



FACULTAD de  
ARQUITECTURA  
CONSTRUCCIÓN  
y DISEÑO  
UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética

# “Evaluación Técnica y Económica del Ciclo de Vida de un Conjunto Habitacional de Viviendas Sociales Climatizadas con Energías Renovables No Convencionales, en Chillán Viejo, región de Ñuble.”

Nombre tesista:

Marzo, 2022

**Edgardo René Silva Sandoval**

**Prof Guía:** Dr. Jaime Soto Muñoz.

**Prof Co-Guía:** Mg. Reinaldo Sánchez Arriagada.



MAGÍSTER EN  
HÁBITAT SUSTENTABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

**5 Años**

Qualitas  
**PROGRAMA ACREDITADO**

Desde el 27 de diciembre de 2017  
Hasta el 27 de diciembre de 2022

SITE: Concepción. SUITE: 2010. FONO: 50500000



*Dedicada a mis hijos Renato y Luciano*

*Y a mis padres que, desde el cielo, todavía me protegen...*

## Agradecimientos

*Muchas gracias, a mi amada familia Gloria, Renato y Luciano  
y a ustedes mi querida familia extendida Mariel, Fabiola y Pascuala,  
que por su contención, cariño y apoyo no lo habría logrado.*

*Muchas gracias, Jaime por la orientación y apoyo entregado*

*Muchas gracias,  
a todas las personas de aquí y allá que hicieron posible la entrega de este documento.*

## *Abstract*

### **Resumen**

La problemática de integrar el uso de las Energía Renovables No Convencionales en la climatización de las viviendas sociales en las ciudades de Chillán y Chillán Viejo, conlleva a la búsqueda de alternativas sustentables y eficientes que puedan ser financiadas a través de subsidios que entrega el Estado a las familias más vulnerables.

Las viviendas sociales que se construyen en Chillán y Chillán Viejo con el Fondo Solidario con Elección de Vivienda requieren mejorar las envolventes térmicas con subsidios complementarios, como el Plan de Descontaminación Atmosférica. Lo que disminuye el consumo energético durante el invierno, pero que lo aumenta durante el verano, dado el clima de la zona, es decir, se ahorra energía para la calefacción y se incrementa para la refrigeración.

Actualmente, la forma tradicional de climatizar las viviendas en Chillán y Chillán Viejo es, a través, de una estufa a pellets en invierno y de equipos de aire acondicionado tipo Split en verano. Este estudio analiza la factibilidad de integrar un sistema distrital de climatización geotérmica en un conjunto de 130 viviendas sociales ubicado en ciudad de Chillán Viejo, que sea financiado con los subsidios del Fondo Solidario con Elección de Viviendas, actualmente vigentes en la zona.

Esta investigación se trabajó en etapas, partiendo con la búsqueda de un conjunto habitacional que se encuentre en proceso de postulación al Fondo Solidario con Elección de Viviendas. Luego, la vivienda tipo se modeló en el software Revit para calcular las cargas máximas de calefacción y de refrigeración requeridas durante todo un año. A continuación, se estimó el diseño de un sistema distrital de climatización geotérmico para estimar el presupuesto de inversión inicial, sus costos de mantenimiento y sus costos anuales de consumos energéticos.

Posteriormente, para hacer las comparativas y validar los resultados de la evaluación económica a valor presente, se analizó el sistema de climatización con dos alternativas de envolventes y sus respectivos requerimientos de carga térmica.

Los resultados reflejan que es factible y financiable un sistema de climatización distrital geotérmico en un proyecto de Fondo Solidario con Elección de Viviendas, ampliando los alcances de los subsidios complementarios actualmente vigentes que ofrece el Estado a las familias más vulnerables.

## **Abstract**

**Palabras claves:** *Energía Geotérmica, Bombas de Calor de Geotermia, Vivienda Social, política habitacional, programa plan de descontaminación atmosférica.*

## *Abstract*

### Abstract

The problem of integrating the use of Non-Conventional Renewable Energies in the air conditioning of social housing in the cities of Chillán and Chillán Viejo, leads to the search for sustainable and efficient alternatives that can be financed through subsidies provided by the State to the most vulnerable families.

The social housing that is built in Chillán and Chillán Viejo with the Solidarity Fund with Housing Choice, requires improving the thermal envelopes with complementary subsidies, such as the Atmospheric Decontamination Plan. This decreases energy consumption during the winter, but increases it during the summer, because of the climate of the area, that is, energy is saved for heating and increased for cooling.

Currently, the traditional way to air condition homes in Chillán and Chillán Viejo is through a pellet stove in winter and Split air conditioning equipment in summer. This study analyzes the feasibility of integrating a district geothermal air conditioning system in a set of 130 social housing located in the city of Chillán Viejo, which is financed with subsidies from the Solidarity Fund with Housing Choice, currently in force in the area.

This research was worked on in stages, starting with the search for a housing complex that is in the process of applying to the Solidarity Fund with Housing Choice. The typical dwelling was then modeled in Revit software to calculate the maximum heating and cooling loads required for an entire year. Next, the design of a district geothermal air conditioning system was estimated to estimate the initial investment budget, its maintenance costs and its annual costs of energy consumption.

Subsequently, to make the comparisons and validate the results of the economic evaluation at present value, the air conditioning system was analyzed with two alternatives of envelopes and their respective thermal load requirements.

The results reflect that a geothermal district air conditioning system is feasible and bankable in a Project of Solidarity Fund with Housing Choice, expanding the scope of the complementary subsidies currently in force offered by the State to the most vulnerable families.

**Keywords:** Geothermal Energy, Geothermal Heat Pumps, Social Housing, housing policy, atmospheric decontamination plan program.

## Índice

### Índice general

Resumen .....	v
Índice general.....	viii
Índice de tablas .....	xiii
Índice de figuras .....	xv
Estructura de la tesis .....	xviii
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Problema de investigación.....	4
1.3. Preguntas e hipótesis de investigación .....	5
1.3.1. Preguntas de Investigación.....	5
1.3.2. Hipótesis.....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Síntesis de la metodología de investigación.....	7
Capítulo 2. Marco Teórico .....	1
2.1. Sustentabilidad.....	1
2.1.1. Eficiencia Energética.....	2
2.1.2. Energías renovables no convencionales (ERNC).....	4
2.1.3. Energía Geotérmica .....	5
2.1.4. Tipos de recursos geotérmicos .....	5
2.2. Ciclo de vida de un edificio .....	6
2.3. Evaluación económica de un proyecto sustentable.....	8

## Índice

2.4. Antecedentes climatológicos .....	9
2.4.1. El clima dentro de Chile.....	9
2.4.2. Análisis de clima: Chillán .....	9
2.5. Sistemas de Climatización. ....	10
2.5.1. Proyecto “Energía Renovables para Autoconsumo” de NAMA Chile. ....	11
2.5.2. Sistema de energía distrital.....	11
2.5.3. Sistema de Climatización de Bomba de Calor Geotérmico. ....	12
2.5.4. Índice de Precios de Bombas de Calor Geotérmicas en Chile.....	14
2.6. Metodología BIM .....	16
2.6.1. BIM 6D: Eficiencia Energética .....	17
2.7. Normativa Chilena .....	17
2.8. Viabilidad técnica y económica.....	19
2.9. Financiamiento de Proyectos Habitacionales de Viviendas Sociales, a través, del Fondo Solidario con elección de Viviendas (FSEV).....	19
2.9.1. Aportes al Financiamiento considerados en el llamado al FSEV - CNT en el año 2021...	22
2.9.2. Subsidio del PDA en el año 2021. ....	23
Capítulo 3. Metodología .....	24
3.1. Enfoque .....	24
3.2. Alcance .....	24
3.3. Diseño de la Investigación.....	25
3.4. Definición del conjunto habitacional.....	25
3.5. Datos y parámetros considerados en el estudio del modelo. ....	28
3.5.1. Estación meteorológica.....	28
3.5.2. Datos Clima estación meteorológica .....	29
3.5.3. Parámetros que se utilizarán en los cálculos de la vivienda modelo.....	30

## Índice

3.5.4. Modelo energético de la vivienda tipo en Revit .....	32
3.6. Cargas de energéticas requeridas por la vivienda modelo. ....	34
3.6.1. Elementos de la envolvente de la vivienda modelo. ....	34
3.6.2. Resumen de resultados cargas de climatización para la vivienda tipo. ....	40
3.6.3. Elementos de la envolvente de la vivienda modelo con envolvente RT-zona 4. ....	41
3.6.4. Resumen de resultados cargas de climatización para la vivienda Modelo con envolvente RT-zona 4. ....	44
3.7. Diseño del sistema geotérmico distrital para climatización.....	46
3.7.1. Requerimientos del sistema de climatización .....	46
3.7.2. Sistema de generación con bomba de calor geotérmica. ....	48
3.7.3. Sistema de Emisión de la climatización dentro de la vivienda.....	53
3.7.4. Red de distribución.....	54
3.8. Elaboración de presupuesto, a través de los índices de Precios, del Ministerio de Energía. ..	58
3.8.1. Metodología de Cálculo del valor del sistema Geotérmico. ....	58
3.8.2. Presupuesto del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico, Envolvente Alternativa A, (PDA Chillán y Chillán Viejo). ....	61
3.8.3. Presupuesto del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico, envolvente Alternativa B (RT- zona 4). ....	62
3.9. Consumo de energía para Climatización. ....	63
3.10. Comparativa de Casos de Estudio y evaluación Económica. ....	66
Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica. ....	68
4.1. Presentación de casos de estudio.....	68
4.2. Presentación de los Inversionistas. ....	69
4.3. Presupuesto de la inversión inicial de los sistemas de Climatización.....	71
4.3.1. Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa A.....	71

## Índice

4.3.2. Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa B .....	72
4.3.3. Presupuesto inversión inicial Caso BASE.....	73
4.4. Costos de mantenimiento, de reemplazo y valor residual del sistema de bomba de calor.....	74
4.4.1. Costo de Mantenimiento.....	74
4.4.2. Costo de reemplazo .....	76
4.4.3. Valor Residual del Sistema de bomba de calor.....	77
4.5. Costo anual de energía para los sistemas de climatización .....	77
4.6. Variables económicas. ....	78
4.6.1. Evolución del IPC general: .....	78
4.6.2. Tasa de descuento: .....	79
4.6.3. Tasa de escalamiento: .....	79
4.7. Definición de escenarios .....	79
4.7.1. Escenario normal:.....	80
4.7.2. Escenario optimista:.....	80
4.7.3. Escenario pesimista:.....	80
4.8. Análisis económico. ....	80
4.8.1. Diagramas de flujo de caja:.....	81
4.8.2. Ciclo de costo de vida, evaluación económica: .....	82
4.8.3. Sensibilización del Total de Costos a Valor Presente.....	83
4.9. Revisión de los Resultados. ....	83
4.9.1. Resultados de los escenarios.....	85
4.9.2. Sustentabilidad económica, social y ecológica.....	85
4.9.3. Análisis del financiamiento como inversión inicial.....	86
Capítulo 5. Conclusiones.....	89
5.1. Limitaciones.....	91

## Índice

5.2. Contribuciones de la tesis .....	91
5.3. Futuras líneas de investigación.....	92
Referencias bibliográficas .....	93
ANEXO A: Resumen de índices de Precios .....	97
ANEXO B. equipos e insumos red distrital.....	100
ANEXO C – Informe Revit 2020 – Vivienda PDA.....	106
ANEXO D – Informe Revit 2020 – Vivienda RT – Zona 4.....	116
ANEXO E: GRADOS-DIAS – ciudad de Chillán – año 2021. ....	126
ANEXO F: Consumo y Gasto de ENERGÍA .....	138
ANEXO G: Comparativa Costo Total a Valor Presente .....	141
ANEXO H: Diagramas de Flujo.....	142
ANEXO I: Escenarios Normal, Optimista y Pesimista. ....	145
ANEXO J: Payback de los Escenarios. ....	148

## Índice

### Índice de tablas

Tabla 1, Características principales del clima de Chillán Viejo.....	10
Tabla 2, Requisitos de la transmitancia - Subsidio PDA .....	23
Tabla 3, Requisitos del Valor R100 – Subsidio PDA .....	23
Tabla 4, Recintos considerados en la vivienda modelo.....	32
Tabla 5, PDA - Muro Exterior zona Seca .....	35
Tabla 6, PDA - Muro Exterior zona húmeda - baño .....	36
Tabla 7, PDA - Muro zona húmeda - cocina.....	37
Tabla 8, PDA - Techo compuesto - Cielo.....	38
Tabla 9, Resumen de Resultados Revit 2020 – vivienda modelo - PDA .....	40
Tabla 10, PDA - Resumen de resultados (W/m <sup>2</sup> ),.....	41
Tabla 11, PDA - Requerimiento energético de la vivienda modelo (W) .....	41
Tabla 12, RT Zona 4 - Muros exteriores zonas secas.....	42
Tabla 13, RT Zona 4 - Muros exterior, zonas húmeda - baño ducha .....	42
Tabla 14, RT Zona 4, Muro exterior zona húmeda - cocina .....	43
Tabla 15, RT Zona 4 - techumbre - cielo .....	43
Tabla 16, RT Zona 4 - Resumen resultados de cargas térmicas.....	44
Tabla 17, RT Zona 4 - Requerimientos de cargas (W /m <sup>2</sup> ).....	45
Tabla 18, RT Zona 4 - requerimientos de las viviendas (W).....	45
Tabla 19, Requerimiento energético del conjunto habitacional.....	46
Tabla 20, estimación precio de la Red de Distribución Distrital .....	57
Tabla 21, PDA, Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico .....	62
Tabla 22, RT Zona 4 - requerimiento para diseño Calefacción.....	62
Tabla 23, RT Zona 4 - Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico .....	63

## Índice

Tabla 24, Grados Dia - refrigeración y calefacción.....	64
Tabla 25, Resumen del consumo energía para climatización .....	65
Tabla 26, Resumen del costo anual de energía para climatización.....	66
Tabla 27, Casos Estudio de Sistemas de Climatización.....	69
Tabla 28, Meses de Climatización del conjunto Habitacional .....	69
Tabla 29, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa A .....	71
Tabla 30, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa B.....	72
Tabla 31, Presupuesto inversión inicial Caso Base.....	73
Tabla 32, Índices de Mantenimiento Preventiva BC Geotérmicas .....	75
Tabla 33, Índices de Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmicas .....	75
Tabla 34, Costo anual de mantenimiento preventivo de las alternativas de climatización.....	76
Tabla 35, Resumen del costo anual de energía para climatización.....	78
Tabla 36, Resumen de la Evaluación Económica .....	82
Tabla 37, Sensibilización Total Costos Valor Presente Alternativa B .....	83
Tabla 38, Inversión Inicial de los Propietarios para el sistema de climatización .....	87

## Índice

### Índice de figuras

Figura 1, Energía Distrital .....	12
Figura 2, Configuración de una bomba de calor aerotérmica para uso doméstico en modo refrigeración .....	13
Figura 3, Índices de Precios de Bombas Geotérmicas.....	15
Figura 4, Índices de Precios, Sistemas Emisores .....	16
Figura 5, Loteo El Canelo de Ñuble, comuna de Chillán Viejo.....	26
Figura 6, Plantas de la vivienda modelo .....	27
Figura 7, Elevaciones acceso principal y patio posterior de la Vivienda modelo.....	27
Figura 8, Ubicación Estaciones Meteorológicas Revit 2020 .....	28
Figura 9, Temperaturas de Chillán utilizadas por el Revit en el modelo .....	29
Figura 10, Gráfico con las temperaturas de la estación meteorológicas.....	29
Figura 11, Parámetros de la vivienda modelo, utilizado por Revit – Single Family .....	30
Figura 12, Parámetros de ocupación utilizados en la vivienda modelo .....	31
Figura 13, uso iluminación Residential Lightning -All Day .....	31
Figura 14, Recintos del modelo energético – vivienda tipo .....	32
Figura 15, modelo energético vivienda modelo .....	33
Figura 16, corte del modelo energético.....	33
Figura 17, PDA - Elementos de la envolvente considerados en el estudio de la vivienda tipo .....	34
Figura 18, PDA - Elemento de la envolvente – Muro exterior 1.....	35
Figura 19, PDA - Elemento de la envolvente – Muro exterior ducha.....	36
Figura 20, PDA - Muro exterior S/H .....	37
Figura 21, PDA - Techumbre - cielo compuesto.....	38
Figura 22, PDA - Ventanas Vidrio doble.....	39
Figura 23, PDA - Puerta exterior – madera sólida .....	39

## Índice

Figura 24, Resumen de Construcción – Resultados entregados por Revit – Vivienda tipo .....	40
Figura 25, RT Zona 4 - ventanas con vidrios simples .....	43
Figura 26, RT Zona 4 - puertas madera hueca .....	44
Figura 27, RT Zona 4 - Resumen Cargas Térmicas .....	45
Figura 28, Sistema de generación con bomba de calor geotérmica distrital – captación cerrada.....	48
Figura 29, Bombas de Calor Geotérmicas Reversibles para Clima.....	49
Figura 30, Bombas de Calor Geotérmica Reversible para clima y ACS.....	50
Figura 31, Bomba de Calor de Frío y Calor Simultáneo.....	50
Figura 32, Bomba de Calor Geotérmica de Uso Industrial .....	50
Figura 33, Sistema de captación vertical circuito abierto .....	51
Figura 34, sistema de captación geotérmico horizontal circuito cerrado.....	52
Figura 35, Sistema de captación geotérmica vertical circuito cerrado.....	52
Figura 36, esquema de ubicación de los emisores de la climatización.....	53
Figura 37, Distribución distrital - configuración de árbol.....	54
Figura 38, Tuberías subterráneas de la Red de Distribución.....	55
Figura 39, tipología a utilizar en la Red de Distribución .....	55
Figura 40, Disposición de las tuberías de distribución en las trincheras .....	56
Figura 41, esquema de la red distrital hacia las viviendas.....	57
Figura 42, Precio de Equipos por tecnología .....	59
Figura 43, Precio de construcción del Sistema de Captación.....	59
Figura 44, Equipo e instalación del sistema de Emisión .....	60
Figura 45, Precio de Instalación de Bomba de Calor .....	60
Figura 46, Alternativa A Costo Inicial, Incidencia .....	72
Figura 47, Alternativa B Costo Inicial, Incidencia.....	73
Figura 48, Caso Base Costo Inicial, Incidencia.....	74

## Índice

Figura 49, Inflación Total Anual.....	78
Figura 51, Gráfico de la comparativa a Valor Presente .....	81
Figura 50, Comparativa a Valor Presente Alternativas de Climatización .....	84

## Estructura de la tesis

### Estructura de la tesis

Esta tesis se desarrolla en 5 capítulos, partiendo en la introducción, continuando, por el problema que me motivó a resolver este tema de la evaluación técnica y económica de la integración de energías renovables en las edificaciones de carácter social, específicamente las viviendas sociales construidas por el Fondo Solidario con Elección de Viviendas, regulado por el DS.49/2011 y sus modificaciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Los cinco capítulos que componen estas tesis son: Introducción, el Marco teórico, la Metodología, Los resultados. Evaluación Económica y finalmente las Conclusiones.

A continuación, se describe más detalladamente cada capítulo

El *capítulo 1 Introducción*, presenta el problema de investigación fundamentado en las leyes, decretos e iniciativas que regulan la construcción de viviendas sociales, la promoción del hábitat sustentable y la eficiencia energética en Chile.

En general, como se puede combinar las políticas públicas para que se puedan usar estos beneficios de la energía renovable no convencional, como lo es la geotermia en la construcción de nuevos conjuntos habitacionales del fondo solidario de elección de viviendas.

En el *capítulo 2 Marco teórico*, se presenta un análisis del clima en Chillán Viejo que combinado a la NCh 1079, se establece un marco climático que debemos satisfacer. Después se indica cómo funcionan las bombas de calor, los tipos de bombas de calor geotérmicas, para continuar con uno índices de precios establecidos por el Ministerio de Energía que nos servirán como base y referencia de costo de los sistemas geotérmicos.

Finalmente, describiremos el proyecto en estudio desde el loteo y su urbanización hasta la vivienda tipo que estudiaremos en detalle de su requerimiento térmico. Y terminará con la evaluación técnica del sistema de bomba de calor para clima y ACS para el conjunto habitacional de 130 viviendas sociales.

El *capítulo 3, Metodología*, presenta el consumo de energía requerido por la vivienda tipo, luego se calculan las cargas térmicas requeridas para climatizar la vivienda en los modelos con envolvente RT zona 4 y con envolvente PDA Chillán y Chillán Viejo.

## *Estructura de la tesis*

Para terminar con el diseño del sistema de climatización de bomba de calor geotérmico con los dos envolventes.

Para el *capítulo 4: Resultados. Evaluación Económica*, se presentan los distintos parámetros que se requieren analizar para obtener el valor el sistema distrital de climatización geotérmico conforme análisis del costo del ciclo de vida en sistemas de edificaciones, tales como, presupuesto económico, costos de mantenimiento, de reemplazo y valor residual. Costo anual de la energía. Las variables económicas, la definición de escenarios, para finalmente seguir con el análisis económico y análisis de resultados. Para terminar con una propuesta para los inversionistas beneficiarios de estos subsidios.

Finalmente, el capítulo 5, considera las conclusiones del estudio y responde las preguntas de investigación, la hipótesis, etc.

## Capítulo 1. Introducción

### Capítulo 1. Introducción

Tradicionalmente, las viviendas en Chillán se climatizan con una estufa a leña en el invierno y equipos de aire acondicionados para el verano, situación que genera un consumo permanente de energía y recursos patrimoniales de los usuarios.

En Chile existen escasos estudios técnicos económicos en que se use la energía geotérmica, de baja entalpia, como principal energía renovable no convencional (ERNC) para climatizar las viviendas unifamiliares y generación de agua caliente sanitaria (ACS), menos aún respecto de las viviendas sociales de la región de Ñuble, específicamente en la comuna de Chillán Viejo, donde actualmente existe un plan de descontaminación atmosférica (PDA) que incentiva el uso de energías no contaminantes para la calefacción.

Este plan surge de la necesidad de resolver el problema de salud pública que generaba la calefacción de las viviendas con leña en el invierno y su innegable contaminación ambiental generada.

En el Programa de Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV), regulado por el decreto supremo 49 del año 2011 y sus modificaciones, no se consideran subsidios complementarios directos destinados a financiar sistemas de climatización de las viviendas con ERNC que mejoren la sustentabilidad durante su ciclo de vida, por lo tanto, se hace necesario evaluar técnica y económicamente este tipo de sistemas y verificar si es posible generar proyectos de viviendas sociales que integren las ERNC y puedan ser financiadas directamente con los subsidios y ahorros contemplados en este programa.

En este estudio, se investiga si un sistema de climatización de viviendas en base Bombas de Calor (BC) geotérmicas distrital puede ser financiado con los subsidios complementarios de 100 UF del programa de Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de Chillán – Chillán Viejo. El sistema geotérmico puede abastecer servicios de climatización de la vivienda y de generación de Agua Caliente Sanitaria (ACS). En nuestro caso, sólo analizaremos el servicio de climatización de la vivienda en un proyecto que está siendo postulado al Fondo Solidario con Elección de Viviendas, regulado por el DS.49/2011 y sus modificaciones.

El estudio se realiza en un conjunto habitacional de 130 viviendas sociales pareadas, en una superficie de 2.8 Ha., diseñadas en estructura metálica y que cumplen con los requisitos técnicos del

## Capítulo 1. Introducción

programa del Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV), regulado por el DS.49/2011 y sus modificaciones. Asimismo, debe cumplir con los requisitos técnicos del PDA de Chillán y Chillán Viejo.

El análisis se realiza en base a evaluar energéticamente la vivienda tipo del conjunto habitacional, como vivienda modelo, considerando todos los requisitos establecidos por la normativa técnica del DS. 49/2011 y sus modificaciones, es decir, la envolvente debe cumplir con los requisitos de las acreditaciones acústicas, acreditaciones de protección contra el fuego y acreditaciones térmicas del PDA Chillán – Chillán Viejo.

Para comparar el sistema de climatización se realiza el mismo análisis, caso estudio alternativa B (Alt-B), ajustando la envolvente térmica a la zona 4 del reglamento térmico, OGUC 4.1.10, vigente en el resto de la región del Ñuble.

Estos análisis se comparan con el caso de estudio base. Sistema de climatización tradicional usado por las familias de la intercomuna de Chillan y Chillán Viejo para calefaccionar en el invierno, con estufa a pellets y para enfriar en el verano con aires acondicionados.

La comparativa de los casos de estudio se realiza, a través, del análisis del ciclo de vida del conjunto habitacional, para nuestro caso de 25 años, a valor presente, es decir, para los sistemas de climatización propuestos de deben obtener los presupuestos de inversión inicial, los costos de mantenimiento, los costos de reemplazo y de valor residual de los equipos, las anualidades del costo energético para calefacción y para refrigeración. Con estos costos y variables económicas, tales como, la tasa de descuento y la tasa escalonamiento se estima a valor presente el costo de los sistemas de climatización, casos de estudio, y puedan ser comparados.

### 1.1. Antecedentes

El Clima de Chillán Viejo, corresponde a la zona central interior y se caracteriza por ser un clima mediterráneo, con temperaturas templadas, con inviernos de 4 a 5 meses, lluvias y heladas en aumentos hacia el sur, insolación intensa en verano especialmente hacia el noreste, oscilación diaria de temperatura moderada aumentando hacia el este y viento predominante desde el suroeste (NCh

## Capítulo 1. Introducción

1079 of.77). Lo anterior genera que las viviendas requieran calefacción en invierno y enfriamiento en verano.

Actualmente, en la intercomuna de Chillán - Chillán Viejo está vigente el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de Chillán y Chillán Viejo del ministerio del Medio Ambiente que genera eficiencia energética en la climatización de las viviendas, a través, mejorar la transmitancia térmica de las envolventes de las viviendas, con permisos de obra desde el año 2018. Lo que implica un ahorro de energía en la calefacción de las viviendas durante el invierno.

El ministerio de vivienda y urbanismo, a través, de su Programa de Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV) financia la construcción de conjuntos habitacionales de viviendas sociales, en la tipología de Construcción en Nuevos Terrenos. Actualmente, este programa está regulado por el DS.49/2011 (V. y U.) y sus modificaciones. En general, está compuesto, por el ahorro de las familias: obligatorio y adicional, asimismo por los subsidios base y complementarios. En algunos casos, se agregan aportes de terceros que ayuden al grupo o comité a lograr el financiamiento requerido para la ejecución de su proyecto o algún mejoramiento de éste. Los proyectos deben cumplir con la normativa y especificaciones técnicas mínimas requeridas por el itemizado técnico para este tipo de viviendas, en la región que se postule. En el caso de las comunas que tienen Planes de Descontaminación Atmosféricas vigentes, se les debe agregar el subsidio de PDA, para el caso, de la comuna de Chillán o de la comuna de Chillán Viejo se les agrega 100UF por cada familia.

El ministerio de energía de Chile está impulsando el proyecto “Energías Renovables para Autoconsumo” de NAMA Chile, junto a la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional GIZ, y han elaborado un índice de Precios de Bombas de Calor Geotérmicas y Aerotérmicas en Chile (Fuchs & Prudencio, 2020), donde están los primeros indicadores de precios referentes al mercado de bombas de calor (Prudencio et al., 2020), considerando de manera desagregada los precios de venta, de la instalación y de la mantenimiento preventivo de las principales tecnologías de bombas de calor, además de los precios de suministro e instalación de sistemas emisores. Las tecnologías geotérmicas abordadas en el índice de precios corresponden a: bombas de calor reversible para clima; bombas de calor reversible para clima y agua caliente sanitaria (ACS) y bombas de calor de frío y calor simultaneo. Asimismo, están considerados sistemas de captación abierta y sistemas de captación cerrada horizontal y vertical. Y por último están los sistemas emisores, tales como: radiadores, suelos radiante y fancoils.

## Capítulo 1. Introducción

### 1.2. Problema de investigación

Para que la climatización de las viviendas sociales sea sustentable se debe usar la menor cantidad de energía para la operación y para el mantenimiento durante su ciclo de vida, y como la mejor energía es la que no se usa, hoy se debe hacer una inversión inicial mayor respecto de sistemas tradicionales de climatización. Se deben buscar sistemas que climaticen con la menor energía posible y mejorar las envolventes de las edificaciones.

Analizaremos los estándares de las viviendas sociales en Chile, con su financiamiento regulado por el programa de fondo solidario con elección de viviendas y otros aportes con los que se pueden financiar este tipo de proyectos.

Esta investigación pretende establecer si con el financiamiento directo del Programa de Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV), regulado por el decreto supremo 49 del año 2011 y sus modificaciones, se puede financiar un conjunto habitacional de 130 viviendas que mejora su eficiencia energética, a través, de un sistema de climatización en base a energías renovables no convencionales, tal como, un sistema distrital de bombas de calor geotérmico, en la comuna de Chillán Viejo, evaluado económicamente por el análisis de costo ciclo de vida de edificaciones.

Actualmente, existen escasos conjuntos habitacionales que integren sistemas distritales de bombas de calor geotérmicas para climatización y agua caliente sanitaria en la región o sur del país, pero se puede encontrar alguno en Temuco.

Para el proyecto de “Energías Renovables para Autoconsumo” de NAMA Chile, impulsado por el ministerio de energía, resultaría muy importante validar si con el financiamiento, actualmente vigente, para el programa de fondo solidario de elección de viviendas es factible construir proyectos que integren climatización con energías renovables no convencionales y de esta forma contribuir a mejorar el hábitat y hacerlo más sostenible.

Conforme a la política pública del Ministerio de Vivienda y Urbanismo no existen subsidios directos que aborden el financiamiento de sistemas de climatización con energía renovables no convencionales, por lo tanto, en conjunto con el Ministerio de Energía o con organismos internacionales, tales como, como la sociedad alemana de cooperación internacional se podrían establecer alianzas y considerar fondos de financiamiento para sistemas de climatización, tales como,

## Capítulo 1. Introducción

de bombas de calor geotérmicos y establecer un monto de subsidio para incorporar este tipo de sistemas en los proyectos habitacionales.

### 1.3. Preguntas e hipótesis de investigación

#### 1.3.1. Preguntas de Investigación.

PI.1. Un conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, con estándar PDA de Chillán y Chillán Viejo, que mejora su eficiencia energética (EE) para climatización de las viviendas, a través, de un sistema distrital geotérmico. ¿Puede ser financiado por los subsidios vigentes del programa fondo solidario con elección de viviendas, regulado por el decreto supremo 49 del año 2011 y sus modificaciones?

PI.2. Para la envolvente térmica de una vivienda social, del Fondo Solidario con Elección de Viviendas, de estructura metálica y estándar PDA de Chillán y Chillán Viejo ¿El gasto energético en refrigeración del verano mejora respecto de la envolvente del reglamento térmico de la zona 4, vigente actualmente en las otras comunas de la región de Ñuble?

PI.3. Para el costo a valor presente de un sistema de climatización distrital en base a bombas de calor geotérmicos analizado a través del ciclo de vida. Se puede decir que: ¿El sistema distrital de Climatización Geotérmico es una mejor inversión, más eficiente y sustentable que un sistema tradicional de calefacción para el invierno y enfriamiento para el verano?

#### 1.3.2. Hipótesis.

Conforme a las preguntas de investigación tenemos dos hipótesis que se quieren responder en esta investigación:

H1. El aporte de 100 UF del subsidio PDA es suficiente para la instalación de un sistema distrital de climatización geotérmico en el conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, en la comuna de Chillán Viejo.

H2. Para la envolvente térmica de una vivienda social, del Fondo Solidario con Elección de Viviendas, de estructura metálica y estándar PDA de Chillán y Chillán Viejo mejora el gasto

## Capítulo 1. Introducción

energético en refrigeración, del verano, respecto de la envolvente del reglamento térmico de la zona 4, vigente actualmente en las otras comunas de la región de Ñuble.

H.3. La utilización de un sistema geotérmico distrital para climatización de un conjunto de 130 viviendas sociales disminuye el uso de recurso económico durante el ciclo de vida respecto de un sistema tradicional de climatización.

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1. Objetivo general

Evaluar técnica y económicamente un sistema distrital de climatización de bomba de calor geotérmico que mejore el consumo energético anual en calefacción y en enfriamiento de un conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, en la comuna de Chillán Viejo, región de Ñuble. Que contribuya a la eficiencia energética y sustentabilidad de las viviendas y pueda ser financiada por subsidios complementarios del programa de Fondo Solidario con Elección de Viviendas, regulado por el decreto supremo 49 del año 2011 y sus modificaciones.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de esta investigación son los siguientes:

OE.1. Identificar y determinar las cargas máximas requeridas para obtener temperaturas de confort en las viviendas, especificada con envolvente PDA de Chillán y Chillán Viejo, del conjunto habitacional, a través, de la modelación de la vivienda tipo con el sistema informático Revit. Y determinar cargas energéticas máximas para la vivienda con envolvente del RT zona 4.

OE.2. Estimar el diseño de un sistema distrital de bomba de calor geotérmico que satisfaga el servicio de climatización del conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, en la comuna de Chillán Viejo, para hacer el presupuesto de inversión inicial.

OE.3. Elaborar presupuestos económicos, como inversión inicial, de los casos de estudio, de los sistemas distritales geotérmicos de climatización y del caso base para determinar la comparativa a valor presente de los casos de estudio.

## Capítulo 1. Introducción

OE.4. Determinar los costos de mantenimiento, los costos de reemplazo, los costos de vida residual y los costos de las anualidades de los consumos de energías para calefacción y para refrigeración durante la operación del ciclo de vida.

### 1.5. Síntesis de la metodología de investigación

A continuación, se describe la metodología que se utilizará para resolver cada uno de los objetivos específicos:

En primer lugar, se define el conjunto habitacional que se analizará en esta investigación, como caso real, dicho proyecto debe estar conforme a las exigencias que tienen los proyectos que se financian con el Fondo Solidario con Elección de Viviendas, regulado por el DS.49/2011 (V. y U.) y sus modificaciones, en la comuna de Chillán Viejo, él debe cumplir con la normativa técnica y con el PDA de Chillán y Chillán Viejo.

Luego, el proyecto se modelará en Revit 2020 (OE.1), considerando la transmitancia térmica de la envolvente, de los muros, de la techumbre, de las ventanas y de las puertas. No se considera el piso ventilado, por ser un piso de radier. Asimismo, se consideran las infiltraciones de aire, la ventilación y el control de las ganancias solares y aislación de los sobrecimientos.

Con los valores de los consumos energéticos obtenidos del modelo de vivienda para calefacción y refrigeración, del objetivo específico 1 (OE.1), se estimará el diseño un sistema distrital (OE.2), de bomba de calor geotérmica, conforme a las recomendaciones de los fabricantes de estos equipos y considerando las indicaciones de manual de índices y precios de bombas de calor geotérmicas y aerotérmicas de NAMA Chile.

Para elaborar el presupuesto económico (OE.3.) se considerará la metodología entregada la guía de índices de precios de bombas de calor geotérmicas y aerotérmicas en Chile elaborada por el proyecto de “Energía Renovables para Autoconsumo” de NAMA Chile patrocinada por el ministerio de energía junto a la sociedad alemana de cooperación internacional GIZ. La metodología consiste en la obtención de un presupuesto estimado del sistema, a través de sus índices, que consideran los siguientes puntos: 1. Elección del equipo de bomba de calor geotérmica en CLP/KWt; 2. Instalación del sistema, para circuitos cerrados o circuitos abiertos conforme a la captación energética definida;

## Capítulo 1. Introducción

3. La construcción de la Captación circuito vertical o circuito horizontal y 4. Equipos de emisión del calor: radiadores, losas radiantes o fancoils.

Para el OE.4 los costos de mantenimiento se estimarán conforme a esta misma guía, los costos de reemplazo consideran como el 30% del valor del equipo como inversión inicial a los 15 años, los costos de valor residual se consideran como el 20% del valor del equipo como inversión inicial aplicado a los 25 años de vida útil. Y para el consumo de las anualidades de energías se considera el método de los grados días para calefacción y para refrigeración calculadas respecto de las temperaturas del aire, horarias del año 2021, entregada por el Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA) de la estación meteorológica del aeródromo General Bernardo O'Higgins de la ciudad de Chillán.

Para analizar y evaluar económicamente el sistema distrital de bomba de calor geotérmica se desarrollará una comparativa de casos de estudio a valor presente y se comparará con el caso base, climatización tradicional.

Finalmente, con esta evaluación se responderán las preguntas de investigación, hipótesis. Si se puede integrar este sistema de energía renovable en la construcción de un conjunto habitacional, financiado por el fondo solidario con elección de viviendas.

## Capítulo 2. Marco teórico

### Capítulo 2. Marco Teórico

Para llevar a cabo la siguiente investigación, es importante tener en consideración las terminologías claves, junto con sus diferentes definiciones y variaciones que han ido teniendo a lo largo del tiempo.

Respecto a las energías renovables no convencionales (ERNC) en un conjunto habitacional, existen múltiples investigaciones, dado que el sector residencial consume mucha energía, por lo que, es un foco de investigación constante en Chile y en el mundo. El crecimiento exponencial de la población y el aumento de propietarios en las viviendas genera que este consumo de energía aumente aún más.

Dentro de esto, “la climatización: calefacción y refrigeración de espacios representa el consumo máximo de energía, seguida de la iluminación y el calentamiento del agua” (Hajare & Elwakil, 2020), dado que es un tema contingente, resulta importante abordar desde las aristas de la sustentabilidad, teniendo en cuenta el ciclo de vida del edificio, la normativa vigente, las diferentes formas de climatizar un espacio y los diferentes recursos disponibles, particularmente en la región de Ñuble, Chile, para poder llevar a cabo proyectos con energías renovables.

#### 2.1. Sustentabilidad

La sustentabilidad es un concepto que ha emergido hace algunos años, partió definiéndose como un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones en satisfacer sus propias necesidades (ONU, 1987). Luego, para complementar dicha definición, se menciona que “es el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras” ley 19.300 (MINSEGPRES, 2010)

A partir de esta definición, es que a lo largo de los años, a nivel mundial, se ha ido teniendo conciencia sobre el cuidado al medio ambiente y el desarrollo sustentable, y es a través de esto que surge el concepto de “ingeniería verde”, es decir, el diseño y construcción, descubriendo e implementando soluciones de ingeniería con una conciencia de los beneficios potenciales y los problemas en términos del medio ambiente, la economía y la sociedad a través del tiempo de vida del diseño y la construcción (R. Mihelcic & Beth Zimmerman, 2011) esta definición presenta un enfoque a una arista política, económica y social que se ha ido incrementando con los años, ya que la

## Capítulo 2. Marco teórico

sustentabilidad se ha convertido en un aspecto innegable de las relaciones corporativas en la actualidad. El cambio de paradigma respecto a la responsabilidad social como un tema moralmente sólido se ha visto afectado por motivaciones orientadas al mercado y con fines de lucro para "ecologizar" el negocio (Lambrechts et al., 2019).

El efecto negativo a nivel ambiental que tiene el área de la construcción ha sido abordado por la investigación de Metz et al. (2007) a escala mundial para el Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC) y mencionado por (Fien & Winfree, 2014)

Por esta razón, en Chile, con el programa Construye 2025, buscan direccionar la industria de la construcción hacia una industria más sustentable, y uno de sus principales iniciativas es impulsar la economía circular, en donde busca potenciar el desarrollo de soluciones innovadoras bajo el marco de la economía circular, que permitirán resolver desafíos de productividad y/o competitividad de las empresas nacionales, a través de su vinculación con entidades colaboradoras. (Construye 2025, 2016).

Para combatir los problemas ambientales y darle una mayor sustentabilidad al rubro, es que se han implementado variadas técnicas de eficiencia energética en diferentes tipos de proyectos de construcción.

### 2.1.1. Eficiencia Energética

El término de eficiencia energética es conocido hace algunos años, en el 2008, por ejemplo, se mencionaban algunas medidas de eficiencia energética que eran bien conocidas y muy utilizadas, pero el problema en ese entonces era identificar qué tipo de energía era más eficiente y fiables a largo del tiempo (Diakaki, Grigoroudis, Kolokotsa, 2008).

Se entiende por eficiencia energética reducir el consumo de energía mediante actuaciones concretas, pero manteniendo el mismo nivel de confort, es decir, es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar a su calidad; supone la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas prestaciones, consuma menos electricidad. (Schallenberg Rodríguez, Piernavieja Izquierdo, Hernández Rodríguez & Unamunzaga Falcón, 2008), por otro lado, se indica que es una proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía. (Peña & Sánchez, 2012).

## Capítulo 2. Marco teórico

Dado el aumento de las necesidades de energía en el mundo y el poco control de éstas, es que se produce un desarrollo insostenible en nuestro planeta. Este aumento en el consumo de energía se justifica por el aumento de la población mundial y también por el hecho de que más personas tienen acceso a la electricidad (Leite, da Cunha, Barroso de Aguiar, 2020)

El alto consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero constituyen un grave problema en la explotación y consumo de combustibles fósiles no renovables de alto impacto medioambiental. Se sabe que la producción de energía es el mayor emisor de gases de efecto invernadero, representando aproximadamente el 75,2%. (Leite da Cunha, Barroso de Aguiar, 2020)

Para ello, en el 15 de junio de 2011 la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la esperada ISO 50001, un documento que ayudará a las organizaciones que lo implanten a obtener mejoras significativas en su eficiencia energética, con el consiguiente impacto positivo en su cuenta de resultados.

En Chile, es en el sector residencial, público y comercial donde menos desarrollos y avances se han generado para implementar modificaciones en cuanto a la eficiencia energética (Kappes, 2017).

Uno de los factores que influyen en una eficiencia energética, es la implementación sistemática de energías renovables, de la que se detallará a continuación.

### **2.1.2. Energías Renovables**

Con el aumento de la población junto con una consciencia de sustentabilidad, además de nuevas leyes que impulsan el aspecto sustentable, es que la necesidad de tecnologías de energía renovable se ha hecho evidente y está ganando impulso continuamente. En particular, debido a la creciente conciencia sobre el cambio climático y las posibles opciones que tiene la humanidad para contribuir a una transición sin problemas hacia el futuro. Razón por la que, la energía renovable, además de su gran potencial para mitigar el cambio climático, pueden aportar otros beneficios. Si se utilizan de forma adecuada, las energías renovables pueden contribuir al desarrollo social y económico, favorecer el acceso a la energía y la seguridad del suministro de energía, y reducir sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud (Ginebra & Lee, 2011).

Las energías renovables son energías capaces de reponerse a un ritmo igual o superior al que son consumidas (Velasco, 2009). Además, contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto

## Capítulo 2. Marco teórico

invernadero, así como las emisiones de otros contaminantes locales, permiten disminuir la dependencia energética y contribuyen a la creación de empleo y al desarrollo tecnológico. (André, De Castro & Cerdá, 2012). En un término general, se refiere a la producción de energía utilizando una fuente de energía renovable como la solar, eólica, hídrica (hidráulica y mareomotriz), biomasa (biocombustibles y desechos) y calor geotérmico. (Zepf, 2020)

En Chile, dentro de los objetivos planteados en la Política Energética Nacional es poder alcanzar al menos el 70% de generación de energías renovables para el año 2050. Por ahora, solo se ha alcanzado casi un 24% (El Mostrador, 2021), se ve lejano el cumplimiento de la meta, pero el país ha aumentado durante la última década, 11 veces la capacidad de las energías renovables.

Cuando se habla de energías renovables, se clasifican en energías renovables convencionales y no convencionales. Para efectos de esta investigación se centrará en las energías renovables no convencionales (ERNC).

### 2.1.2. Energías renovables no convencionales (ERNC)

Respecto a las Energías Renovables no convencionales, estudios plantean diferentes puntos de vista: por un lado, que generan un efecto negativo en la flora y la fauna, también el uso de fuentes de energías renovables como el viento, el sol, la geotermia, la biomasa y la de poder hídrico produciría impactos ambientales negativos los cuales variarían según la intensidad de uso, tecnología usada y ubicación geográfica (Rodríguez, 2018). Pero, por otro lado, las ERNC son una fuente limpia e inagotable de energía, más aún en Chile, país que cuenta con un territorio en donde su riqueza y variedad de recursos energéticos como: viento, altos niveles de radiación solar y grandes caudales de agua, indican que la mejor alternativa es el uso de estos recursos. (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA], s.f.)

Las energías Renovables no Convencionales, son una solución poco invasiva con el entorno y el medioambiente, además la población cada vez más está utilizando este tipo de energía. Los diferentes tipos de ERNC son las energías geotérmica, solar, eólica, de biomasa y la mini hidroeléctrica.

En los últimos años, las condiciones para el desarrollo de las energías renovables no convencionales en Chile han mejorado significativamente. Dado que el Gobierno, el Parlamento, la sociedad civil, las empresas de energía, la academia y la cooperación internacional han aportado en

## Capítulo 2. Marco teórico

el desarrollo de éstas. Hemos construido las bases para el desarrollo de estas energías en el país. Pilar fundamental para ello ha sido la promulgación de leyes, consciencia de la población, implementación de diferentes fondos, etc. (Palma, R; Jiménez, G & Alarcón, I; 2009)

Dentro de las Energías Renovables no Convencionales, para efectos de esta investigación destaca la energía geotérmica, la cual a partir de la temperatura del suelo se puede obtener energía.

### 2.1.3. Energía Geotérmica

La energía geotérmica es la energía calorífica que proviene del manto terrestre. Las fuentes que dan origen a esta energía calorífica son el decaimiento radiactivo de minerales de las rocas de la corteza, principalmente isótopos radiactivos de larga vida del Uranio (U238, U235), del Torio (Th 232) y del Potasio (K40), y el calor remanente de la formación del planeta. Se estima que el calor almacenado en el interior de la tierra es de 12.6 billones de exajoules, y el que se encuentra hasta una profundidad media de 50 km, en la capa conocida como litósfera, se podría estimar en 5 mil 400 millones de exajoules. Este calor se disipa anualmente en la superficie terrestre a un ritmo de 1,388 exajoules. (García, 2015) (Espinosa, 2018)

El Consejo Europeo de la Energía Geotérmica (EGEC) define Energía Geotérmica como: "La energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la tierra" (Dickson & Fanelli, 2004)

La energía geotérmica aprovecha la temperatura de la Tierra. El 50% -70% de la temperatura inherente de la Tierra se almacenó durante la formación de la Tierra y el 30% -50% restante se origina a partir de la desintegración natural de isótopos radiactivos. Por lo tanto, esta fuente continua de calor se considera uno de los sistemas más confiables y de mayor alcance. Sin embargo, la energía geotérmica sigue siendo una industria de nicho, ya que la capacidad instalada global fue de poco más de 13 GW en 2018 (IRENA, 2019).

### 2.1.4. Tipos de recursos geotérmicos

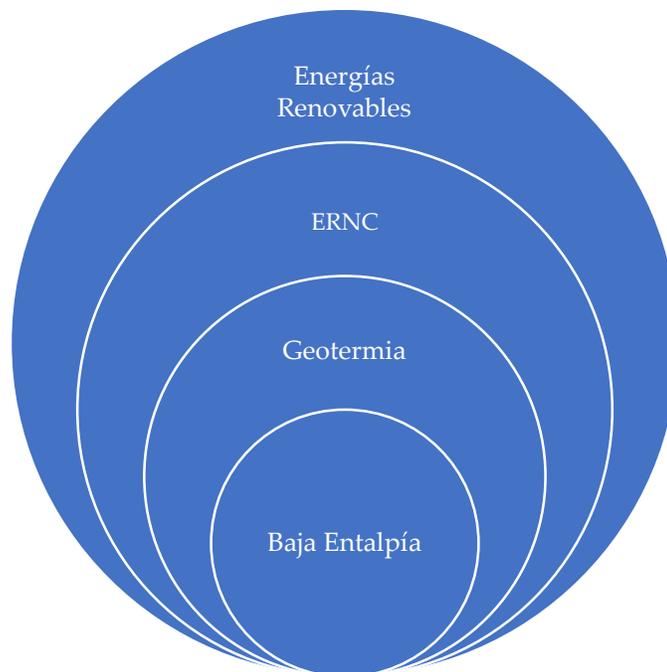
A medida que aumente la profundidad el valor de temperatura también aumenta, por tal motivo un recurso geotérmico se puede encontrar en las zonas más cercanas a la superficie como también las zonas más profundas, algunas similares a las profundidades de extracción del petróleo. Los recursos geotérmicos se clasifican según su nivel térmico, es decir, de su entalpia. Significado que se utiliza

## Capítulo 2. Marco teórico

para cuantificar la cantidad de energía térmica que un fluido u objeto puede intercambiar con su entorno (expresado en kJ/kg o kcal/kg). (Medina, 2020)

Para esta investigación, solo se utilizará recursos geotérmicos de baja entalpía, los cuales son los ubicados en las zonas estables de la corteza terrestre, a profundidades entre los 1.500 y 2.500 m. La temperatura que alcanza el fluido geotérmico fluctúa entre 30 y 100°C. Dependiendo de la temperatura pueden ser utilizadas en diferentes procesos, generalmente mediante bombas de calor para la climatización de espacios y la obtención de agua caliente sanitaria (Medina,2020)

En Chile los recursos geotérmicos han contado con muy poca atención, incluso, dificulta su estudio dado que no existe mapa de información geotérmica para la realización de una evaluación. (Medina, 2020)



### 2.2. Ciclo de vida de un edificio

De acuerdo a lo mencionado en la ISO 14050:2009, “el ciclo de vida son las etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final”, por otro lado, de acuerdo a la

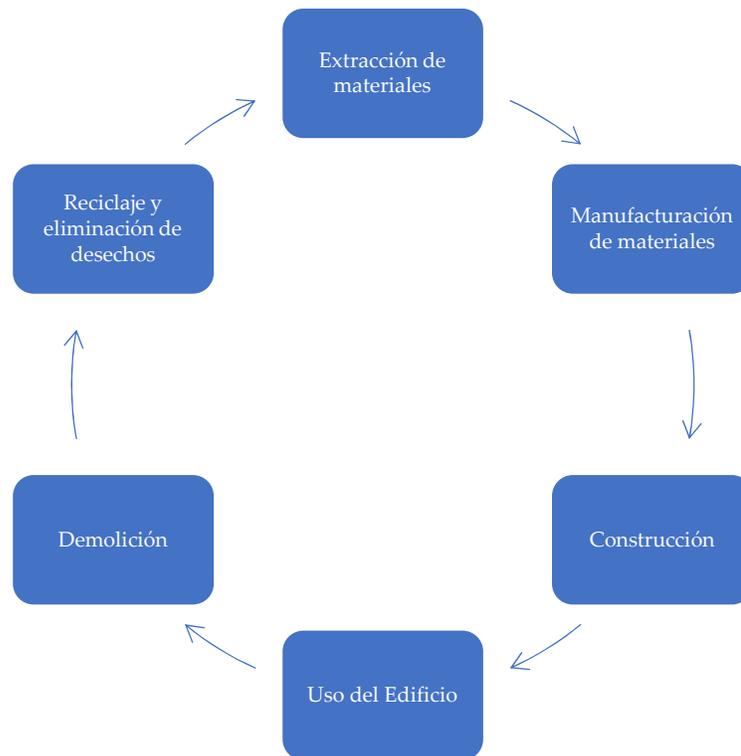
## Capítulo 2. Marco teórico

ISO 14040, se refiere a la “recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema producto a lo largo de su ciclo de vida”.

Las fases del ciclo de vida de un edificio son:

- La fase de fabricación y construcción del ciclo de vida del edificio, concentrada en un corto período de tiempo (1-2 años), provoca el impacto ambiental más intenso, principalmente debido al consumo de hormigón y acero para la estructura, que representan un alto porcentaje de las emisiones producidas durante esta fase (Radhi, Sharples & Fikiry2013), (You, Stansfield, Romano, Brown & Coghill, 2011). Este impacto se diluye cuanto más se considera la vida útil del edificio; sin embargo, las decisiones tomadas durante esta fase influyen enormemente en los resultados para el resto de las fases del ciclo de vida del edificio.

- La fase de uso y mantenimiento es generalmente responsable del 80-90% de las emisiones de CO2 generadas durante el ciclo de vida del edificio (Cellura, Guarino, Longo & Mistretta, 2014), casi el 60% de las cuales es causada por la demanda de energía para calefacción y aire acondicionado (Scheuer et al., 2003). Su duración, más de 50 años, hace que la reducción de emisiones en la fase operativa sea el objetivo principal a perseguir. (Rivero 2020)



## Capítulo 2. Marco teórico

Los ACV están regulados por las normas internacionales ISO 14040 (International Standards Organisation. Environmental Management, 2006a) e ISO 14044 (International Standards Organisation. Environmental Management, 2006b). Teniendo en cuenta todos los flujos intercambiados entre el producto/sistema analizado y el medio ambiente, los ACV proporcionan una visión general del rendimiento ambiental del objeto estudiado y ayudan a respaldar la circularidad entre los diferentes sistemas de productos. Se ha aplicado ampliamente en el sector de la construcción, y se utiliza cada vez más como un defensor de la toma de decisiones en todos los niveles del entorno construido: material (Knoeri et al., 2013) y (Zabalza Bribián et al., 2011), sistemas (Guggemos y Horvath, 2005), (Kua y Maghimai, 2017), edificios enteros (Blengini y Di Carlo, 2010), (Verbeeck y Hens, 2010) y barrios (Skaar et al., 2018) y (Trigaux et al., 2017).

### 2.3. Evaluación económica de un proyecto sustentable.

La sostenibilidad económica es la utilización de diferentes estrategias para emplear, salvaguardar y mantener los recursos humanos y materiales de manera óptima, con el objetivo de crear un equilibrio responsable y beneficioso, sostenible a largo plazo, mediante la recuperación y el reciclaje.

Para poder llevar a cabo una evaluación económica de un proyecto sustentable y sostenible en el tiempo, a través del análisis del ciclo de vida, se requiere tener en consideración los siguientes costos:

- Costos iniciales: Corresponden a los generados por el desarrollo inicial del proyecto: Honorarios, gestión inmobiliaria, terreno.
- Costos Financieros: Costos de cualquier endeudamiento asociado con los costos de capital del proyecto: Tasaciones, gastos notariales.
- Costos de operación: Definidos por el desempeño propio del edificio, incluye todos los procesos energéticos de este: – combustibles – salarios del personal necesario para operar el edificio
- Costos de mantenimiento: Incluye los usuales costos para mantener y reparar las instalaciones, incluye los salarios del personal necesario. • Usualmente los valores por ítems reemplazados, menores de M\$1.000 o aquellos con vida útil menor que 5 años

## Capítulo 2. Marco teórico

- Costos de reemplazo: Costo que ocurre de una vez en el futuro en orden de mantener la función original del sistema
- Costos asignables: Asociados con impuestos, créditos, subsidios y depreciación. Deben ser permanentemente los criterios de evaluación de estos costos, por los cambios que se producen en leyes y procedimientos
- Costos asociados: Costos identificables no considerados previamente, pero relativos a la decisión del proyecto.
- Costos por Uso-Rechazado: Incluye costos extras o pérdidas de ingreso durante el ciclo de vida, originado en el atraso por alguna razón de la puesta en marcha de edificio.

### 2.4. Antecedentes climatológicos

Para poder llevar a cabo el análisis energético de una vivienda, es necesario tener en cuenta los factores exteriores que la rodean, como el clima, es por eso es importante para esta investigación conocer de sus características:

#### 2.4.1. El clima dentro de Chile

Dado que Chile cuenta con una gran extensión, en términos de latitud, la presencia de las cadenas montañosas de la Costa y de los Andes, la existencia de la corriente fría de Humboldt, la presencia del Anticiclón del Pacífico y del Frente Polar. Todo ello le confiere marcadas diferencias en las características climáticas, las que varían de norte a sur, y según la altitud.

La Zona Central de Chile se identifica con los climas de tipo templado. En esta parte del territorio, las condiciones climáticas se presentan más moderadas, combinando un monto considerable de precipitaciones con una mayor amplitud de distribución de estas. Las lluvias tienden a concentrarse en los meses de invierno fundamentalmente. Las estaciones del año se encuentran más marcadas y diferenciadas. Las temperaturas son más bajas que en la región norte del país. (BCN de Chile,

#### 2.4.2. Análisis de clima: Chillán

El lugar de la investigación está en la comuna de Chillán Viejo, región de Ñuble. Como se indica en la norma NCh 1079, es una zona de clima mediterráneo, con temperaturas templadas. Con

## Capítulo 2. Marco teórico

inviernos de 4 a 5 meses. Tiene vegetación normal, con lluvias y heladas en aumento hacia el sur. Tiene una insolación intensa en el verano, especialmente hacia el noreste. Una oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el este. El viento predominante es del suroeste.

En la Tabla 1, Características principales del clima de Chillán Viejo, se muestran las principales características del clima Central Interior de la ciudad de Chillán Viejo, conforme a dicha norma.

Tabla 1, Características principales del clima de Chillán Viejo

Característica			Valor	
ZONA			1	CI - Central Interior
Localidad			2	Chillán
Temperatura °C	Media	E	3	19,3
		J	4	8,1
	Oscilación Diaria	E	5	17,9
		J	6	8,1
Insolación cal/cm2 día		E	7	(580)
		J	8	(130)
Soleamiento horas sol día		21-dic	9	14,6
		21-jun	10	9,6
Humedad relativa %		E	11	54
		J	12	81
Nubosidades décimas		E	13	-
		J	14	-
Precipitaciones mm		Anual	15	1033
		máx 1 día	16	-
Vientos predominantes			17	S
Heladas		meses	18	May-Sep
		N° años	19	23
Nieve días año			20	-
Salinidad		Atmósfera	21	-
		Suelo	22	-
Altura			23	-

fuentes 1, NCh 1079

### 2.5. Sistemas de Climatización.

Como se ha mencionado anteriormente, para tener una vivienda eficiente, debe tener un sistema de climatización que sea en base a energías renovables, en este caso energías no convencionales. En Chile, existe el proyecto NAMA, que aborda estrategias para reducir gases de efecto invernadero, el cual se detalla a continuación:

## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.5.1. Proyecto “Energía Renovables para Autoconsumo” de NAMA Chile.

El proyecto fomenta medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, conocidas como medidas de mitigación adecuadas a cada país (NAMA, Nationally Appropriate Mitigation Actions). Para ello se complementará a corto plazo la infraestructura de generación de energía eléctrica con sistemas de producción de energía renovable para autoconsumo. A través de un componente financiero y otro técnico, el proyecto elimina obstáculos para el desarrollo y contribuye a establecer condiciones marco adecuadas para un nuevo sector industrial. El componente financiero es ejecutado por el banco KfW Entwicklungsbank y busca desarrollar un portafolio de proyectos financiable y generar incentivos para la inversión. El componente técnico apunta a establecer competencias técnicas locales, y a dar a conocer los potenciales técnicos y económicos que las energías renovables ofrecen para el autoconsumo.

Las tecnologías abordadas en el área de aerotermia corresponden a: Equipos Split; Bombas de Calor compactas para ACS; Bombas de Calor reversibles para Clima y ACS; Bombas de Calor industriales para Generación de Calor.

Las tecnologías geotérmicas abordadas corresponden a: Bombas de Calor reversibles para Clima; Bombas de Calor reversibles para Clima y ACS; Bombas de Calor de Frío y Calor Simultáneo; Bombas de Calor industriales para Generación de Calor.

Asimismo, en geotermia se han considerado precios de instalación de sistemas de captación abierta y sistemas de captación cerrada horizontal y vertical.

Por último, los sistemas emisores considerados corresponden a: Radiadores; losa radiante y Fancoils (NAMA, 2020)

### 2.5.2. Sistema de energía distrital.

Como se indica en el manual de desarrollo de proyectos de energía distrital, ésta corresponde a un sistema de generación y distribución de energía térmica que abastece a múltiples clientes en una determinada área, región o distrito. La distribución es realizada mediante una red de tuberías altamente aisladas que transportan un líquido portador de energía térmica. La fuente de generación puede ser una o más centrales térmicas, de igual o distintas tecnologías, conectadas a una misma red de distribución. (EBP Chile SpA AG, 2019).

## Capítulo 2. Marco teórico

Figura 1, Energía Distrital



fuentes 2, Manual de Desarrollo de Proyectos con Energía Distrital

Como tipos de Energía Distrital, se puede encontrar la “calefacción distrital” o de “enfriamiento distrital.”

Para nuestro estudio usaremos la Bombas de Calor con energía geotérmica en un área de 2,8 Ha ubicado en la comuna de Chillán Viejo, región de Ñuble, que corresponde a un terreno para el desarrollo de conjunto habitacional que se financiará con los subsidios que entrega el Programa del Fondo Solidario con Elección de Vivienda, regulado por el DS.49/2011 (V. y U.) y sus modificaciones.

### 2.5.3. Sistema de Climatización de Bomba de Calor Geotérmico.

Una bomba de calor es un equipo mecánico que transfiere calor de un lugar a otro. Si se compara con una bomba hidráulica, estas mueven el agua en desde lo bajo hacia lo alto (en un edificio, por ejemplo). Su nombre proviene del concepto de que estos equipos “bombean” calor entre dos medios a diferentes temperaturas. Esto se hace debido a que la dirección “natural” del calor es desde un medio con alta temperatura a uno con menor temperatura. Para hacer esto, este dispositivo requiere energía, la cual puede ser energía mecánica, eléctrica o térmica.(Fuchs & Prudencio, 2020)

En la mayoría de las Bombas de Calor modernas, se utiliza energía eléctrica para alimentar un compresor, el cual a su vez hace circular un fluido refrigerante entre dos intercambiadores de calor:

## Capítulo 2. Marco teórico

un evaporador frío y un condensador caliente. En el evaporador el fluido refrigerante absorbe calor del medio con baja temperatura. Luego, el refrigerante es comprimido y enviado hacia el condensador, en donde se libera el calor absorbido al medio con alta temperatura. Como se observa en el siguiente ejemplo de la Figura 2, Configuración de una bomba de calor aerotérmica para uso doméstico en modo refrigeración.

Figura 2, Configuración de una bomba de calor aerotérmica para uso doméstico en modo refrigeración



fuentes 3, Bombas de calor, una guía para el usuario

Asimismo, como se indica en el guía de usuario de bombas de calor, éstas pueden ser usadas para calefacción y para generar agua caliente sanitaria.

Existen varios tipos de bombas de calor, tales como: los Equipos Split; las Bombas de Calor Compactas para agua caliente sanitaria; las Bombas de Calor Reversibles para Clima y ACS; etc.

Los equipos Split son bombas de calor que se usan para climatizar ambientes, principalmente para uso residencial y en algunas ocasiones para usos comerciales. Estos equipos son sistemas fragmentados, ya que cuentan con una unidad interior que se instala en el espacio que se quiere climatizar y una unidad exterior donde se realiza el intercambio de calor con el aire exterior.

Las Bombas de Calor Compactas para ACS son equipos que utilizan el calor presente en el aire para calentar agua sanitaria que tienen diversos usos domésticos.

## Capítulo 2. Marco teórico

Las bombas de calor aerotérmicas reversibles para Climatización y generación de agua caliente sanitaria tienen el servicio de suministrar calefacción o refrigeración dependiendo de la necesidad del usuario. De manera adicional, estos equipos tienen el servicio de generar agua caliente sanitaria para usos domésticos.

### **Tipos de Bombas de Calor Geotérmicas**

Las Bombas de Calor Geotérmicas aprovechan como fuente de calor la energía térmica contenida en la tierra del subsuelo, así como, en los cuerpos de agua, pudiendo extraer o disipar calor en ella. Sus principales aplicaciones, son utilizadas en el sector residencial, comercial e industrial. Estos equipos pueden entregar calefacción, refrigeración y generar agua caliente sanitaria.

Estos sistemas se pueden instalar en configuraciones, de circuito cerrado y en circuito abierto. Las primeras utilizan una red de tuberías cerrado que extrae el calor desde el subsuelo o fuente hídrica. Y la configuración de circuito abierto, es donde el calor se transporta directamente desde una fuente de agua superficial o subterránea sin utilizar un circuito de tuberías adicional.

La configuración que propone esta investigación es del tipo de circuitos cerrados verticales por la superficie requerida y no contar con fuentes hídricas para su uso.

Hoy en día, las tecnologías más utilizadas son: Las Bombas de Calor Reversibles para Clima; Las Bombas de Calor Reversibles para Clima y ACS; las Bombas de Calor de Frío y Calor Simultáneo y las Bombas de Calor Industriales para Generación de Calor.

Las características y usos de estas bombas geotérmicas son similares a las anteriores bombas de calor aerotérmicas.

#### **2.5.4. Índice de Precios de Bombas de Calor Geotérmicas en Chile**

Para elaborar el presupuesto del sistema geotérmico se utilizará la metodología que indica la Guía de índices de precios de Bombas de Calor geotérmicas y aerotérmicas en Chile, del ministerio de Energía para obtener un valor estimado del sistema que se utilizará para el desarrollo de esta tesis.

Los índices de los sistemas geotérmicos están dados por los siguientes índices. En el Anexo A, se detallan todos los grupos de índices y sus respectivos rangos de uso.

## Capítulo 2. Marco teórico

Los índices están referidos a 4 grupos: Los primeros, **G-1, G-2, G-3 y G-4**: están referidos al Precio de Venta de la Bomba de Calor por Tecnología y se miden en CLP/kWt. Los segundos son: **G-5, G-6, G-7, G-8 y G-9**: que corresponden a la configuración del sistema geotérmico considerando su instalación y precio unitario de construcción. Asimismo, están los índices **E-1, E-2 y E-3** que corresponden a los Precio de venta de suministro e instalación de los sistemas de Emisión.

Finalmente, está el índice **G-10** que corresponde al mantenimiento preventivo de las bombas de calor geotérmicas, conforme a su rango de potencia.

Los índices de precios que utilizaré en esta investigación son los de las Figura 3, Índices de Precios de Bombas Geotérmicas y de la Figura 4, Índices de Precios, Sistemas Emisores, ver a continuación.

Figura 3, Índices de Precios de Bombas Geotérmicas

INDICE	Item Instalación	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-1	G-1. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas reversibles para Clima	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	315.000
		> 20 ≤ 100 kWt		207.019
		> 100 kWt		181.150
G-2	G-2. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas reversibles para Clima y ACS	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	396.550
		> 20 ≤ 100 kWt		205.683
		> 100 kWt		189.624
G-3	G-3. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas de Frio y Calor Simultáneo	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	324.000
		> 20 ≤ 100 kWt		143.967
		> 100 kWt		125.000
G-4	G-4. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas Industriales para Generación de Calor	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	219.231
		> 20 ≤ 100 kWt		139.474
		> 100 kWt		161.192
INDICE	Item Instalación	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-5	G-5. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Abierto % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación del equipo de Bomba de Calor geotérmica, considerando un sistema de captación abierto		%	40%
G-6	G-6. Precio por metro lineal de la construcción de pozos de agua para circuitos de captación abiertos	≤ 50 m	CLP sin IVA por metro lineal	110.000
		>50 ≤ 100 m		145.000
		>100 ≤ 300 m		200.000
		> 300 m		300.000
G-7	G-7. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Cerrado % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación del equipo de Bomba de Calor geotérmica, considerando un sistema de captación cerrado		%	30%
G-8	G-8. Precio por metro cuadrado de cañería enterrada en instalaciones geotérmicas con circuito cerrado horizontal	≤ 50 m <sup>2</sup>	CLP sin IVA por metro lineal	29.000
		>50 ≤ 100 m <sup>2</sup>		27.000
		>100 ≤ 300 m <sup>2</sup>		25.000
		> 300 m <sup>2</sup>		24.000
G-9	G-9. Precio por metro lineal de cañería enterrada en instalaciones geotérmicas con circuito cerrado vertical	≤ 50 m	CLP sin IVA por metro lineal	120.000
		>50 ≤ 100 m		120.000
		>100 ≤ 300 m		120.000
		> 300 m		125.000
INDICE	Item Mantenimiento Preventiva	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-10	G-10. Precio por kWt de realizar mantención preventiva por evento de bombas de calor geotérmicas	≤ 20 kWt	CLP sin IVA por kWt de instalación	10.000
		> 20 ≤ 100 kWt		6.750
		> 100 kWt		5.000

fuentes 3, Índices de Precios Bombas de Calor

## Capítulo 2. Marco teórico

Figura 4, Índices de Precios, Sistemas Emisores

Código	Descripción	Rango de Precios (CLP)	Índice de Precios (CLP)	PRECIO NETO (CLP)
E-1	E-1. Precio de suministro e instalación de un radiador (C/U)	≤ 1 kWt	CLP sin IVA	130.988
		> 1 ≤ 5 kWt		70.857
		> 5 ≤ 10 kWt		45.417
		> 10 ≤ 15 kWt		43.333
		> 15 ≤ 20 kWt		46.875
E-2	E-2. Precio de suministro e instalación de metro cuadrado de losa radiante (m2)	≤ 50 m <sup>2</sup>	CLP sin IVA	23.750
		>50 ≤ 100 m <sup>2</sup>		22.000
		>100 ≤ 300 m <sup>2</sup>		26.500
		> 300 m <sup>2</sup>		27.500
E-3	E-3. Precio de suministro e instalación de un fancoil (C/U)	≤ 5 kWt	CLP sin IVA	129.650
		> 5 ≤ 10 kWt		82.857
		> 10 ≤ 15 kWt		65.385
		> 15 ≤ 20 kWt		106.944
		> 20 kWt		161.905

fuentes 5, Índices de Precios Bombas de Calor

### 2.6. Metodología BIM

Building Information Modelling (BIM) es una metodología de gestión de la información, que hace que los datos entregados a través de un modelo BIM sean computables, continuos, cuantificables y operables, teniendo la información integrada en un modelo, en donde todos los participantes del ciclo de vida del proyecto, pueden interactúan, evitando así la fragmentación y diversificación de la información (CChC, 2020)

El concepto de Building Information Modeling tiene sus orígenes en el año 1970 (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011) . Tal como lo define BIM Fórum en Chile, BIM no es una herramienta ni un software, se trata de una metodología para el desarrollo y uso de modelos BIM para decisiones de diseño, construcción y operación durante todo el ciclo de vida de un proyecto, lo que implica una integración y gestión de información provista y usada por diferentes actores del proyecto (BIM Fórum Chile, Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2017).

Por otro lado, los Estándares Nacionales de Modelación de Información de Edificación de Estados Unidos define BIM como: “una representación digital de las características físicas y funcionales de la instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para la información sobre la formación de una instalación, que es la base responsable de las decisiones durante su ciclo de vida, es decir, desde la concepción inicial hasta la demolición.

## Capítulo 2. Marco teórico

Una de las definiciones más recientes de la metodología BIM es el planteado en la ISO 19650 en el año 2019, la cual señala que: “el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones”.

Actualmente, con proyectos de ingeniería complejos y grandes, estas metodologías y tecnologías están permitiendo la gestión y el procesamiento de los datos generados.

Dado el impacto que está generando la metodología BIM a nivel mundial, es que se han ido desarrollando normativas y estándares para hacer que su implementación tengan un criterio similar a nivel mundial.

Dentro de la metodología, se habla de diferentes dimensiones. Eventualmente existen 7 dimensiones, aunque algunas investigaciones hablan de hasta 10 dimensiones. Estas dimensiones establecen diferentes parámetros de implementación de la metodología, el foco de esta investigación se encuentra en la sexta dimensión:

### **2.6.1. BIM 6D: Eficiencia Energética**

La metodología BIM cuenta con diferentes dimensiones en las que se puede aplicar. Esta investigación se centra en la sexta dimensión, la que tiene relación con la eficiencia energética del proyecto.

La bibliografía revisada atribuye la sexta dimensión BIM 6D a la información del modelo en relación con la eficiencia energética y la sostenibilidad del modelo de construcción. Desarrollaron un modelo que puede evaluar automáticamente el rendimiento energético y la sostenibilidad de un proyecto, lo que permite a los diseñadores seleccionar la mejor opción de diseño.

En este estudio, se extraen informes de cargas a partir del software Revit, basándose en los procedimientos de investigaciones como la de Rodríguez, González y San Martín, en donde calcularon la envolvente de un edificio terciario, en la cual a través de la modelación se obtuvieron

### **2.7. Normativa Chilena**

Se requiere una transición a un sistema de energía más sostenible, y para lograr tal transición, los gobiernos de todo el mundo han introducido varios programas de investigación e instrumentos de política. (Neij et al., 2021)

## Capítulo 2. Marco teórico

Del análisis de las políticas públicas en Chile analizaremos las del Ministerio de Vivienda y Urbanismo relacionadas con el Fondo Solidario de Elección de Viviendas, regulado por el DS.49/2011 y sus modificaciones. El DS 49, es un programa que ayuda a familias que no tienen vivienda y son vulnerables con necesidad de adquirir una vivienda, a comprar una vivienda sin deuda hipotecaria o poder ingresar a los proyectos habitacionales SERVIU de las diferentes regiones. El aporte del estado es de 314 UF de base, el cual puede variar de acuerdo a la ubicación y subsidios complementarios (MINVU, 2021).

Del Ministerio de Energía, se analizará la política pública relacionada con las iniciativas, tales como, NAMA que apoyan las energías renovables para el autoconsumo, específicamente las relacionadas con la energía Geotérmica.

El Proyecto de Apoyo a la NAMA “Energías Renovables para Autoconsumo” en Chile tiene como objetivo la promoción e incorporación de sistemas de energías renovables en pequeñas y medianas empresas creando condiciones financieras y técnicas adecuadas para el desarrollo de la industria. Además, busca fomentar los conocimientos y sensibilizar sobre las ventajas de generación con energías renovables para el autoconsumo, con el fin de tener desarrolladores de proyectos mejor calificados.

Y del ministerio de Medio Ambiente, analizaremos la política pública de los Planes de Descontaminación Atmosférica relacionada a la mejora de las envolventes de las viviendas junto al Ministerio de vivienda y Urbanismo.

El ministerio del medio ambiente es como una Secretaría de Estado encargada de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa.

El sector de la construcción registra el mayor consumo de energía por sectores de uso final (38%). Dentro de él, el desglose de edificios comerciales y residenciales es del 18% y 20%, respectivamente, lo que necesariamente implica que los hogares representan casi el 55% del total de energía consumida por el sector de la construcción ( Dwaikat & Ali, 2018b ). (Hajare, Elwakil, 2020)

## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.8. Viabilidad técnica y económica.

La viabilidad técnica y económica del sistema de climatización del conjunto habitacional de 130 viviendas sociales se analizará conforme al análisis del ciclo de vida de la edificación, que se estandariza, a través, de “ASTM E917 Standard Practice for Measuring Life Cycle Costs of Buildings and Building Systems” con la que se realizarán la evaluación económica de las alternativas de sistemas de climatización del conjunto habitacional, con eficiencia energética y energías renovables según criterios de sustentabilidad de económica para el ciclo de vida de la edificación.

El valor de la construcción sustentable radica en la sustentabilidad medida simultáneamente en tres áreas: la Social, la Medioambiental y la Financiera, por lo que es requerido analizar nuestro proyecto bajo estos tres parámetros y concluir.

### 2.9. Financiamiento de Proyectos Habitacionales de Viviendas Sociales, a través, del Fondo Solidario con elección de Viviendas (FSEV).

El financiamiento de proyectos habitacionales de viviendas sociales, el Estado lo realiza, a través, del programa de Fondo Solidario con elección de viviendas (FSEV), regulado por el DS.49/2011 y sus modificaciones, del ministerio de vivienda y urbanismo. Y cuyo objetivo es” promover el acceso de las familias que se encuentran en situación de vulnerabilidad, a una solución habitacional a través de un subsidio otorgado por el Estado”.

“El programa está destinado a atender preferentemente a las familias que pertenezcan al 40% más vulnerable de la población nacional, en conformidad con la información que se obtenga de la aplicación del Instrumento de Caracterización Socioeconómica a que se refiere el artículo 5° de la ley N° 20.379, en adelante Instrumento de Caracterización Socioeconómica”.

En el caso de postulaciones colectivas, el grupo organizado podrá incluir como máximo un 30% de familias calificadas entre el 40% y el 90% más vulnerable de la población nacional, siempre que se encuentren en las condiciones de carencia habitacional u otras situaciones de vulnerabilidad socioeconómica que se establezcan por resolución fundada del ministro de Vivienda y Urbanismo.

## Capítulo 2. Marco teórico

El postulante individual a la tipología de Construcción en Sitio Propio podrá pertenecer hasta el 50% más vulnerable de la población nacional”.

Como se indica en el DS.49/2011 y sus modificaciones “Mediante resoluciones fundadas del ministro de Vivienda y Urbanismo, se podrán señalar todas aquellas operaciones o actos que incidan en la aplicación práctica de este reglamento”. Por lo anterior, para ingresar proyectos habitacionales al banco de proyecto, se debe tener en consideración, las resoluciones de los llamados de los distintos programas, aquí se incorporan subsidios complementarios, tal como, el subsidio del PDA, donde se establecen los alcances y montos ofrecidos para cumplir con las nuevas exigencias.

Adicionalmente, mediante circulares del Subsecretario de Vivienda y Urbanismo, podrán impartirse instrucciones a los Servicios de Vivienda y Urbanización, en adelante también SERVIU, para la aplicación y/o aclaración de las disposiciones del presente reglamento”.

Para postular proyectos habitacionales al Fondo Solidario con Elección de Vivienda, en este decreto se definen los requisitos generales y antecedentes requeridos por los postulantes. Las tipologías de los proyectos habitacionales, consideradas en el DS.49/2011 y sus modificaciones son: a) Construcción en Nuevos Terrenos (CNT), Megaproyectos (MP), b) Densificación Predial (DP), c) Construcción en Sitio Propio (CSP) y d) Pequeño Condominio (PC). Para nuestro estudio nos enfocaremos en la tipología de los CNT – construcción en nuevos terrenos.

Como indica el DS.49/2011: “Los proyectos habitacionales deberán ser presentados al SERVIU por una Entidad Patrocinante acompañando los antecedentes técnicos, legales y sociales a fin de verificar el cumplimiento de los requisitos exigidos por este reglamento.”

La presentación del proyecto, específicamente área técnica con la carpeta Técnica Económica, deben incluir antecedentes, tales como:

a) Planos y especificaciones técnicas de los proyectos de arquitectura y estructura del proyecto aprobado por el permiso de edificación.

b) Permiso de edificación del proyecto completo, incluyendo el del equipamiento si corresponde, otorgado por la DOM respectiva.

## Capítulo 2. Marco teórico

- c) Planos y especificaciones de instalaciones domiciliarias de agua potable, alcantarillado, electricidad u otros, con la firma del profesional competente.
- d) Plano de loteo del proyecto aprobado por la DOM correspondiente.
- e) Permiso de loteo con construcción simultánea.
- f) Planos de los proyectos de urbanización de: pavimentación, aguas lluvias, agua potable, alcantarillado, áreas verdes u otros, con la firma del profesional competente.
- g) Plano de emplazamiento del loteo, con coordenadas de georreferenciación (x, y).
- h) Certificado de factibilidad de dación de servicios emitido por las entidades correspondientes.
- i) Carta Gantt del proyecto.
- j) Presupuesto detallado.
- k) Documentos que acrediten la disponibilidad de terreno.

Para el diseño de proyecto del conjunto habitacional se cumplir con los requisitos establecidos en el itemizado técnico de Construcción, regulado por la resolución exenta N°7713 del 16 de junio de 2017 (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2017), donde se establecen: I) Los requisitos para la presentación de proyecto: a) Antecedentes del Proyecto y b) Normas, manuales y guías para diseño de proyectos.

Asimismo, se debe cumplir con los requisitos técnicos mínimos de la envolvente, los que se acreditan con: a) informes de condensación, b) la acreditación térmica, c) la acreditación de protección contra el fuego y d) la acreditación acústica.

En el presupuesto detallado se debe incluir: a) Obras preliminares; b) Obra Gruesa; c) Terminaciones; d) Instalaciones; e) Urbanización; f) La Habilitación del Terreno; g) Sala multiuso y h) Áreas verdes y recreacionales.

## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.9.1. Aportes al Financiamiento considerados en el llamado al FSEV - CNT en el año 2021.

Los proyectos habitaciones que postulan al Fondo Solidario con Elección de Viviendas se financian con los aportes de los postulantes y los aportes del Estado, a través de subsidios, tales como:

- A) El aporte del postulante es el ahorro mínimo, conforme a su registro social de hogares. Asimismo, éste puede complementar el financiamiento del proyecto con un ahorro adicional, que el Estado premia con un subsidio complementario de 1,5 UF por cada UF aportada por el postulante.
- B) El subsidio base de la tipología del proyecto más el factor multiplicador de la comuna, establecido en la resolución exenta N° 1874 del 20 de marzo de 2015.
- C) Por los subsidios complementarios establecidos en este decreto, tales como: a) El Subsidio Diferenciado a la Localización; b) El Subsidio de Factibilización; c) Subsidio de incentivo y premio al ahorro adicional; d) Subsidio de Densificación en Altura; e) Subsidio por Grupo Familiar; f) Subsidio para personas con discapacidad; g) Subsidio de Equipamiento y Espacio Público; h) Subsidio de Habilitación; i) Subsidio para Territorios Especiales y Localidades Aisladas; k) Subsidio para Proyectos de Mediana Escala.
- D) Aportes de Terceros: los que pueden ser financiados por privados o por organismos del Estado, tales como, el Gobierno Regional (GORE). Los que pueden ir o no, según lo requiera el proyecto.
- E) Subsidios de otros ministerios, tales como, el del Ministerio de Medio Ambiente, se aplica en las zonas donde se encuentran vigentes los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA). Para el caso de Chillán – Chillán Viejo el subsidio adicional es hasta 100 UF. Este aporte viene establecido por las resoluciones de los llamados anuales, para nuestro caso específico se considera la Res. Ex. 244 del 24 de febrero de 2021 (Res. Ex. 224 - Llamado de DS.49 Tipología CNT - 2021, 2021).

## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.9.2. Subsidio del PDA en el año 2021.

Como se indica en la Res. Ex. 244 del 24 de febrero de 2021 (V. y U.), el para el PDA de Chillán – Chillán Viejo, tiene un aumento de hasta 100 UF del subsidio base por postulante y considera los siguientes requisitos para la construcción de viviendas nuevas en la comuna de Chillán Viejo:

En primer lugar, considera la transmitancia térmica máxima de la envolvente con el estándar térmico siguiente, conforme a la tabla del PDA (Normativo & Nacional, 2014), :

Tabla 2, Requisitos de la transmitancia - Subsidio PDA

<i>Elemento</i>	<i>Estándar</i>	<i>Valor</i>
Techo	Valor U [W/m <sup>2</sup> K]	0,28
Muro		0,45
Piso ventilado		0,50
Ventana		3,60
Puerta		1,70

*fuentes 6, elaboración propia*

Otro requisito es el valor R100 mínimo de los materiales aislantes térmicos que se pueden usar:

Tabla 3, Requisitos del Valor R100 – Subsidio PDA

<i>Elemento</i>	<i>Estándar</i>	<i>Valor</i>
Techo	Valor R100 [m <sup>2</sup> K/W]x100	357
Muro		222
Piso ventilado		200

*fuentes 7, elaboración propia*

Del mismo modo, la vivienda debe cumplir con el riesgo de condensación, calculado conforme a la NCh 1973. Con las infiltraciones de aire, de la vivienda completa, con el valor de 8, del estándar de clase de infiltración de aire a 50Pa(ach). Y para las puertas y ventanas, debe cumplir con el valor de 10 del grado de estanqueidad al viento a 100Pa (m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>).

Asimismo, las viviendas deben cumplir con un sistema de ventilación que garantice la calidad del aire interior, conforme a las normas NCh 3308 y NCh 3309.

## Capítulo 3. Metodología

### Capítulo 3. Metodología

En este capítulo se indica la metodología que se utilizó para el desarrollo de esta investigación, como primer lugar se analizó el estado del arte sobre la geotermia de baja entalpia utilizada en viviendas para climatización, consultando la bibliografía y bases de datos científicas que permitan establecer criterios técnicos para la utilización de estos sistemas geotérmicos en viviendas de carácter social, en conjuntos habitacionales financiados por el Estado, a través del Fondo Solidario con Elección de Viviendas.

#### 3.1. Enfoque

El enfoque de esta investigación es de tipo cuantitativo, dado que, éste tipo de estudio es de carácter secuencial, por lo que, sus resultados están representados mediante números y magnitudes, y como en este caso, se evalúa una propuesta económica de 2 casos de estudio con sistemas de bomba de calor geotérmica distrital, con 2 envolventes, que cumplen distinta normativa y grado de financiamiento, a partir de datos concretos como el consumo energético de las viviendas, el diseño del sistema de la bomba de calor y la elaboración de presupuestos, como inversión inicial, de sistemas de climatización, junto con la determinación de costos de mantenimiento y los costos de anualidades de la demanda energética requerida para climatizar la vivienda.

El proceso para llevar a cabo este estudio de forma secuencial es a partir del desarrollo de una vivienda social, estableciendo sus materialidades con el fin de obtener sus valores de consumo energético con el software Revit, y a partir de esos valores, resolver el diseño de los sistemas de bomba de calor en base los presupuestos obtenidos con los índices de precios del ministerio de energía del estado de Chile.

#### 3.2. Alcance

El alcance de la presente investigación es Correlacional, como menciona Hernández Sampieri, los alcances correlacionales asocian conceptos o variables, que permiten predicciones y cuantifican las relaciones entre éstas.

En esta investigación, se asocia el consumo energético para la climatización de la vivienda con el diseño del sistema de bomba de calor geotérmico para acondicionar la vivienda, lo que será medido conforme al requerimiento de la vivienda como la demanda máxima para calefaccionar y la demanda máxima para enfriamiento.

### Capítulo 3. Metodología

La importancia de esta investigación es que permite comparar, los sistemas tradicionales de climatización que usan las familias actualmente en la intercomuna de Chillán y Chillán Viejo con sistemas de climatización con energías renovables no convencionales, tales como, lo son las de bombas de calor geotérmico distrital.

#### 3.3. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es experimental, dado que, a partir del modelo, realizado en Revit, de una vivienda tipo y un conjunto habitacional de 130 viviendas se analizan soluciones de climatización y luego se comparan entre sí para obtener la más eficiente.

En general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Babbie, 2014). Se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador (Fleiss, 2013; O’Brien, 2009 y Green, 2003)

#### 3.4. Definición del conjunto habitacional.

El conjunto habitacional considerado en esta tesis debe contar con las siguientes características, para que sea un aporte como investigación a la sustentabilidad y eficiencia energética de nuestro país, específicamente en la integración de energías renovables no convencionales en la climatización de viviendas sociales.

Las características que debe cumplir el conjunto habitacional son: ser un proyecto de viviendas sociales desarrollado bajo los requisitos del Fondo Solidario con Elección de Viviendas, regulado por DS.49/2011 y sus modificaciones de las tipologías Construcción de Nuevos Terrenos (CNT) o Megaproyecto (MP), por la cantidad de viviendas, mínimo 100 unidades, debe estar ubicado en comunas donde se aplique el subsidio complementario del programa de Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA), ya que las envolventes de las viviendas deben estar actualizadas a las nuevas normas térmicas.

El conjunto seleccionado para el desarrollo de esta tesis es un conjunto habitacional que se establece como caso real, ya que es un proyecto que se está postulando al Fondo Solidario con

### Capítulo 3. Metodología

Elección de Viviendas, regulado por el DS. 49/2011 (V. y U.) y sus modificaciones, que está ubicado en la comuna de Chillán Viejo, región de Ñuble. Por lo tanto, debe cumplir con las exigencias que establece el programa PDA de Chillán – Chillán Viejo. Se considera la transmitancia térmica de la envolvente, de los muros, de la techumbre, de las ventanas y de las puertas. Asimismo, se consideran las infiltraciones de aire, la ventilación y el control de las ganancias solares.

El proyecto seleccionado se llama el Canelo de Ñuble, y está formado por 130 viviendas, ver Figura 5, Loteo El Canelo de Ñuble, comuna de Chillán Viejo. Las viviendas son de estructura metálica, revestidas con siding de fibrocemento, pareadas de 2 niveles. Dentro de las 130, existen 4 viviendas individuales de la tipología D80, que corresponden a viviendas de un piso con características de accesibilidad universal que no se consideran en el estudio. Todas las demás tipologías son viviendas de dos pisos con 3 dormitorios con la misma superficie, misma envolvente y algunas terminaciones diferentes interiormente, ver Figura 6, Plantas de la vivienda modelo y Figura 7, Elevaciones acceso principal y patio posterior de la Vivienda modelo.

Figura 5, Loteo El Canelo de Ñuble, comuna de Chillán Viejo

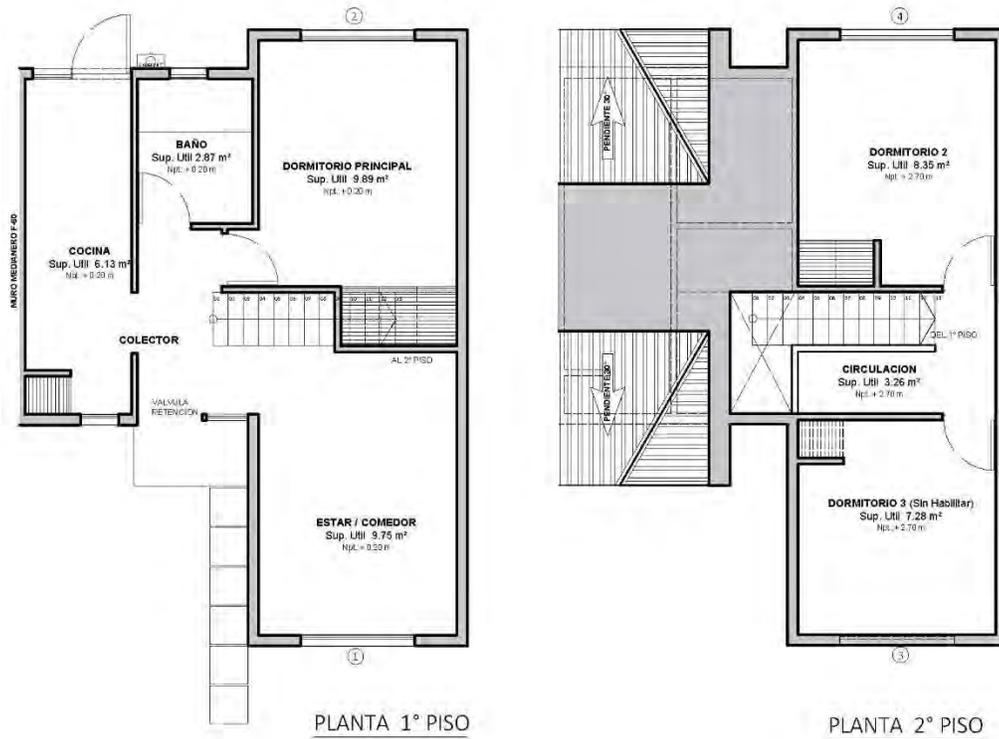


fuentes 8, elaborado por la Entidad Patrocinante Konkreta SpA, 2022

### Capítulo 3. Metodología

Para el análisis se observa que las viviendas tienen orientaciones al norte, sur, este y oeste, por lo que, el análisis se realizara con la orientación más desfavorable con la entrada hacia norte donde tiene solo una ventana de frente.

Figura 6, Plantas de la vivienda modelo



fuentes 9, elaborado por la Entidad Patrocinante Konkreta SpA, 2022

Figura 7, Elevaciones acceso principal y patio posterior de la Vivienda modelo



fuentes 10, elaborado por la Entidad Patrocinante Konkreta SpA, 2022

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.5. Datos y parámetros considerados en el estudio del modelo.

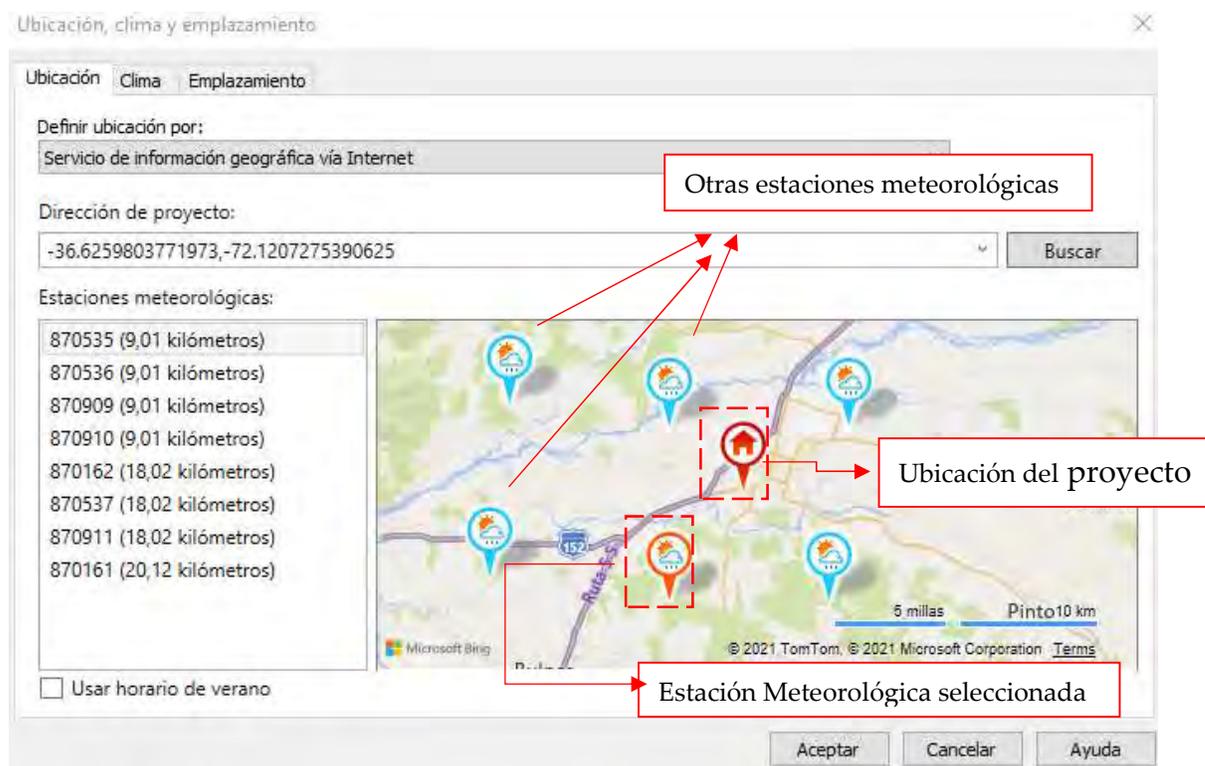
Los datos y parámetros mencionados a continuación son los que se utilizarán en el desarrollo de la vivienda modelo, a través, del Software Revit 2020 y deben cumplir con el Programa Plan de descontaminación Atmosférica de Chillán y Chillán Viejo (PDA).

##### 3.5.1. Estación meteorológica.

La ciudad de estudio es la intercomuna de Chillán-Chillán Viejo, por lo que, dentro de Revit 2020, se debe elegir la estación Meteorológica: 870535, que es la más cercana a la ubicación del proyecto seleccionado.

En la Figura 8, Ubicación Estaciones Meteorológicas Revit 2020 se muestra las estaciones climáticas, cercanas a la ubicación del proyecto seleccionado.

Figura 8, Ubicación Estaciones Meteorológicas Revit 2020



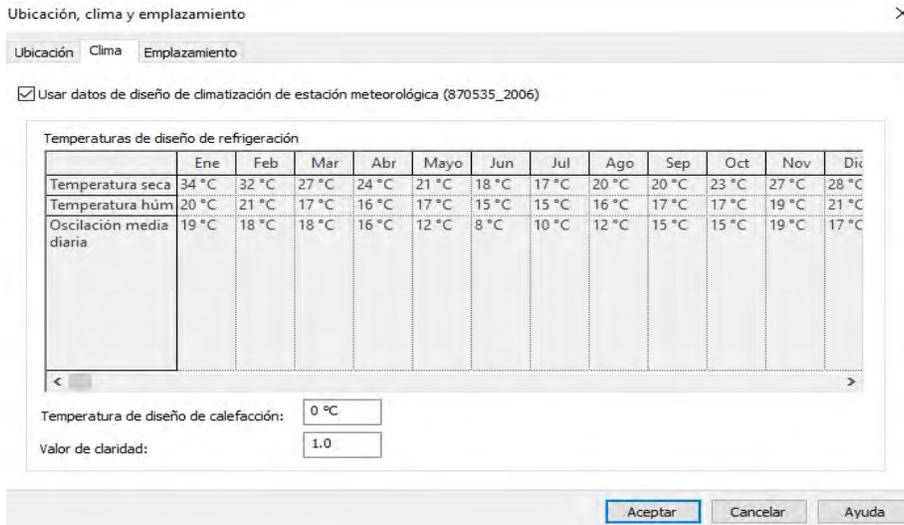
fuentes 11, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.5.2. Datos Clima estación meteorológica

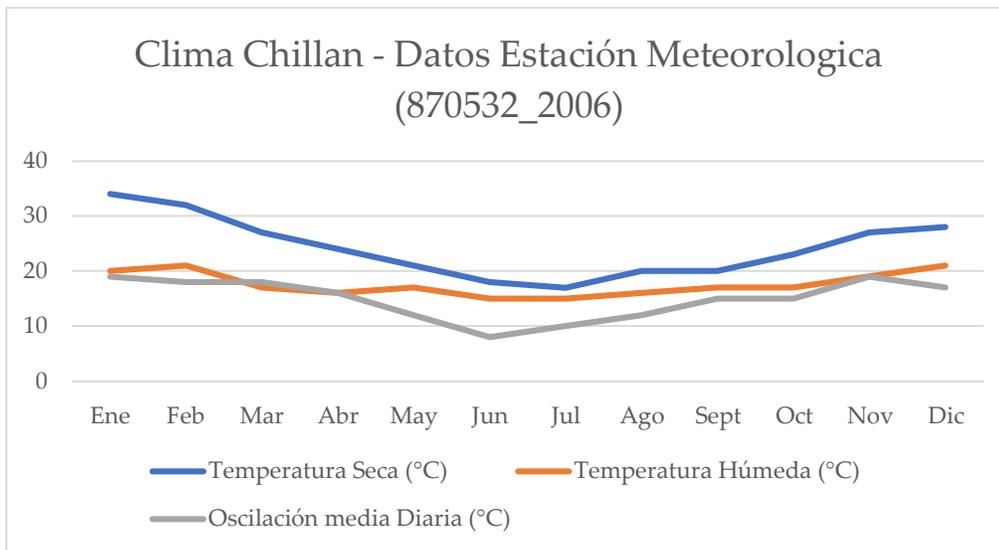
Los datos que arroja esta estación meteorológica son los siguientes, ver Figura 9, Temperaturas de Chillán utilizadas por el Revit en el modelo y posteriormente será utilizada para obtener los informes de cargas.

Figura 9, Temperaturas de Chillán utilizadas por el Revit en el modelo



fuerite 12, elaboración propia

Figura 10, Gráfico con las temperaturas de la estación meteorológicas



fuerite 13, elaboración propia

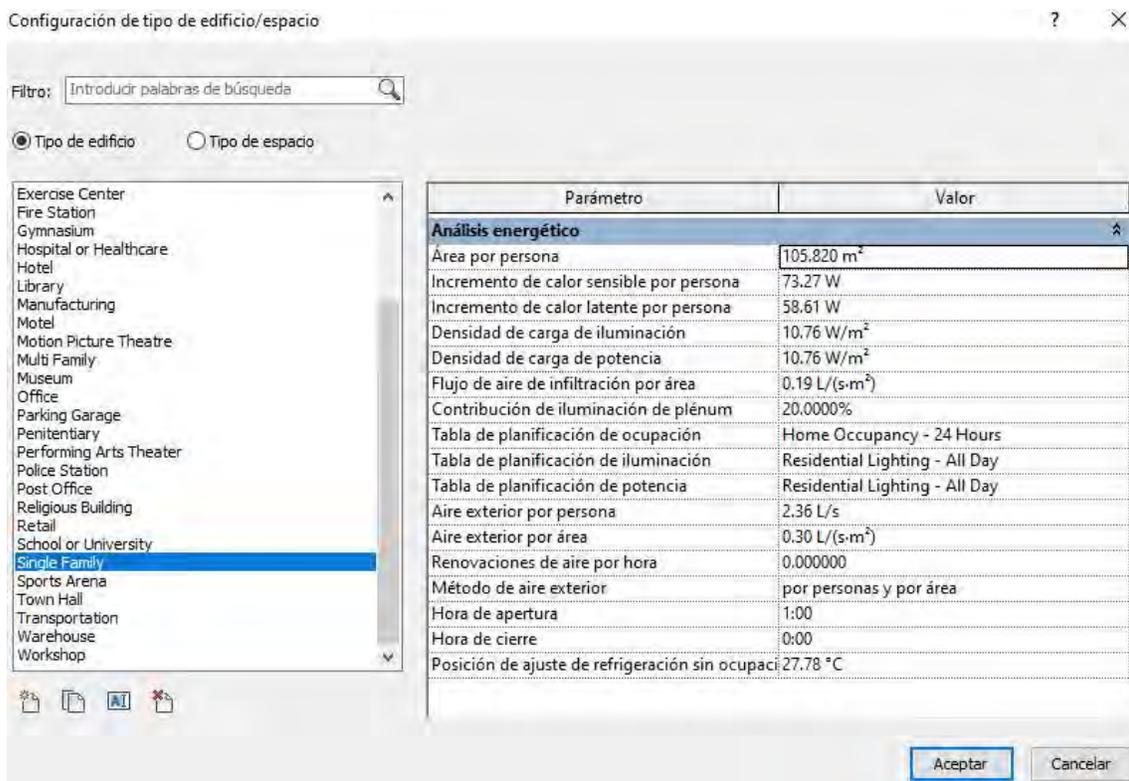
### Capítulo 3. Metodología

#### 3.5.3. Parámetros que se utilizarán en los cálculos de la vivienda modelo

El tipo de uso del edificio para uso del software Revit es el “Single Family”, ver Figura 11, Parámetros de la vivienda modelo, utilizado por Revit – Single Family, que considera 3 ocupantes.

El Revit, además entrega automáticamente los incrementos de calor sensible y calor latente, la densidad de carga de iluminación y potencia, el flujo de aire de infiltración, entre otros.

Figura 11, Parámetros de la vivienda modelo, utilizado por Revit – Single Family



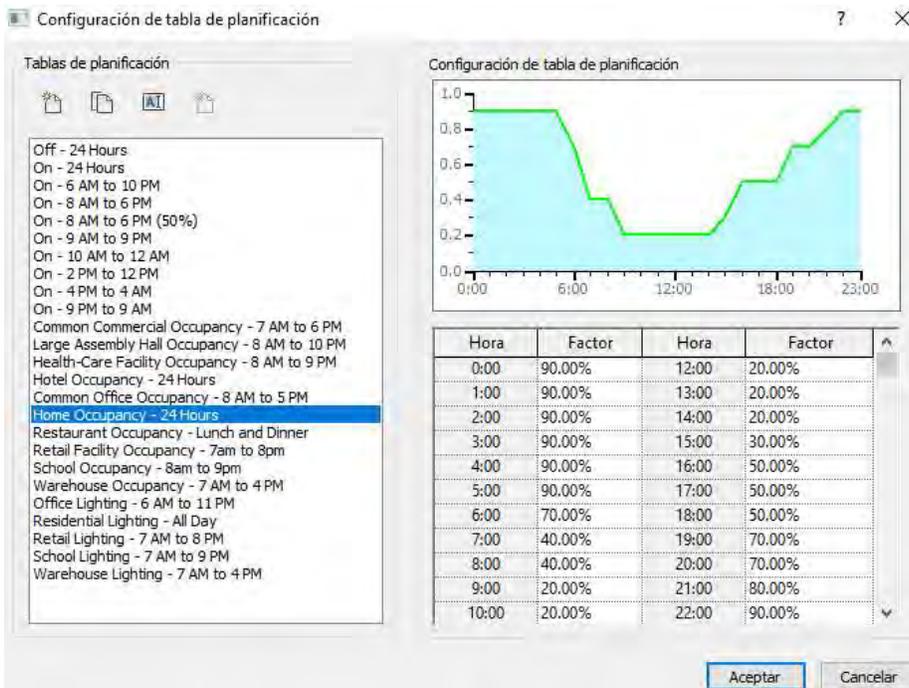
fuentes 14, elaboración propia

Los parámetros utilizados en el estudio son los que se muestran en la figura anterior. Y como es una vivienda unifamiliar, la ocupación está dada por la ocupación las 24 hora, tal como se muestra en la Figura 12, Parámetros de ocupación utilizados en la vivienda modelo.

Y el uso de la iluminación de la vivienda social se define de la forma indicada en la Figura 13, uso iluminación Residential Lightning -All Day.

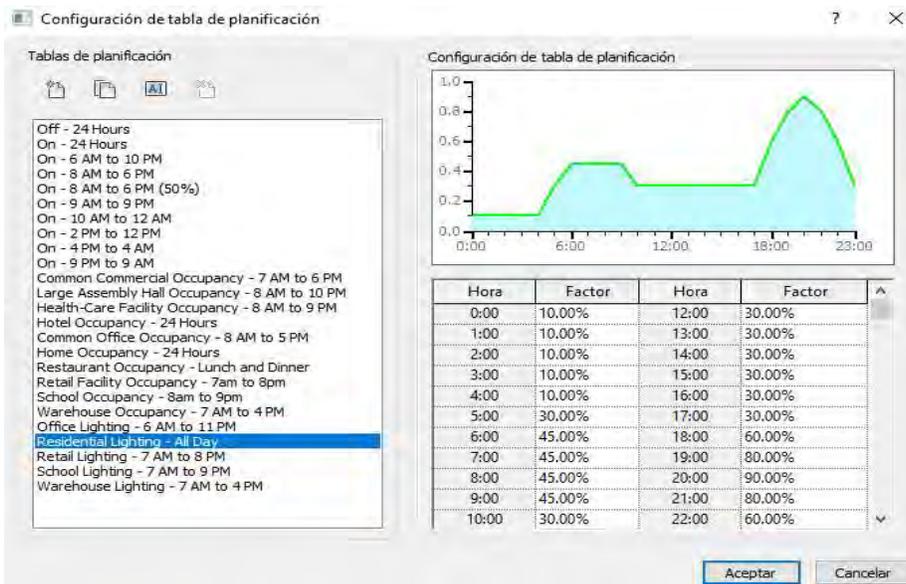
### Capítulo 3. Metodología

Figura 12, Parámetros de ocupación utilizados en la vivienda modelo



fuentes 15, elaboración propia

Figura 13, uso iluminación Residential Lightning -All Day



fuentes 16, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.5.4. Modelo energético de la vivienda tipo en Revit

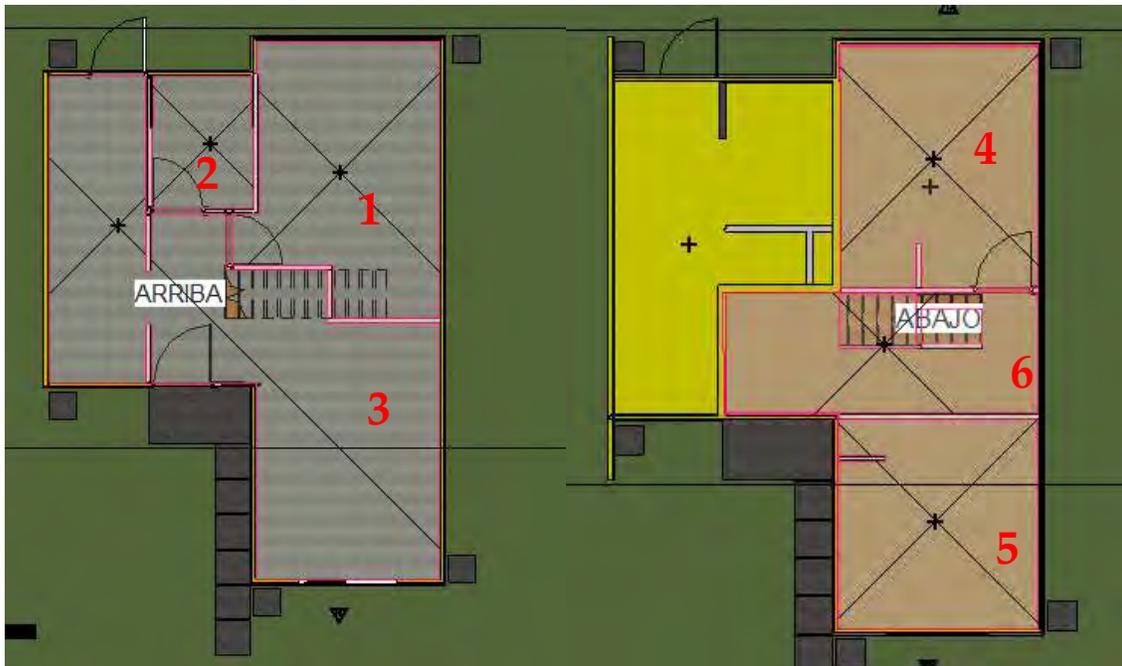
El modelo energético de la vivienda tipo se realiza, en Revit 2020, considerando las siguientes premisas. Para efectos de los cálculos de las cargas se dividió el modelo, 6 recintos, como se indica en la Tabla 4, Recintos considerados en la vivienda modelo y en la Figura 14, Recintos del modelo energético – vivienda tipo.

Tabla 4, Recintos considerados en la vivienda modelo

Piso	Recintos	
1	1	Dormitorio Principal
	2	Baño
	3	Cocina, comedor, vía de circulación
2	4	Dormitorio 2
	5	Dormitorio 3
	6	Vía de circulación segundo piso

fuelle 17, elaboración propia

Figura 14, Recintos del modelo energético – vivienda tipo

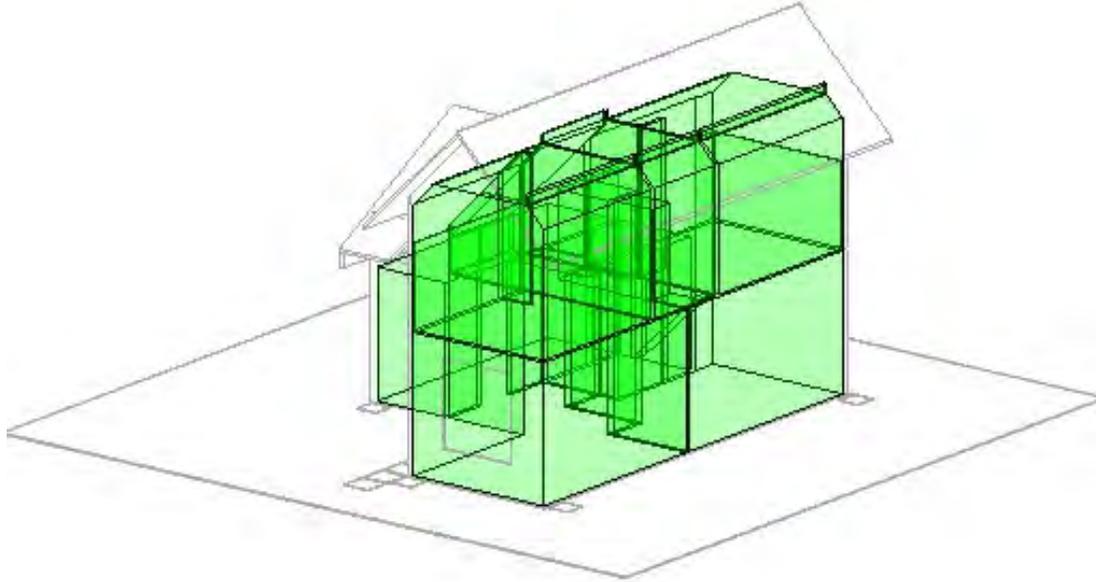


fuelle 18, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

Luego, una vez realizada la división de recintos, el modelo energético se visualiza en la Figura 15, modelo energético vivienda modelo y en la Figura 16, corte del modelo energético.

Figura 15, modelo energético vivienda modelo



fuentes 19, elaboración propia

Figura 16, corte del modelo energético



fuentes 20, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.6. Cargas de energéticas requeridas por la vivienda modelo.

Las cargas térmicas del modelo energético de la vivienda tipo, se calcularon, considerando una envolvente que cumpla con las exigencias del PDA de Chillán – Chillán Viejo. Por lo tanto, se usaron los espesores de aislación y requerimientos de la envolvente, la infiltración menor, ventanas de termopanel y puertas de madera maciza, tal como se indica a continuación:

##### 3.6.1. Elementos de la envolvente de la vivienda modelo.

Los elementos de la envolvente considerados en el análisis de las cargas energéticas son: Los muros exteriores zonas secas, muros exteriores zonas húmedas, la cubierta, las puertas y las ventanas exteriores, como se muestra en la Figura 17, PDA - Elementos de la envolvente considerados en el estudio de la vivienda tipo.

Figura 17, PDA - Elementos de la envolvente considerados en el estudio de la vivienda tipo

Propiedades de análisis  
 Por defecto, las propiedades de análisis se generan a partir de información de tipos conceptuales.  
 Las propiedades de tipos esquemáticos se utilizan si se ha seleccionado modificar.

Categoría	Modificación	Construcción analítica
Cubiertas	<input checked="" type="checkbox"/>	Cubierta metálica, panel de aislamiento R-19 (U=0.2550 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Muros exteriores	<input checked="" type="checkbox"/>	Muro de estructura con aislamiento de 3 pulg (U=0.4392 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Muros interiores	<input type="checkbox"/>	Construcción de armazón, aislamiento R-11 más R-4, entramados de madera (U=0.4144 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Techos	<input type="checkbox"/>	Interior de vigueta de madera (U=1.2585 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Suelos	<input type="checkbox"/>	Plataforma de suelo de hormigón ligero de 2 pulg (U=3.7475 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Losas	<input type="checkbox"/>	Sólido sin aislamiento (U=0.7059 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Puertas	<input checked="" type="checkbox"/>	Madera sólida, contrapuerta de madera (U=1.6466 W/(m <sup>2</sup> ·K))
Ventanas exteriores	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventanas pequeñas con cristalera doble (U=3.1704 W/(m <sup>2</sup> ·K), SHGC=0.76)
Ventanas interiores	<input type="checkbox"/>	Ventanas grandes con cristalera simple (U=3.6898 W/(m <sup>2</sup> ·K), SHGC=0.86)
Claraboyas	<input type="checkbox"/>	Ventanas grandes con cristalera doble (revestimiento reflectante) - industrial (U=3.1956 W/(m <sup>2</sup> ·K), SHGC=0.13)

Factor de sombra ventanas ext.: 0

fuerite 21, elaboración propia

A continuación, se muestra en detalle los elementos de la envolvente de la vivienda modelo. En cada elemento se detallan los materiales, espesores, densidad y conductividad térmica de cada material componente del elemento. Luego, se muestra en la figura siguiente como estos parámetros quedaron en el modelo energético Revit.

### Capítulo 3. Metodología

#### Muro Exterior zona seca

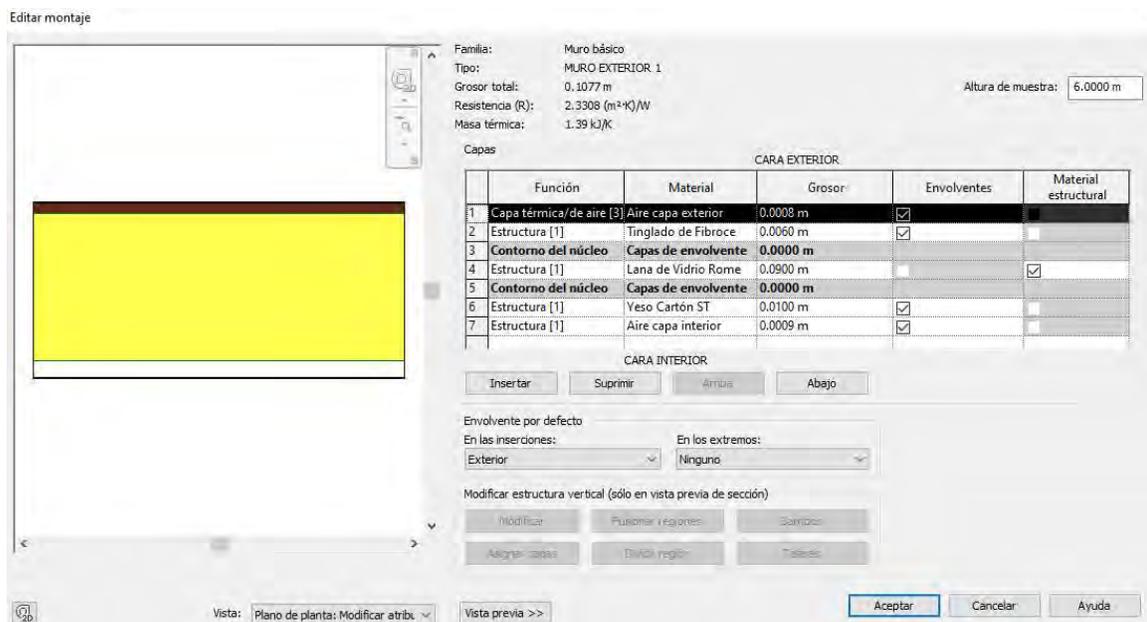
El muro exterior de la zona seca debe cumplir con el PDA y tiene una resistencia térmica de 2.3308 ( $m^2 \cdot ^\circ K$ ) / W, tal como, se detalla en la Figura 18, PDA - Elemento de la envolvente – Muro exterior 1 y sus materiales componentes se detallan en la Tabla 5, PDA - Muro Exterior zona Seca, como se muestra a continuación.

Tabla 5, PDA - Muro Exterior zona Seca

Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, $\lambda$ (W / (m <sup>2</sup> * °C)
Rev. EXTERIOR	Tinglado de fibrocemento e=6mm	0,006	1.000	0,230
Barrera Humedad	Papel Fieltro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana de vidrio e=90mm / d=11Kg/m3	0,090	11	<b>0,043</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior	Plancha de Yeso Cartón Gyplac ST e=10mm	0,010	650	0,240

fuelle 22, elaboración propia

Figura 18, PDA - Elemento de la envolvente – Muro exterior 1



fuelle 23, elaboración propia

#### Muro Exterior zona húmeda Baño

El muro exterior de la zona húmeda baño debe cumplir con el PDA y tiene una resistencia térmica de 2.3384 ( $m^2 \cdot ^\circ K$ ) / W, tal como, se detalla en la Figura 19, PDA - Elemento de la envolvente – Muro

### Capítulo 3. Metodología

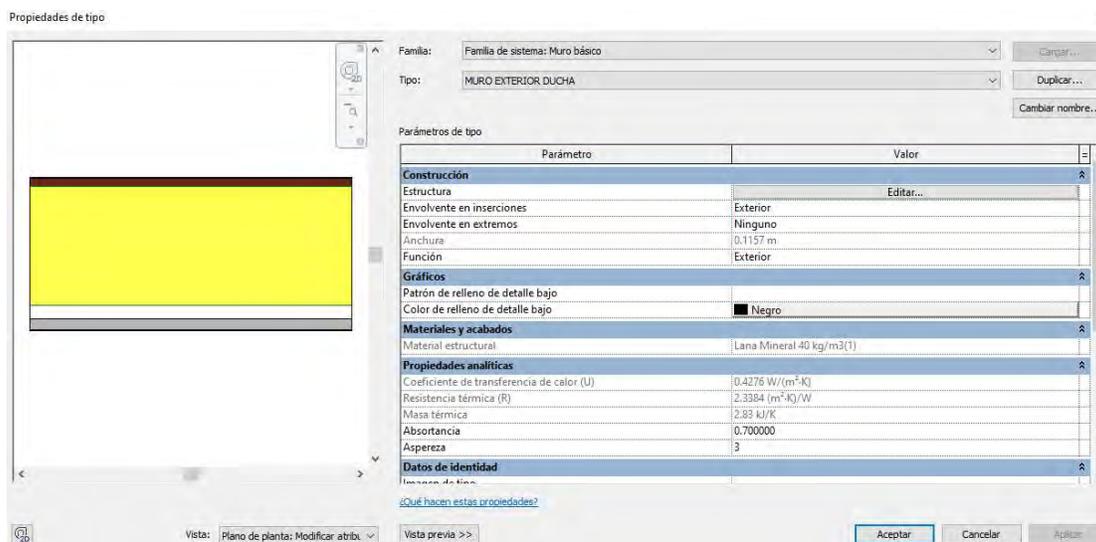
exterior ducha y sus materiales componentes se detallan en la Tabla 6, PDA - Muro Exterior zona húmeda - baño , como se muestra a continuación.

Tabla 6, PDA - Muro Exterior zona húmeda - baño

Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, $\lambda$ W/ (m <sup>2</sup> * °K)
Rev. EXTERIOR	Tinglado de fibrocemento e=6mm	0,006	1.000	0,230
Barrera Humedad	Papel Fieltro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana mineral e=90mm / d=40Kg/m3	0,090	40	<b>0,042</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior base	Plancha de Yeso Cartón Gyplac RH e=12,5mm	0,010	650	0,240
Revestimiento interior	Cerámica de muro 20x30cm	0,008	-	1,050

fuelle 24, elaboración propia

Figura 19, PDA - Elemento de la envolvente – Muro exterior ducha



fuelle 25, elaboración propia

#### Muro Exterior zona húmeda cocina

El muro exterior de la zona húmeda cocina debe cumplir con el PDA y tiene una resistencia térmica de 2.3412 (m<sup>2</sup> \* °K) / W, tal como, se detalla en la Figura 20, PDA - Muro exterior S/H y sus

### Capítulo 3. Metodología

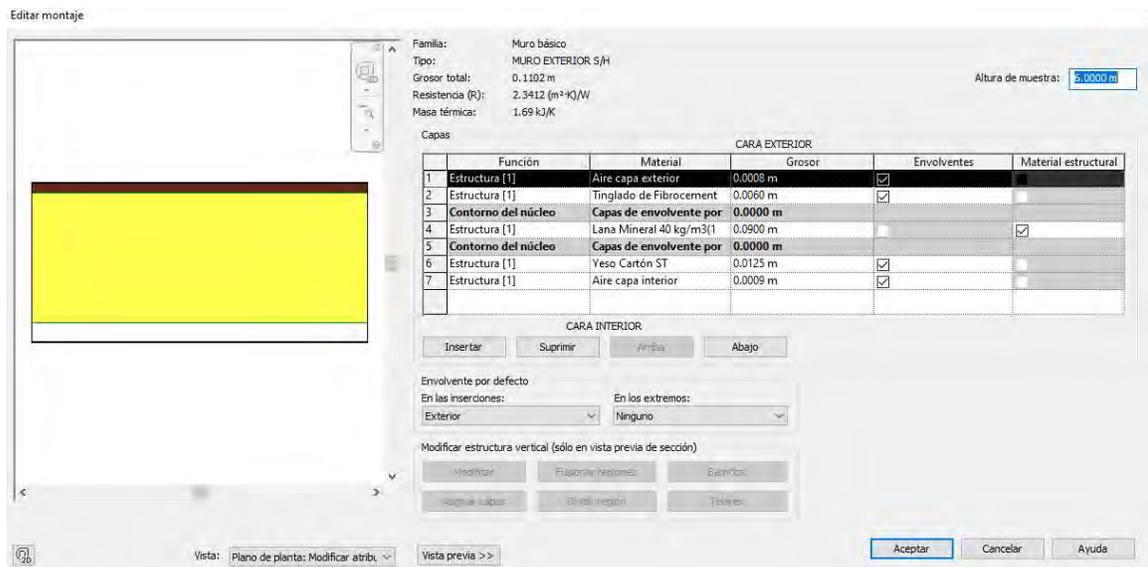
materiales componentes se detallan en la Tabla 7, PDA - Muro zona húmeda - cocina, como se muestra a continuación.

Tabla 7, PDA - Muro zona húmeda - cocina

Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m <sup>2</sup> * K)
Rev. EXTERIOR	Tinglado de fibrocemento e=6mm	0,006	1.000	0,230
Barrera Humedad	Papel Fieltro 10/40	-	-	-
Aislación Térmica	Lana mineral e=90mm / d=40Kg/m3	0,090	40	0,042
Barrera de vapor	Papel Kraft	-	-	-
Revestimiento interior base	Plancha de Yeso Cartón Gyplac RH e=12,5mm	0,010	650	0,240

fuelle 26, elaboración propia

Figura 20, PDA - Muro exterior S/H



fuelle 27, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### Techumbre

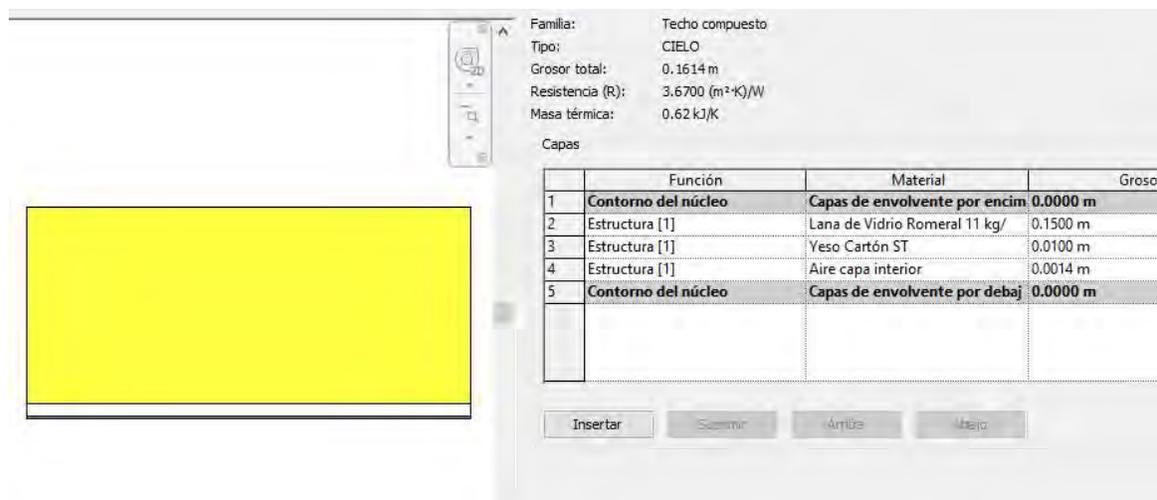
La techumbre, específicamente el cielo del segundo piso, debe cumplir con el PDA y tiene una resistencia térmica de 3.6700 ( $m^2 \cdot ^\circ K/W$ ), tal como, se detalla en la Figura 21, PDA - Techumbre - cielo compuesto y se sus materiales componentes se detallan en la Tabla 8, PDA - Techo compuesto - Cielo, como se muestra a continuación.

Tabla 8, PDA - Techo compuesto - Cielo

Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m <sup>2</sup> * K)
Rev. EXTERIOR	Zinc Alum Onda ST e=0,4mm	0,000	1.000	-
Barrera Humedad	Papel Filtro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana de vidrio e=160mm / d=11Kg/m3	0,150	11	<b>0,043</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior	Plancha de Yeso Cartón Gyplac ST e=10mm	0,010	650	0,240

fuelle 28, elaboración propia

Figura 21, PDA - Techumbre - cielo compuesto



fuelle 29, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### Ventanas

Las ventanas de la vivienda tipo debe cumplir con el PDA, por lo tanto, debe ser una ventana con termopanel, doble vidrio estanco y tiene una resistencia térmica de  $0.3196 \text{ (m}^2 \cdot \text{°K) / W}$ , tal como, se detalla en la Figura 22, PDA - Ventanas Vidrio doble, como se detalla a continuación.

Figura 22, PDA - Ventanas Vidrio doble

Propiedades analíticas	
Construcción analítica	Cristalera doble - Doméstica
Definir propiedades térmicas por	Tipo esquemático
Transmitancia de luz visual	0.810000
Coefficiente de incremento de calor solar	0.760000
Resistencia térmica (R)	0.3196 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Coefficiente de transferencia de calor (U)	3.1292 W/(m <sup>2</sup> ·K)

fuelle 30, elaboración propia

#### Puertas

Las puertas de la vivienda tipo debe cumplir con el PDA, por lo tanto, debe ser una puerta de madera sólida, sin huecos y tiene una resistencia térmica de  $0.6073 \text{ (m}^2 \cdot \text{°K) / W}$ , tal como, se detalla en la Figura 23, PDA - Puerta exterior – madera sólida, tal como se detalla a continuación.

Figura 23, PDA - Puerta exterior – madera sólida

Propiedades analíticas	
Construcción analítica	Madera sólida, contrapuerta de madera
Definir propiedades térmicas por	Tipo esquemático
Transmitancia de luz visual	0.000000
Resistencia térmica (R)	0.6073 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Coefficiente de incremento de calor solar	0.000000
Coefficiente de transferencia de calor (U)	1.6466 W/(m <sup>2</sup> ·K)

fuelle 31, elaboración propia

#### Muro medianero

El muro medianero, se consideró como un tabique interior para que no haya transferencia de calor.

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.6.2. Resumen de resultados cargas de climatización para la vivienda tipo.

Con los parámetros anteriores y los indicados en la Tabla 9, Resumen de Resultados Revit 2020 – vivienda modelo , el software Revit genera los cálculos y entrega la densidad de la carga de refrigeración de 75,25 (W/m<sup>2</sup>) para enfriamiento **en el mes de febrero de a las 14:00 horas** y la densidad de carga para calefacción de 43,92 (W/m<sup>2</sup>). En la Figura 24, Resumen de Construcción – Resultados entregados por Revit – Vivienda tipo, se muestra el resumen de los resultados entregados por el software Revit para la vivienda modelo.

Tabla 9, Resumen de Resultados Revit 2020 – vivienda modelo - PDA

Tipo de edificio	Single Family
Instalaciones del edificio	Bomba de calor por circuito de agua
Infiltración del edificio	Reducida
Puerta y ventana	Madera sólida y vidrio doble
Nº de personas	3
<b>Densidad refrigeración (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>75,25</b>
<b>Densidad calefacción (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>43,92</b>

fuelle 32, elaboración propia

Figura 24, Resumen de Construcción – Resultados entregados por Revit – Vivienda tipo

Entradas	
Tipo de edificio	Single Family
Área (m <sup>2</sup> )	56
Volumen (m <sup>3</sup> )	135.27
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>4,247</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	3,839
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	408
Capacidad máxima de refrigeración (W)	4,247
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	386.7
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>2,479</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	153.6
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	75.25
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	6.85
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	91.06
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	13.29
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	43.92
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.72

fuelle 33, elaboración propia

Considerando, los resultados obtenidos anteriormente, tenemos como resumen de la estimación del consumo de energía para diseñar un sistema de climatización de la vivienda tipo, tal como se

### Capítulo 3. Metodología

indica en la Tabla 11, PDA - Requerimiento energético de la vivienda modelo (W) el valor de 4,247 kW-h para refrigeración.

Tabla 10, PDA - Resumen de resultados (W/m2),

<i>Proyecto en comparativa de ENVOLVENTE</i>	<i>REFRIGERACION W/m2</i>	<i>CALEFACCION W/m2</i>
Envolvente PDA Chillán – Chillán Viejo	<b>75,25</b>	43,92

*fuentes 34, elaboración propia*

Y los requerimientos de las viviendas de 56 m2 son los siguientes:

Tabla 11, PDA - Requerimiento energético de la vivienda modelo (W)

<i>Proyecto en comparativa de ENVOLVENTE</i>	<i>REFRIGERACION W</i>	<i>CALEFACCION W</i>
Envolvente PDA Chillán – Chillán Viejo	<b>4.247</b>	2.479

*fuentes 35, elaboración propia*

En el Anexo C, se entrega un detalle de los parámetros y resultados entregados por el software Revit, detallado por cada recinto de la vivienda modelo.

#### 3.6.3. Elementos de la envolvente de la vivienda modelo con envolvente RT-zona 4.

Para obtener las cargas de climatización para esta envolvente que sólo cumple con los requerimientos del Reglamento Térmico de la zona 4 y las exigencias requeridas para cumplir con un envolvente F-15 del catálogo de soluciones constructivas de protección contra el fuego del ministerio de vivienda y urbanismo. Por lo tanto, se tuvo que mejorar el requerimiento de aislación térmica, de los muros perimetrales a 40mm para cumplir con el F-15 de los muros perimetrales.

Los elementos constructivos, considerados para el análisis de la vivienda con envolvente RT-zona 4, son los siguientes: muro exterior zonas secas, muros exterior zonas húmedas de la ducha y de la cocina, el cielo de la techumbre, las puertas de madera hueca y las ventanas con vidrios simples.

### Capítulo 3. Metodología

La resistencia térmica de los elementos se muestra en las siguientes tablas y figuras, donde se detalla cada uno de los elementos.

En la Tabla 12, RT Zona 4 - Muros exteriores zonas secas, están los espesores de los materiales aislantes y tienen una resistencia térmica de 1.16880 (m<sup>2</sup> \* °K) /W.

Tabla 12, RT Zona 4 - Muros exteriores zonas secas

Elemento	Material	Espesor (m)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, λ W/(m * K)
Rev. EXTERIOR	Tinglado de fibrocemento e=6mm	0,006	1.000	0,230
Barrera Humedad	Papel Fieltro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana de vidrio e=40mm / d=11Kg/m3	0,040	11	<b>0,043</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior	Plancha de Yeso Cartón Gyplac ST e=10mm	0,010	650	0,240

fuelle 36, elaboración propia

En la Tabla 13, RT Zona 4 - Muros exterior, zonas húmeda - baño ducha. Están los espesores de los materiales aislantes y tienen una resistencia térmica de 1.1756 (m<sup>2</sup> \* °K) /W.

Tabla 13, RT Zona 4 - Muros exterior, zonas húmeda - baño ducha

Elemento	Material	Espesor (m)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, λ W/(m * K)
Rev. EXTERIOR	Tinglado de fibrocemento e=6mm	0,006	1.000	0,230
Barrera Humedad	Papel Fieltro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana mineral e=40mm / d=40Kg/m3	0,040	40	<b>0,042</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior base	Plancha de Yeso Cartón Gyplac RH e=12,5mm	0,010	650	0,240
Revestimiento interior	Cerámica de muro 20x30cm	0,008	-	1,050

fuelle 37, elaboración propia

En la Tabla 14, RT Zona 4, Muro exterior zona húmeda - cocina. Están los espesores de los materiales aislantes y tienen una resistencia térmica de 1.1784 (m<sup>2</sup> \* °K) /W.

### Capítulo 3. Metodología

Tabla 14, RT Zona 4, Muro exterior zona húmeda - cocina

Elemento	Material	Espesor (m)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m * K)
Rev. EXTERIOR	Tinglado de fibrocemento e=6mm	0,006	1.000	0,230
Barrera Humedad	Papel Filtro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana mineral e=40mm / d=40Kg/m3	0,040	40	<b>0,042</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior base	Plancha de Yeso Cartón Gyplac RH e=12,5mm	0,010	650	0,240

fuelle 38, elaboración propia

En la Tabla 15, RT Zona 4 - techumbre - cielo. Están los espesores de los materiales aislantes y tienen una resistencia térmica de 2.5072 ( $m^2 * ^\circ K$ ) /W.

Tabla 15, RT Zona 4 - techumbre - cielo

Elemento	Material	Espesor (m)	Densidad Aparente (Kg/m3)	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m * K)
Rev. EXTERIOR	Zinc Alum Onda ST e=0,4mm	0,000	1.000	-
Barrera Humedad	Papel Filtro 10/40	-		-
Aislación Térmica	Lana de vidrio e=100mm / d=11Kg/m3	0,100	11	<b>0,043</b>
Barrera de vapor	Papel Kraft	-		
Revestimiento interior	Plancha de Yeso Cartón Gyplac ST e=10mm	0,010	650	0,240

fuelle 39, elaboración propia

En la Figura 25, RT Zona 4 - ventanas con vidrios simples. Están los espesores de los materiales aislantes y tienen una resistencia térmica de 0.1602 ( $m^2 * ^\circ K$ ) /W.

Figura 25, RT Zona 4 - ventanas con vidrios simples

Propiedades analíticas	
Construcción analítica	Cristalera simple SC = 0.2
Definir propiedades térmicas por	Tipo esquemático
Transmitancia de luz visual	0.080000
Coefficiente de incremento de calor solar	0.190000
Resistencia térmica (R)	0.1492 ( $m^2 \cdot K$ )/W
Coefficiente de transferencia de calor (U)	6.7018 W/( $m^2 \cdot K$ )

fuelle 40, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

En la Figura 26, RT Zona 4 - puertas madera hueca. Están los espesores de los materiales aislantes y tienen una resistencia térmica de  $0.3145 \text{ (m}^2 \cdot \text{°K) /W}$ .

Figura 26, RT Zona 4 - puertas madera hueca

Propiedades analíticas	
Construcción analítica	Madera hueca
Definir propiedades térmicas por	Tipo esquemático
Transmitancia de luz visual	0.000000
Resistencia térmica (R)	0.3145 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Coefficiente de incremento de calor solar	0.000000
Coefficiente de transferencia de calor (U)	3.1796 W/(m <sup>2</sup> ·K)

fuelle 41, elaboración propia

#### 3.6.4. Resumen de resultados cargas de climatización para la vivienda Modelo con envolvente RT-zona 4.

Considerando la resistencia térmica de los elementos constructivos de la envolvente que cumple con el RT Zona 4, de la Tabla 16, RT Zona 4 - Resumen resultados de cargas térmicas, el software Revit genera los cálculos y entrega la densidad de la carga de refrigeración de  $43,75 \text{ (W/m}^2\text{)}$  y la densidad de carga para calefacción de  $64,86 \text{ (W/m}^2\text{)}$ . En la Figura 27, RT Zona 4 - Resumen Cargas Térmicas, se muestra el resumen de los resultados entregados por el software Revit para la vivienda modelo.

Tabla 16, RT Zona 4 - Resumen resultados de cargas térmicas

Instalaciones del Edificio	Bomba de calor por circuito de agua
Infiltración del edificio	Media
puertas y ventanas	huecas y vidrios simples
Nº de personas	3
<b>Densidad refrigeración (W/m2)</b>	<b>43,75</b>
<b>Densidad calefacción (W/m2)</b>	<b>64,86</b>

fuelle 42, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

Figura 27, RT Zona 4 - Resumen Cargas Térmicas

<b>Entradas</b>	
Tipo de edificio	Single Family
Área (m <sup>2</sup> )	57
Volumen (m <sup>3</sup> )	140.12
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>2,513</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,493
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	20
Capacidad máxima de refrigeración (W)	2,513
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	133.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>3,726</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	254.2
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	43.75
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.32
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	53.00
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	22.86
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	64.86
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	4.43

fuerite 43, elaboración propia

Considerando, los resultados obtenidos por el software Revit, tenemos como resumen de la estimación del consumo de energía para diseñar el sistema de climatización de la vivienda con envolvente RT Zona 4, tal como se indica en la Tabla 18, RT Zona 4 - requerimientos de las viviendas (W) con el valor de 3,726 kW-h para calefacción.

Tabla 17, RT Zona 4 - Requerimientos de cargas (W /m<sup>2</sup>)

Proyecto en comparativa de ENVOLVENTE	REFRIGERACION W/m2	CALEFACCION W/m2
1. Envolvente OGUC – Zona 4	43,75	<b>64,86</b>

fuerite 44, elaboración propia

Tabla 18, RT Zona 4 - requerimientos de las viviendas (W)

Proyecto en comparativa de ENVOLVENTE	REFRIGERACION W	CALEFACCION W
1. Envolvente OGUC – Zona 4	2.513	<b>3.726</b>

fuerite 45, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.7. Diseño del sistema geotérmico distrital para climatización.

En el diseño del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico distrital del conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, se estimarán conforme a los equipos, partes o elementos considerados por el manual Índices del Precios de bombas de Calor del ministerio de energía, ya que en este estudio solo se requiere una estimación del precio de inversión de un sistema de bomba de calor geotérmico para la climatización del conjunto habitacional.

Conforme a lo anterior, para el desarrollo de este punto se consideran los siguientes apartados: Los requerimientos del sistema de climatización, El sistema de generación con energía geotérmica, El sistema de captación geotérmico, el sistema de emisión de la climatización y la red de distribución distrital, con estos antecedentes posteriormente se estimará el presupuesto de costo de inversión.

##### 3.7.1. Requerimientos del sistema de climatización

Los requerimientos del sistema de climatización geotérmica se diseñarán para cumplir con la demanda máxima de refrigeración calculada por el software Revit en el apartado anterior.

Con los valores obtenidos del análisis de la vivienda modelo, a través del software Revit, como lo son: para calefacción de 43,92 (W/m<sup>2</sup>) y para refrigeración de 75,25 (W/m<sup>2</sup>). Con estos valores se elige el más desfavorable, por lo tanto, se considera el requerimiento de la refrigeración para el diseño del sistema de climatización, considerando que con el cambio climático los requerimientos de enfriamiento serán cada vez más requeridos en ciudades como Chillán.

Tabla 19, Requerimiento energético del conjunto habitacional

<i>Dato de entrada</i>	<i>valor</i>	<i>Unidad</i>
Requerimiento Sistema	<b>75,25</b>	Wt
Consumo vivienda	4,25	kWt
N° de Viviendas	130	c/u
Requerimiento del Conjunto habitacional	552,11	kWt
Factor de Simultaneidad	0,685	
<b>Requerimiento Sistema Distrital</b>	<b>378,20</b>	<b>kWt</b>

*fuentes 46, elaboración propia*

### Capítulo 3. Metodología

Por lo anterior, el valor requerido para iniciar el diseño es de 4,25 kWt, requerido por cada vivienda, que es el valor de la densidad de refrigeración requerido por la vivienda modelo el 14 de febrero, a las 14 horas, fecha entregada por Revit como la más desfavorable para la condición de refrigeración en la ciudad de Chillán.

Luego, tenemos el requerimiento del conjunto habitacional de 130 viviendas es de 547,30 kWt como valor simultaneo, pero como el sistema de climatización será un diseño distrital se considera un “factor de simultaneidad o de diversidad de la demanda”(EBP Chile SpA AG, 2019). Y dado que como el conjunto habitacional es un sistema de baja escala 130 viviendas se tiene menor diversidad que un sistema de alta escala, como una ciudad o comuna, por ejemplo. Entonces, como se trata de una estimación, se considera el promedio del factor de simultaneidad igual a  $FS=0,685$ , ya que este factor considera la diversidad de la demanda de los consumidores y es muy poco probable que todos los usuarios usen el sistema a su máxima capacidad al mismo tiempo. Para el caso de estudio del conjunto habitacional es muy poco probable que todas las viviendas tengas encendido los fancoils a su máxima capacidad al mismo tiempo, es más probable que la mayoría de las viviendas sólo tengas los fancoils encendidos en las habitaciones que están en uso.

En sistemas de baja de temperatura el factor podría estar entre 0.57 y 0.79, como se indica en la ASHRAE, donde Werner en 1984 se hizo un estudio de las cargas de calefacción en 6 sistemas de calefacción distrital de baja temperatura en Suiza y encontró el factor de simultaneidad de (FS) de la demanda indicados anteriormente

Por lo tanto, para el diseño del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico se requiere una potencia de 378,20 kWt, como muestra en la Tabla 19, Requerimiento energético del conjunto habitacional.

El sistema servirá para climatizar la vivienda durante todo el año, es decir en invierno calefaccionará por 6 meses y en verano enfriar la vivienda por un periodo de 5 meses.

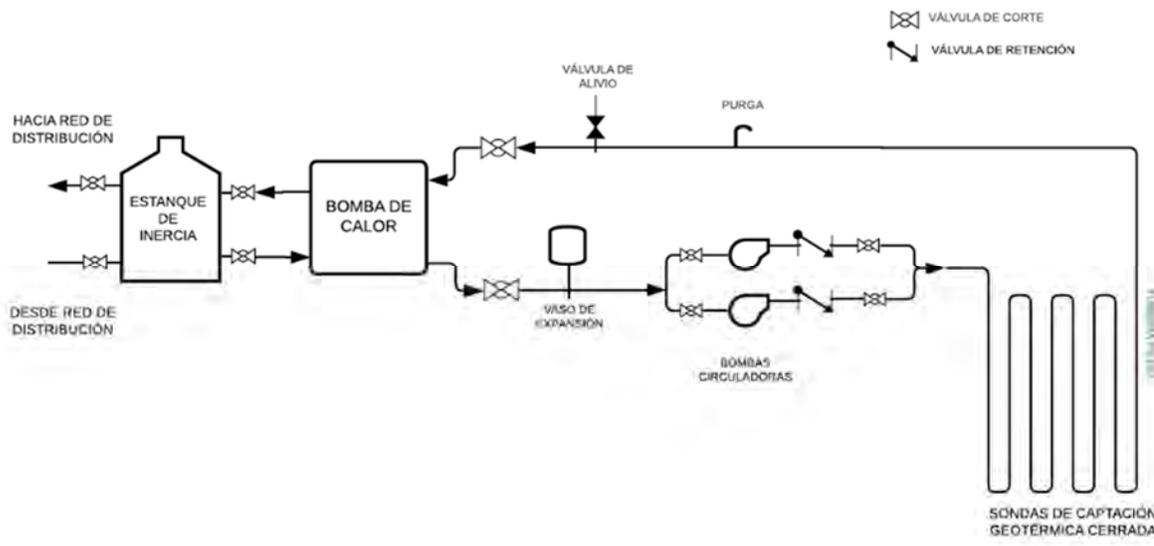
### Capítulo 3. Metodología

#### 3.7.2. Sistema de generación con bomba de calor geotérmica.

En este sistema de generación considera los elementos requeridos para satisfacer la demanda energética obtenidos en el punto anterior. Lo podemos dividir en bombas de calor generadas de energía térmica y el sistema de captación de la energía del suelo.

En el esquema de la Figura 28, Sistema de generación con bomba de calor geotérmica distrital – captación cerrada, se pueden observar los distintos elementos del sistema de generación, tales como: la bomba de Calor, el estanque de inercia, las bombas circuladoras, las sondas de captación geotérmica cerrada, etc.

Figura 28, Sistema de generación con bomba de calor geotérmica distrital – captación cerrada

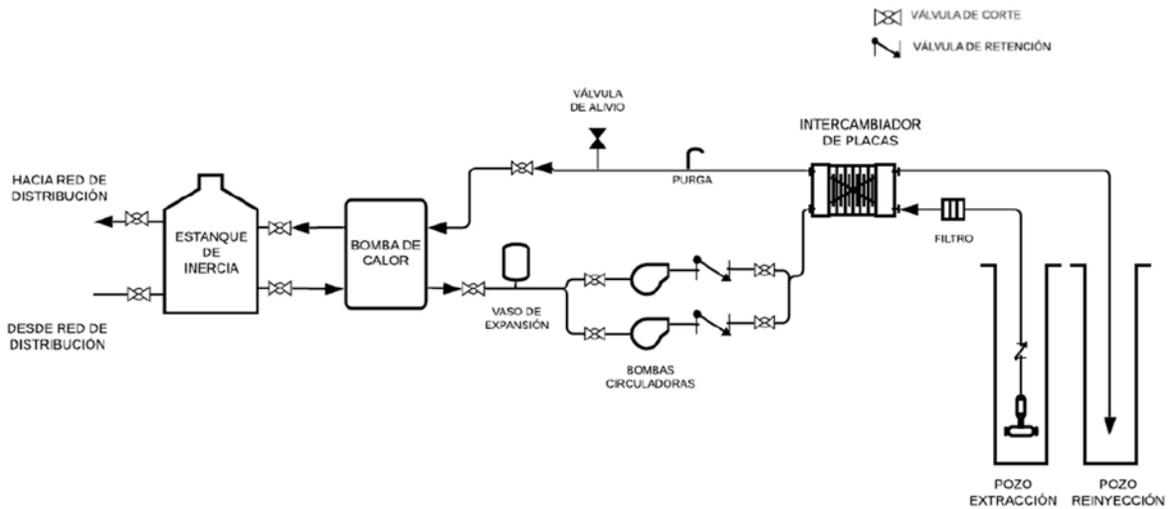


fuelle 47, Vicencio, V. 2021

En el esquema de la Figura 29, Sistema de generación con bomba de calor geotérmica distrital – captación abierta, se pueden observar los distintos elementos del sistema de generación, tales como: la bomba de Calor, el estanque de inercia, las bombas circuladoras, el intercambiador de placas, el pozo de extracción, el pozo de reinyección, etc.

### Capítulo 3. Metodología

Figura 29, Sistema de generación con bomba de calor geotérmica distrital – captación abierta



fuelle 48, Vicencio, V. 2021

Para nuestro caso de estudio, se considerará la captación por sondas de circuito cerrados, dado que no se cuenta con registro de derechos de agua, ni con estudios de pozos en la zona y como valor estimado, se considerará el más desfavorable.

#### Bombas de calor geotérmicas.

Las bombas de calor, conforme al índice de precios están agrupadas en cuatro tipos, tales como, se muestra: en la Figura 30, Bombas de Calor Geotérmicas Reversibles para Clima, en la Figura 31, Bombas de Calor Geotérmica Reversible para clima y ACS, en la Bomba de Calor de Frío y Calor Simultáneo y en la Bomba de Calor Geotérmica de Uso Industrial. Todos estos equipos corresponden a un índice de precios: G-1, G-2, G-3 y G-4, respectivamente.

Figura 30, Bombas de Calor Geotérmicas Reversibles para Clima



fuelle 49, Catálogo Bombas de Calor Geotérmicas Tonon Forty

### Capítulo 3. Metodología

Figura 31, Bombas de Calor Geotérmica Reversible para clima y ACS



fuelle 50, Catálogo Bomba de Calor Geotérmica Ecoforest

Figura 32, Bomba de Calor de Frío y Calor Simultáneo



fuelle 51, Calor y Frío: Bombas de Calor Agua-Agua Airlan NXP para instalaciones geotérmicas

Figura 33, Bomba de Calor Geotérmica de Uso Industrial



fuelle 52, Catálogo Bomba de Calor Geotérmica Trane España

### Capítulo 3. Metodología

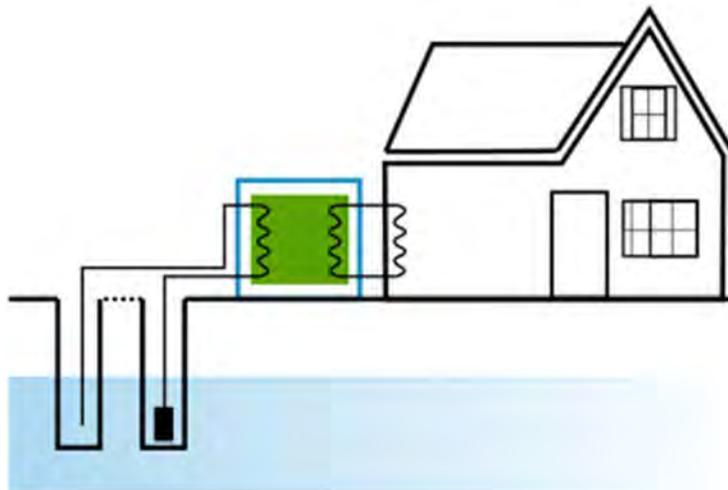
Asimismo, están divididas por el rango de sus potencias, tales como, rango menor o igual a 20 (kWt), rango entre mayor de 20 (kWt) y menor 100 (kWt) y el rango de mayor a 100 (kWt). Con esos parámetros se obtienen los 12 índices de precios de bombas de calor geotérmico, revisar Anexo A.

Para nuestro caso, se estimará el presupuesto con el índice G-2 y rango mayor a 100 (kWt) que resulta ser el caso más desfavorable y certero para nuestro estudio. Ver Anexo B.1, donde se muestran algunas bombas de calor de la marca Ecoforest.

#### *Sistema de Captación geotérmico.*

Los sistemas de captación geotérmico, conforme al índice de precios están agrupadas en tres tipos, tales como, se muestra: en la Figura 34, Sistema de captación vertical circuito abierto, en la Figura 35, sistema de captación geotérmico horizontal circuito cerrado y en la Figura 36, Sistema de captación geotérmica vertical circuito cerrado. Todos estos sistemas corresponden a un índice de precios: G-6, G-8 y G-9, respectivamente.

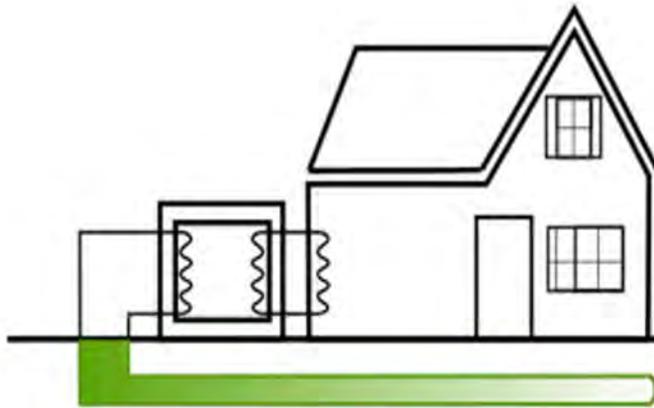
*Figura 34, Sistema de captación vertical circuito abierto*



*fuentes 53, Índices de Precios BC - 2019*

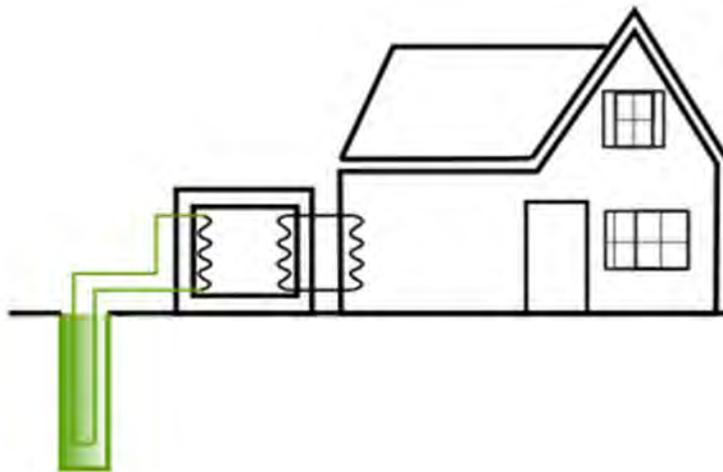
### Capítulo 3. Metodología

Figura 35, sistema de captación geotérmico horizontal circuito cerrado



fuentes 54, Índices de Precios BC - 2019

Figura 36, Sistema de captación geotérmica vertical circuito cerrado



fuentes 55, Índices de Precios BC - 2019

Al igual, que los índices anteriores están divididos por el rango de sus dimensiones, tales como sigue: G-6/G-9, rango menor o igual a 50 (m), rango entre mayor de 50(m) y menor 100 (m), rango entre mayor de 100 (m) y menor 300 (m) y el rango de mayor a 300 (m); G-8, rango menor o igual a 50 (m<sup>2</sup>), rango entre mayor de 50(m<sup>2</sup>) y menor 100 (m<sup>2</sup>), rango entre mayor de 100 (m<sup>2</sup>) y menor 300 (m<sup>2</sup>) y el rango de mayor a 300 (m<sup>2</sup>). Con esos parámetros se obtienen los 12 índices de precios de sistemas de captación geotérmico, revisar Anexo A.

Para nuestro caso, se estimará el presupuesto con el índice G-9 y rango mayor a 300 (m).

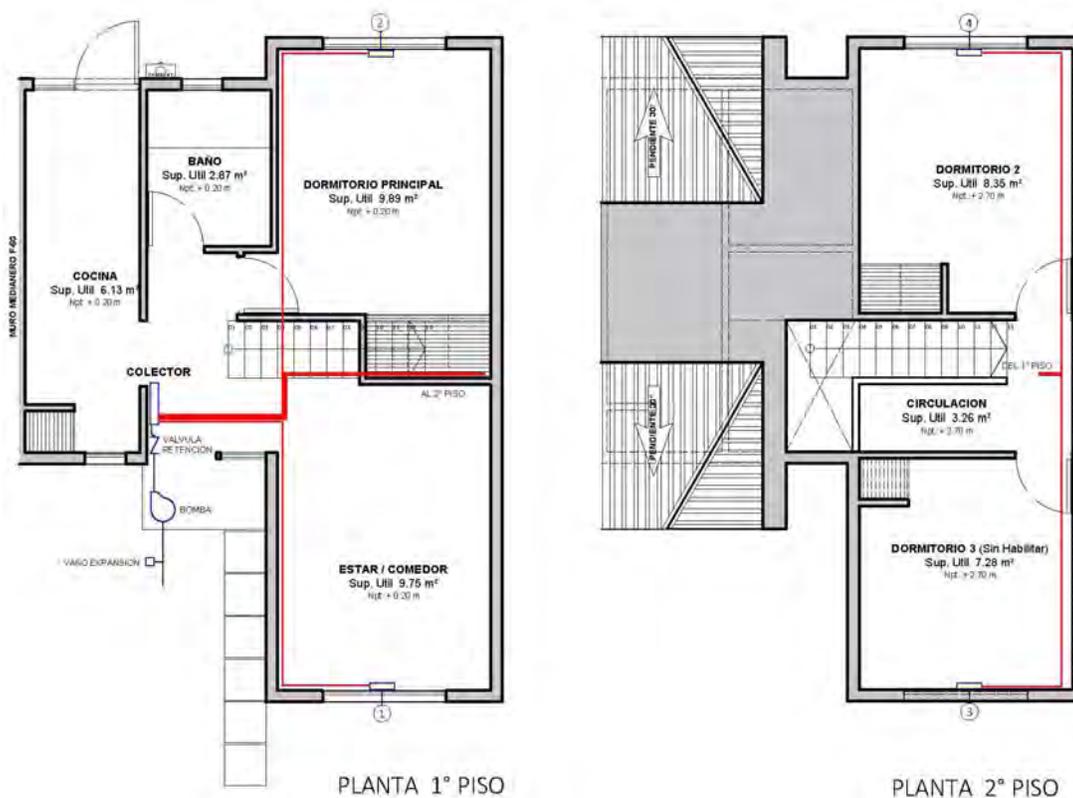
### Capítulo 3. Metodología

#### 3.7.3. Sistema de Emisión de la climatización dentro de la vivienda

Los sistemas de emisión, considerados en manual índice de precios están agrupadas en tres tipos: losa radiante, radiadores y los fancoils. Todos estos sistemas corresponden a un índice de precios: E-1, E-2 y E-3, respectivamente. Asimismo, están agrupados por tamaño como sigue: E-1: rango menor o igual a 1 kWt, rango mayor a 1 kWt y menor a 5 kWt, rango mayor a 5 kWt y menor a 10 kWt, rango mayor a 10 kWt y menor a 15 kWt, rango mayor a 15 kWt y menor o igual a 20 kWt; E-2: rango menor o igual a 50 (m<sup>2</sup>), rango entre mayor de 50(m<sup>2</sup>) y menor 100 (m<sup>2</sup>), rango entre mayor de 100 (m<sup>2</sup>) y menor 300 (m<sup>2</sup>) y el rango de mayor a 300 (m<sup>2</sup>) y E-3: rango menor o igual a 5 kWt, rango mayor a 5 kWt y menor a 10 kWt, rango mayor a 10 kWt y menor a 15 kWt, rango mayor a 15 kWt y menor a 20 kWt, rango mayor a 20 kWt y rango mayor a 20 kWt.

Para nuestro caso, usaremos la emisión por fancoils E-3, rango menor o igual a 5 kWt, por ser el sistema más económico y eficiente para el enfriamiento, ver Figura 37, esquema de ubicación de los emisores de la climatización.

Figura 37, esquema de ubicación de los emisores de la climatización



fuentes 56, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.7.4. Red de distribución.

La red de distribución considera todo el sistema de tuberías de ida y retorno a la vivienda desde la central distrital de generación, el sistema de bombeo y sistemas auxiliares. Se debe diseñar minimizando las pérdidas térmicas y de carga y considerando las presiones y temperaturas requeridas por el sistema de conexión a la vivienda.

La distribución propuesta será una del tipo árbol, en donde existen líneas principales con un diámetro mayor constante y líneas secundarias que se conectan a las viviendas con un diámetro menor, en ambos casos se disponen 2 tuberías (ida y retorno). La unión entre líneas principales y secundarias es mediante Tes. Ver Figura 38, Distribución distrital - configuración de árbol

Figura 38, Distribución distrital - configuración de árbol



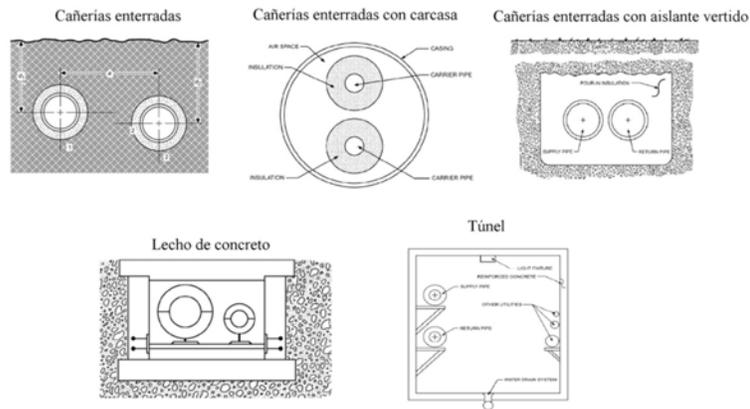
fuentes 57, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

Una vez que se tiene la demanda térmica del conjunto habitacional el primer paso para diseñar la red de distribución es determinar los largos de las cañerías, las que se dividen en matrices conforme a la ubicación de las manzanas del loteo.

Las tuberías se instalarán de manera subterránea, ya que es un sector urbano. En la Figura 39, Tuberías subterráneas de la Red de Distribución, se muestran varias tipologías de instalación de tuberías subterráneas, conforme a la ASHRAE.

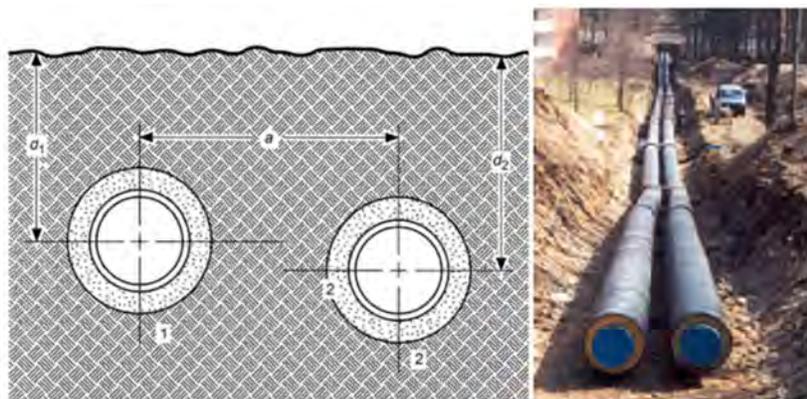
Figura 39, Tuberías subterráneas de la Red de Distribución



fuelle 58, ASHRAE: American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers. Distric heating guide. 2013.

En la Figura 40, tipología a utilizar en la Red de Distribución, se indica la tipología de instalación de la red subterránea elegida.

Figura 40, tipología a utilizar en la Red de Distribución



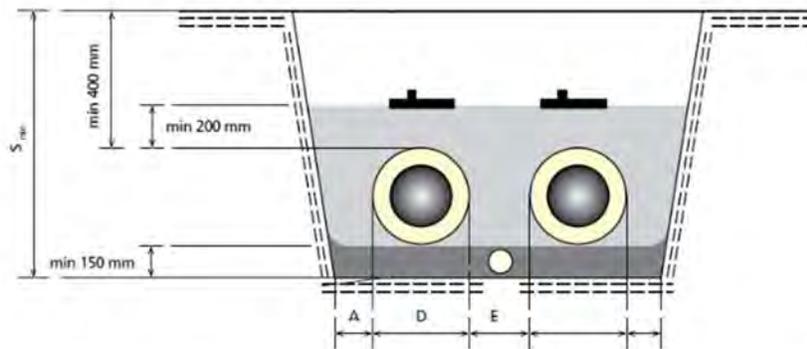
fuelle 59, Vicencio, V. 2021

### Capítulo 3. Metodología

La Red de Distribución, corresponde a un circuito cerrado donde el fluido es agua con calidad de caldera, esta misma agua es la que va a los circuitos de las viviendas.

Las líneas principales de ida y retorno se conectan al final del trayecto con curvas en 180° que permiten el retorno del fluido en caso de que no se utilice la totalidad del agua caliente y ésta deba ser retornada.

Figura 41, Disposición de las tuberías de distribución en las trincheras



Diámetro externo D (mm)	A <sub>min</sub> (mm)	S <sub>min</sub> (mm)	E <sub>min</sub> (mm)
90	200	640	200
110	200	660	200
125	200	675	200
140	200	690	200
160	200	710	200
180	200	730	200
200	250	750	250
225	250	775	250
250	250	800	250
280	250	830	250
315	250	865	250
355	250	905	250
400	250	950	250
450	250	1000	250
500	250	1050	250
560	300	1110	300
630	300	1180	300

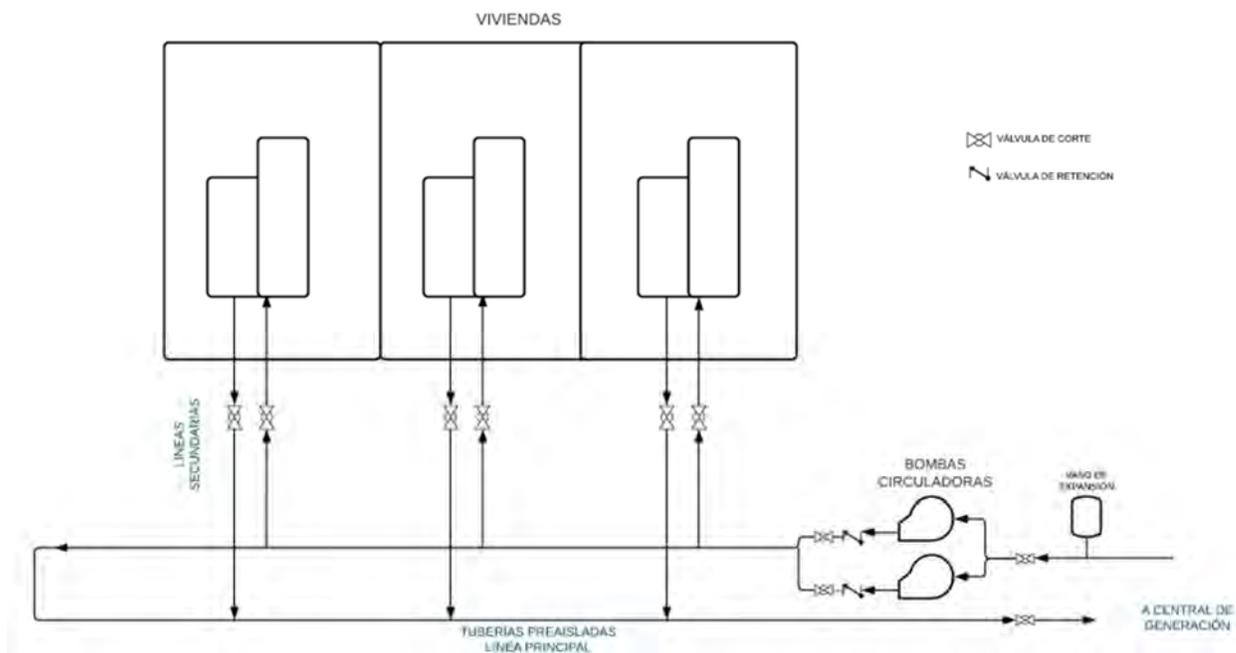
fuelle 60, Vivencio, V. 2021

Para escoger las bombas circuladoras del sistema se requiere del caudal y pérdidas de carga. La distribución será en forma de calles y pasajes, en donde cada cuadra contará con un conjunto de

### Capítulo 3. Metodología

bombeo y con esto se asegura la autonomía de los sectores. El esquema general del sistema de distribución se muestra en la Figura 42.

Figura 42, esquema de la red distrital hacia las viviendas



fuelle 61, Vicencio, V. 2021

A partir, de estudios realizados por Vivencio, V. (2021); catálogos de equipos y materiales del Anexo B, se obtiene una estimación de los valores de la red de distribución para las 130 viviendas en la superficie de 2,8 Ha. De la estimación de la Red Distrital, se obtiene un valor estimado de 3 millones por vivienda, lo que en total tiene un valor de 390 millones de pesos, como se observa en la Tabla 20, estimación precio de la Red de Distribución Distrital.

Tabla 20, estimación precio de la Red de Distribución Distrital

Detalle	CLP
Tubería Preaisladas	212.653.415
Bombas Circuladoras	50.211.338
Vaso de Expansión	1.0082.322
Excavaciones, mano de obra	93.818.816
Accesorios	32.234.109
<b>TOTAL</b>	<b>390.000.000</b>
<b>Unitario por vivienda</b>	<b>3.000.000</b>

fuelle 62, elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.8. Elaboración de presupuesto, a través de los índices de Precios, del Ministerio de Energía.

La guía de Índices de Precios de Bombas de Calor Geotérmicas y Aerotérmicas, desarrollado por proyecto “Energía Renovables para Autoconsumo” del ministerio de Energía tiene como objetivo general “elaborar los primeros indicadores de precios referentes al mercado de bombas de calor aerotérmicas y geotérmicas en Chile” (Prudencio et al., 2020) a precios estimados el año 2019. Los indicadores son estimados de manera desagregada en los precios de venta de los equipos, la instalación y mantención preventiva de las bombas de calor y de los precios de suministro e instalación de sistemas de emisores.

Los índices de precios están detallados en el anexo A, y el alcance cada grupo se detalla como sigue: las tecnologías de los equipos geotérmicos, los sistemas de captación de la energía geotérmicas, la instalación de estos sistemas y finalmente, los sistemas de emisión de la energía.

Las tecnologías geotérmicas abordadas en el manual son las siguientes: (G-1) Bombas de calor reversible para Clima, (G-2) Bombas de calor reversible para Clima y ACS, (G-3) Bombas de calor de frío y calor simultaneo y (G-4) Bombas de calor industriales para generación de calor.

Los sistemas de captación e instalación de los sistemas geotérmicos son: (G-5) Porcentaje Costo instalación de bomba de calor con captación de circuito abierto; (G-6) la construcción de pozos de agua para captación de circuito abierto; (G-7) la instalación de bomba de calor con circuito cerrado; (G-8) el precio por metro cuadrado de cañería enterrada en instalaciones geotérmica de circuito cerrado horizontal y (G-9) el precio por metro lineal de cañería enterrada en instalaciones geotérmica de circuito cerrado vertical.

Finalmente, están los indicadores que consideran los sistemas emisores: (E-1) suministro e instalación de radiadores, valor por cada uno; (E-2) el suministro e instalación de losa radiante, valor por m<sup>2</sup> y (E-3) el suministro e instalación de los Fancoils, valor por cada uno.

##### 3.8.1. Metodología de Cálculo del valor del sistema Geotérmico.

El cálculo del valor del sistema geotérmico se realiza conforme a la siguiente metodología: en primer lugar, se debe determinar el requerimiento de la potencia de diseño del sistema geotérmico requerido. Con este valor de potencia requerida se sigue con los 4 pasos siguiente para obtener el valor de presupuesto estimado del sistema geotérmico a valor de inversión inicial.

### Capítulo 3. Metodología

#### Paso 1

Primero se elige el equipo de bomba de calor por tecnología, donde se elige el índice que corresponda al tipo de tecnología elegida: G-1, G-2, G-3 o G-4. El valor de esta primera parcialidad es el producto entre el índice del equipo elegido y el valor unitario del requerimiento energético.

Figura 43, Precio de Equipos por tecnología

BC reversible CC (G-1) Precio por kWt	Bajo 20 kWt Entre 20-100 kWt Sobre 100 kWt
BC reversible CC y ACS (G-2) Precio por kWt	Bajo 20 kWt Entre 20-100 kWt Sobre 100 kWt
BC simultánea Frío/Calor (G-3) Precio por kWt	Bajo 20 kWt Entre 20-100 kWt Sobre 100 kWt
BC Industrial de Calor (G-4) Precio por kWt	Bajo 20 kWt Entre 20-100 kWt Sobre 100 kWt

fuelle 63, Manual índice de precios de bombas de calor

#### Paso 2.

Luego, para obtener la segunda parcialidad del sistema se elige el índice de la capacidad entregada por el diseño (G-6, G-8 o G-9) y se multiplica por el valor entregado por el diseño relativo a la cantidad de captación requerida.

Figura 44, Precio de construcción del Sistema de Captación

Construcción Pozo de Agua (G-6) Precio por metro lineal	Bajo 50 m Entre 50 - 100 m Entre 100 - 300 m Sobre 300 m
Construcción Circuito Horizontal (G-8) Precio por m <sup>2</sup>	Bajo 50 m <sup>2</sup> Entre 50 - 100 m <sup>2</sup> Entre 100 - 300 m <sup>2</sup> Sobre 300 m <sup>2</sup>
Construcción Circuito Vertical (G-9) Precio por metro lineal	Bajo 50 m Entre 50 - 100 m Entre 100 - 300 m Sobre 300 m

fuelle 64, Manual índice de precios de bombas de calor

### Capítulo 3. Metodología

#### Paso 3.

El tercer paso considera el sistema de emisión y conforme al diseño, se elige el tipo de artefacto considerado: E-1, E-2 o E-3. Los radiadores y fancoils están considerados por unidades y potencia y las losas radiantes están considerados por m<sup>2</sup>. El valor de esta parcialidad es el producto entre el índice del sistema de emisión y el número de artefactos requeridos o metros cuadrados de losa radiante requerida.

Figura 45, Equipo e instalación del sistema de Emisión

<b>Radiadores (E-1)</b> Precio por kWt	Bajo 1 kWt Entre 1-5 kWt Entre 5-10 kWt Entre 10-15 kWt Entre 15-20 kWt
<b>Losa Radiante (E-2)</b> Precio por m <sup>2</sup>	Bajo 50 m <sup>2</sup> Entre 50-100 m <sup>2</sup> Entre 100-300 m <sup>2</sup> Sobre 300 m <sup>2</sup>
<b>Fancoil (E-3)</b> Precio por kWt	Bajo 5 kWt Entre 5-10 kWt Entre 10-15 kWt Entre 15-20 kWt Sobre 20 kWt

fuentes 65, Manual índice de precios de bombas de calor

#### Paso 4.

La cuarta parcialidad de la instalación del sistema es el producto entre el porcentaje indicado en el índice de instalación según el tipo de circuito y la suma de las tres parcialidades anteriores.

Figura 46, Precio de Instalación de Bomba de Calor

<b>BC en Circuito Abierto (G-5)</b> Precio Porcentual	% Costo Total Proyecto
<b>BC en Circuito Cerrado (G-7)</b> Precio Porcentual	% Costo Total Proyecto

fuentes 66, Manual índice de precios de bombas de calor

La suma de las cuatro parcialidades anteriores es el valor estimado del sistema geotérmico como presupuesto de inversión inicial. Este valor es neto y son pesos chilenos (CLP) del año 2019.

### Capítulo 3. Metodología

#### **3.8.2. Presupuesto del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico, Envoltorio Alternativa A, (PDA Chillán y Chillán Viejo).**

Siguiendo el procedimiento indicado en el apartado anterior se obtiene el presupuesto del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico, considerando los siguientes valores de entrada.

Primero, se considera el requerimiento del sistema de climatización geotérmico indicado en el apartado 3.7.1 Tabla 19, Requerimiento energético del conjunto habitacional, de 378,20 kWt, con este valor se siguen los 4 pasos siguientes para determinar el presupuesto estimado del sistema de climatización geotérmico.

Para el paso 1, se considera el índice del equipo por tecnología G-2, como bomba de calor reversible para clima y agua caliente sanitaria y rango sobre 100 kWt, por lo tanto, el valor unitario del índice es de \$189.624 y considerando la cantidad potencia requerida de 378,20 kWt, nos entrega un valor de 71,7 millones.

Como paso 2, el sistema de captación, se considera el índice G-9, circuito cerrado vertical, entre 50 y 100m, por lo tanto, el valor unitario del índice es \$120.000.-. Se consideran pozos de entre 50 y 100 m y se estima que por cada kWt del sistema se requiere 2,5 (ml) de captación, por lo tanto, tenemos 938 ml y entrega un resultado de un valor de 113,5 millones.

Para el paso 3, del suministro e instalación del sistema de emisión se consideran equipos Fancoils, índice E-3 menores a 5 kWt, por lo tanto, el valor unitario es de \$129.650. Son 4 equipos por vivienda, lo que no da una cantidad de 520 unidades, y nos da un valor de 67,4 millones.

Para el paso 4, como cuarto índice de la instalación de la bomba de calor, se usa el índice G-6, de BC de circuito cerrado, y nos entrega el 30% como valor de la suma de los índices anteriores, es decir el 30% de 251 millones, lo que nos da un valor de instalación de 75,7 millones.

Y finalmente, para estimar el costo de la red de distribución se considera un valor de 3 millones por vivienda, con un valor total de 390 millones por la red de distribución.

El presupuesto del Sistema de climatización geotérmica distrital es de 718 millones de pesos más IVA, como inversión inicial.

### Capítulo 3. Metodología

Tabla 21, PDA, Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico

Nº	Descripción	índice	Unidad	P.U. (CLP)	Cantidad	Total (CLP)
1	Precio del Equipo por Tecnología	G-2	kWt	189.624	378,20	71.714.915
2	Precio de Instalación del Sistema de Captación	G-9	ml	120.000	945	113.458.605
3	Equipos e Instalación del Sistema de Emisión	E-3	c/u	129.650	520	67.418.000
4	Precio de Instalación de la Bomba de Calor	G-6	%	252.591.520	30%	75.777.456
5	<b>Suma de las 4 parcialidades</b>					<b>328.368.976</b>
6	COSTO DE RED DE DISTRIBUCIÓN			3.000.000	130	390.000.000
	<b>Total, presupuesto Sistema BC Geotérmico Distrital</b>					<b>718.368.976</b>

fuelle 67, elaboración propia

#### 3.8.3. Presupuesto del sistema de climatización por bomba de calor geotérmico, envolvente Alternativa B (RT- zona 4).

Siguiendo el mismo procedimiento que se usó para el sistema de geotérmico distrital con la envolvente PDA, pero con los nuevos requerimientos energéticos de la vivienda analizada con la envolvente RT Zona 4, tenemos que ahora se diseña para calefacción con el siguiente requerimiento:

Tabla 22, RT Zona 4 - requerimiento para diseño Calefacción

Dato de entrada	valor	Unidad
Requerimiento Sistema	<b>64,86</b>	Wt
Consumo vivienda	3,73	kWt
Nº de Viviendas	130	c/u
Requerimiento del Conjunto habitacional	484,4	kWt
Factor de Simultaneidad	0,685	
<b>Requerimiento Sistema Distrital</b>	<b>331,80</b>	<b>kWt</b>

fuelle 68, elaboración propia

A continuación, se desarrolla el procedimiento para calcular el presupuesto de inversión Caso Alt-B, considerando los siguientes valores de entrada.

Para el paso 1, se considera el índice del equipo por tecnología G-2, como bomba de calor reversible para clima y agua caliente sanitaria y rango sobre 100 kWt, por lo tanto, el valor unitario del índice es de \$189.624 y considerando la cantidad de 323,44 kWt nos da un valor de 63 millones.

Como paso 2, el sistema de captación, se considera el índice G-9, circuito cerrado vertical, entre 50 y 100m, por lo tanto, el valor unitario del índice es \$120.000.-. Se consideran pozos de entre 50 y 100 m y se estima que por cada kWt del sistema se requiere 2,5 (ml) de captación, por lo tanto, tenemos 830 ml y nos da un valor de 99,5 millones.

### Capítulo 3. Metodología

Para el paso 3, del suministro e instalación del sistema de emisión se consideran equipos Fancoils, índice E-3 menores a 5 kWt, por lo tanto, el valor unitario es de \$129.650. Son 4 equipos por vivienda, lo que no da una cantidad de 520 unidades, y nos da un valor de 67,4 millones. Valor del índice igual que el diseño anterior.

Para el paso 4, como cuarto índice de la instalación de la bomba de calor, se usa el índice G-6, de BC de circuito cerrado, y nos entrega el 30% como valor de la suma de los índices anteriores, es decir el 30% de 230 millones, lo que nos da un valor de instalación de 69 millones.

Y finalmente, para estimar el costo de la red de distribución se considera un valor de 3 millones por vivienda, con un valor total de 390 millones por la red de distribución. Igual que el caso anterior.

El presupuesto del Sistema de climatización geotérmica distrital es de 688,8 millones de pesos más IVA, como inversión inicial.

Tabla 23, RT Zona 4 - Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico

Nº	Descripción	índice	Unidad	P.U. (CLP)	Cantidad	Total (CLP)
1	Precio del Equipo por Tecnología	G-2	kWt	189.624	331,8	62.917.300
2	Precio de Instalación del Sistema de Captación	G-9	ml	120.000	830	99.540.090
3	Equipos e Instalación del Sistema de Emisión	E-3	c/u	129.650	520	67.418.000
4	Precio de Instalación de la Bomba de Calor	G-6	%	229.875.390	30%	68.962.617
5	<b>Suma de las 4 parciales</b>					<b>298.838.007</b>
6	COSTO DE RED DE DISTRIBUCIÓN			3.000.000	130	390.000.000
	<b>Total, presupuesto Sistema BC Geotérmico Distrital</b>					<b>688.838.007</b>

fuerite 69, elaboración propia

#### 3.9. Consumo de energía para Climatización.

El consumo de energía para climatizar la vivienda modelo se calcula, a través de la demanda requerida a través de los grados días para calefacción y de los grados días para refrigeración, considerando temperatura base de 16°C y de 22°C, respectivamente.

Como base de cálculo, se considera la temperatura del aire horaria de la ciudad de Chillan del año 2021, tomadas de la base de datos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en colaboración con el aeródromo General Bernardo O'Higgins de la ciudad de Chillán.

### Capítulo 3. Metodología

Por lo anterior, para nuestro estudio se considera como temperatura base para calefacción 16°C y para refrigeración 22°C. Y se calcularon como la sumatoria de las diferencias entre la temperatura del aire exterior respecto de la temperatura base de confort al interior de la vivienda.

El valor mensual de los grados día se obtiene, considerando todas las temperaturas de los días del año a cada hora del día, a través, de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Grados Dia (calefacción)base 16} = \sum_{i=0}^n \frac{T^{\circ}\text{base}(16^{\circ}\text{C}) - T^{\circ}\text{ext}}{24}$$

$$\text{Grados Dia (refrigeración)base 22} = \sum_{i=0}^n \frac{T^{\circ}\text{ext} - T^{\circ}\text{base}(22^{\circ}\text{C})}{24}$$

En la Tabla 24, Grados Dia - refrigeración y calefacción, se muestran los valores de grados día, usados en esta investigación. Y en el Anexo E, se muestra en detalle el cálculo de los grados día del mes de enero de 2021.

Tabla 24, Grados Dia - refrigeración y calefacción

Meses	Grados Dia Refrigeración Base 22	Grados Dia Calefacción Base 16
Total 01_Enero	62,0	23,6
Total 02_Febrero	40,6	27,9
Total 03_Marzo	33,9	58,5
Total 04_Abril	4,5	99,4
Total 05_Mayo	-	189,0
Total 06_Junio	-	212,1
Total 07_Julio	-	279,3
Total 08_Agosto	-	226,0
Total 09_Septiembre	0,5	176,5
Total 10_Octubre	6,8	128,0
Total 11_Noviembre	22,8	76,6
Total 12_Diciembre	61,6	35,3
<b>Totales anuales</b>	<b>232,8</b>	<b>1.532,0</b>

fuentes 70, elaboración propia

Luego, para determinar los parámetros del consumo energético se usa la siguiente ecuación siguiente y se consideran (hr): 14 horas de uso y los (día) 7 días de la semana.

$$\text{Consumo} = \text{grados dia mes} * \text{Vol aire} * G * \text{hr dia} * F \text{ operación} * 1000$$

### Capítulo 3. Metodología

Luego para obtener el factor de operación ( $F_{operación}$ ) se considera la siguiente formula:

$$F_{operación} = \frac{\#días\ mes}{7} * \# días\ semana * \frac{\#hr\ dia}{(\#días\ mes * \#hr\ dia)}$$

Para el calcular el G se considera la siguiente formula:

$$G(\text{refrigeración}) = \frac{Potencia\ equipo}{Vol\ aire\ piso * (T^{°ext} - T^{°int})} * 1000$$

$$G(\text{calefacción}) = \frac{Potencia\ equipo}{Vol\ aire\ piso * (T^{°int} - T^{°ext})} * 1000$$

Donde, se considera el valor de la potencia del equipo, como el requerido por el análisis de la vivienda en Revit y el rendimiento de la Instalación, es decir, para el caso Alternativa A – PDA – requerimos de 4,25 kWt y para el caso Alternativa B – RT Zona 4 – requerimos de 3,76 kWt. Para el caso base se estima que la estufa tiene 4,58 kW y los aires acondicionados tienen una potencia de 2 kW.

El volumen de aire se obtiene de la geometría de la vivienda, tal como sigue: superficie 56 m<sup>2</sup> y una altura de la vivienda de 2,4 m, lo que equivale a un volumen de 134,4 m<sup>3</sup>.

Con las ecuaciones y valores anteriores, se obtienen los siguientes resultados de los consumos de energía para climatización, como se muestran en la Tabla 25, Resumen del consumo energía para climatización. Y el detalle mensual de los cálculos se pueden ver en el Anexo F.

Tabla 25, Resumen del consumo energía para climatización

	Calefacción (kWh/año)	Refrigeración (kWh/año)
Caso Base	630.586	178.714
Alternativa A	131.546	81.613
Alternativa B	115.103	71.411

fuelle 71, Elaboración propia

### Capítulo 3. Metodología

Y el Resumen de los costos anuales de los sistemas de climatización del conjunto habitacional se muestran en la Tabla 26, Resumen del costo anual de energía para climatización, al igual que los consumos se puede ver el detalle mensual en el Anexo F.

Tabla 26, Resumen del costo anual de energía para climatización

	Calefacción (CLP/año)	Refrigeración (CLP/año)
Caso Base	32.842.995	28.594.222
Alternativa A	21.047.338	13.058.028
Alternativa B	18.416.421	11.425.775

*fuentes 72, elaboración propia*

#### 3.10. Comparativa de Casos de Estudio y evaluación Económica.

Para validar, si el sistema de climatización distrital de bomba de calor geotérmico propuesto es una buena alternativa para climatizar el conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, en la comuna de Chillán Viejo, se evalúan a través de Análisis del Ciclo de Vida de la Edificación a valor presente y se establecen los siguientes casos de estudio. Un caso base y un sistema de climatización distrital con bomba de calor geotérmica considerando 2 alternativas de envolventes que cumplen distintas normativas térmicas, tales como, el PDA de Chillán – Chillán Viejo y el Reglamento Térmico Zona 4.

**Caso BASE:** Es la configuración, más probable, que utilizarán los nuevos propietarios (inversionistas) para climatizar sus viviendas durante el ciclo de vida. Y consideran una estufa a pellets para calefaccionar en el invierno (6 meses) y 2 aires acondicionados para enfriamiento en el verano (5 meses).

**Caso Alternativa A:** Considera un sistema de climatización distrital de bomba de calor geotérmica con una envolvente que cumple con el PDA de Chillán - Chillán Viejo, es decir, se calculan los costos a valor presente, considerando los requerimientos térmicos establecidos anteriormente en el desarrollo del estudio, para este caso el de 4,247 kWt por vivienda.

**Caso Alternativa B:** Considera un sistema de climatización distrital de bomba de calor geotérmica, similar ala anterior, pero con una envolvente que cumple con el Reglamento Térmico Zona 4. En este caso el sistema sólo debe cubrir el requerimiento de 3,726 kWt por vivienda.

### Capítulo 3. Metodología

Para estos sistemas de climatización se establecen los costos de presupuesto de inversión, conforme a la metodología anterior, del presupuesto del sistema a través del manual de índices de precios de bombas de calor.

El caso base, el presupuesto de inversión, se estima con los valores de la estufa a pellets establecidos en el recambio de estufas y los aires acondicionado a través del manual de índice de precios.

Luego se estiman los costos de mantenimiento anual de las alternativas conforme a los índices de precios.

Los costos de la demanda energética de calefacción se realizan utilizando las fórmulas de los grados día, con temperatura base 16°C para calefacción y temperatura base de 22°C para refrigeración, indicados en el apartado 3.9.

Luego se hace la comparativa a valor presente de las alternativas de climatización respecto del caso base, considerando el costo inicial de los sistemas, los costos de reemplazo y valor residual de los equipos y los costos anuales de mantenimiento y costos de la demanda de energía de calefacción y de refrigeración.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

### Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica.

Como resultados de esta investigación tenemos una evaluación económica comparativa de dos sistemas de climatización distrital en base a bombas de calor geotérmicas: el Caso Alternativa A y el Caso Alternativa B. Estas alternativas se comparan con el sistema de climatización más probable que utilizarían los nuevos propietarios para climatizar sus viviendas (Caso Base).

El sistema base de climatización para las viviendas será en base a una estufa a pellets, para calefaccionar en el invierno y 2 equipos de aires acondicionados tipo Split para enfriar en el verano, uno en cada nivel de la vivienda; de 12000 BTU para el primer nivel y 9000 BTU para el 2 nivel.

Los presupuestos de la inversión inicial se realizaron en base a los índices de Precios de Bombas de Calor del ministerio de energía del año 2019, considerando sus índices en el análisis.

Para comparar el valor de los sistemas de climatización se usó la metodología del valor presente del ciclo de vida, por un periodo de 25 años, considerando los parámetros: a) costo inicial del sistema de climatización, b) costos de reemplazo, c) costos de valor residual, d) los costos de mantenimiento, y e) los costos de la energía para climatizar. Asimismo, se usarán los parámetros de la tasa de descuento y de la tasa de escalamiento.

A continuación, se presentan los casos de estudio; presentación de los inversionistas, se establecen los presupuestos de inversión inicial, los costos de mantenimiento, los costos de reemplazo, los costos de valor residual, los costos anuales de energía requerida. Asimismo, se establecen las variables financieras, tales como, la tasa de descuento, la tasa de escalamiento, etc.

Luego, se realiza un análisis económico de los casos de estudio a valor presente, se establecen escenarios, se revisan los diagramas de flujos de caja, se analiza el ciclo de vida en la evaluación económica y finalmente, se revisan los resultados.

#### 4.1. Presentación de casos de estudio.

Los casos de estudio consideran la climatización de las 130 viviendas sociales de un conjunto habitacional, emplazado en 2.8 Ha en la ciudad de Chillán Viejo.

Se analiza una vivienda como modelo de las 130 viviendas del conjunto habitacional, luego se comparan los sistemas de climatización en base a bombas de calor geotérmico en las envolventes

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

indicadas en el PDA y en la reglamentación térmica (RT zona 4), respecto de sus distintos requerimientos de climatización máxima.

Los sistemas de climatización se denominan: Caso Alternativa A, Caso Alternativa B y Caso BASE, conforme al siguiente detalle:

Tabla 27, Casos Estudio de Sistemas de Climatización

	<b>Sistema de Climatización</b>
Caso Alt-A	Geotérmica distrital - PDA
Caso Alt-B	Geotérmica distrital – RT zona 4
Caso BASE	Estufa a Pellets + 2 aires acondicionados

*fuerite 73, Elaboración propia*

La evaluación económica, se realiza a través del ciclo de vida, para los distintos casos de estudio y se consideran los plazos de 6 meses para la calefacción y de 5 meses para refrigeración, conforme a la Tabla 28, Meses de Climatización del conjunto Habitacional.

Tabla 28, Meses de Climatización del conjunto Habitacional

<b>Mes</b>	<b>Climatización</b>
Enero	Refrigeración
Febrero	Refrigeración
Marzo	Refrigeración
Abril	no considera
Mayo	Calefacción
Junio	Calefacción
Julio	Calefacción
Agosto	Calefacción
Septiembre	Calefacción
Octubre	Calefacción
Noviembre	Refrigeración
Diciembre	Refrigeración

*fuerite 74, Elaboración propia*

### 4.2. Presentación de los Inversionistas.

El inversionista principal, en este tipo de proyectos de construcción en nuevos terrenos (CNT), del Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV), regulado por el DS.49/2011 del MINVU y sus modificaciones, es el Estado, actuando como inversionista público a la vez que apoya a las familias más vulnerables, caracterizadas por el registro social de hogares (RSH), con fichas menores al 40%.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Esta inversión, en general, representa el 99 % del costo de la construcción y los futuros propietarios, aportan con el 1%, con el ahorro mínimo para la vivienda.

En el caso de proyectos, ubicados en comunas, donde se ha afectado la salud pública dada la contaminación generada por la combustión de leña durante el invierno, se implementaron programas como el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA), del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que aporta con 100 UF por postulante, para mejorar las envolventes de sus viviendas, lo que ocurre en las comunas de Chillán y Chillán Viejo. Esto representa el 9 % de la inversión inicial de la construcción del proyecto, es decir, el Estado sigue aportando con el 99% divididos en dos ministerios MINVU, con el 90%; MMA, con el 9% y los futuros propietarios con el 1%.

El financiamiento anterior, está dirigido a la construcción de los proyectos habitacionales, no así, a la “climatización de las viviendas durante su ciclo de vida”, que ha sido la causante del problema de la contaminación atmosférica.

En el periodo del ciclo de vida, en la climatización de las viviendas sociales, los principales inversionistas son los futuros propietarios, ya que ellos son los que deberán costear la energía utilizada en climatizar sus viviendas durante los meses que lo requieran, es decir, anualmente tanto para la calefacción como para la refrigeración.

Para el caso de la intercomuna de Chillán y Chillán Viejo, no solo se requiere calefaccionar en los meses fríos de la época invernal, sino que también se requiere refrigerar en los meses de la temporada estival. Por lo tanto, la climatización de la vivienda se traduce en una variable constante a costear durante todos los meses del año.

Considerando que, los futuros propietarios tienen distintas formas de climatizarse, y actualmente, en la zona, existen subsidios para mejorar el consumo de energía, tal como, el recambio de estufas que mejora la eficiencia energética a la vez que no contaminan. Razón por la que consideraremos como la forma más probable de calefacción de sus viviendas, una estufa a pellets financiada por el Estado con inversión inicial de un 100%.

La inversión inicial en refrigeración durante la temporada estival será 100 % de inversión de los futuros propietarios.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Para la evaluación económica, se analizará cuánto de la inversión inicial en climatización del conjunto habitacional de 130 viviendas sociales se puede costear con aportes del Estado, como inversionista público.

### 4.3. Presupuesto de la inversión inicial de los sistemas de Climatización.

A continuación, se detalla el presupuesto económico como inversión inicial de los casos de estudio:

#### 4.3.1. Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa A.

El presupuesto se elabora conforme a la metodología del índice de precios de bombas de calor del Ministerio de Energía, conforme al detalle indicado en la Tabla 29, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa A, como se detalla a continuación y tiene un presupuesto de inversión inicial de 718,4 millones de pesos para el conjunto habitacional de las 130 viviendas.

Tabla 29, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa A

I. COSTO INICIAL SISTEMA		CLP
1	Precio del Equipo por Tecnología	71.714.915
2	Precio de Instalación del Sistema de Captación	113.458.605
3	Equipos e Instalación del Sistema de Emisión	67.418.000
4	Precio de Instalación de la Bomba de Calor	75.777.456
5	<b>COSTO TOTAL CONJUNTO HABITACIONAL</b>	<b>328.368.976</b>
	Costo Red de Distribución	390.000.000
<b>III. COSTO TOTAL SISTEMA DISTRITAL GEOTERMICO – PDA.</b>		<b>718.368.976</b>

fuerza 75, Elaboración propia

El presupuesto detallado de la tabla 29 se puede observar en la Tabla 21, PDA, Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Figura 47, Alternativa A Costo Inicial, Incidencia



fuerite 76, elaboración propia

En la Figura 47, Alternativa A Costo Inicial, Incidencia, se puede apreciar que la RED de Distribución Distrital es el costo mayor incidencia dentro del sistema de climatización geotérmico distrital con el 54%; luego viene el sistema de captación con el 15,8% de incidencia; enseguida la Instalación del sistema de climatización con un 10,5%; siguen los equipos de Bomba de calor con un 10% y finalmente el sistema de emisión con un 9,4% del total.

### 4.3.2. Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa B

El presupuesto se elabora conforme a la metodología anterior, conforme al detalle indicado en la Tabla 30, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa B . Con un valor total de \$688.838.007; ver detalle en la Tabla 23, RT Zona 4 - Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico.

Tabla 30, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa B

I. COSTO INICAL SISTEMA		
1	Precio del Equipo por Tecnología	62.917.300
2	Precio de Instalación del Sistema de Captación	99.540.090
3	Equipos e Instalación del Sistema de Emisión	67.418.000
4	Precio de Instalación de la Bomba de Calor	68.962.617
5	<b>Total, Sistema Geotérmico</b>	<b>298.838.007</b>
	COSTO DE RED DE DISTRIBUCIÓN	390.000.000
<b>III. COSTO TOTAL SISTEMA DISTRITAL</b>		<b>688.838.007</b>

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

fuerite 77, Elaboración propia

El detalle de presupuesto se puede ver en la Tabla 23, RT Zona 4 - Presupuesto estimado del Sistema de climatización de BC Geotérmico.

En la Figura 48, Alternativa B Costo Inicial, Incidencia, se puede apreciar que la RED de Distribución, nuevamente, es el costo más incidente dentro del sistema de climatización geotérmico distrital, pero aumenta al 56,6% de incidencia, luego viene el sistema de captación con el 14,5% de incidencia, enseguida la Instalación del sistema de climatización con el 10%, sigue el sistema de emisión con un 9,8% y finalmente, los equipos de Bomba de calor con un 9,1% del total. Como se puede apreciar ahora con el cambio y baja de requerimientos térmicos máximos de las envolventes, ahora el valor menos incidente es la de los equipos geotérmicos.

Figura 48, Alternativa B Costo Inicial, Incidencia



fuerite 78, elaboración propia

### 4.3.3. Presupuesto inversión inicial Caso BASE.

El presupuesto se elabora conforme a la metodología del índice de precios de bombas de calor del ministerio de energía y al valor estimado de la estufa a pellets, programa de recambio de estufas, conforme al detalle indicado en la Tabla 31, Presupuesto inversión inicial Caso BaseTabla 29, Presupuesto inversión inicial Caso Alternativa A, como se detalla a continuación y tiene un presupuesto de inversión inicial de 303,3 millones.

Tabla 31, Presupuesto inversión inicial Caso Base

	Descripción	TOTAL (CLP)
1	Split 9.000BTU	280.000

Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

2	Split 12.000BTU	313.000
3	Precio de Instalación de Split	240.000
4	Costo inicial calefactor a Pellet	1.100.000
5	Costo Instalación calefactor a Pellet	400.000
	Costo Inicial Sistemas de climatización por vivienda	<b>2.333.000</b>
	<b>Costo Inicial Sistemas de climatización Conjunto Habitacional</b>	<b>303.290.000</b>

fuerite 79, elaboración propia

En la Figura 49, Caso Base Costo Inicial, Incidencia, se puede apreciar que la estufa a pellets representa el 64,3% de incidencia en suministro e instalación, y los aires acondicionados Split, luego los aires acondicionados Split representan el 35,7% de incidencia.

Figura 49, Caso Base Costo Inicial, Incidencia



fuerite 80, elaboración propia

**4.4. Costos de mantenimiento, de reemplazo y valor residual del sistema de bomba de calor.**

**4.4.1. Costo de Mantenimiento.**

Los costos de mantenimiento de los sistemas se obtienen directamente de los índices de precios, y se calculan respecto de las potencias de los equipos instalados, como se indica en las tablas siguientes: Tabla 32, Índices de Mantención Preventiva BC Geotérmicas y en la Tabla 33, Índices de Mantención Preventiva BC Aerotérmicas, como se muestra a continuación.

Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Tabla 32, Índices de Mantenimiento Preventiva BC Geotérmicas

INDICE	Ítem Mantenimiento Preventiva	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-10	G-10. Precio por kWt de realizar mantenimiento preventiva por evento de bombas de calor geotérmicas	≤ 20 kWt	CLP sin IVA por kWt de instalación	10.000
		> 20 ≤ 100 kWt		6.750
		> 100 kWt		5.000

fuelle 81, Guía Índice de Precios de Bombas de Calor, Ministerio de Energía, Chile.

Tabla 33, Índices de Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmicas

INDICE	Ítem Mantenimiento Preventiva	Rango consultado	Unidad Consultada	
A-9	A-9. Precio de mantenimiento preventiva de Splits	9.000 BTU/h	CLP sin IVA	43.200
		12.000 BTU/h		46.850
		18.000 BTU/h		47.500
		24.000 BTU/h		47.500
A-10	A-10. Precio de mantenimiento preventiva de bombas de calor compactas para ACS	150 L	CLP sin IVA	60.000
		300 L		60.000
A-11	A-11. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica para Clima y ACS	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	7.200
		> 20 ≤ 100 kWt		4.500
		> 100 kWt		4.500
A-12	A-12. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica de Uso Industrial	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	7.650
		> 20 ≤ 100 kWt		5.500
		> 100 kWt		5.000

fuelle 82, Guía Índice de Precios de Bombas de Calor, Ministerio de Energía, Chile.

A continuación, se describe el cálculo del costo de Mantenimiento preventiva para los 4 casos de estudio.

**Caso Alternativa A. PDA - Bomba de Calor Geotérmica Distrital**

Para este caso del cálculo del mantenimiento preventivo se considera el mismo índice G-10, para equipos mayores a 100 kWt, que corresponde a 5.000 pesos por cada kWt del sistema, este sistema tiene una potencia de 378,2 kWt, por lo que, tenemos un total de \$1.890.977.- anuales en mantenimiento preventivo en el conjunto habitacional.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

### Caso Alternativa B. RT Zona 4 - Bomba de Calor Geotérmica Distrital

También para este caso del cálculo del mantenimiento preventivo se considera el mismo índice G-10, para equipos mayores a 100 kWt, que corresponde a 5.000 pesos por cada kWt del sistema, pero este sistema tiene una potencia de 331,8 kWt, por lo que, tenemos un total de \$1.659.002.- anuales en mantenimiento preventivo en el conjunto habitacional para este tipo de envolvente.

### Caso Base. Aires acondicionados Split y estufa a pellets

Para este caso base, el mantenimiento preventivo se considera el índice A-9 para equipos de 9.000 BTU y para los equipos de 12.000 BTU, que corresponde a \$43.200 y \$46.850, respectivamente. En este caso las viviendas consideran 1 aires acondicionados Split de 9.000 BTU y 1 de 12.000 BTU, por lo que, tenemos un total \$11.706.500.- pesos anuales en mantenimiento de los equipos de aire acondicionados y para el mantenimiento de la estufa se considera un mantenimiento anual de \$80.000.- por cada vivienda, lo que por el conjunto habitacional tiene un valor de \$10.400.000. Para este caso base tenemos un mantenimiento preventivo anual de \$22.106.500.- en mantención preventiva en el conjunto habitacional.

Como resumen, tenemos que la mantención preventiva anual del sistema de climatización del conjunto habitacional de 130 viviendas sociales se muestra en la Tabla 34, Costo anual de mantenimiento preventivo de las alternativas de climatización.

Tabla 34, Costo anual de mantenimiento preventivo de las alternativas de climatización

Alternativa	Descripción sistema de climatización	Costo Anual (CLP)
Caso Alternativa A	PDA - Bomba de Calor Geotérmica Distrital	1.890.977
Caso Alternativa B	RT Zona 4 - Bomba de Calor Geotérmica Distrital	1.659.002
Caso BASE	Estufa a pellets y Aires acondicionados	22.106.500

fuentes 83, Elaboración Propia.

#### 4.4.2. Costo de reemplazo

Los costos de reemplazo son el costo que ocurre de una vez en el futuro para mantener la función original y se relacionan directamente con la vida útil de los equipos del sistema. Para el análisis del valor presente estimaremos que los sistemas de climatización tienen los siguientes valores respecto de la inversión inicial.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Para los casos alternativa A y Alternativa B, que consideran bombas de calor geotérmicas y tienen una vida útil de 30 años. Conforme a lo investigado en varios estudios, se considera como costo de reemplazo estimado el 30% del valor de la inversión inicial del sistema cada 10 años. Ya que durante el periodo de análisis del ciclo de vida se producirán algunos cambios de equipos del sistema geotérmico, se considera este valor a los 10 años y a los 20 años.

Para el caso BASE, de aires acondicionados Split que tienen una vida útil de 7 años, se considera el reemplazo completo del sistema, es decir el costo de inversión inicial a los 7, a los 14 y a los 21 años. Y para la estufa a pellets que tiene una vida útil de 15 años, se considera su reemplazo completo a los 15 años, considerando el valor total de inversión inicial aplicada a los 15 años.

### 4.4.3. Valor Residual del Sistema de bomba de calor

El valor residual, es el valor al que se puede vender un activo al final de su uso, después de su depreciación y amortización. El valor residual será alto o bajo, conforme al tiempo que se analiza respecto de la vida útil, para nuestros casos de estudio tenemos análisis de ciclo de vida en 25 años y vida útil de los equipos de bomba de calor geotérmicos de 30 años. Por lo tanto, consideraremos un valor residual del 30% del costo de inversión inicial de los equipos.

Como la vida útil de los equipos Split es de 7 años y se considera el reemplazo total de los equipos, consideraremos los siguientes valores residuales: para el caso de los reemplazos un valor residual del 20% del costo inicial de inversión y del 30% al final del ciclo de vida.

Y finalmente, como la vida útil de las estufas a pellets es de 15 años y se considera el reemplazo total de los equipos a los 15 años, consideraremos un valor residual para el caso del 20% del costo inicial de inversión y para el final del ciclo de vida el 30% del costo total de inversión inicial.

### 4.5. Costo anual de energía para los sistemas de climatización

El costo anual de la energía requerida por los sistemas de climatización se determinó a través del procedimiento indicado en el apartado 3.9 Consumo de Energía para Climatización. Y el valor de la electricidad considerado es de \$160 por kW-h, como valor promedio, e incluye el transporte y la administración de la electricidad para la ciudad de Chillán Viejo.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

En la Tabla 26, Resumen del costo anual de energía para climatización, se muestran los valores obtenidos.

Tabla 35, Resumen del costo anual de energía para climatización

	Calefacción (CLP/año)	Refrigeración (CLP/año)
Alternativa A	21.047.338	13.058.028
Alternativa B	18.416.421	11.425.775
Caso Base	32.842.995	28.594.222

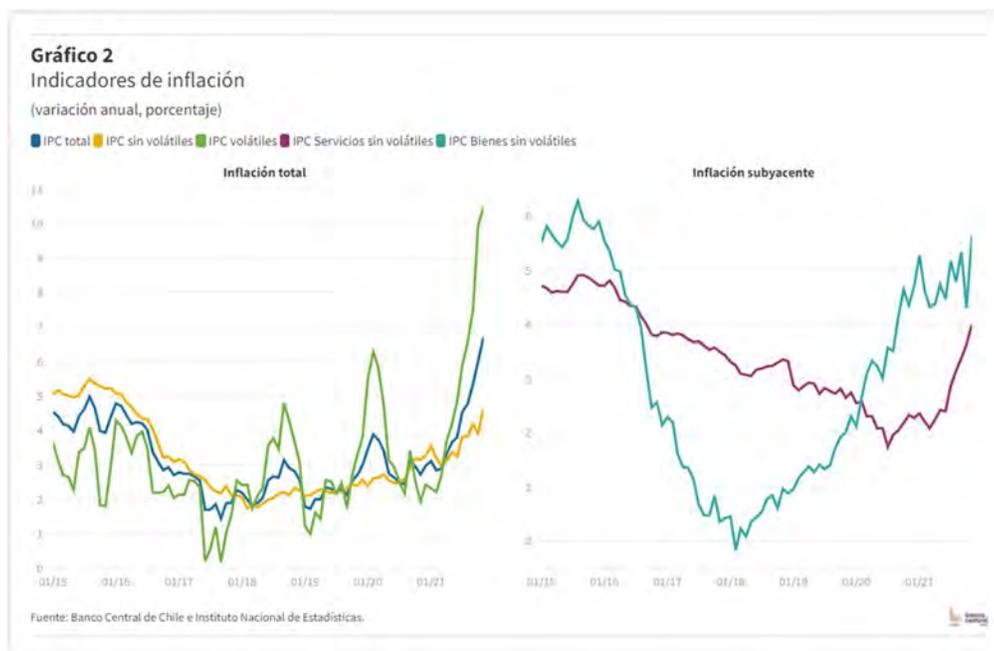
fuelle 84, elaboración propia

### 4.6. Variables económicas.

#### 4.6.1. Evolución del IPC general:

La Inflación es un aumento sostenido en el nivel general de precios, normalmente se mide a través del IPC índice de precios al consumidor. La tasa de inflación es el cambio porcentual en el nivel de precios en un periodo. El banco central de Chile, en su “Resumen IPoM Diciembre 2021” (Banco Central de Chile, 2021), publicó la evolución del índice de precios de consumo en los últimos seis años. Para el año 2021, se observa una inflación de 6.7%. ver grafica siguiente

Figura 50, Inflación Total Anual



fuelle 85, Banco Central de Chile e INE

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

La grafica anterior, muestra aumento de la tasa de inflación total a partir del año 2015, y para el 2021 es la más alta de los últimos años, cercana a los 6,7%, si continúa aumentando de esta forma en los próximos años se debe tener cuidado en las inversiones a largo plazo. La decisión de implementar el sistema de clima y ACS geotérmico depende del grado de incertidumbre económico por el aumento de la inflación.

### 4.6.2. Tasa de descuento:

La tasa de descuento se establece como la tasa de retorno que se podría obtener de una oportunidad alternativa de inversión, que se deja en favor del proyecto analizado. También se define como la tasa actual del aumento del valor del dinero, eso es la tasa sobre la tasa de inflación del país. En relación con los métodos de determinación de las tasas de descuento, no hay un método aceptado universalmente ya que muchos estudios consideran tasas distintas.

Por ejemplo, las tasas más usadas en los proyectos de inversión inmobiliaria son de alrededor del 7,8% y en los proyectos de inversión pública son de alrededor del 6%.

Para este estudio de la evaluación económica se asumió una tasa de descuento de 6%. El valor se escogió debido a que comúnmente es la tasa que se utiliza en los proyectos de energías renovables no convencionales y queremos que este proyecto sea financiado por inversión pública.

### 4.6.3. Tasa de escalamiento:

Es la tasa total de cambio de los precios en este caso la energía eléctrica durante un periodo. De igual forma que la tasa anterior, no existe un método único para su determinación, existe varias tasas que se pueden considerar, pero teniendo en cuenta las proyecciones de la tasa de inflación para esta investigación se considera una tasa de escalamiento del 3%.

## 4.7. Definición de escenarios

Los escenarios constituyen descripciones exploratorias y provisionales de un futuro probable. Un escenario es un conjunto de circunstancias que pueden producirse en un determinado ámbito, dentro del cual operan actores e intereses que se deben analizar con coherencia y unidad de criterio (Balbi E 2010).

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Para realizar la evaluación económica, se especificaron distintos escenarios, de forma tal, que se pueda evaluar el desenlace económico y la influencia que tienen distintas variables sobre la evolución del proyecto. Este proyecto, se evaluó cambiando dos variables principales para el funcionamiento del sistema de climatización: La primera es el precio de la energía eléctrica y la segunda es el precio de pellets.

### 4.7.1. Escenario normal:

El escenario normal es el que se espera que tenga una mayor probabilidad de ocurrir. Las suposiciones para la estimación de las variables que intervienen en la determinación del flujo de caja se hicieron ajustando a lo que se espera que acontezca a lo largo del horizonte de planificación del proyecto de inversión. Consistió en la simulación de condiciones normales en donde el precio de la electricidad sigue una evolución normal, con tasa de escalamiento de 3%. En este escenario, se utilizaron datos de variación del costo de la energía eléctrica y del costo del combustible pellets para los sistemas de climatización. Ver Anexo I.

### 4.7.2. Escenario optimista:

El escenario optimista, se realiza respecto del escenario normal una disminución del 5% en el costo de la inversión inicial, un aumento del 1% en la tasa de escalonamiento de las tarifas de la energía eléctrica y una disminución del 1% en la tasa de escalamiento de los costos del combustible pellets. Ver Anexo I.

### 4.7.3. Escenario pesimista:

En el escenario pesimista con respecto del escenario normal, se considera aumento del 5% en el costo de la inversión inicial, una disminución del 1% en la tasa de escalonamiento de las tarifas de la energía eléctrica y un aumento del 1% en la tasa de escalamiento de los costos del combustible pellets. Ver Anexo I.

## 4.8. Análisis económico.

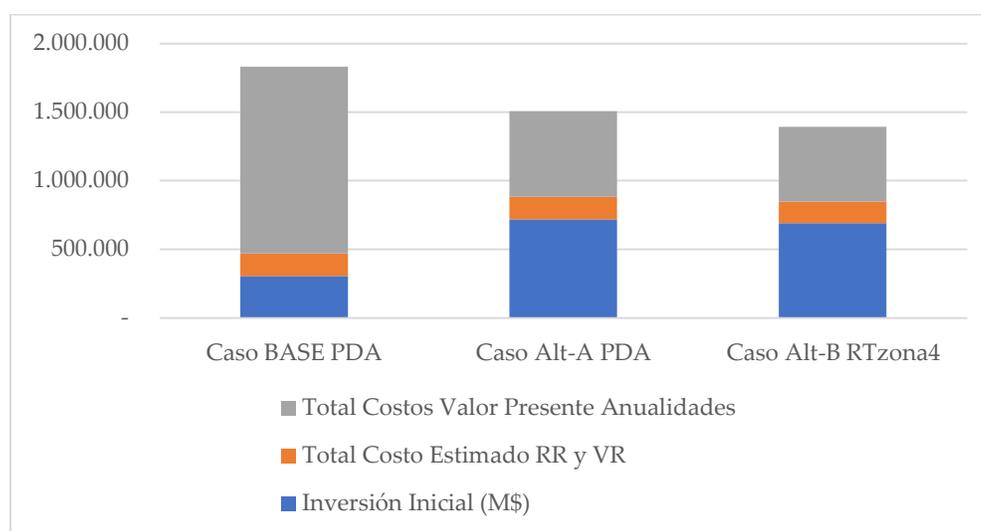
El análisis económico se realiza comparando el costo total del sistema de climatización propuesto en valor presente versus el caso base, es decir, se comparan los valores traídos a valor presente, como se muestra en las siguientes figuras, ver detalle en el Anexo G.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

En la Figura 51, Gráfico de la comparativa a Valor Presente siguiente se muestran los valores de la inversión inicial, el costo de reemplazo junto al valor residual y el costo de las anualidades, donde se puede apreciar que la inversión inicial es menor en el caso base, pero sus anualidades son mayores a los casos de estudio.

Asimismo, se puede apreciar que el caso Alternativa B, es menor en todos los parámetros al caso alternativa A. Y en este caso Alternativa B no tiene considerado el aumento de 100 UF por familias de inversión inicial, aportada por el Ministerio del Medio Ambiente.

Figura 51, Gráfico de la comparativa a Valor Presente



fuerite 86, elaboración propia

### 4.8.1. Diagramas de flujo de caja:

Los diagramas de flujo de caja sirven para evaluar el proyecto y decidir cuán alta es su rentabilidad. En este estudio se realizaron flujos de caja a las tres alternativas de sistemas de climatización comparados, como son: el caso base, el caso Alternativa A y el caso Alternativa B.

Un flujo de caja representa las entradas y salidas de efectivo en un período dado, que en este caso es a 25 años. Los montos que se muestran en el flujo de caja corresponden a las anualidades y costos determinados en tablas anteriores. Ver anexo H.

Aquí se puede observar ya que es el sistema que genera un mayor ahorro en el ciclo de vida de los sistemas de climatización, respecto del Caso Base es el Caso Alternativa B.

Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

4.8.2. Ciclo de costo de vida, evaluación económica:

El análisis del costo en el ciclo de vida de los sistemas de climatización es una herramienta para hacer la evaluación económica de los distintos sistemas de climatización con energía renovables no convencionales para el conjunto habitacional de 130 viviendas sociales, en la comuna de Chillán Viejo. Ella permitió analizar y definir la rentabilidad en el largo plazo sobre el sistema tradicional considerado para climatizar las viviendas.

Se analizaron las 2 alternativas de sistemas de climatización y se compararon con el caso base a valor presente y a 25 años de ciclo de vida. Donde el mejor resultado lo obtuvo el caso Alternativa B, RT Zona - Sistema de climatización por bomba de calor geotérmico distrital, ya que éste tiene un valor mayor de inversión inicial, pero una notable mejora en el costo anual de la energía que se utilizará para climatizar las viviendas del conjunto habitacional y respecto del Caso Alternativa A, como este sistema requiere menos potencia de diseño igual es una mejor alternativa en el largo plazo.

Por lo anterior, para la evaluación económica se hizo comparando los sistemas de climatización al valor presente, con un ciclo de vida de 25 años y un enfoque de recuperación simple a través de payback. Para el análisis de ciclo de vida se consideraron los costos inversión inicial, los costos de valor residual y costos de reemplazo, asimismo, los costos anuales de mantenimiento y de costos de la energía de calefacción y de la energía de enfriamiento.

Tabla 36, Resumen de la Evaluación Económica

Proyecto		Evaluación Técnico Económico de un sistema de climatización para un conjunto habitacional		CASO BASE		CASO ALTERNATIVA B			
Tasa descuento	10%			CASO BASE Climatización probable que usarán los Propietarios		RT zona 4(Sistema de climatización con BC Geotermica DISTRITAL)			
fecha	feb-22								
Ciclo de vida	25 años								
COSTOS CICLO DE VIDA	Escenario Normal	Costo Estimado		Valor Presente		Costo Estimado		Valor Presente	
		Costo Ciclo de Vida (Valor Presente)				\$1.831.501		\$1.393.727	
		DIFERENCIA COSTO INICIAL VALOR PRESENTE						\$437.774	
		PAYBACK A 25 AÑOS		\$230.460		La Inversión se recupera en 12 años			
	Escenario Optimista	Costo Ciclo de Vida (Valor Presente)				\$1.809.569		\$1.416.533	
		DIFERENCIA COSTO INICIAL VALOR PRESENTE						\$393.036	
		PAYBACK A 25 AÑOS		\$275.188		La Inversión se recupera en 10 años más 3 meses			
		Costo Ciclo de Vida (Valor Presente)				\$1.872.089		\$1.381.460	
	Escenario Pesimista	DIFERENCIA COSTO INICIAL VALOR PRESENTE						\$490.629	
		PAYBACK A 25 AÑOS		\$127.594		La Inversión se recupera en 14 años 2 meses			

fuentes 87, elaboración propia

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

En la Tabla 36, Resumen de la Evaluación Económica; **Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**, se muestra que para el sistema de climatización Caso Alternativa B, escenario normal, la diferencia en costo inicial valor presente es de \$437.774.000, valor que se recupera en 12 años; y que al final del año 25 se presenta un ahorro de \$230.450.000.- respecto del sistema Base.

Para el caso optimista la diferencia en costo inicial valor presente es de \$393.036.000.- cuya inversión inicial se recupera en 10 años más 3 meses; y que al final del año 25 se presenta ahorro de \$275.188.000.- y para el escenario pesimista la diferencia en costo inicial valor presente es de \$490.629.000.- y la inversión se recupera en 14 año más 2 meses. Los payback de los escenarios normal, optimista y pesimista, se pueden ver en detalle en el Anexo J.

### 4.8.3. Sensibilización del Total de Costos a Valor Presente.

En la Tabla 37, Sensibilización Total Costos Valor Presente Alternativa B, se muestra la variación del costo total relacionando la tasa de descuento y los periodos del ciclo de vida.

Tabla 37, Sensibilización Total Costos Valor Presente Alternativa B

SENSIBILIZACIÓN TOTAL COSTOS VALOR PRESENTE ALT - B					
TASA DE DESCUENTO - CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO					
\$ 1.416.533	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00
4,5%	1.284.657	1.425.294	1.561.943	1.694.830	1.824.146
5,0%	1.258.041	1.387.108	1.509.559	1.625.830	1.736.308
5,5%	1.232.915	1.351.419	1.461.209	1.563.010	1.657.470
6,0%	1.209.186	1.318.040	1.416.533	1.505.726	1.586.552
6,5%	1.186.764	1.286.799	1.375.207	1.453.405	1.522.619
7,0%	1.165.569	1.257.538	1.336.937	1.405.541	1.464.858

fuelle 88, elaboración propia

### 4.9. Revisión de los Resultados.

Como se puede observar en la Figura 52, Comparativa a Valor Presente Alternativas de Climatización, el principal resultado de la evaluación económica establece que los casos de estudio Alternativa A y Alternativa B, al ser comparados con caso Base, de la climatización tradicional usada en la intercomuna de Chillán y Chillán Viejo, resultan mejores alternativas, incluso, si ambas tienen

### Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

un costo de inversión inicial superior en más de 2 veces respecto del sistema de climatización tradicional. Ver Anexo G.

Figura 52, Comparativa a Valor Presente Alternativas de Climatización

Casos de Estudio	Caso BASE PDA	Caso Alt-A PDA	Caso Alt-B RT Zona 4	
Sistema de Climatización	Estufa Pellets + Aire Acondicionado	Sistema Geotermico Distrital PDA	Sistema Geotermico Distrital RT Zona 4	
<b>1 Estimación Presupuestos</b>				
<b>Valor estimado de la EQUIPO E INSTALACION</b>	303.290.000	328.368.976	298.838.007	CLP
Costo Estimado RED DISTRIBUCION DISTRITAL	0	390.000.000	390.000.000	CLP
<b>Valor presupuesto - inversión inicial (CLP)</b>	303.290.000	718.368.976	688.838.007	CLP
<b>2</b> Se considera el valor de la M\$ = 1000 CLP				
<b>Inversión Inicial (M\$)</b>	303.290	718.369	688.838	M\$
Diferencia vs. Caso Base	0	415.079	385.548	M\$
<b>3</b> Reemplazo y valor residual				
Costo de reemplazo (RR)	233.137	187.537	179.828	M\$
Costo Valor Residual (VR)	(67.827)	(22.953)	(20.889)	M\$
<b>Total Costo Estimado RR y VR</b>	165.309	164.584	158.939	M\$
<b>4</b> Costos Periodos, Anualidades				
Costo mantenimiento de Calefacción	132.947			M\$
Costo mantenimiento de Refrigeración	149.648			M\$
Costo mantenimiento Sistema de Climatización		23.985	21.208	M\$
Consumo Energético (Calefacción)	577.508	370.094	323.833	M\$
Consumo Energético (Refrigeración)	502.798	229.611	200.910	M\$
<b>Total Costos Valor Presente Anualidades</b>	1.362.902	623.691	545.950	M\$
<b>5 Total COSTO VALOR PRESENTE Casos de Estudio</b>	1.831.501	1.506.644	1.393.727	M\$
DIFERENCIAS VS. Caso BASE	0	(324.857)	(437.774)	M\$

fuerite 89, elaboración propia

Respecto de los costos de reemplazo y valores residuales, de los costos estimados y de los costos a valor presente resultan similares entre los casos de estudio, considerando que para el caso base se reemplazan varias veces los equipos, ver anexo G.

Las anualidades arrojan una gran diferencia en los costos de mantenimiento, ya que en el caso base, son muy altos respecto de las soluciones propuestas en los casos alternativa A y alternativa B, dado que los equipos utilizados para climatización tradicional son equipos individuales que requieren mantenimiento preventivo periódico y se ven en forma particular por cada nuevo propietario; disminuyendo, en valor presente, al 8,5% y al 7,5% para la alternativa A y la alternativa B, respectivamente.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

Y en las anualidades de los costos de la energía requerida para el funcionamiento de los sistemas de climatización se observa que disminuyen, en valor presente, respecto del caso base, al 56% para la alternativa A y al 49%, para la alternativa B.

### 4.9.1. Resultados de los escenarios.

Como se puede observar en el escenario optimista y en el escenario pesimista, al modificar simultáneamente el costo de la inversión inicial en un 5% y a la tasa de escalamiento del costo de la energía anual requerida en un 1%, se confirma que el sistema de climatización distrital en base a bombas de calor geotérmicas, resulta ser una alternativa viable que tiene un mayor rendimiento en el análisis del ciclo de vida, que la alternativa de climatización tradicional.

### 4.9.2. Sustentabilidad económica, social y ecológica

Asimismo, se puede observar en estos resultados que, las alternativas de climatización distrital por geotermia son una solución más sustentable para este conjunto habitacional que la solución de climatización tradicional, conforme a los siguientes parámetros de sustentabilidad:

#### *Económicos:*

El total del valor presente, a través del análisis del ciclo de vida, de la alternativa A y de la alternativa B son menores al costo total de la alternativa del caso Base; por lo tanto, aquí se confirma el primer componente de la sustentabilidad.

#### *Sociales:*

Este indicador de sustentabilidad social analiza el costo que los futuros propietarios, familias vulnerables con registro social de hogares menores al 40%, tendrán durante el ciclo de vida de las viviendas. Los costos de las anualidades van directamente sobre el patrimonio de las familias.

Como se puede observar que las anualidades de mantenimiento preventivo y de los costos de la energía requerida para el funcionamiento de los sistemas de climatización, en valor presente, disminuyen de 1.362 millones de pesos a 624 millones de pesos en la alternativa A y a 546 millones de pesos en la alternativa B; por lo tanto, aquí se confirma el segundo componente de la sustentabilidad.

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

### *Ecológicos:*

Conforme a los sistemas de climatización propuestos se puede observar que los consumos anuales de energía disminuyen respecto del caso base, es decir, el sistema geotérmico es más eficiente para la generación de la climatización interior de las viviendas ya que aprovecha la temperatura del suelo para generar calefacción o enfriamiento.

El consumo del caso base es de 809.300 kWh al año y disminuye a 213.159 kWh al año en la alternativa A y a 186.514 kWh al año en la alternativa B, lo que demuestra la disminución del consumo de energía a un cuarto de la energía requerida del caso base, climatización tradicional, con el sustancial ahorro en la emisión de gases efecto invernadero, es decir, mejora en alrededor del 75% la huella de carbono en climatizar el conjunto habitacional. Por lo tanto, aquí se confirma el tercer componente de la sustentabilidad.

Conforme a lo anterior, se demuestra que el sistema de climatización distrital geotérmico es más sustentable que un sistema tradicional de climatización en la comuna de Chillán Viejo.

### **4.9.3. Análisis del financiamiento como inversión inicial**

Como se comentó en la presentación de los inversionistas, este tipo de proyectos de construcción son financiados en casi un 100% por el Estado, ya que están dirigidos a las familias más vulnerables, según el registro social de hogares que no posean vivienda.

El Estado no interviene directamente en el financiamiento de la operación de las viviendas durante el ciclo de vida, es decir, los futuros propietarios deben encargarse de climatizar y dar mantenimiento a sus viviendas durante su ciclo de vida y esto es 100% a cargo de ellos.

En este análisis, se definieron dos tipos de envolventes que cumplen normativas vigentes en distintas zonas de Chile, específicamente en la región de Ñuble: El Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) Chillán - Chillán Viejo y El Reglamento Térmico Zona 4 (RT-Zona 4). Estas soluciones térmicas tienen distinto costo para el Estado, ya que existe un subsidio complementario de 100 UF por familia en el caso del PDA de Chillán – Chillán Viejo que va dirigido a mejorar la envolvente térmica de la vivienda y funciona muy bien durante el invierno, por su ahorro de uso de energía, pero durante el verano pierde eficiencia, ya que se requiere mayor energía para mantener

## Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica

las viviendas en confort térmico, respecto de la solución del RT-Zona 4, por las altas temperaturas de la zona.

Las soluciones térmicas del PDA de Chillán-Chillán Viejo, se diseñan, se financian y se implementan en el periodo de construcción del conjunto habitacional, por lo tanto, pueden mejorar o no la eficiencia energética de las viviendas durante el ciclo de vida, dependiendo de la solución de climatización que se integre en el diseño del conjunto habitacional.

Como se observa en la Tabla 38, Inversión Inicial de los Propietarios para el sistema de climatización, la inversión inicial que deberán realizar los propietarios en sus nuevos sistemas de climatización, con cargo directo en un 100% a ellos son: de 75 UF para la alternativa Caso Base; 178 UF para la alternativa A y 171 UF para la alternativa B.

Tabla 38, Inversión Inicial de los Propietarios para el sistema de climatización

Casos de Estudio	Caso BASE PDA (Estufa Pellets + Aire Acondicionado)	Caso Alt-A PDA (Sistema Geotérmico Distrital)	Caso Alt-B RT- Zona 4 (Sistema Geotérmico Distrital)	
<b>Análisis del financiamiento como costo inicial</b>				
Inversión inicial (M\$)	303.290	718.369	688.838	M\$
Inversión inicial (UF) 31,000 \$/UF	9.784	23.173	22.221	UF
Durante el Ciclo de Vida - Climatización.				
<b>Propietario Inversión inicial CLIMATIZACION (UF) 130P</b>	<b>75</b>	<b>178</b>	<b>171</b>	<b>UF</b>

fuerce 90, elaboración propia

Se revisan los subsidios que podrían ayudar a los futuros propietarios a financiar esta inversión inicial en climatización, de sus viviendas durante su ciclo de vida.

Como se mencionó previamente, existe el subsidio del PDA que está aplicado sólo en las alternativas del caso base y del caso de la alternativa A.

En este caso alternativa B, se deben que financiar 171 UF por vivienda y considerando el uso del subsidio PDA Chillán-Chillán Viejo, de 100UF, sólo tendrían que financiar la diferencia de 71 UF.

Asimismo, como el financiamiento de la alternativa caso base considera un subsidio de recambio de estufa estimado en 50 UF, éste podría obtenerse, de igual manera, durante el periodo de

#### *Capítulo 4. Resultados. Evaluación Económica*

postulación del caso alternativa B. Para esto, habría que hacer una modificación de excepción, en la aplicación de tales subsidios; faltando sólo una diferencia de 21 UF, a ser cubiertas por los propietarios, ya que es menor a las 25 UF de inversión inicial, consideradas en el caso base.

Por lo tanto, se observa que el Estado puede ayudar de manera directa a los futuros propietarios, con subsidios complementarios, para integrar en sus viviendas soluciones de climatización con Eficiencia Energética (EE) y energías renovables no convencionales (ERNC), en base a sistemas distrital con Energía Geotérmica.

## Capítulo 5. Conclusiones

### Capítulo 5. Conclusiones

En el desarrollo de este capítulo se resumen las principales conclusiones asociadas al estudio realizado y al cumplimiento, de las preguntas de investigación, de los objetivos propuestos, las limitaciones, las contribuciones de la tesis y las futuras líneas de investigación derivadas de ella.

El objetivo de esta investigación se centró en evaluar técnica y económicamente el costo total, a valor presente, un sistema de climatización distrital geotérmico para un conjunto habitacional de 130 viviendas sociales en la ciudad de Chillán Viejo, región de Ñuble. Específicamente, el consumo de energía requerido para climatizar las viviendas durante todo el año.

En primer lugar, se responderá a las preguntas de investigación, tal como sigue.

Con el aporte de 100 UF, entregado como subsidio complementario para cada futuro propietario para el financiamiento de la envolvente que cumpla con los requisitos del PDA de Chillán y Chillán Viejo no se alcanza a cubrir el costo de inversión inicial del sistema distrital de climatización geotérmica para el conjunto habitacional estudiado, ya que se requiere un aporte de 178 UF por cada futuro propietario.

La vivienda modelo estudiada con envolvente PDA de Chillán y Chillán Viejo tiene una carga máxima de enfriamiento de 4,247 kWh y la vivienda con envolvente térmica que cumple con los requisitos del Fondo Solidario y el Reglamento Térmico en la zona 4 tiene una carga máxima de enfriamiento 2,513 kWh. Por lo anterior, para el gasto energético en refrigeración es mejor envolvente la alternativa B, del RT zona 4; ya que el gasto anual en refrigeración para el sistema distrital en envolvente PDA es de 81.613 (kWh/año) y con la envolvente RT zona 4 es de 71.411 (kWh/año), por lo tanto, esta hipótesis no se cumple, ya que, al mejorar la envolvente, aumenta en un 14,3% el gasto en refrigeración.

Como respuesta a la tercera hipótesis se debe afirmar que se cumple con las interrogantes planteadas: Se evidencia la disminución del uso del recurso económico durante el ciclo de vida, dado que para las dos alternativas con uso de sistema distrital geotérmico es costo es menor respecto del caso base (sistema tradicional de climatización). Como valores de respaldo se puede decir que el recurso económico baja en un 45% respecto de la alternativa A y un 51% respecto de la alternativa B. Por lo tanto, esta hipótesis sí se cumple.

## Capítulo 5. Conclusiones

Como respuesta al objetivo general de esta investigación se concluye que el Sistema Distrital de Climatización Geotérmica es una solución que mejora el consumo energético, respecto de sistemas tradicionales de climatización, usados en la intercomuna de Chillán y Chillán Viejo, estufa a pellets y equipos de aire acondicionado tipo Split. Como se indicó anteriormente, disminuye el consumo energético analizado durante el ciclo de vida, a la vez, que sus anualidades, de gasto energético, disminuyen alrededor del 45% con estos sistemas de climatización.

Asimismo, se afirma que este sistema mejora la sustentabilidad y EE respecto del sistema tradicional, ya que mejora el parámetro económico, disminuyendo el costo total, a valor presente, de las alternativas. Que mejora el parámetro social, ya que disminuye los costos de las anualidades en más del 50% del patrimonio social de las familias. Y que mejora el parámetro ecológico, ya que disminuye el consumo energético en más del 75% respecto del sistema tradicional y al usar menos energía se disminuye la huella de carbono y contamina menos el medio ambiente.

Este sistema, actualmente, no puede ser financiado por los subsidios considerados en el Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV) y sus llamados del año 2021, ya que no hay subsidios directos considerados para este fin. Por consiguiente, se podría discutir en la política pública habitacional para buscar alternativas de financiamiento para el desarrollo de este tipo de soluciones de sistemas de climatización o combinar los subsidios existentes de los PDA y recambio de estufas, por ejemplo.

Como respuesta a los objetivos específicos se entregan los siguientes resultados: las cargas máximas requeridas por la vivienda modelo con la envolvente PDA es para calefacción de 2,479 (kWh) y para refrigeración es de 4,247 (kWh). Y para la vivienda modelo con envolvente RT zona 4, para calefacción es de 3,726 (kWh) y para refrigeración es de 2,513 (kWh); por lo tanto, podemos decir que al mejorar la envolvente de la vivienda modelo, desde el RT zona 4 al PDA de Chillán-Chillán Viejo mejora el requerimiento de calefacción y empeora el requerimiento de refrigeración.

Los costos totales del ciclo de vida de las alternativas propuestas, a valor presente, de los sistemas de climatización son: para el caso Base es de 1.831 millones de pesos, para el caso alternativa A es de 1.506 millones de pesos y para el caso alternativa B es de 1.393 millones de pesos. Los que tienen un costo de inversión inicial de 303 millones de pesos para el caso base, de 817 millones de pesos para la alternativa A y de 688 millones de pesos para la alternativa B.

## Capítulo 5. Conclusiones

Los costos anuales de mantenimiento para los casos de estudio son: caso base es de 22.1 millones de pesos, caso alternativa A es de 1.87 millones de pesos y para el caso alternativa B es de 1.66 millones de pesos. Asimismo, se tiene las siguientes anualidades de los costos de consumo energético: para el caso base es de 61.4 millones de pesos, para el caso alternativa A es de 34.1 millones de pesos y para el caso alternativa B es de 29.8 millones de pesos.

### 5.1. Limitaciones

Las limitaciones de este estudio se basan principalmente, en que se realizó para un proyecto CNT, como caso real, que considera viviendas con estructuras huecas. En este caso, es de estructura metálica y el requisito más desfavorable del itemizado técnico del Fondo Solidario con Elección de Viviendas (FSEV) es la acreditación de protección contra el fuego, que requiere de mayor aislación térmica para cumplir con el F-15 que lo indicado para cumplir con el RT zona 4. Por lo tanto, la solución analizada como caso de estudio alternativa B está sobredimensionada térmicamente respecto de los requisitos del RT zona 4. Este estudio, sólo es aplicable a conjuntos habitacionales de viviendas con soluciones constructivas huecas como las estructuras metálicas o las estructuras de madera.

### 5.2. Contribuciones de la tesis

La contribución más importante de este estudio es que genera una base de análisis técnico y económico, que incluye a la Energía Geotérmica y a los sistemas distritales de climatización, como una solución financiable dentro de los proyectos de Fondo Solidario con Elección de Viviendas que financia el Estado para las familias más vulnerables.

Como constructor civil, veo una oportunidad de negocio y construcción sustentable con la energía geotérmica, ya que como es una ERNC poco explorada en Chile y menos aún en la región. Dado que el estudio se realizó durante todo el año y considera la calefacción requerida en invierno y la refrigeración requerida en el verano, es muy útil para este tipo de clima Central Interior, que cubre desde San Felipe hasta Chillán, donde cada vez más se requiere del enfriamiento de las viviendas en verano. En general, la mayoría de los estudios relativos a la climatización, sólo consideran calefacción para esta zona climática, al igual que para zonas climáticas costeras y sureñas.

## Capítulo 5. Conclusiones

Del mismo modo, es una oportunidad para el desarrollo profesional de nuestra profesión, el diseño de estos sistemas de climatización geotérmicas distritales, ya que se requiere de los conocimientos de nuestra profesión, junto a la aplicación de análisis de costos, presupuestos y conocimientos de construcción sustentable.

### 5.3. Futuras líneas de investigación

Desarrollar un modelo de sistemas distritales de climatización geotérmica más acabado y detallado de los para obtener presupuestos precisos de inversión y puedan ser ingresados al banco como de proyecto como una alternativa a los subsidios del PDA.

Hacer modificaciones en la política pública habitacional, donde se puedan incorporar, las ERNC como la geotermia y los sistemas de climatización distrital, dentro de las alternativas directas de financiamiento de los subsidios complementarios del Fondo Solidario con Elección de Viviendas. De igual modo, poder complementar el uso de los subsidios como el PDA y el recambio de estufas en la aplicación de estos sistemas de climatización para aumentar el confort térmico de las viviendas sociales.

Con las limitaciones mencionadas en el apartado anterior, se podrían investigar otras soluciones constructivas para este tipo de viviendas sociales.

## Referencias Bibliográficas

## Referencias bibliográficas

- Acoltzi, H., & Pérez, H. (2011). ISO 50001, Gestión de energía. *Boletín IIE*, 114.
- André, F. J., De Castro, L. M., & Cerdá, E. (2012). Las energías renovables en el ámbito internacional. *Cuadernos económicos de ICE*, 83, 11-36.
- Banco Central de Chile. (2021). *Resumen IPoM Septiembre 2021*. <https://www.bcentral.cl/resumen-ipom/-/detalle/resumen-ipom-septiembre-2021>
- BIM dictionary. (2019). BIM dictionary. Obtenido de <https://bimdictionary.com/terms/search>
- BIM Fórum Chile, Corporación de Desarrollo Tecnológico (2017). Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wpcontent/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizacionesversi%C3%B3n-imprenta.pdf>
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2019). Introducción a la serie EN-ISO 19650 parte 1 y 2.
- BuildingSMARTalliance. (2015). National BIM Standard - United States.
- Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., & Mistretta, M. (2014). Energy life-cycle approach in Net zero energy buildings balance: Operation and embodied energy of an Italian case study. *Energy and Buildings*, 72, 371-381.
- da Cunha, S. R. L., & de Aguiar, J. L. B. (2020). Phase change materials and energy efficiency of buildings: A review of knowledge. *Journal of Energy Storage*, 27(September 2019). <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.101083>
- Diakaki, C., Grigoroudis, E., & Kolokotsa, D. (2008). Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings. *Energy and Buildings*, 40(9), 1747-1754. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.03.002>
- D.S. N° 49, DE 2011 PROGRAMA HABITACIONAL FONDO SOLIDARIO DE ELECCIÓN DE VIVIENDA, 1 (2017).
- Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2004). ¿Qué es la energía geotérmica. *Pisa: Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR*.
- EBP Chile SpA AG. (2019). *Manual de Desarrollo de proyectos - Energía Distrital*.
- El Mostrador, 2021. <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2021/07/25/chile-en-la-senda-correcta-de-las-energias-renovables/>
- Fien, J., & Winfree, T. (2014). Drivers of change in construction training: How significant is the sustainability agenda? *Prospects*, 44(2), 211-219. <https://doi.org/10.1007/s11125-014-9304-3>
- Fuchs, D., & Prudencio, G. (2020). *Bombas de Calor: Una Guía para el Usuario*. <https://4echile-datastore.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/10/05150539/Guía-Bombas-de-Calor.pdf>
- GARCÍA, F. (2015). <https://colecciondigital.cemiegeo.org>. Obtenido de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8782/Tesis.pdf?sequence=1>

## Referencias Bibliográficas

- Ginebra, S., & Lee, H. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático- Meziavládní panel pro změnu klimatu.
- Hajare, A., & Elwakil, E. (2020). Integration of life cycle cost analysis and energy simulation for building energy-efficient strategies assessment. *Sustainable Cities and Society*, 61(June), 102293. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102293>
- IRENA, International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2017. Abu Dhabi, 2018
- Kappes Sáez, L. F. (2017). Eficiencia energética en vivienda social, Chile.
- Lambrechts, W., Gelderman, C. J., Semeijn, J., & Verhoeven, E. (2019). The role of individual sustainability competences in eco-design building projects. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1631–1641. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.084>
- Metz, B., Davidson, O., Bosch, P., Dave, R., & Meyer, L. (2007). *Climate change 2007: Mitigation of climate change*. Cambridge Univ. Press.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, G. de C. (2017). *Res Ex N° 7713 - Itemizado Técnico.pdf*.
- Res. Ex. 224 - Llamado de DS.49 tipología CNT - 2021, (2021).
- MINSEGPRES. (2010). Ley 19300. *Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile*, 1, 1–38. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- Neij, L., Sandin, S., Benner, M., Johansson, M., & Mickwitz, P. (2021). Bolstering a transition for a more sustainable energy system: A transformative approach to evaluations of energy efficiency in buildings. *Energy Research and Social Science*, 72(November 2020), 101864. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101864>
- Normativo, T., & Nacional, C. (2014). PDA Plan de prevención y descontaminación atmosférica para las comunas de Chillán y Chillán Viejo. *Biblioteca Del Congreso Nacional*, 17–20.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, (s.f.) *Energías Renovables no Convencionales*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. <https://www.odepa.gob.cl/temas-transversales/agricultura-sustentable/energias-renovables-no-convencionales>
- ONU, (1987). Nuestro futuro común. Madrid: Alianza
- Peña, A. C., & Sánchez, J. M. G. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. AENOR.
- Prudencio, G., Silva Marcel, & Muñoz Ruben. (2020). *Indice de Precios de Bombas de Calor*. 9.
- Radhi, Hassan y Sharples, Stephen y Fikiry, Fayze. (2013). Will multi-facade systems reduce cooling energy in fully glazed buildings? A scoping study of UAE buildings. *Energy and Buildings*. 56. 179–188. [10.1016/j.enbuild.2012.08.030](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.030).
- Rivero Camacho, C. (2020). Estudio de huellas en el ciclo de vida del edificio residencial.
- R. Mihelcic, J., & Beth Zimmerman, J. (2011). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño* Autores y Editores Autores Colaboradores Want more papers like this?
- Rodríguez Hein, M. E. (2021). Calculo de la envolvente térmica de la “Escuela f-134 Ninquihue” y propuestas de soluciones eficientes (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).
- Schallenberg, J. C., Gonzalo, R., Izquierdo, P., Hernández Rodríguez, C., Unamunzaga, P., Ramón,

## Referencias Bibliográficas

- F., Déniz, G., Díaz, M., Delia, T., Pérez, C., Martel Rodríguez, G., Pardilla, J., Vicente, F., & Ortin, S. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.
- Tecnología y Recursos de la Tierra S.A, J. Sanchez Guzmán, L. Sanz López, and L. Ocaña Robles, Evaluación del potencial de energía geotérmica. Estudio técnico PER 2011-2020. Madrid, 2011.
- Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Reverte.
- You T , Stansfield I , Romano MC , Brown AJ , Coghill GM, 2011. Analizando el control de traslación GCN4 en levaduras mediante modelación y simulación cinética química estocástica. BMC Syst Biol 5: 131
- Zepf, V. (2020). The dependency of renewable energy technologies on critical resources. In *The Material Basis of Energy Transitions*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819534-5.00004-0>

## **Índice ANEXOS**

### **ANEXOS**

Anexo A

**ANEXO A: Resumen de índices de Precios**

**Tabla 1. Contenido referente a Geotermia abordado en encuesta**

INDICE	DESCRIPCION	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-1	G-1. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas reversibles para Clima	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	315.000
		> 20 ≤ 100 kWt		207.019
		> 100 kWt		181.150
G-2	G-2. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas reversibles para Clima y ACS	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	396.550
		> 20 ≤ 100 kWt		205.683
		> 100 kWt		189.624
G-3	G-3. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas de Frío y Calor Simultáneo	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	324.000
		> 20 ≤ 100 kWt		143.967
		> 100 kWt		125.000
G-4	G-4. Precio de Bombas de Calor Geotérmicas Industriales para Generación de Calor	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	219.231
		> 20 ≤ 100 kWt		139.474
		> 100 kWt		161.192
INDICE	Item Instalacion	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-5	<b>G-5. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Abierto</b> % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación del equipo de Bomba de Calor geotérmica, considerando un sistema de captación abierto	-	%	40%
G-6	G-6. Precio por metro lineal de la construcción de pozos de agua para circuitos de captación abiertos	≤ 50 m	CLP sin IVA por metro lineal	110.000
		>50 ≤ 100 m		145.000
		>100 ≤ 300 m		200.000
		> 300 m		300.000
G-7	<b>G-7. % Costo Instalación BC Geotérmica Circuito Cerrado</b> % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación del equipo de Bomba de Calor geotérmica, considerando un sistema de captación cerrado	-	%	30%
G-8	G-8. Precio por metro cuadrado de cañería enterrada en instalaciones geotérmicas con circuito cerrado horizontal	≤ 50 m <sup>2</sup>	CLP sin IVA por metro lineal	29.000
		>50 ≤ 100 m <sup>2</sup>		27.000
		>100 ≤ 300 m <sup>2</sup>		25.000
		> 300 m <sup>2</sup>		24.000
G-9	G-9. Precio por metro lineal de cañería enterrada en instalaciones geotérmicas con circuito cerrado vertical	≤ 50 m	CLP sin IVA por metro lineal	120.000
		>50 ≤ 100 m		120.000
		>100 ≤ 300 m		120.000
		> 300 m		125.000
INDICE	Item Mantenimiento Preventiva	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
G-10	G-10. Precio por kWt de realizar mantenimiento preventiva por evento de bombas de calor geotérmicas	≤ 20 kWt	CLP sin IVA por kWt de instalación	10.000
		> 20 ≤ 100 kWt		6.750
		> 100 kWt		5.000

Anexo A

Tabla 2. Contenido referente a Aerotermia abordado en encuesta

INDICE	Item/Versión	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
A-1	A-1. Precio de Splits con Tecnología On Off (C/U)	9.000 BTU/h	CLP sin IVA	176.470
		12.000 BTU/h		200.000
		18.000 BTU/h		294.500
		24.000 BTU/h		390.000
	A-1. Precio de Splits con Tecnología INVERTER	9.000 BTU/h	CLP sin IVA	280.000
		12.000 BTU/h		313.000
		18.000 BTU/h		419.952
		24.000 BTU/h		533.000
A-2	A-2. Precio de Bomba de calor compacta para ACS	150 L	CLP sin IVA	1.315.000
		300 L		1.700.000
A-3	A-3. Precio de Bomba de calor para Clima y ACS	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	211.806
		> 20 ≤ 100 kWt		150.000
		> 100 kWt		105.182
A-4	A-4. Precio de Bombas de Calor Industriales para Generación de Calor	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	250.000
		> 20 ≤ 100 kWt		174.400
		> 100 kWt		119.200
INDICE	Item/Instalación	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
A-5	A-5. Precio de instalación de Splits	9.000 BTU/h	CLP sin IVA	120.000
		12.000 BTU/h		120.000
		18.000 BTU/h		135.000
		24.000 BTU/h		140.000
A-6	A-6. Precio de instalación de bombas de calor compactas para ACS	150 L	CLP sin IVA	200.000
		300 L		200.000
A-7	A-7. % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación de Bombas de Calor para Clima y ACS	≤ 20 kWt	%	30%
		> 20 ≤ 100 kWt		40%
		> 100 kWt		48%
A-8	A-8. % de Costo Total del Proyecto atribuible a la Instalación de Bombas de Calor Industriales para Generación de Calor	≤ 20 kWt	%	50%
		> 20 ≤ 100 kWt		60%
		> 100 kWt		50%
INDICE	Item/Mantenimiento Preventiva	Rango consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
A-9	A-9. Precio de mantenimiento preventiva de Splits	9.000 BTU/h	CLP sin IVA	43.200
		12.000 BTU/h		46.850
		18.000 BTU/h		47.500
		24.000 BTU/h		47.500
A-10	A-10. Precio de mantenimiento preventiva de bombas de calor compactas para ACS	150 L	CLP sin IVA	60.000
		300 L		60.000
A-11	A-11. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica para Clima y ACS	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	7.200
		> 20 ≤ 100 kWt		4.500
		> 100 kWt		4.500
A-12	A-12. Precio Mantenimiento Preventiva BC Aerotérmica de Uso Industrial	≤ 20 kWt	CLP sin IVA	7.650
		> 20 ≤ 100 kWt		5.500
		> 100 kWt		5.000

Anexo A

Tabla 3. Contenido referente a Sistemas Emisores abordado en encuesta

INDICE	Item Venta	Rango Consultado	Unidad Consultada	PRECIO NETO (CLP)
E-1	E-1. Precio de suministro e instalación de un radiador (C/U)	$\leq 1$ kWt	CLP sin IVA	130.988
		$> 1 \leq 5$ kWt		70.857
		$> 5 \leq 10$ kWt		45.417
		$> 10 \leq 15$ kWt		43.333
		$> 15 \leq 20$ kWt		46.875
E-2	E 2. Precio de suministro e instalación de metro cuadrado de losa radiante (m2)	$\leq 50$ m <sup>2</sup>	CLP sin IVA	23.750
		$>50 \leq 100$ m <sup>2</sup>		22.000
		$>100 \leq 300$ m <sup>2</sup>		26.500
		$> 300$ m <sup>2</sup>		27.500
E-3	E 3. Precio de suministro e instalación de un fancoil (C/U)	$\leq 5$ kWt	CLP sin IVA	129.650
		$> 5 \leq 10$ kWt		82.857
		$> 10 \leq 15$ kWt		65.385
		$> 15 \leq 20$ kWt		106.944
		$> 20$ kWt		161.905

Anexo B

ANEXO B. equipos e insumos red distrital

Bombas circuladoras



Hidráulica  
Bombas Circuladoras de Calefacción GRUNDFOS

Descripción del Producto

Las nuevas MAGNA3 son una gama de circuladoras inteligentes y con una eficiencia superior perfectas para todo tipo de aplicaciones como:

Características:

- Calefacción
- Aire acondicionado
- Refrigeración
- Sistemas de agua caliente sanitaria
- Sistemas geotérmicos de calefacción
- Sistemas solares de calefacción
- Contador de energía térmica
- Reduce la necesidad de válvulas de equilibrado
- Modo inteligente AUTO ADAPT
- Perfecta para gestión de edificios

Bomba Circuladora Inteligente Magna 3



- LA GAMA MÁS COMPLETA: Más de 200 bombas sencillas y dobles para un fácil dimensionamiento en cualquier punto de trabajo
- LA MEJOR EFICIENCIA ENERGÉTICA: El mejor IEE del mercado con una reducción de costes energéticos de hasta un 75%
- INTELIGENCIA SUPERIOR: Las nuevas funciones FLOWLIMIT y FLOWADAPT, junto al reconocido modo AUTO ADAPT, permiten un control total del sistema.
- FÁCIL INSTALACIÓN: Su interfaz de usuario, totalmente intuitivo y fácil de manejar, ahorra tiempo y esfuerzos durante la instalación

- APLICACIONES MÚLTIPLES: La bomba maneja líquidos entre -10° C y 110° C. Funciona independientemente de la temperatura ambiente - lo que la convierte en la circuladora perfecta tanto para proyectos de calefacción como de refrigeración

CÓDIGO	MODELO	PRECIO LISTA USD
G97924244	Magna3 25-40 180 1x230v pn10	832
G97924245	Magna3 25-60 180 1x230v pn10	988
G97924246	Magna3 25-80 180 1x230v pn10	1.126
G97924247	Magna3 25-100 180 1x230v pn10	1.235
G97924248	Magna3 25-120 180 1x230v pn10	1.389
G97924254	Magna3 32-40 180 1x230v pn10	1.022
G97924255	Magna3 32-60 180 1x230v pn10	1.196
G97924256	Magna3 32-80 180 1x230v pn10	1.248
G97924257	Magna3 32-100 180 1x230v pn10	1.355
G97924258	Magna3 32-100 f 220 1x230v pn6/10	1.578
G97924259	Magna3 32-120 f 220 1x230v pn6/10	1.892
G97924266	Magna3 40-40 f 220 1x230v pn6/10	1.403
G97924267	Magna3 40-60 f 220 1x230v pn6/10	1.526
G97924268	Magna3 40-80 f 220 1x230v pn6/10	1.892
G97924269	Magna3 40-100 f 220 1x230v pn6/10	2.087
G97924270	Magna3 40-120 f 250 1x230v pn6/10	2.387
G97924271	Magna3 40-150 f 250 1x230v pn6/10	2.829
G97924272	Magna3 40-180 f 250 1x230v pn6/10	3.254
G97924280	Magna3 50-40 f 240 1x230v pn6/10	2.087
G97924281	Magna3 50-60 f 240 1x230v pn6/10	2.458
G97924282	Magna3 50-80 f 240 1x230v pn6/10	2.706
G97924283	Magna3 50-100 f 280 1x230v pn6/10	2.865
G97924284	Magna3 50-120 f 280 1x230v pn6/10	3.024
G97924285	Magna3 50-150 f 280 1x230v pn6/10	3.484
G97924286	Magna3 50-180 f 280 1x230v pn6/10	4.085
G97924287	Magna3 50-40 f 240 1x230v pn16	2.441
G97924294	Magna3 65-40 f 340 1x230v pn6/10	2.617
G97924295	Magna3 65-60 f 340 1x230v pn6/10	2.989
G97924296	Magna3 65-80 f 340 1x230v pn6/10	3.254
G97924297	Magna3 65-100 f 340 1x230v pn6/10	3.431
G97924298	Magna3 65-120 f 340 1x230v pn6/10	3.678
G97924299	Magna3 65-150 f 340 1x230v pn6/10	4.290
G97924306	Magna3 80-40 f 360 1x230v pn6	3.130
G97924307	Magna3 80-60 f 360 1x230v pn6	3.448
G97924308	Magna3 80-80 f 360 1x230v pn6	3.714
G97924309	Magna3 80-100 f 360 1x230v pn6	4.110

## Anexo B

### RED DE DISTRIBUCION

## Uponor Radi Pipe



La gama de tuberías Uponor Radi Pipe están fabricadas en polietileno reticulado (PEX-a) de la más alta calidad con barrera antidifusión de oxígeno (EVOH) y diseñadas para su utilización en instalaciones

de calefacción por radiadores así como tuberías de distribución en instalaciones radiantes de frío/calor.

#### Ventajas

- Calidad certificada.
- Barrera antidifusión de oxígeno.
- Resistentes a la corrosión.
- Memoria térmico-elástica.
- Ligeras y flexibles.
- Duraderas.



#### Especificación

- Tuberías de polietileno reticulado (PEX-a) fabricadas acorde a EN ISO 15875.
- Barrera antidifusión de oxígeno (EVOH) según DIN 4726.
- Clases de aplicación: Clase 5, radiadores a alta temperatura.
- Clasificación al fuego E acorde a DIN EN 13501-1.

#### Aplicación

- Calefacción: temperatura de trabajo en continuo hasta 80 °C a una presión máxima continua de 6 bar. La temperatura a corto plazo puede llegar hasta 100 °C (100 h útiles).

#### Certificación

- AENOR.

#### Uponor Comfort Pipe PLUS

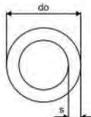
- 6 bar a 80 °C



Código Uponor	Dimensión	L m	do mm	s mm	p mm	V bar	color	Uds. uPoints Palet	Uds. Caja	PVP/m. ud
1062045	16x2,0 240m	240	16	2	6	0,113	blanco	700 1440	240	MTR 2,21 €
1009230	20x2,0 240m	240	20	2	6	0,2	blanco	1000 960	240	MTR 3,03 €
1062887	25x2,3 60m	60	25	2,3	6		blanco	840	60	MTR 4,33 €

#### Uponor Radi Pipe natural PN6

- Presión operativa 6 bar.
- Tubería en rollo.
- Color natural.



Código Uponor	Dimensión	L m	do mm	s mm	p mm	color	Uds. uPoints Palet	Uds. Caja	PVP/m. ud
1001220	32x2,9 50m	50	32	2,9	6	natural	300 250	50	MTR 9,01 €
1008979	40x3,7 50m	50	40	3,7	6	natural	950 250	50	MTR 12,36 €
1008980	50x4,6 50m	50	50	4,6	6	natural	1500 250	50	MTR 18,02 €
1008981	63x5,8 50m	50	63	5,8	6	natural	2550 250	50	MTR 29,28 €

## Anexo B

### TUBERIAS red principal

#### Uponor Ecoflex Thermo Single

- Calefacción/refrigeración.
- 1 tubo de servicio PEX-a con barrera antidifusión de oxígeno.
- Presión y temperatura máx: 6 bar / 95 °C.
- Aislamiento espuma PEX.
- Carcasa PEAD corrugado.



Código Uponor	Dimensión	do mm	do1 mm	s1 mm	R m	Peso kg	Uds. Caja	MTR	PVP/m. ud.
1018110	32x2,9/140	140	32	2,9	0,3	1,31	200	MTR	62,50 €
1018111	40x3,7/175	175	40	3,7	0,35	2,2	200	MTR	77,50 €
1018112	50x4,6/175	175	50	4,6	0,45	2,4	200	MTR	97,50 €
1018113	63x5,8/175	175	63	5,8	0,55	2,8	200	MTR	128,50 €
1018114	75x6,8 /200	200	75	6,8	0,8	3,74	100	MTR	154,50 €
1018115	90x8,2/200	200	90	8,2	1,1	4,2	100	MTR	170,00 €
1018116	110x10,0/200	200	110	10	1,2	5,24	100	MTR	196,00 €
1083868	125x11,4/250	250	125	11,4	1,4	7,25	120	MTR	238,00 €

### Red secundaria

#### Uponor Ecoflex Thermo Mini

- Calefacción/refrigeración.
- 1 tubo de servicio PEX-a con barrera antidifusión de oxígeno.
- Presión y temperatura máx: 6 bar / 95 °C.
- Aislamiento espuma PEX.
- Carcasa PEAD corrugado.



Código Uponor	Dimensión	do mm	do1 mm	s1 mm	R m	Peso kg	Uds. Caja	MTR	PVP/m. ud.
1018132	25x2,3/68	68	25	2,3	0,2	0,5	200	MTR	39,00 €
1018133	32x2,9/68	68	32	2,9	0,25	0,55	200	MTR	49,00 €

## Anexo B

### SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Color NEGRO · Para otras longitudes de sonda, consultar.

SONDA VERTICAL GEOTÉRMICA SIMPLE PE 100 1,6 Mpa. (16 ATM)				
Ø Ext. (mm)	Código	Espesor (mm)	M/Sonda	€/Sonda
40	246001	3,7	80	381,99
40	246002	3,7	100	461,04
40	246003	3,7	125	559,88
40	246004	3,7	150	658,61



SONDA VERTICAL GEOTÉRMICA DOBLE PE 100 1,6 Mpa. (16 ATM)				
Ø Ext. (mm)	Código	Espesor (mm)	M/Sonda	€/Sonda
32	246005	2,9	80	507,76
32	246006	2,9	100	610,06
32	246007	2,9	125	737,87
32	246008	2,9	150	865,78
40	246009	3,7	80	753,88
40	246010	3,7	100	911,98
40	246011	3,7	125	1.109,56
40	246012	3,7	150	1.307,13



SONDA HORIZONTAL GEOTÉRMICA SIMPLE PE 100 1,6 Mpa. (16 ATM)				
Ø Ext. (mm)	Código	Espesor (mm)	M/Sonda	€/Sonda
25	246013	2,3	100	88,23
32	246014	2,9	100	138,06
40	246015	3,7	100	207,88



## Anexo B

### Bombas geotérmicas

#### ecoGEO Basic 1-9 kW

		B1 1-9_230V	B1 1-9_400V	B2 1-9_230V	B2 1-9_400V	B3 1-9_230V	B3 1-9_400V	B4 1-9_230V	B4 1-9_400V
ecoGEO	Referencia	21113/1	23113/1	21123/1	23123/1	ND	ND	ND	ND
	Precio	6.890 €	7.130 €	7.490 €	7.730 €	ND	ND	ND	ND
ecoGEO EH	Referencia	21112/1	23112/1	21122/1	23122/1	ND	ND	ND	ND
	Precio	7.090 €	7.330 €	7.690 €	7.930 €	ND	ND	ND	ND
ecoGEO HTR	Referencia	21111/1	23111/1	21121/1	23121/1	21131/1	23131/1	21141/1	23141/1
	Precio	7.290 €	7.530 €	7.890 €	8.130 €	7.990 €	8.230 €	8.550 €	8.790 €
ecoGEO HTR EH	Referencia	21110/1	23110/1	21120/1	23120/1	21130/1	23130/1	21140/1	23140/1
	Precio	7.490 €	7.730 €	8.090 €	8.330 €	8.190 €	8.430 €	8.750 €	8.990 €



EH: modelo con resistencia eléctrica de apoyo HTR: modelo con tecnología HTR ND: modelo no disponible

#### ecoGEO Basic 3-12 kW

		B1 3-12_230V	B1 3-12_400V	B2 3-12_230V	B2 3-12_400V	B3 3-12_230V	B3 3-12_400V	B4 3-12_230V	B4 3-12_400V
ecoGEO	Referencia	21213/1	23213/1	21223/1	23223/1	ND	ND	ND	ND
	Precio	7.690 €	7.930 €	8.290 €	8.530 €	ND	ND	ND	ND
ecoGEO EH	Referencia	21212/1	23212/1	21222/1	23222/1	ND	ND	ND	ND
	Precio	7.890 €	8.130 €	8.490 €	8.730 €	ND	ND	ND	ND
ecoGEO HTR	Referencia	21211/1	23211/1	21221/1	23221/1	21231/1	23231/1	21241/1	23241/1
	Precio	8.090 €	8.330 €	8.690 €	8.930 €	8.790 €	9.030 €	9.390 €	9.630 €
ecoGEO HTR EH	Referencia	21210/1	23210/1	21220/1	23220/1	21230/1	23230/1	21240/1	23240/1
	Precio	8.290 €	8.530 €	8.890 €	9.130 €	8.990 €	9.130 €	9.590 €	9.830 €



#### ecoGEO Basic 5-22 kW

		B1 5-22_230V	B1 5-22_400V	B2 5-22_230V	B2 5-22_400V	B3 5-22_230V	B3 5-22_400V	B4 5-22_230V	B4 5-22_400V
ecoGEO	Referencia	21313/1	23313/1	21323/1	23323/1	ND	ND	ND	ND
	Precio	8.750 €	9.020 €	9.350 €	9.620 €	ND	ND	ND	ND
ecoGEO EH	Referencia	21312/1	23312/1	21322/1	23322/1	ND	ND	ND	ND
	Precio	8.950 €	9.220 €	9.550 €	9.820 €	ND	ND	ND	ND
ecoGEO HTR	Referencia	21311/1	23311/1	21321/1	23321/1	21331/1	23331/1	21341/1	23341/1
	Precio	9.150 €	9.420 €	9.750 €	10.020 €	9.850 €	10.120 €	10.350 €	10.620 €
ecoGEO HTR EH	Referencia	21310/1	23310/1	21320/1	23320/1	21330/1	23330/1	21340/1	23340/1
	Precio	9.350 €	9.620 €	9.950 €	10.220 €	10.050 €	10.320 €	10.550 €	10.820 €



#### ecoGEO HP 12-40 kW

		HP1	HP3
ecoGEO HP 12-40	Referencia	53413	53433
	Precio	14.950 €	16.150 €

#### ecoGEO HP 15-70 kW

		HP1	HP3
ecoGEO HP 15-70	Referencia	53513	53533
	Precio	19.250 €	20.450 €



## Anexo B

### Estanques de Expansión

#### Descripción

- Estanque de expansión con membrana intercambiable.
- Presión máxima de ejercicio: 8 o 10 bar (según modelo).
- Presión máxima de precarga: 1,5 bar.
- Temperatura de trabajo: -10°C/ +100°C.

#### Imera Serie R-RV Estanque de Expansión para Calefacción



CÓDIGO	MODELO	PRECIO DE LISTA USD
00.151.01	Estanque expansion R 12 lts	41,71
00.151.02	Estanque expansion R 18 lts	46,98
00.151.03	Estanque expansion R 24 lts	53,85
00.151.04	Estanque expansion R 35 lts	90,79
00.151.05	Estanque expansion R 50 lts	105
00.151.06	Estanque expansion RV 80 lts	171
00.151.07	Estanque expansion RV 100 lts	204
00.151.08	Estanque expansion RV 150 lts	283
00.151.09	Estanque expansion RV 200 lts	355
00.151.10	Estanque expansion RV 250 lts	436
00.151.11	Estanque expansion RV 300 lts	494
00.151.13	Estanque expansion RV 500 lts	916
00.151.13A	Estanque expansion RV 600 lts	1.687
00.151.14A	Estanque expansion RV 750 lts	2.664
00.151.14B	Estanque expansion RV 1.000 lts	4.568
00.151.14D	Estanque expansion RV 2.000 lts	8.210
00.151.14C	Estanque expansion RV 3.000 lts	12.559



### Estanques de Inercia

#### ■ Depósitos de Inercia



Modelo	Referencia	Precio (€)
T-B 200	857	720
T-B 300	858	1.070
T-B 500	863	1.450
T-B 750	864	1.840
T-B 1000	860	2.090
T-B 2000	861	3.090

## Anexo C

### ANEXO C – Informe Revit 2020 – Vivienda PDA

Page 1 of 10

#### Resumen del proyecto

Ubicación y clima	
Proyecto	Project Name
Dirección	## Street City, State Zip
Tiempo de cálculo	lunes, 15 de noviembre de 2021 8:19
Tipo de informe	Detallado
Latitud	-36.63°
Longitud	-72.11°
Temp. seca verano	32 °C
Temp. húmeda verano	21 °C
Temp. seca invierno	0 °C
Oscilación media diaria	19 °C

#### Resumen de construcción

Entradas	
Tipo de edificio	Single Family
Área (m <sup>2</sup> )	56
Volumen (m <sup>3</sup> )	135.27
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>4,247</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	3,839
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	408
Capacidad máxima de refrigeración (W)	4,247
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	386.7
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>2,479</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	153.6
Sumas de comprobación	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	75.25
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	6.85
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	91.06
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	13.29
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	43.92
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.72

## Anexo C

### Resumen de nivel - NPT

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	34
Volumen (m <sup>3</sup> )	82.35
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>2,809</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Abril 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,788
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	21
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	292.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>1,328</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	106.5
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	83.68
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	8.71
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	104.13
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	11.95
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	39.56
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	3.17

### Resumen de nivel - PISO 2

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	23
Volumen (m <sup>3</sup> )	52.92
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>994</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Enero 16:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	930
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	63
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	94.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>587</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	47.1
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	43.46
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	4.12
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	94.82
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	23.01
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	25.68
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.06

## Anexo C

### Resumen de zona - Por defecto

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	56
Volumen (m <sup>3</sup> )	135.27
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	3
Infiltración (L/s)	11.4
Tipo de cálculo de volumen de aire	Bomba de calor por circuito de agua
Humedad relativa	46.00% (Calculated)
<b>Psicometría</b>	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	21 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	14 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	7 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	8 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	21 °C
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	4,247
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	3,839
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	408
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	386.7
Valor máximo de carga de calefacción (W)	2,479
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	153.6
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	23.0
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	75.25
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	6.85
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	91.06
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	13.29
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	43.92
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.72
Densidad de ventilación (L/(s·m <sup>2</sup> ))	0.41
Ventilación/persona (L/s)	7.7

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	862	20.29%	88	215	430	129	0	0	0	0
Ventana	1,771	41.70%	473	1,298	0	0	0	0	0	0
Puerta	111	2.61%	27	84	0	0	0	0	0	0
Cubierta	60	1.42%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	274	6.45%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	582	13.71%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	181	4.26%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	195	4.60%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	65	1.53%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor del ventilador	146	3.44%	-	-	-	-	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>4,247</b>	<b>100%</b>	<b>588</b>	<b>1,597</b>	<b>430</b>	<b>129</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo C

Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	963	38.86%	190	160	367	247	0	0	0	0
Ventana	541	21.81%	290	251	0	0	0	0	0	0
Puerta	121	4.88%	59	62	0	0	0	0	0	0
Cubierta	27	1.10%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	263	10.62%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	563	22.73%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>2,479</b>	<b>100%</b>	<b>539</b>	<b>473</b>	<b>367</b>	<b>247</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Por defecto Espacios

Nombre de espacio	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (L/s)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (L/s)
1 Dormitorio Principal	10	25.10	437	48.1	312	25.0
2 Baño	3	6.48	104	11.4	76	6.1
3 Cocina/Comedor/Circulación	21	50.76	2,120	233.0	940	75.4
4 Dormitorio 2	9	20.85	386	42.5	273	21.9
5 Circulación 2	7	14.00	180	19.8	79	6.4
8 Dormitorio 3	7	18.06	291	32.0	235	18.8

### Anexo C

#### Resumen del espacio: 1 Dormitorio Principal

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	10
Volumen (m <sup>3</sup> )	25.10
Área de muro (m <sup>2</sup> )	19
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	3
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	2
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	109
Carga de potencia (W)	109
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	1.9
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	437
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	417
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	20
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	48.1
Valor máximo de carga de calefacción (W)	312
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	25.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	146	33.32%	22	0	118	6	0	0	0	0
Ventana	178	40.73%	178	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	45	10.21%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	33	7.56%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	33	7.56%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	3	0.62%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>437</b>	<b>100%</b>	<b>200</b>	<b>0</b>	<b>118</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	159	51.11%	47	0	100	12	0	0	0	0
Ventana	110	35.13%	110	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	43	13.76%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>312</b>	<b>100%</b>	<b>157</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo C

### Resumen del espacio: 2 Baño

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	3
Volumen (m <sup>3</sup> )	6.48
Área de muro (m <sup>2</sup> )	4
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	1
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	30
Carga de potencia (W)	30
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.4
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	104
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	100
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	4
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	11.4
Valor máximo de carga de calefacción (W)	76
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	6.1

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	14	13.26%	14	0	0	0	0	0	0	0
Ventana	62	59.80%	62	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	9	8.57%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	9	8.82%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	9	8.82%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	1	0.72%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	30	38.89%	30	0	0	0	0	0	0	0
Ventana	38	49.85%	38	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	9	11.26%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>100%</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Anexo C

#### Resumen del espacio: 3 Cocina/Comedor/Circulacion

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	21
Volumen (m <sup>3</sup> )	50.76
Área de muro (m <sup>2</sup> )	51
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	5
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	7
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	4
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	222
Carga de potencia (W)	222
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	4.9
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	2,120
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,067
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	54
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	233.0
Valor máximo de carga de calefacción (W)	940
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	75.4

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	339	15.99%	19	121	110	88	0	0	0	0
Ventana	1,351	63.73%	53	1,298	0	0	0	0	0	0
Puerta	111	5.22%	27	84	0	0	0	0	0	0
Cubierta	60	2.84%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	119	5.61%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	67	3.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	67	3.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	6	0.26%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>2,120</b>	<b>100%</b>	<b>99</b>	<b>1,503</b>	<b>110</b>	<b>88</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	394	41.89%	41	90	94	169	0	0	0	0
Ventana	284	30.18%	33	251	0	0	0	0	0	0
Puerta	121	12.86%	59	62	0	0	0	0	0	0
Cubierta	27	2.89%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	114	12.17%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>940</b>	<b>100%</b>	<b>133</b>	<b>403</b>	<b>94</b>	<b>169</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo C

### Resumen del espacio: 4 Dormitorio 2

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	9
Volumen (m <sup>3</sup> )	20.85
Área de muro (m <sup>2</sup> )	16
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	2
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	92
Carga de potencia (W)	92
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	1.5
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>386</b>
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	370
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	17
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	42.5
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>273</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	21.9

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	112	28.92%	23	0	85	3	0	0	0	0
Ventana	180	46.51%	180	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	37	9.50%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	28	7.24%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	28	7.24%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	2	0.59%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>386</b>	<b>100%</b>	<b>203</b>	<b>0</b>	<b>85</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	128	46.98%	50	0	72	6	0	0	0	0
Ventana	110	40.11%	110	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	35	12.92%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>273</b>	<b>100%</b>	<b>159</b>	<b>0</b>	<b>72</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Anexo C

#### Resumen del espacio: 5 Ciruclación 2

<b>Datos de entrada</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	7
Volumen (m <sup>3</sup> )	14.00
Área de muro (m <sup>2</sup> )	7
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	82
Carga de potencia (W)	40
Número de personas	2
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	45
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.7
Tipo de espacio	Dormitory Bedroom
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	180
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	155
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	25
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	19.8
Valor máximo de carga de calefacción (W)	79
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	6.4

<b>Cooling Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	59	33.00%	10	6	43	0	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	16	9.04%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	19	10.63%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	34	18.63%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	52	28.69%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Heating Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	64	80.27%	22	5	37	0	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	16	19.73%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>100%</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>37</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Anexo C

#### Resumen del espacio: 8 Dormitorio 3

<b>Datos de entrada</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	7
Volumen (m <sup>3</sup> )	18.06
Área de muro (m <sup>2</sup> )	21
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	0
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	80
Carga de potencia (W)	80
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	2.0
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>291</b>
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	269
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	22
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	32.0
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>235</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	18.8

<b>Cooling Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	192	66.04%	0	87	73	31	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	48	16.57%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	24	8.35%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	24	8.35%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	2	0.69%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>291</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>87</b>	<b>73</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Heating Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	188	80.27%	0	65	63	60	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	46	19.73%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>235</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo D

### ANEXO D – Informe Revit 2020 – Vivienda RT – Zona 4.

Page 1 of 10

#### Resumen del proyecto

<b>Ubicación y clima</b>	
Proyecto	Project Name
Dirección	## Street City, State Zip
Tiempo de cálculo	lunes, 15 de noviembre de 2021 8:09
Tipo de informe	Detallado
Latitud	-36.63°
Longitud	-72.12°
Temp. seca verano	32 °C
Temp. húmeda verano	21 °C
Temp. seca invierno	0 °C
Oscilación media diaria	19 °C

#### Resumen de construcción

<b>Entradas</b>	
Tipo de edificio	Single Family
Área (m <sup>2</sup> )	57
Volumen (m <sup>3</sup> )	140.12
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>2,513</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,493
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	20
Capacidad máxima de refrigeración (W)	2,513
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	133.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>3,726</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	254.2
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	43.75
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.32
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	53.00
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	22.86
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	64.86
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	4.43

## Anexo D

### Resumen de nivel - NPT

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	34
Volumen (m <sup>3</sup> )	83.94
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>1,950</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	1,973
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-22
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	112.4
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>2,318</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	187.1
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	57.14
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	3.29
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	57.65
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	17.50
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	67.91
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	5.48

### Resumen de nivel - PISO 2

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	23
Volumen (m <sup>3</sup> )	56.18
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	<b>532</b>
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Enero 6:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	524
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	8
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	20.8
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>837</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	67.1
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	22.80
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	0.89
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	39.08
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	43.85
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	35.89
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.88

## Anexo D

### Resumen de zona - Por defecto

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	57
Volumen (m <sup>3</sup> )	140.12
Posición de ajuste de refrigeración	23 °C
Posición de ajuste de calefacción	21 °C
Temperatura de suministro de aire	12 °C
Número de personas	3
Infiltración (L/s)	20.1
Tipo de cálculo de volumen de aire	Bomba de calor por circuito de agua
Humedad relativa	44.00% (Calculated)
<b>Psicometría</b>	
Mensaje psicométrico	None
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura seca	29 °C
Serpentín de refrigeración ingresando en el intervalo de temperatura húmeda	19 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura seca	12 °C
Serpentín de refrigeración abandonando el intervalo de temperatura húmeda	14 °C
Temperatura seca de mezcla de aire	29 °C
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	2,513
Valor máximo de refrigeración (mes y hora)	Febrero 13:00
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	2,493
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	20
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	133.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	3,726
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	254.2
Valor máximo de flujo de aire de ventilación (L/s)	23.4
<b>Sumas de comprobación</b>	
Densidad de la carga de refrigeración (W/m <sup>2</sup> )	43.75
Densidad del flujo de refrigeración (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.32
Flujo/carga de refrigeración (L/(s·kW))	53.00
Área/carga de refrigeración (m <sup>2</sup> /kW)	22.86
Densidad de la carga de calefacción (W/m <sup>2</sup> )	64.86
Densidad del flujo de calefacción (L/(s·m <sup>2</sup> ))	4.43
Densidad de ventilación (L/(s·m <sup>2</sup> ))	0.41
Ventilación/persona (L/s)	7.8

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	200	7.97%	-36	41	111	85	0	0	0	0
Ventana	1,491	59.34%	198	1,293	0	0	0	0	0	0
Puerta	-2	-0.08%	-18	16	0	0	0	0	0	0
Cubierta	80	3.19%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	61	2.41%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	152	6.06%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	199	7.94%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	205	8.14%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	76	3.03%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Calor del ventilador	50	2.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Recalentamiento	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>2,513</b>	<b>100%</b>	<b>145</b>	<b>1,350</b>	<b>111</b>	<b>85</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo D

Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	1,666	44.72%	231	316	716	403	0	0	0	0
Ventana	746	20.03%	307	439	0	0	0	0	0	0
Puerta	233	6.27%	113	120	0	0	0	0	0	0
Cubierta	42	1.14%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	466	12.51%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilación	572	15.34%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>3,726</b>	<b>100%</b>	<b>652</b>	<b>875</b>	<b>716</b>	<b>403</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Por defecto Espacios

Nombre de espacio	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Valor máximo de carga de refrigeración (W)	Flujo de aire de refrigeración (L/s)	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (L/s)
1 Dormitorio Principal	10	25.65	230	13.3	591	47.4
2 Baño	3	6.57	20	1.2	0	1.2
3 Cocina/Comedor/Circulación	21	51.72	1,700	98.0	1,727	138.5
4 Dormitorio 2	9	22.20	124	7.2	313	25.1
5 Circulación 2	7	14.60	127	7.3	155	12.4
8 Dormitorio 3	8	19.38	109	6.3	368	29.5

Anexo D

Resumen del espacio: 1 Dormitorio Principal

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	10
Volumen (m <sup>3</sup> )	25.65
Área de muro (m <sup>2</sup> )	19
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	3
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	3
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	111
Carga de potencia (W)	111
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	3.7
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	230
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	236
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-6
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	13.3
Valor máximo de carga de calefacción (W)	591
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	47.4

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	21	9.18%	-14	0	30	5	0	0	0	0
Ventana	123	53.63%	123	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	11	4.89%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	36	15.45%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	36	15.45%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	3	1.39%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>100%</b>	<b>109</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	313	52.92%	92	0	197	24	0	0	0	0
Ventana	192	32.44%	192	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	86	14.64%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>591</b>	<b>100%</b>	<b>284</b>	<b>0</b>	<b>197</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo D

### Resumen del espacio: 2 Baño

<b>Datos de entrada</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	3
Volumen (m <sup>3</sup> )	6.57
Área de muro (m <sup>2</sup> )	0
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	31
Carga de potencia (W)	31
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.0
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	20
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	20
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	1.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	1.2

<b>Cooling Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	10	48.03%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	10	48.03%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	1	3.93%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Heating Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo D

### Resumen del espacio: 3 Cocina/Comedor/Circulacion

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	21
Volumen (m <sup>3</sup> )	51.72
Área de muro (m <sup>2</sup> )	49
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	5
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	7
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	4
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	226
Carga de potencia (W)	226
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	9.5
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	1,700
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	1,717
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-16
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	98.0
Valor máximo de carga de calefacción (W)	1,727
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	138.5

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	112	6.58%	-8	23	28	68	0	0	0	0
Ventana	1,330	78.24%	37	1,293	0	0	0	0	0	0
Puerta	-2	-0.12%	-18	16	0	0	0	0	0	0
Cubierta	80	4.71%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	29	1.69%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	72	4.26%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	72	4.26%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	7	0.38%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1,700</b>	<b>100%</b>	<b>12</b>	<b>1,331</b>	<b>28</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	734	42.51%	49	176	183	326	0	0	0	0
Ventana	496	28.73%	57	439	0	0	0	0	0	0
Puerta	233	13.52%	113	120	0	0	0	0	0	0
Cubierta	42	2.45%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	221	12.78%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1,727</b>	<b>100%</b>	<b>220</b>	<b>735</b>	<b>183</b>	<b>326</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo D

### Resumen del espacio: 4 Dormitorio 2

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	9
Volumen (m <sup>3</sup> )	22.20
Área de muro (m <sup>2</sup> )	12
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	2
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	94
Carga de potencia (W)	94
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	2.3
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	124
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	128
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-4
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	7.2
Valor máximo de carga de calefacción (W)	313
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	25.1

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	17	13.44%	-8	0	22	2	0	0	0	0
Ventana	38	30.22%	38	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	7	5.58%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	30	24.28%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	30	24.28%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	3	2.19%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>124</b>	<b>100%</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	202	64.39%	49	0	141	12	0	0	0	0
Ventana	58	18.61%	58	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	53	17.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>100%</b>	<b>107</b>	<b>0</b>	<b>141</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo D

### Resumen del espacio: 5 Ciruclación 2

<b>Datos de entrada</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	7
Volumen (m <sup>3</sup> )	14.60
Área de muro (m <sup>2</sup> )	7
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	83
Carga de potencia (W)	40
Número de personas	2
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	45
Flujo de aire de infiltración (L/s)	1.3
Tipo de espacio	Dormitory Bedroom
<b>Resultados calculados</b>	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	127
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	111
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	16
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	7.3
Valor máximo de carga de calefacción (W)	155
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	12.4

<b>Cooling Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	6	4.89%	-6	1	11	0	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	4	3.21%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	25	19.99%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	31	24.09%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	61	47.82%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>127</b>	<b>100%</b>	<b>-6</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Heating Components</b>	<b>Total (W)</b>	<b>Percentage</b>	<b>Norte (W)</b>	<b>Sur (W)</b>	<b>Este (W)</b>	<b>Oeste (W)</b>	<b>Nordeste (W)</b>	<b>Sudeste (W)</b>	<b>Noroeste (W)</b>	<b>Sudoeste (W)</b>
Muro	124	79.82%	41	11	72	0	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	31	20.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>11</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Anexo D

Resumen del espacio: 8 Dormitorio 3

Datos de entrada	
Área (m <sup>2</sup> )	8
Volumen (m <sup>3</sup> )	19.38
Área de muro (m <sup>2</sup> )	17
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	0
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	0
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	82
Carga de potencia (W)	82
Número de personas	1
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	3.2
Tipo de espacio	Single Family (heredado de tipo de construcción)
Resultados calculados	
Valor máximo de carga total de refrigeración (W)	109
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	115
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	-5
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración (L/s)	6.3
Valor máximo de carga de calefacción (W)	368
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	29.5

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	45	40.71%	0	17	19	9	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	10	8.85%	-	-	-	-	-	-	-	-
Iluminación	26	24.13%	-	-	-	-	-	-	-	-
Potencia	26	24.13%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personas	2	2.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénium	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>109</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Norte (W)	Sur (W)	Este (W)	Oeste (W)	Nordeste (W)	Sudeste (W)	Noroeste (W)	Sudoeste (W)
Muro	294	79.82%	0	130	123	42	0	0	0	0
Ventana	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerta	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Cubierta	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Partición	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Claraboya	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Filtración	74	20.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>368</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>130</b>	<b>123</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Anexo E

ANEXO E: GRADOS-DIAS – ciudad de Chillán – año 2021.

www.agrometeorologia.cl  
 Red Agrometeorológica de INIA  
 Generado el 26-02-2022 21:09:28  
 Aeródromo Grel. Bernardo O'Higgins, Chillán

	Agrupamiento mes
	Datos Temperatura BD-INIA
	Calculo de Grados Días

MES	Tiempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22		16	
						GD REFRIG	Calefacción base	GD CALOR	
01_Enero	01-01-2021 00:00	18,8	100	18,8	0	-	0	-	
01_Enero	01-01-2021 01:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-	
01_Enero	01-01-2021 02:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	0,01	
01_Enero	01-01-2021 03:00	14,6	100	14,6	0	-	1,4	0,06	
01_Enero	01-01-2021 04:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	0,09	
01_Enero	01-01-2021 05:00	12,8	100	12,8	0	-	3,2	0,13	
01_Enero	01-01-2021 06:00	13,9	100	13,9	0	-	2,1	0,09	
01_Enero	01-01-2021 07:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03	
01_Enero	01-01-2021 08:00	17,2	100	17,2	0	-	-	0	
01_Enero	01-01-2021 09:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-	
01_Enero	01-01-2021 10:00	22,2	100	22,2	0,2	0,008	0	-	
01_Enero	01-01-2021 11:00	24,5	100	24,5	2,5	0,104	0	-	
01_Enero	01-01-2021 12:00	26,9	100	26,9	4,9	0,204	0	-	
01_Enero	01-01-2021 13:00	28,9	100	28,9	6,9	0,288	0	-	
01_Enero	01-01-2021 14:00	30,6	100	30,6	8,6	0,358	0	-	
01_Enero	01-01-2021 15:00	31,6	100	31,6	9,6	0,400	0	-	
01_Enero	01-01-2021 16:00	32,4	100	32,4	10,4	0,433	0	-	
01_Enero	01-01-2021 17:00	32,3	100	32,3	10,3	0,429	0	-	
01_Enero	01-01-2021 18:00	31,7	100	31,7	9,7	0,404	0	-	
01_Enero	01-01-2021 19:00	30,2	100	30,2	8,2	0,342	0	-	
01_Enero	01-01-2021 20:00	26,1	100	26,1	4,1	0,171	0	-	
01_Enero	01-01-2021 21:00	24,3	100	24,3	2,3	0,096	0	-	
01_Enero	01-01-2021 22:00	23	100	23	1	0,042	0	-	
01_Enero	01-01-2021 23:00	22,4	100	22,4	0,4	0,017	0	-	
01_Enero	02-01-2021 00:00	20,8	100	20,8	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 01:00	18,8	100	18,8	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 02:00	17,5	100	17,5	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 03:00	16,5	100	16,5	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 04:00	15,6	100	15,6	0	-	0,4	0,02	
01_Enero	02-01-2021 05:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	02-01-2021 06:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	02-01-2021 07:00	16	100	16	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 08:00	17	100	17	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 09:00	19,1	100	19,1	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 10:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 11:00	21,7	100	21,7	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 12:00	23	100	23	1	0,042	0	-	
01_Enero	02-01-2021 13:00	25,4	100	25,4	3,4	0,142	0	-	
01_Enero	02-01-2021 14:00	27	100	27	5	0,208	0	-	
01_Enero	02-01-2021 15:00	28,9	100	28,9	6,9	0,288	0	-	
01_Enero	02-01-2021 16:00	29	100	29	7	0,292	0	-	
01_Enero	02-01-2021 17:00	28,6	100	28,6	6,6	0,275	0	-	
01_Enero	02-01-2021 18:00	27,8	100	27,8	5,8	0,242	0	-	
01_Enero	02-01-2021 19:00	24,6	100	24,6	2,6	0,108	0	-	
01_Enero	02-01-2021 20:00	21,6	100	21,6	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 21:00	20,6	100	20,6	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 22:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-	
01_Enero	02-01-2021 23:00	18,1	100	18,1	0	-	0	-	
01_Enero	03-01-2021 00:00	18,1	100	18,1	0	-	0	-	
01_Enero	03-01-2021 01:00	17,7	100	17,7	0	-	0	-	
01_Enero	03-01-2021 02:00	16,5	100	16,5	0	-	0	-	
01_Enero	03-01-2021 03:00	15,5	100	15,5	0	-	0,5	0,02	
01_Enero	03-01-2021 04:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	0,06	
01_Enero	03-01-2021 05:00	13,5	100	13,5	0	-	2,5	0,10	
01_Enero	03-01-2021 06:00	13,7	100	13,7	0	-	2,3	0,10	
01_Enero	03-01-2021 07:00	15	100	15	0	-	1	0,04	
01_Enero	03-01-2021 08:00	17,3	100	17,3	0	-	0	-	
01_Enero	03-01-2021 09:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-	
01_Enero	03-01-2021 10:00	22,5	100	22,5	0,5	0,021	0	-	
01_Enero	03-01-2021 11:00	25	100	25	3	0,125	0	-	
01_Enero	03-01-2021 12:00	27,3	100	27,3	5,3	0,221	0	-	
01_Enero	03-01-2021 13:00	28,9	100	28,9	6,9	0,288	0	-	
01_Enero	03-01-2021 14:00	30,2	100	30,2	8,2	0,342	0	-	

### Anexo E

MES	Tiempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22		16	
						GD REFRIG	Calefacción base	GD CALEF	
01_Enero	03-01-2021 15:00	30,7	100	30,7	8,7	0,363	0	-	
01_Enero	03-01-2021 16:00	30,9	100	30,9	8,9	0,371	0	-	
01_Enero	03-01-2021 17:00	30,6	100	30,6	8,6	0,358	0	-	
01_Enero	03-01-2021 18:00	29,8	100	29,8	7,8	0,325	0	-	
01_Enero	03-01-2021 19:00	28	100	28	6	0,250	0	-	
01_Enero	03-01-2021 20:00	25,8	100	25,8	3,8	0,158	0	-	
01_Enero	03-01-2021 21:00	23,9	100	23,9	1,9	0,079	0	-	
01_Enero	03-01-2021 22:00	22,1	100	22,1	0,1	0,004	0	-	
01_Enero	03-01-2021 23:00	20,3	100	20,3	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 00:00	18,2	100	18,2	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 01:00	16,5	100	16,5	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 02:00	15	100	15	0	-	1	0,04	
01_Enero	04-01-2021 03:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	0,09	
01_Enero	04-01-2021 04:00	12,7	100	12,7	0	-	3,3	0,14	
01_Enero	04-01-2021 05:00	12	100	12	0	-	4	0,17	
01_Enero	04-01-2021 06:00	12,1	100	12,1	0	-	3,9	0,16	
01_Enero	04-01-2021 07:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	0,11	
01_Enero	04-01-2021 08:00	15,1	100	15,1	0	-	0,9	0,04	
01_Enero	04-01-2021 09:00	17,6	100	17,6	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 10:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 11:00	22	100	22	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 12:00	24,3	100	24,3	2,3	0,096	0	-	
01_Enero	04-01-2021 13:00	26	100	26	4	0,167	0	-	
01_Enero	04-01-2021 14:00	27,3	100	27,3	5,3	0,221	0	-	
01_Enero	04-01-2021 15:00	28,7	100	28,7	6,7	0,279	0	-	
01_Enero	04-01-2021 16:00	29,2	100	29,2	7,2	0,300	0	-	
01_Enero	04-01-2021 17:00	29,5	100	29,5	7,5	0,313	0	-	
01_Enero	04-01-2021 18:00	29,1	100	29,1	7,1	0,296	0	-	
01_Enero	04-01-2021 19:00	27,5	100	27,5	5,5	0,229	0	-	
01_Enero	04-01-2021 20:00	25,2	100	25,2	3,2	0,133	0	-	
01_Enero	04-01-2021 21:00	22,8	100	22,8	0,8	0,033	0	-	
01_Enero	04-01-2021 22:00	21	100	21	0	-	0	-	
01_Enero	04-01-2021 23:00	19,4	100	19,4	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 00:00	18,4	100	18,4	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 01:00	17,1	100	17,1	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 02:00	16	100	16	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 03:00	15,1	100	15,1	0	-	0,9	0,04	
01_Enero	05-01-2021 04:00	14,3	100	14,3	0	-	1,7	0,07	
01_Enero	05-01-2021 05:00	13,5	100	13,5	0	-	2,5	0,10	
01_Enero	05-01-2021 06:00	14	100	14	0	-	2	0,08	
01_Enero	05-01-2021 07:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	05-01-2021 08:00	17	100	17	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 09:00	19,4	100	19,4	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 10:00	21,7	100	21,7	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 11:00	24	100	24	2	0,083	0	-	
01_Enero	05-01-2021 12:00	26,4	100	26,4	4,4	0,183	0	-	
01_Enero	05-01-2021 13:00	28,8	100	28,8	6,8	0,283	0	-	
01_Enero	05-01-2021 14:00	30,5	100	30,5	8,5	0,354	0	-	
01_Enero	05-01-2021 15:00	31,5	100	31,5	9,5	0,396	0	-	
01_Enero	05-01-2021 16:00	31,6	100	31,6	9,6	0,400	0	-	
01_Enero	05-01-2021 17:00	28,6	100	28,6	6,6	0,275	0	-	
01_Enero	05-01-2021 18:00	25,2	100	25,2	3,2	0,133	0	-	
01_Enero	05-01-2021 19:00	24,5	100	24,5	2,5	0,104	0	-	
01_Enero	05-01-2021 20:00	22,4	100	22,4	0,4	0,017	0	-	
01_Enero	05-01-2021 21:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 22:00	17,9	100	17,9	0	-	0	-	
01_Enero	05-01-2021 23:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-	
01_Enero	06-01-2021 00:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03	
01_Enero	06-01-2021 01:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	06-01-2021 02:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03	
01_Enero	06-01-2021 03:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	0,06	
01_Enero	06-01-2021 04:00	14,6	100	14,6	0	-	1,4	0,06	
01_Enero	06-01-2021 05:00	13,7	100	13,7	0	-	2,3	0,10	
01_Enero	06-01-2021 06:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08	
01_Enero	06-01-2021 07:00	15,6	100	15,6	0	-	0,4	0,02	
01_Enero	06-01-2021 08:00	17,4	100	17,4	0	-	0	-	
01_Enero	06-01-2021 09:00	19,9	100	19,9	0	-	0	-	

### Anexo E

MES	Tempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22	16	16	16
						GD REFRIG	Calefacción base	GD CALEF	
01_Enero	06-01-2021 10:00	22,8	100	22,8	0,8	0,033	0	-	
01_Enero	06-01-2021 11:00	25,1	100	25,1	3,1	0,179	0	-	
01_Enero	06-01-2021 12:00	27,1	100	27,1	5,1	0,213	0	-	
01_Enero	06-01-2021 13:00	29,2	100	29,2	7,2	0,300	0	-	
01_Enero	06-01-2021 14:00	30,8	100	30,8	8,8	0,367	0	-	
01_Enero	06-01-2021 15:00	31,4	100	31,4	9,4	0,392	0	-	
01_Enero	06-01-2021 16:00	32,1	100	32,1	10,1	0,471	0	-	
01_Enero	06-01-2021 17:00	30,9	100	30,9	8,9	0,371	0	-	
01_Enero	06-01-2021 18:00	28,7	100	28,7	6,7	0,379	0	-	
01_Enero	06-01-2021 19:00	26,3	100	26,3	4,3	0,179	0	-	
01_Enero	06-01-2021 20:00	23,4	100	23,4	1,4	0,058	0	-	
01_Enero	06-01-2021 21:00	21,8	100	21,8	0	-	0	-	
01_Enero	06-01-2021 22:00	20,1	100	20,1	0	-	0	-	
01_Enero	06-01-2021 23:00	19,1	100	19,1	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 00:00	18,3	100	18,3	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 01:00	17,4	100	17,4	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 02:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 03:00	15	100	15	0	-	1	0,04	
01_Enero	07-01-2021 04:00	14,4	100	14,4	0	-	1,6	0,07	
01_Enero	07-01-2021 05:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	0,09	
01_Enero	07-01-2021 06:00	14,3	100	14,3	0	-	1,7	0,07	
01_Enero	07-01-2021 07:00	16,3	100	16,3	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 08:00	18,5	100	18,5	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 09:00	20,8	100	20,8	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 10:00	22,7	100	22,7	0,7	0,029	0	-	
01_Enero	07-01-2021 11:00	24,5	100	24,5	2,5	0,104	0	-	
01_Enero	07-01-2021 12:00	26,3	100	26,3	4,3	0,179	0	-	
01_Enero	07-01-2021 13:00	27,6	100	27,6	5,6	0,238	0	-	
01_Enero	07-01-2021 14:00	28,6	100	28,6	6,6	0,275	0	-	
01_Enero	07-01-2021 15:00	29,2	100	29,2	7,2	0,300	0	-	
01_Enero	07-01-2021 16:00	29,5	100	29,5	7,5	0,313	0	-	
01_Enero	07-01-2021 17:00	29,5	100	29,5	7,5	0,313	0	-	
01_Enero	07-01-2021 18:00	28,7	100	28,7	6,7	0,279	0	-	
01_Enero	07-01-2021 19:00	26,6	100	26,6	4,6	0,192	0	-	
01_Enero	07-01-2021 20:00	24,1	100	24,1	2,1	0,088	0	-	
01_Enero	07-01-2021 21:00	21,6	100	21,6	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 22:00	19,4	100	19,4	0	-	0	-	
01_Enero	07-01-2021 23:00	18,7	100	18,7	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 00:00	17,6	100	17,6	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 01:00	16,1	100	16,1	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 02:00	14,6	100	14,6	0	-	1,4	0,06	
01_Enero	08-01-2021 03:00	13,6	100	13,6	0	-	2,4	0,10	
01_Enero	08-01-2021 04:00	12,5	100	12,5	0	-	3,5	0,15	
01_Enero	08-01-2021 05:00	11,8	100	11,8	0	-	4,2	0,18	
01_Enero	08-01-2021 06:00	11,7	100	11,7	0	-	4,3	0,18	
01_Enero	08-01-2021 07:00	12,9	100	12,9	0	-	3,1	0,13	
01_Enero	08-01-2021 08:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	08-01-2021 09:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 10:00	20,5	100	20,5	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 11:00	22,7	100	22,7	0,7	0,029	0	-	
01_Enero	08-01-2021 12:00	24,6	100	24,6	2,6	0,108	0	-	
01_Enero	08-01-2021 13:00	26,6	100	26,6	4,6	0,192	0	-	
01_Enero	08-01-2021 14:00	27,7	100	27,7	5,7	0,218	0	-	
01_Enero	08-01-2021 15:00	28,7	100	28,7	6,7	0,279	0	-	
01_Enero	08-01-2021 16:00	29,3	100	29,3	7,3	0,304	0	-	
01_Enero	08-01-2021 17:00	29,2	100	29,2	7,2	0,300	0	-	
01_Enero	08-01-2021 18:00	28,1	100	28,1	6,1	0,254	0	-	
01_Enero	08-01-2021 19:00	24,3	100	24,3	2,3	0,096	0	-	
01_Enero	08-01-2021 20:00	20,9	100	20,9	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 21:00	18,4	100	18,4	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 22:00	16,7	100	16,7	0	-	0	-	
01_Enero	08-01-2021 23:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	0,06	
01_Enero	09-01-2021 00:00	13,3	100	13,3	0	-	2,7	0,11	
01_Enero	09-01-2021 01:00	12,4	100	12,4	0	-	3,6	0,15	
01_Enero	09-01-2021 02:00	10,9	100	10,9	0	-	5,1	0,21	
01_Enero	09-01-2021 03:00	9,2	100	9,2	0	-	6,8	0,28	
01_Enero	09-01-2021 04:00	8,2	100	8,2	0	-	7,8	0,33	

Anexo E

MES	Tiempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22		16	
						G.D. REFRIG	Calefacción base	G.D. CALEF	
01_Enero	09-01-2021 05:00	6,8	100	6,8	0	-	9,2	0,38	
01_Enero	09-01-2021 06:00	8	100	8	0	-	8	0,33	
01_Enero	09-01-2021 07:00	11,4	100	11,4	0	-	4,6	0,19	
01_Enero	09-01-2021 08:00	13,7	100	13,7	0	-	2,3	0,10	
01_Enero	09-01-2021 09:00	15,9	100	15,9	0	-	0,1	0,00	
01_Enero	09-01-2021 10:00	18,1	100	18,1	0	-	0	-	
01_Enero	09-01-2021 11:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-	
01_Enero	09-01-2021 12:00	21,9	100	21,9	0	-	0	-	
01_Enero	09-01-2021 13:00	23,2	100	23,2	1,2	0,030	0	-	
01_Enero	09-01-2021 14:00	24,8	100	24,8	2,8	0,117	0	-	
01_Enero	09-01-2021 15:00	25,5	100	25,5	3,5	0,146	0	-	
01_Enero	09-01-2021 16:00	24,5	100	24,5	2,5	0,100	0	-	
01_Enero	09-01-2021 17:00	22,6	100	22,6	0,6	0,025	0	-	
01_Enero	09-01-2021 18:00	21	100	21	0	-	0	-	
01_Enero	09-01-2021 19:00	19,4	100	19,4	0	-	0	-	
01_Enero	09-01-2021 20:00	17	100	17	0	-	0	-	
01_Enero	09-01-2021 21:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03	
01_Enero	09-01-2021 22:00	14,3	100	14,3	0	-	1,7	0,07	
01_Enero	09-01-2021 23:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	0,11	
01_Enero	10-01-2021 00:00	11,1	100	11,1	0	-	4,9	0,20	
01_Enero	10-01-2021 01:00	9,5	100	9,5	0	-	6,5	0,27	
01_Enero	10-01-2021 02:00	8,2	100	8,2	0	-	7,8	0,33	
01_Enero	10-01-2021 03:00	7,2	100	7,2	0	-	8,8	0,37	
01_Enero	10-01-2021 04:00	6,5	100	6,5	0	-	9,5	0,40	
01_Enero	10-01-2021 05:00	6,4	100	6,4	0	-	9,6	0,40	
01_Enero	10-01-2021 06:00	7,6	100	7,6	0	-	8,4	0,35	
01_Enero	10-01-2021 07:00	11,7	100	11,7	0	-	4,3	0,18	
01_Enero	10-01-2021 08:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	10-01-2021 09:00	17,5	100	17,5	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 10:00	20	100	20	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 11:00	21,2	100	21,2	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 12:00	22,5	100	22,5	0,5	0,021	0	-	
01_Enero	10-01-2021 13:00	23,4	100	23,4	1,4	0,058	0	-	
01_Enero	10-01-2021 14:00	24,3	100	24,3	2,3	0,096	0	-	
01_Enero	10-01-2021 15:00	24,6	100	24,6	2,6	0,108	0	-	
01_Enero	10-01-2021 16:00	24,4	100	24,4	2,4	0,100	0	-	
01_Enero	10-01-2021 17:00	22,6	100	22,6	0,6	0,025	0	-	
01_Enero	10-01-2021 18:00	20,6	100	20,6	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 19:00	19,3	100	19,3	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 20:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 21:00	16,3	100	16,3	0	-	0	-	
01_Enero	10-01-2021 22:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	0,01	
01_Enero	10-01-2021 23:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	11-01-2021 00:00	14,6	100	14,6	0	-	1,4	0,06	
01_Enero	11-01-2021 01:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	0,06	
01_Enero	11-01-2021 02:00	13,9	100	13,9	0	-	2,1	0,09	
01_Enero	11-01-2021 03:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	0,09	
01_Enero	11-01-2021 04:00	13,5	100	13,5	0	-	2,5	0,10	
01_Enero	11-01-2021 05:00	12,8	100	12,8	0	-	3,2	0,13	
01_Enero	11-01-2021 06:00	13,3	100	13,3	0	-	2,7	0,11	
01_Enero	11-01-2021 07:00	14,1	100	14,1	0	-	1,9	0,08	
01_Enero	11-01-2021 08:00	15,5	100	15,5	0	-	0,5	0,02	
01_Enero	11-01-2021 09:00	16,6	100	16,6	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 10:00	17,6	100	17,6	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 11:00	18,6	100	18,6	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 12:00	19,6	100	19,6	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 13:00	20,5	100	20,5	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 14:00	21,2	100	21,2	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 15:00	21,8	100	21,8	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 16:00	22,2	100	22,2	0,2	0,008	0	-	
01_Enero	11-01-2021 17:00	22	100	22	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 18:00	21,4	100	21,4	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 19:00	20,1	100	20,1	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 20:00	18	100	18	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 21:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-	
01_Enero	11-01-2021 22:00	15	100	15	0	-	1	0,04	
01_Enero	11-01-2021 23:00	14,3	100	14,3	0	-	1,7	0,07	

Anexo E

MES	Tempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22 GQ REFRIG	16 Calefacción base	GQ CALEF
01_Enero	12-01-2021 00:00	13,2	100	13,2	0	-	2,8	0,12
01_Enero	12-01-2021 01:00	12	100	12	0	-	4	0,17
01_Enero	12-01-2021 02:00	10,9	100	10,9	0	-	5,1	0,21
01_Enero	12-01-2021 03:00	10	100	10	0	-	6	0,25
01_Enero	12-01-2021 04:00	8,9	100	8,9	0	-	7,1	0,30
01_Enero	12-01-2021 05:00	8,2	100	8,2	0	-	7,8	0,33
01_Enero	12-01-2021 06:00	8,2	100	8,2	0	-	7,8	0,33
01_Enero	12-01-2021 07:00	9,9	100	9,9	0	-	6,1	0,25
01_Enero	12-01-2021 08:00	12,2	100	12,2	0	-	3,8	0,16
01_Enero	12-01-2021 09:00	15	100	15	0	-	1	0,04
01_Enero	12-01-2021 10:00	17,7	100	17,7	0	-	0	-
01_Enero	12-01-2021 11:00	20,6	100	20,6	0	-	0	-
01_Enero	12-01-2021 12:00	22,4	100	22,4	0,4	0,017	0	-
01_Enero	12-01-2021 13:00	24,1	100	24,1	2,1	0,088	0	-
01_Enero	12-01-2021 14:00	25,6	100	25,6	3,6	0,150	0	-
01_Enero	12-01-2021 15:00	26,4	100	26,4	4,4	0,183	0	-
01_Enero	12-01-2021 16:00	27	100	27	5	0,208	0	-
01_Enero	12-01-2021 17:00	27,3	100	27,3	5,3	0,221	0	-
01_Enero	12-01-2021 18:00	26,9	100	26,9	4,9	0,204	0	-
01_Enero	12-01-2021 19:00	25,7	100	25,7	3,7	0,154	0	-
01_Enero	12-01-2021 20:00	22,8	100	22,8	0,8	0,033	0	-
01_Enero	12-01-2021 21:00	19,9	100	19,9	0	-	0	-
01_Enero	12-01-2021 22:00	18	100	18	0	-	0	-
01_Enero	12-01-2021 23:00	16,4	100	16,4	0	-	0	-
01_Enero	13-01-2021 00:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03
01_Enero	13-01-2021 01:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08
01_Enero	13-01-2021 02:00	12,7	100	12,7	0	-	3,3	0,14
01_Enero	13-01-2021 03:00	11,5	100	11,5	0	-	4,5	0,19
01_Enero	13-01-2021 04:00	10,3	100	10,3	0	-	5,7	0,24
01_Enero	13-01-2021 05:00	9,6	100	9,6	0	-	6,4	0,27
01_Enero	13-01-2021 06:00	10	100	10	0	-	6	0,25
01_Enero	13-01-2021 07:00	11,8	100	11,8	0	-	4,2	0,18
01_Enero	13-01-2021 08:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08
01_Enero	13-01-2021 09:00	17,4	100	17,4	0	-	0	-
01_Enero	13-01-2021 10:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-
01_Enero	13-01-2021 11:00	23,3	100	23,3	1,3	0,054	0	-
01_Enero	13-01-2021 12:00	26	100	26	4	0,167	0	-
01_Enero	13-01-2021 13:00	28	100	28	6	0,250	0	-
01_Enero	13-01-2021 14:00	28,9	100	28,9	6,9	0,288	0	-
01_Enero	13-01-2021 15:00	30	100	30	8	0,333	0	-
01_Enero	13-01-2021 16:00	30,3	100	30,3	8,3	0,346	0	-
01_Enero	13-01-2021 17:00	30,3	100	30,3	8,3	0,346	0	-
01_Enero	13-01-2021 18:00	27,5	100	27,5	5,5	0,229	0	-
01_Enero	13-01-2021 19:00	24,7	100	24,7	2,7	0,113	0	-
01_Enero	13-01-2021 20:00	21,9	100	21,9	0	-	0	-
01_Enero	13-01-2021 21:00	20	100	20	0	-	0	-
01_Enero	13-01-2021 22:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-
01_Enero	13-01-2021 23:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	0,06
01_Enero	14-01-2021 00:00	12,2	100	12,2	0	-	3,8	0,16
01_Enero	14-01-2021 01:00	11,1	100	11,1	0	-	4,9	0,20
01_Enero	14-01-2021 02:00	10,1	100	10,1	0	-	5,9	0,25
01_Enero	14-01-2021 03:00	9,5	100	9,5	0	-	6,5	0,27
01_Enero	14-01-2021 04:00	8,9	100	8,9	0	-	7,1	0,30
01_Enero	14-01-2021 05:00	10	100	10	0	-	6	0,25
01_Enero	14-01-2021 06:00	11,1	100	11,1	0	-	4,9	0,20
01_Enero	14-01-2021 07:00	12,5	100	12,5	0	-	3,5	0,15
01_Enero	14-01-2021 08:00	14,6	100	14,6	0	-	1,4	0,06
01_Enero	14-01-2021 09:00	17	100	17	0	-	0	-
01_Enero	14-01-2021 10:00	19,7	100	19,7	0	-	0	-
01_Enero	14-01-2021 11:00	22,2	100	22,2	0,2	0,008	0	-
01_Enero	14-01-2021 12:00	24,4	100	24,4	2,4	0,100	0	-
01_Enero	14-01-2021 13:00	26,5	100	26,5	4,5	0,188	0	-
01_Enero	14-01-2021 14:00	27,6	100	27,6	5,6	0,233	0	-
01_Enero	14-01-2021 15:00	27,6	100	27,6	5,6	0,233	0	-
01_Enero	14-01-2021 16:00	27,7	100	27,7	5,7	0,238	0	-
01_Enero	14-01-2021 17:00	27,3	100	27,3	5,3	0,221	0	-
01_Enero	14-01-2021 18:00	26	100	26	4	0,167	0	-

Anexo E

MES	Tempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22	16	Calefacción base	GD CALIF
01_Enero	14-01-2021 19:00	23,4	100	23,4	1,4	0,058	0	-	-
01_Enero	14-01-2021 20:00	20,3	100	20,3	0	-	0	-	-
01_Enero	14-01-2021 21:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-	-
01_Enero	14-01-2021 22:00	15	100	15	0	-	1	0,04	-
01_Enero	14-01-2021 23:00	13	100	13	0	-	3	0,13	-
01_Enero	15-01-2021 00:00	11,8	100	11,8	0	-	4,2	0,18	-
01_Enero	15-01-2021 01:00	10,5	100	10,5	0	-	5,5	0,23	-
01_Enero	15-01-2021 02:00	9,8	100	9,8	0	-	6,2	0,26	-
01_Enero	15-01-2021 03:00	9,3	100	9,3	0	-	6,7	0,28	-
01_Enero	15-01-2021 04:00	9,3	100	9,3	0	-	6,7	0,28	-
01_Enero	15-01-2021 05:00	9,2	100	9,2	0	-	6,8	0,28	-
01_Enero	15-01-2021 06:00	9,9	100	9,9	0	-	6,1	0,25	-
01_Enero	15-01-2021 07:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08	-
01_Enero	15-01-2021 08:00	17,9	100	17,9	0	-	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 09:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 10:00	21,4	100	21,4	0	-	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 11:00	23	100	23	1	0,042	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 12:00	24	100	24	2	0,083	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 13:00	25,4	100	25,4	3,4	0,142	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 14:00	26,2	100	26,2	4,2	0,175	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 15:00	26,4	100	26,4	4,4	0,183	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 16:00	26,6	100	26,6	4,6	0,192	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 17:00	26	100	26	4	0,167	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 18:00	25,2	100	25,2	3,2	0,133	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 19:00	23,4	100	23,4	1,4	0,058	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 20:00	21,2	100	21,2	0	-	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 21:00	19,2	100	19,2	0	-	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 22:00	17,7	100	17,7	0	-	0	-	-
01_Enero	15-01-2021 23:00	16,6	100	16,6	0	-	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 00:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	-
01_Enero	16-01-2021 01:00	14	100	14	0	-	2	0,08	-
01_Enero	16-01-2021 02:00	13,2	100	13,2	0	-	2,8	0,12	-
01_Enero	16-01-2021 03:00	12,3	100	12,3	0	-	3,7	0,15	-
01_Enero	16-01-2021 04:00	11,6	100	11,6	0	-	4,4	0,18	-
01_Enero	16-01-2021 05:00	11,1	100	11,1	0	-	4,9	0,20	-
01_Enero	16-01-2021 06:00	11,2	100	11,2	0	-	4,8	0,20	-
01_Enero	16-01-2021 07:00	12,5	100	12,5	0	-	3,5	0,15	-
01_Enero	16-01-2021 08:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	-
01_Enero	16-01-2021 09:00	17,5	100	17,5	0	-	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 10:00	19,3	100	19,3	0	-	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 11:00	21,7	100	21,7	0	-	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 12:00	24	100	24	2	0,083	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 13:00	25,6	100	25,6	3,6	0,150	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 14:00	26,9	100	26,9	4,9	0,204	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 15:00	27,5	100	27,5	5,5	0,229	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 16:00	27,6	100	27,6	5,6	0,233	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 17:00	27,4	100	27,4	5,4	0,225	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 18:00	26,4	100	26,4	4,4	0,183	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 19:00	25,1	100	25,1	3,1	0,129	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 20:00	23,2	100	23,2	1,2	0,050	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 21:00	21,5	100	21,5	0	-	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 22:00	20	100	20	0	-	0	-	-
01_Enero	16-01-2021 23:00	18,6	100	18,6	0	-	0	-	-
01_Enero	17-01-2021 00:00	17,1	100	17,1	0	-	0	-	-
01_Enero	17-01-2021 01:00	15,7	100	15,7	0	-	0,3	0,01	-
01_Enero	17-01-2021 02:00	14,4	100	14,4	0	-	1,6	0,07	-
01_Enero	17-01-2021 03:00	13,5	100	13,5	0	-	2,5	0,10	-
01_Enero	17-01-2021 04:00	12,9	100	12,9	0	-	3,1	0,13	-
01_Enero	17-01-2021 05:00	12,3	100	12,3	0	-	3,7	0,15	-
01_Enero	17-01-2021 06:00	12,1	100	12,1	0	-	3,9	0,16	-
01_Enero	17-01-2021 07:00	13,5	100	13,5	0	-	2,5	0,10	-
01_Enero	17-01-2021 08:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	0,01	-
01_Enero	17-01-2021 09:00	18,7	100	18,7	0	-	0	-	-
01_Enero	17-01-2021 10:00	21,5	100	21,5	0	-	0	-	-
01_Enero	17-01-2021 11:00	23,9	100	23,9	1,9	0,079	0	-	-
01_Enero	17-01-2021 12:00	26	100	26	4	0,167	0	-	-
01_Enero	17-01-2021 13:00	27,9	100	27,9	5,9	0,246	0	-	-

Anexo E

MES	Tempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22 G.D. REFRIG	16 Calefacción base	G.D. CALEF
01_Enero	17-01-2021 14:00	29,1	100	29,1	7,1	0,296	0	-
01_Enero	17-01-2021 15:00	30,2	100	30,2	8,2	0,342	0	-
01_Enero	17-01-2021 16:00	30,8	100	30,8	8,8	0,367	0	-
01_Enero	17-01-2021 17:00	30,8	100	30,8	8,8	0,367	0	-
01_Enero	17-01-2021 18:00	30	100	30	8	0,333	0	-
01_Enero	17-01-2021 19:00	28,5	100	28,5	6,5	0,271	0	-
01_Enero	17-01-2021 20:00	25,8	100	25,8	3,8	0,158	0	-
01_Enero	17-01-2021 21:00	23,7	100	23,7	1,7	0,071	0	-
01_Enero	17-01-2021 22:00	22,1	100	22,1	0,1	0,004	0	-
01_Enero	17-01-2021 23:00	20,7	100	20,7	0	-	0	-
01_Enero	18-01-2021 00:00	19	100	19	0	-	0	-
01_Enero	18-01-2021 01:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-
01_Enero	18-01-2021 02:00	16,5	100	16,5	0	-	0	-
01_Enero	18-01-2021 03:00	15,9	100	15,9	0	-	0,1	0,00
01_Enero	18-01-2021 04:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03
01_Enero	18-01-2021 05:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	0,06
01_Enero	18-01-2021 06:00	14,4	100	14,4	0	-	1,6	0,07
01_Enero	18-01-2021 07:00	15,7	100	15,7	0	-	0,3	0,01
01_Enero	18-01-2021 08:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-
01_Enero	18-01-2021 09:00	20	100	20	0	-	0	-
01_Enero	18-01-2021 10:00	22,6	100	22,6	0,6	0,025	0	-
01_Enero	18-01-2021 11:00	25,2	100	25,2	3,2	0,133	0	-
01_Enero	18-01-2021 12:00	27,7	100	27,7	5,7	0,238	0	-
01_Enero	18-01-2021 13:00	29,5	100	29,5	7,5	0,313	0	-
01_Enero	18-01-2021 14:00	31,1	100	31,1	9,1	0,379	0	-
01_Enero	18-01-2021 15:00	32,3	100	32,3	10,3	0,429	0	-
01_Enero	18-01-2021 16:00	33,2	100	33,2	11,2	0,467	0	-
01_Enero	18-01-2021 17:00	33,7	100	33,7	11,7	0,488	0	-
01_Enero	18-01-2021 18:00	33,6	100	33,6	11,6	0,483	0	-
01_Enero	18-01-2021 19:00	32,5	100	32,5	10,5	0,438	0	-
01_Enero	18-01-2021 20:00	28,8	100	28,8	6,8	0,283	0	-
01_Enero	18-01-2021 21:00	26,8	100	26,8	4,8	0,200	0	-
01_Enero	18-01-2021 22:00	25,1	100	25,1	3,1	0,129	0	-
01_Enero	18-01-2021 23:00	23,5	100	23,5	1,5	0,063	0	-
01_Enero	19-01-2021 00:00	22,2	100	22,2	0,2	0,008	0	-
01_Enero	19-01-2021 01:00	21,1	100	21,1	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 02:00	19,9	100	19,9	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 03:00	19	100	19	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 04:00	18	100	18	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 05:00	17	100	17	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 06:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 07:00	18,1	100	18,1	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 08:00	20,1	100	20,1	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 09:00	22,9	100	22,9	0,9	0,037	0	-
01_Enero	19-01-2021 10:00	25,1	100	25,1	3,1	0,129	0	-
01_Enero	19-01-2021 11:00	27,2	100	27,2	5,2	0,217	0	-
01_Enero	19-01-2021 12:00	29	100	29	7	0,292	0	-
01_Enero	19-01-2021 13:00	30,6	100	30,6	8,6	0,358	0	-
01_Enero	19-01-2021 14:00	32,3	100	32,3	10,3	0,429	0	-
01_Enero	19-01-2021 15:00	33,7	100	33,7	11,7	0,488	0	-
01_Enero	19-01-2021 16:00	34,7	100	34,7	12,7	0,529	0	-
01_Enero	19-01-2021 17:00	34,4	100	34,4	12,4	0,512	0	-
01_Enero	19-01-2021 18:00	30,7	100	30,7	8,7	0,363	0	-
01_Enero	19-01-2021 19:00	26,6	100	26,6	4,6	0,192	0	-
01_Enero	19-01-2021 20:00	23,3	100	23,3	1,3	0,054	0	-
01_Enero	19-01-2021 21:00	21,7	100	21,7	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 22:00	18,4	100	18,4	0	-	0	-
01_Enero	19-01-2021 23:00	16,8	100	16,8	0	-	0	-
01_Enero	20-01-2021 00:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-
01_Enero	20-01-2021 01:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03
01_Enero	20-01-2021 02:00	14,6	100	14,6	0	-	1,4	0,06
01_Enero	20-01-2021 03:00	14,8	100	14,8	0	-	1,2	0,05
01_Enero	20-01-2021 04:00	14,1	100	14,1	0	-	1,9	0,08
01_Enero	20-01-2021 05:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08
01_Enero	20-01-2021 06:00	14,8	100	14,8	0	-	1,2	0,05
01_Enero	20-01-2021 07:00	17	100	17	0	-	0	-
01_Enero	20-01-2021 08:00	19	100	19	0	-	0	-

### Anexo E

MES	Tempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	GD REFRIG	Calefacción base	GD CALEF
01_Enero	20-01-2021 09:00	21,2	100	21,2	0	-	0	-
01_Enero	20-01-2021 10:00	23,2	100	23,2	1,2	0,050	0	-
01_Enero	20-01-2021 11:00	25,4	100	25,4	3,4	0,142	0	-
01_Enero	20-01-2021 12:00	27,1	100	27,1	5,1	0,215	0	-
01_Enero	20-01-2021 13:00	29	100	29	7	0,292	0	-
01_Enero	20-01-2021 14:00	30,6	100	30,6	8,6	0,338	0	-
01_Enero	20-01-2021 15:00	32,6	100	32,6	10,6	0,443	0	-
01_Enero	20-01-2021 16:00	32,9	100	32,9	10,9	0,454	0	-
01_Enero	20-01-2021 17:00	32,5	100	32,5	10,5	0,438	0	-
01_Enero	20-01-2021 18:00	30,8	100	30,8	8,8	0,367	0	-
01_Enero	20-01-2021 19:00	27,2	100	27,2	5,2	0,217	0	-
01_Enero	20-01-2021 20:00	22,8	100	22,8	0,8	0,033	0	-
01_Enero	20-01-2021 21:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-
01_Enero	20-01-2021 22:00	18,4	100	18,4	0	-	0	-
01_Enero	20-01-2021 23:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-
01_Enero	21-01-2021 00:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-
01_Enero	21-01-2021 01:00	15,6	100	15,6	0	-	0,4	0,02
01_Enero	21-01-2021 02:00	14,4	100	14,4	0	-	1,6	0,07
01_Enero	21-01-2021 03:00	13,7	100	13,7	0	-	2,3	0,10
01_Enero	21-01-2021 04:00	13,9	100	13,9	0	-	2,1	0,09
01_Enero	21-01-2021 05:00	13,5	100	13,5	0	-	2,5	0,10
01_Enero	21-01-2021 06:00	14	100	14	0	-	2	0,08
01_Enero	21-01-2021 07:00	16,4	100	16,4	0	-	0	-
01_Enero	21-01-2021 08:00	18,7	100	18,7	0	-	0	-
01_Enero	21-01-2021 09:00	22,1	100	22,1	0,1	0,004	0	-
01_Enero	21-01-2021 10:00	25,2	100	25,2	3,2	0,131	0	-
01_Enero	21-01-2021 11:00	28,1	100	28,1	6,1	0,254	0	-
01_Enero	21-01-2021 12:00	30,4	100	30,4	8,4	0,350	0	-
01_Enero	21-01-2021 13:00	32,5	100	32,5	10,5	0,438	0	-
01_Enero	21-01-2021 14:00	33,5	100	33,5	11,5	0,479	0	-
01_Enero	21-01-2021 15:00	34,6	100	34,6	12,6	0,525	0	-
01_Enero	21-01-2021 16:00	35,1	100	35,1	13,1	0,546	0	-
01_Enero	21-01-2021 17:00	35,4	100	35,4	13,4	0,558	0	-
01_Enero	21-01-2021 18:00	34	100	34	12	0,500	0	-
01_Enero	21-01-2021 19:00	29,9	100	29,9	7,9	0,329	0	-
01_Enero	21-01-2021 20:00	25,2	100	25,2	3,2	0,133	0	-
01_Enero	21-01-2021 21:00	22,1	100	22,1	0,1	0,004	0	-
01_Enero	21-01-2021 22:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-
01_Enero	21-01-2021 23:00	18,7	100	18,7	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 00:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 01:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 02:00	18	100	18	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 03:00	18,2	100	18,2	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 04:00	17,6	100	17,6	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 05:00	17	100	17	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 06:00	17,3	100	17,3	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 07:00	18,7	100	18,7	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 08:00	20,8	100	20,8	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 09:00	23,7	100	23,7	1,7	0,071	0	-
01_Enero	22-01-2021 10:00	26,1	100	26,1	4,1	0,171	0	-
01_Enero	22-01-2021 11:00	28,6	100	28,6	6,6	0,275	0	-
01_Enero	22-01-2021 12:00	31,1	100	31,1	9,1	0,379	0	-
01_Enero	22-01-2021 13:00	32,4	100	32,4	10,4	0,431	0	-
01_Enero	22-01-2021 14:00	33,3	100	33,3	11,3	0,471	0	-
01_Enero	22-01-2021 15:00	33,4	100	33,4	11,4	0,475	0	-
01_Enero	22-01-2021 16:00	34,1	100	34,1	12,1	0,504	0	-
01_Enero	22-01-2021 17:00	34,5	100	34,5	12,5	0,521	0	-
01_Enero	22-01-2021 18:00	33,8	100	33,8	11,8	0,492	0	-
01_Enero	22-01-2021 19:00	31,1	100	31,1	9,1	0,379	0	-
01_Enero	22-01-2021 20:00	26,4	100	26,4	4,4	0,183	0	-
01_Enero	22-01-2021 21:00	22,8	100	22,8	0,8	0,033	0	-
01_Enero	22-01-2021 22:00	21	100	21	0	-	0	-
01_Enero	22-01-2021 23:00	19,9	100	19,9	0	-	0	-
01_Enero	23-01-2021 00:00	20,4	100	20,4	0	-	0	-
01_Enero	23-01-2021 01:00	21,5	100	21,5	0	-	0	-
01_Enero	23-01-2021 02:00	20,4	100	20,4	0	-	0	-
01_Enero	23-01-2021 03:00	19,2	100	19,2	0	-	0	-

Anexo E

MES	Tiempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22		16	
						G.D. REFRIG	Calefacción base	G.D. CALEF	
01_Enero	23-01-2021 04:00	18,2	100	18,2	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 05:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 06:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 07:00	18	100	18	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 08:00	20,4	100	20,4	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 09:00	23,1	100	23,1	1,1	0,046	0	-	
01_Enero	23-01-2021 10:00	25	100	25	3	0,175	0	-	
01_Enero	23-01-2021 11:00	27,1	100	27,1	5,1	0,213	0	-	
01_Enero	23-01-2021 12:00	29,3	100	29,3	7,3	0,304	0	-	
01_Enero	23-01-2021 13:00	31,3	100	31,3	9,3	0,388	0	-	
01_Enero	23-01-2021 14:00	33	100	33	11	0,458	0	-	
01_Enero	23-01-2021 15:00	33,9	100	33,9	11,9	0,496	0	-	
01_Enero	23-01-2021 16:00	34,3	100	34,3	12,3	0,518	0	-	
01_Enero	23-01-2021 17:00	32,5	100	32,5	10,5	0,438	0	-	
01_Enero	23-01-2021 18:00	29,6	100	29,6	7,6	0,317	0	-	
01_Enero	23-01-2021 19:00	26,4	100	26,4	4,4	0,183	0	-	
01_Enero	23-01-2021 20:00	23,4	100	23,4	1,4	0,058	0	-	
01_Enero	23-01-2021 21:00	20,4	100	20,4	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 22:00	18,8	100	18,8	0	-	0	-	
01_Enero	23-01-2021 23:00	18	100	18	0	-	0	-	
01_Enero	24-01-2021 00:00	16,8	100	16,8	0	-	0	-	
01_Enero	24-01-2021 01:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	0,01	
01_Enero	24-01-2021 02:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	24-01-2021 03:00	14	100	14	0	-	2	0,08	
01_Enero	24-01-2021 04:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	0,09	
01_Enero	24-01-2021 05:00	13,2	100	13,2	0	-	2,8	0,12	
01_Enero	24-01-2021 06:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	0,11	
01_Enero	24-01-2021 07:00	16,8	100	16,8	0	-	0	-	
01_Enero	24-01-2021 08:00	18,8	100	18,8	0	-	0	-	
01_Enero	24-01-2021 09:00	21,8	100	21,8	0	-	0	-	
01_Enero	24-01-2021 10:00	24,6	100	24,6	2,6	0,108	0	-	
01_Enero	24-01-2021 11:00	26,7	100	26,7	4,7	0,196	0	-	
01_Enero	24-01-2021 12:00	28,7	100	28,7	6,7	0,279	0	-	
01_Enero	24-01-2021 13:00	30,5	100	30,5	8,5	0,354	0	-	
01_Enero	24-01-2021 14:00	31,9	100	31,9	9,9	0,413	0	-	
01_Enero	24-01-2021 15:00	32,7	100	32,7	10,7	0,446	0	-	
01_Enero	24-01-2021 16:00	33,5	100	33,5	11,5	0,479	0	-	
01_Enero	24-01-2021 17:00	32,5	100	32,5	10,5	0,438	0	-	
01_Enero	24-01-2021 18:00	30,3	100	30,3	8,3	0,346	0	-	
01_Enero	24-01-2021 19:00	27,8	100	27,8	5,8	0,242	0	-	
01_Enero	24-01-2021 20:00	25	100	25	3	0,125	0	-	
01_Enero	24-01-2021 21:00	22,1	100	22,1	0,1	0,004	0	-	
01_Enero	24-01-2021 22:00	21,1	100	21,1	0	-	0	-	
01_Enero	24-01-2021 23:00	20	100	20	0	-	0	-	
01_Enero	25-01-2021 00:00	18,9	100	18,9	0	-	0	-	
01_Enero	25-01-2021 01:00	17,9	100	17,9	0	-	0	-	
01_Enero	25-01-2021 02:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-	
01_Enero	25-01-2021 03:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	25-01-2021 04:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	0,09	
01_Enero	25-01-2021 05:00	12,7	100	12,7	0	-	3,3	0,14	
01_Enero	25-01-2021 06:00	12,5	100	12,5	0	-	3,5	0,15	
01_Enero	25-01-2021 07:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	0,11	
01_Enero	25-01-2021 08:00	15,2	100	15,2	0	-	0,8	0,03	
01_Enero	25-01-2021 09:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-	
01_Enero	25-01-2021 10:00	20,8	100	20,8	0	-	0	-	
01_Enero	25-01-2021 11:00	23,5	100	23,5	1,5	0,063	0	-	
01_Enero	25-01-2021 12:00	26,1	100	26,1	4,1	0,171	0	-	
01_Enero	25-01-2021 13:00	27,7	100	27,7	5,7	0,230	0	-	
01_Enero	25-01-2021 14:00	29,2	100	29,2	7,2	0,300	0	-	
01_Enero	25-01-2021 15:00	29,9	100	29,9	7,9	0,320	0	-	
01_Enero	25-01-2021 16:00	30,2	100	30,2	8,2	0,342	0	-	
01_Enero	25-01-2021 17:00	30,1	100	30,1	8,1	0,338	0	-	
01_Enero	25-01-2021 18:00	29,3	100	29,3	7,3	0,304	0	-	
01_Enero	25-01-2021 19:00	27,6	100	27,6	5,6	0,233	0	-	
01_Enero	25-01-2021 20:00	24,4	100	24,4	2,4	0,100	0	-	
01_Enero	25-01-2021 21:00	22,2	100	22,2	0,2	0,008	0	-	
01_Enero	25-01-2021 22:00	20,9	100	20,9	0	-	0	-	

### Anexo E

MES	Tiempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22		16	
						GD REFRIG	Calefacción base	GD CALEF	
01_Enero	25-01-2021 23:00	19,4	100	19,4	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 00:00	18	100	18	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 01:00	16,6	100	16,6	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 02:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	0,03	
01_Enero	26-01-2021 03:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08	
01_Enero	26-01-2021 04:00	13,3	100	13,3	0	-	2,7	0,11	
01_Enero	26-01-2021 05:00	12,7	100	12,7	0	-	3,3	0,14	
01_Enero	26-01-2021 06:00	12,5	100	12,5	0	-	3,5	0,15	
01_Enero	26-01-2021 07:00	13,6	100	13,6	0	-	2,4	0,10	
01_Enero	26-01-2021 08:00	15,6	100	15,6	0	-	0,4	0,02	
01_Enero	26-01-2021 09:00	18	100	18	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 10:00	20,8	100	20,8	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 11:00	23	100	23	1	0,043	0	-	
01_Enero	26-01-2021 12:00	24,5	100	24,5	2,5	0,104	0	-	
01_Enero	26-01-2021 13:00	25,7	100	25,7	3,7	0,150	0	-	
01_Enero	26-01-2021 14:00	27,3	100	27,3	5,3	0,221	0	-	
01_Enero	26-01-2021 15:00	28,2	100	28,2	6,2	0,258	0	-	
01_Enero	26-01-2021 16:00	28,6	100	28,6	6,6	0,275	0	-	
01_Enero	26-01-2021 17:00	28,4	100	28,4	6,4	0,267	0	-	
01_Enero	26-01-2021 18:00	27,8	100	27,8	5,8	0,242	0	-	
01_Enero	26-01-2021 19:00	26,2	100	26,2	4,2	0,175	0	-	
01_Enero	26-01-2021 20:00	23,6	100	23,6	1,6	0,067	0	-	
01_Enero	26-01-2021 21:00	21,4	100	21,4	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 22:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-	
01_Enero	26-01-2021 23:00	18,5	100	18,5	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 00:00	17	100	17	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 01:00	15,7	100	15,7	0	-	0,3	0,01	
01_Enero	27-01-2021 02:00	14,4	100	14,4	0	-	1,6	0,07	
01_Enero	27-01-2021 03:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	0,11	
01_Enero	27-01-2021 04:00	12,4	100	12,4	0	-	3,6	0,15	
01_Enero	27-01-2021 05:00	11,6	100	11,6	0	-	4,4	0,18	
01_Enero	27-01-2021 06:00	11,3	100	11,3	0	-	4,7	0,20	
01_Enero	27-01-2021 07:00	12,6	100	12,6	0	-	3,4	0,14	
01_Enero	27-01-2021 08:00	14,4	100	14,4	0	-	1,6	0,07	
01_Enero	27-01-2021 09:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 10:00	19,8	100	19,8	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 11:00	21,8	100	21,8	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 12:00	23,3	100	23,3	1,3	0,050	0	-	
01_Enero	27-01-2021 13:00	24,7	100	24,7	2,7	0,118	0	-	
01_Enero	27-01-2021 14:00	25,7	100	25,7	3,7	0,154	0	-	
01_Enero	27-01-2021 15:00	26,2	100	26,2	4,2	0,175	0	-	
01_Enero	27-01-2021 16:00	27	100	27	5	0,208	0	-	
01_Enero	27-01-2021 17:00	26,2	100	26,2	4,2	0,175	0	-	
01_Enero	27-01-2021 18:00	24,1	100	24,1	2,1	0,088	0	-	
01_Enero	27-01-2021 19:00	22,1	100	22,1	0,1	0,004	0	-	
01_Enero	27-01-2021 20:00	20,5	100	20,5	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 21:00	18,9	100	18,9	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 22:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-	
01_Enero	27-01-2021 23:00	16,8	100	16,8	0	-	0	-	
01_Enero	28-01-2021 00:00	16	100	16	0	-	0	-	
01_Enero	28-01-2021 01:00	15	100	15	0	-	1	0,04	
01_Enero	28-01-2021 02:00	14,2	100	14,2	0	-	1,8	0,08	
01_Enero	28-01-2021 03:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	0,11	
01_Enero	28-01-2021 04:00	13	100	13	0	-	3	0,13	
01_Enero	28-01-2021 05:00	12,2	100	12,2	0	-	3,8	0,16	
01_Enero	28-01-2021 06:00	12,2	100	12,2	0	-	3,8	0,16	
01_Enero	28-01-2021 07:00	12,9	100	12,9	0	-	3,1	0,13	
01_Enero	28-01-2021 08:00	14,9	100	14,9	0	-	1,1	0,05	
01_Enero	28-01-2021 09:00	17,7	100	17,7	0	-	0	-	
01_Enero	28-01-2021 10:00	20,2	100	20,2	0	-	0	-	
01_Enero	28-01-2021 11:00	21,9	100	21,9	0	-	0	-	
01_Enero	28-01-2021 12:00	22,9	100	22,9	0,9	0,037	0	-	
01_Enero	28-01-2021 13:00	23,1	100	23,1	1,1	0,046	0	-	
01_Enero	28-01-2021 14:00	24,3	100	24,3	2,3	0,096	0	-	
01_Enero	28-01-2021 15:00	23,4	100	23,4	1,4	0,058	0	-	
01_Enero	28-01-2021 16:00	21,4	100	21,4	0	-	0	-	
01_Enero	28-01-2021 17:00	22	100	22	0	-	0	-	

Anexo E

MES	Tempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22	16	GD REFRIG	Calefacción base	GD CALEF
01_Enero	28-01-2021 18:00	21,1	100	21,1	0	-	0	-	0	-
01_Enero	28-01-2021 19:00	19,9	100	19,9	0	-	0	-	0	-
01_Enero	28-01-2021 20:00	18,8	100	18,8	0	-	0	-	0	-
01_Enero	28-01-2021 21:00	18	100	18	0	-	0	-	0	-
01_Enero	28-01-2021 22:00	16,7	100	16,7	0	-	0	-	0	-
01_Enero	28-01-2021 23:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	-	0,01	-
01_Enero	29-01-2021 00:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	-	0,01	-
01_Enero	29-01-2021 01:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 02:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 03:00	16,1	100	16,1	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 04:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 05:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 06:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 07:00	15,7	100	15,7	0	-	0,3	-	0,01	-
01_Enero	29-01-2021 08:00	15,9	100	15,9	0	-	0,1	-	0,00	-
01_Enero	29-01-2021 09:00	16,3	100	16,3	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 10:00	16,7	100	16,7	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 11:00	17,3	100	17,3	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 12:00	17,4	100	17,4	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 13:00	17,5	100	17,5	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 14:00	17,5	100	17,5	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 15:00	17,3	100	17,3	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 16:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 17:00	17,3	100	17,3	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 18:00	17	100	17	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 19:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 20:00	16,8	100	16,8	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 21:00	16,8	100	16,8	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 22:00	16,6	100	16,6	0	-	0	-	0	-
01_Enero	29-01-2021 23:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 00:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 01:00			16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 02:00			16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 03:00	15,9	100	15,9	0	-	0,1	-	0,00	-
01_Enero	30-01-2021 04:00	15,9	100	15,9	0	-	0,1	-	0,00	-
01_Enero	30-01-2021 05:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 06:00	16	100	16	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 07:00	16,4	100	16,4	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 08:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 09:00	16,7	100	16,7	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 10:00	17,1	100	17,1	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 11:00	17,6	100	17,6	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 12:00	19,1	100	19,1	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 13:00	21,2	100	21,2	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 14:00	22,6	100	22,6	0,6	-	0,025	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 15:00	22,8	100	22,8	0,8	-	0,033	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 16:00	23,4	100	23,4	1,4	-	0,058	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 17:00	23,2	100	23,2	1,2	-	0,050	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 18:00	22,6	100	22,6	0,6	-	0,025	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 19:00	21,6	100	21,6	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 20:00	20,4	100	20,4	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 21:00	17,9	100	17,9	0	-	0	-	0	-
01_Enero	30-01-2021 22:00	15,8	100	15,8	0	-	0,2	-	0,01	-
01_Enero	30-01-2021 23:00	15,4	100	15,4	0	-	0,6	-	0,03	-
01_Enero	31-01-2021 00:00	15,6	100	15,6	0	-	0,4	-	0,02	-
01_Enero	31-01-2021 01:00	14,8	100	14,8	0	-	1,2	-	0,05	-
01_Enero	31-01-2021 02:00	14,3	100	14,3	0	-	1,7	-	0,07	-
01_Enero	31-01-2021 03:00	14,1	100	14,1	0	-	1,9	-	0,08	-
01_Enero	31-01-2021 04:00	13,8	100	13,8	0	-	2,2	-	0,09	-
01_Enero	31-01-2021 05:00	13,4	100	13,4	0	-	2,6	-	0,11	-
01_Enero	31-01-2021 06:00			13,4	0	-	2,6	-	0,11	-
01_Enero	31-01-2021 07:00	15,1	100	15,1	0	-	0,9	-	0,04	-
01_Enero	31-01-2021 08:00	16,9	100	16,9	0	-	0	-	0	-
01_Enero	31-01-2021 09:00	17,8	100	17,8	0	-	0	-	0	-
01_Enero	31-01-2021 10:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-	0	-
01_Enero	31-01-2021 11:00	17,3	100	17,3	0	-	0	-	0	-
01_Enero	31-01-2021 12:00	18,3	100	18,3	0	-	0	-	0	-

### Anexo E

MES	Tiempo UTC-4	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire % de datos	Temperatura del Aire °C (Cálculo)	Refrigeración Base	22		16	
						GD REFRIG	Calefacción base	GD REFRIG	GD CALEF
01_Enero	31-01-2021 13:00	21	100	21	0	-	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 14:00	22,8	100	22,8	0,8	0,033	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 15:00	23,3	100	23,3	1,3	0,054	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 16:00	22,5	100	22,5	0,5	0,021	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 17:00	19,3	100	19,3	0	-	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 18:00	17,2	100	17,2	0	-	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 19:00	17,9	100	17,9	0	-	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 20:00	17,7	100	17,7	0	-	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 21:00	16,2	100	16,2	0	-	0	-	-
01_Enero	31-01-2021 22:00	15,7	100	15,7	0	-	0,3	-	0,01
01_Enero	31-01-2021 23:00	14,5	100	14,5	0	-	1,5	-	0,06
<b>Total 01_Enero</b>						<b>62,0</b>			<b>23,6</b>
<b>Total 02_Febrero</b>						<b>46,6</b>			<b>27,9</b>
<b>Total 03_Marzo</b>						<b>33,9</b>			<b>58,5</b>
<b>Total 04_Abril</b>						<b>4,5</b>			<b>99,4</b>
<b>Total 05_Mayo</b>						<b>-</b>			<b>189,0</b>
<b>Total 06_Junio</b>						<b>-</b>			<b>212,1</b>
<b>Total 07_Julio</b>						<b>-</b>			<b>279,3</b>
<b>Total 08_Agosto</b>						<b>-</b>			<b>226,0</b>
<b>Total 09_Septiembre</b>						<b>0,5</b>			<b>176,5</b>
<b>Total 10_Octubre</b>						<b>6,8</b>			<b>128,0</b>
<b>Total 11_Noviembre</b>						<b>22,8</b>			<b>76,6</b>
<b>Total 12_Diciembre</b>						<b>61,6</b>			<b>35,3</b>
<b>Total general</b>						<b>232,6</b>			<b>1.532,0</b>

El uso de los datos en publicaciones debe señalar la fuente de los datos y que es una colaboración entre INIA y las instituciones que mantienen convenio con INIA. Adicionalmente, se solicita colocar en un lugar visible el logo de la red agrometeorológica de INIA. Descargar logo desde: <https://agrometeorologia.cl/assets/img/agrometeorologia-logo.png>

Anexo F

**ANEXO F: Consumo y Gasto de ENERGÍA**

CASO ESTUDIO Ait-A: BOMBA DE CALOR GEOTERMICA DISTRITAL - Envolve PDA.

**Alternativa A.1.- CALCULO DEMANDA DE ENERGIA PARA CALEFACCION**

Lugar	CHILLAN		Valor dólar	000	\$/US\$	<b>Pérdidas del recinto</b>		
Superficie recinto	58	m <sup>2</sup>	Combustible	electricidad		Potencia específica	60	W/m <sup>2</sup>
altura promedio	2,4	m				Temperatura interior cálculo	20	°C
Días operación/sem ana	7		EER	3,00		Temperatura exterior cálculo	3	°C
Horas operación/día	14		Rendimiento instalación	90,0%		Potencia Instalada	4,80	kW
Grados-día anual	1532	°C día/año				Potencia Bomba Geotérmica	4,32	kW
Volumen	134,4	m <sup>3</sup>	Costo energía eléctrica	160,000	CLP/A-W-h			
Valor de G	2,10	W/m <sup>3</sup> °C	Costo energía térmica	160,000	CLP/A-W-h			
Horas del día	24							

**Consumos y Costos de Energía**

MES	Utiliza Calefacción ?	GRADOS-DIA/mes Base 18 °C	GRADOS-DIAS meses operación	días/mes	Días de la semana en operación	Horas del día en operación	Factor Operación	Consumo energía mes kW-h/mes	Costo energía mes CLP/mes
Enero	off	23,6	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Febrero	off	27,9	0,0	28	0	0	0,00	0,0	0,0
Marzo	off	56,5	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Abril	off	89,4	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Mayo	on	189,0	189,0	31	7	14	0,58	230,6	36.892,5
Junio	on	212,1	212,1	30	7	14	0,58	258,7	41.394,5
Julio	on	278,3	278,3	31	7	14	0,58	340,7	54.517,2
Agosto	on	226,0	226,0	31	7	14	0,58	275,5	44.122,5
Septiembre	on	176,5	176,5	30	7	14	0,58	215,3	34.449,2
Octubre	on	128,0	128,0	31	7	14	0,58	156,1	24.978,4
Noviembre	off	76,8	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Diciembre	off	35,3	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
<b>Total anual</b>		<b>1.532,0</b>	<b>1.210,8</b>					<b>1.477,2</b>	<b>238.364,2</b>

<b>Consumo específico anual</b>	<b>26,4</b>	<b>kW-h/m<sup>2</sup> año</b>
<b>Factor de Simultaneidad</b>	<b>0,685</b>	
<b>Consumo Energía conjunto habitacional</b>	<b>131.546</b>	<b>kW-h</b>
<b>Costo Energía Anual</b>	<b>21.047.338</b>	<b>CLP</b>

**Alternativa A.2.- CALCULO DEMANDA DE ENERGIA PARA REFRIGERACION**

Lugar	CHILLAN		Valor dólar	1	\$/US\$	<b>Pérdidas del recinto</b>		
Superficie recinto	58	m <sup>2</sup>	Combustible	electricidad		Potencia específica	60	W/m <sup>2</sup>
altura promedio	2,4	m				Temperatura interior cálculo	23	°C
Días operación/sem ana	7		EER	3,20		Temperatura exterior cálculo	26	°C
Horas operación/día	14		Rendimiento instalación	90,0%		Potencia Instalada	4,80	kW
Grados-día anual	1532	°C día/año				Potencia Bomba Geotérmica	4,32	kW
Volumen	134,4	m <sup>3</sup>	Costo energía eléctrica	160,000	CLP/A-W-h			
Valor de G	7,14	W/m <sup>3</sup> °C	Costo energía térmica	160,000	CLP/A-W-h			
Horas del día	24							

**Consumos y Costos de Energía**

MES	Utiliza Refrigeración ?	GRADOS-DIA/mes Base 22 °C	GRADOS-DIAS meses operación	días/mes	Días de la semana en operación	Horas del día en operación	Factor Operación	Consumo energía mes kW-h/mes	Costo energía mes CLP/mes
Enero	on	62,0	62,0	31	7	14	0,58	257,3	41.160,7
Febrero	on	40,6	40,6	28	7	14	0,58	168,2	26.916,7
Marzo	on	33,9	33,9	31	7	14	0,58	140,7	22.507,9
Abril	off	4,5	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Mayo	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Junio	off	0,0	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Julio	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Agosto	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Septiembre	off	0,0	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Octubre	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Noviembre	on	22,6	22,6	30	7	14	0,58	94,7	15.146,3
Diciembre	on	61,6	61,6	31	7	14	0,58	255,5	40.903,5
<b>Total anual</b>		<b>232,6</b>	<b>220,9</b>					<b>916,5</b>	<b>146.637,0</b>

<b>Consumo específico anual</b>	<b>16,4</b>	<b>kW-h/m<sup>2</sup> año</b>
<b>Factor de Simultaneidad</b>	<b>0,685</b>	
<b>Consumo Energía conjunto habitacional</b>	<b>81.618</b>	<b>kW-h</b>
<b>Costo Energía Anual</b>	<b>13.058.028</b>	<b>CLP</b>

## Anexo F

### CASO ESTUDIO AII-B: BOMBA DE CALOR GEOTERMICA DISTRICTAL - Envoltente RT Zona 4.

#### Alternativa B.1.- CALCULO DEMANDA DE ENERGIA PARA CALEFACCION

Lugar	CHILLAN	Valor dólar	800	\$/US\$	Pérdidas del recinto
Superficie recinto	58 m <sup>2</sup>	Combustible	electricidad		Potencia específica
altura promedio	2,4 m				Temperatura interior cálculo
Días operación/semana	7	CLP	3,00		Temperatura exterior cálculo
Horas operación/día	14	Rendimiento instalación	90,0%		Potencia Instalada
Grados-día anual	1532 °C día/año				Potencia Bomba Geotérmica
Volumen	134,4 m <sup>3</sup>	Costo energía eléctrica	160,000	CLP/A-W-h	
Valor de G	1,04 W/m <sup>3</sup> °C	Costo energía térmica	160,000	CLP/A-W-h	
Horas del día	24				

#### Consumos y Costos de Energía

MES	Utiliza Calefacción ?	GRADOS-DIA/mes Base 18 °C	GRADOS-DIAS meses operación	días/mes	Días de la semana en operación	Horas del día en operación	Factor Operación	Consumo energía mes kW-h/mes	Costo energía mes CLP/mes
Enero	off	23,6	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Febrero	off	27,8	0,0	28	0	0	0,00	0,0	0,0
Marzo	off	56,5	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Abril	off	86,4	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Mayo	on	189,0	189,0	31	7	14	0,58	201,8	32.280,9
Junio	on	212,1	212,1	30	7	14	0,58	226,4	36.220,1
Julio	on	278,3	278,3	31	7	14	0,58	296,1	47.702,6
Agosto	on	226,0	226,0	31	7	14	0,58	241,3	38.607,2
Septiembre	on	176,5	176,5	30	7	14	0,58	180,1	28.143,0
Octubre	on	128,0	128,0	31	7	14	0,58	136,6	21.856,1
Noviembre	off	76,6	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Diciembre	off	35,5	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
<b>Total anual</b>		<b>1.632,0</b>	<b>1.210,8</b>					<b>1.292,6</b>	<b>208.809,9</b>

<b>Consumo específico anual</b>	<b>23,1</b>	<b>kW-h/m<sup>2</sup> año</b>
<b>Factor de Simultaneidad</b>	<b>0,685</b>	
<b>Consumo Energía conjunto habitacional</b>	<b>115.103</b>	<b>kW-h</b>
<b>Costo Energía Anual</b>	<b>18.416,421</b>	<b>CLP</b>

#### Alternativa B.2.- CALCULO DEMANDA DE ENERGIA PARA REFRIGERACION

Lugar	CHILLAN	Valor dólar	1	\$/US\$	Pérdidas del recinto
Superficie recinto	58 m <sup>2</sup>	Combustible	electricidad		Potencia específica
altura promedio	2,4 m				Temperatura interior cálculo
Días operación/semana	7	EER	3,20		Temperatura exterior cálculo
Horas operación/día	14	Rendimiento instalación	90,0%		Potencia Instalada
Grados-día anual	1532 °C día/año				Potencia Bomba Geotérmica
Volumen	134,4 m <sup>3</sup>	Costo energía eléctrica	160,000	CLP/A-W-h	
Valor de G	0,25 W/m <sup>3</sup> °C	Costo energía térmica	160,000	CLP/A-W-h	
Horas del día	24				

#### Consumos y Costos de Energía

MES	Utiliza Refrigeración ?	GRADOS-DIA/mes Base 22 °C	GRADOS-DIAS meses operación	días/mes	Días de la semana en operación	Horas del día en operación	Factor Operación	Consumo energía mes kW-h/mes	Costo energía mes CLP/mes
Enero	on	62,0	62,0	31	7	14	0,58	225,1	36.015,6
Febrero	on	40,8	40,8	28	7	14	0,58	147,2	23.553,9
Marzo	on	33,8	33,8	31	7	14	0,58	123,1	19.694,4
Abril	off	4,5	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Mayo	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Junio	off	0,0	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Julio	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Agosto	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Septiembre	off	0,5	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Octubre	off	6,6	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Noviembre	on	22,6	22,0	30	7	14	0,58	82,8	13.253,0
Diciembre	on	81,6	61,6	31	7	14	0,58	223,7	35.790,6
<b>Total anual</b>		<b>232,8</b>	<b>220,9</b>					<b>801,9</b>	<b>128.307,4</b>

<b>Consumo específico anual</b>	<b>14,3</b>	<b>kW-h/m<sup>2</sup> año</b>
<b>Factor de Simultaneidad</b>	<b>0,685</b>	
<b>Consumo Energía conjunto habitacional</b>	<b>71.411</b>	<b>kW-h</b>
<b>Costo Energía Anual</b>	<b>11.425,775</b>	<b>CLP</b>

## Anexo F

### CASO BASE: AIRE ACONDICIONADO SPLIT + ESTUFA A PELLETS

#### CASO BASE.1.- CALCULO DEMANDA DE ENERGIA PARA CALEFACCION

Lugar	CHILLAN	Valor dólar	000	\$/US\$	Pérdidas del recinto
Superficie recinto	56 m <sup>2</sup>	Combustible	Pellets		Potencia específica
altura promedio	2,4 m	Poder calorífico	4,0 kWh/kg		Temperatura interior cálculo
Días operación/semana	7	Rendimiento caldera	85,0%		Temperatura exterior cálculo
Horas operación/día	14	Rendimiento instalación	90,0%		Potencia instalada
Grados-día anual	1532 °C día/año	Costo combustible	260 \$/kg		Potencia estufa
Volumen	134,4 m <sup>3</sup>	Costo energía	18,08 US\$/GJ		
Valor de G	1,53 W/m <sup>3</sup> °C	Costo energía	0,085 US\$/kW-h		
Horas del día	24				

#### Consumos y Costos de Energía

MES	Utiliza Calefacción ?	GRADOS-DÍA/mes Base 18 °C	GRADOS-DIAS meses operación	días/mes	Días de la semana en operación	Horas del día en operación	Factor Operación	Consumo energía mes kW-h/mes	Costo energía mes CLP/mes
Enero	off	23,8	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Febrero	off	27,9	0,0	29	0	0	0,00	0,0	0,0
Marzo	off	56,5	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
Abril	off	99,4	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0,0
Mayo	on	188,0	188,0	31	7	14	0,58	712,1	37.087,5
Junio	on	212,1	212,1	30	7	14	0,58	706,0	41.813,2
Julio	on	278,3	278,3	31	7	14	0,58	1.052,3	54.805,4
Agosto	on	228,0	228,0	31	7	14	0,58	851,6	44.355,7
Septiembre	on	176,5	176,5	30	7	14	0,58	664,4	34.631,2
Octubre	on	126,0	126,0	31	7	14	0,58	482,1	25.110,4
Noviembre	on	78,6	78,6	30	7	14	0,58	289,7	15.036,1
Diciembre	off	36,3	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0,0
<b>Total anual</b>		<b>1.532,0</b>	<b>1.287,4</b>					<b>4.850,7</b>	<b>252.638,4</b>

<b>Consumo específico anual</b>	<b>86,6</b>	<b>kW-h/m<sup>2</sup> año</b>
<b>Factor de Simultaneidad</b>	<b>1,000</b>	
<b>Consumo Energía conjunto habitacional</b>	<b>630.586</b>	<b>kW-h</b>
<b>Costo Energía Anual</b>	<b>32.342.995</b>	<b>CLP</b>

#### CASO BASE.2.- CALCULO DEMANDA DE ENERGIA PARA REFRIGERACION

Lugar	CHILLAN	Valor dólar	800	\$/US\$	Pérdidas del recinto
Superficie recinto	56 m <sup>2</sup>	Combustible	electricidad		Potencia específica
altura promedio	2,4 m	EER	1,00		Temperatura interior cálculo
Días operación/semana	7	Rendimiento instalación	90,0%		Temperatura exterior cálculo
Horas operación/día	14				Potencia instalada
Grados-día anual	1532 °C día/año	Costo energía eléctrica	160.000 CLP/kW h		Potencia Bomba Geotérmica
Volumen	134,4 m <sup>3</sup>	Costo energía térmica	160.000 CLP/kW-h		
Valor de G	2,98 W/m <sup>3</sup> °C				
Horas del día	24				

#### Consumos y Costos de Energía

MES	Utiliza Refrigeración ?	GRADOS-DÍA/mes Base 22 °C	GRADOS-DIAS meses operación	días/mes	Días de la semana en operación	Horas del día en operación	Factor Operación	Consumo energía mes kW-h/mes	Costo energía mes CLP/mes
Enero	on	62,0	62,0	31	7	14	0,58	385,9	61.741
Febrero	on	40,6	40,6	28	7	14	0,58	252,4	40.378
Marzo	on	33,9	33,9	31	7	14	0,58	211,0	33.762
Abril	off	4,6	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0
Mayo	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0
Junio	off	0,0	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0
Julio	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0
Agosto	off	0,0	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0
Septiembre	off	0,5	0,0	30	0	0	0,00	0,0	0
Octubre	off	6,8	0,0	31	0	0	0,00	0,0	0
Noviembre	on	22,8	22,8	30	7	14	0,58	142,0	22.719
Diciembre	on	61,8	61,8	31	7	14	0,58	398,5	63.355
<b>Total anual</b>		<b>232,8</b>	<b>220,9</b>					<b>1.374,7</b>	<b>218.956</b>

<b>Consumo específico anual</b>	<b>24,5</b>	<b>kW-h/m<sup>2</sup> año</b>
<b>Factor de Simultaneidad</b>	<b>1,000</b>	
<b>Consumo Energía conjunto habitacional</b>	<b>178.714</b>	<b>kW-h</b>
<b>Costo Energía Anual</b>	<b>28.594.222</b>	<b>CLP</b>

Anexo G

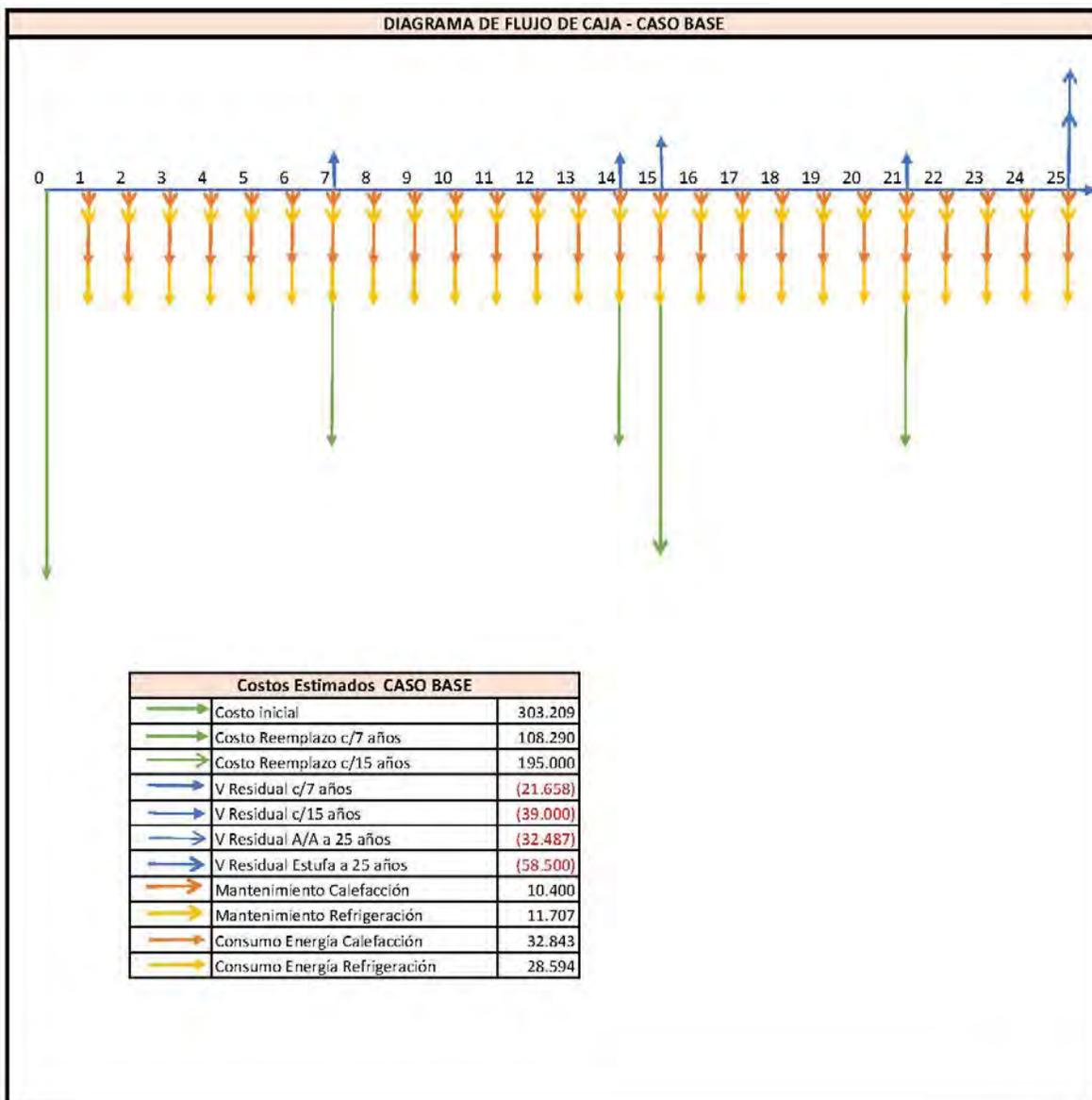
ANEXO G: Comparativa Costo Total a Valor Presente

COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACION VS. VALOR PRESENTE CASO BASE.

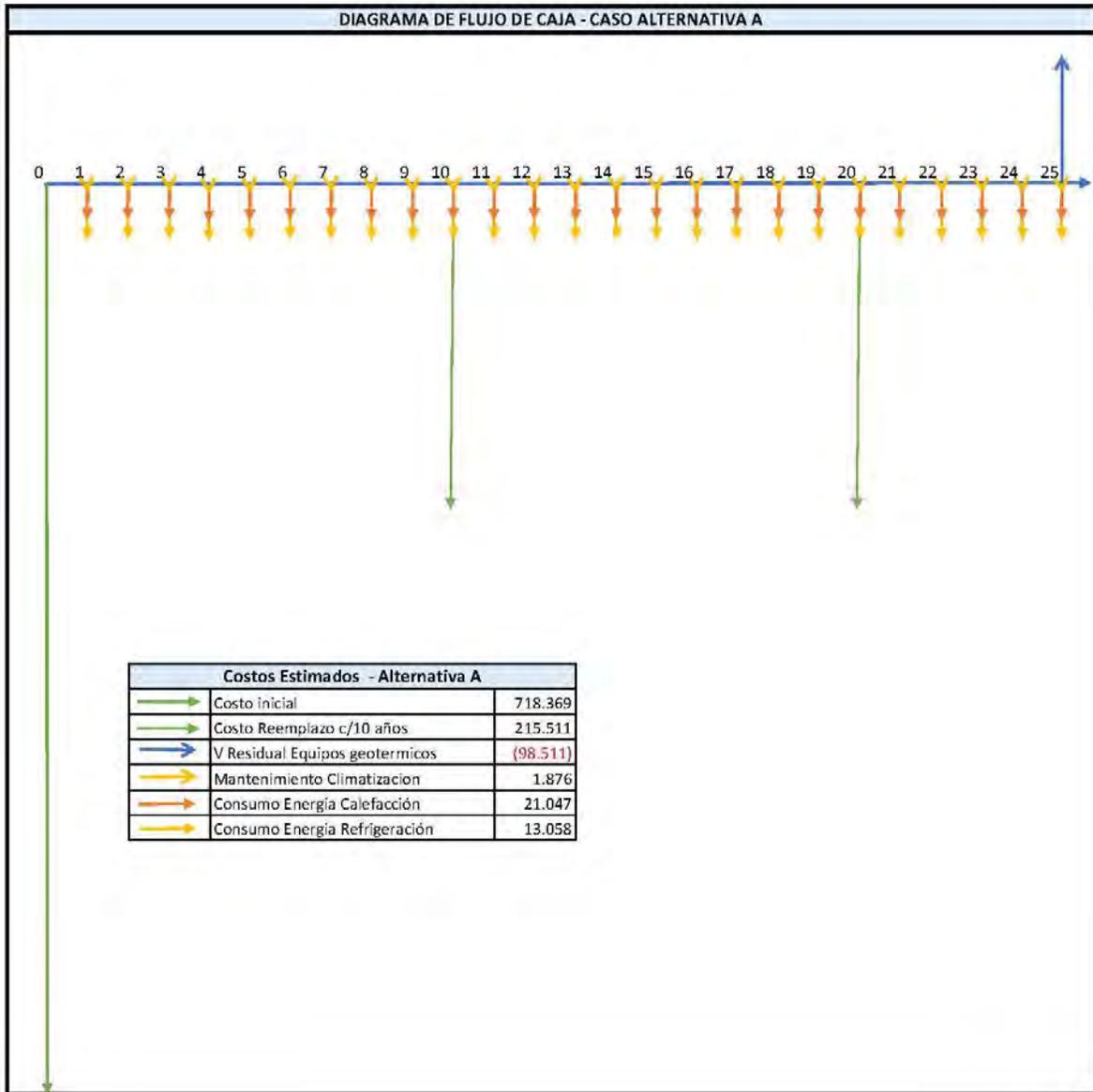
PROYECTO		Sistemas de climatización Conjunto Habitacional El Canelo		CASO base (Estufa a pellets mar. A/A)		CASO ALT-A (PDA- Sistema de climatización con BC Geotérmica DISTITAL)		CASO ALT-B (Zona 4- Sistema de climatización con BC Geotérmica DISTITAL)	
TASA DE DESCUENTO	6%			Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
CICLO DE VIDA (AÑOS)	25								
FECHA	feb 22								
PRESENTADO POR:	Edgardo Silva Sandoval								
<b>COSTOS INICIALES</b>									
	Sistema de Bomba de Calor Geotérmica Distital					328.369	328.369	298.838	298.838
	Red de Distribución					390.000	390.000	390.000	390.000
	Aires acondicionados Split			108.290	108.290		0		0
	Estufa pellets			195.000	195.000		0		0
	<b>Total Costos Iniciales y Colaterales</b>			<b>303.290</b>	<b>303.290</b>		<b>718.369</b>		<b>688.838</b>
	<b>Diferencia entre alternativas (costos Iniciales)</b>			<b>0</b>	<b>0</b>		<b>415.079</b>		<b>385.548</b>
	<b>Reemplazo / Vida residual</b>	<b>Año</b>	<b>Factor Valor Presente</b>	<b>Costo Estimado</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Costo Estimado</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Costo Estimado</b>	<b>Valor Presente</b>
			1,0000		0		0		0
			1,0000		0		0		0
Reemplazo Sistema de BC Geotérmico	10	0,6584		0	215.511	120.340	206.651	115.393	
Reemplazo Sistema de BC Geotérmico	20	0,3118		0	215.511	67.197	206.651	64.435	
		1,0000		0		0		0	
Reemplazo Aires acondicionados Split	7	0,6651	108.290	72.019		0		0	
Reemplazo Aires acondicionados Split	14	0,4423	108.290	47.897		0		0	
Reemplazo Aires acondicionados Split	21	0,2942	108.290	31.854		0		0	
Reemplazo estufa pellets	15	0,4173	195.000	81.367		0		0	
		1,0000		0		0		0	
VR Sistema de BC Geotérmico Distital	25	0,2330		0	-98.511	-22.983	89.651	-20.889	
VR Aires acondicionados Split	7	0,6651	-21.658	-14.404		0		0	
VR Aires acondicionados Split	14	0,4423	-21.658	-9.579		0		0	
VR Aires acondicionados Split	21	0,2942	-21.658	-6.371		0		0	
VR Aires acondicionados Split	25	0,2330	-32.487	-7.669		0		0	
VR estufa pellets	15	0,4173	-39.000	-16.373		0		0	
VR estufa pellets	25	0,2330	-56.500	-13.630		0		0	
		1,0000		0		0		0	
		1,0000		0		0		0	
<b>Total Costos Reemplazo Vida residual</b>			<b>324.907</b>	<b>165.307</b>	<b>332.511</b>	<b>164.584</b>	<b>323.651</b>	<b>158.739</b>	
<b>Costos Anuales</b>	<b>Tasa Escalamiento</b>	<b>Factor VP Escalamiento</b>	<b>Costo Estimado</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Costo Estimado</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Costo Estimado</b>	<b>Valor Presente</b>	
Costo de mantenimiento anual calefacción	0%	12,7834	10.400	132.947		0		0	
	0%	12,7834		0		0		0	
Costo de mantenimiento anual refrigeración	0%	12,7834	11.707	149.648		0		0	
	0%	12,7834		0		0		0	
Costo mantenimiento sistema de climatización	0%	12,7834		0	1.876	23.985	1.659	21.208	
	0%	12,7834		0		0		0	
Consumo energético (Refrigeración)	3%	17,5839	28.594	502.798	13.058	229.611	11.426	200.910	
Consumo energético (Calefacción)	3%	17,5839	32.843	577.508	21.047	970.094	18.416	323.833	
	0%	12,7834		0		0		0	
<b>Total Costos Anualidades</b>			<b>83.544</b>	<b>1.542.902</b>	<b>35.982</b>	<b>623.691</b>	<b>31.501</b>	<b>545.950</b>	
<b>TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES COSTO ESTIMADO</b>				<b>\$ 711.743</b>	<b>\$ 1.086.861</b>	<b>\$ 1.043.991</b>			
<b>TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES VALOR PRESENTE</b>				<b>\$ 1.831.501</b>	<b>\$ 1.504.644</b>	<b>\$ 1.393.727</b>			
<b>DIFERENCIA TOTALES VS. VALOR PRESENTE CASO BASE</b>				<b>0</b>	<b>-324.657</b>	<b>-437.774</b>			

Anexo H

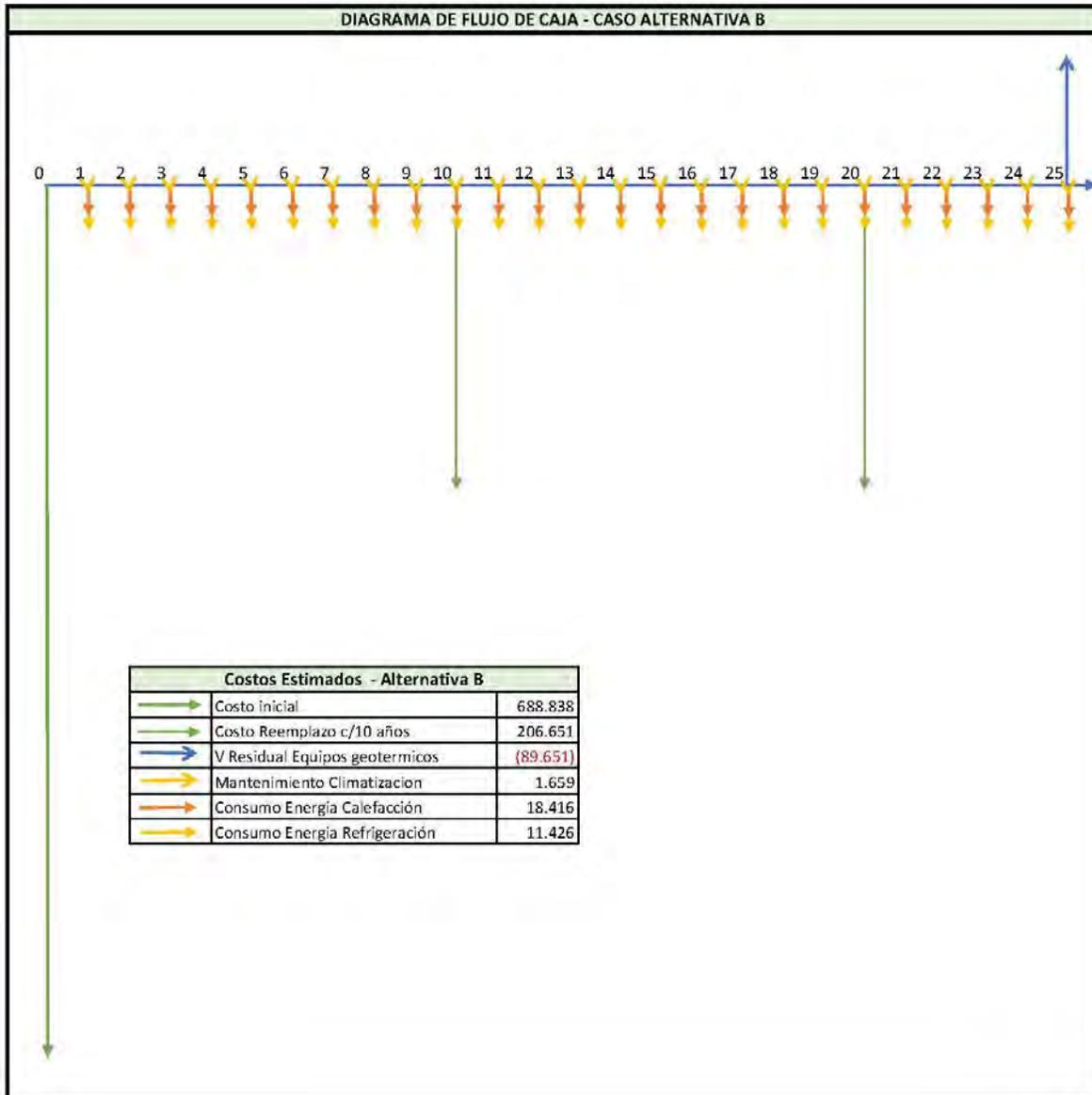
**ANEXO H: Diagramas de Flujo.**



### Anexo H



### Anexo H



Anexo I

ANEXO I: Escenarios Normal, Optimista y Pesimista.

TABLA EVALUACION ECONOMICA ESCENARIO NORMAL

PROYECTO		Sistemas de climatización Conjunto Habitacional El Canelo		CASO BASE		ALTERNATIVA	
TASA DE DESCUENTO	6%			CASO base (Estufa a pellets mas A/A)		CASO ALT-B (Zona 4 - Sistema de climatización con BC Geotermica DISTITAL)	
CICLO DE VIDA (ANOS)	25						
FECHA	feb-22						
PRESENTADO POR	Edgardo Silva Sandoval						
COSTOS INICIALES	COSTOS INICIALES			Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
	Sistema de Bomba de Calor Geotermica Distital					298.838	298.838
	Red de Distribución					390.000	390.000
	Aires acondicionados Split			108.290	108.290		0
	Estufa pellets			195.000	195.000		0
	Total Costos Iniciales y Colaterales			303.290		688.838	
Diferencia entre alternativas (costos Iniciales)				0		385.548	
COSTOS REEMPLAZO - VIDA RESIDUAL	Reemplazo / Vida residual	Año	Factor Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
			1,0000		0		0
			1,0000		0		0
	Reemplazo Sistema de BC Geotermico	10	0,5584		0	206.651	115.393
	Reemplazo Sistema de BC Geotermico	20	0,3118		0	206.651	64.435
			1,0000		0		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	7	0,6651	108.290	72.019		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	14	0,4423	108.290	47.897		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	21	0,2942	108.290	31.854		0
	Reemplazo estufa pellets	15	0,4173	195.000	81.367		0
			1,0000		0		0
	VR Sistema de BC Geotermico Distital	25	0,2330		0	-89.651	-20.889
	VR Aires acondicionados Split	7	0,6651	-21.658	-14.404		0
	VR Aires acondicionados Split	14	0,4423	-21.658	-9.579		0
	VR Aires acondicionados Split	21	0,2942	-21.658	-6.371		0
VR Aires acondicionados Split	25	0,2330	-32.487	-7.569		0	
VR estufa pellets	15	0,4173	-39.000	-16.273		0	
VR estufa pellets	25	0,2330	-58.500	-13.630		0	
		1,0000		0		0	
		1,0000		0		0	
Total Costos Reemplazo Vida residual				324.909	146.309	323.651	158.939
COSTOS PERMANENTES Y ANUALIDADES	Costos Anuales	Tasa Escalamiento	Factor VP Escalamiento	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
	Costo de mantenimiento anual calefacción	0%	12,7834	10.400	132.947		0
		0%	12,7834		0		0
	Costo de mantenimiento anual refrigeración	0%	12,7834	11.707	149.648		0
		0%	12,7834		0		0
	Costo mantenimiento sistema de climatización	0%	12,7834		0	1.659	21.208
		0%	12,7834		0		0
	Consumo energetico (Refrigeración eléctrica)	3%	17,5839	28.594	502.798	11.426	200.910
Consumo energetico (Calefacción eléctrica)	3%	17,5839		0	18.416	323.883	
Consumo energetico (Calefacción Pellets)	3%	17,5839		32.843	577.508		0
Total Costos Anualidades				83.544	1.362.902	31.501	545.950
TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES COSTO ESTIMADO				\$	711.743	\$	1.043.991
TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES VALOR PRESENTE				\$	1.831.501	\$	1.393.727
DIFERENCIA TOTALES VS. VALOR PRESENTE CASO BASE					0		437.774

Anexo I

TABLA EVALUACION ECONOMICA ESCENARIO OPTIMISTA

		CASO BASE			ALTERNATIVA B		
PROYECTO	Sistemas de climatización Conjunto Habitacional El Canelo		CASO base (Estufa a pellets mas A/A)		CASO ALT-B (Zona 4- Sistema de climatización con BC Geotermica DISTRITAL)		
TASA DE DESCUENTO	6%						
CICLO DE VIDA (AÑOS)	25						
FECHA	Feb-22						
PRESENTADO POR	Edgardo Silva Sandoval						
COSTOS INICIALES	COSTOS INICIALES		Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	
	Sistema de Bomba de Calor Geotermico Distrital				284.608	284.608	
	Red de Distribución:				371.429	371.429	
	Aires acondicionados Split		103.133	103.133		0	
	Estufa pellets		185.714	185.714		0	
		<b>Total Costos Iniciales y Colaterales</b>	<b>288.848</b>		<b>656.036</b>		
		<b>Diferencia entre alternativos (costos iniciales)</b>	<b>0</b>		<b>367.189</b>		
ESTADO REEMPLAZO VIDA RESIDUAL	Reemplazo / Vida residual	Año	Factor Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
			1,0000		0		0
			1,0000		0		0
	Reemplazo Sistema de BC Geotermico	10	0,5584	0	0	196,811	109,898
	Reemplazo Sistema de BC Geotermico	20	0,3118	0	0	196,811	81,367
			1,0000	0	0		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	7	0,6651	103,133	68,590		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	14	0,4423	103,133	45,616		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	21	0,2942	103,133	30,337		0
	Reemplazo estufa pellets	15	0,4173	185,714	77,492		0
			1,0000		0		0
	VR Sistema de BC Geotermico Distrital	25	0,2330		0	-65,382	-19,894
	VR Aires acondicionados Split	7	0,6651	-20,627	-13,718		0
	VR Aires acondicionados Split	14	0,4423	-20,627	-9,123		0
	VR Aires acondicionados Split	21	0,2942	-20,627	-6,067		0
	VR Aires acondicionados Split	25	0,2330	-30,940	-7,209		0
	VR estufa pellets	15	0,4173	-37,143	-15,498		0
VR estufa pellets	25	0,2330	-55,714	-12,981		0	
		1,0000		0		0	
		1,0000		0		0	
		<b>Total Costos Reemplazo Vida residual</b>	<b>309.437</b>	<b>157.438</b>	<b>308.239</b>	<b>151.371</b>	
COSTOS ANUALES Y ANUALIDADES	Costos Anuales	Tasa Escalamiento	Factor VP Escalamiento	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
	Costo de mantenimiento anual calefaccion	0%	12,7834	10.400	132,947		0
		0%	12,7834		0		0
	Costo de mantenimiento anual refrigeracion	0%	12,7834	11.707	149,648		0
		0%	12,7834		0		0
	Costo mantenimiento sistema de climatización	0%	12,7834		0	1,659	21,208
		0%	12,7834		0		0
	Consumo energetico (Refrigeración eléctrico)	4%	19,7009	28,594	563,332	11,426	325,098
Consumo energetico (Calefacción eléctrico)	4%	19,7009		0	18,416	362,820	
Consumo energetico (Calefacción Pellets)	2%	15,7524		32,843	517,356		0
		<b>Total Costos Anualidades</b>	<b>83.544</b>	<b>1.363.284</b>	<b>31.501</b>	<b>609.126</b>	
<b>TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES COSTO ESTIMADO</b>				\$	681.828	\$	995.777
<b>TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES VALOR PRESENTE</b>				\$	1.809.569	\$	1.416.533
<b>DIFERENCIA TOTALES VS. VALOR PRESENTE CASO BASE</b>					<b>0</b>		<b>-393.036</b>

Anexo I

TABLA EVALUACION ECONOMICA ESCENARIO PESIMISTA

		CASO BASE			ALTERNATIVA B		
PROYECTO	Sistemas de climatización Conjunto Habitacional El Canelo		CASO base (Estufa a pellets mas A/A)			CASO ALT-B (Zona 4- Sistema de climatización con BC Geotermica DISTRITAL)	
TASA DE DESCUENTO	6%						
CICLO DE VIDA (AÑOS)	25						
FECHA	feb-22						
PRESENTADO POR	Edgardo Silva Sandoval						
COSTOS INICIALES	COSTOS INICIALES		Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	
	Sistema de Bomba de Calor Geotermico Distrital				313,780	313,780	
	Red de Distribución:				409,500	409,500	
	Aires acondicionados Split		113,705	113,705		0	
	Estufa pellets		204,750	204,750		0	
<b>Total Costos Iniciales y Colaterales</b>			<b>318,455</b>		<b>723,280</b>		
<b>Diferencia entre alternativos (costos iniciales)</b>			<b>0</b>		<b>404,825</b>		
COSTOS REEMPLAZO Y ANUALIDADES	Reemplazo / Vida residual	Año	Factor Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
			1,0000		0		0
			1,0000		0		0
	Reemplazo Sistema de BC Geotermico	10	0,5564	0	0	216,984	121,163
	Reemplazo Sistema de BC Geotermico	20	0,3118	0	0	216,984	67,657
			1,0000	0	0		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	7	0,6651	113,705	75,620		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	14	0,4423	113,705	50,292		0
	Reemplazo Aires acondicionados Split	21	0,2942	113,705	33,447		0
	Reemplazo estufa pellets	15	0,4173	204,750	85,435		0
			1,0000	0	0		0
	VR Sistema de BC Geotermico Distrital	25	0,2330	0	0	-94,134	-21,933
	VR Aires acondicionados Split	7	0,6651	-22,741	-15,124		0
	VR Aires acondicionados Split	14	0,4423	-22,741	-10,058		0
	VR Aires acondicionados Split	21	0,2942	-22,741	-6,689		0
VR Aires acondicionados Split	25	0,2330	-34,111	-7,948		0	
VR estufa pellets	15	0,4173	-40,950	-17,067		0	
VR estufa pellets	25	0,2330	-61,425	-14,312		0	
		1,0000	0	0		0	
		1,0000	0	0		0	
<b>Total Costos Reemplazo Vida residual</b>			<b>341,154</b>	<b>173,575</b>	<b>339,834</b>	<b>166,886</b>	
Costos Anuales	Tasa Escalamiento	Factor VP Escalamiento	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	
Costo de mantenimiento anual calefaccion	0%	12,7834	10,400	132,947		0	
	0%	12,7834		0		0	
Costo de mantenimiento anual refrigeracion	0%	12,7834	11,707	149,648		0	
	0%	12,7834		0		0	
Costo mantenimiento sistema de climatización	0%	12,7834	0	0	1,659	21,208	
	0%	12,7834		0		0	
Consumo energetico (Refrigeración eléctrico)	2%	15,7524	28,594	450,428	11,426	179,983	
Consumo energetico (Calefacción eléctrico)	2%	15,7524		0	18,416	290,103	
Consumo energetico (Calefacción Pellets)	4%	19,7009	32,843	647,037		0	
<b>Total Costos Anualidades</b>			<b>83,544</b>	<b>1.380.060</b>	<b>31.501</b>	<b>491.294</b>	
<b>TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES COSTO ESTIMADO</b>			<b>\$</b>	<b>743.153</b>	<b>\$</b>	<b>1.094.615</b>	
<b>TOTAL COSTOS INICIALES, REEMPLAZO Y ANUALIDADES VALOR PRESENTE</b>			<b>\$</b>	<b>1.872.089</b>	<b>\$</b>	<b>1.381.460</b>	
<b>DIFERENCIA TOTALES VS. VALOR PRESENTE CASO BASE</b>				<b>0</b>	<b>-490.629</b>		

Anexos

**ANEXO J: Payback de los Escenarios.**

TABLAS PAYBACK				
PAYBACK ESCENARIO NORMAL				
Año	Factor Valor Presente	Amortización Anual	Amortización Acumulada	
		M\$	M\$	%
1	1,000	52.043	52.043	12%
2	0,890	46.318	98.360	22%
3	0,840	43.696	142.056	32%
4	0,792	41.223	183.279	42%
5	0,747	38.889	222.168	51%
6	0,705	36.688	258.856	59%
7	0,665	34.611	293.467	67%
8	0,627	32.652	326.119	74%
9	0,592	30.804	356.923	82%
10	0,558	29.060	385.983	88%
11	0,527	27.415	413.399	94%
12	0,497	25.864	439.262	100%
13	0,469	24.400	463.662	106%
14	0,442	23.018	486.680	111%
15	0,417	21.716	508.396	116%
16	0,394	20.486	528.882	121%
17	0,371	19.327	548.209	125%
18	0,350	18.233	566.442	129%
19	0,331	17.201	583.642	133%
20	0,312	16.227	599.869	137%
21	0,294	15.309	615.178	141%
22	0,278	14.442	629.620	144%
23	0,262	13.625	643.245	147%
24	0,247	12.853	656.098	150%
25	0,233	12.126	668.224	153%
<b>a los 25 años</b>		<b>668.224</b>		
<b>Payback a 25 años</b>		<b>230.450</b>		

Anexos

TABLAS PAYBACK				
PAYBACK ESCENARIO OPTIMISTA				
Año	Factor Valor Presente	Amortización Anual	Amortización Acumulada	
		M\$	M\$	%
1	1,000	52.043	52.043	13%
2	0,890	46.318	98.360	25%
3	0,840	43.696	142.056	36%
4	0,792	41.223	183.279	47%
5	0,747	38.889	222.168	57%
6	0,705	36.688	258.856	66%
7	0,665	34.611	293.467	75%
8	0,627	32.652	326.119	83%
9	0,592	30.804	356.923	91%
10	0,558	29.060	385.983	98%
11	0,527	27.415	413.399	105%
12	0,497	25.864	439.262	112%
13	0,469	24.400	463.662	118%
14	0,442	23.018	486.680	124%
15	0,417	21.716	508.396	129%
16	0,394	20.486	528.882	135%
17	0,371	19.327	548.209	139%
18	0,350	18.233	566.442	144%
19	0,331	17.201	583.642	148%
20	0,312	16.227	599.869	153%
21	0,294	15.309	615.178	157%
22	0,278	14.442	629.620	160%
23	0,262	13.625	643.245	164%
24	0,247	12.853	656.098	167%
25	0,233	12.126	668.224	170%
<b>a los 25 años</b>		<b>668.224</b>		
<b>Payback a 25 años</b>		<b>275.188</b>		

Anexos

TABLAS PAYBACK				
PAYBACK ESCENARIO PESIMISTA				
Año	Factor Valor Presente	Amortización Anual	Amortización Acumulada	
		M\$	M\$	%
1	1,000	52.043	52.043	11%
2	0,890	46.318	98.360	20%
3	0,840	43.696	142.056	29%
4	0,792	41.223	183.279	37%
5	0,747	38.889	222.168	45%
6	0,705	36.688	258.856	53%
7	0,665	34.611	293.467	60%
8	0,627	32.652	326.119	66%
9	0,592	30.804	356.923	73%
10	0,558	29.060	385.983	79%
11	0,527	27.415	413.399	84%
12	0,497	25.864	439.262	90%
13	0,469	24.400	463.662	95%
14	0,442	23.018	486.680	99%
15	0,417	21.716	508.396	104%
16	0,394	20.486	528.882	108%
17	0,371	19.327	548.209	112%
18	0,350	18.233	566.442	115%
19	0,331	17.201	583.642	119%
20	0,312	16.227	599.869	122%
21	0,294	15.309	615.178	125%
22	0,278	14.442	629.620	128%
23	0,262	13.625	643.245	131%
24	0,247	12.853	656.098	134%
25	0,233	12.126	668.224	136%
<b>a los 25 años</b>		<b>668.224</b>		
<b>Payback a 25 años</b>		<b>177.594</b>		