Sur de Sector A. 41

Figura 2-8. Identificación de divisiones. 47

Figura 2-9. Bomba reversible a utilizar. 59

Figura 2-10. Apariencia y estructura de la bomba de calor reversible. 60

Figura 2-11. Bomba de calor Aquatank 270. 61

Figura 2-12. Diseño de termostato a utilizar. 62

Figura 2-13. Configuración eléctrica para Fan Coil 2 tubos y válvula de 2 hilos. 63

Figura 2-14. Sentido de flujo de la válvula VC4013. 64

Figura 2-15. Esquema de conexión válvua VC4013 64

Figura 2-16. Válvula manual a utilizar. 65

Figura 2-17. Protección térmica en cañerías. 65

Figura 2-18. Esquema simplificado de la combinación de los dos sistemas. 66

Figura 2-19. Diagrama P&ID de sistema de climatización y obtención de ACS. 68

Figura 2-20. Plano del sistema de climatización y obtención de ACS. 69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Puntuación Alternativas de Solución……..18

Tabla 1-2. Ponderación de cada solución……..18

Tabla 2-1. Tabla propiedades de paneles……..23

Tabla 2-2. Tabla conductividad poliestirenos expandido.……24

Tabla 2-3. Datos materiales a utilizar en cálculos de calefacción. ……34

Tabla 2-4. Tabla resumen resistencia y conductividad térmica. ……37

Tabla 2-5. Dimensiones elementos en casa pared sector A.……39

Tabla 2-6. Tabla resumen de cálculos de calefacción……47

Tabla 2-7. Valores para Rm y Rs. ……49

Tabla 2-8. Ganancias en ventanas en el mes de diciembre, valores en $kcalh * m2$ .51

Tabla 2-9. Ganancias en ventanas en el mes de enero, valores en $kcalh * m2$ ……..51

Tabla 2-10. Ganancias en ventanas en el mes de febrero, valores en $kcalh * m2$ ….52

Tabla 2-11. Ganancias en ventanas en el mes de marzo, valores en $kcalh * m2$ ……52

Tabla 2-12. Resumen de ganancias totales de los meses analizados, valores en $\left[\frac{kcal}{h*m^2}\right]$ ……52

Tabla 2-13. $Gmax$ considerados para cálculos……53

Tabla 2-14. Selección de factor Fal……53

Tabla 2-15. Resultados calculo condiciones de verano.……55

Tabla 2-16. Resumen total de resultados obtenidos.……55

Tabla 2-17. Listado de equipos Fan Coil 2 vías. ……57

Tabla 3-1. Presupuesto del proyecto.……71

Tabla 3-2. Egresos de ejecución del proyecto. ……72

Tabla 3-3. Flujo de caja de la elaboración del proyecto.....72

Tabla 3-4. Carta Gantt del proyecto.....73

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

A. **SIGLA**

IVA : Impuesto al valor agregado

ISO : International Organization for Standardization

NCh : Normas chilenas

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

PVC : Policloruro de Vinilo

B. **SIMBOLOGÍA**

A : Amper

AC : Corriente alterna

C° : Grados Celsius

F° : Grados Fahrenheit

Hz : Hertz

m : Metro

mA : Mili Amper

mm : Milímetro

mm^2 : Milímetros Cuadrados

N° : Número

V : Volt

W	: Watt
kWh	: Kilo Watt/Hora
kg/m³	: Kilogramo por metro cubico
W/m*k	: Watt por metro y grado
W/m²	: Watt por metro cuadrado
Ω	: Ohm
%	: Porcentaje
±	: Más o menos
$	: Peso chileno

INTRODUCCION

A lo largo de la historia el ser humano a tenido la necesidad de habitar ambientes confortables, aunque esto ha ido variando a lo largo de los años, ya que el confort térmico cambia según la calidad de vida de las personas. El uso de sistemas de climatización se inició con el desarrollo de los primeros equipos de refrigeración mecánica a inicios del siglo XX.

El objetivo de este trabajo es exponer un diseño el cual sea placentero, confortable y seguro para la ubicación del proyecto, en donde se dimensionan equipos, se integran un sistema de climatización junto a uno de obtención de agua caliente sanitara, los cuales se integran entre sí, además de tener con completo control del sistema. Todo esto para lograr un confort térmico para las personas.

El lugar de desarrollo del proyecto presenta características particulares, ya que se encuentra en una reserva natural, en una zona rural, particularmente en el condominio ecológico “Águila Sur” en la comuna de Paine. Lo que se requiere causar el menos impacto ambiental además de el menor uso de recursos naturales.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1. ASPECTOS GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES GENERALES.

Mantener un espacio de descanso cómodo y agradable permite tener en gran medida una salud mental y física óptima. Uno de los factores más importantes para lograrlo es contar en cada hogar con confort térmico adecuado en cualquier momento.

Es por ello que la climatización juega un rol muy importante para mantener un estilo de vida familiar agradable en cada hogar, ya que esto permitirá crear condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para cada época del año.

Alguno de los factores más importantes a considerar para tomar la decisión de incluir un sistema de climatización en el hogar, se exponen a continuación:

- Las personas: la cantidad de tiempo que permanecen en el hogar y en cada sector tener una temperatura agradable donde se descansa, teniendo presente que el ser humano permanece aproximadamente 10 horas al día en su hogar.

- El ambiente: dependiendo del lugar geográfico donde se ubique el hogar se determina la temperatura, velocidad y humedad del aire. De igual forma el espacio de cada habitación afecta la temperatura que existirá en las mismas.

- La radiación solar: en regiones con temperaturas muy altas, el sol calienta la superficie exterior elevando el salto térmico del exterior al interior. En gran parte esto será el resultado de la construcción de la casa, por ejemplo, si se trata de una edificación construida con técnicas donde utilizan el cristal, durante temporadas de calor la radiación solar los atravesará produciendo un efecto invernadero, siendo la aislación térmica el factor principal al momento de proyectar las edificaciones. En Chile la normativa es estricta y existen rangos de aislación mínimos dependiendo del tipo de material

construido, así como también aperturas de vanos mínimas para limitar las transferencias de calor.

- Herramientas de trabajo: los equipos electrónicos, computadoras, fotocopiadoras, impresoras, módems y otros accesorios que se encuentran en un recinto generan cargas térmicas importantes, por lo que es un factor más que influyente cuando se trata de climatizar un hogar u oficina.

- La iluminación: ha sido uno de los factores de calentamiento más relevantes, si el recinto requiere el uso de una alta cantidad de iluminación es muy seguro que la temperatura sea mayor. Actualmente el cambio de ampolletas incandescentes por otras de alta eficiencia y por iluminación led ha disminuido la carga de temperatura, pero sigue siendo relevante.

- Número de personas: este factor también está relacionado con el espacio destinado para cada persona en la casa, por ejemplo, no será la misma cantidad de persona en una habitación, que en el comedor. Considerando esto, si el espacio es muy pequeño y hay varias personas presentes el calor aumentará considerablemente. Los cambios en las rutinas domésticas han llevado a que cambien los requisitos de confort térmico, ha aumentado la ocupación en los dormitorios, se ha fragmentado la ocupación en los recintos de las casas y espacios que no fueron pensados para ciertos usos hoy mutan sus actividades. Por ejemplo, el comedor no es el único espacio donde se come, o el *living* no es el principal espacio para “estar”.

Es cierto que cada persona requiere diferentes niveles de confort térmico para sentirse cómoda, sin embargo, también nadie quiere estar en el hogar con un ambiente de extremo calor o frío, por ello es muy importante que se cuente con un adecuado sistema de climatización en los recintos. Como ejemplo claro, es la diferencia cultural que existe entre países de diferentes latitudes del mundo, se encuentran los estadounidenses, que prefieren climatizar de tal forma que puedan estar ligeros de vestimenta al interior de las casas durante todo el año, a diferencia

de los europeos, que realizan todo lo contrario, se preocupan de alcanzar la mayor parte del confort térmico con su vestimenta, y utilizan escaza calefacción para sus hogares y también se toman el resguardo de aislar sus construcciones con dobles muros.

La climatización de un recinto se puede lograr por diferentes sistemas clasificándolas según el sistema que utilicen para tomar la energía primaria o cederla:

1. **Sistema Aire-Aire:** Son los sistemas de aire acondicionado más comunes. Se encuentran en el campo domiciliario, en los comercios o recintos pequeños. Funcionan a través de la compresión de un gas refrigerante, tienen dos etapas que trabajan con dicho gas, una parte compresora y otra evaporadora.

2. **Sistema Aire-Agua:** Son instalaciones que usan fluido como componente base para el aporte de energía caliente o fría ante unas baterías que intercambian con el aire el calor. Se componen de una central térmica, distribución de agua, elementos terminales, elementos de regulación.

3. **Sistemas Agua-Agua:** Acá la producción de frío o calor se basa en que para la captación del calor al fluido se utiliza agua o fluido calentado o enfriado, ya sea con combustión en calderas, con calor del exterior para transferirlo al agua, el cual será el encargado de climatizar.

4. **Sistemas Agua-Aire:** Estás aportan el calor básicamente por transmisión y radiación. Estos sistemas se usan comúnmente en suelos radiantes, techos radiantes, convectores y radiadores.

Al requerir generar agua sanitaria caliente, el rango de soluciones se reduce, donde el sistema a utilizar y entregar la temperatura sea mediante agua, para así utilizarla para dicho propósito.

Ahora bien, en el caso de energías renovables para lograr la climatización se encuentra la aerotermia y la geotermia.

1.1.1. Aerotermia

La aerotermia, es una tecnología limpia que extrae la energía del aire y la transfiere al ambiente interior o al agua caliente mediante una bomba de calor. Con este sistema es posible disponer de calefacción en invierno, refrigeración en verano y agua caliente sanitaria durante todo el año (Figura 1-1).

Fuente: https://www.toshiba-aire.es/img/cms/aerotermia_grafica_temp.png

Figura 1-1. Climatización por aerotermia.

1.1.1.1. Ventajas:

- Alta eficiencia. consume menos energía (kWH) que los sistemas de calefacción tradicionales y eso se aprecia en la factura mensual.
- Es una energía renovable y por lo tanto sostenible.
- No requiere casi mantenimiento, es como otro electrodoméstico.
- No produce combustión (no hay caldera). No existe humo ni residuos, es más segura.
- Toda la casa puede funcionar exclusivamente con electricidad sin necesidad de contratar gas o suministros de combustible.
- La instalación aerotérmica es bastante más sencilla y mejor que una de funcionamiento de energías no renovables.

- Se pueden combinar sus salidas (radiadores tradicionales, suelo radiante, bombas de calor, etc.)
- Es la calefacción con menos consumo energético.

1.1.1.2. Desventajas:

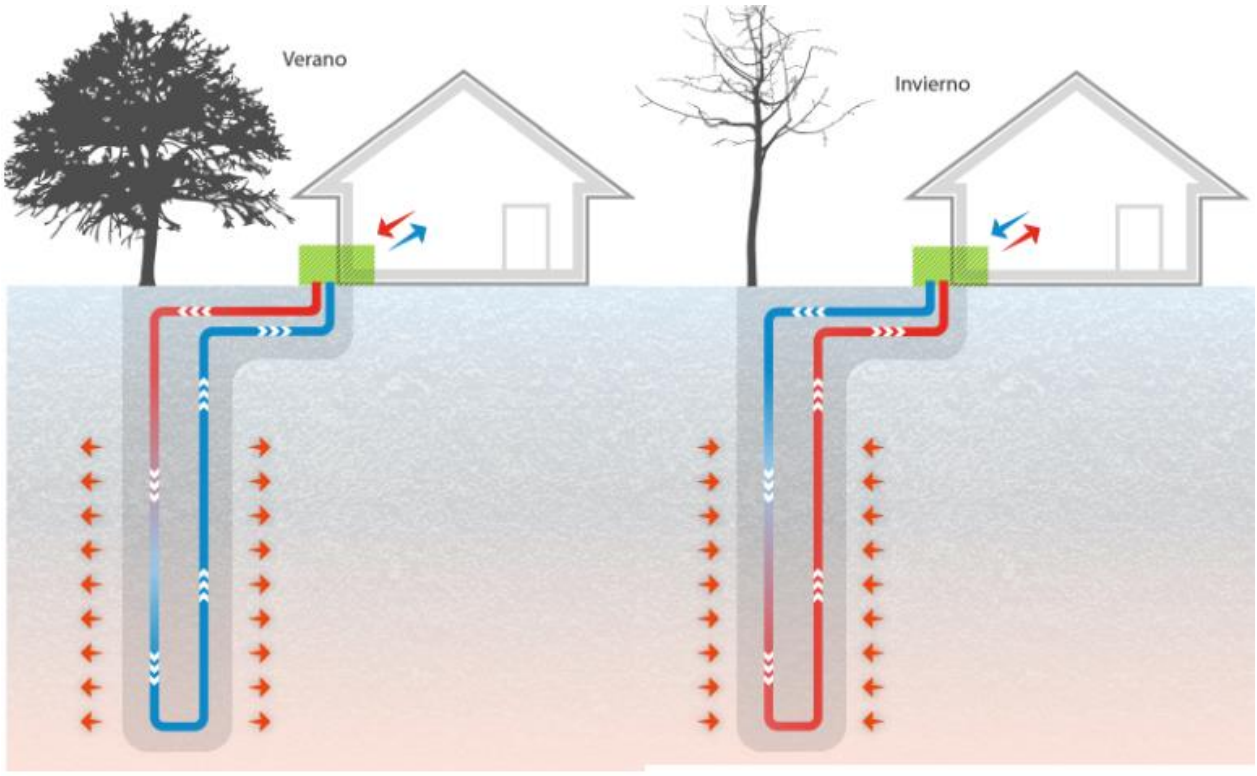
- Su coste inicial suele ser más alto (aunque se compensa a lo largo de los años con el ahorro en consumo).
- Requiere de una unidad al exterior de la vivienda.

1.1.2. Geotermia.

La climatización geotérmica, la cual se muestra en la figura 1-2, es un sistema de calefacción o refrigeración que utiliza la gran inercia térmica del subsuelo, pues este aproximadamente a tres metros de profundidad presenta una temperatura constante entre 10 y 16 °C.

Lo que básicamente ocurre es un intercambiador de calor a través del sistema suelo-tubería-aire. Un ejemplo, si en invierno se hace ingresar aire a dos grados, o en verano a 40, se obtendrá siempre el mismo fluido a una misma temperatura, de aproximadamente 18 °C a la salida.

El precio de instalación de este sistema parte desde los $10.000.000 para una vivienda unifamiliar, el elevado costo es principalmente porque se debe hacer una excavación, dependiendo mucho del tipo de suelo. Además, que todo el sistema es más complejo que los a base de aerotermia.



Fuente: http://terratest.cl/images/noticias/2019/pozos_geotermicos/3_pozos_geotermicos_sl.jpg

Figura 1-2. Climatización por geotermia.

1.1.2.1. Ventajas

- Bajo Consumo con respecto a la calefacción eléctrica, el cual es cercano a un 75%. Respecto a la calefacción por gas natural fluctúan entre el 32% y el 60%.

- Menos contaminante, como consecuencia del menos gasto energético, se reduce la emisión de CO2.

- Durabilidad del sistema, ya que al no estar en contacto con el exterior la bomba de calor alarga su vida útil.

- No produce mayores ruidos al trabajar, porque ya no es necesario colocar un compresor y ventiladores en el exterior, por lo que el sistema es bastante más silencioso.

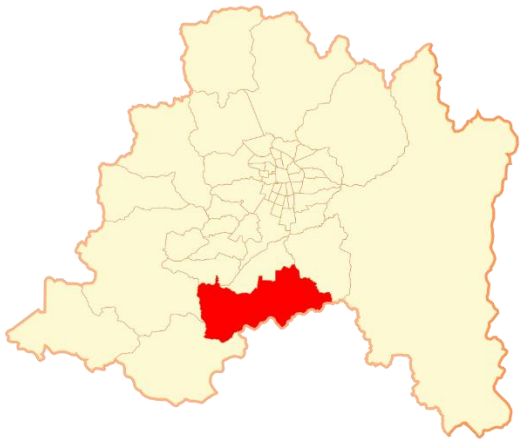
1.1.2.2. Desventajas

- El principal problema es el coste de instalación, ya que aún es elevado. Los fabricantes anuncian que tiene una amortización de entre 4 y 8 años.

- Tienen una necesidad de espacio grande, ya sea la instalación más económica que es la horizontal, pero no siempre se dispone de dicho espacio. También está la vertical, pero esta tiene precios más elevados y su justificación económica disminuye.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para poner en contexto donde se desarrolla el caso, este se ubica en la zona central del país, en el límite sur de la región metropolitana, en la comuna de Paine, localidad de Águila Sur (Figura 1-3). El sitio está en una zona declarada como reserva natural y hotspost mundial de biodiversidad, es un condominio ecológico llamado “Comunidad Ecológica de Águila Sur”, por lo tanto, posee condiciones y limitaciones sobre el consumo y uso de energías, además de las exigencias de entorno y reutilización de recursos. La residencia está rodeada de naturaleza, por lo que es primordial velar por la conservación de esta con el mínimo impacto medioambiental.

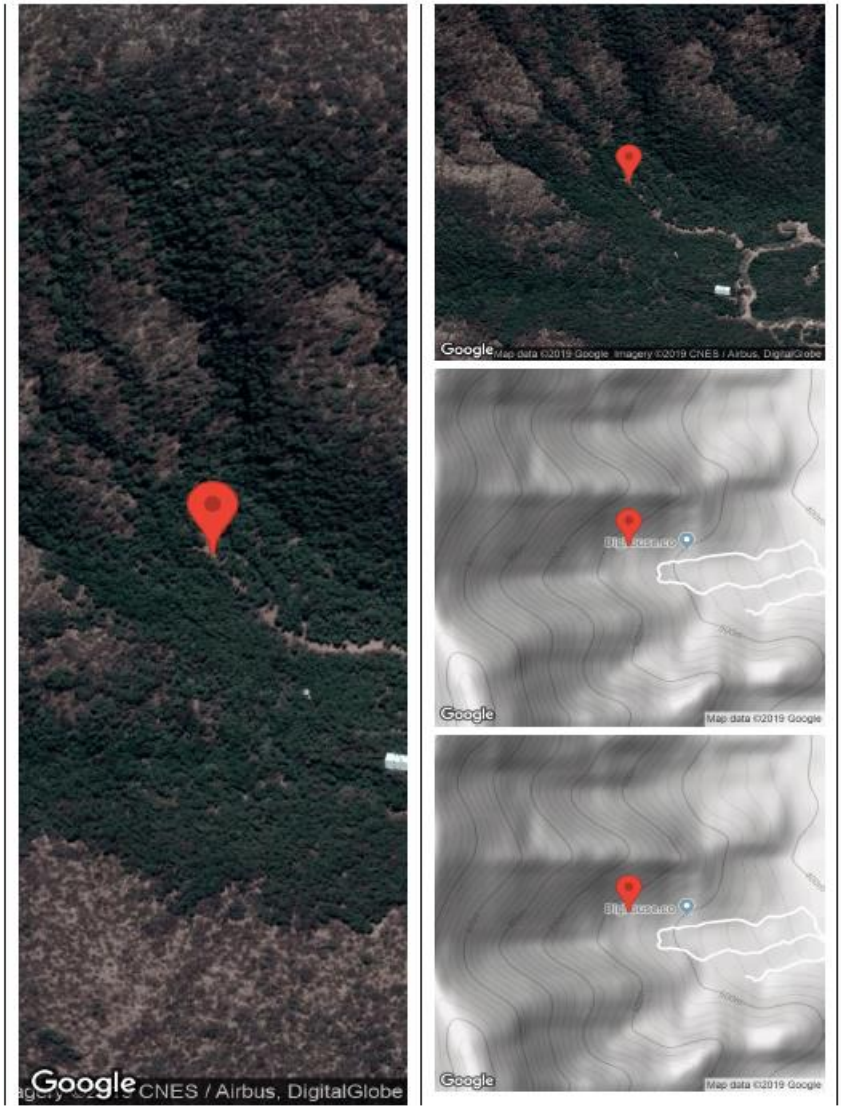


Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Paine#/media/Archivo:Comuna_de_Paine.svg

Figura 1-3. Localización de la edificación en región metropolitana.

El diseño de sistema de climatización y obtención de agua caliente sanitaria debe ser lo más eficiente posible, el cual debe tener un total control y visualización de la temperatura ambiente obtenida y la presión que tenga el caudal de agua, que a su vez sea lo menos agresiva visualmente.

Las condiciones de diseño están limitadas al lugar donde se encuentra la vivienda, ya que esta se encuentra en la ladera umbría de un cerro, en un sector con abundante vegetación nativa de hoja perenne y piedras (Figura 1-4).



Fuente: Google Earth.

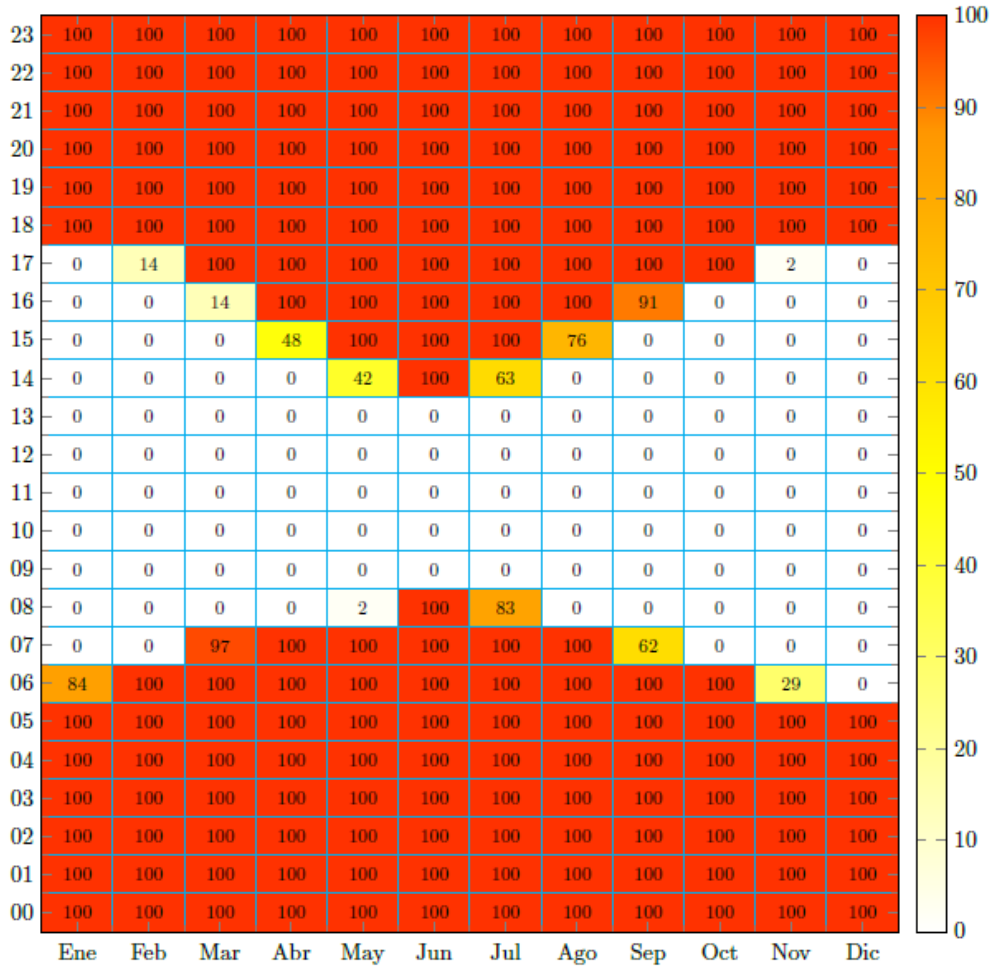
Figura 1-4. Vista área de la ubicación del sitio.

1.2.1. Definición del problema.

El propietario de la residencia necesita un sistema de climatización y agua sanitaria caliente de la forma más eficiente posible, ya que la ubicación de la casa la mayor parte del día posee nula radiación solar, lo que en combinación con la vegetación que la rodea produce un microclima helado (frío) durante la mayor parte del día, tanto en invierno como en verano.

La figura 1-5 detalla la cantidad de sombra en el sector, donde los ejes verticales corresponden a las horas del día y en el eje horizontal los meses del año. La tabla muestra el porcentaje de sombra que hay en determinada hora del año y mes. Por ejemplo, se considera el mes más favorable a la hora (al momento) de recibir sol será el mes de enero y diciembre, donde desde las 07:00 hasta las 17:00 hrs aproximadamente no se produce sombra en el sector por lo que la temperatura se eleva, en cambio en el mes más desfavorable a la hora de recibir sol que es en Junio, solo recibe sol desde las 09:00 hrs hasta las 14:00 hrs aproximadamente, por lo que al tener poca (escaza) radiación solar en combinación con el microclima de humedad en el sector hace que las temperatura desciendan durante todo el día.

Las temperaturas en el verano no son muy elevadas, llegan hasta los 30°C en promedio durante el día en los meses con mayor presencia de sol, disminuyendo en forma abrupta al momento de anochecer, llegando hasta los 10°C. En invierno las temperaturas no superan los 16°C durante el día, y en la noche las condiciones térmicas del exterior son cercanas a los 5°C.



Fuente: Consultado el 16 de agosto de 2019 en sitio web http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/

Figura 1-5. Porcentaje de hora de sombra durante cada mes.

Al encontrarse en un ambiente natural, y que a la vez requiere cuidar el medio ambiente, la tecnología a usar debe causar nulo impacto ambiental, tratando de reducir en forma considerable tanto el impacto visual como el auditivo del sistema a implementar.

Lo anteriormente mencionado, se requiere una instalación del sistema simple de monitorear y con todas las facilidades posibles para la mantención o alguna modificación a futuro, sin entorpecer el funcionamiento normal en todo momento del sistema, de acuerdo a la arquitectura de la edificación (Figura 1-6).

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD.

Figura 1-6. Planta de arquitectura de la casa.

1.2.2. Importancia de resolver el problema.

La necesidad de una correcta climatización de un hogar, y a su vez la problemática de la eficiencia energética que ha surgido en el último tiempo plantea la necesidad de contar con sistema de clima eficiente, el cual sea aprovechado en su totalidad al menor coste de energía posible.

Para lograr un sistema de climatización eficiente, existen aspectos importantes para tener presente cuando se trata de casas, partiendo por la identificación de los espacios destinados a

cada actividad diaria y la cantidad de personas reunidas en un mismo punto. Además de los aparatos electrónicos y otros a utilizarse comúnmente en cada espacio, ya que normalmente los aparatos electrónicos y los implementos utilizados en la cocina, en conjunto generan una carga térmica importante en los hogares. Todo esto afecta en forma directa al confort térmico que pueda sentir cada persona en cada sector del recinto.

Todas estas situaciones generan una deficiente calidad de temperatura, es decir, no existe un adecuado confort térmico, que según las normas internacionales (ISO77 1994; ASHRAE55, 1992) se define como: "*Aquella condición de la mente que proporciona satisfacción con el ambiente térmico*" (Fanger,1973). Dicha situación se traduce en una disminución de la calidad de sueño, de descanso y en algunos casos para personas con problemas de salud resulta peligroso.

Chile se conoce por ser un país de variados climas, a modo de ejemplo el mejor caso es la zona central del país, donde las temperaturas oscilan ampliamente entre el día y la noche, tanto en invierno como en verano. Sumado a los cambios del clima global en que están desapareciendo las estaciones de transición primavera y otoño, por lo que cada vez es más necesario contar en los hogares con un sistema de climatización eficiente, pero eso no es todo, sino que además es conocido el problema energético que se vive hoy en día y la importancia que las personas le dan día a día, y más aún cuando les afecta directamente en el pago de sus cuentas.

En este caso concreto, la vivienda se encuentra ubicada en un sector donde la iluminación y calefacción del sol la mayor parte del día es escaza, solo tiene alrededor de 4 horas de sol directo, y al ser un sector ecológico se encuentra rodeado de flora, por lo que en combinación aumenta sus índices de humedad y disminuye notablemente la temperatura de todo el lugar.

Las personas al estar expuestos por un tiempo prolongado al frio se suele provocar problemas de salud, como los indicados a continuación:

- **El riesgo de infarto aumenta el 20%**

Uno de los efectos del frío en la salud es el aumento de las probabilidades de sufrir un infarto de miocardio. Esto se debe a que el organismo contrae los vasos sanguíneos para conservar más el calor (vasoconstricción), aumentando así el riesgo de obstrucción y aumentando también las probabilidades que esta obstrucción derive en un paro cardíaco.

Este porcentaje es mayor en aquellas personas que sufren algún tipo de enfermedad crónico-degenerativa, obesidad, fumadores y en personas mayores de 50 años.

- **Hipotermia**

La hipotermia se produce cuando la temperatura del cuerpo es inferior a 35ºC. Los síntomas más tempraneros de la hipotermia es la contracción de manos y pies, los escalofríos, piel de gallina, aumento de la frecuencia respiratoria y cardíaca. Los síntomas más graves están relacionados con la dificultad para moverse, la somnolencia, confusión mental… que finalmente derivan en el fallo de los órganos vitales y posteriormente en la muerte.

- **Aumento de enfermedades**

Otro de los efectos del frío en la salud es el aumento de enfermedades, que está determinado por la disminución de las defensas del sistema inmunológico. El frío debilita las defensas del sistema inmunológico, con lo que las posibilidades que un virus nos afecte aumentan en forma considerable, es por eso por lo que durante el invierno se presentan bastantes casos de gripe.

- **Depresión estacional**

Existen personas a las cuales el frío les afecta en forma negativa en su salud mental. Debido a que el frio puede desembocar en falta de motivación, perdida de interés y lo más preocupante, un aislamiento social, que al producirse en los hogares provoca más preocupación.

1.3. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

La forma de darle solución a este problema es el diseño e implementación de un sistema de climatización para el recinto, teniendo en consideración que se necesita un sistema que presente un correcto confort térmico para la vivienda en cualquier estación del año y a su vez obtención de agua sanitaria caliente en forma eficiente y ecológica.

1.3.1. **Requerimientos**.

Es necesario controlar los rangos de temperatura que habrá en los diferentes lugares de la casa, regulándola tanto para un ambiente frío como para uno cálido, teniendo en consideración cada espacio en particular y sus requerimientos, según el destino de ese espacio, así como lograr obtención de agua caliente acorde a las necesidades del cliente.

Todo lo mencionado debe ser producido en forma eficiente, pero a su vez obteniendo un beneficio energético alto.

1.3.2. Alternativas de solución.

1.3.2.1. Uso de Radiadores.

En esta solución se plantea usar un sistema de calefacción mediante el principio de la geotermia, calentando agua mediante bomba de calor, utilizando esta para entregar agua caliente y que también sirve para climatizar los espacios suministrando dicha agua la temperatura mediante el uso de los radiadores. Su funcionamiento es sencillo: mediante una bomba de calor se calienta el agua, y se hace circula por el interior del radiador recorriendo un circuito cerrado. Los radiadores se calientan gracias al contacto con el agua caliente e irradian ese calor en el lugar donde se encuentran ubicados, el agua al traspasar su calor se enfría, por lo que necesita retornar a la bomba de calor para volver a elevar su temperatura y hacerla recircular a través del circuito.

El control de la temperatura se logra mediante válvulas termostáticas, la cuales funcionan en forma automática al ser ajustadas, el sensor funciona mediante un fuelle lleno de gas, el gas se calienta a medida que aumenta la temperatura de la habitación produciéndose su expansión. Esto provoca el desplazamiento de un pasador situado en la carcasa de la válvula reduciendo el caudal de agua que atraviesa el radiador. La distancia que está entre el pasador y el fuelle se puede modificar haciendo girar el elemento sensor, modificándose como resultado el punto de ajuste de la temperatura de la sala.

1.3.2.2. Equipos de Aire acondicionados refrigerante con calentamiento de agua independiente.

En esta solución se implementaría el principio de aerotermia, y se considerará para el diseño el uso de los equipos de aire acondicionados más usados en los hogares, los cuales funcionan con el uso de gas refrigerante, el cual se encarga del transporte de la temperatura según el modo utilizado.

Existen diferentes tipos y modelos de aire acondicionado, están los tipos ventana, portátil, Split muro, Split piso cielo, Split cassette y Split ducto. La eficiencia energética de estos equipos varía entre algunos equipos y otros, hoy en día existen equipos de alta eficiencia, los cuales tienen un bajo consumo, pero existen equipos denominados inverter los cuales tienen un sistema diferente de funcionamiento, lo cual hace que su consumo sea muy inferior.

Para este caso se plantea el uso de Split Muros inverter, los usados comúnmente para hogares, los cuales funcionan para entregar una temperatura agradable en cualquier estación del año, además de ser de fácil instalación y manejo.

Para la obtención agua caliente se usarían bombas de calor específicamente para agua sanitaria bajo el mismo principio de aerotermia con el uso de bombas de calor.

1.3.2.3. Equipos Fan Coil.

Los equipos fan coils o, en español, ventilo convectores, son equipos agua-aire. En términos generales un Fan Coil no es más que un dispositivo formado por un intercambiador de calor o frio, que en este caso será una bomba de calor reversible, y un ventilador.

El diseño opera bajo el uso de agua como fluido intercambiador de temperatura, se implementaría con una bomba de calor reversible, la cual se encargaría de producir el confort tanto en invierno como en verano.

Para producir el agua sanitaria se implementará el uso de una bomba de calor especialmente para agua sanitaria, la cual será diseñada para funcionar de una forma tal que complemente el sistema de climatización cuando este funcione en forma de calefactor, así nunca funcionarán ambos para un mismo fin, produciendo de esta forma la eficiencia energética.

1.3.3. Solución seleccionada.

Para elegir la solución a implementar se usará un criterio de puntuación, bajo los siguientes criterios: Innovación, eficiencia, ecología, beneficio y factibilidad.

La tabla 1-1 y 1-2 muestra la puntuación a entregar en cada criterio:

Tabla 1-1. Puntuación Alternativas de Solución.

Tabla de Puntuación de Alternativas de Solución				
Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Óptimo
1	2	3	4	5

Fuente: Pauta entregada para la elaboración del proyecto.

Tabla 1-2. Ponderación de cada solución.

Característica/Alternativa	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
Innovación	5	2	4
Eficiencia	5	4	5
Ecología	5	3	5
Beneficio	4	4	4
Factibilidad	2	4	5
Puntuación total	21	17	23

Fuente: Elaboración propia en Excel.

La alternativa seleccionada es la 3, la cual trata de equipos Fan Coil con una bomba de calor independiente para el ACS. Destacó en todos los ámbitos, así como la alternativa 1, la cual opera en base de un sistema geotérmico, la diferencia radicó en la factibilidad, en donde ampliamente ganó la aerotermia, ya que las condiciones la hacen totalmente apropiada.

1.3.4. Valora agregado.

El sistema por implementar es la forma más eficiente y ecológica de producir una regulación de temperatura durante todo el año, tanto para la climatización como para el agua caliente. Es un sistema totalmente ecológico y con una reducción de CO2 muy baja.

También como beneficio a este sistema y a su uso mediante fluidos, que en esta ocasión es agua, esta será un agua procesada para eliminación de residuos, ya que el hogar cuenta con un sistema Tohá.

El sistema Tohá consiste en el tratamiento de aguas residuales, también es conocido como lombrifiltro, corresponde a un filtro percolador compuesto de diferentes estratos filtrantes y lombrices. El agua residual percola a través de los diferentes lechos filtrantes, quedando retenida la materia orgánica la que posteriormente es consumida por las lombrices.

La combinación de este sistema de obtención de agua produce un consumo mucho menor, procesando y reutilizando el agua la mayor parte del tiempo, lo que se traduce en un continuo ahorro de agua. Para la climatización no hay problema alguno con este tipo de agua, pero en el tema de agua caliente sanitaria, se debe tener especial cuidado. El sistema por utilizar debe incluir un sistema de esterilización del agua elevando la temperatura de esta para eliminar cualquier bacteria.

1.3.5. Objetivos del Proyecto.

1.3.5.1. Objetivo General.

Diseñar Un sistema ecológico y eficiente de climatización y obtención de agua sanitaria

temperada.

1.3.5.2. Objetivo específico.

- Analizar el sistema más eficiente para lograr un confort térmico en el hogar.
- Utilizar energías amigables con el medio ambiente.
- Obtener agua caliente sanitaria para el uso humano.
- Análisis de costos.

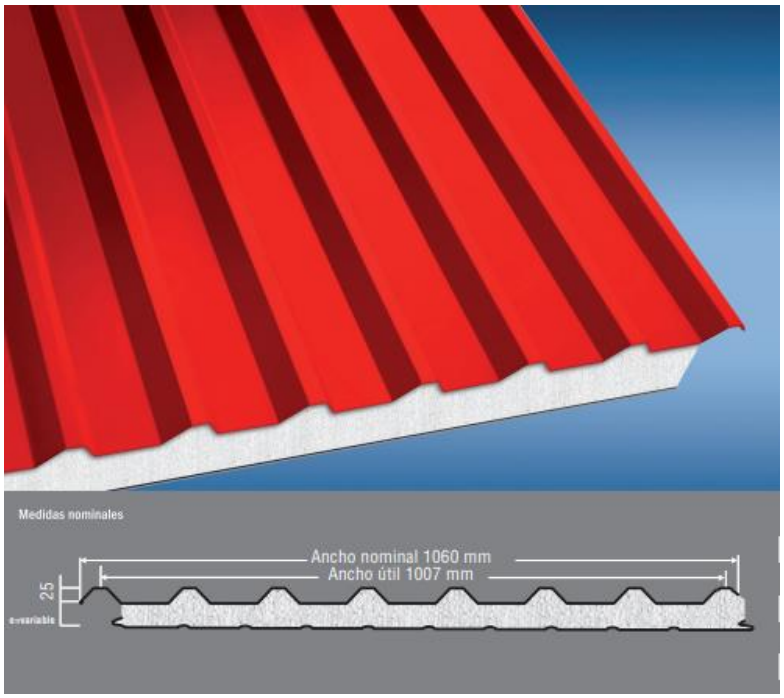
CAPÍTULO 2: CÁLCULO, DISEÑO Y ELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA

2. CÁLCULO, DISEÑO Y ELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA.

2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

2.1.1. Característica térmica de paredes exteriores y techo.

La totalidad de las paredes externas, así como el techo de la edificación son de panel aislado de acero estructural con núcleo aislante de poliestireno expandido (Figura 2-1), en cual presenta una gran resistencia a la humedad, corrosión y medio ambiente.



Fuente: https://villalba.cl/wp-content/uploads/2017/10/FRIGOPROOF-825.pdf

Figura 2-1. Material usado en construcción de la casa.

Este tipo de material se usa en la construcción de frigoríficos, por lo que se caracteriza por ser un aislador térmico de gran calidad. En la tabla 2-1 se expone las propiedades del material aislante, en el cual se considera el poliestireno expandido con densidad 20 Kg/m³. La resistencia térmica de paneles de poliestireno extendido se calcula según NCH 853.

Tabla 2-1. Tabla propiedades de paneles.

Tabla Propiedades			
ESPESOR AISLANTE (MM)	RESISTENCIA TÉRMICA [m2K/W]	TRANSMITANCIA TERMICA (K) [W/m2K]	PESO [Kg/m2]
50	1,555	0,643	9,54
75	2,137	0,468	10,04
100	2,874	0,348	10,54
120	3,247	0,308	10,94
150	4,202	0,238	11,54
200	5,525	0,181	12,54

Fuente: https://villalba.cl/wp-content/uploads/2017/10/FRIGOPROOF-825.pdf

Los paneles empleados en la construcción tienen un espesor de aislante de 100 mm, tanto para las paredes como para el techo, lo cual según la tabla 2-1 presenta dos características a tener presente acerca de la capacidad de aislar la temperatura: la resistencia térmica y transmitancia térmica.

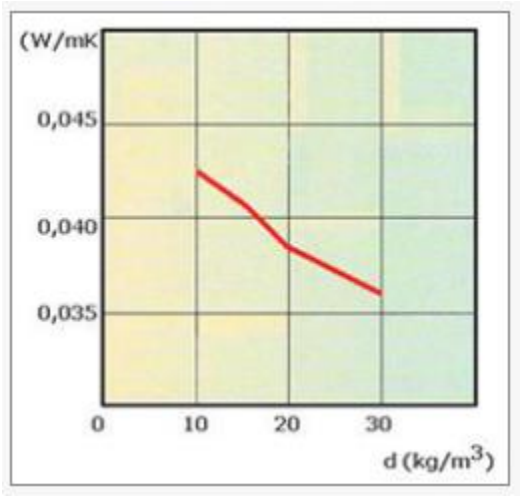
- Conductividad térmica [K]: es el tiempo que emplea el flujo de calor en estado estable al atravesar una unidad de área de un material homogéneo inducido por una unidad de variación de temperatura en una dirección perpendicular a esa unidad de área, W/m*K.

  Ecuación (2-1)

$$K = q\frac{L}{\Delta T}\,[\mathrm{W/m} * \mathrm{K}]$$

  En donde: L es el grosor del material (m), T es la temperatura (K) y q la velocidad de flujo de calor (W/m^2).

  La conductividad térmica está en función de la densidad del material aislante, en este caso está es de 20 Kg/m^3, basando en NCH 853, para el poliestireno expandido presenta las siguientes características:



Fuente: NCH 853.

Figura 2-2. Conductividad térmica en función de la densidad.

Tabla 2-2. Tabla conductividad poliestirenos expandido.

Λ [W/m*K]	Kg/m³
0,0425	10
0,0413	15
0,0347	20
0,0373	25
0,0361	30

Fuente: Elaboración propia a partir de densidad de fabricación.

En su definición, en general todos los materiales son aislantes térmicos, el uso más apropiado y el que adoptan normas internacionales son aislantes térmicos específicos, los cuales son los que se utilizan en estos casos, estos tienen como características poseer una conductividad térmica menor a 0,08 [W/ m*K], lo cual cumple con el material utilizado.

- Resistencia térmica [R]: La resistencia térmica es la diferencia de temperatura en estado estable entre dos superficies definidas de un material o construcción que induce una unidad de velocidad de flujo de calor al atravesar una unidad de área, m²*K/W. El valor de esta resistencia se obtiene dividiendo el grosor entre la conductividad térmica del material de aislación. Según esta definición y la ecuación 2-1, se puede obtener, la ecuación 2-2.

Ecuación (2-2).

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{L}{k} \ [\frac{m^2 * K}{W}]$$

La ecuación 2-2 muestra que el valor de la resistencia térmica puede obtenerse dividiendo el grosor entre la conductividad térmica del material.
Analizando los datos de este caso en particular se obtiene:

$$R = \frac{L}{k} = \frac{0{,}1[m]}{0{,}0347 \ [\frac{W}{m * K}]} = 2{,}88 \ [\frac{m^2 * K}{W}]$$

El valor obtenido se aproxima bastante al presentado en la tabla 2-1.

- Transmitancia térmica [U]: también llamada conductancia térmica, es el tiempo que emplea el flujo de calor en estado estable a atravesar una unidad de área de un material o construcción inducido por una unidad de diferencia de temperatura entre la superficie del cuerpo en W/ m²*K. El valor de la transmitancia, es el reciproco del valor de la resistencia y puede ser expresado de la siguiente manera:

Ecuación (2-3).

$$U = \frac{q}{\Delta T} = \frac{1}{R} = \frac{k}{L}$$

Al aplicarle a la ecuación 2-3 los datos de este caso se obtienen:

$$U = \frac{k}{L} = \frac{0{,}0347\ [\frac{W}{m * K}]}{0{,}1[m]} = 0{,}347\ [\frac{W}{m^2 * K}]$$

De la misma forma que en la ecuación 2-2 se ratifican los valores obtenidos con los datos entregados por el fabricante.

Todas las murallas interiores serán forradas con paneles de volcanita de 12,5 mm de espesor.

2.1.2. Característica de material del piso.

Todo el piso de la vivienda se encuentra con una elevación mínima de 1 m respecto al suelo, que en este caso es la tierra del cerro, por lo que no se presenta dicho factor de intercambio de temperatura y humedad que esta presenta en el terreno, más precisamente no se produce una perdida por esta situación, lo que facilita la conservación de una temperatura en el interior de la vivienda.

El piso está formado por varias capas de diferentes materiales, como revestimiento exterior posee terciado estructural de 15mm con una densidad de 535 Kg/m³, el cual posee una conductividad térmica aproximada de 0,1 [W/ m*K], lo cual no lo hace un aislante térmico especifico, pero si un buen material como capa superficial.

Como material de aislación térmica especifica se encuentra poliestireno expandido tipo 15, con una densidad de 15 kg/ m³, según la tabla 2-1 posee una conductividad térmica 0.0413[W/m*K]. Seguido de esto se encuentra nuevamente una plancha de terciado estructural de las mismas características que la exterior.

Fuente: Rukapanel.

Figura 2-3. Diseño piso de casa.

Esta es la base de todo el piso de la casa, el revestimiento interior final dependerá del fin que se dé al espacio donde se encuentre, esto se detallará en el análisis por sector del inmueble.

2.1.3. Revestimiento interior

Para ayudar a conservar la temperatura y que esta sea trabajada en forma eficiente la elección de los materiales a utilizar es un factor importante. En este caso las paredes internas serán de vulcometal con aislación térmica de poliestireno extendido tipo 15, y forradas con plancha de volcanita de 12,5 mm de espesor. Esto no influirá en el ámbito térmico, ya que cada parte de este sector será climatizado de la misma forma, por lo que no habrá un intercambio de temperatura entre un sector y otro.

Un factor a tener presente son las ventanas que estarán en cada habitación, ya que este es uno de los principales causantes de la perdida térmica que se produce en ambientes climatizados. Para los ventanales que dan acceso al exterior, se empleará lo que comúnmente se llama termopanel, el cual es un conjunto de dos vidrios con una cámara de aire hermético entre los

vidrios, además de contar con un perfil separados de contorno doblemente sellado al que se le incorporan sales higroscópicas. Su denominación comercial y normativa es DVH, doble vidrio hermético.

Fuente: http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/39691-2.pdf

Figura 2-4. Doble vidrio hermético.

Al utilizar este tipo de ventanal se asegura una correcta aislación del interior con el exterior, tanto en temperatura, humedad y radiación UV.

Para el resto de ventanas se usarán del tipo normales con marco de aluminio, ya que al ser de una menor dimensión no representan una perdida considerable, tanto en el baño como en el walk in closet se ocupa de este tipo.

Para el piso se utiliza el tipo flotante, el cual es un buen conductor térmico, por lo que es ideal para utilizar en un ambiente de temperatura controlada.

2.2 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN.

2.2.1. Fórmulas para cálculos de pérdida de calor.

Se emplean las siguientes ecuaciones para calcular las pérdidas de calor ya sea por pared Norte, Sur, Este, Oeste, Cielo y Piso, Ventanas, puertas, etc.,de la edificación, utilizando datos

obtenidos de las distintas tablas de la Norma Chilena para diseños de calefacción en distintas zonas del país.

Ecuación (2-4).

$$Q_{calef} = Q_{transf} + Q_{aire}\ [W]$$

Ecuación (2-5).

$$Q_{transf} = Q_{norte} + Q_{sur} + Q_{este} + Q_{oeste} + Q_{cielo} + Q_{piso}\ [W]$$

Ecuación (2-6).

$$Q_{pared} = Q_{muro} + Q_{ventana}\ [W]$$

Ecuación (2-7).

$$Q_{muro} = A_{muro} * U_{muro} * (Ta - Te)[W]$$

Ecuación (2-8).

$$Q_{ventana} = A_{ventana} * U_{ventana} * (Ta - Te)[W]$$

Donde:

Q_{calef} = Calor perdido por paredes.

Q_{aire} = Calor perdido por infiltración de aire exterior.

A_{muro} = Área del muro.

$A_{ventanas}$ = Área ventanas.

Ta = Temperatura aire interior de diseño.

Te = Temperatura aire exterior de diseño.

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

Ecuación (2-9).

$$U = \frac{1}{R_{total}} \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

R_{total} = Resistencia térmica total equivalente por la convección y conducción.

Ecuación (2-9).

$$R_{total} = R_{ci} + \sum R_k + R_{ce} \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

Ecuación (2-10).

$$R_k = \frac{L}{k} \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

L = Espesor material

k = Resistencia térmica a la conducción de material a analizar, establecida por tabla N° 2, NCH853.E0F71.

$\sum R_k$ =Sumatoria de las resistencias al flujo térmico ejercidas por los materiales que componen las paredes de la casa: Norte, Sur, Este, Oeste, cielo, piso y ventanas.

R_{ci} = Resistencia térmica a la convección en superficies interiores.

Ecuación (2-11).

$$R_{ci} = \frac{1}{h_{ci}} \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

h_{ci} = coeficiente de resistencia térmica a la convección en superficies interiores, establecida según la tabla N°3, NCH853.E0F71.

R_{ce} = Resistencia térmica a la convección en superficies externas.

Ecuación (2-12).

$$R_{ce} = \frac{1}{h_{ce}} \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

h_{ce} = coeficiente de resistencia térmica a la convección en superficies exteriores. En los casos que la pared colinde directamente con el exterior, como es en este caso, se calcula según la velocidad del viento promedio de la zona con las siguientes formulas:

Ecuación (2-13).

$$h_{ce} = 5{,}8 + 4 * v \left[\frac{W}{m^2 * K}\right], \qquad Si\ v \leq 5 \left[\frac{m}{s}\right]$$

Ecuación (2-14).

$$h_{ce} = 7{,}15 + 4 * v^{0{,}78} \left[\frac{W}{m^2 * K}\right], \qquad Si\ v > 5 \left[\frac{m}{s}\right]$$

v = Velocidad del viento según región donde se desarrolle el proyecto.

2.2.1.1. <u>Perdidas de calor por transmisión a través del piso cuando esté en contacto con la tierra.</u>

En este caso no se presenta esta pérdida de calor, ya que el piso tiene una elevación mínima de 1 [m] con respecto a la tierra, pero de igual manera se expondrá los cálculos referentes si llegara a existir contacto con la tierra por parte del piso.

Ecuación (2-15).

$$Q_{piso} = H * P * (Ta - Te) \ [W]$$

Donde:

H = Coeficiente de transferencia de calor perimetral, establecido según tabla N°10 NCH1078.c73

P = Perímetro interior del recinto en estudio que colinda con la superficie exterior del edificio.

2.2.3. Cálculo de capacidad del equipo.

Cálculos necesarios para obtener la carga necesaria transferida para un equipo de calefacción en muros, ventanas, puertas, cielo y pisos.

Ecuación (2-16).

$$Q_{equipo} = \sum U_i * A_i * \Delta T_i * (1 + S_0 + S_1) + Q_{aire} * R * H * S_2 \ [W]$$

Donde:

S_0 = Coeficiente de intermitencia en el servicio de calefacción. Se consigue según la interrupción de potencia o reducción v/s permeabilidad térmica, establecido según tabla N°6, NCH1078.c73. Este coeficiente está contemplado para paredes y pisos solamente.

Permeabilidad térmica Pm o Um:

Ecuación (2-17).

$$P_m = U_m = \frac{\sum U_i * A_i * \Delta T_i}{\sum A_i * \Delta T_i} = \frac{\sum Q_{paredes}}{\sum A_i * \Delta T_i} \ \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

A_i = Área de la pared, cielo y piso a analizar.

ΔT_i= Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del recinto.

S_1 = Coeficiente de corrección por radiación solar, se obtiene con la orientación cardinal de la pared a analizar, establecido según la tabla N°7, NCH1078.c73. Para las paredes que no den hacia la intemperie y el cielo se toma por criterio como pared sur; este coeficiente no contempla pisos.

Carga de equipo por perdida de infiltración de aire.

Ecuación (2-18).

$$Q_{aire} = m_e + C_{p\,aire} * (T_a - T_e)$$

m_e = masa de aire infiltrado

Ecuación (2-19).

$$m_e = \rho_{aire} * V_{infiltrado}$$

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

Ecuación (2-20).

$$V_{infiltrado} = V_{recinto} * N°\ RH$$

$N°\ RH$ = Numero de renovaciones de aire por hora.

$V_{recinto}$ = Volumen del recinto.

$C_{p\,aire} = 1004\ \left[\frac{J}{kgK}\right]$

T_a = Temperatura interior de diseño, establecido según tabla N°1, NCH1078.c73.

T_e = Temperatura exterior de diseño, establecido según tabla N°2, NCH1078.c73.

R = Factor característico de local, locales con ventanas y puertas normales (tabla N°9 NCH1078.c73), se obtiene a partir del valor entregado por $\frac{A_v}{A_p}$.

A_v = Superficie de ventanas exteriores.

A_p = Superficie de puertas exteriores.

H = Factor de protección del local con respecto al viento, tabla N°10, NCH1078.OF71.

s_2 = Coeficiente referido en relación a la terminación del local a analizar con respecto al viento. Este coeficiente toma el valor de 1 o 2 cuando el recinto ubicado en el vértice de casa o de 1 el resto de situaciones.

2.2.2. Desarrollo cálculos de carga de calefacción.

Primero se aplicarán los cálculos que se emplearán en general para toda la vivienda, para luego pasar a analizar la casa por sectores para un desarrollo más práctico y de fácil identificación.

Tabla 2-3. Datos materiales a utilizar en cálculos de calefacción.

Elemento	Material	Espesor [M]	Resistencia Térmica(K) $\left[\frac{W}{m*K}\right]$
Norte, Sur, Este y Oeste	Frigoprof 825		
	Núcleo Pol.	0,1	0,0347
	Volcanita	0,012	0,26
Termopanel	Doble lamina de vidrio con cámara de aire hermético.	0,018	0,1
Ventana	Lamina de vidrio.	0,01	1,2
Piso	Terciado estructural con núcleo poliestireno expandido	0,1	0,13

Fuente: : Elaboración propia con datos obtenidos de los fabricantes de los materiales mencionados.

2.2.2.1. Cálculo resistividad y conductividad térmica de Muro/Techo

Según los datos entregados por el fabricante, el material del cual está compuesto el muro y techo tiene una resistividad de 2,88 $\left[\frac{m^2*K}{W}\right]$. Según la ecuación 4-6 para obtener la resistividad total de dicho material se le debe sumar la resistencia térmica a la convección tanto como para superficies exteriores (R_{ce}) e interiores (R_{ci}) expuestas en las ecuaciones 4-9 y 4-8 respectivamente.

$$R_{ce} = \frac{1}{h_{ce}}$$

Para el cálculo del coeficiente h_{ce} se toma la velocidad del viento de $4\ \left[\frac{m}{s}\right]$

$$h_{ce} = 5{,}8 + 4 * 4 = 21{,}8\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

Por lo tanto:

$$R_{ce} = \frac{1}{21{,}8} = 0{,}0458\left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

$$R_{ci} = \frac{1}{h_{ci}}$$

Para el desarrollo del coeficiente h_{ci} se consideró el valor de 5,88 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ en referencia a la tabla N°3, NCH853.E0f71

$$R_{ci} = \frac{1}{5{,}88} = 0{,}27\left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

Los coeficientes obtenidos R_{ce} y R_{ci} son aplicables para todos los cálculos posteriores expuestos, ya que las condiciones son las mismas.

Al cálculo se debe considerar la resistividad térmica que posee la volcanita utilizada para el forraje interior del muro:

$$R_{volcanita} = \frac{L}{k} = \frac{0{,}012}{0{,}26} = 0{,}046 \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

Con los datos se obtiene que la resistencia total del muro es de:

$$R_{total} = 2{,}88 + 0{,}046 + 0{,}0458 + 0{,}17 = 3{,}136 \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

La conductividad según la ecuación 4-5 seria:

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{3{,}136} = 0{,}318 \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

2.2.2.2. Cálculo resistividad y conductividad térmica ventanas.

Para este cálculo se presentan dos tipos: termopaneles y ventanas normales.

- Termopanel:

$$R_{termopanel} = \frac{L}{k} = \frac{0{,}018}{0{,}1} = 0{,}18 \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

$$U_{termopanel} = \frac{1}{R_{termopanel} + R_{ce} + R_{ci}} = \frac{1}{0{,}18 + 0{,}0458 + 0{,}17}$$

$$= 2{,}52 \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

- Ventanas normales:

$$R_{ventana} = \frac{L}{k} = \frac{0{,}01}{1{,}2} = 0{,}0083 \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

$$U_{ventana} = \frac{1}{R_{ventana} + R_{ce} + R_{ci}} = \frac{1}{0{,}0083 + 0{,}0458 + 0{,}17}$$
$$= 4{,}46 \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

2.2.2.2. Cálculo resistividad y conductividad térmica de piso.

Al encontrarse en elevación, también la afecta las resistencias por convección, por lo que se trata como un muro más al momento del cálculo.

$$R_{piso} = \frac{L}{k} = \frac{0{,}1}{0{,}13} = 0{,}769 \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$$

$$U_{piso} = \frac{1}{R_{vpiso} + R_{ce} + R_{ci}} = \frac{1}{0{,}769 + 0{,}0458 + 0{,}17}$$
$$= 1{,}015 \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

Tabla 2-4. Tabla resumen resistencia y conductividad térmica.

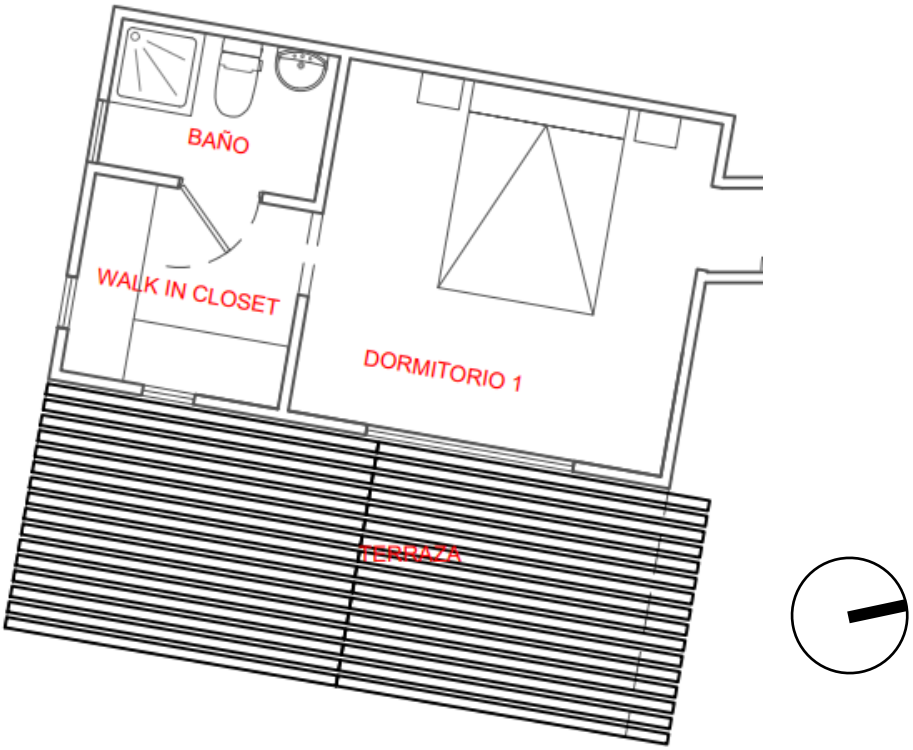
Elemento	Resistividad térmica $(R) \left[\frac{m^2 * K}{W}\right]$	Conductividad térmica (U) $\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$
Muro /Techo	3,136	0,318
Termopanel	0,18	2,52
Ventana	0,0083	4,46
Piso	0,769	1,015

Fuente: : Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos al analizar los elementos de construcción.

2.2.3. Cálculo de perdida de calor de la vivienda.

Principalmente una vivienda pierde calor de dos maneras: por radiación (se transmite entre los muros, techos y suelos) y por convección.

Para un análisis simplificado de la vivienda, se procede a analizar de manera separada diferentes lugares del recinto, segmentándolo en Zona A, B y C.



Fuente: Elaboración propia a partir de plano casa.

Figura 2-5. Análisis demostrativo de una habitación.

La cara Este presenta un ventanal del tipo termopanel y una ventana que da al walk in closet, la cara Sur posee dos ventanas, mientras que la Cara oeste y Norte no poseen un elemento que no sea el muro.

Tabla 2-5. Dimensiones elementos en casa pared sector A.

Ubicación	Elemento	Alto [m]	Ancho [m]	Espero[m]
Norte	Muro	3,5	3,6	0,1
Sur	Muro	3,5	3,6	0,1
	Ventana	1	1	0,01
Este	Muro	3,5	3,6	0,1
	Termopanel	2,1	1,3	0,1
	Ventana	1	1	0,01
Oeste	Muro	3,5	6	0,1

Fuente: Elaboración propia a partir de medidas de la casa.

- Cara Este:

Fuente: Elaboración propia Planer5D.

Figura 2-6. Representación cara Este de Sector A.

$$A_{total} = A_{ventanas} + A_{muro} = 21\ m^2$$

$$A_{ventanas} = A_{termopanel} + A_{ventana} = 1 * 1 + 2{,}1 * 1{,}3 = 3{,}73\ m^2$$

$$A_{muro} = A_{total} + A_{ventanas} = 21 - 3{,}73 = 17{,}27 m^2$$

Se calcula el flujo de calor según las ecuaciones 2-4 a 2-8. La temperatura de diseño T_a se estimará en 21°C, la cual es la ideal para una residencia en invierno, mientras que la temperatura exterior se usara la 3°C según lo establecido en la tabla N°2, NCH1078.c73. para la región metropolitana.

$$Q_{este} = Q_{pared} + Q_{ventana} + Q_{termopanel}$$

$$Q_{pared} = A_{pared} * U_{pared} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{pared} = 17{,}27 * 0{,}318 * (21 - 3) = 98{,}85\ [W]$$

$$Q_{ventana} = A_{ventana} * U_{ventana} * (T_a - T_a)$$

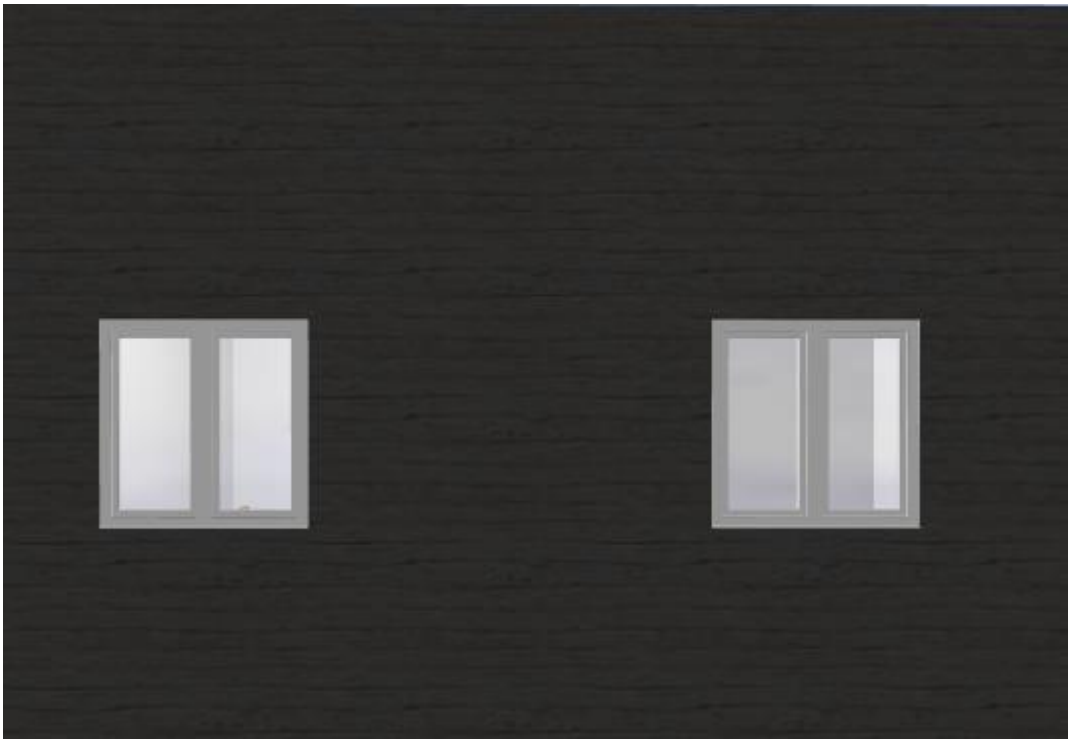
$$Q_{ventana} = 1 * 4{,}46 * (21 - 3) = 80{,}28\ [W]$$

$$Q_{termopanel} = A_{termopanel} * U_{termopanel} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{termopanel} = 2{,}73 * 2{,}52 * (21 - 3) = 123\ [W]$$

$$Q_{este} = 98{,}85 + 80{,}28 + 123 = 302{,}13\ [W]$$

- Cara Sur:



Fuente: Elaboración propia Planer5D.

Figura 2-7. Representación cara Sur de Sector A.

$$A_{total} = A_{ventanas} + A_{muro} = 12{,}6\ m^2$$

$$A_{ventanas} = \ 2m^2$$

$$A_{muro} = A_{total} + A_{ventanas} = 12{,}6 - 2 = 10{,}6\ m^2$$

Flujo de calor

$$Q_{sur} = Q_{pared} + Q_{ventana}$$

$$Q_{pared} = \ A_{pared} * U_{pared} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{pared} = \ 10{,}6 * 0{,}318 * (21 - 3) = 60{,}67\ [W]$$

$$Q_{ventana} = A_{ventana} * U_{ventana} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{ventana} = 2 * 4{,}46 * (21 - 3) = 160{,}56\ [W]$$

$$Q_{sur} = 60{,}67 + 160{,}56 = 221{,}23\ [W]$$

- Cara Oeste:

  Está compuesta solo por muro, por lo que resulta:

$$A_{total} = A_{muro} = 21\ m^2$$

Flujo de calor

$$Q_{oeste} = Q_{pared}$$

$$Q_{pared} = A_{pared} * U_{pared} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{pared} = 21 * 0{,}318 * (21 - 3) = 60{,}67\ [W]$$

$$Q_{oeste} = 120{,}2[W]$$

- Cara Norte:

  Está compuesta solo por muro, pero al área se le agrega 8,54 m² que corresponde al pasillo que lo une con el sector B, por lo que resulta:

$$A_{total} = A_{muro} = 21{,}14\ m^2$$

Flujo de calor

$$Q_{norte} = Q_{pared}$$

$$Q_{pared} = A_{pared} * U_{pared} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{pared} = Q_{norte} = 21{,}14 * 0{,}318 * (21 - 3) = 121[W]$$

- Piso:

$$A_{piso} = 20{,}55\ m^2$$

Flujo de calor

$$Q_{piso} = A_{piso} * U_{piso} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{piso} = 20{,}55 * 1{,}105 * (21 - 3) = 408{,}73\ [W]$$

- Techo:

$$A_{techo} = 20{,}55\ m^2$$

Flujo de calor

$$Q_{techo} = A_{techo} * U_{techo} * (T_a - T_a)$$

$$Q_{techo} = 20{,}55 * 0{,}318 * (21 - 3) = 117{,}62\ [W]$$

La pérdida de calor total del sector A es:

$$Q_A = Q_{norte} + Q_{sur} + Q_{este} + Q_{oeste} + Q_{piso} + Q_{techo}$$

$$Q_A = 302{,}13 + 221{,}23 + 120{,}2 + 121 + 408{,}73 + 117{,}62 = 1290{,}91\ W$$

2.2.4. Perdida por infiltración de aire.

$$Q_{aire} = m_e + C_{p\,aire} * (T_a - T_e)$$

$$m_e = \rho_{aire} * V_{infiltrado}$$

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

$$V_{infiltrado} = V_{recinto} * N°\ RH$$

Para efectos prácticos el número de renovación de aire por hora se estimará en 2 para en general de la casa.

$$V_{recinto} = 71{,}925\ m^3$$

$$V_{infiltrado} = 71{,}925 * 2 = 143{,}85\ \left[\frac{m^3}{h}\right] = 0{,}039\ \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

$$m_e = 1{,}2 * 0{,}039 = 0{,}0468\ \left[\frac{kg}{s}\right]$$

$$C_{p\ aire} = 1004\ \left[\frac{J}{kg * K}\right]$$

$$Q_{aire} = 0{,}0468 + 1004 * (18 - 3) = 704{,}808\ [W]$$

2.2.5. Cálculo de capacidad del equipo.

$$Q_{equipo} = \sum U_i * A_i * \Delta T_i * (1 + S_0 + S_1) + Q_{aire} * R * H * S_2\ \ [W]$$

Cálculo suplemento S_0

$$P_m = U_m = \frac{\sum U_i * A_i * \Delta T_i}{\sum A_i * \Delta T_i} = \frac{\sum Q_{paredes}}{\sum A_i * \Delta T_i}\ \ \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

$$P_m = \frac{1290{,}91}{96{,}29 * 18} = 0{,}744\ \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$$

Al analizar los datos que se entrega en la tabla N°6 NCH1078.c73, y tomando en cuenta que el promedio de interrupción del servicio durante el día será de entre 9 a 12 horas diarias, y que el valor obtenido de la permeabilidad térmica es de $0{,}744\ \left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$, se obtiene como valor del suplemento S_0 = 0,15.

Cálculo suplemento S_1

El suplemento de corrección por radiación solar se obtiene según la orientación cardinal de la pared a analizar, el cual está establecido en la tabla N°7, NCH1078.c73. Para efectos de cálculo $S_1 = -0{,}05$ para la pared norte, $S_1 = 0{,}05$ para el sector sur, y para las paredes este y oeste $S_1 = 0$.

Factor característico del local R

$$\frac{A_v}{A_p} = \frac{5{,}73}{1{,}68} = 3{,}41$$

Según la tabla N°9 NCH1078.c73, el valor de R es 0,9.

Factor característico de casa "H"

Donde se ubica la casa es de vientos intensos, pero está protegida por la vegetación del lugar, además de ser una vivienda independiente, por lo que según la tabla N°10 NCH1078.c73 el valor de H = 0,68

Suplemento S_2

El valor de S_2 se le da el valor de 1, ya que el sector analizado en su totalidad es independiente porque lo que no se encuentra en ningún vértice.

Ya con los valores asignados se realizan los cálculos.

$$\sum U_i * A_i * \Delta T_i * (1 + S_0 + S_1)$$

$$Q_{norte} = 121 * (1 + 0{,}15 - 0{,}05) = 133{,}1\ [W]$$

$$Q_{sur} = 221{,}23 * (1 + 0{,}15 + 0{,}05) = 265{,}47\ [W]$$

$$Q_{este} = 302{,}13 * (1 + 0{,}15 + 0) = 347{,}44\ [W]$$

$$Q_{oeste} = 120{,}2 * (1 + 0{,}15 + 0) = 138{,}23\ [W]$$

$$Q_{piso} = 408{,}73 * (1 + 0{,}15 + 0) = 470{,}03\ [W]$$

$$Q_{techo} = 117{,}62 * (1 + 0{,}15 + 0{,}05) = 141{,}144\ [W]$$

Por lo tanto:

$$\sum U_i * A_i * \Delta T_i * (1 + S_0 + S_1) = 1495{,}41\ [W]$$

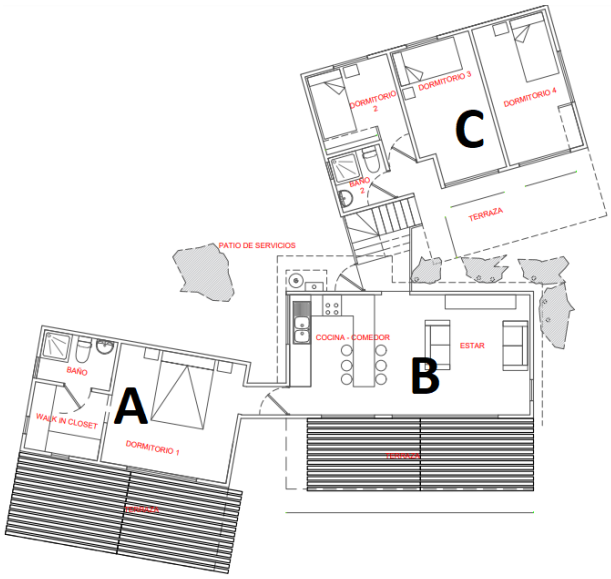
$$Q_{equipo} = 1495{,}41 + 704{,}808 * 0{,}9 * 0{,}68 * 1$$

$$Q_{equipo} = 1926{,}75\ [W]$$

$$1\ watt\ [W] = 3{,}412\ \left[\frac{BTU}{h}\right]$$

$$Q_{equipo} = 6571{,}78\ \left[\frac{BTU}{h}\right]$$

Para cada sector de la casa se realizan los mismos cálculos dividiéndose de acuerdo lo indicado en la figura 2-8.



Fuente: Elaboración propia desde plano original.

Figura 2-8. Identificación de divisiones.

Para las divisiones B y C se realiza el mismo procedimiento con los cálculos, para efectos prácticos se expondrá la tabla 2-6 con muestra de los cálculos obtenidos para toda la vivienda.

Tabla 2-6. Tabla resumen de cálculos de calefacción.

Sector	Pared	Seccion	Superficie [m²]	R [(m²*K)/W]	U [W/(m²*K)]	Q calef. [W]	∑Q calef. Total [W]	So	S1	Q*(1+So+S1)	Q equipo W	Q equipo BTU/H
A	Norte	Muro	21,14	3,14	0,32	121,34	121,34	0,15	-0,05	133,47	1927,57	6576,85
	Sur	Muro	10,60	3,14	0,32	60,84	221,48	0,15	0,05	265,78		
		Ventana	2,00	0,01	4,46	160,64						
	Este	Muro	17,27	3,14	0,32	99,13	303,60	0,15	0,00	364,32		
		Ventana	1,00	0,01	4,46	80,32						
		Termopanel	2,73	0,18	2,53	124,15						
	Oeste	Muro	21,00	3,14	0,32	120,54	120,54	0,15	0,00	144,64		
	Techo		20,55	3,14	0,32	117,95	117,95	0,15	0,05	117,95		
	Piso		20,55	0,77	1,02	408,74	408,74	0,15	0,00	470,05		
B	Norte	Muro	38,22	3,14	0,32	219,38	219,38	0,15	-0,05	219,38	2302,19	7855,08
	Sur	Muro	7,10	3,14	0,32	40,75	201,40	0,15	0,05	241,67		
		Ventana	2,00	0,01	4,46	160,64						
	Este	Muro	15,79	3,14	0,32	90,60	453,51	0,15	0,00	521,54		
		Termopanel	7,98	0,18	2,53	362,91						
	Oeste	Muro	8,90	3,14	0,32	51,08	292,05	0,15	0,00	335,86		
		Ventana	3,00	0,01	4,46	240,96						
	Techo		23,00	3,14	0,32	132,02	132,02	0,15	0,05	132,02		
	Piso		23,00	0,77	1,02	420,39	420,39	0,15	0,00	420,39		
C	Noreste	Muro	9,55	3,14	0,32	54,82	436,83	0,15	-0,05	480,51	2650,26	9042,68
		Termopanel	8,40	0,18	2,53	382,01						
	Sureste	Muro	13,00	3,14	0,32	74,62	154,94	0,15	0,05	185,93		
		Ventana	1,00	0,01	4,46	80,32						
	Suroeste	Muro	10,00	3,14	0,32	57,40	378,68	0,15	0,05	454,42		
		Ventana	4,00	0,01	4,46	321,29						
	Noroeste	Muro	12,00	3,14	0,32	68,88	229,52	0,15	-0,05	252,47		
		Ventana	2,00	0,01	4,46	160,64						
	Techo		30,30	3,14	0,32	173,92	173,92	0,15	0,05	208,70		
	Piso		30,30	0,77	1,02	553,82	553,82	0,15	0,00	636,89		
									TOTAL		**6880,02**	**23474,62**

Fuente: Elaboración propia al aplicar formulas expuestas.

Para toda la viviendo en condiciones de invierno se necesitan 23.475 $\left[\frac{BTU}{h}\right]$.

2.3. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN.

Para calcular ganancias de calor en condiciones de verano para la vivienda, se consideran los mismos coeficientes globales de transferencia térmica determinados anteriormente para la condición de invierno. A las cargas de veranos que se obtengan se le deben agregar las siguientes ganancias de calor:

- Por radiación en los vidrios de las ventanas.
- Por ocupación de personas, luces y equipos.
- Por radiación en muros soleados y a la sombra.

La temperatura interior para el diseño se calcula en 22°C según lo recomendado para temporada de verano, la temperatura exterior de cálculo será de 32°C.

2.3.1. Radiación en muros.

La fórmula que se emplea para el cálculo de radiación en muros es:

Ecuación (2-21).

$$Q = A * U * \Delta T_e \ [W]$$

En veranos se utiliza un ΔT_e, ya que interviene fuertemente la radiación solar.

Para determinar la diferencia de temperatura equivalente se considera la fórmula siguiente dada por manual Carrier:

Ecuación (2-22).

$$\Delta T_e = \alpha + \Delta T_{es} + b * \frac{R_s}{R_m} * (\Delta T_{em} - \Delta T_{es})$$

Donde:

α = corrección que es entregada por la tabla 20 A del Manual Carrier, según diferencia de T° interior y exterior, y la variación de T° exterior. En este caso se determina α con los siguientes criterios:

$T_{ext.}$ = 32°C

$T_{int.}$ = 22°C

$\Delta T°$ = 10°C

Diferencia de temperatura exterior en 24 horas es de 14°C.

α = 1,35°C (diferencia de temperatura exterior e interior)

Determinación de Rs y Rm:

Tabla 2-7. Valores para Rm y Rs.

Orientación	Rm	Rs
Norte	59	170
Este	444	447
Sur	81	38
Oeste	444	447

Fuente: Valores entregados por tabla N°15 Manual Carrier.

Los datos Rm y Rs fueron obtenidos de la tabla 15 del manual de Carrier, para la determinación de RM se considerará la máxima insolación a 30° de latitud norte en el mes de julio dependiendo de las orientaciones, y para la determinación de Rs se considerará la máxima insolación en el mes de diciembre a marzo, según latitud y orientación considerada.

Para el coeficiente de absorción B se considera lo siguiente 1, el cual es el valor para colores oscuros como es el caso de la vivienda.

ΔT_{es} = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared a la sombra.

ΔT_{em} = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared soleada.

Los valores ΔT_{es} y ΔT_{em} se obtienen de la tabla 19 del manual de Carrier a partir del peso del muro en $\left[\frac{kg}{m^2}\right]$ obtenido de la tabla 21 del manual de Carrier y según orientaciones de las paredes y a las 15:00 horas (Hora solar).

Peso estimado del muro: 105 $\left[\frac{kg}{m^2}\right]$

ΔT_{es} = 6,7 $\Delta T_{em}Norte$ = 4,4 $\Delta T_{em}Sur$ = 15,6 $\Delta T_{em}Este$= 7,2 $\Delta T_{em}Oeste$= 17,8

Los cálculos al igual que en condiciones de invierno se harán para el sector A, luego se presentará una tabla con el total de cálculos.

Cálculo ΔT_e

$$\Delta T_e\ Norte = 1{,}35 + 6{,}7 + 1 * \frac{447}{444} * (4{,}4 - 6{,}7) = 5{,}73\ °C$$

$$\Delta T_e\ Sur = 1{,}35 + 6{,}7 + 1 * \frac{447}{444} * (15{,}6 - 6{,}7) = 17{,}01\ °C$$

$$\Delta T_e\ Este = 1{,}35 + 6{,}7 + 1 * \frac{447}{444} * (7{,}2 - 6{,}7) = 8{,}55\ °C$$

$$\Delta T_e Oeste = 1{,}35 + 6{,}7 + 1 * \frac{447}{444} * (17{,}8 - 6{,}7) = 19{,}23\ °C$$

Calculo radiación de muro (Ecuación 2-21).

$$Q_{muro\ norte} = 21{,}14 * 0{,}32 * 5{,}73 = 38{,}76[W]$$

$$Q_{muro\ sur} = 10{,}6 * 0{,}32 * 17{,}01 = 57{,}69[W]$$

$$Q_{muro\ este} = 17{,}27 * 0{,}32 * 8{,}55 = 47{,}25[W]$$

$$Q_{muro\ oeste} = 21 * 0{,}32 * 19{,}23 = 129{,}23[W]$$

$$Q_{techo} = 20{,}55 * 0{,}32 * 17{,}01 = 111{,}85[W]$$

2.3.2. Cálculo radiación en ventanas.

Para determinar la radiación por las ventanas utilizaremos la siguiente formula obtenida del manual de Carrier.

$$Q = A * G_{max} * F_{al} * F_{am} \ [W]$$

Para G_{max} se considera la latitud de 30° Sur aproximadamente donde se encuentra el sector, en los meses de verano (diciembre, enero, febrero y marzo), de la tabla 6 del manual Carrier se tiene:

Tabla 2-8. Ganancias en ventanas en el mes de diciembre, valores en $\left[\frac{kcal}{h*m^2}\right]$

	Hora										
Orientación	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Norte	32	38	40	51	**57**	51	40	38	32	27	13
Sur	48	38	38	38	38	38	38	38	48	78	**89**
Este	**436**	387	265	119	38	38	38	38	32	27	12
Oeste	32	38	38	38	38	119	119	387	**436**	423	292

Fuente: Valores recopilados desde tabla 6 manual Carrier.

Tabla 2-9. Ganancias en ventanas en el mes de enero, valores en $\left[\frac{kcal}{h*m^2}\right]$

	Hora										
Orientación	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Norte	32	38	54	73	**81**	73	54	38	32	24	10
Sur	38	35	38	38	38	38	38	35	38	54	**59**
Este	**444**	393	268	119	38	38	38	35	32	24	10
Oeste	32	35	38	38	38	119	268	393	**444**	420	271

Fuente: Valores recopilados desde tabla 6 manual Carrier.

Tabla 2-10. Ganancias en ventanas en el mes de febrero, valores en $\left[\frac{kcal}{h*m^2}\right]$

	Hora										
Orientación	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Norte	35	73	127	157	**170**	157	127	73	35	21	5
Sur	29	35	35	38	**38**	38	35	35	29	21	16
Este	**447**	401	276	124	38	38	35	35	29	21	5
Oeste	29	35	35	38	38	124	276	401	**447**	398	179

Fuente: Valores recopilados desde tabla 6 manual Carrier.

Tabla 2-11. Ganancias en ventanas en el mes de marzo, valores en $\left[\frac{kcal}{h*m^2}\right]$

	Hora										
Orientación	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Norte	48	162	222	265	**284**	265	222	162	48	24	0
Sur	27	32	35	38	**38**	38	35	32	27	13	0
Este	**428**	390	279	130	38	38	35	32	27	13	0
Oeste	27	32	35	38	38	130	279	390	**428**	336	0

Fuente: Valores recopilados desde tabla 6 manual Carrier.

La tabla 2-12 expone un resumen de las ganancias totales de los meses a analizar.

Tabla 2-12. Resumen de ganancias totales de los meses analizados, valores en $\left[\frac{kcal}{h*m^2}\right]$

	Diciembre		Enero		Febrero		Marzo	
Orientación	**Gmax** kcal/(hm²)	**Hora**	**Gmax** kcal/(hm²)	**Hora**	**Gmax** kcal/(hm²)	**Hora**	**Gmax** kcal/(hm²)	**Hora**
Norte	57	12:00	81	12:00	170	12:00	**284**	12:00
Sur	**89**	18:00	59	18:00	38	12:00	38	12:00
Este	436	8:00	444	8:00	**447**	8:00	428	8:00
Oeste	444	16:00	444	16:00	**447**	16:00	428	16:00

Fuente: Valores recopilados desde tabla 6 manual Carrier.

Los valores de G_{max}, marcados de color gris en la tabla 2-12, son los mayores obtenidos en las tablas dependiendo de la orientación y meses mencionados anteriormente.

Tabla 2-13. G_{max} considerados para cálculos.

Orientación	Gmax kcal/(hm²)	Hora	Mes
Norte	**284**	12:00	Marzo
Sur	**89**	18:00	Diciembre
Este	**447**	8:00	Febrero
Oeste	**447**	16:00	Febrero

Fuente: Valores a utilizar para cálculo.

Para el factor de almacenamiento de F_{al}, y un funcionamiento cercano a las 12 horas, teniendo una temperatura interior constante y el peso de 8 (kg/m2) de la superficie del piso.

Tabla 2-14. Selección de factor F_{al}.

	Norte	**Sur**	**Este**	**Oeste**
$\boldsymbol{F_{al}}$	0,96	0,65	0,21	0,61

Fuente: Tabla 11 manual Carrier.

El factor F_{am} (factor de amortiguamiento o sombra) se obtiene de la tabla 16 del manual Carrier, dependiendo de las proyecciones del vidrio, para este caso se tiene: vidrio sencillo de 10 mm de espesor y se considera una cortina de tela de color medio, con estas características su factor de amortiguamiento es de 0,65. Para el termopanel de 18 mm de espesor se tiene un factor de 0,39.

Por lo tanto, se obtiene los siguientes valores para los cálculos posteriores:

$$Q_{ventana}$$

$$Q_{ventana\ norte} = 1 * 284 * 0{,}96 * 0{,}65 = 354{,}43\ [W]$$

$$Q_{ventana\ sur} = 1 * 89 * 0{,}65 * 0{,}65 = 37{,}6\ [W]$$

$$Q_{ventana\ este} = 1 * 447 * 0{,}21 * 0{,}65 = 61{,}91\ [W]$$

$$Q_{ventana\ oeste} = 1 * 447 * 0{,}61 * 0{,}65 = 177{,}23\ [W]$$

$$Q_{termopanel}$$

$$Q_{termopanel\ norte} = 2{,}73 * 284 * 0{,}96 * 0{,}39 = 290{,}27\ [W]$$

$$Q_{termopanel\ sur} = 2{,}73 * 89 * 0{,}65 * 0{,}39 = 61{,}59\ [W]$$

$$Q_{termopanel\ este} = 2{,}73 * 447 * 0{,}21 * 0{,}39 = 99{,}94\ [W]$$

$$Q_{termopanel\ oeste} = 2{,}73 * 447 * 0{,}61 * 0{,}39 = 290{,}27\ [W]$$

2.3.3. Ganancia producida por las personas.

De la tabla 48 del manual Carrier se logra obtener los valores que se dan en función de la temperatura ambiente y del grado de actividad, debiendo ser ambas conocidas.

Por tratarse de una vivienda, no se puede definir el uso de cada sector y las personas que estarán presentes, por lo que se tomará a modo de cálculo los siguientes valores:

Calor sensible (CS) = 71 $\left[\frac{kcal}{h}\right]$ por persona. Se considerará 2 personas por sector a modo de ejemplo.

$$Q_s = \left(CS * N°_{personas}\right)$$

$$Q_s = (71 * 2) = 142\ [W]$$

Calor latente (CL) = 42 $\left[\frac{kcal}{h}\right]$ por persona. Se considerará 2 personas por sector a modo de ejemplo.

$$Q_l = \left(CL * N°_{personas}\right)$$

$$Q_l = (42 * 2) = 84\ [W]$$

A continuación, se muestra en la tabla 2-15 se presenta los resultados de cada sector de la vivienda:

Tabla 2-15. Resultados calculo condiciones de verano.

Sector	Pared	Seccion	Superficie [m²]	R [(m²*K)/W]	U [W/(m²*K)]	Q calef. [W]	∑Q calef. Total [W]	So	S1	Q*(1+So+S1)	Qmuro		Q ganancias adicionales		Total	
											W	BTU/h	W	BTU/h	W	BTU/h
A	Norte	Muro	21,14	3,14	0,32	67,41	67,41	0,15	-0,05	74,15	1588,20	5418,93	474	1617,29	2062,20	7036,22
	Sur	Muro	10,60	3,14	0,32	33,80	123,05	0,15	0,05	147,66						
		Ventana	2,00	0,01	4,46	89,25										
	Este	Muro	17,27	3,14	0,32	55,07	168,67	0,15	0,00	202,40						
		Ventana	1,00	0,01	4,46	44,62										
		Termopanel	2,73	0,18	2,53	68,97										
	Oeste	Muro	21,00	3,14	0,32	66,96	120,54	0,15	0,00	144,64						
	Techo		20,55	3,14	0,32	65,53	117,95	0,15	0,05	117,95						
	Piso		20,55	0,77	1,02	208,67	408,74	0,15	0,00	470,05						
B	Norte	Muro	38,22	3,14	0,32	121,88	121,88	0,15	-0,05	121,88	1470,70	5018,04	601	2050,61	2071,70	7068,65
	Sur	Muro	7,10	3,14	0,32	22,64	111,89	0,15	0,05	134,26						
		Ventana	2,00	0,01	4,46	89,25										
	Este	Muro	15,79	3,14	0,32	50,33	251,95	0,15	0,00	289,74						
		Termopanel	7,98	0,18	2,53	201,62										
	Oeste	Muro	8,90	3,14	0,32	28,38	162,25	0,15	0,00	186,59						
		Ventana	3,00	0,01	4,46	133,87										
	Techo		23,00	3,14	0,32	73,34	73,34	0,15	0,05	73,34						
	Piso		23,00	0,77	1,02	233,55	233,55	0,15	0,00	233,55						
C	Noreste	Muro	9,55	3,14	0,32	30,45	242,68	0,15	-0,05	266,95	1664,07	5677,82	509	1736,71	2173,07	7414,53
		Termopanel	8,40	0,18	2,53	212,23										
	Sureste	Muro	13,00	3,14	0,32	41,45	86,08	0,15	0,05	103,29						
		Ventana	1,00	0,01	4,46	44,62										
	Suroeste	Muro	10,00	3,14	0,32	31,89	210,38	0,15	0,05	252,46						
		Ventana	4,00	0,01	4,46	178,49										
	Noroeste	Muro	12,00	3,14	0,32	38,27	127,51	0,15	-0,05	140,26						
		Ventana	2,00	0,01	4,46	89,25										
	Techo		30,30	3,14	0,32	96,62	96,62	0,15	0,05	115,94						
	Piso		30,30	0,77	1,02	307,68	307,68	0,15	0,00	353,83						
														TOTAL	6306,97	21519,40

Fuente: Elaboración propia con Excel a base de los resultados obtenidos.

El resultado obtenido da como necesario una capacidad de 23.475 BTU/h como mínimo para tener la capacidad de climatizar en condiciones de verano los diferentes sectores del hogar.

Ya con los datos obtenidos en condiciones de invierno y verano se procede a realizar la selección del equipo acorde a las necesidades. 21519

Tabla 2-16. Resumen total de resultados obtenidos.

	Sector A		Sector B		Sector C		Total		Relacion W/m² Total
	W	BTU/h	W	BTU/h	W	BTU/h	W	BTU/h	
Verano	2062,20	7036,22	2071,70	7068,65	2173,07	7414,53	6306,97	21519,40	17,21
Invierno	1108,19	3781,14	2302,19	7228,88	2650,26	9042,69	6060,64	23474,62	18,78

Fuente: Elaboración propia con Excel a base de los resultados obtenidos.

2.4. SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA.

La elección de componentes se elabora según los resultados obtenidos en los análisis y mediciones expuestos anteriormente, con los cuales se logre una eficiencia y eficacia adecuada para lograr el objetivo requerido, el cual es tener un adecuado confort térmico.

2.4.1. Equipos Fan Coil.

Para precisar que son los equipos Fan Coil de manera clara, estos son equipos del tipo agua-aire que disponen de una batería de intercambio térmico por donde circula el agua caliente o fría y de un ventilador que es el que impulsa el aire para que circule por el intercambiador produciendo así la termotransferencia. Precisan además de una unidad exterior desde la que reciben el agua refrigerada o el agua caliente que circula por las unidades de las estancias a climatizar.

Además, constan también de un filtro para eliminar las partículas contaminantes antes de expulsar el aire, y una bandeja de condensados para recoger el agua que se general al momento del intercambio térmico.

Para el control de dispositivo se utiliza un termostato para regular la temperatura deseada.

En este caso, debido a las condiciones el tipo de Fan Coil será de 2 vías que además incluye una resistencia de apoyo para momentos que se necesite aportar calor en el sector especifico cuando se esté entregado agua fría por parte de la unidad exterior. Se necesitan 3 equipos para los distintos sectores:

- Sector A: se necesita con una capacidad de refrigeración de 2062 [W] y para calefacción 1108 $[W]$.
- Sector B: se necesita con una capacidad de refrigeración de 2071 $[W]$ y para calefacción 2302 $[W]$.
- Sector C: se necesita con una capacidad de refrigeración de 2173 $[W]$ y para calefacción 2650 $[W]$.

Se revisa el catálogo de equipos disponibles en la empresa distribuidora, para escoger los equipos necesarios para cada sector (Tabla 2-17):

Tabla 2-17. Listado de equipos Fan Coil 2 vías.

Modelos	Caudal	Frío (w)		Calor		P. Est. Máx.	Consumo	Dimensiones	Peso
	(m^3/h)	Total	Sensible	(w)	(w) (**)	(Pa)	(w)	(mm)	(kg)
FCA200CT-M	340	2000	1380	3000	1450	60	51	741x241x522	15,1
FCA300CT-M	510	2700	1860	4000	1930	60	68	841x241x522	17,5
FCA400CT-M	680	3600	2480	5200	2510	60	83	941x241x522	20,7
FCA500CT-M	850	4300	2960	5700	2750	60	112	941x241x522	20,7
FCA600CT-M	1020	5000	3440	7200	3480	60	132	1161x241x522	23,5
FCA800CT-M	1360	6800	4680	9600	4640	60	151	1461x241x522	32,4
FCA1000CT-M	1700	7800	5370	10800	5220	60	214	1566x241x522	34,9
FCA1200CT-M	2040	10200	7020	13500	6520	60	258	1856x241x522	40
FCA1400CT-M	2380	11500	7920	15500	7490	60	335	2022x241x522	43,6

Fuente: Tabla obtenida desde catálogo de Anwo.

Sector A

Para este caso la elección es el modelo FCA300CT-M, el cual posee una refrigeración de 2700 [W] y calefacción de 1930 [W] para una entrada de agua a una temperatura de 45°C.

El ámbito de refrigeración se sobredimensiona debido a que el equipo de menor capacidad tiene levemente una menor potencia.

Sector B

El lugar denominado B de la vivienda se debe instalar el modelo FCA400CT-M, su capacidad de refrigeración es de 3600[W], aunque nuevamente es sobredimensionado, en este caso el problema radica en la calefacción, ya que se necesitan 2302 [W], por lo que este es el equipo mínimo que entrega esta potencia con una temperatura de agua a 45°C, la cual es 2510 [W] .

Sector B

Se utiliza el modelo FCA500CT-M, ya que siguiendo el mismo criterio de la elección del equipo para el sector B, este es el equipo mínimo para lograr la capacidad necesaria en condiciones de invierno.

2.4.2. Bomba de calor.

Para este caso se utiliza una bomba de calor reversible, la cual tiene la capacidad de funcionar como sistema de refrigeración para verano y como calefacción condiciones de invierno.

Los fabricantes entregan variados diseños, dependiendo de sus potencias y las temperaturas con la que trabajen el fluido encargado de transportar la energía.

La bomba de calor reversible seleccionada para este proyector es de la empresa fabricante AquaGreen, modelo 12i, la cual posee una capacidad de 12 kW de calefacción, y trabaja a un voltaje de 220 V, siendo más que suficiente para la necesidad inmediata, además dejando un amplio margen para futuras expansiones del sistema.

Cabe destacar que es del tipo inverter, la cual permite una eficiencia energética considerable, además de incluir la bomba de circulación. Ya que este equipo solo consume 3 kW de energía eléctrica para producir 12 kW utilizable para climatizar.

Fuente: Entregada por empresa distribuidora Anwo.

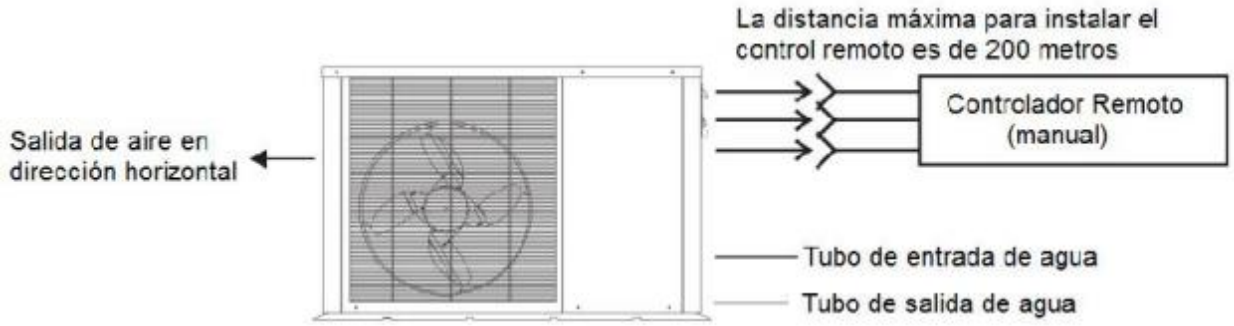
Figura 2-9. Bomba reversible a utilizar.

Este equipo se caracteriza por tener un controlador basado en microprocesador de PC, el cual ajusta los parámetros de funcionamiento de la bomba de calor. El sistema de control centralizado puede controlar varias unidades.

La bomba de calor está diseñada con un hermoso aspecto. El monobloque tiene la bomba de agua incluida, la cual es muy fácil de instalar. En tanto el tipo instalación es flexible, la unidad tiene una estructura inteligente con cuerpo compacto, se necesita solo una simple instalación al aire libre.

Su funcionamiento es silencioso, debido a que el compresor, el ventilador y la bomba de agua son alta calidad y eficiencia. Además, posee un buen índice de intercambio de calor, ya que el intercambiador de la bomba está especialmente diseñado para mejorar la eficiencia general de la unidad

La característica más importante es el gran rango que tiene de trabajo, ya que están diseñadas para funcionar bajo diferentes condiciones de trabajo, por ejemplo, en condiciones tan bajas como -15°C para la calefacción.



Fuente: Manual bomba de calor AquaGreen.

Figura 2-10. Apariencia y estructura de la bomba de calor reversible.

2.4.3. Bomba de calor para ACS.

En este ámbito en el mercado no hay mucho donde elegir, ya que aun en Chile este tipo de medio de obtención esta recién emergiendo, sin embargo, se logra obtener una buena opción acorde a las necesidades, teniendo presente que este debe adaptarse al sistema de climatización y complementarlo.

El modelo a implementar es Aquatank 270, el cual es un equipo de alta eficiencia, con una temperatura del agua ajustable, poseen un rango de temperaturas de operación bastante amplia, desde los -7°C hasta los 45°C.

Tiene una función esterilizadora que eleva la temperatura del agua a 70°C, además posee una resistencia eléctrica de apoyo de 1,5 kW.

Cuenta con una capacidad de almacenamiento de agua de 270 lt.

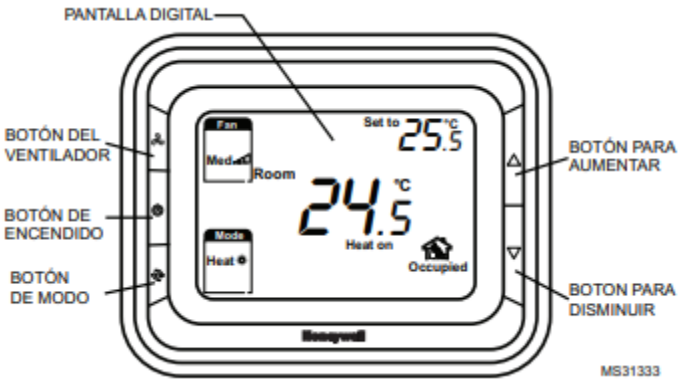
Fuente: Catálogo Anwo.

Figura 2-11. Bomba de calor Aquatank 270.

2.4.4. Termostatos Fan Coil.

El criterio principal para la elección del termostato correcto debe ser la función que cumple en el sistema, en este caso debe ser capaz de tener un control total sobre el equipo Fan Coil, además de ser digital y de fácil uso.

La elección es un termostato de la marca Honeywell, el cual posee una pantalla LCD amplia, trabajando a 220 V, y es totalmente compatible con el Fan Coil a utilizar, el cual es de 2 tubos. De manera precisa se trata del termostato de la serie T6861 de Honeywell (Figura 2-12).



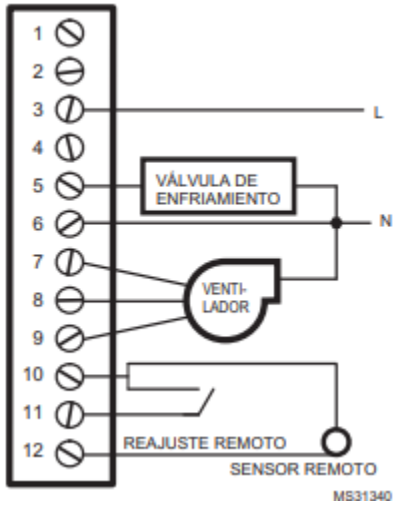
. Fuente: Información entregada por el fabricante.

Figura 2-12. Diseño de termostato a utilizar.

El termostato adquiere la temperatura ambiente por medio de su sensor integrado y mantiene el punto de ajuste mediante comandos de control de encendido/apagado a la válvula.

Algunas características de este controlador es su exactitud a la hora de medir temperatura, la cual es de +/- 1°C a 21°C. Posee un algoritmo de control PI, salida de encendido/apagado, sus rangos de ajuste son desde los 10-32°C y un rango de visualización de 0-37°C.

Posee varias formas de configurarse eléctricamente, dependiendo del tipo de Fan Coil que se utiliza, ya sea de 2 tubos o 4. También se debe tener en consideración el tipo de electroválvula a utilizar, ya que estas varían según él y las necesidades. Para efectos de análisis con respecto al tipo de conexionado se considera una válvula de 2 hilos (Figura 2-13), el resto de las características de esta se expondrán más adelante.



. Fuente: Información entregada por el fabricante.

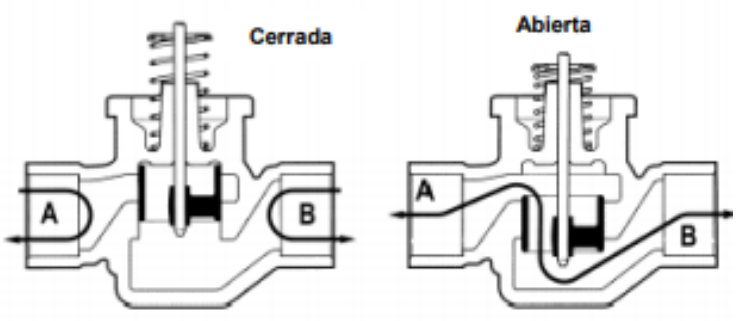
Figura 2-13. Configuración eléctrica para Fan Coil 2 tubos y válvula de 2 hilos.

2.4.5. Electroválvula.

Las válvulas son un instrumento de control esencial, ya que se encargar de abrir y cerrar los sistemas según se necesite. En el caso en estudio se utilizará una válvula motorizada Honeywell 3/4 de dos hilos, esto significa que posee un control SPST (2 cables y un común). Este modelo es VC4013. Su control es todo- nada, además posee un obturador de asiento equilibrado y un actuador eléctrico de dos posiciones con posible accionamiento manual para comprobar su funcionamiento. El desplazamiento del obturador es progresivo sinusoidal, proporcionando un funcionamiento silencioso y evitando el golpe de ariete. La duración de la carrera es de 7 segundos.

Soporta una temperatura del fluido desde 1°C hasta 95°C, tiene un voltaje de alimentación de 240 V.

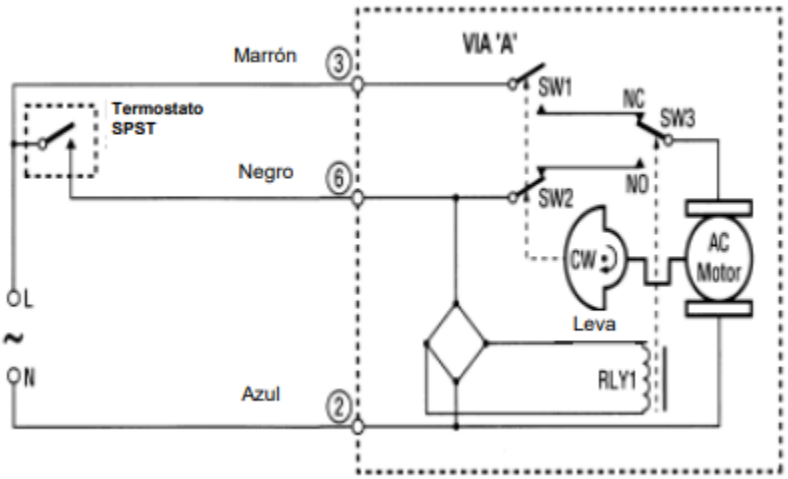
Tiene un sentido de flujo único, como se muestra en la figura 2-14.



. Fuente: Información entregada por el fabricante.

Figura 2-14. Sentido de flujo de la válvula VC4013.

Para la conexión eléctrica se debe tener presenta la información y configuración que el fabricante entrega, para evitar cualquier error y desperfecto en el funcionamiento de esta.



. Fuente: Información entregada por el fabricante.

Figura 2-15. Esquema de conexión válvula VC4013

2.4.7. Válvula Manual.

La válvula manual se empleará de forma de facilitar el mantenimiento de los equipos y en caso de tener que realizar en alguna intervención, de forma que el flujo del agua solo se verá interrumpido en el equipo a revisar, permitiendo una operación continua de todo el sistema.

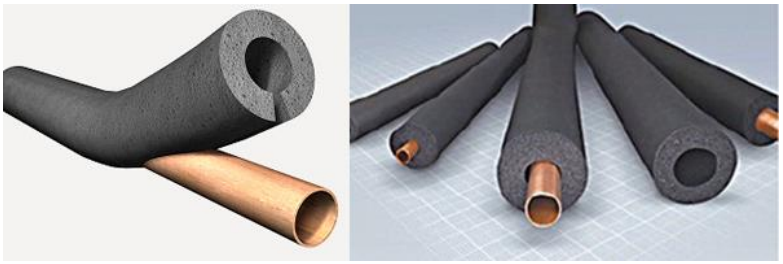
Se usa una válvula de bola de 3/4” para controlar el flujo en forma manual (Figura 2-16).

. Fuente: Válvula de bola 3/$”.

Figura 2-16. Válvula manual a utilizar.

2.4.8. Cañería.

El transporte del agua se realiza por cañería de cobre, con una medida de 3/4 “, esta además debe tener una protección térmica de 19 mm en todo su recorrido, así evitando de la mejor forma posible la perdida térmica que se pueda producir.



Fuente: https://cdnb.20m.es/un-hogar-con-mucho-oficio/files/2015/01/Blog_Reparalia_Coquina_aislante_térmico_tuberías.jpg.

Figura 2-17. Protección térmica en cañerías.

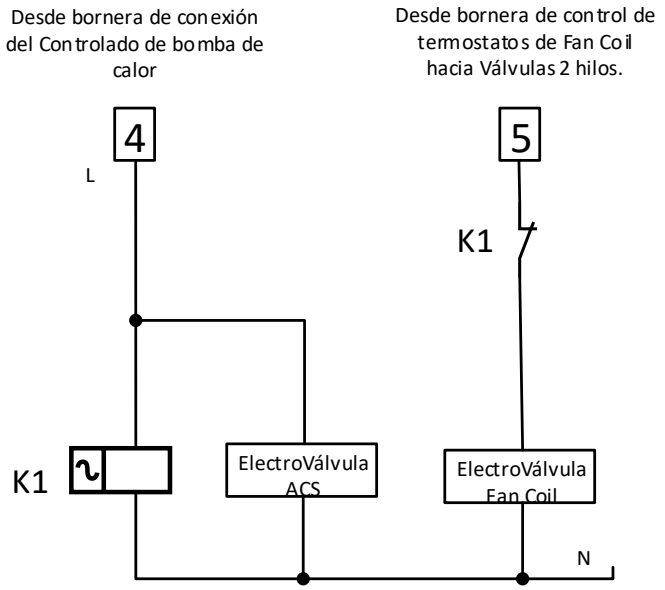
2.5. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.

Como ya se ha expuesto, lo esencial es la correcta combinación del sistema de climatización y la obtención de agua sanitaria, además de una configuración adecuada de los elementos entre sí,

para un correcto funcionamiento tanto del sistema de climatización como obtención de agua caliente.

La combinación del sistema de climatización y la generación ACS (Figura 2-18) se logra con un relé, el cual se energizará con la bornera número 4 de la bomba de calor, la cual se encarga de generar la señal de cambio a la bomba a modo calefacción, entregando agua caliente. Con esto no es necesario que la bomba de calor de ACS funcione, ya que la bomba de calor reversible se encargará de producirla. Este relé activa la válvula motorizada que conecta el agua de salida de la bomba de climatización con el servicio de ACS, deshabilitando también en forma continua la bomba de ACS hasta que el sistema de climatización interrumpa su servicio en modo calefacción.

La señal de la bomba de calor reversible también inhabilita las electroválvulas y resistencias de los Fan Coil, ya que al estar operando en modo calefacción, no es necesaria la utilización de ambos aparatos para alcanzar el confort térmico deseado en la casa en general.



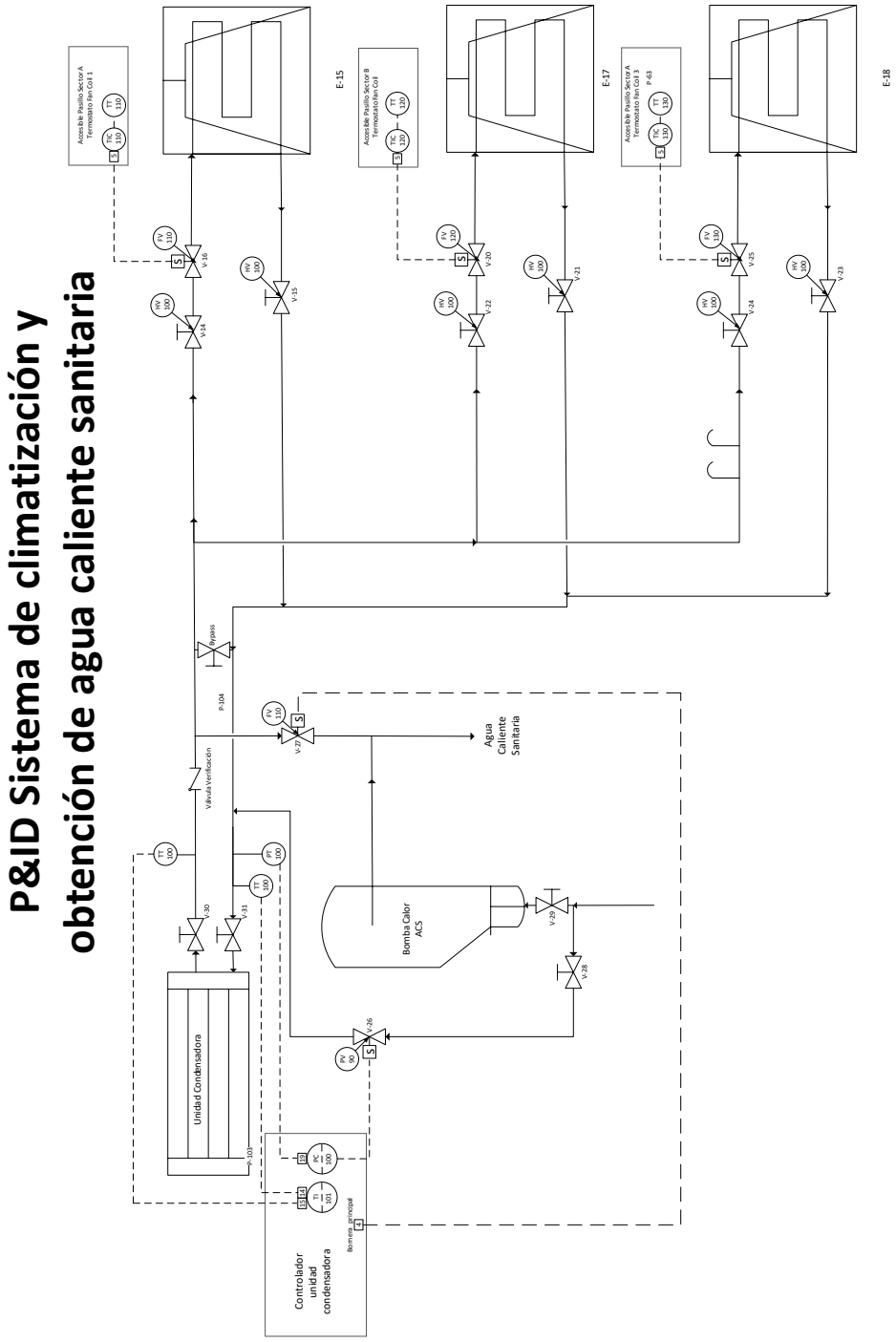
. Fuente: Elaboración propia con software Visio 2016.

Figura 2-18. Esquema simplificado de la combinación de los dos sistemas.

El circuito posee varios elementos adicionales para un correcto funcionamiento, posee sensores de temperatura y presión a las salidas y entradas de agua de la bomba de calor reversible, permitiendo un monitoreo en todo momento en el controlador, permitiendo ajustar parámetros y condiciones deseadas por el usuario.

En cada lazo del sistema se encuentra una válvula de mantenimiento permitiendo deshabilitar los equipos en todo momento para una mantención o reparación de estos sin afectar el uso de todo el sistema en general.

En la figura 2-19 se presenta el diagrama P&ID de la instalación para un mejor entendimiento y vista de los componentes que se encuentran en él, así como su vinculación y secuencia de montaje.



. Fuente: Elaboración propia con software Visio 2016.

Figura 2-19. Diagrama P&ID de sistema de climatización y obtención de ACS.

Para la distribución de los equipos y todos los sistemas se diseñó un plano con el software AutoCAD, para así entender donde se ubicará cada componente del circuito.

. Fuente : Elaboración propia con software AutoCAD.

Figura 2-20. Plano del sistema de climatización y obtención de ACS.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

3.1. PRESUPUESTO.

El presupuesto de la tabla 3-1 expone gastos de insumos y ejecución del proyecto.

Tabla 3-1. Presupuesto del proyecto.

	Item		Cantidad	Valor unitario	Valor total	Coste $	Coste UF
Insumos	Equipos Fain Coil	FCA300CT-M	1	$ 205.751	$ 205.751	$ 8.065.319	292,3
		FCA400CT-M	1	$ 234.073	$ 234.073		
		FCA500CT-M	1	$ 251.566	$ 251.566		
	Bomba de calor reversible AquaGreen 12i con controlador		1	$ 4.403.000	$ 4.403.000		
	Bomba de calor para ACS Aquatank 270 con contralador		1	$ 1.508.500	$ 1.508.500		
	Termostato Fan Coil Honeywell T6861		3	$ 48.300	$ 144.900		
	Electrovalvula Honeywell 3/4" modelo VC4013		5	$ 21.000	$ 105.000		
	Valvula de bola 3/4"		10	$ 3.500	$ 35.000		
	Cañeria de cobre 3/4" 6 mt		13,3	$ 25.560	$ 339.948		
	Proteccion termica para cañeria 3/4" 2mt		43	$ 1.520	$ 65.360		
	Contactor bobina 230 VCA		1	$ 18.131	$ 18.131		
	Perno con tuerca 5/16"x2 1/2" 10 unidades		50	$ 4.990	$ 249.500		
	Golillas planas corriente 5/16 100 unidades		5	$ 6.190	$ 30.950		
	Ducto flexible 8" 7,6 mt		12	$ 28.385	$ 340.620		
	Difusor de aire 8"		12	$ 8.560	$ 102.720		
	Rejilla de retorno		3	$ 10.100	$ 30.300		
Ejecucion proyecto	Instalacion por equipos Fan Coil		3	$350.000	$ 1.050.000	$ 3.450.000	125,03
	Instalacion bombas de calor		2	$ 450.000	$ 900.000		
	Montaje sistema de control		1	$ 600.000	$ 600.000		
	Diseño del proyecto		1	$ 400.000	$ 400.000		
	Transporte y otros		1	$ 500.000	$ 500.000		
Varios	IVA sobre ejecucion de proyecto		1	$ 655.500	$ 655.500	$ 1.807.032	65,49
	Imprevisto		1	$ 1.151.532	$ 1.151.532		
				Total		$13.322.351	482,82

Fuente: Tabla creada según valores de cotización.

La ejecución del proyecto y su coste se calcula por ítem individual y valor de instalación, ya que se contratará una empresa que instale los equipos de climatización, mientras que el sistema de control se ejecutará por parte propia.

La financiación del proyecto será mixta, ya que el cliente entregará un 60% de la cantidad total del proyecto, para luego completar el pago total al finalizar esta, por ende, se debe cubrir el total que se necesita para los insumos que será aproximadamente $1.300.000, sin agregar los gastos que se requieran en la misma ejecución del proyecto. Esta subvención restante se provee de fondos propios para la ejecución del proyecto.

3.2. EQUILIBRIO PRESUPUESTARIO.

Se contempla el ámbito de ejecución y diseño del proyecto, que es donde se obtendrá rentabilidad. En la tabla 3-2 se muestran los precios que cobra la empresa externa por la instalación de los equipos de climatización internos y externos, el cual corresponden a los egresos .

Tabla 3-2. Egresos de ejecución del proyecto.

Empresa externa	Instalacion por equipos Fan Coil	3	$150.000	$ 450.000	$ 650.000
	Instalacion bombas de calor	1	$ 200.000	$ 200.000	

Fuente: Tabla creada según valores de cotización.

Se hace un estudio de costos, para calcular la ganancia que se obtendrá de este proyecto, teniendo presente los egresos presentados en la tabla 3-2 y el precio cotizado al usuario final.

Tabla 3-3. Estudio de costos de la elaboración del proyecto.

Empresa externa (Egresos)	Instalacion por equipos Fan Coil	3	$150.000	$ 450.000	$ 850.000
	Instalacion bombas de calor	2	$ 200.000	$ 400.000	
Valores cotizados (Ingresos)	Instalacion por equipos Fan Coil	3	$ 350.000	$ 1.050.000	$ 2.950.000
	Instalacion bombas de calor	2	$ 450.000	$ 900.000	
	Montaje sistema de Control	1	$ 600.000	$ 600.000	
	Diseño del proyecto	1	$ 400.000	$ 400.000	
			Total		$ 2.100.000

Fuente: Tabla creada según valores de cotización.

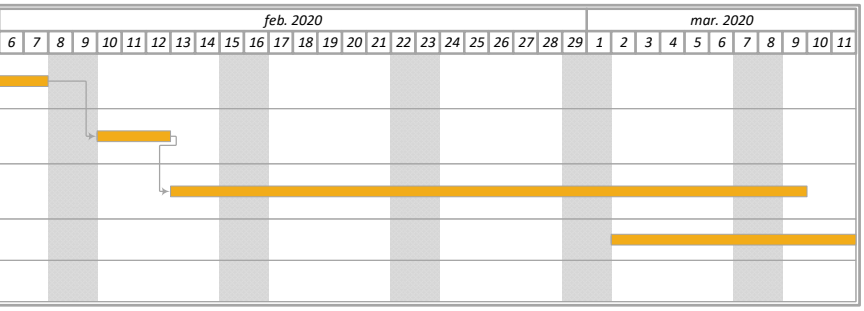
El proyecto deja una ganancia de $2.100.000, sin contabilizar los imprevistos contemplados, que corresponden al 10% del total del proyecto.

3.3. CARTA GANTT.

La planificación no afecta directamente al presupuesto, esto se debió a que no se cotiza por día de trabajo, pero si podría afectar el valor de movilización y otros, si esta sufre algún retraso.

Tabla 3-4. Carta Gantt del proyecto.

Id.	Nombre de tarea	Inicio	Finalizar	Duración
1	Transporte Equipos y materiales	06-02-2020	07-02-2020	2d
2	Montaje equipos interiores y exteriores	10-02-2020	12-02-2020	3d
3	Montaje sistema de climatización	13-02-2020	09-03-2020	18d
4	Montaje sistema de control	02-03-2020	12-03-2020	8,5d
5	Pruebas del sistema	12-03-2020	16-03-2020	2d



Fuente: Tabla creada según planificación previa con software Visio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se diseñó un sistema de climatización para una residencia, se necesita que se entregue 23.475 BTU/h para una modificación y adaptación del ambiente al interior del hogar. Este cálculo se elaboró a partir de cálculos térmicos aplicados a la estructura, en donde se separó por sector para una aplicación más fácil. Estos cálculos al lugar entregaron una carga térmica diferente dependiendo de la estación del año, para verano se obtiene una carga de 6,3 Kw, en cambio para invierno es de 6 Kw.

Esta diferencia se debe a que, en el periodo de verano, además de tener presente las ganancias solares por las paredes, se consideran ganancias adicionales tales como radiación en ventanas, radiación en muros, ganancias producidas por las personas y ganancias producidas por equipos. Las mayores pérdidas y ganancias de calor se producen a través de las ventanas, por lo que esto se reduce utilizando ventanas térmicas.

La configuración del sistema total, tanto el ACS y Climatización, se compatibilizan por electroválvulas según la actuación que se necesite dependiendo de las necesidades.

Se desarrollan planos Ass-Build, donde se detalla la ubicación más idónea para cada unidad de aire acondicionado, la distribución y diámetros de cañerías para cada equipo, distribuciones de difusores, de rejillas de recirculación de aire para cada unidad proyectada en el recinto.

En conjunto el proyecto presenta una alternativa sustentable, con un mínimo impacto ecológico y capaz de adaptarse a situaciones donde los recursos son escasos, tanto eléctricos como de terreno.