



**UNIVERSIDAD  
ANDRÉS BELLO**

**Facultad de ingeniería**

# **Climatización de sala multiuso mediante energía geotérmica de baja entalpía**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero en Construcción

**Javiera Belén Torres Cruces**

**Profesor Guía: Héctor Enrique Hernández López**

**Santiago de Chile**

**2017**



## **Dedicatoria**

Principalmente a mi madre, una mujer esforzada y luchadora, el pilar fundamental en mi vida, agradezco la entrega de todas las herramientas antes y durante este proceso. Con mucha admiración y orgullo le agradezco por todo, sobre todo su amor incondicional.

A mi pareja, por la calma, la confianza y el amor entregado en los momentos precisos y necesarios.

Y a todos los que creyeron en mí, por el apoyo y animo constante

## **Resumen**

El estudio a continuación, analiza las distintas clases y tipo de extracción de energía geotérmica, determinando la adecuada y más factible según la zona seleccionada, mediante diversos factores y recursos que se posee dentro del sector de la Región Metropolitana. La cantidad de espacio disponible, la densidad de la población, son algunos de los elementos que pueden afectar tanto directa como indirectamente a este método, si bien la energía geotérmica no es de las energías renovables más conocida y utilizadas en el país, se desea profundizar y aclarar que nuestro país es privilegiado si se habla de calidad de terreno y potencial geotérmico.

El fin del estudio es poder cubrir las necesidades térmicas de un recinto manteniendo el confort térmico, tanto en verano como en invierno, donde ocurren las temperaturas extremas.

Más que generar un ahorro energético, existen otros beneficios muy importantes con esta utilización, una de las principales, es como poder obtener una mejor calidad de vida reduciendo los contaminantes existentes en nuestro medio ambiente. Para esto, disminuir el alto consumo de las otras energías utilizadas como comúnmente son las fósiles, repercute directamente en la mejora de nuestro entorno y específicamente la calidad del aire. Sumado a estas, siempre se mantiene en consideración, lo conveniente que es la utilización de un solo método para climatizar durante todos los días el año.

## **Summary**

The next research analyzes the different classes and types of extraction of geothermal energy, determining the most appropriate and feasible according to the zone selected. All of that through different factors and resources that is has inside of the "Región Metropolitana" zone. The quantity of available space and the population density, are some of the elements that can affect direct as indirectly to this method, although the geothermal energy it's not the most knowest and used renewable energy in the country, it's very important clarify that our country is privileged to have a good quality of grounds and a great potential on geothermal.

The purpose of this study it's cover the thermal needs to maintaining a thermal comfort such in summer like in winter, when occur the extreme temperatures.

More than just generate energy savings, there are other very important benefits with this use, one of the main ones it's how to obtain a better quality of life by reducing the pollutants in our environment. Therefore, to reduce the high consumption of the another energies used it, (as commonly the fossils energies), it will have direct repercussion in get better of our environment and specifically the quality of the air. Also, it is important to considered how convenient use the same method to air-conditioning every day of the year.

## Índice de contenidos

1. Capítulo I: “Aspectos generales de la geotermia” .....	16
1.1. Origen y definición .....	16
1.2. Actividad volcánica y sísmica en Chile .....	17
1.3. Estructura de la tierra.....	18
1.4. Estructura del suelo.....	19
1.5. Gradientes y temperaturas de la tierra .....	20
1.6. Energía limpia.....	22
1.7. Ley geotérmica en Chile .....	22
1.8. Sustentable y sostenible .....	23
1.9. Desarrollo sostenible .....	23
1.10. Geotermia en nuestro país .....	25
1.11. Temperatura confortable .....	26
2. Capítulo II: “Energías en el mundo y nuestro país: tipos y consumo” .....	28
2.1. Tipos de energías .....	28
2.1.1. Energías No renovables.....	28
2.1.2. Energías Renovables .....	30
2.2. Consumos en nuestro país .....	31
2.3. Políticas y objetivos .....	34
3. Capítulo III: “Características del emplazamiento y elección de recinto.....	36
3.1. Demografía y estado de la población .....	36
3.1.1. Distribución territorial.....	36
3.1.2. Estadística poblacional.....	37
3.1.3. Densidad poblacional.....	37
3.2. Emplazamiento .....	38
3.3. Edificación de estudio .....	39
3.4. Características.....	40
3.5. Distribución.....	40
3.6. Ocupación .....	41

3.7.	Zonificación térmica.....	44
3.8.	Localización.....	45
3.9.	Superficie.....	45
3.10.	Aspectos climáticos.....	46
4.	Capítulo IV: “Método y sistemas geotérmicos”.....	48
4.1.	Clasificación:.....	48
4.1.1.	Sistemas con alta entalpía:.....	48
4.1.2.	Sistemas con media entalpía:.....	48
4.1.3.	Sistemas con baja entalpía:.....	49
4.2.	Tipos de circuitos:.....	49
4.2.1.	Abiertos.....	50
4.2.2.	Cerrados:.....	50
4.3.	Componentes de un sistema de climatización geotérmico.....	54
4.3.1.	Circuito primario:.....	54
4.3.2.	Bomba de calor:.....	55
4.3.3.	Circuito interior:.....	58
5.	Capítulo V: “Cálculos y Condiciones”.....	60
5.1.	Temperaturas de estudio:.....	60
5.2.	Descripción del recinto.....	61
5.3.	Para las ganancias internas:.....	61
5.4.	Cálculos previos:.....	62
5.4.1.	Reglamentación térmica.....	63
5.4.2.	Resistencia Térmica:.....	64
5.4.3.	Trasmitancias:.....	64
5.5.	Gasto energético de sala multiuso:.....	65
5.6.	Cálculos para el mes de Julio.....	65
5.6.1.	Ganancias elementos vidriados:.....	65
5.6.2.	Ganancia elementos opacos:.....	66
5.6.3.	Resultados.....	66

5.7.	Cálculos para el mes de Enero .....	67
5.7.1.	Ganancias elementos vidriados .....	67
5.7.2.	Ganancia elementos opacos .....	67
5.7.3.	Resultados .....	68
5.8.	Diseño de sistema de climatización .....	69
5.9.	Análisis de resultados .....	71
5.9.1.	Gasto económico en calefacción mes más desfavorable.....	72
5.9.2.	Generación de contaminantes .....	74
5.9.3.	Cruce de parámetros.....	76
6.	Conclusión.....	77
6.1.	Beneficios del método .....	78
6.2.	Desventajas del método .....	79
7.	Bibliografía .....	80
8.	ANEXOS .....	84
	ANEXO 1 .....	84
	Planos .....	84
	ANEXO 2 .....	91
	Especificaciones técnicas sala multiuso.....	91
	ANEXO 3.....	107
	Zonificación térmica región Metropolitana .....	107
	ANEXO 4.....	108
	Planificación territorial Puente Alto.....	108
	ANEXO 5.....	109
	Acondicionamiento térmico tabla N° 2 NCh, 853 of 2007.....	109
	ANEXO 6.....	110
	Acondicionamiento térmico tabla N° 6, NCh 853 of 91.....	110
	ANEXO 7.....	116
	Radiación incidente anual en Santiago .....	116
	ANEXO 8.....	117



Ficha técnica bomba DE-27W/S. Enativa.....	117
ANEXO 9 .....	118
Fan Coil MCM300C Cosmoplas .....	118
ANEXO 10 .....	119
Ficha técnica estufa Enaxxion E-4200 .....	119

## Índice de figuras

Figura 1: Cinturón de fuego del pacifico (Energía andina, 2016).....	17
Figura 2: Estructura de la tierra (Energía andina, 2016).....	18
Figura 3: Perfil del suelo (USDA, Natural Resources Conservation Service, 2016) .....	19
Figura 4: Distribución natural de la temperatura en la capa cercana a la superficie a más profundidad (Dena Energy Efficiency Award 2013) .....	21
Figura 5: Componentes de desarrollo sostenible (Informe Brundtland, 1987)..	24
Figura 6: Confort térmico. (Portal de eficiencia energética y sostenibilidad Arquitectura y energía, 2016). .....	27
Figura 7: Participación de energía renovable en la producción de electricidad (Ren21, 2016).....	28
Figura 8: Distribución del consumo mundial final de energías (Ren21, 2016) ..	29
Figura 9: Oferta total de energía primaria en Chile en TCal (Anuario estadístico de energía, 2015). .....	31
Figura 10: Aporte de ERNC al mercado eléctrico (Centro de energías, 2015). 32	
Figura 11: Total del consumo final por sector en Chile en TCal (Anuario estadístico de energía, 2015). .....	33
Figura 12: Países con políticas y objetivos en eficiencia energética (Ren21, 2016). .....	34
Figura 13: Distribución del terreno disponible (Elaboración propia).....	40
Figura 14: Planta sala multiuso (Planos). .....	43
Figura 15: Ubicación comuna Puente Alto (Elaboración propia).....	45
Figura 16: Diagrama de temperatura Puente Alto (Climate-data 2012).....	47
Figura 17: Análisis del sector de la energía geotérmica en España. (Geoplat, 2016). .....	50
Figura 18: Análisis del sector de la energía geotérmica en España. (Geoplat, 2016). .....	51

Figura 19: Análisis del sector de la energía geotérmica en España (Geoplat, 2016). .....	52
Figura 20: Análisis del sector de la energía geotérmica en España (Geoplat, 2016). .....	53
Figura 21: Calefacción geotérmica (Designoutlet, 2016). .....	55
Figura 22: Esquema climatización geotérmica (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, España 2010). .....	56
Figura 23: funcionamiento bomba de calor (Calificación energética del MINVU, 2016). .....	57
Figura 24: Esquema Fan coil (Cenit climatización, 2016). .....	58
Figura 25: Aporte de energía geotérmica y eléctrica (Calificación energética del MINVU, 2016). .....	69

## Índice de tablas

Tabla 1: Carga de ocupación. ....	41
Tabla 2: Materialidad de muro y su espesor.....	44
Tabla 3: Ganancias internas.....	61
Tabla 4: Ganancias internas.....	62
Tabla 5: Ministerio de vivienda y urbanismo.....	63
Tabla 6: Gasto energético sala multiuso .....	65
Tabla 7: Ganacias elementos vidriados, Julio.....	65
Tabla 8: Ganancia elementos opacos, Julio.....	66
Tabla 9: Pérdidas, ganancias y demanda totales, Julio.....	66
Tabla 10: Ganancias elementos vidriados, Enero.....	67
Tabla 11: Ganancia elementos opacos, Enero.....	67
Tabla 12: Pérdidas, ganancias y demanda totales, Enero.....	68

## **Introducción**

De todos los países, Chile es uno de los más privilegiados cuando se habla de los beneficios en el aspecto geográfico, lo que repercute, directamente en una óptima utilización de energía geotérmica, ya que se encuentra en una zona donde se posee gran cantidad de volcanes y una constante actividad sísmica, esto hace que la energía que nos entrega el subsuelo sea mayor en comparación a la de otros países, es por esto que se debe aprovechar aún más esta energía no solo para la climatización de recintos como viviendas, salas, oficinas o invernaderos, que son comúnmente las más utilizadas, sino también emplear la energía en la producción de agua caliente sanitaria y/o generación de energía eléctrica.

Además de traer múltiples beneficios, esta es una energía natural e inagotable, completamente estable en comparación con las de la superficie y el exterior, ya que los fenómenos climáticos son variables durante todo el año; el viento, la radiación, el oleaje, etc.

En invierno y verano el gasto energético aumenta, ya sea para calefaccionar o refrigerar el ambiente. Este gasto se eleva de gran manera por la utilización de estufas a leña o parafina, calefactores a gas en invierno, ventiladores eléctricos, aires acondicionados en verano, entre tantos otros métodos que se pueden utilizar en un mismo año. No solo se mantiene nuestro espacio en temperaturas óptimas de confort, sino que al utilizar estos distintos métodos también se generan contaminantes altamente dañinos para nuestro medio ambiente y las personas que lo habitamos. Es por esto, que al utilizar un solo método durante todo el año, que además sea con energía renovable, limpia y sostenible, se mitigan estos dos principales problemas tanto en invierno como en verano.

La utilización de energías renovables toma más fuerza con el correr de los años. Si bien nuestro país, aún está lejos en el desarrollo de la geotermia de baja temperatura, otros países como Suecia, Alemania, Francia y Suiza son líderes en la utilización de esta para la climatización. Del total de instalaciones geotérmicas en el mundo, Europa se lleva más del 60% de ellas, dejando al continente Europeo como el de mayor desarrollo en la utilización de climatización mediante geotermia, ya que este logra alcanzar la integra explotación de recursos naturales, entre otras características.

Una de las mayores problemáticas en el mundo es el poco cuidado de nuestro medio ambiente y la rápida contaminación sin conciencia que se genera año a año. Por esto se busca, constantemente poder utilizar energías que nos ayuden a mitigar los contaminantes y así poder cuidar el medio ambiente, energías que faciliten su uso y ayuden a las familias a disminuir los diversos métodos de climatización utilizados a lo largo del año, mediante van cambiando las temperaturas exteriores.

La climatización mediante la energía geotérmica tiene como propósito, mantener el recinto en temperaturas de confort todo el año para las personas que la utilizan, esto se refiere puntualmente a que en las temperaturas extremas como en el verano o invierno, dentro de este espacio exista una temperatura menor o mayor a la del exterior, respectivamente, esto se conoce como calefaccionar y refrigerar el aire que circula dentro del recinto.

El fin de este, es estudiar e identificar las necesidades que el recinto posee, tanto dentro como en el entorno en donde se encuentra y de acuerdo a esto diseñar un posible método de climatización geotérmica en el cual se cumpla con las demandas y se adecue a sus restricciones de una mejor manera. Se detalla su instalación, se da a conocer la simpleza del método geotérmico y se señala los múltiples beneficios que posee.

## **Objetivos**

### 1. Objetivo general.

Evaluar técnicamente la implementación de un sistema geotérmico para exponer y responder a los requerimientos de confort térmico de una sala multiuso en la Región Metropolitana

### 2. Objetivos específicos.

2.1. Definir una edificación de estudio y determinar las necesidades de climatización que requiere.

2.2. Estudiar los sistemas geotérmicos en viviendas y determinar el adecuado para la vivienda de estudio.

2.3. Diseñar y evaluar técnicamente el sistema geotérmico utilizado en la vivienda.

## **Hipótesis**

El ahorro energético producido por la energía geotérmica es mayor en comparación con las energías más utilizadas en nuestro país, las energías fósiles



## **1. Capítulo I: “Aspectos generales de la geotermia”**

### **1.1. Origen y definición**

Por un lado la palabra geotermia viene del griego geo-thermos, que significa el calor de la tierra, por otro lado, energía se refiere a la capacidad de la materia de generar algún tipo de trabajo tanto como movimiento, luz, calor, entre otros, en este caso, específicamente hablamos de calor. Por lo tanto, la energía geotérmica es aquella que se genera por la extracción de temperatura, la cual nos entrega la tierra. Dicha temperatura se transforma para luego ser utilizada en aplicaciones domésticas como calefacción de aguas sanitarias o de piscinas, climatización de edificaciones e invernaderos, y hasta la generación de electricidad tanto para edificaciones habitacionales como para grandes industrias cuando hablamos de extracciones de alta entalpía

Chile es uno de los países más privilegiados para la utilización de la geotermia, ya que se ubica justamente en el cinturón de fuego, donde existe una gran cantidad de volcanes.

## 1.2. Actividad volcánica y sísmica en Chile

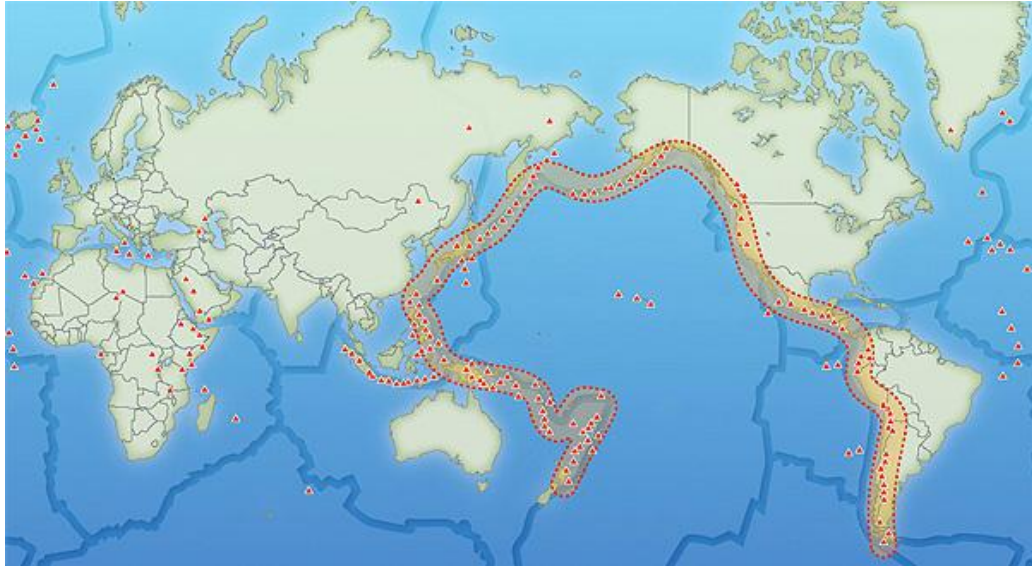


Figura 1: Cinturón de fuego del pacifico (Energía andina, 2016).

Un especial de volcanes entregado por el diario nacional “El mercurio online” más conocido como EMOL, recopiló información del SERNAGEOMIN y Servicio de Sismología por la Universidad de Chile, donde indica que nuestro país cuenta con alrededor de 3.000 volcanes, de los cuales, 90 de ellos se encuentran activos en un ranking realizado el año 2015.

A su vez, el país cuenta con una gran actividad sísmica, el más sísmico según la Revista Anales y el Centro Sismológico Nacional (CSN), ambos de la Universidad de Chile. Esta alta sismicidad, lo que provoca, es que su potencial geotérmico se eleve de gran manera en comparación con otros países pertenecientes a este mencionado cinturón y cuando hablamos de potencial geotérmico se refiere a la capacidad calórica que se llega a alcanzar, más bien el calor in situ.

### 1.3. Estructura de la tierra

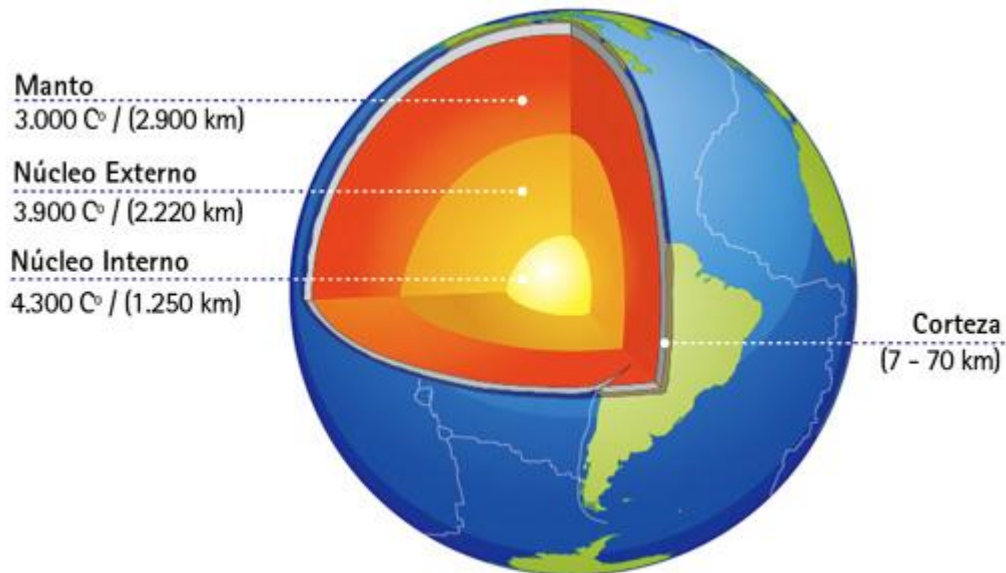


Figura 2: Estructura de la tierra (Energía andina, 2016).

En la imagen anterior se ve como la tierra está compuesta, inicialmente, por cuatro distintas capas; la más profunda es el núcleo interno la cual llega a 4.300 °C luego se encuentra el núcleo externo, manto y finalmente la corteza, la capa que tiene contacto con la atmosfera, se puede observar que mientras más profunda sea esta capa más temperatura se encontrará en ellas.

La corteza terrestre se encuentra entre los 5 y 70 km de profundidad, entre esta capa y el exterior, se encuentra el suelo, capa en la cual se trabaja la geotermia. En dicha zona se encuentran las temperaturas necesarias y suficientes que varían desde los 10 a 20 °C pudiendo alcanzar los 300°C y hasta los 1.000 °C dependiendo de la profundidad. Es importante mencionar, que es en esta capa donde se logra llegar a la estabilidad térmica.

#### 1.4. Estructura del suelo

El suelo entre los primeros 15 y 40 metros de profundidad recibe calor de dos sentidos diferentes, el primero es de las capas inferiores; corteza terrestre, y el segundo es del exterior; el sol y el calor de la atmósfera. Más abajo, la temperatura alcanzada, no depende de los distintos cambios estacionales del exterior, si no, va variando principalmente por la profundidad que se logra, el lugar; si se encuentra cercano a volcanes, rocas o aguas termales. Estos factores, son principalmente los que determinan la temperatura en la profundidad.

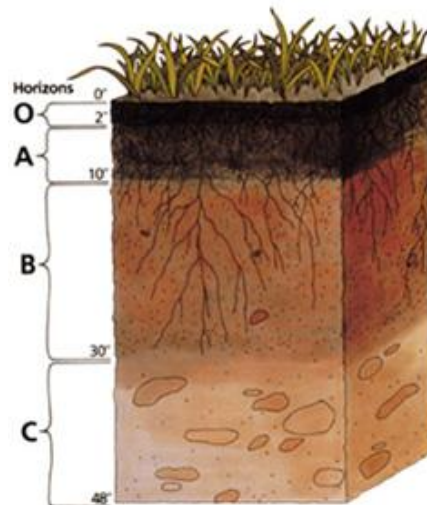


Figura 3: Perfil del suelo (USDA, Natural Resources Conservation Service, 2016)

Como se muestra en la imagen anterior del suelo, primero se encuentra la materia orgánica definida por la letra "O" que es la última capa terrestre de nuestro planeta y es la que tiene contacto con el exterior, luego el suelo "A", por debajo de este, el subsuelo "B" y finalmente el material geológico inalterado fijada en la imagen anterior por la letra "C", esta capa es conocida mayormente por "la roca madre".

## **1.5. Gradientes y temperaturas de la tierra**

A la variación de temperaturas por unidad de distancia, se le llama gradiente térmico. En el exterior de la tierra, luego de la corteza terrestre viene la atmosfera, y es aquí donde la temperatura del aire disminuye a medida que aumenta su altura, esto es a que la temperatura del sol y la atmosfera se almacenan en el interior de la tierra.

A diferencia de lo mencionado anteriormente, en el interior de la tierra es todo lo contrario, el subsuelo está incesantemente en intercambio térmico con la atmósfera y el sol, el contacto con estas variantes hace que la diferencia de temperaturas sea grande, las máximas de hasta 35°C y mínimas de 0°C del exterior provocan que la temperatura del terreno no sea constante en profundidades menores a los 10 metros.

El gradiente geotérmico es la tasa de incremento de la temperatura por unidad de profundidad existente en la Tierra. Si bien el gradiente geotermal varía entre un lugar y otro, generalmente oscila entre 25 y 30 °C/km. Los gradientes geotérmicos a veces aumentan de manera considerable alrededor de las áreas volcánicas. Es particularmente importante para los ingenieros de fluidos de perforación, conocer el gradiente geotérmico en el área cuando diseñan un pozo profundo (Glossary oilfield, Schlumberger, 2016).

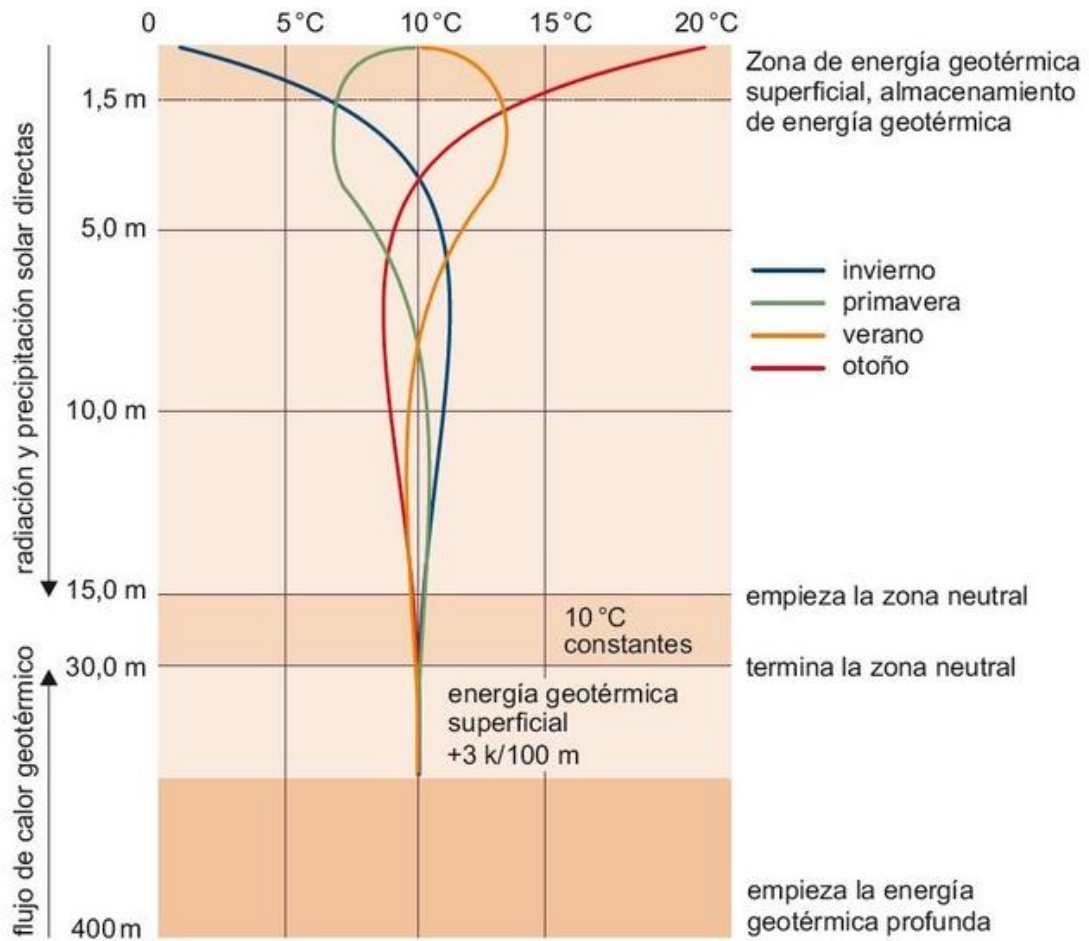


Figura 4: Distribución natural de la temperatura en la capa cercana a la superficie a más profundidad (Dena Energy Efficiency Award 2013)

En la imagen anterior se ve como a una profundidad de 15 a 30 metros no importa el mes del año o temperatura exterior existente, la temperatura alcanzada se mantiene constante en el terreno, esta permanece cerca de los 10°C inicialmente en Santiago, mediante el cálculo de gradiente geotérmico del glosario de yacimientos petroleros (Glossary Oilfield, 2016), al alcanzar los 50 metros se llega a temperaturas de entre 16 y 17°C, los cuales van aumentando entre 2 a 3°C por cada 100 metros de profundidad.

## **1.6. Energía limpia**

Ninguna instalación que emplee energía geotérmica precisa quemar combustible, por consiguiente, no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Estas instalaciones solo consumen energía eléctrica para el funcionamiento de los compresores eléctricos, de las bombas de circulación y de los ventiladores del interior del recinto. (Guía de la energía geotérmica p.35, 2008)

Además de no generar CO<sub>2</sub> y utilizar la mínima energía eléctrica como lo menciona anteriormente la guía de la geotermia de España, esta energía otorga aire limpio dentro de la vivienda, lo que repercute también en un día a día más sano, mejorando constantemente la calidad del aire del medio ambiente. La utilización de energías fósiles produce a su vez y en consecuencia de los contaminantes, enfermedades respiratorias, por lo que bajar su consumo para poder aumentar el de una energía que logra renovar y recuperar aire, dejándolo de forma oportuna, beneficia nuestro entorno y nuestra salud.

## **1.7. Ley geotérmica en Chile**

En nuestro país no existe ninguna ley asociada a la utilización de energía geotérmica para la climatización, solo la ley 19.657 publicada el año 2000, la “Ley sobre concesiones de energía geotérmica” que promueve la exploración y explotación de recursos geotérmicos por parte de las empresas privadas, estas son mayormente enfocadas a la generación de energía eléctrica mediante alta entalpía, lo que hace que no tenga relación con este estudio, debido a las altas temperaturas y estudios previos que estas necesitan.

Estas exploraciones y explotaciones se asignan por el ministerio de energía y según este ministerio existen actualmente 32 concesiones de exploración vigentes y 9 registros de explotación geotérmica hasta Diciembre 2016 en nuestro país.

### **1.8. Sustentable y sostenible**

Sustentabilidad se define como algo que puede sostenerse por sí mismo y con razones propias, mientras que sostenible es algo que se puede mantener por sí mismo durante largo tiempo gracias a las condiciones económicas, sociales y ambientales sin afectar los recursos (RAE).

Existe un gran debate por la utilización de estas palabras, a simple vista parecen sinónimos, si bien apuntan a lo mismo; ambas son proyectadas a futuro y son interdependientes, sustentable abarca aspectos internos de un sistema, mientras que sostenible los aspectos externos.

Dichos términos (sostenibilidad y sustentabilidad), también tienen un tema geográfico, ya que en América se utiliza mayormente el término sustentable mientras que en Europa se utiliza sostenible, no obstante existen reportes sustentables y memorias sostenibles, distintos nombres pero formados con los mismos documentos e información, lo que hace a estos términos sinónimos absolutos internacionalmente.

### **1.9. Desarrollo sostenible**

La comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo se conformó en 1984 por distintas naciones con el fin de establecer un futuro progresivo, justo y seguro considerando que el avance de las políticas de desarrollo económico actual se realiza mediante un costo medioambiental alto.



Dicha comisión lanzó el informe “Our Common Future” en 1987, donde plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales, y es en este artículo donde se define el concepto de desarrollo sostenible (Ayto Toledo, 2016)

Desarrollo sostenible es la capacidad de garantizar necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Our Common Future, 1987)

Este desarrollo sostenible centra su atención en mejoras de; la población y recursos humanos, alimentación, especies y ecosistemas, energía, industria y en el reto urbano, existen importantes progresos en ellas y muchos de estos se encuentran al alcance de nosotros y nuestro país.

En el ámbito de energía, apunta al rápido crecimiento de esta, y lo ideal de la reducción del consumo de energías no renovables, ya que son las más utilizadas pero más dañinas, esto se mitiga compensando la demanda de energías fósiles por renovables.



Figura 5: Componentes de desarrollo sostenible (Informe Brundtland, 1987).

En la imagen anterior se aprecia el vínculo que hay entre la economía, la sociedad y el medio ambiente con lo sostenible, donde la energía geotérmica se ajusta de excelente manera al hablar a grandes rasgos.

Primero, viendo el punto de vista medio ambiental; ya que emite menos contaminantes que las energías fósiles y mejora la calidad de aire en el interior de una vivienda. Segundo, crea una disminución en la cantidad de métodos de climatización, además de la disminución en el requerimiento de energía eléctrica, ya que se compensa con el aporte de la energía geotérmica, por ende produce ahorros en el punto de vista económico y por último, es adaptable a toda edificación sin restricciones ni limitación si se ve socialmente.

#### **1.10. Geotermia en nuestro país**

Al hablar de energía geotérmica para climatizar esta se refiere a una energía sostenible, natural e inagotable en el tiempo, con múltiples beneficios entregados por la corteza terrestre y la situación geográfica en donde se encuentra nuestro país, además de existir actualmente un importante y permanente progreso en el enfoque de este tipo de energías renovables no convencionales.

Al hablar de años anteriores, en el mundo existe desde hace ya 33 años una orientación puntual de la geotermia en donde se espera constantemente lograr principalmente que sea una energía más conocida y utilizada, con comisiones organizadas a estas incesantes mejorías.

En nuestro país, si bien, hubo algunos estudios en 1922 en Antofagasta por una colonia italiana, en 1968 – 1976 en la zona Norte (geiser del Tatio) principalmente guiado por la CORFO, todo se vio paralizado hasta el año 1995 donde la Universidad de Chile se dedicó de lleno a la investigación de esta área, aun con estos anticipados estudios no existe un conocimiento completo ni el aprovechamiento debido de la geotermia en nuestro país. (CEGA, 2016)

Específicamente en climatización mediante geotermia aún estamos lejos, ya que existen muy pocos proyectos llevados a la práctica, la mayor razón es por la poca o nula información que se tiene sobre ella. Educando más a la población de las ventajas que se obtienen, ya sea mejor calidad de aire, simplificación de métodos en climatización, ahorro en energía mediante otros climatizadores, que es lo que se desea comprobar en esta investigación esta energía iría en notorio aumento día a día.

### **1.11. Temperatura comfortable**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de Barcelona expresa que existe confort térmico cuando las personas no experimentan sensación de calor ni de frío; es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan.

Mientras que en la norma ISO 7730 se define como confort térmico a esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico.

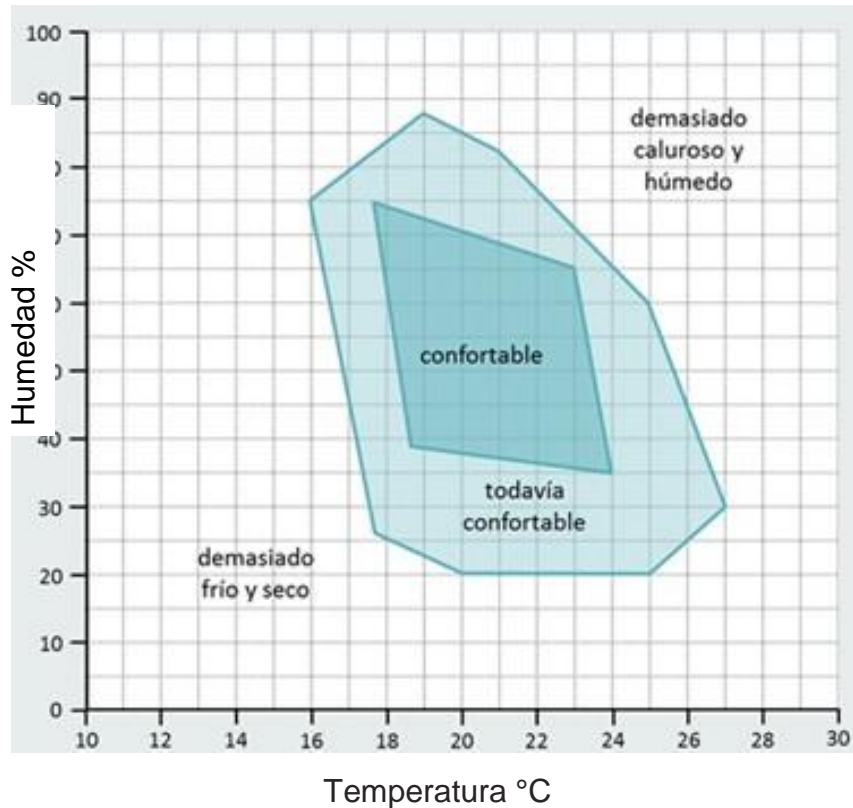


Figura 6: Confort térmico. (Portal de eficiencia energética y sostenibilidad Arquitectura y energía, 2016).

La imagen anterior muestra los límites de temperatura y humedad para el confort térmico, si bien su valor es subjetivo, este valor depende tanto de factores físicos del ambiente como de factores secundarios, siendo los factores físicos, principalmente, la temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad y la velocidad del aire, mientras que los factores secundarios son la tasa de metabolismo y la vestimenta, entre otros. En la imagen anterior el rango de temperatura para un confort térmico va entre los 19 y 23 °C. Se considera que los 20 °C es la temperatura esperada dentro de la edificación, con humedad relativa entre los valores de 40 y 70 %.

## 2. Capítulo II: “Energías en el mundo y nuestro país: tipos y consumo”

### 2.1. Tipos de energías

De las múltiples energías existentes, estas se dividen en 2 grandes grupos;

2.1.1. **Energías No renovables:** Las que se adquieren mediante recursos naturales limitados, mayormente hablamos de energías fósiles, las más utilizadas en el mundo y en nuestro país son:

- Gas natural
- Petróleo
- Carbón

Según un reporte mundial de “Renewable global status” del 2016, la participación estimada de energía renovable en la producción de electricidad a nivel mundial hasta fines del año 2015 se distribuye como se muestra a continuación;

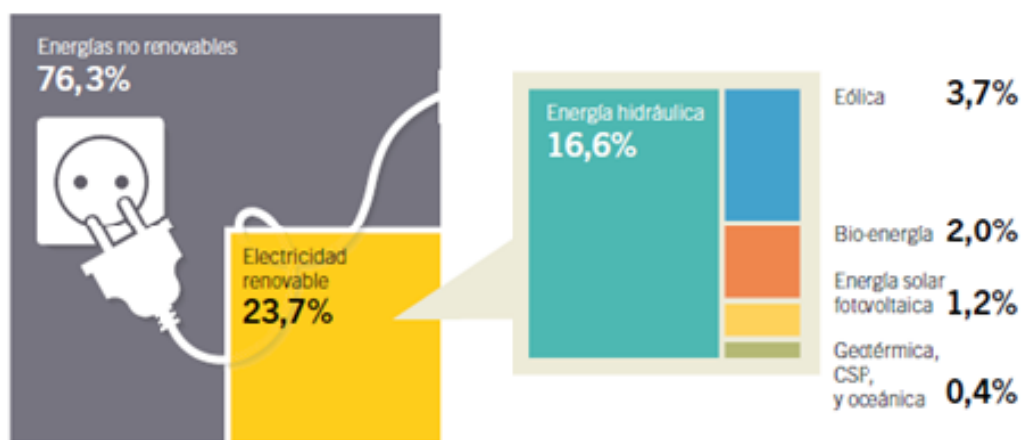


Figura 7: Participación de energía renovable en la producción de electricidad (Ren21, 2016)

Por otro lado el mismo reporte detalla la cuota estimada de energía renovable en el consumo mundial final de energía en la siguiente imagen:

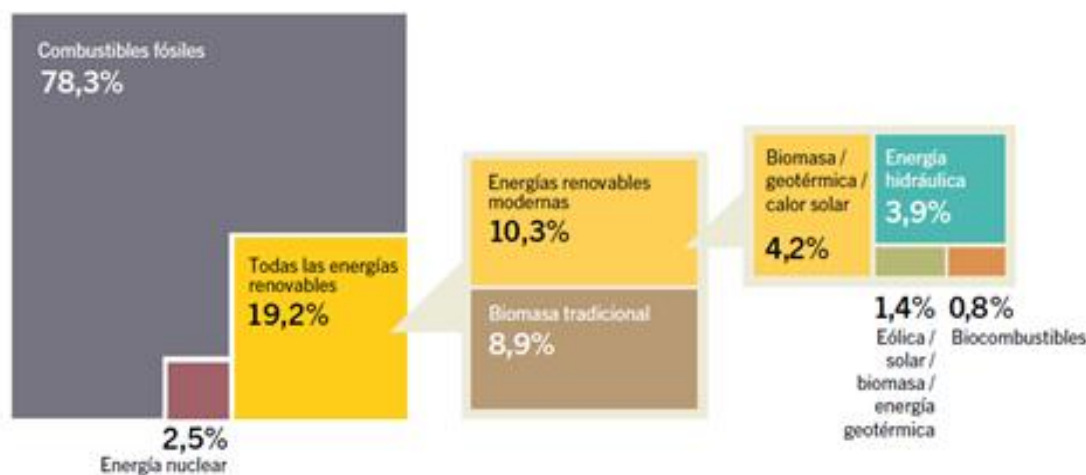


Figura 8: Distribución del consumo mundial final de energías (Ren21, 2016)

La suma total no corresponde al total de los porcentajes debido al redondeo de los porcentajes.

Ambas imágenes muestran el alto consumo de energías fósiles tanto para la utilización de electricidad como para el consumo mundial final de otras energías, las energías renovables mundialmente se ven ampliamente superadas en comparación con las energías no renovables.

Las energías fósiles no solo son agotables, sino también altamente contaminantes, generando productos sumamente dañinos para nuestra salud.

El consumo y transformación de estas son los principales creadores del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los cuales dan origen al calentamiento global y la contaminación atmosférica hablando en medio ambiente, mientras que puede llegar a provocar bronquitis asmática, insuficiencia cardiaca y enfermedades pulmonares, entre otros, los cuales nos afectan de manera directa a todos nosotros.

Es importante mencionar, que el debate sobre el calentamiento global sigue abierto, si bien, científicos certifican que se debe a las emisiones de contaminantes, otros dicen que solo se debe a reajustes normales y periódicos.

2.1.2. **Energías Renovables:** Las conseguidas con fuentes naturales e inagotables, las más explotadas en nuestro país son :

- Hidráulica
- Eólica
- Solar

Si bien estas tres son las más conocidas y utilizadas en Chile, es necesario nombrar el resto de las energías existentes; energía mareomotriz, energía geotérmica y la biomasa.

La comisión nacional de energías define que las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten.

2.1.2.1. **Energía renovables convencionales:** Dentro de las convencionales, la más importante es la hidráulica a gran escala

2.1.2.2. **Energías renovables no convencionales:** En Chile se define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a la eólica, la pequeña hidroeléctrica (centrales hasta 20 MW), la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y la energía de los mares.

## 2.2. Consumos en nuestro país

Nuestro país no se diferencia del todo a este reporte mundial, ya que hasta el 2013 se tiene que un 95,1% de la capacidad instalada de energías renovables es energía convencional según el centro de energías renovables (CER) y del total de los proyectos ERNC declarados en construcción durante los últimos 10 años, el 65% de estos fueron declarados entre los años 2014 y 2015, mostrando el gran incremento en los últimos años.

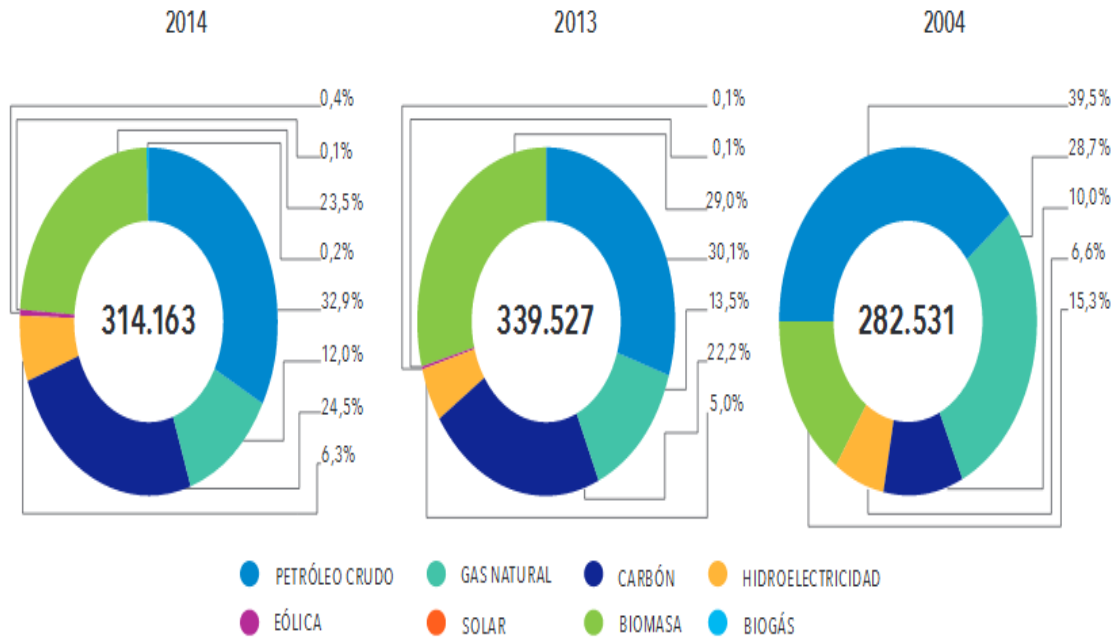


Figura 9: Oferta total de energía primaria en Chile en TCal (Anuario estadístico de energía, 2015).

Específicamente en el gráfico anterior, se muestra el total de oferta de energía en nuestro país desde el año 2004 hasta el año 2014, siendo el petróleo la energía primaria más grande y con mayor capacidad a disposición.



El petróleo no lidera solo en las energías fósiles, sino en todas las energías utilizadas, de un total de 314.163 TCal, el petróleo posee el 32,9% del total. Otro síntesis que se logra del gráfico, es la apreciación de las nuevas energías, las energías renovables no convencionales, donde la principal aparición y la cual va en aumento cada año con más fuerza es la energía solar.

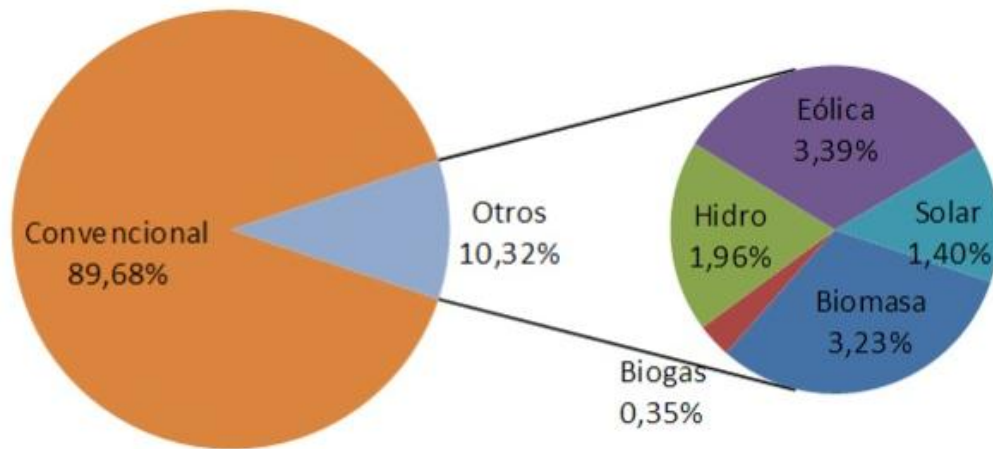


Figura 10: Aporte de ERNC al mercado eléctrico (Centro de energías, 2015).

Como muestra la imagen anterior, del total aporte de las energías renovables al mercado eléctrico, las energías renovables no convencionales (ERNC) aportan con solo un 10,32% en Chile, de las cuales la eólica tiene la mayor capacidad instalada con un 3,39% hasta Julio del 2015. Es importante considerar que la utilización de nuevas energías renovables no convencionales ha ido en aumento en la actualidad.

En el Anuario Estadístico de Energía del periodo 2005–2015, se entrega una información extendida y diversa, recopilada por la comisión nacional de energía, la cual se separa en grandes grupos mediante el consumo sectorial estimando su uso final. A continuación se nombran de mayor a menor consumo en nuestro país.

- Consumo del sector transporte.
- Consumo del sector industrial.
- consumo del sector minero.
- Consumo del sector residencial.
- consumo del sector comercial y público.
- consumo propio de sector energía.

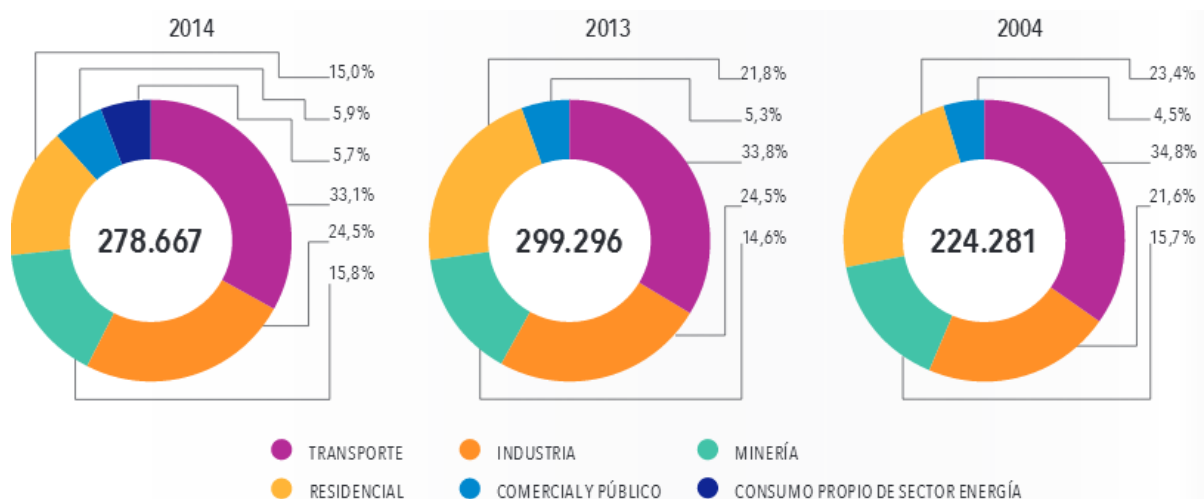


Figura 11: Total del consumo final por sector en Chile en Tcal (Anuario estadístico de energía, 2015).

De un total de 278.667 Tcal que se consumió en el año 2014, el sector residencial, alcanzó el 15% del total, lo que equivale a 41.800 Tcal, un 6,8% inferior al año anterior, además de ser el que tiene mayor baja en los últimos años respecto a los otros consumos mencionados. Hay que tener en cuenta que la gente está prefiriendo invertir en otras energías, siendo la residencial, ni primordial, ni esencial para los habitantes de nuestro país.



En el Lanzamiento de la Estrategia Nacional de Energía, del 28 de febrero de 2012, Sebastián Piñera Echenique, Presidente de la República de ese año, se refirió a la problemática existente a cerca de las energías, y el señaló que:

“Debemos hacer de Chile un país eficiente en materia energética. Hoy día desperdiciamos mucha energía. Y la energía más económica, la energía más limpia, la energía más segura, es la energía que dejamos de perder, asumiendo una cultura de eficiencia energética. Crecer con eficiencia energética significa cambiar el rumbo del crecimiento.

La medida más importante en materia de eficiencia energética es cambiar la cultura de los chilenos, y darnos cuenta que ya no podemos seguir utilizando la energía como si fuera infinita. Debemos hacer de Chile un país con una verdadera cultura de utilización eficiente y racional de nuestros recursos”.

### **3. Capítulo III: “Características del emplazamiento y elección de recinto**

#### **3.1. Demografía y estado de la población**

##### **3.1.1. Distribución territorial**

Chile posee un total de 75.667.156 (ha), de los cuales un 0,5% de superficie tiene un tipo de uso industrial y áreas urbanas lo que corresponde a 381.962 (ha), el resto se divide en terrenos agrícolas, praderas y matorrales, bosques, humedales, áreas desprovistas de vegetación, nieves, glaciares y otros; cuerpos de agua y áreas no reconocidas. Específicamente en la región metropolitana existe un total de 1.539.631,7 (ha) de los cuales 134.760,5 (ha) son de áreas urbanas e industriales, esto corresponde a un 2% del total (CONAF, 2015).

Esto nos dice que el país posee, considerablemente, más terreno libre de urbanización, lo que a primera vista se puede deducir que al ocupar la gran cantidad de recursos naturales que tenemos y de la mejor manera puede lograr la disminución de energías fósiles y con esto reducir, específicamente el impacto en el medioambiente que se ha generado. Al utilizar la geotermia solo se ocupa la energía interior de la tierra y no atenta sobre ella, además existen distintos métodos de los cuales se selecciona el más adecuado al terreno disponible y las necesidades de este. Cuando se habla de climatizar una vivienda urbana es preferible utilizar la geotermia, ya que toda edificación debe tener apoyo sobre el terreno donde este a su vez posee profundidad.

### **3.1.2. Estadística poblacional**

En nuestro país se estima una población proyectada por el censo del 1952 al 2002 de 18.006.407 habitantes hasta el año 2015, que se dividen en las que habitan en sectores urbanos y rurales. En los sectores urbanos es en donde se concentra la mayor cantidad de estos, llegando al 87,4% que corresponde a 15.729.803 de ocupantes siendo el resto del área rural; un 12,6% y 2.276.604 personas. La Región Metropolitana alcanza una proyección de 7.314.176 habitantes, llegando a ser la región con más habitantes (INE)

Si bien existe mayor superficie libre de urbanización alcanzando un 99,5%, la mayor concentración de gente se sitúa en las zonas urbanas, esta es cuantiosamente mayor a las rurales, por lo tanto esta energía será mejor y mayormente aprovechada en zonas urbanas. Con estos factores se puede concluir que el estudio donde se aprovecha de mejor manera en nuestro país es en la Región Metropolitana, aquí es donde se espera que los elementos existentes si bien condicionan los métodos, estos logren cumplir con los requerimientos básicos de la climatización y así cubrir todas las necesidades de manera natural, con fuentes inagotables y de forma que genere menor impacto visual con el reducido espacio a disposición de la mayoría de los habitantes.

### **3.1.3. Densidad poblacional**

Se tiene una densidad total en la Región Metropolitana de 474,8 hab/km<sup>2</sup> (INE, 2015) siendo esta la mayor densidad de nuestro país. Existen comunas de esta Región donde la densidad aumenta en comparación con otras. En el sector sur de Santiago es donde existe mayor densidad poblacional. Comunas como San Ramón, Lo Espejo, La Granja, son algunas de las que alcanzan los 13.000 hab/km<sup>2</sup> aproximadamente cada una y la zona donde existe menor densidad es

la ubicación nororiente de Santiago, comunas como Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, donde existe entre 2.000 y 3.000 hab/km<sup>2</sup> aproximadamente en cada una de ellas.

El sector sur no solo posee diferencia de densidades si no también nivel socioeconómico bajo, la comuna de Puente Alto alcanza las mayores cifras en porcentajes de personas en situación de pobreza por ingresos, llegando a un 14,6% de un total de 583.471 personas, según la encuesta CASEN y el Ministerio de desarrollo social.

Si bien no se profundiza en costos económicos, la geotermia genera ahorro en la cantidad de energía, ya que un porcentaje no menor lo proporciona directamente la tierra, generando a su vez un ahorro monetario beneficiando a la población.

### **3.2. Emplazamiento**

La geotermia es una forma de aprovechar las propiedades del terreno. Primero, de los variados métodos existentes para la extracción de la energía geotérmica, el método seleccionado debe adecuarse a la zona de estudio para que este, a su vez, logre aprovechar de la mejor manera los distintos recursos a disposición.

Se buscó un sector para localizar el estudio con las siguientes características; sector urbano, alta densidad de población en la zona, disponibilidad de poco espacio libre de construcción (jardín), con ingresos promedios bajos, extremas de temperaturas altas y altos niveles de contaminación. Esto para que en la zona existan las mayores dificultades y así se visualice de mejor manera los beneficios que entrega esta climatización, destacando como producto final, aportes tanto en la zona como el recinto.

En consecuencia, la comuna de Puente Alto es la que posee todos los factores necesarios en nuestro país, esto es principalmente para justificar así, de mejor manera tanto el diseño como la finalidad de este.

El estudio está enfocado en sectores donde no existe gran cantidad de terreno libre. Es errado pensar, que al no disponer de estos terrenos, la energía geotérmica no sería viable o factible. El calor que nos brinda la tierra no solo depende de la cantidad de metros cuadrados sobre la superficie terrestre, sino que también se logra sacar gran provecho de la geotermia en las profundidades de la tierra, la presencia de pozos, lagos, ríos entre otros.

### **3.3. Edificación de estudio**

Primero, edificación se conoce principalmente como a toda construcción resistente y cerrada, realizada para alguna actividad humana. Para este caso, la edificación en estudio es un recinto tipo sala común o sala multiuso, no destinada a ser permanentemente habitada, ya que cuenta con un baño de 2,43 m<sup>2</sup> y el resto del espacio es una sola habitación común. Este espacio equivale a 25 m<sup>2</sup> y está designado a reuniones, encuentros, juegos y distintas series de actividades y talleres. En total se habla de una superficie de 27,43 m<sup>2</sup>, la cual se encuentra estructurada en madera sobre radier y cuenta con resistencia al fuego, resistencia acústica y acondicionamiento térmico.



### 3.4. Características

La sala evaluada cuenta con 4 ventanas; una en cada muro, más la ventana del baño, dos puertas; la de acceso, orientada hacia el poniente y la del baño. Como se ubica en un sector urbano, el terreno total a disposición, no supera los 72 m<sup>2</sup> que a su vez cuenta de poco terreno disponible, llámese jardín o superficie libre de construcción, el circuito debe adecuarse al sector y espacio para aprovechar de mejor manera posible esta energía.

### 3.5. Distribución

El terreno se distribuye de la siguiente manera:

- Sala multiuso: 27,43 m<sup>2</sup>
- Estacionamiento: 15 m<sup>2</sup>
- Total terreno libre: 31 m<sup>2</sup>
- Total terreno: 72 m<sup>2</sup>

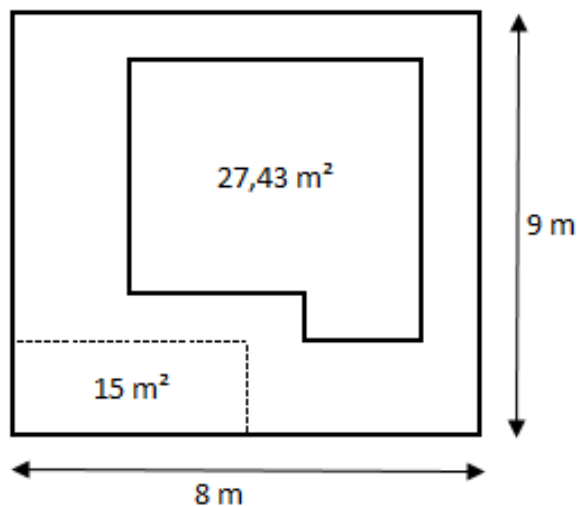


Figura 13: Distribución del terreno disponible (Elaboración propia).

Al ser un espacio para recreación y diversas actividades tanto artísticas como sociales, se considera de un estacionamiento dentro del terreno, para la persona que se encarga de administrar dicho espacio, para el profesor de alguna clase, monitor, encargado del sitio, etc. El resto de personas que realizarán las actividades son transitorias, y al ser actividades recreativas o para distintas reuniones, se espera que estas sean de lugares cercanos a la comuna o perteneciente a ella.

Los 31 m<sup>2</sup> libres, se refieren a libres de construcción y cubren todo el perímetro de la sala multiuso, quedando pasillos de a lo menos un metro aproximadamente entre los cuatro muros del recinto y el contorno del terreno total.

### 3.6. Ocupación

DESTINO	M2 X PERSONA
<b>VIVIENDA (SUPERFICIE ÚTIL):</b>	
UNIDADES DE HASTA 60 M2	15,0
UNIDADES DE MÁS DE 60 M2 HASTA 140 M2	20,0
UNIDADES DE MÁS DE 140 M2	30,0
<b>OFICINAS (SUPERFICIE ÚTIL):</b>	10,0
<b>COMERCIO (LOCALES EN GENERAL) :</b>	
SALAS DE VENTA NIVELES -1, 1 Y 2	3,0
SALAS DE VENTA EN OTROS PISOS	5,0
SUPERMERCADOS (ÁREA DE PÚBLICO)	3,0
SUPERMERCADOS (TRASTIENDA)	15,0
MERCADOS Y FERIAS (ÁREA DE PÚBLICO)	1,0
MERCADOS Y FERIAS (PUESTOS DE VENTA)	4,0
<b>COMERCIO (MALLS) :</b>	
LOCALES COMERCIALES, EN NIVELES CON ACCESO EXTERIOR	10,0
PASILLOS ENTRE LOCALES, EN NIVELES CON ACCESO EXTERIOR	5,0
LOCALES COMERCIALES, OTROS NIVELES	14,0
PASILLOS ENTRE LOCALES, OTROS NIVELES	7,0
PATIOS DE COMIDA Y OTRAS ÁREAS COMUNES CON MESAS	1,0
<b>EDUCACIÓN:</b>	
SALONES, AUDITORIOS	0,5
SALAS DE USO MÚLTIPLE, CASINO	1,0
SALAS DE CLASE	1,5
CAMARINES, GIMNASIOS	4,0
TALLERES, LABORATORIOS, BIBLIOTECAS	5,0
OFICINAS ADMINISTRATIVAS	7,0
COCINA	15,0

Tabla 1: Carga de ocupación. Artículo 4.2.4. Ordenanza general de urbanismo y construcciones.

En la tabla anterior se muestra la carga ocupacional por cada recinto según la Organización General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), artículo 4.2.4. Para el caso de la sala de uso múltiple, muestra que por cada metro cuadrado de uso del recinto, su carga de ocupación será de 1 persona.

- Sala multiuso: 25m<sup>2</sup>
- Carga ocupacional total sala multiuso: 25 personas

Esta tabla nos da la carga ocupacional máxima de personas que puede permanecer el recinto, en reuniones y encuentros se llega a un tope de 25 personas idealmente sentadas. Para otras actividades físicas, de tipo móviles, donde sea necesario que los ocupantes utilicen más de un metro cuadrado por persona o espacios transitorios, el número se reduce. No es lo mismo utilizar el espacio sentados, que utilizarlo para alguna otra actividad que requiera de movilidad para su realización o algún elemento extra, hablamos de actividades como Yoga, Pilates u otras actividades móviles artísticas como baile, manualidades, etc. Para este caso se habla de una sala de clases; 1,5 m<sup>2</sup> por persona.

- Carga ocupacional total sala de clases: 16 personas

Para este caso podemos trabajar con 25 personas sin movimientos o 16 personas en movimiento leves, básicamente depende de la actividad que se plantee. Para efectos de esta investigación, se utiliza la ocupación de 25 personas para facilitar los próximos cálculos del estudio.

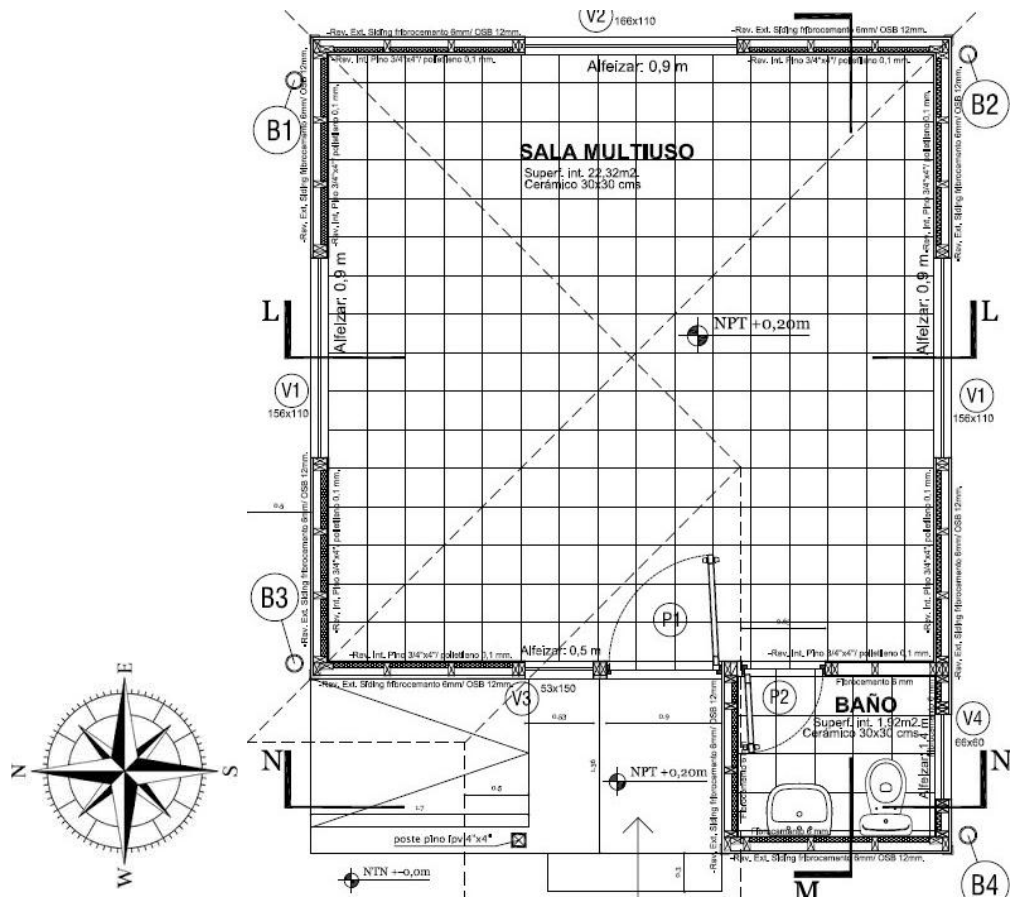


Figura 14: Planta sala multiuso (Planos).

En este estudio se utilizan las mismas dimensiones especificadas en los planos y la mayoría de los materiales establecidos en las especificaciones técnicas (ANEXO 1 y ANEXO 2; respectivamente) para la sala de uso múltiple se considera una modificación en la envolvente, en vez de ser el revestimiento de fibrocemento en los muros y tabiquería de madera, esta es de albañilería, poliestireno expandido y placa de yeso cartón.

MURO	ESPESOR (cm)
Albañilería	15
Poliestireno	1
Yeso-cartón	1

Tabla 2: Materialidad de muro y su espesor.

Por otro lado la orientación y emplazamiento son los que cambian completamente, dejando como lado Norte del recinto la parte izquierda de la imagen anterior y como se menciona anteriormente, esta sala se ubica en la Región Metropolitana, específicamente comuna de Puente Alto.

### **3.7. Zonificación térmica**

El estudio se emplaza específicamente en la comuna de Puente Alto, ubicada al suroriente de la Región Metropolitana, comuna la cual se encuentra en dos tipos de zonas distintos, zona 3 y zona 5. Estas zonas se encuentran aprobadas por resoluciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Nuestro país se divide en 7 zonas diferentes, en donde las reglamentaciones térmicas para cada una de las zonas son distintas, estas dependen y varían según cambien las temperaturas exteriores del recinto y su comportamiento térmico. De las dos mencionadas para la comuna, se utilizara la zona 3, que posee alturas entre 750 y 1.000 msnm. Y por ende reglamentaciones menos exigentes que las de la zona 5. La zonificación térmica correspondiente a la Región Metropolitana se detalla en el ANEXO 3.

Dentro de estas zonas se consideran 2 tipos de climas A y B, para el caso de la zona 3 se considera clima A, ya que el B es para localidades cuya altura es mayor a 1.800 msnm.

### 3.8. Localización

Puente alto se localiza geográficamente alrededor de 33° 37' latitud Sur y 70° 35' latitud Oeste (coordenadas Geohack)



Figura 15: Ubicación comuna Puente Alto (Elaboración propia).

Esta comuna además de ser la más poblada de nuestro país con 583.471 habitantes. Posee una superficie total de 88,2 km<sup>2</sup> siendo la más grande del sector suroriental (Censo, 2012).

### 3.9. Superficie

Según estimaciones desarrolladas por el departamento de planificación territorial de SECPLAC (Secretaría de planificaciones comunal), dice que; de un total de 88,2 km<sup>2</sup>, el 36,2% corresponde al territorio ocupado por los actuales emplazamientos urbanos, los 63,8% restantes se divide en:

- 25,9% corresponde a zonas cordillera, cerros, islas y a pozos de extracción de áridos, cuyas características topográficas no permiten el desarrollo de asentamientos urbanos.
- 14,1% corresponden a faldeos cordilleranos de pendientes moderadas en los cuales es posible desarrollar algún tipo de asentamiento pero con ciertas restricciones, que garanticen tanto la protección del medio natural como la de los residentes.
- 6,6% son terrenos destinados al uso industrial.
- 17,2% de superficie potencialmente urbanizable.

Con esta información se deduce que dentro de la comuna este tipo de climatización geotérmica se puede desarrollar en aproximadamente más de la mitad del terreno total de la comuna. En el ANEXO 4, se detalla el grafico correspondiente a la planificación territorial de Puente Alto.

### **3.10. Aspectos climáticos**

Según datos climáticos mundiales recopilados desde 1982 hasta el año 2012 de Climate-data, Puente Alto tiene una temperatura media anual de 14,2°C con precipitaciones de 478 mm al año.

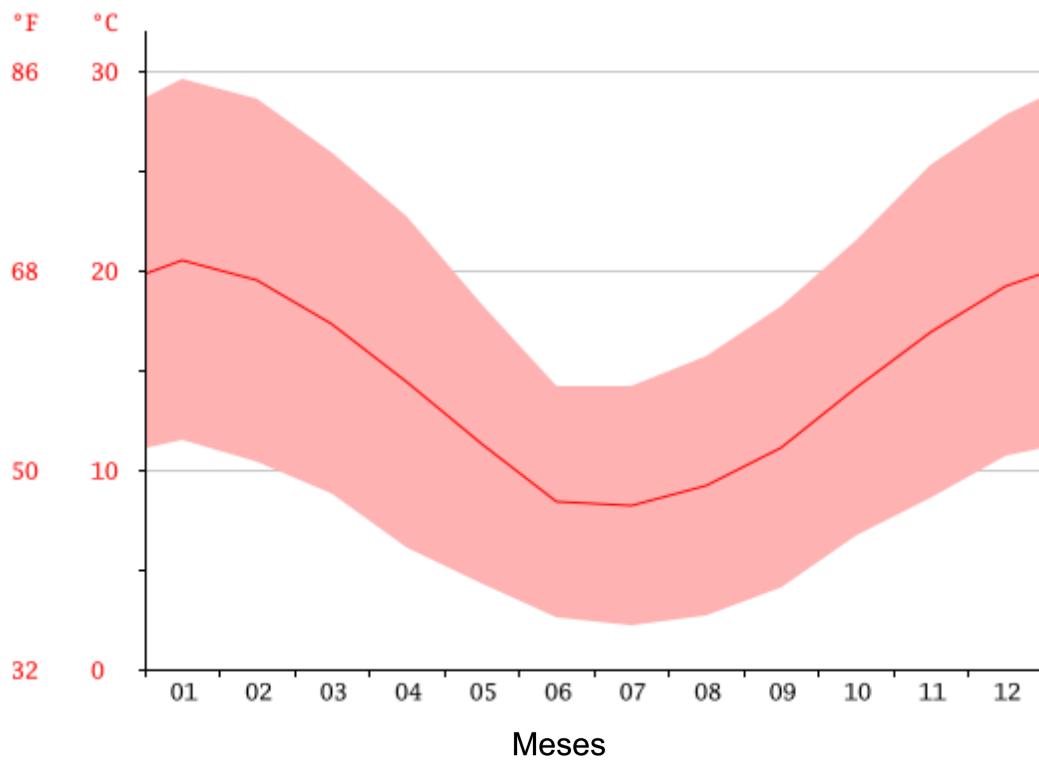


Figura 16: Diagrama de temperatura Puente Alto (Climate-data 2012).

Según el diagrama anterior, puente alto cuenta con temperaturas máximas promedio en los meses de Enero y Julio, estas temperaturas logran alcanzar los 21,1 °C y 8,3 °C respectivamente, siendo Enero el mes con más calor y Julio el mes más frío del año con las temperaturas más bajas. Las mínimas y máximas alcanzadas específicamente en Santiago han llegado a los -4°C y hasta los 37°C respectivamente.



## **4. Capítulo IV: “Método y sistemas geotérmicos”**

### **4.1. Clasificación:**

Existen varios métodos para la extracción de la energía geotérmica, primero, se clasifican según la captación de temperaturas necesarias para su distinta utilización. Cuando se habla de entalpía, se refiere, simplemente a la temperatura, que a su vez es proporcional con la profundidad. Mientras se llegue a más profundidad, mayor será la temperatura alcanzada. Esta primera clasificación en sistemas geotérmicos se divide en 3 tipos:

#### **4.1.1. Sistemas con alta entalpía:**

Cuando hablamos de temperaturas mayores a 150°C y a su vez grandes profundidades, llegando a alcanzar los 10 km, la cual llega a generar fácilmente electricidad industrial. Este tipo de energía necesita un gran estudio previo y condiciones para trabajar en el terreno, esta instalación obtiene vapor en la superficie la cual mediante turbinas genera electricidad.

#### **4.1.2. Sistemas con media entalpía:**

Requiere de temperaturas entre los 150 y 50°C y profundidades de hasta 1 km, la que llega a producir distintas energías como electricidad para un edificio pero con rendimientos más bajos que la mencionada anteriormente.

#### **4.1.3. Sistemas con baja entalpía:**

Cuando se habla de temperaturas entre los 10 y 30°C con profundidades de 2 metros, si se mantiene estable hasta 300 metros, esta se utiliza, principalmente para climatizar viviendas o calentar agua para uso doméstico.

Con esta primera clasificación, esta investigación se profundiza sobre el sistema de baja entalpía. Principalmente, porque la temperatura que se necesita es menor y por ende su profundidad también, lo que reduce los costos en tiempo, al no necesitar grades estudios previos para alcanzar áreas con alto potencial geotérmico. La baja entalpía se logra alcanzar fácilmente en los terrenos urbanizados, al tener menores exigencias, valores de profundidad y temperatura en comparación con las otras.

A esta última clasificación de sistema se integran las bombas geotérmicas, por las características ya mencionadas y la necesidad de elevar la energía obtenida con anterioridad, el circuito geotérmico y la bomba se potencian de manera directa, lo que se recomienda siempre compatibilizarlas. Con esta mencionada bomba se logra perfectamente climatizar el interior de una edificación logrando los parámetros de confort necesarios.

#### **4.2. Tipos de circuitos:**

Esta clasificación se divide inicialmente por dos circuitos exteriores los cuales se encuentran en contacto permanente con el terreno. Los circuitos exteriores se subdividen en abierto y cerrados:

#### 4.2.1. Abiertos

Intercambiador que utiliza napas freáticas como conducto de calor. Estos captadores se ponen en contacto con acuíferos para ser utilizado como conducto de calor, son los más complicados, porque se necesita obligatoriamente un estudio previo del terreno, ya que no se encuentran en cualquier parte de la tierra o profundidad determinada y se necesita pozos tanto para inyección y extracción ya que el agua con la que se trabaja se mantiene en constante renovación. El pozo de inyección siempre debe ser más profundo ya que se devuelve la totalidad del flujo.



Figura 17: Análisis del sector de la energía geotérmica en España. (Geoplat, 2016).

#### 4.2.2. Cerrados:

Dentro de estos se encuentran los circuitos horizontales, verticales o sumergidos en aguas subterráneas:

#### 4.2.2.1. Circuito horizontal:

Es donde principalmente se necesita mayor cantidad de metros cuadrados que cualquier otro método versus baja profundidad, el circuito instalado necesita una profundidad de 1 a 2 metros, lo que provoca que la temperatura alcanzada no sea constante por la cercanía con la superficie, es uno de los métodos más simples y caracterizado por ser utilizado en terrenos más bien rurales, donde el espacio disponible de terreno es amplio a diferencia de sectores urbanos con gran población. Se necesita por cada metro cuadrado a climatizar en la vivienda, entre 1,5 a 2 metros cuadrados de circuito. Este tipo de circuito tiene menores rendimientos y condiciona el terreno utilizado, ya que no se puede asfaltar ni instalar ningún pavimento, se recomienda utilizar solo césped sobre él y que no exponer a tránsito pesado.

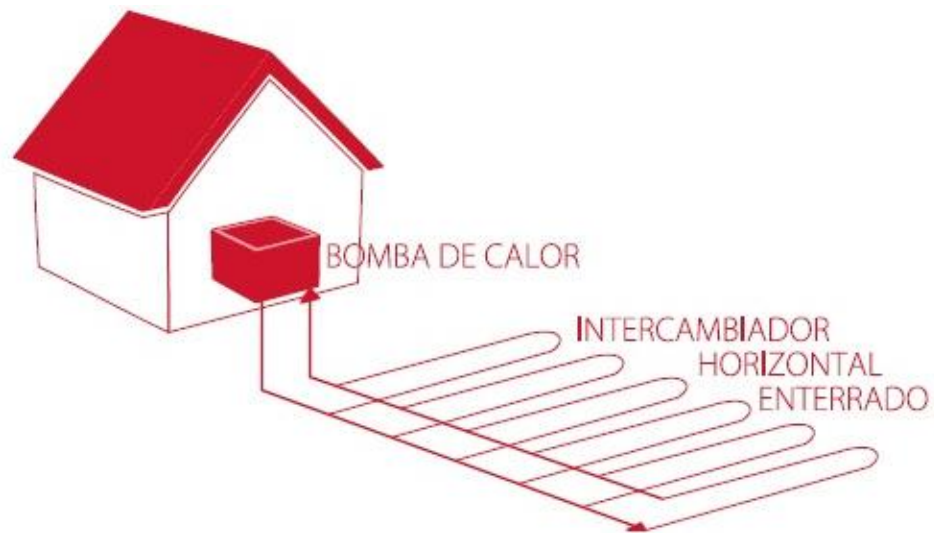


Figura 18: Análisis del sector de la energía geotérmica en España. (Geoplat, 2016).

#### 4.2.2.2. Los intercambiadores sumergidos:

Estos circuitos necesitan de pozos, mares, ríos o lagos donde, como lo dice su nombre, el circuito queda sumergido a este, el intercambio se realiza con la temperatura del agua y no el subsuelo propiamente tal.

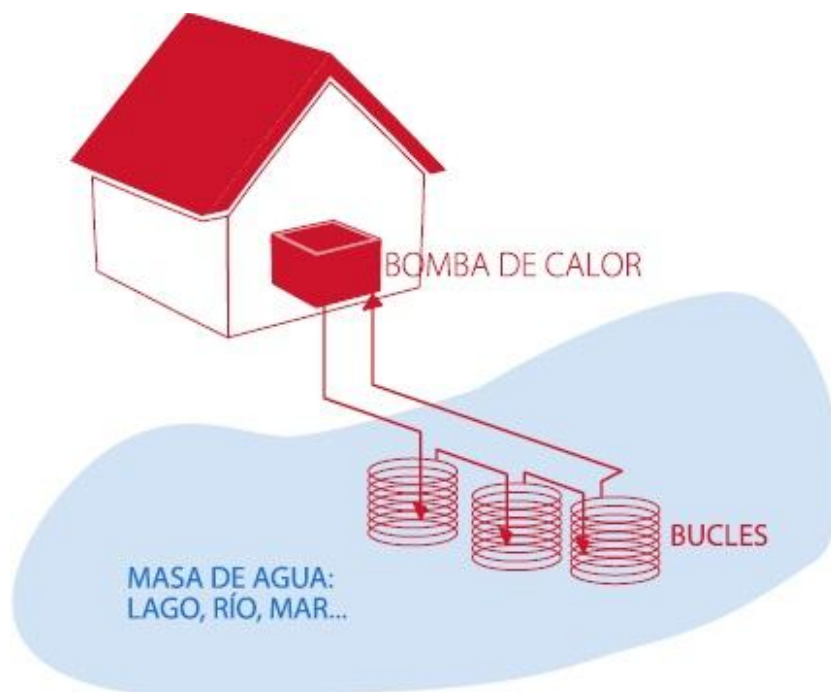


Figura 19: Análisis del sector de la energía geotérmica en España (Geoplat, 2016).

#### 4.2.2.3. Captadores verticales:

Si bien son conocidos por tener los mayores costos de instalación, al necesitar de una perforación de entre 40 a 200 metros de profundidad, en esta investigación no se profundizarán valores en costos monetarios, sino solo evaluaciones técnicas.

Este circuito en comparación con los otros mencionados anteriormente, logra encontrar temperaturas completamente estables y altas en relación con el exterior y capas superiores, a cambio de mayor profundidad y menor espacio, existen circuitos con tuberías simple o dobles en U las cuales van dentro de la perforación. Estos son mayormente recomendados en lugares con poco espacio disponible.



Figura 20: Análisis del sector de la energía geotérmica en España (Geoplat, 2016).

El circuito a desarrollar es el de captadores vertical, no solo porque son más eficientes que los demás, sino también por las condiciones físicas disponibles del terreno mencionadas anteriormente. Generando menor impacto constructivo y sin necesidad de estudios previos, ya que con la estimación de temperatura obtenida es suficiente para el buen funcionamiento de esta.

### **4.3. Componentes de un sistema de climatización geotérmico**

Para generar la climatización de una vivienda mediante la geotermia de baja entalpía, se necesita de un circuito que este en contacto con el subsuelo, una bomba de calor y el sistema de distribución para el interior.

Los circuitos y equipos que se utilizan en este caso son; captadores verticales como circuito primario, que se complementa con la bomba de calor y fan coil como sistema interior.

#### **4.3.1. Circuito primario:**

Este circuito puede ser abierto o cerrado como se menciona anteriormente, particularmente el circuito vertical descrito que está en contacto con el terreno es de tuberías simple en forma de U o dobles, donde la sonda total es de 110 a 134 mm y en ella se encuentran las tuberías de polietileno (PEX) o de alta densidad (PE100) que son de 25 a 40 mm de diámetro aproximadamente, estas tuberías son de alta conductividad, resistentes y durables.

Estas se encuentran enterradas en el subsuelo alcanzando los 50 a los 150m de profundidad. Esta tubería se llena con un fluido de agua con anticongelante (20% de glicol), que es el cual circula por el circuito. Ya instalada la tubería en la perforación se debe rellenar de mortero con bentonita o cemento grouting; mortero con alta conductividad, de gran fluidez, autonivelante y de expansión controlada.

Es importante, que entre las tuberías de entrega y retorno, exista una separación para que no exista un cruce por el contacto de estas y con esto una interferencia térmica, para esto se coloca un separador de 50 o 60 mm.

Dentro de los circuitos cerrados, este método es el más eficaz y estable. Además, el circuito vertical se ajusta al espacio y la estabilidad en temperatura del terreno donde se encuentra la sala multiuso.



Figura 21: Calefacción geotérmica (Designoutlet, 2016).

#### 4.3.2. Bomba de calor:

Primero, el tipo de bomba a utilizar debe ser reversible, tanto para utilizar el aire como refrigerante, como también para calefacción en todos los días del año, utilizando así un solo método.

La Bomba de calor es la base de este sistema. Es un equipo compacto y se compone principalmente de un evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión. Este aparato va conectado al circuito geotérmico vertical y a su vez al circuito al interior del recinto, donde eleva la temperatura extraída del terreno.



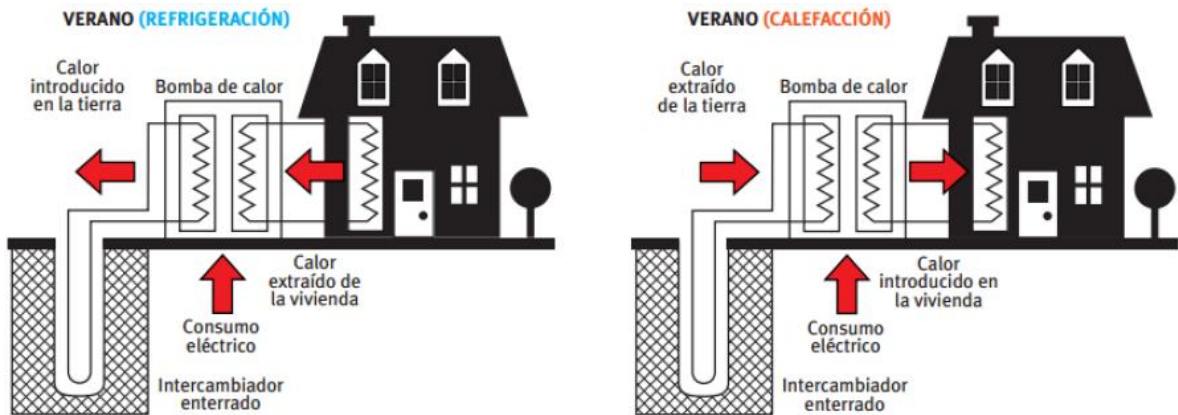


Figura 22: Esquema climatización geotérmica (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, España 2010).

La empresa Enativa describe el funcionamiento de la bomba de calor detalladamente de la siguiente manera:

Empieza una vez que llega el agua de la fuente de calor, esta se pone en contacto en un intercambiador de calor con un líquido refrigerante que se encuentra aún más frío que la fuente, el gradiente de temperatura genera que el líquido interno se caliente y se evapore. En este punto el refrigerante pasa por su fase de ebullición.

Esta fase es clave en el rendimiento energético de las bombas de calor ya que esta ganancia de energía es gratuita e inagotable y solo implica un gasto eléctrico de la circulación del agua o aire de la fuente.

El gas evaporado refrigerante llega a un compresor el cual provoca una fuerte compresión mecánica del gas que genera un fuerte aumento de la temperatura y la presión de este y que es donde se produce el mayor gasto eléctrico de la bomba de calor.

Luego el gas caliente entra al condensador que es un intercambiador de calor entre el gas y el fluido que recorre el circuito de calefacción central para entregar el calor generado o calentar agua para uso doméstico, que generalmente es agua.

En el condensador el gas al perder calor empieza la fase de condensación, luego al salir del condensador continua hasta la válvula de expansión, la cual es un dispositivo que provoca que el líquido pierda presión y temperatura con lo cual, vuelve a su estado líquido completamente. Finalmente el refrigerante ingresa nuevamente al evaporador donde se repite el ciclo.

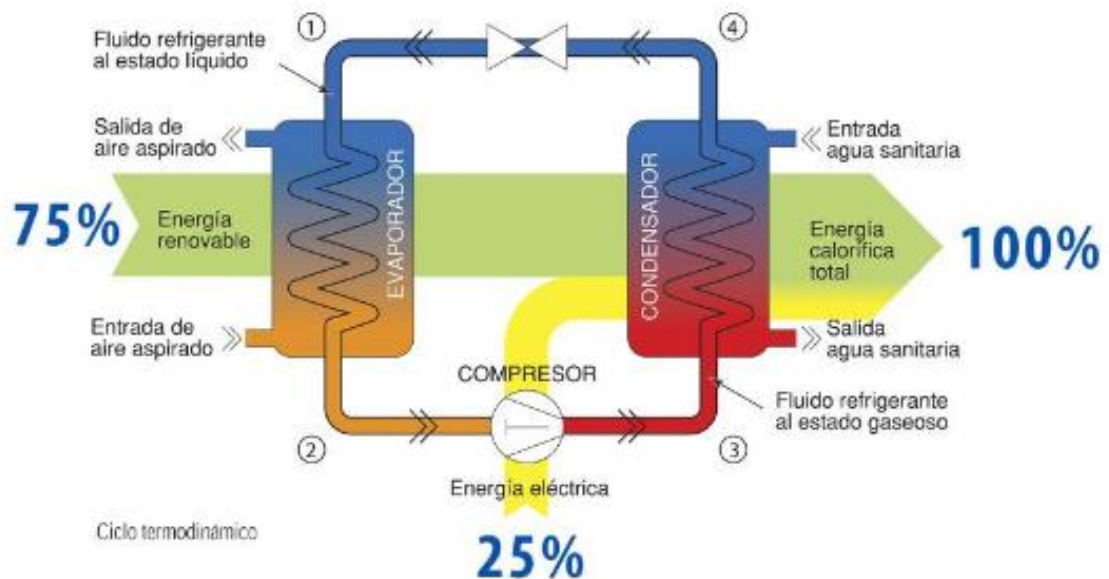


Figura 23: funcionamiento bomba de calor (Calificación energética del MINVU, 2016).

El MINVU estima que la bomba de calor necesita de un 25% del total en energía eléctrica, siendo el otro 75% entregado por otra fuente de energía renovable.

### 4.3.3. Circuito interior:

Este circuito puede ser losa radiante, radiadores convencionales o fan coil, como esta es una sala ya construida, se descarta la losa radiante por la complejidad de diseño e instalación con la edificación ya construida. Este circuito, losa radiante, puede generar que la sala quede inhabilitada para su uso durante la instalación, se espera ocasionar los menos procesos posibles para que la sala o el entorno de esta generen cambios en la cotidianidad. La sala multiuso cuenta con el circuito interior fan coil, por la simpleza de la instalación y del funcionamiento de este.

El origen de "Fan Coil" se desglosa en Fan que significa ventilador y Coil que significa bobina o batería, por lo tanto ventilador a batería de intercambio térmico, también se conocen como ventiloconvertor y este sistema compacto de climatización mixto tiene básicamente una batería de intercambio térmico por la que discurre el agua con distintas temperaturas, además de un ventilador que fuerza el aire que pasa por esta.

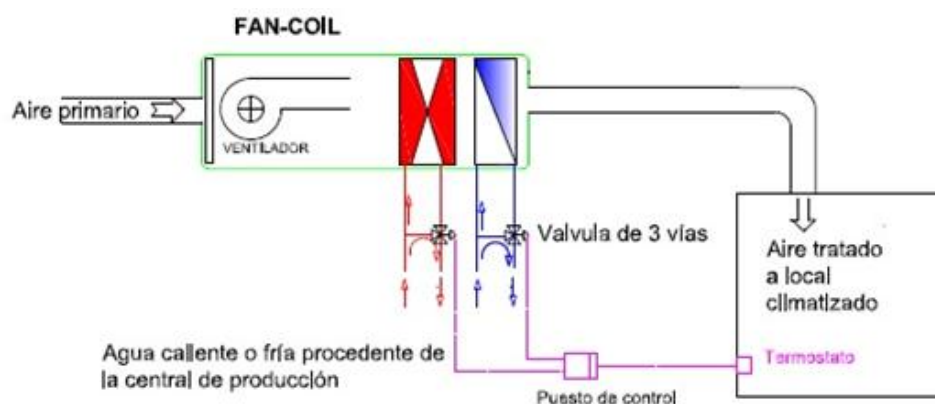


Figura 24: Esquema Fan coil (Cenit climatización, 2016).

Existen modelos de pared, suelo, techo o conductos. Se elige siempre el más cómodo para el recinto a climatizar cubriendo además las necesidades térmicas anteriormente calculadas, en este caso el tipo techo es el más adecuado, ya que no ocupa espacio disponible para otras actividades y no genera encuentro con este tampoco.

Existen dos tipos de instalación:

- **Fan coil de 2 tubos:** Con una tubería de ida y otra de vuelta. Por ambas tuberías pasa agua fría y caliente, dependiendo si el equipo está trabajando en frío o en calor. Es la instalación recomendada para viviendas de particulares.
- **Fan coil de 4 tubos:** Con dos tuberías para agua caliente (ida y vuelta) y otras dos para agua fría (ida y vuelta). Es una instalación idónea para hoteles ya que permite que distintos aparatos trabajen unos en frío y otros en calor.

Este método de climatización geotérmico es más eficaz que las tradicionales (aire-aire), ya que la temperatura de captación es siempre estable y más fácil de trabajar para obtener la deseada. Las tradicionales, en invierno por ejemplo, la temperatura del exterior es tan baja que al elevarla al confort térmico se necesita mayor energía por su gran diferencia. Además de una reducción de contaminantes y emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con otras energías, esta no produce combustión por lo tanto no daña al medio ambiente.

## **5. Capítulo V: “Cálculos y Condiciones”**

En este estudio se utiliza una serie de condiciones para realizar los cálculos y así obtener un balance energético dentro de la sala, acorde a la necesidad que genera, esta debe cumplir con la comodidad y bienestar que se requiera. Estos cálculos se realizan mediante análisis estacionario simplificado en donde se usan formulas basadas en el principio de superposición de fenómenos para determinar la energía demandada, tanto en invierno como verano, Julio y Enero respectivamente.

### **5.1. Temperaturas de estudio:**

Temperatura confort: 20°C

Temperatura anual media meses más desfavorables:

Enero: 21,1 °C

Julio: 8,3 °C

La elección de ocupantes es de 25 personas, tomando el máximo de ocupación y considerando a las personas sentadas, como en reuniones, encuentros o charlas.

Superficie total= 25 m<sup>2</sup>

Sala multiuso= 1 m<sup>2</sup> por persona

## 5.2. Descripción del recinto:

- Altura: 2,40 m
- Superficie: 27,43 m<sup>2</sup>
- Envolvente: Albañilería (e=15 cm), poliestireno expandido ( e=1 cm) y placa yeso cartón (e=1 cm)
- Ventanas: vidrio monolítico
- Puertas: madera (pino insigne)
- Piso: Radier (e=8 cm), cerámicas (e=0,5 cm)
- Cielo: lana mineral (e=10 cm) y placa yeso cartón (e=1 cm)

## 5.3. Para las ganancias internas:

Ganancia de calor de personas según nivel de actividad

	Total	Sensible	Latente
	W	W	W
<b>Sentado/Reposo</b>	<b>100</b>	<b>70</b>	<b>30</b>
<b>Sentado/trabajo ofic. ligero</b>	<b>120</b>	<b>75</b>	<b>45</b>
<b>Parado o caminar lento</b>	<b>145</b>	<b>75</b>	<b>70</b>
<b>Trabajo pesado</b>	<b>470</b>	<b>185</b>	<b>285</b>

Tabla 3: Ganancias internas.

En la tabla se ve el calor sensible y latente, los cuales corresponden a la variación de temperatura que se genera en el aire y la que provoca una variación en la humedad absoluta (cantidad de vapor de agua que se encuentra por unidad de volumen en el ambiente) del aire.

Según la actividad realizada, el recinto gana cierto calor dependiendo de la ocupación y actividad realizada dentro del recinto por las personas que se encuentran al interior de él.

Para un recinto con equipamiento y ocupación tradicional se estiman cargas internas de aproximadamente 100 (Wh/m<sup>2</sup>día), y las ganancias internas totales se calculan de la siguiente manera:

$$P_i = \frac{(E_i \times S_{viv})}{24 h} \text{ [W]}$$

SUPERF. EDIF	27,43	m <sup>2</sup>
GANANCIAS INTERNAS	100	$\frac{W h}{m^2 dia}$
GANANCIAS INTERNAS TOTALES	114,30	W

Tabla 4: Ganancias internas.

#### 5.4. Cálculos previos:

Para el cálculo de gasto energético general se considera parte fundamental la NCH 853 of 2007, donde la resistencia y transmitancia térmica se obtienen de la siguiente manera:

$$U = \frac{1}{R_t}, \quad R_t \text{ [m}^2 \text{ K/W]} = R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{si} + R_g$$

R<sub>t</sub> : Resistencia Térmica Total del elemento, se mide en [m<sup>2</sup> K/W]

U: Transmitancia Térmica del elemento [W/m<sup>2</sup> K]

R<sub>se</sub>: Resistencia Térmica Superficial Exterior, se obtiene de la Tabla 2, NCh 853 of 2007.

R<sub>si</sub>: Resistencia Térmica Superficial Interior [m<sup>2</sup> K/W], se obtiene de la Tabla 2, NCH 853 of 2007

e: Espesor de material

$\lambda$ : Conductividad Térmica de cada material [W/m K]. Su valor se obtiene de la Tabla 6, de la NCh 853 of 2007

Rg: Resistencia de la cámara de aire [m<sup>2</sup> K/W].

La tabla N° 2 y la tabla N°6 de la Nch 853 mencionadas anteriormente se encuentran en ANEXO 5 y ANEXO 6 respectivamente.

#### 5.4.1. Reglamentación térmica

La reglamentación térmica exige que los elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, debe tener una transmitancia térmica “U” igual o menor, o una resistencia térmica total igual o superior a la señalada a continuación para la zona 3.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W	U W/m <sup>2</sup> K	Rt m <sup>2</sup> K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Tabla 5: Ministerio de vivienda y urbanismo



#### **5.4.2. Resistencia Térmica:**

Techumbre: 1,88 m<sup>2</sup>K/W

Muros: 0,69 m<sup>2</sup>K/W

Piso: 0,64 m<sup>2</sup>K/W

#### **5.4.3. Trasmisitancias:**

Techumbre: 0,53 W/m<sup>2</sup>K

Muros: 1,45 W/m<sup>2</sup>K

Piso: 1,56 W/m<sup>2</sup>K

Los datos obtenidos de la techumbre y piso no cumplen con la reglamentación térmica de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones para la zona seleccionada, por tanto es necesario que en esta sala se realice una mejora constructiva, donde exista mayor aislación en los elementos de la envolvente ya que se pierde temperatura dentro del recinto por el flujo de calor desde los objetos más cálidos a los más fríos. Si bien los cálculos siguientes no se realizan con alguna mejora, hay que tener en cuenta esto, ya que la energía necesaria se ve afectada aumentando el requerimiento de energía.

### 5.5. Gasto energético de sala multiuso:

	AREA m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> °K	W/°K
VENTANAS	6,5	5,8	37,5
MUROS	42,0	1,45	60,8
PUERTAS	1,8	1,7	3,1
CIELO	27,43	0,53	14,5
PISO	27,43	1,56	42,8
<b>GASTO ENERGETICO</b>			<b>158,7</b>

Tabla 6: Gasto energético sala multiuso

### 5.6. Cálculos para el mes de Julio

#### 5.6.1. Ganancias elementos vidriados:

	AREA m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> K	RADIACION INCIDENTE MJ/m2 día	Factor solar	Factor reducción solar o de sombra	W
VENTANAS N	1,7	5,8	7,53	0,84	1	125,8
VENTANAS S	2,1	5,8	2,78	0,84	1	56,4
VENTANAS E	1,8	5,8	5,99	0,84	1	106,6
VENTANAS O	0,8	5,8	5,99	0,84	1	46,6
<b>GANANCIAS ELEMENTOS VIDRIADOS</b>						<b>335,90</b>

Tabla 7: Ganancias elementos vidriados, Julio.

Según la tabla de ganancia de energía en elementos vidriados anterior, esta depende principalmente de la orientación de las ventanas y la radiación solar incidente según orientación del ANEXO 7. También incide el factor solar, este depende del elemento vidriado y también del factor de reducción que en este caso se considerara 1.

### 5.6.2. Ganancia elementos opacos:

	AREA m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> K	RADIACION INCIDENTE MJ/m <sup>2</sup> día	Coefficiente de Absorción	Factor reduc. solar o de sombra	W
MUROS N	13,6	1,45	7,5	0,75	0,8	51,4
PUERTA N	0,0	1,67	7,5	0,75	0,8	0,0
MUROS S	13,2	1,45	2,8	0,75	0,8	18,4
PUERTA S	0,0	1,67	2,8	0,75	0,8	0,0
MUROS E	10,2	1,45	6,0	0,75	0,8	30,8
PUERTA E	0,0	1,67	6,0	0,75	0,8	0,0
MUROS O	9,4	1,45	6,0	0,75	0,8	28,4
PUERTA O	1,8	1,67	6,0	0,75	0,8	6,3
CIELO	27,43	0,84	6,2	1,00	0,1	8,2
<b>GANANCIAS ELEMENTOS OPACOS</b>						<b>143,4</b>

Tabla 8: Ganancia elementos opacos, Julio.

### 5.6.3. Resultados

PERDIDAS TOTALES POR TRANSMISION (Qt)/ΔT	W/°C	165,0
PERDIDAS POR RENOVACION DE AIRE (Qv)/ΔT	W/°C	22,4
PERDIDAS TOTALES (Qt + Qv)/ΔT	W/°C	187,3
PERDIDAS TOTALES MES	k W h / m <sup>2</sup> mes	59,5
GANANCIAS TOTALES (Pcv + Pco)	W	594
GANANCIA TOTAL MES	k W h / m <sup>2</sup> mes	16,1
DEMANDA DE ENERGIA CALEFACCION MENSUAL	k W h / m <sup>2</sup> mes	<b>43,4</b>

Tabla 9: Pérdidas, ganancias y demanda totales, Julio.

## 5.7. Cálculos para el mes de Enero

### 5.7.1. Ganancias elementos vidriados

	AREA m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> °C	Radiación Incidente MJ/m <sup>2</sup> día	Factor solar	Factor reducción solar o de sombra	W
VENTANAS N	1,7	5,8	8,6	0,84	1	144,1
VENTANAS S	2,1	5,8	10,0	0,84	1	205,0
VENTANAS E	1,8	5,8	18,4	0,84	1	326,9
VENTANAS O	0,8	5,8	18,4	0,84	1	142,9
<b>GANANCIAS ELEMENTOS VIDRIADOS</b>						<b>818,9</b>

Tabla 10: Ganancias elementos vidriados, Enero

### 5.7.2. Ganancia elementos opacos

	Área m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> K	Radiación incidente MJ/m <sup>2</sup> día	Coefficiente de Absorción	Factor reduc. solar o de sombra	W
MUROS N	13,54	1,45	8,6	0,75	0,8	58,8
PUERTA N	0,00	1,7	8,6	0,75	0,8	0,0
MUROS S	13,14	1,45	10,0	0,75	0,8	66,5
PUERTA S	0,00	1,7	10,0	0,75	0,8	0,0
MUROS E	10,17	1,45	18,4	0,75	0,8	94,3
PUERTA E	0,00	1,7	18,4	0,75	0,8	0,0
MUROS O	5,10	1,45	18,4	0,75	0,8	86,9
PUERTA O	1,80	1,7	18,4	0,75	0,8	19,2
CIELO	27,43	0,53	21,7	1,00	0,1	28,9
<b>GANANCIAS ELEMENTOS OPACOS</b>						<b>354,7</b>

Tabla 11: Ganancia elementos opacos, Enero.

### 5.7.3. Resultados

PERDIDAS TOTALES POR TRANSMISION (Qt)/ΔT	W/°K	165,0
PERDIDAS POR RENOVACION DE AIRE (Qv)ΔT	W/°K	22,8
PERDIDAS TOTALES (Qt + Qv)/ΔT	W/°K	187,8
PERDIDAS TOTALES MES	k W h / m2 mes	-5,6
GANANCIAS TOTALES (Pcv + Pco)	W	1288
GANANCIA TOTAL MES	k W h / m2 mes	34,9
DEMANDA DE ENERGIA CALEFACCION MENSUAL	k W h / m2 mes	<b>-40,5</b>

Tabla 12: Pérdidas, ganancias y demanda totales, Enero.

Para Julio se necesitan 43,4 kWh/m<sup>2</sup>mes y Enero -40,5 kWh/m<sup>2</sup>mes, por tanto el mes en donde se necesita mayor inyección de energía para mantener una buena climatización es en el mes de Julio, es el mes más desfavorable y con el cual se trabaja para crear un parámetro y tope para la elección de la bomba calor.

Según la calificación energética de viviendas del ministerio de viviendas y urbanismo (MINVU) y el ministerio de energía del gobierno de Chile, considera que la bomba de calor tiene un COP de 4 a 6, muy superior al de las bombas de calor aire-aire que bordean los valores de COP de 2 y 3.

Se considera que la bomba de calor geotérmica debe actuar con un coeficiente de operatividad o rendimiento COP de 4, lo que equivale a que 4 unidades de calor son proporcionadas por cada unidad de energía consumida, por lo tanto 1 kWh consumido proporciona 4 kWh de calor de salida.



Figura 25: Aporte de energía geotérmica y eléctrica (Calificación energética del MINVU, 2016). En la imagen anterior el Ministerio de Vivienda y Urbanismo detalla que la ERNC geotérmica aporta con 3kWh de los 4 kWh necesarios de salida con la utilización del sistema completo. Estos 4 COP son los que se consideran como el final para estos cálculos.

### 5.8. Diseño de sistema de climatización

Para el caso más desfavorable y donde se necesita mayor cantidad de inyección de energía es en el mes de Julio donde su demanda es de 43,4 kWh/m<sup>2</sup> mes

$$43,4 \text{ kWh/m}^2 \text{ mes} = 1190,46 \text{ kWh} \rightarrow 1,6 \text{ kw}$$

Para Julio se necesitan 1,6 kw en promedio dada la demanda de la sala.

Con un COP = 4, se necesitan alrededor de 297,62 kWh de energía eléctrica, mientras que la energía geotérmica aporta con alrededor de 892,84 kWh del total.

Los 1,6 kW se aproximan y redondean a 2 kW, y son estos los considerados para elegir la bomba de calor, ya que esa es la máxima cantidad media de energía que debemos generar para los requerimientos de la sala multiuso. Por efectos de equipos y las distintas potencias de estos, la elección es con una que cumpla ampliamente pero sin exagerar los valores promedios necesario, ya que la variación de bombas es grande.

Primero, teniendo el terreno se debe realizar la perforación geotérmica, la cual se sitúa en las afueras de la sala, en el sector nororiente del jardín, y para esto es necesario realizarla mediante un equipo de rotopercusión neumática con martillo en fondo, llegando a la perforación deseada, en este caso son los 50 metros. Además se considera el espacio a disposición, calculando tanto los trabajos como las maquinarias necesarias para la realización de esta.

Luego se instalan las sondas geotérmicas simples por gravedad, donde hay una única tubería de subida y bajada. Los extremos de la tubería se protegen con tapones que vienen de fábrica para evitar cualquier contaminación del líquido refrigerante, el cual ya viene integrado, y así poder realizar las pruebas de presión.

La sonda completa está compuesta de 50 m de longitud y 110 mm de diámetro, formada por un tubo de polietileno reticulado (PE-Xa) de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor, con capa exterior de protección de polietileno de alta densidad. El peso de la sonda es de 29 kg y su temperatura de trabajo entre -40°C y 95°C. La tubería se deja un metro sobre nivel del suelo y se corta para realizar pruebas de presión antes mencionadas.

Junto a la sonda se instala otra tubería para el relleno, cuya tubería de inyección es de polietileno de alta densidad de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, esta se recomienda en pozos mayores a 50 metro de profundidad.

Finalmente se aplica un mortero preparado de bentonita y cemento, de conductividad térmica mínima 2,35 W/(mK), de baja permeabilidad al agua, que sea resistente a heladas, con una densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup> y con resistencia mecánica a compresión.

Este circuito va directamente a la bomba de calor, mediante pasatubos. Esta bomba es elegida acorde a los aproximados 2kW como promedio que se necesita generar a la sala. La empresa Enativa tiene a disposición distintas bombas, donde el equipo DE-27W/S se ajusta de mejor manera a las necesidades, logrando entre 2,3 y 2,7 kW de potencia media de consumo. La ficha técnica de la bomba elegida se puede ver en ANEXO 8.

Si bien la instalación de este método y el diseño seleccionado es acorde a valores mínimos, existen bombas de mayores capacidades donde la elección de esta depende solo de los objetivos que se quiera lograr con esta.

El fan coil a utilizar es el modelo MCW300C de la empresa Cosmoplas con forma de 2 tubos y tipo techo para evitar la reducción del espacio disponible dentro de la sala, dejando así el mismo espacio y evitar encuentros o estorbos con este en las distintas actividades dentro de la sala. (ANEXO 9)

## **5.9. Análisis de resultados**

Por último se crean parámetros para evaluar este tipo de energías y así poder comparar, con las energías y métodos que se utilizan comúnmente en nuestros recintos. Se evalúa principalmente en invierno que es donde más energía se necesita inyectar y donde existe una variedad más amplia para la calefacción interior de recintos.



### 5.9.1. Gasto económico en calefacción mes más desfavorable

Para esta evaluación se considera el más desfavorable, Julio. Como se calcula anteriormente, la energía geotérmica, en el mes de Julio requiere de 1190,46 kWh promedios totales, de los cuales la geotermia aporta con un rendimiento del 400% como menciona el MINVU, dejando 297,62 kWh los cuales son suministrados por energía eléctrica. El kWh tiene un precio actual de aproximadamente \$115 según la compañía eléctrica Enel de nuestro país.

$$297,62 \text{ kWh} \times 115 \text{ pesos/kWh} = 34.226 \text{ pesos.}$$

Por otro lado vemos en detalle el gasto que produce una estufa a gas licuado, utilizando un cilindro de 11 kg, ya que el de 15 kg puede llegar a dañar la estufa y los de 5 kg al tener baja presión, provocan que su combustión no sea óptima. El cilindro a evaluar tiene distintos valores, este depende de la empresa y lugar en donde se compre, la comisión nacional de energía (CNE) desarrollo un sistema en línea donde se da a conocer los distintos valores de este. Se entrega costos de aproximadamente \$11.000 por cilindro en la región Metropolitana y considerando que su uso es periódicamente durante el día, de alrededor de 4 horas diarias durante un mes.

Según Nelson Ovalle, experto en reparación y mantenimiento de estufas a gas, recomienda que con las condiciones anteriormente mencionadas de una estufa a gas licuado y con el modelo Enaxxion E-4200 de la Empresa Sodimac (ANEXO 10), este modelo consume en promedio 300 gr/h, para superficies de los 20 a 40 m<sup>2</sup>, generando un gasto de \$300 cada hora de uso.

$$11.000 \text{ gr} / 300 \text{ gr/h} = 36,7 \text{ h}$$

Un cilindro de 11kg tiene una durabilidad de aproximadamente 9 días.

$$30 \text{ días} / 9 \text{ días} = 3,33.$$

Por tanto se necesitan a lo menos 3 cilindros para poder calefaccionar por 4 horas diarias el recinto en un mes.

$$\$11.000 \times 3 = \$33.000$$

De los \$33.000 que se gastan en calefacción por gas en el mes, y tomando en cuenta que se realizó con el gasto mínimo en horas al día, pudiendo ser aún más elevado el gasto total, la climatización geotérmica gasta \$34.226 utilizada las 24 horas al día y sin restricciones.

Si bien se compara la geotermia con el uso del gas en calefacción, se puso condiciones y parámetros. A continuación se realiza una comparación mediante la demanda energética de la sala. Considerando los 1190,46 kwh que necesita la sala para el mes de julio, si bien datos no oficiales revelan que existen pérdidas de calor entre 20 – 40 % en el escape de gas de la combustión en calefactores, la empresa Española Algasa, estima que el rendimiento energético de calefactores a gas es de un 90%, por lo que se necesitan consumir 1322,74 kwh para cumplir con el requerimiento de la sala.

$$1322,74 \text{ kwh} = 1.138.077,54 \text{ Kcal (gas)}$$

$$297,62 \text{ kwh} = 256.078,2 \text{ Kcal (geotermia)}$$

La geotermia necesita aproximadamente un 22% del consumo que necesita la calefacción mediante a gas licuado.

Por otro lado, la Asociación Chilena de eficiencia energética (AChEE) entrega el poder calorífico del gas licuado; 12.100 Kcal/kg.

$$1.138.077,54 \text{ Kcal} / 12.100 \text{ Kcal/kg} = 94,1 \text{ kg}$$

Al considerar \$11.000 por cada cilindro de 11 kg, el valor de cada kg es de alrededor de \$1.000, por tanto, el gasto mensual con calefacción a gas;

94,1 kg \* \$1.000 por kg = \$94.100

Finalmente, en el costo monetario mensual para cumplir con la demanda de energía requerida de la sala multiuso es más favorable la geotermia con \$34.266 versus los \$94.100 de calefactores a gas.

En la Guía de Calefacción Sustentable del Ministerio del Medio Ambiente se informa el costo total mensual de los distintos tipos existentes de calefacciones durante 6 horas al día, dando valores entre los \$42.000 y \$91.000, dejando como el método geotérmico como el primero en la lista si se trata de economía mensual.

### **5.9.2. Generación de contaminantes**

Una de las principales motivaciones para la realización de este estudio es el cuidado del medio ambiente y la generación de conciencia ecológica. Hoy en día la despreocupación por el lugar en donde vivimos y en nuestro entorno, es cada vez más elevado.

La Guía de calefacción sustentable considera las emisiones de contaminantes y sus efectos en la salud, por tanto, a partir de esta información se crea principalmente el siguiente parámetro.

Existen calefactores de distintos tipos, normalmente los que se utilizan son de parafina, gas licuado, electricidad, leña, pallet de madera y gas natural. Siendo más desfavorables los calefactores de leña; ya que no solo crean altas emisiones de contaminantes al medio ambiente, sino también producen la contaminación intradomiciliaria.

Los antiguos calefactores a leña contaminan 5 veces más que los certificados, actualmente solo están permitidos los certificados en la región metropolitana, los cuales deben tener el sello de la superintendencia de electricidad y combustible, y aun así, su uso es restringido, ya que se prohíbe su funcionamiento cuando la calidad del aire no es buena.

Luego de la leña, siguen los calefactores de parafina y pallet de madera, si bien las emisiones de contaminantes al medio ambiente son algo más bajas, aun se emiten, y la contaminación intradomiciliaria sigue presente en los dos mencionados anteriormente, sumándose a la contaminación interior del recinto el gas licuado. Lo que deja por debajo a estos en comparación con la cero combustión que tiene la climatización geotérmica. Se quiere reducir de forma completa los contaminantes por lo que este tipo de calefactores no logran entrar en competencia.

Siguiendo el aspecto del cuidado del medio ambiente los calefactores de gas natural al realizar la combustión generan mínimos contaminantes pero consumen el oxígeno de la habitación donde se encuentran, lo que hace que no sean recomendables en dormitorios, y como nuestra sala se considera una habitación o espacio común, en vez de ser un aporte a la sala multiuso, si bien cumple con la calefacción, este solo reducirá el oxígeno a disposición de los ocupantes, que no lo hace sano ni conveniente a la salud. Finalmente los calefactores eléctricos son los únicos considerados sin contaminantes intradomiciliarios y ambientales, porque estos no generan combustión, al igual que la climatización mediante geotermia, por tanto hace que entre ellas exista una real y directa competencia si se desea cuidar nuestro entorno.

Ambas energías, tanto la eléctrica como la geotérmica no solo calefaccionan, sino que climatizan durante todo el año, y bajo las principales propiedades ambas se mantienen iguales hasta ahora, es importante recordar que la geotermia utiliza un 25% de energía eléctrica. Por tanto funcionan de la misma energía primaria, solo que en distintas cantidades.

### **5.9.3. Cruce de parámetros**

Como hay una estrecha competencia entre la energía eléctrica y la energía geotérmica según el segundo planteamiento, se pasa a otro aspecto para poder sobreponer una sobre la otra. Si bien ambas se logran utilizar todo el año, con la energía eléctrica existe la posibilidad de múltiples o de un solo sistema durante el año, al utilizar esta energía su costo mensual es demasiado elevado, por lo que no es favorable para la economía familiar Chilena como se menciona en la primera comparación anterior. Y si bien la geotérmica utiliza también energía eléctrica, solo es  $\frac{1}{4}$  de esta.

Cabe mencionar que al comparar la energía geotérmica con las energías fósiles, estas últimas siempre se verán desfavorecidas en el aspecto que se desee evaluar. Sus pros y sus contras se darán a conocer en profundidad en la conclusión de esta tesis.

## 6. Conclusión

Al definir una edificación y determinar las necesidades para su apta climatización, los mayor inconvenientes son la materialidad de este y la zona en donde se encuentra y si cumple o no con las reglamentaciones térmicas convenientes. En este caso la vivienda no cumple con todas las reglamentaciones establecidas por su zona, generando una mayor inyección de energía pudiendo ser contrarrestada con mejoras constructivas o medidas que aislen de mejor manera la envolvente de esta. Por tanto, de los bajos 2 kW que esta sala necesita mensuales en el mes más desfavorable, este podría ser aún menor, generando aún más ahorro tanto en el requerimiento de kW como de dinero mensual.

Los distintos tipos de circuitos geotérmicos dependen básicamente del terreno disponible, en la Región Metropolitana, y en toda zona urbana es más eficiente y conveniente el circuito vertical, por lo que su elección no necesita de análisis en profundidad.

Cuando se obtiene los cálculos y datos previos, el diseño es de fácil ejecución, ya que los equipos solo necesitan de una instalación y conexiones entre sí. Lo más complejo se lo lleva el circuito geotérmico, la elección de su posición y su construcción, donde se necesita de maquinaria especializada y materiales poco comercializados aún en nuestro país.

Finalmente, con respecto a la hipótesis inicialmente mencionada, si existe un mayor ahorro energético en la utilización de esta energía y por donde se mire este tipo de climatización crea beneficios, de los cuales se especifican en detalle a continuación

## 6.1. Beneficios del método

Si bien se crea un importante ahorro energético con este método, y teniendo en cuenta que no se enfoca en costos monetarios, es importante destacar la disminución de costos económicos que repercute con el ahorro energético en la vivienda, si genero un ahorro del 75% de energía, ahorro también el 75% del gasto total contemplado para climatización, por tanto estos dos ámbitos; el costo y ahorro se encuentran ligados, siendo directamente proporcionales. Además de estos dos principales beneficios que entrega este método se suman que:

- Tiene como fuente primaria energía renovable e inagotable.
- Permanentemente estable todo el año ya que la energía geotérmica no depende de las condiciones climáticas del exterior
- Bajas mantenciones, ya que el intercambiador tienen una vida útil de alrededor de 50 años, mientras que las bombas de calor unos 20 años.
- Amigable con el medio ambiente, no produce combustión por tanto no genera emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Método silencioso, sin contaminación acústica.
- Tolerante a todo terreno natural y ubicación que se desee.
- No impacta visualmente su instalación ni tiene grandes dimensiones ya que el circuito va enterrado y no necesita de espacio extra para su alojamiento.

Y como se evalúan los pros y los contras se menciona el déficit de esta energía, además de tener en cuenta la complejidad de su nulo conocimiento por la mayoría de nuestra población.

## **6.2. Desventajas del método**

Si se habla de desventajas técnicas, este método no las posee, existe una importante desventaja al momento de optar por esta energía, pero no se menciona en profundidad en este caso, y esta se refiere a los altos costos de la inversión inicial. La Universidad Austral de Chile publicó una tesis sobre el “Diseño de intercambiador horizontal cerrado para bomba de calor geotérmica aplicada en la calefacción de una edificación con uso de oficina en Puerto Montt”, mientras que la Universidad de Chile publicó una sobre el: “Desarrollo de un plan de negocios: Empresa de climatización geotérmica habitacional” ambas estimas valores aproximados de esta instalación, la cual bordea los 7 a 12 millones de pesos. Por el poco desarrollo que existe aún en nuestro país dicha inversión es bastante elevada pero se estima la recuperación de esta en un tiempo de 5 a 10 años aproximadamente.



## 7. Bibliografía

Achee. (s.f.). Capacidades caloríficas de distintos combustibles y factores de conversión de unidades. <http://www.drtoero.cl/ACHEE/documentos/recursos/DireccionAnexo2.pdf>.

Algasa. (s.f.). Rendimiento energético de cada sistema. <http://www.algasa.net/6.html>.

Asociación Iarensis de astronomía. (s.f.). Planeta Tierra, composición y estructura interna. [http://www.tayabeixo.org/sist\\_solar/tierra/composicion.htm](http://www.tayabeixo.org/sist_solar/tierra/composicion.htm)

Brundtland, G.H. (1987) Enfoques de “Nuestro futuro común”. 4 p.

Calificación energética. (s.f.). Información técnica, material de estudio. <http://www.calificacionenergetica.cl/material-de-estudio/>

Cenit climatización. (2016). Funcionamiento y tipos de Fan.coil. <http://www.cenitclimatizacion.com/fan-coil/>

Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes. (s.f.) Las trabas legales de la geotermia en Chile. <http://www.cega.ing.uchile.cl/noticias/las-trabas-legales-de-la-geotermia-en-chile/>

Cifes (2015) Reporte ERNC, estado de proyectos ERNC en Chile. <http://cifes.gob.cl/wp-content/uploads/2015/11/reporte-cifes-1507.pdf>

Climate-data. (s.f.). Datos Climáticos Puente Alto. <https://es.climate-data.org/location/2062/>

Enel. (s.f.). Valor del kwh en Santiago. <https://www.eneldistribucion.cl/preguntas-frecuentes/valor-kwh>

Emol, (2016) Energía geotérmica: El gran potencial que tiene nuestro país aún sin explotar. <http://www.emol.com/noticias/Economia/2016/09/29/823995/Chile-tiene-un-gran-potencial-para-explotar-la-energia-geotermica.html>

Emol, (2008) Especial de volcanes en Chile. <http://www.emol.com/especiales/volcanes/index.htm>

Energía Andina. (s.f.). Geotermia: una fuente de energía limpia y renovable. <http://www.energiandina.cl/category/geotermia/>

Gas en línea. (s.f.). Precio de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) en línea. [http://www.gasenlinea.gob.cl/index.php/web/buscador?rere\\_id=0](http://www.gasenlinea.gob.cl/index.php/web/buscador?rere_id=0)

Geoplat. (s.f). Plataforma tecnológica española de geotermia, visión a 2030. 52 p.

Glosario yacimientos petroleros. (s.f.) Gradiente térmico. [http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/t/thermal\\_gradient.aspx](http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/t/thermal_gradient.aspx)

Gobierno de Chile. (2015). Guía de calefacción sustentable. <http://www.gob.cl/2015/07/08/guia-de-calefaccion-sustentable-estos-son-los-tipos-de-calefactores-que-puedes-elegir-para-tu-hogar/>

Hernández L., H.E. 2016. Análisis simplificado de la demanda de energía en una vivienda, Vol 1-2. 16 p.

Instituto geológico y minero. (2014). La geotermia en el mundo. <http://www.igme.es/Geotermia/La%20geotermia%20en%20el%20mundo.htm>

Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f.). Demográficas y vitales. [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/familias/demograficas\\_vitales.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php)

Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f.). Estadísticas medioambientales. [http://www.ine.cl/medioambiente/informes\\_anuales.php](http://www.ine.cl/medioambiente/informes_anuales.php)

Llopis T., G.; Rodrigo A.,V. (2008). Guía de la energía geotérmica. 178 p.

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Planes de descontaminación atmosférica. 18 p.

Minvu. (2006). Manual de aplicación de la reglamentación térmica. Parte I, II, III y IV.

Municipalidad Puente Alto. (s.f.) Catastro comuna de Puente Alto  
<http://www.mpuentعالto.cl/pagina.php?k=czozOilzMTQiOw==>

Norma Chilena Oficial 853 (2007). Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. 47 p.

Ren21. (2016). Energías renovables, reporte de la situación mundial. 32p.

Sernageomin. (2015). Ranking de los 90 volcanes activos de Chile.  
<http://www.sernageomin.cl/archivos/Ranking-de-Volcanes.pdf>

Sernageomin. (2008). La geotermia en Chile.  
[http://www.sernageomin.gov.cl/images/descargas/planeta\\_tierra/CSilvaSNGM.pdf](http://www.sernageomin.gov.cl/images/descargas/planeta_tierra/CSilvaSNGM.pdf)

Voher. (s.f.). Eficiencia energética, energía geotérmica.  
<http://www.voher.cl/como-funcionan-los-sistema-geotermicos>

#### Referencia de tesis

Rondon C., R. 2007. Desarrollo de un plan de negocios: Empresa de climatización geotérmica habitacional. Tesis Tit. Ing. Civ. Ind. Santiago, Univ. de Chile, Fac. Cien. Fis. Y Mat. 81 p.

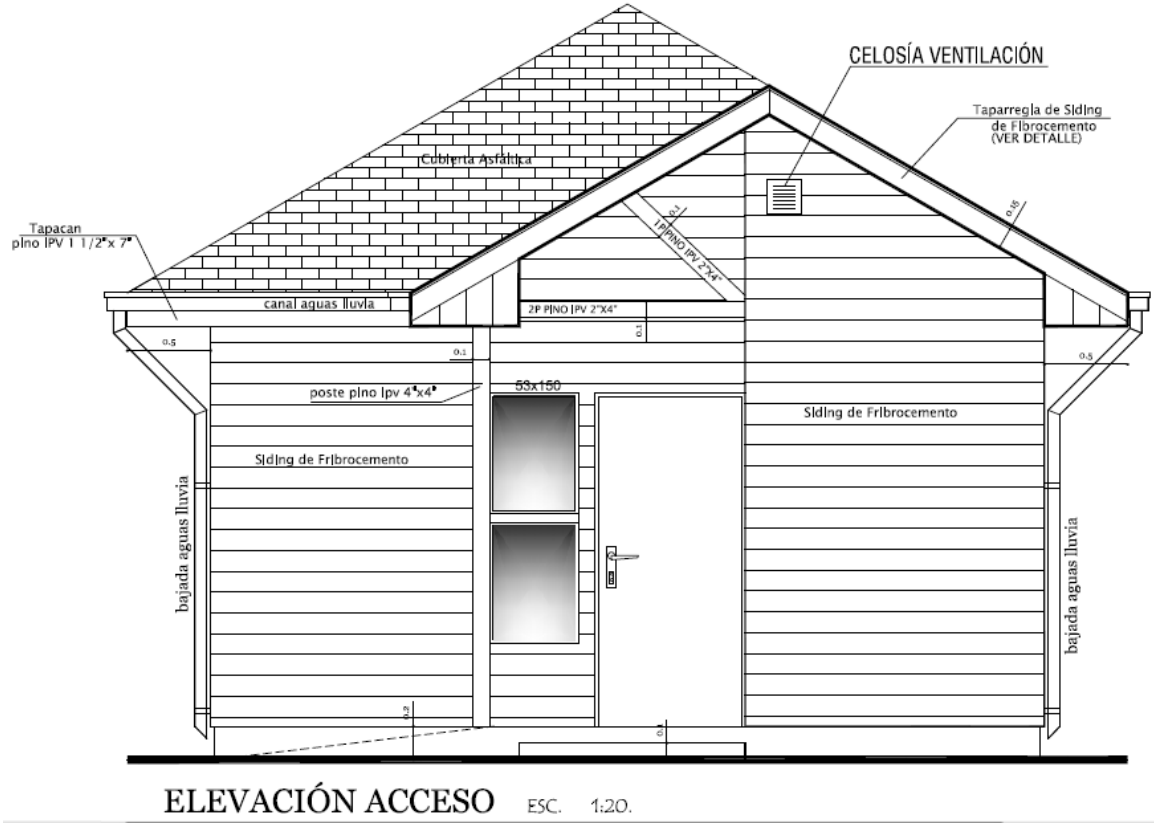
Rosa C., R.A. 2009. Diseño de intercambiador horizontal cerrado para bomba de calor geotérmica aplicada en la calefacción de una edificación con uso de

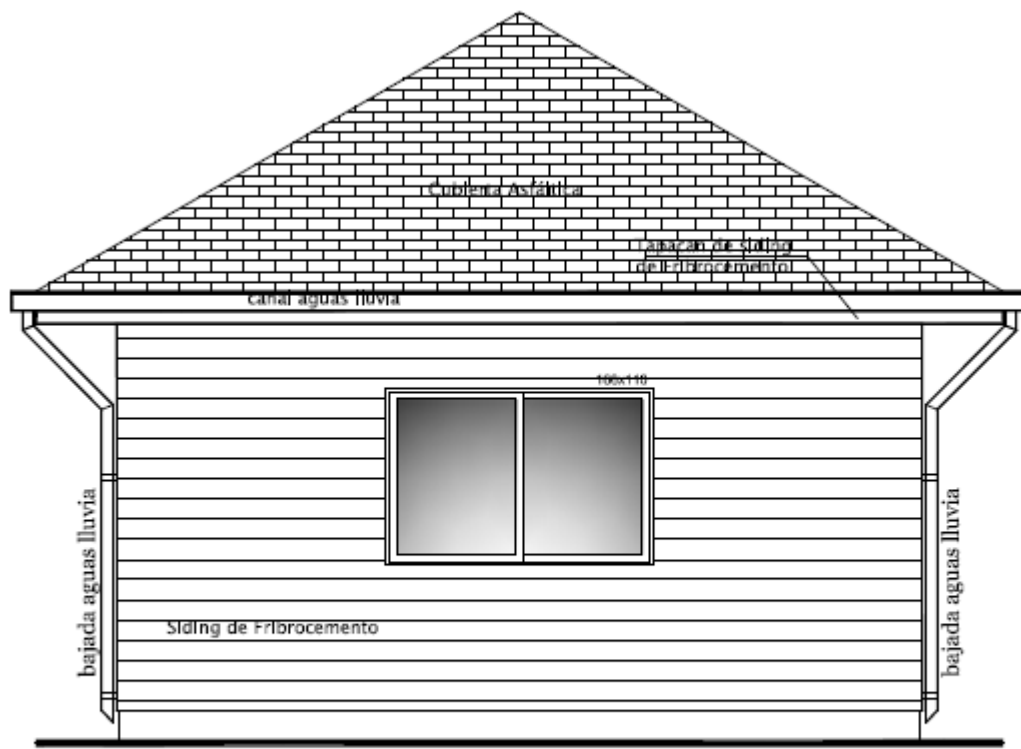
oficina en Puerto Montt. Tesis Tit. Ing. Const. Valdivia, Univ. Austral de Chile,  
Fac. Cien. De la Ing. 140 p.

# 8. ANEXOS

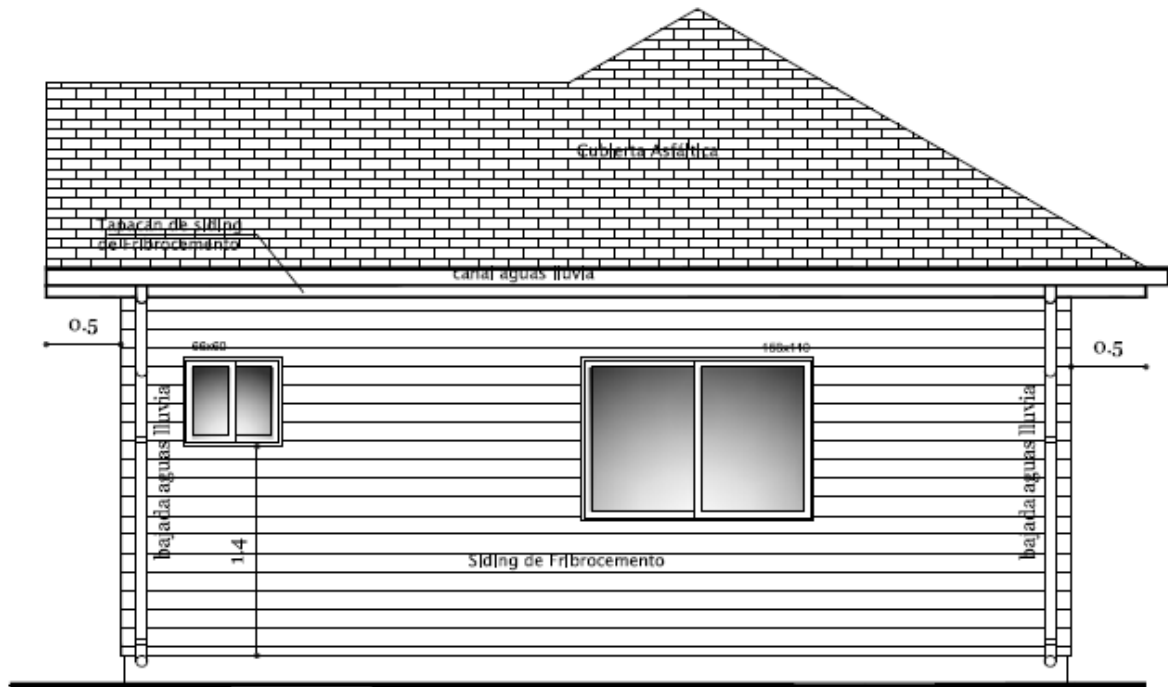
## ANEXO 1

### Planos

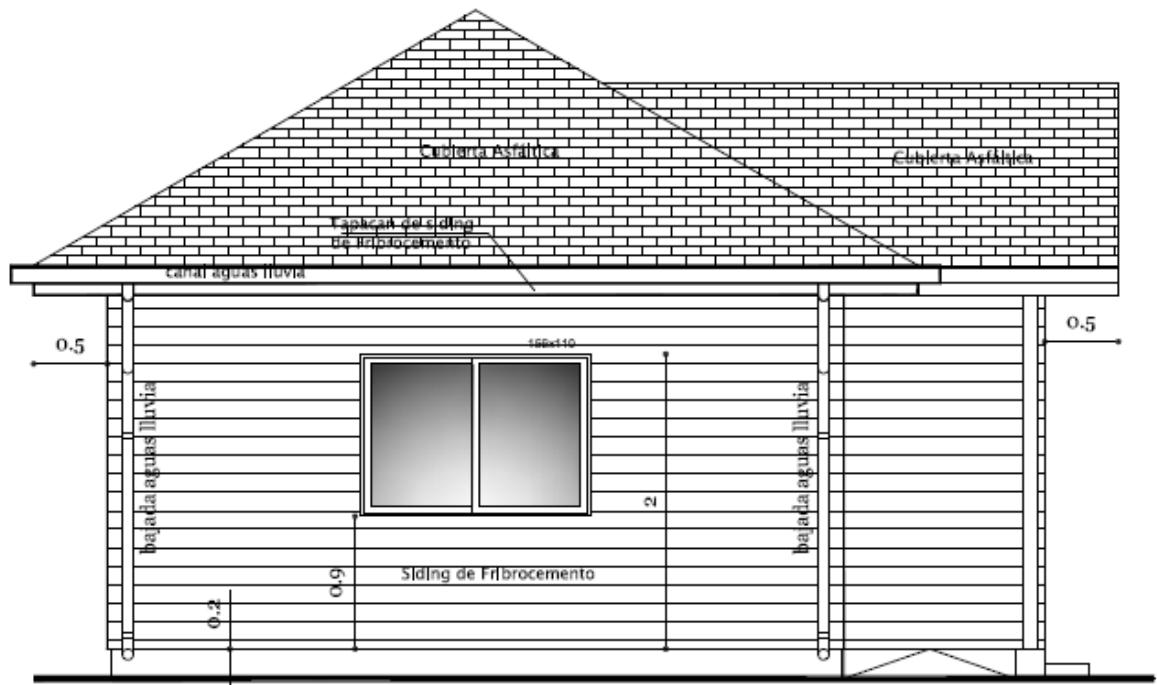




ELEVACIÓN POSTERIOR ESC. 1:50.

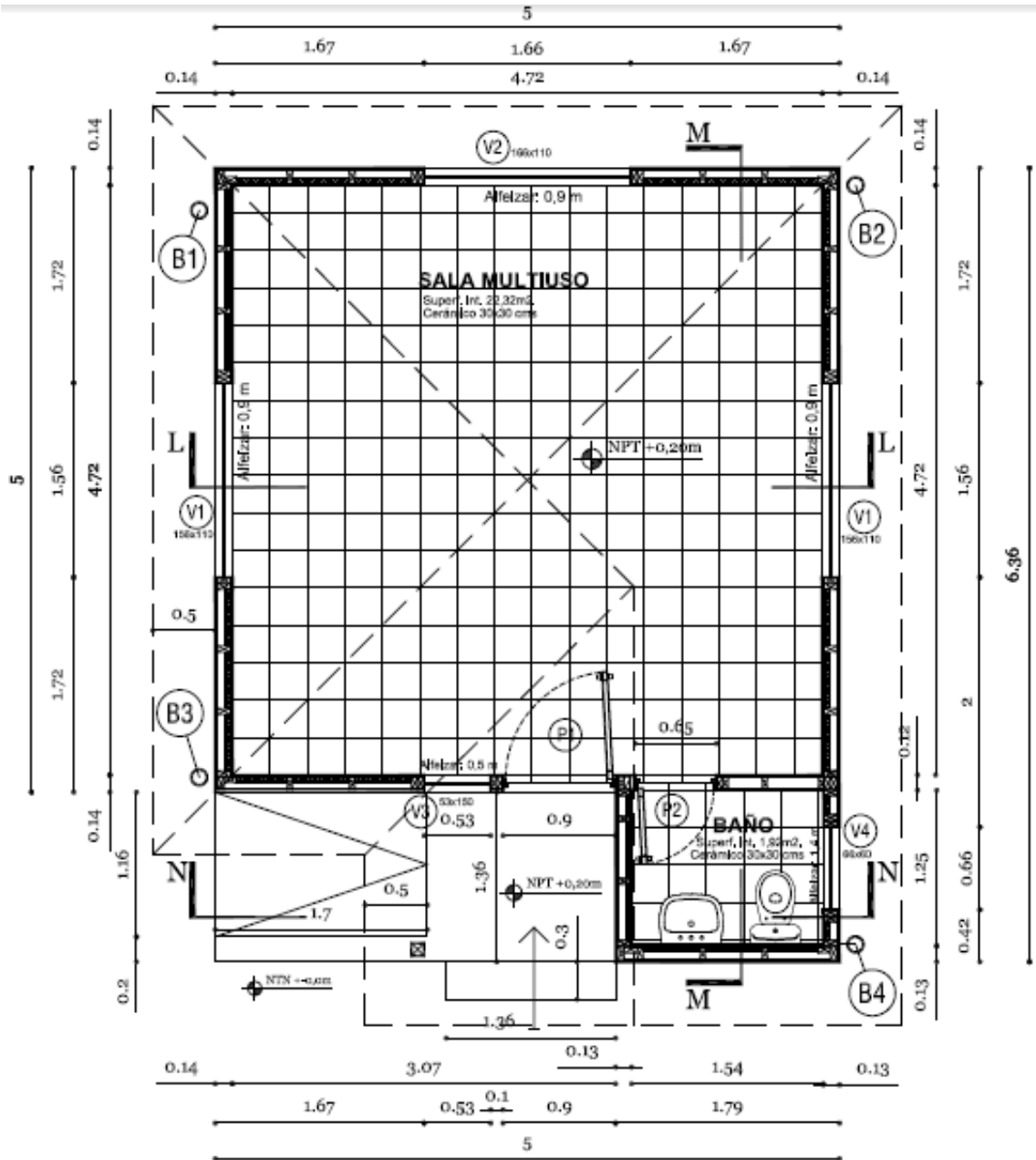


ELEVACIÓN LATERAL ESC. 1:50.

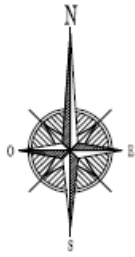


**ELEVACIÓN LATERAL** ESC. 1:50.



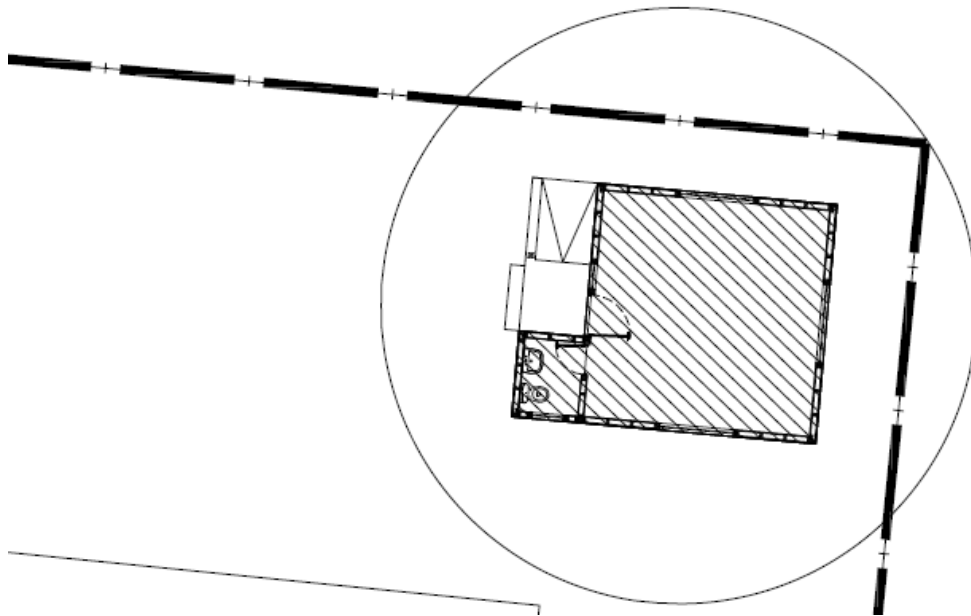


PLANTA DE ARQUITECTURA  
 Esc. 1:50

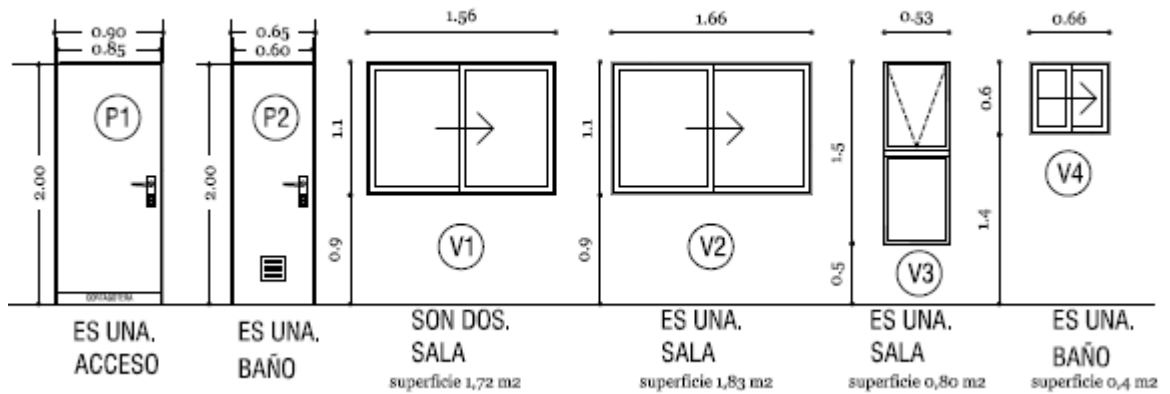


# EMPLAZAMIENTO

ESC. 1: 800



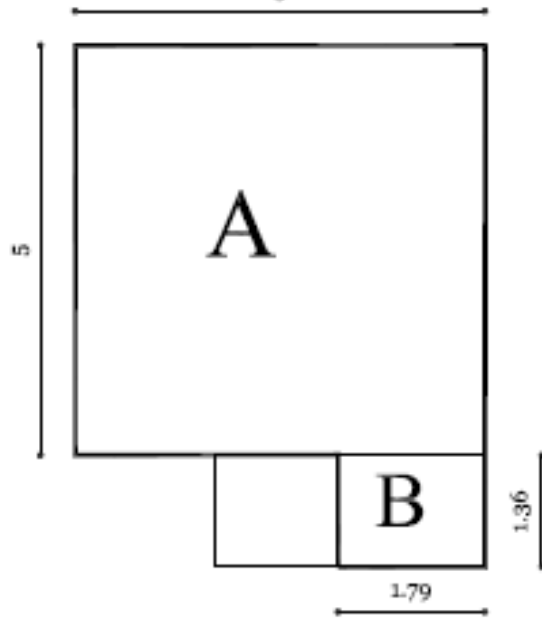
## DETALLE DE PUERTAS Y VENTANAS ESCALA: 1:50



POLIGONO DE SUPERFICIES

Esc. 1:100

5



## ANEXO 2

### Especificaciones técnicas sala multiuso

#### GENERALIDADES

- Las presentes Especificaciones Técnicas son la base de construcción de la "CASA CHILE CRECE" Estructurada en MADERA SOBRE RADIER, en un nivel.
- Se consulta la inspección técnica del ITO a través de un profesional del área de la construcción, debidamente identificado en el Libro de Obras correspondiente.
- El Contratista deberá proporcionar las facilidades necesarias para que el ITO realice su labor sin tropiezos y permitir el acceso a servicios higiénicos y oficina, si así correspondiere a la obra.
- Se consultan las garantías exigidas en la reglamentación vigente y/o contrato que origina esta oferta.
- Se consultan todos los estudios y ensayos de materiales que sean requeridos para verificar la buena ejecución de las obras, conforme a lo exigido por el Inspector Técnico de Obras, cuando se amerite duda de la buena calidad de los materiales:
  - Hormigones en General.
  - General Materiales, todo sistema constructivo y su aplicación en obra debe cumplir la norma en cuanto a resistencia al fuego, resistencia acústica y acondicionamiento térmico.
- Durante la ejecución de las obras, se exigirá la supervigilancia de la obra de un profesional del área de la construcción (arquitecto, ingeniero civil, ingeniero constructor, constructor civil) como CONSTRUCTOR responsable de la obra. Este profesional deberá tomar conocimiento de las anotaciones, instrucciones, sugerencias y/u observaciones indicadas por el ITO u otros fiscalizadores, en el Libro de Obras.

#### 1/ INSTALACION DE FAENAS Y TRABAJOS PREVIOS

#### 1/1 INSTALACIONES PROVISIONALES

- a) Consulta la ejecución de arranques, uniones y empalmes, redes provisorias de agua potable, alcantarillado y electricidad, necesarias para ejecutar la obra.
- b) A partir de la entrega del terreno por el ITO, el Contratista será responsable de todos los gastos de agua potable, electricidad y otros en que se incurra por servicios conectados a redes públicas.
- c) Terminada la faena, estas instalaciones provisorias serán retiradas por el contratista, ya que son de su propiedad, y el área deberá quedar limpia y seca.

#### 1/2 TRABAJOS PREVIOS

- a) Se consultan todos los gastos referidos a desmalezamiento, limpieza y escarpe del terreno, para dejarlo apto para la ejecución de la obra.
- b) Del mismo modo, se consulta despejar el terreno de todo elemento que entorpezca el normal desarrollo de la obra.

### 1/3 RELLENOS Y/O MEJORAMIENTO DEL TERRENO

Se consultan todos los gastos relativos al relleno y/o mejoramiento del terreno donde se emplazara la obra, tanto en el suelo de fundación, como en exteriores e interior bajo radier de la vivienda.

### 1/4 ASEO Y CUIDADO DE LA OBRA

Se consultan todos los gastos relativos al aseo y cuidado de la obra, tanto durante la etapa de ejecución, como después de su recepción, en exteriores e interior de la construcción, hasta la entrega de esta al Propietario.

## 2/ OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

### 2/1 OBRA GRUESA

#### 2/1/1 Replanteo, Trazado y Niveles

- a) Antes de iniciar los trabajos, se hará el replanteo general de la obra, fijando estacas en los ejes, líneas de edificación y deslindes de sitio.
- b) Se materializarán los puntos de referencia, para la definición planimétrica y altimétrica de la obra según corresponda, y posteriores rellenos y movimientos de tierra que resulten necesarios.
- c) En la obra, la definición de niveles definitivos se efectuará conforme a la cota de la pavimentación o camino que la enfrenta, en que el nivel de piso terminado debe quedar 0,20 m. más alto que la rasante y/o solera de la calle o camino, en el punto más desfavorable. Sin embargo, en ocasiones especiales y previendo una adecuada solución de aguas lluvias, el Constructor, con visto bueno del ITO, podrá modificar esta definición de niveles.
- d) Una vez efectuado el emplazamiento de la obra, en conformidad con el plano de estructura y/o arquitectura, se hará el trazado de ejes y nivelación de cada una de ellas, levantando un cerco perimetral continuo, a lo menos 1 m fuera del contorno de cada vivienda, cuyo borde superior estará perfectamente nivelado a mínimo 1 m del terreno nivelado.

El nivel de piso terminado (NPT) tendrá en el lugar más desfavorable: una altura de 0,20 m. sobre el nivel del terreno natural perfilado que circunda la construcción, o en su defecto de la calle o camino que enfrenta el terreno.

#### 2/1.2 Excavación

- a) Las excavaciones tendrán el perfil consignado en detalles de fundaciones. El fondo será horizontal y las paredes verticales.
- b) Los desniveles deberán ser salvados mediante escalones, solo en casos justificados por el Constructor. La recepción del sello de fundaciones será por la ITO.

Para terrenos desmoronables será obligatorio la colocación de moldajes y alzaprimas que correspondan.

#### 2/1.3 Cimientos

- a) Serán tipo fundación corrida de hormigón fabricado por medios mecánicos, según dimensiones y disposición que se indica en planos. La mezcla,

colocación en obra y curado del hormigón se hará según norma Nch. 170. La mezcla se realizará mediante betonera, no se aceptará mezclado de hormigón a pala, y se deberá utilizar sistema de compactación mediante vibración mecánica, compactación mecánica.

b) Dimensiones y propiedades mínimas:

Profundidad	Será de una altura de 60 cm. mínimo en hormigón.
Ancho	Mínimo 40 cm.
Hormigón	H10, se aceptará como máximo 20% de bolón desplazador.
Resistencia	100 Kg/cm <sup>2</sup> .
Dosificación	200 a 250 kg/cem/m <sup>3</sup> . (4,7 a 5,9 bolsas/m <sup>3</sup> .)

- c) La profundidad puede ser variable, respetando la profundidad mínima indicada, dependiendo de la estabilidad del terreno, y conservando siempre el sello de fundación horizontal.
- d) Antes de hormigonar se deberá contar con la aprobación de la ITO, quién verificará los sellos de compactación y el emplantado de hormigón, el cual será de 5 cms de profundidad y de resistencia H10.
- e) El contratista programará las faenas de modo tal que se eviten en lo posible las juntas de hormigonado. En caso que estas sean inevitables, se harán en aquellas zonas de menor sollicitación estructural y de acuerdo con las indicaciones del Constructor y visto bueno de la ITO. No se aceptarán nidos en los hormigones
- f) Se deberá dejar pasadas para instalaciones de agua potable, alcantarillado y otras que incluya el proyecto, evitando el daño estructural del cimientto.

2/1.4 Sobrecimientos

- a) Serán continuos, de hormigón armado corrido en todo el perímetro de la fundación más hidrófugo SIKA 1 al 10%, en el agua de amasado, u otro similar incorporado según indicaciones del fabricante.
- b) La enfierradura constará con 4 fierros estriados de 10mm, y estribos de fierro liso de 6mm cada 0,2m. Toda la enfierradura será de acero tipo A44-28H.
- c) La preparación del hormigón considerará revoltura mecánica, y se deberá utilizar sistema de compactación mediante vibración mecánica.
- d) Antes de hormigonar se deberá contar con la aprobación del profesional Constructor, quién revisará que las enfierraduras y el moldaje se encuentren correctamente colocado en obra.
- e) Dimensiones mínimas:

Ancho	Mínimo 0,15 m.
Alto	Mínimo 0,20 m.

2/1.5 Extracción de Escombros

Los escombros y/o desechos provenientes de las excavaciones y/o escarpe del terreno, u otros, se transportará a botadero autorizado a costa del contratista, salvo aquellos que con el V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> del ITO, estén aptos para ser utilizados en rellenos.

21.6 Radier /

- Cama de Ripio

Sobre el terreno natural compactado, y/o sobre los rellenos interiores compactados, se aplicará capa de ripio de 7 cm. de espesor, regada y compactada.

- Cama de arena

Sobre el ripio irá una capa de 5cms de arena, la cual servirá como base de apoyo del polietileno.

- Polietileno

Sobre la cama de arena, como barrera contra la humedad, se consulta la colocación de polietileno de 0,2 mm de espesor, con un retorno mínimo del espesor del radier y traslapes de 20 cm.

Hormigón Radier

a) Dimensiones:

Espesor	mínimo 8 cm.
Hormigón	H15 mínimo.
Resistencia	150 Kg/cm <sup>2</sup> .
Dosificación	240 a 270 kg/cem/m <sup>3</sup> . (5,7 a 6,4 bolsas/m <sup>3</sup> .)

- b) Se rige por norma NCh 170 Of 85.
- c) Consulta tamaño máximo de la grava 2,5 cm.
- d) Confinado en los sobrecimientos.
- e) Consultará hidrófugo si la dosis de cemento es menor a 250 kg/cem/m<sup>3</sup>.
- f) Se afinará en fresco monolíticamente.
- g) Los niveles de piso terminado tendrán altura respecto al terreno exterior perfilado, según detalles respectivos, que no podrá ser inferior a 20 cms en el sector más desfavorable.
- h) Se consulta la fabricación de una rampa de acceso, la cual será un radier inclinado que considera cama de radier, ripio y polietileno (ver corte constructivo).

#### 2/1.7 Tabiquerías Estructurales de Madera

- a) Se consideran en el perímetro de la construcción.
- b) Se rige por Normas Técnicas NCh 176 - NCh 1198 Of. 91 - NCh 1207 Of. 90, y cumplimiento Artículo 4.1.10. O.G.U.C.
- c) Certificación de madera tipo G1 para todas las tabiquerías estructurales.
- d) Máximo contenido de humedad: CH = 15 % al momento de ingresar a obra.
- e) Escuadría mínima: 2"x4" elaborado.
- f) Tipo de Madera: Pino ipv. Se certificará una retención neta mínima de 4,0 Kg/m<sup>3</sup>. NCh 819 Of. 96
- g) Sistema de fijación para el armado de los componentes: clavo helicoidal con punta de resinas o clavo corriente. Deberá considerar a lo menos 2 fijaciones por cada nudo o encuentro entre piezas. Para la fijación de piezas solidarias entre si (dos pies derechos o similar) deberá considerarse, como regla general, un mínimo de una fijación cada 150 mm.
- h) En vanos de puertas y ventanas se considerarán como mínimo dos piezas de madera clavadas y solidarias entre sí (pie derecho y jamba), a cada costado del vano correspondiente, además de dos piezas en los Dinteles y Alfeizares, dispuestas verticalmente (ver detalles en planos).
- i) Los tabiques estructurales presentarán, a lo menos, una solera de amarre fijada sobre la solera superior en la misma escuadría utilizada para el resto de

los componentes.

- j) El sistema de anclaje se considerará como:
  - Uno por cada 600 mm. de longitud;
  - Uno en cada extremo de inicio y término del tabique, y
  - Uno en cada costado del vano de puerta.
- k) Los elementos de anclaje para los tabiques estructurales podrán ser:
  - Espárrago de acero  $\varnothing$  8 mm. empotrado 150 mm. como mínimo en el elemento de hormigón, con un gancho recto de 100 mm. El espárrago deberá sobresalir, por sobre la solera inferior del tabique, un mínimo de 100 mm.
  - Perno de anclaje de fe  $\varnothing$  8 mm. empotrado 100 mm. como mínimo en el elemento de hormigón, con un gancho recto de 100 mm.
- l) En los encuentros de tabiques estructurales en línea, en “L” o en “T”, independiente de las uniones clavadas, deberá considerarse tres uniones mediante pernos o tirafondos de  $\varnothing$  8 mm. como mínimo, solo en casos de prefabricación.
- m) Los tabiques estructurales deberán confeccionarse con diagonales estructurales (cuyo ángulo de inclinación mínimo y máximo es de 40°) que podrán cortar los pies derechos con el fin de asegurar su continuidad estructural. Ver detalles de tabiques en planos.
- n) Los pies derechos podrán distribuirse cada 500 mm. máximo a eje (o según modulación de las placas de OSB: 1,22x 2,44 m.), y finalmente 3 filas de cadenas horizontales distribuidas uniformemente a la altura del tabique.
- o) Soleras que estén en contacto con hormigón serán de pino i.p.v.
- p) Las piezas asentadas sobre el hormigón llevarán una barrera a la humedad papel fieltro 15 lbs. con retorno de 3 cm. por ambos costados de la solera.

#### 2/1.8 Moldajes

- a) Se consulta para todos los elementos de hormigón a preparar en obra.
- b) Deberán estar perfectamente sellados y afianzados entre sí y el terreno, para resistir presiones del hormigón y evitar fugas de lechadas.
- c) Antes de iniciar el hormigonado se controlará la limpieza, humedad, estanqueidad y solidez del moldaje.
- d) Se consultan de madera elaborada, pino en bruto, como mínimo, con aplicación de desmoldante previo al hormigonado.

#### 2/1.9 Hormigón Armado (Sobrecimientos)

- Hormigón

- a) Consulta revoltura mecánica de la mezcla, compactación mecánica.
- b) Se considera el tipo de hormigón a preparar según el elemento a hormigonar.
- c) Se deberá controlar el tamaño máximo del árido grueso utilizado en la fabricación del hormigón.
- d) El profesional encargado de la obra verificará el cumplimiento de los tiempos necesarios de mezclado, verificando que la mezcla sea homogénea de consistencia y docilidad adecuada.
- e) Durante la colocación del hormigón no deberá producirse segregación de la mezcla, vaciándose cerca de su posición definitiva.
- f) El hormigonado se efectuará en forma continua, sin interrupciones, hasta alcanzar la junta de construcción, que deberá ser horizontal.
- g) A la unión de hormigón fresco con hormigón antiguo se deberá aplicar un puente de adherencia en base a resinas epóxicas, sobre el hormigón sano, sin



- poros ni material suelto.
- h) Se compactará en forma mecánica con vibrador de inmersión.
  - i) No se deberá vibrar las enfierraduras ni los Moldajes.
  - j) El curado se inicia al evaporarse el agua de exudación, debiéndose prever un tratamiento de curado que mantenga un adecuado nivel de humedad interna de la masa, para permitir una buena hidratación del cemento.
  - k) El profesional constructor a cargo, supervisará en obra los correctos traslapes de enfierradura en encuentros de esquinas u otros, colocándose las escuadras requeridas para todos los encuentros. De la misma forma se verificará los distanciamientos entre el moldaje y enfierradura no menor a 2 cm.

#### CADENA Sobrecimiento/ y viga de fundación

Sección	Mínimo 0,15 m. x 0,20 m.
Hormigón	H20.
Resistencia	200 Kg/cm <sup>2</sup> .
Dosificación	270 a 300 kg/cem/m <sup>3</sup> . (6,4 a 7,1 bolsas/m <sup>3</sup> .)
Enfierraduras	4 fe 10 mm estriados, y estribos fe 6 mm. @ 20 cm.

- Fierro

- a) Conforme a lo anterior los diámetros de la enfierradura y de los refuerzos, y tipo de acero a emplear según lo estipulado en la Ordenanza General de Construcción y Urbanismo para elementos de construcción no sometidos a cálculo de estabilidad.
- b) Se controlará la cantidad, correcta ubicación y linealidad de las barras; la calidad y tipo de acero; concordancias de diámetros, distancia entre ellas, amarras, trabas transversales, conexiones, alineamientos y escuadra; todo ello según normativa vigente.
- c) Las barras de acero deberán estar limpias, libres de polvo, aceite, restos de mortero y óxido suelto.

#### 2/1.10 Estructura de Techumbre:

- a) Estructura en base a cerchas de madera 1" x 4" de pino ipv, según detalles de planos.
- b) Tipo de madera: Pino ipv.
  - Las definidas en los N°s 1 al 5 del Art.5.6.8 de la O.G.U. y C.
  - Impregnación a presión y vacío (I.P.V.) en aquellos casos en que se justifique, según proyecto respectivo, posibilidades de pudrición por humedad o ataque de insectos. En todo caso, si el tirante inferior de una o más cerchas, se apoya en forma continua sobre una losa o elemento de hormigón armado, dicho componente deberá ser, a lo menos, una pieza impregnada, que además deberá considerar la colocación de fieltro de 15 libras entre la madera y el hormigón como un elemento de protección contra la humedad. Se deberá certificar una retención neta mínima de 4,0 Kg/m<sup>3</sup>. NCh 819 Of. 96.
- c) Certificación de madera tipo G1, según NCh 1207 Of. 90.
- d) Contenido de humedad máximo: CH = 15% al momento de ingresar a obra.
- e) Escuadrías determinadas por proyecto de estructura respectivo, de acuerdo a normativa vigente.
- f) Sistema de fijación para el armado de los componentes: Uniones clavadas con refuerzos de madera aserrada, según proyecto de estructura respectivo.
- g) La fijación de la cercha, deberá efectuarse tanto a la solera superior como a la

solera de amarre mediante 2 clavos lanceros de 4" mínimo, en el caso de tabiques estructurales de madera.

- h) Sistema de fijación para el armado de los componentes: **5 clavos** como mínimo por unión, y por ambos lados en el encuentro de **3 piezas**. La cabeza de las cerchas se reforzará mediante la colocación de 2 piezas de madera similares al resto de la cercha (según plano).
- i) Las cerchas se arriostrarán entre sí mediante cruces se **San Andrés**, las que irán bajo la cumbrera.
- j) Costaneras, se consulta de pino IPV 2"x2" como mínimo cada 0,4 m sobre las cerchas, además se considera un cadeneteo de la misma escuadría según sea necesario.
- k) En porche de acceso se dispondrá de una estructura de poste y viga consistente en un poste de madera pino ipv de 4"x4" y dos vigas de madera pino ipv de 2"x4" cepillado, los cuales soportarán las cerchas que en estos sectores se proyectarán más allá del perímetro de la construcción. El poste se anclará sobre pletina metálica anclada a la viga de fundación según detalle de planos, y las vigas de madera se anclarán al poste y tabiques perimetrales mediante 3 tornillos autoperforante de 8 mm, los cuales deberán atornillarse a los pies derechos y soleras superiores.

#### 2/1.11 Cubierta

- a) Considera cubierta de tejuela asfáltica de color a definir por el propietario.
- b) Sobre estructura de techumbre se colocarán placas de OSB de 9,5mm, por lo cual las cerchas, costaneras y cadeneteos deberán seguir la modulación de estas placas (122x244 cms).
- c) Sobre las placas de OSB, y como barrera de humedad deberá colocarse fieltro de 15 libras, corcheteado y debidamente traslapado.
- d) La tejuela se colocará con clavo terrano de 1 ½".
- e) En limahoyas y limatones las tejuelas deberán quedar alineadas (continuidad de las líneas).
- f) Las cumbreras se harán con la misma tejuela.
- g) En el encuentro de la tejuela con tapareglas se dispondrá de una hojalatería que permita cubrir dicho encuentro (ver detalle en planos).

#### 2/1.12 Hojalatería

Serán de zinc-alum de 0,4mm. La unión entre tramos de canal, bajadas y otros elementos de aluminio-zinc, se hará con remaches de aluminio colocados cada 2 cm. más soldadura o sello por la cara interior de las hojas que se traslapan, en el caso de encuentro canal-bajada se usará cubeta de conexión.

- Canales

- a) Serán ocultas y de acuerdo a detalles y escantillones, se consideran las siguientes condiciones mínimas serán:
  - 1 Pendiente de canales será de 0,5 a 1 %.
  - 2 Sección de Canales: Sección de 15 cms x 20 cms.
  - 3 La fijación de las canales a la estructura de techumbre o tapacanes, se harán mediante ganchos de Fe galvanizado (pletinas de 25x2 mm), o ganchos de PVC. Irán atornillados a las costaneras o al tapacán, los ganchos se instalarán cada 1 m.
  - 4 El perfil de las canales incluirá aleta bajo cubierta.
  - 5 Espesor de 0,4 mm.

- Bajadas

- a) Serán de PVC de 75mm con protección UV.
- b) Las bajadas se afianzarán a los muros con abrazaderas de Fe galvanizado separando la bajada del paramento en 2,5 cm, o de PVC de 75 mm, fijados de acuerdo a diseño, y serán 2 por cada bajada.

#### Cortagoteras

- a) Se colocarán exteriormente en dinteles y encuentros de revestimientos.
  - b) Serán de Aluminio-Zinc, espesor 0,40 mm.
  - c) De diseño según planos o de acuerdo a las necesidades de cada caso.
  - d) Se afianzarán mediante tornillos galvanizados.
  - e) Se colocarán previo a la instalación de los revestimientos exteriores.
- Forro Remate tejuela-taparregla
    - a) Serán según planos y cubrirán el encuentro entre la tejuela asfáltica y el taparregla de los frontones.
    - b) Serán de zinc-alum de 0,4mm, pintados negros con esmalte sintético.

#### 2/1.13 Aleros

- a) Consulta alero saliente de 50 cm.  
Se consultan en todo el perímetro de la construcción, medido en sentido horizontal desde el plano exterior del muro terminado hasta el punto más cercano de la cara exterior del tapacán.
- b) Como revestimiento de alero se considera pino Fibrocemento de 6mm sobre entramado de pino de 2"x2" según detalles y escantillones.
- c) La terminación del encuentro del revestimiento exterior con el forro del alero, se hará mediante un junquillo que cubra totalmente la unión, tipo ¼ de rodón de 20mm.

#### 2/1.14 Tapacán

- a) Será de pino ipv de 1 ½" x 7" o de Siding de fibrocemento de 6 mm (placas de 190mm x 3660mm), el que se colocará sobre entramado de pino de 2"x2", según detalles y escantillones.

#### 2/1.15 Taparregla

- a) Será de Siding de fibrocemento de 6 mm (placas de 190mm x 3660mm), colocado sobre una pieza de pino de 2"x4" cepillada, según detalle de taparregla.

#### 2/1.16 Timpanos y Frontones

- a) Como revestimiento se Siding de fibrocemento de 6 mm (placas de 190mm x 3660mm), bajo este se extenderá una capa de fieltro 15 libras, siendo una continuidad del revestimiento exterior.

#### 2/1.17 Ventilación de Techumbre

- a) Celosía de ventilación en frontones, aluminio de 20 x 20 cm<sup>2</sup>, una en cada frontón en su extremo más alto.
- b) Celosía de ventilación en aleros, se instalarán 4 celosías de aluminio de 20 x 20 cm<sup>2</sup> cada una, ubicada en extremos de aleros laterales.

#### 2/1.18 Alféizares

- a) Serán de pino IPV 1 1/2"x5", y consultarán pendiente al exterior.
- b) Deben consultar solución que reciba y evacue las aguas de condensación.
- c) Se consulta de pino ipv. con nariz saliente del plomo del paramento exterior.
- d) Se aplicarán los sellos de silicona que sean necesarios, en los encuentros del alfeizar con el tabique, para garantizar la estanqueidad de las ventanas.

#### 2/1.19 Contramarco de ventanas

- a) Serán de Pino IPV 1"x5".
- b) Irán a plomo con el revestimiento exterior.
- c) Para solucionar la unión con el revestimiento se colocará una cubre junta de pino de 1"x3" verticalmente (jambas), y en el dintel un cortagotera de zinc alum, según detalles y escantillones.
- d) Se aplicarán los sellos de silicona que sean necesarios, en los encuentros con el tabique, para garantizar la estanqueidad de las ventanas.

#### 2/1.20 Gradas exteriores

- a) En las salidas al exterior deberá consultarse cuerpo de grada del mismo material del sobrecimiento.
- b) El perímetro de las gradas deberá consultar una viga de fundación de 15x20cms, con 4 fierros de 10mm estriados y estribos de fierro liso de 6 mm cada 20cms, la cual confinará un radier de 8 cms sobre relleno de ripio compactado de 7 cms, según detalle de planos.
- c) Gradas exteriores deberán consultar revestimiento de material antideslizante.
- d) Además deberán tener una pendiente de evacuación de aguas lluvia del 2%, hacia el exterior.

## 2/2 TERMINACIONES

### 2/2.1 Aislación Termica Cielos

- a) Se consulta lana de vidrio, espesor 100 mm. mínimo.
- b) Se cumple con Art. 4.1.10 de la O.G.U.C.

### 2/2.2 Aislación Termica Muros Perimetrales

- a) Se consulta Poliestireno Expandido, Espesor 30 mm. mínimo, y densidad mínima de 10 kg/m<sup>3</sup>.
- b) Se cumple con Art. 4.1.10 de la O.G.U.C.
- c) Lo más cercano según listado Oficial del MINVU de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico y Acústico, sería el Código: 1.2.M.C9. Se adjunta memoria para respaldar la solución elegida.

### 2/2.3 REVESTIMIENTO EXTERIOR

- a) Todos los muros exteriores se revestirán con placa OSB de 9,5 mm, y posteriormente se colocará una capa de fieltro de 15 libras para recibir el Siding de fibrocemento de 6 mm (placas de 190mm x 3660mm).
- b) Previa a la instalación verificar que los muros a revestir estén aplomados y sin deformaciones.
- c) Los perfiles cortagoteras deberán colocarse antes de colocar el revestimiento de Siding.
- d) La colocación de las tablas de Siding debe iniciarse en sentido ascendente.

- e) Las uniones verticales de las tablas deben seguir una secuencia de serpentina, de manera que las uniones queden alternadas verticalmente.
- f) Los encuentros horizontales entre placas de Siding nunca deberán ir de tope, por lo cual se dejará una separación de 2mm sellado con silicona.
- g) Las placas deberán llevar un traslapeo vertical de 3 cms.
- h) Fijaciones con tornillo pizarreño zincado auto perforante y autoavellanante de punta aguda de 6 x 1 ¼" para madera. Es importante marcar la línea de fijación en cada tabla.
- i) En los encuentros de esquinas exteriores se colocarán franjas de fibrocemento de 8 mm y de 75 mm de ancho, una por cada lado, y aplicando sellos de silicona.
- j) En los encuentros de esquinas interiores se colocarán ¼ de rodón de 1", y aplicando sellos de silicona.

#### 2/2.4 REVESTIMIENTO INTERIOR

Para el caso de revestimientos de tabiques y cielos, se tendrá presente lo siguiente:

- a) Se revisará la alineación y modulación del entramado que recibirá las planchas o piezas de madera. La humedad de la madera no será superior al 15%.
- b) Los clavos de fijación irán a no más de 15 cm. entre sí.
- c) La calidad de las planchas o piezas de madera y elementos complementarios, será óptima no admitiéndose deformaciones, roturas, ralladuras, astilladuras ó descuadres.
- d) Entramado de cielo raso, Tipo de Madera: Pino radiata aserrado, mínimo de 2" x 2" cada 40 cm.
- e) Sistema de fijación para el armado del entramado de cielo: clavo helicoidal con punta de resina o clavo corriente. Deberán considerarse, a lo menos 2 fijaciones por cada nudo o encuentro entre piezas.
- f) El sistema de anclaje se considerará como:
  - Uno por cada 150 mm. de longitud contra tabique estructural de madera
- g) Los elementos de anclaje a perímetro para los entramados de cielo raso serán:
  - Clavo corriente 4", o su similar helicoidal con punta de resina, contra la tabiquería estructural perimetral.
- h) Para colgar o anclar la estructura de los entramados de cielo en sectores centrales se colocarán colgadores de madera, de igual escuadría, clavados al tirante de las cerchas, o conectores metálicos por anclaje a razón de 4 por cada m<sup>2</sup>. de entramado de cielo.
- i) Se consultan cualesquiera de los siguientes tipos:
  - Pino 3/4"x4" en tabiques.
    - a) Se considera solo en zonas secas.
    - b) Será Machihembrado.
    - c) Interiormente se colocará una barrera de vapor y que será polietileno de 0,1mm.
  - Volcanita 10mm en cielos.
    - d) Se considera solo en zonas secas.
    - e) Las uniones entre planchas llevarán guincha plástica y se empastaran, y por lo tanto se entregarán lijadas y perfectamente lisas.
    - j) Se colocarán con tornillo para volcanita.
    - k) Los tornillos de fijación irán a no más de 30 cm. entre sí.
  - Fibrocemento 6 mm en tabiques y cielos

- a) Se considera solo en zonas húmedas: baños.
- b) Planchas de fibrocemento 6,0 mm. mínimo.
- c) Consulta fieltro asfáltico N° 15 lbs. bajo planchas.
- d) Los revestimientos de fibrocemento consultan juntas de dilatación no mayor de 3 mm convenientemente selladas con silicona neutra, pintable y lijable.

2/2.5 ESCOTILLA

En la proyección del punto más alto de la techumbre, en cielo se dejará escotilla para registro de entretecho de 0,70 x 0,70 adecuadamente estructurada, con tapa, manilla y aislante (aislapol de 100mm) en la tapa.

2/2.6 PAVIMENTOS

- Cerámica

Consulta pavimento de cerámica 30x30 cms en todos los pisos. Se instalarán con bekrón y las uniones entre palmetas serán de 3 a 5mm, se fraguarán con fragüe de color similar al cerámico. Solo al interior de la obra, las gradas exteriores serán revestidas con pintura para hormigón.

2/2.7 PUERTAS

Se consultan puertas de dimensiones que se indican, en siguientes recintos:

UBICACIÓN	ANCH O	TERMINACIÓN
Acceso Principal	85 cm.	Pintura completa
Baños	60 cm.	Pintura completa.

- a) Las puertas exteriores obligatoriamente deberán consultar botaguas y sellos contra el viento en el borde inferior.
- b) Las puertas exteriores tendrán ajuste y diseño que impida el paso de aguas lluvias.
- c) Las puertas que abatan contra paramentos, consultarán tope de goma fijado al piso.
- d) Altura mínima de 2 m.
  - MARCOS

- a) Anclaje del marco de puerta al vano por medio de tornillo para madera de 2 ½” mínimo. Se considerará:
  - Anclajes por cada batiente.
  - 1 anclaje en el cabezal.
  - El marco de puerta deberá estar conformado por una sola pieza de madera. En ningún caso se aceptarán marcos “hechizos” de dos o más piezas clavadas entre sí. Se aceptan con unión finger joint.
- b) Antes de proceden a fijar el marco de puerta, deberá verificarse que cada costado del vano está conformado por dos piezas de madera (pies derechos) clavadas y solidarias entre sí.
- c) De igual forma, deberá verificarse que el tabique que recibe el marco de puerta, se encuentre perfectamente anclado en sus extremos superior e inferior.
- d) Se deberá consultar un sello en la unión entre el marco de la puerta del baño y

su vano.

e) Marcos de Puertas Exteriores:

Madera de pino ipv.

Marcos de Puertas Interiores:

Madera MDF elaborado, en una sola pieza, escuadría mínima de 25 x 65 mm. Consulta ipv en baño.

- HOJAS DE PUERTAS

Hojas Exteriores

- a) Espesor mínimo de puertas será 45 mm. con bastidor completo.
- b) Hojas de puertas exteriores, deberán asegurar indeformabilidad y buen comportamiento a los agentes climáticos.
- c) Fijación mediante 3 bisagras de 3 1/2" x 3 1/2".
- d) Serán Lisas de placas de terciado con bastidor forrado completo y pegamento para exterior, o puertas reutilizadas.

Hojas Interiores

- a) Espesor mínimo de puertas será 40 mm. con bastidor completo.
- b) Hojas de puertas de zonas húmedas deberán asegurar indeformabilidad y buen comportamiento a la humedad.
- c) Fijación mediante 3 bisagras de 3" x 3"
- d) Serán Lisas de placas de terciado con bastidor forrado completo, o puertas reutilizadas.

## 2/2.8 VENTANAS, MARCOS y VIDRIOS

- a) El Marco será de pino ipv, de ser necesario tendrán por todo el perímetro y desde la línea central un rebaje hacia el exterior de 2 cm. que recibirá la ventana de aluminio, por lo que deberá tener la dimensión necesaria para ello,
- b) El alféizar deberá contar a partir del término del marco de la ventana, con una pendiente hacia el exterior de 20°, y deberá sobresalir al menos 20 mm. del plano del antepecho, con cortagotera.
- c) Todo tipo de marcos de ventana propuesta será de fábrica conocida; deberá dar solución al problema de condensación y evacuación de aguas desde el interior al exterior y las acumulaciones exteriores de agua, considerando desagües hechos en fábrica, a una distancia adecuada y uniforme.
- d) Toda unión de perfiles que conforman el marco de la ventana debe llevar un elemento que permita su estanqueidad al agua. Este elemento debe ser una empaquetadura de PVC, silicona neutra aplicada en el taller u otro material estanco, es decir se debe asegurar la impermeabilidad de la ventana.
- e) Podrán ser de:
  - Se usará como mínimo aluminio línea AL20, de corredera, los pestillos serán del tipo caracol. Se deberá incluir perfil especial en su parte inferior para evacuar las aguas de condensación al exterior protegida.
  - Perfil de Aluminio, según Norma NCh 523 Of. 89 para carpintería de aluminio.
- f) VIDRIOS:
  - Serán transparentes, sin deformaciones ni distorsiones, vidrio monolítico.

- Espesor no será inferior a 3 mm. y tendrá directa relación con su tamaño, peso propio y solicitaciones por carga de viento. Colocación de acuerdo a Norma NCh 135 Of. 98.
  - En baños serán traslúcidos, de fantasía tipo catedral.
- g) Se consulta sello de silicona neutra por todo el perímetro de la ventana, tanto interior como exterior.

Se deberá garantizar la impermeabilidad al aire – estanqueidad al agua – resistencia al viento.

## 2/2.9 CERRAJERIA Y QUINCALLERIA

Cerraduras Puertas:

Acceso principal	Cerradura con caja de acero estampado, con cilindro interior y exterior, picaporte reversible, cerrojo de dos vueltas, con tres llaves y pomo, o reutilizadas.
Baño	Cerradura embutida tipo pomo para baño, abertura desde el exterior, seguro interior, sin llave.

Bisagras:

Las puertas se afianzarán con 3 bisagras de acero zincado de 3 ½" x 3 ½" las exteriores y de 3" x 3" las interiores.

## 2/2.10 GUARDAPOLVOS, PILASTRAS, CORNISAS Y JUNQUILLOS

- Consulta guardapolvos de pino ½" x 4" en encuentro de pisos con paramentos verticales.
- Consulta pilastras de pino ½" x 2" en rasgos de puertas interiores.
- Consulta cornisas de pino finger joint de 1" en encuentro de cielos con paramentos verticales.
- Consulta junquillos de pino ¼ rodón 1" en encuentro de paramentos verticales.
- Consulta pintura óleo sobre guardapolvos, pilastras, junquillos y cornisas, en zonas húmedas y secas.

## 2/2.11 PINTURAS

Se deberán aplicar las manos necesarias de pintura para que quede perfectamente pintado, o dejar una terminación pareja y continua, mínimo serán dos manos.

**Oleo:** Se consulta en dos manos en puertas e interiores en todos los elementos de madera de zonas húmedas que indican las presentes especificaciones. En marcos y hojas de ventanas y puertas de madera al exterior y del recinto de baño, por todas sus caras y cantos. En todo los elementos de madera a la vista, al exterior tales como: ¼ de rodón, cubrejuntas.

**Esmaltes:** Se consulta en dos manos pintura esmalte al agua en el revestimiento de muros y cielos de baño, aplicada según lo indicado por el fabricante. Como terminación exterior, sobre siding de fibrocemento y revestimientos aleros se aplicará como mínimo 3 manos de Esmalte al agua de color a definir por el propietario.

**Aleros:** Se consulta la aplicación de pintura texturada o marmolina de color blanco en todos los aleros (fibrocemento).



Pintura con filtro UV: Se consulta para los ductos de ventilación de PVC de la planta de alcantarillado domiciliaria.

Antióxido: Sobre todo elemento metálico oxidable no zincado o galvanizado (perfiles de acero, cabeza de tornillos, pletinas metálicas). Posteriormente se aplicarán dos manos de esmalte sintético sobre todo elemento metálico.

### 3/ INSTALACIONES DOMICILIARIAS

#### 3/1 INSTALACIONES SANITARIAS

##### 3/1.1 Artefactos Sanitarios

Lavamanos

- a) Será de loza vitrificada. Consulta llaves de agua fría y caliente, metálicas, cromadas, tapón y cadenilla.
- b) Se afianzará mediante pedestal de losa y escuadra metálica, fijada con tornillos y tarugos. Consulta sifón.
- c) Se consulta sello de silicona neutra en atraque de artefactos contra muro.

W.C.

- a) Será de loza vitrificada. Consulta asiento y tapa de plástico de sección tubular cerrada, de tamaño y diseño compatible con el artefacto.
- b) Estanque de loza vitrificada.
- c) Consulta sello cera antifuga instalado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

##### 3/1.2 AGUA POTABLE DOMICILIARIO

Todo según proyecto respectivo y normativa vigente. En patios y/o antejardines, las cañerías deben quedar enterradas a una profundidad mínima de 20 cm. y pueden ser de PVC.

###### 3/1.2.1 Red de agua potable interior:

- a) Consulta red interior de la casa.
- b) Red embutida en radier y/o muros de madera.
- c) Red de agua fría y caliente, en cobre en el interior de la casa.
- d) La red de agua fría y caliente se debe unir mediante puente continuo en sector exterior, u otra zona adecuada, para posteriormente instalar calefón.
- e) Consulta llave de paso a la entrada de baño.

###### 3/1.2.2 Arranque Agua Potable:

No consulta, ya que existe en terreno, solo se considera conexión a arranque existente.

##### 3/1.3 ALCANTARILLADO DOMICILIARIO

- Todo según proyecto respectivo y normativa vigente.
- Ninguna parte de la planta de alcantarillado quedará a la vista y todas las uniones entre elementos se ejecutarán con piezas especiales.
- Las C.I. se ubicarán en el sitio definido, y no en zonas de circulación de

vehículos.

- La altura de las tapas de cámaras será similar a la del relleno o suelo normal del antejardín o patio.

#### 3/1.3.1 Red de alcantarillado interior:

- a) Consulta red de desagüe interior de la casa.
- b) El lavamanos tendrá desagüe con sifón.
- c) Las ventilaciones de alcantarillado tendrán solución de sello en el paso por la cubierta y refuerzo de abrazadera y hormigón en la base. Se aceptará ventilación por el exterior, de tubería de PVC a la intemperie pintada como protección contra rayos U.V.

#### 3/1.3.2 Unión Domiciliaria:

Unión Domiciliaria existente en el terreno.

### 3/2 EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

- a) Se deberá cuidar el emplazar la casa y su altura de piso terminado, de manera tal que esta no sufra ningún riesgo de anegamiento de aguas lluvias. En su defecto, será de cargo del Contratista el adecuar el terreno y hacer las obras necesarias para evacuar las aguas del entorno de la casa y/o evitar riesgos de inundaciones. En este sentido, se ejecutarán movimientos de tierra, perfilados, rellenos y obras de arte que aseguren la evacuación natural de las aguas lluvias en patios, áreas exteriores y antejardines, evitando que escurran hacia la casa. Se debe detallar en plano las obras o movimientos de tierra a ejecutar. El contratista deberá realizar posos de 0,5x0,5x0,5 m rellenos de ripio, en cada bajada de aguas lluvia.

### 3/3 INSTALACIONES ELECTRICAS

- a) La propiedad donde se construirá la casa posee dotación eléctrica.
- b) La instalación eléctrica interior será Embutida.
- c) Los artefactos serán de marca Bticino. Especifica ducto tipo Conduit de 20 mm, fijaciones de artefactos a cajas embutidas con tornillos, y de ductos al entramado de madera de tabiques mediante abrazaderas con tornillo. En caso de curvas no se aceptará curvar el Conduit con soplete, solo se aceptarán curvas de fábrica. La unión de los conductores en cajas se harán mediante estañado, engomado y enguinchado, o mediante conectores autorizados por la SEC.
- d) Toda instalación Eléctrica interior deberá cumplir con la normativa SEC vigente.

#### 3/3.1 Centros de Luz y Enchufe

- a) Los centros de luz consideran roseta y base recta. La roseta ubicada en baño deberá ser sellada y pintada, las cuales no podrán instalarse a menos de 60 cm. del borde del lavamanos respectivamente.
- b) En baño, el interruptor de 16 Amp. debe ser instalado al exterior del recinto.
- c) Todos los artefactos con conexión tipo prensable, certificación de acuerdo a Norma SEC.
- d) Centros, mínimos obligatorios (cl: centro de luz; es y ed : centro enchufe

simple y doble):

RECINTO	CENTROS
SALA	2cl, 4ed
Baño	1cl, 1ed
Porche de Acceso	2cl (tortuga con IP44)

### 3/3.2 Tablero

En el interior de la obra se utilizarán tablero empotrable, para tabiques suministrados con bornes aislados IP2, material aislante auto extinguiible, clase II, puertas rígidas, con capacidad para 10 módulos.

### 3/3.3 Redes y Protecciones

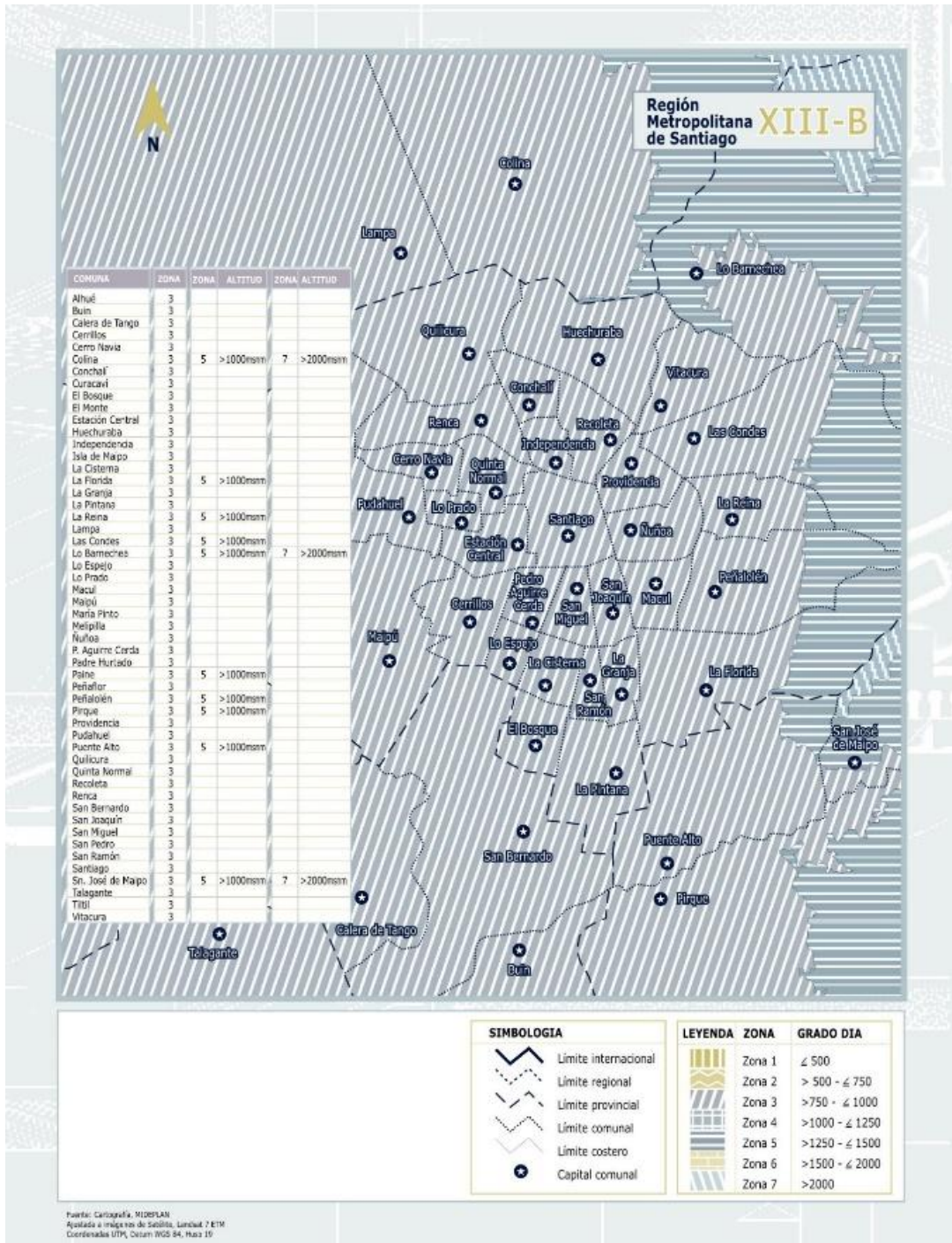
- a) Se consultan automáticos de 10 y 16 Amp. con capacidad de ruptura de 6 K. curva C, con porta etiqueta incorporado para identificación del circuito.
- b) Para la protección de las personas se incluirá en los circuitos de enchufes un interruptor Diferencial Electromagnético de 25 Amp. con reacción de 0,1 a 0,3 seg. Tensión de 220 volt. con porta etiqueta incorporado para identificación del circuito. El funcionamiento del interruptor diferencial no será dependiente de la tensión de alimentación para asegurar su funcionamiento ante cualquier problema de la red de alimentación.
- c) En la red interior deberán considerarse **2** circuitos:
  - 1 circuitos de Alumbrado: I.A: 1x10A sección conductor 1,5. mm<sup>2</sup>, o THHN 14 AWG.
  - 1 circuitos de Enchufes: I.A.:1X16A y I.D2X25A 30mA, sección conductor 2,5 mm<sup>2</sup>, o THHN 12 AWG.
- d) Consulta conexión malla a tierra, u otra solución aceptada por SEC.

### 3/3.4 Empalme

- a) No se consulta, ya que es existente en el sitio, por tanto solo se considera energizar la vivienda conectada a empalme existente, de acuerdo a normativa SEC.

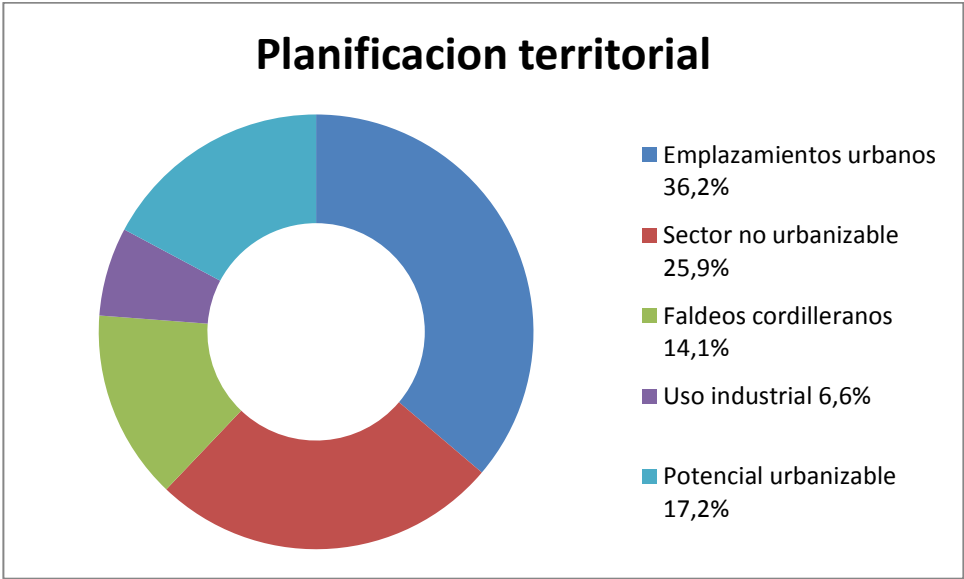
### ANEXO 3

### Zonificación térmica región Metropolitana




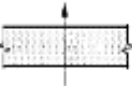
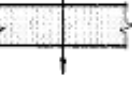
**ANEXO 4**

**Planificación territorial Puente Alto**



## ANEXO 5

### Acondicionamiento térmico tabla N° 2 NCh, 853 of 2007

Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$	$R_{si}$	$R_{se}$	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que $60^\circ$ respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

NOTAS

- 1) Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.
- 2) Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar  $R_{se} = 0$ .
- 3) Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de complejos de techumbres y descendente a través de los pisos.
- 4) Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.

## ANEXO 6

### Acondicionamiento térmico tabla N° 6, NCh 853 of 91

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m . K)
Agua líquida a 0°C	1 000	0,59
Agua líquida a 94°C	1 000	0,69
Aire quieto a 0°C	0,0012	0,024
Aire quieto a 100°C	-	0,031
Adobe	1 100 - 1 800	0,90
Aluminio	2 700	210
Arcilla	2 100	0,93
Arcilla expandida	300	0,09
Arcilla expandida	450	0,11
Arena	1 500	0,58
Asestín de madera	190	0,06
Asfaltos	1 700	0,7
Azulejos	-	1,05
Baldosas cerámicas	-	1,75
Betún	1 050	0,16
Bronce	8 500	64
Cascote de ladrillo	1 300	0,41
Capotillo de arroz	117	0,06
Cebada	470	0,07
Cobre	8 930	380
Escorias	800	0,25
	1 000	0,29
	1 200	0,34
	1 400	0,41
Enlucido de yeso	800	0,35
	1 000	0,44
	1 200	0,56

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m · K)
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Fibro-cemento	920	0,22
	1 000	0,23
	1 135	0,23
Fundición y acero	7 850	58
Grava rodada o de machaqueo	1 700	0,81
Hormigón armado (normal)	2 400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1 000	0,33
Hormigón con áridos ligeros	1 400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1 000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1 400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal:		
- con áridos ligeros	1 600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2 000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrados	2 400	1,63
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
Hormigón en masa con arcilla expandida	1 500	0,55
Hormigón con cenizas	1 000	0,41
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17
	800	0,22
	1 000	0,30
Hormigón normal, con áridos silíceos	600	0,34
	800	0,49
	1 000	0,67
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26



Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m · K)
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12
	400 - 500	0,14
	500 - 600	0,16
Hormigón liviano a base de cascarilla de arroz	570	0,128
	780	0,186
	850	0,209
	1 200	0,326
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,214
	840	0,269
	1 100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1 000	0,46
	1 200	0,52
	1 400	0,60
	1 800	0,79
	2 000	1,0
Ladrillo hecho a mano	-	0,5
Laminas bituminosas	1 100	0,19
Lana de amianto	100	0,061
	200	0,063
	400	0,12
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
	120	0,042

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m · K)
Lana mineral granulada	20	0,069
	30	0,060
	40	0,055
	60	0,048
	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
	140	0,042
Linóleo	1 200	0,19
Maderas		
- alamo	380	0,091
- alerce	560	0,134
- coigüe	670	0,145
- lingue	640	0,136
- pino insigne	410	0,104
- rauli	580	0,121
- roble	800	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106
	850	0,23
Maderas, tableros de fibra	930	0,26
	1 030	0,28
	2 500 - 2 850	2,0 - 3,5
Mármol		
Moquetas, alfombras	1 000	0,05
Morteros de cal y bastardos	1 600	0,87

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m · K)
Mortero de cemento	2 000	1,40
Papel	1 000	0,13
Perfita expandida	90	0,050
Plancha de corcho	100	0,040
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
	Plomo	11 300
Poliestireno expandido	10	0,0430
	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361
Poliuretano expandido	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254
	70	0,0274
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	200	0,08
	400	0,12
	600	0,16
	800	0,21
	1 000	0,27
	1 200	0,34
	1 400	0,40
Rocas compactadas	2 500 - 3 000	3,50
Rocas porosas	1 700 - 2 500	2,33
Vermiculita en partículas	99	0,047
Vermiculita expandida	100	0,070

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $\lambda$ W/(m · K)
Vidrio plano	2 500	1,2
Yeso-cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

#### NOTAS

- 1) Los valores de conductividad térmica están dados para una temperatura media de 20°C. Cabe hacer notar que la conductividad térmica de los materiales varía con la temperatura (NCh850).
- 2) Los materiales sólidos se midieron en estado seco según lo estipula la NCh850. El valor de la conductividad térmica varía con el contenido de humedad del material.
- 3) Los materiales que se utilizan en espesores inferiores a 3 mm ofrecen tan pequeña resistencia térmica que ésta no debe considerarse en los cálculos prácticos. Tal es el caso de papeles, folios y láminas delgadas.
- 4) No obstante lo anterior, ellos pueden contribuir a aumentar la resistencia térmica de las cámaras de aire confinadas por ellos, al actuar por reflexión, si la cara del material que mira a dicha cámara es la brillante (lámina de aluminio  $\varepsilon = 0,1$ , fierro galvanizado brillante  $\varepsilon = 0,25$ ). En tal caso se calculan las resistencias con ayuda del abaco de la figura 1 (subpárrafo 5.3.2.1) o del anexo B.

## ANEXO 7

### Radiación incidente anual en Santiago

SANTIAGO					
	RADIACION SOLAR INCIDENTE SEGÚN ORIENTACION. VALORES MENSUALES				
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	HORIZONTAL
	MJ/m2	MJ/m2	MJ/m2	MJ/m2	MJ/m2
Enero	267,2	311,3	569,5	569,5	671,6
Febrero	263,8	208,3	496,3	496,3	571,2
Marzo	329,1	165,9	403,8	403,8	470,7
Abril	307	123,8	283,8	283,8	325,3
Mayo	230	95,7	219,2	219,2	201,7
Junio	190	78,6	177,9	177,9	159,8
Julio	233,3	86,3	185,7	185,7	191,2
Agosto	315,7	113,7	246,1	246,1	293,1
Septiembre	291,7	144,5	290,1	290,1	381,7
Octubre	275,1	191,1	435,8	435,8	491,0
Noviembre	260,8	263,1	470	470	632,7
Diciembre	260,8	323,7	541,9	541,9	695,2

## ANEXO 8

### Ficha técnica bomba DE-27W/S. Enativa

Voltaje(V/ph/Hz)	220/1/50
* Capacidad calórica(kw)	12.5
* Capacidad calórica (BTU)	42600
*Potencia media de consumo (KW)	2.7
**Capacidad calórica(kw)	11.5
** Capacidad calórica (BTU)	39200
**Potencia media consumo (KW)	2.3
*** Capacidad calórica(kw)	8.5
*** Capacidad calórica (BTU)	29000
***Potencia media consumo (KW)	2.3
Refrigerante	
Peso refrigerante (gr)	1600
Corriente máxima (A)	19.5
Temperatura producción media(°C)	55
Temp. máxima (°C)	60
Nivel contra choque eléctrico	I
Grado de protección al agua	IPX4
Peso neto (kg)	80
Medidas netas(mm)	600*470*830
Medias empaque(mm)	680*550*930
Flujo de agua requerido para agua caliente (m <sup>3</sup> /h)	2.2
Flujo de agua requerido de la fuente (m <sup>3</sup> /h)	1.8
Conexiones hidráulicas	G1"
Nivel de ruido dB(A)	≤40

Condiciones de prueba	*Calefacción: Temperatura fuente (DB/WB):15°C /7°C, Temp. agua (Inicial/Final):15°C/55°C.
	**Calefacción: Temperatura ambiente (DB/WB):10°C/7°C, Temp. agua (In/Out):30°C/35°C.
	***Calefacción: Temperatura fuente (DB/WB):0°C, Temp. agua (Inicial/Final):30°C/35°C.

## ANEXO 9

### Fan Coil MCM300C Cosmoplas

MODEL			MCW200	MCW300	MCW400	MCW600	MCW800	MCW1000	MCW1200
Air Flow	HIGH	m³/h	390	530	760	1040	1420	1620	2040
		CFM	229	312	447	612	835	953	1200
	MEDIUM	m³/h	260	370	490	780	1090	1140	1500
		CFM	153	218	288	459	641	671	882
	LOW	m³/h	190	240	340	500	740	830	1020
		CFM	112	141	200	294	435	488	600
EXTERNAL STATIC PRESSURE		Pa	0,30,60,80						
		in. wg	0,0.12,0.24,0.32						
TOTAL COOLING CAPACITY		W	2200	3200	4390	6160	7810	8830	10700
		Btu/h	7507	10919	14979	21019	26649	30129	36510
SENSIBLE COOLING CAPACITY		W	1738	2359	3242	4401	6040	6409	7763
		Btu/h	5930	8049	11062	15017	20609	21868	26488
TOTAL HEATING CAPACITY		W	3500	5100	7300	9960	13080	14780	19170
		Btu/h	11942	17402	24909	33985	44631	50431	65411
WATER FLOW RATE		m³/h	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9
		USGPM	1.8	2.5	3.4	4.8	6.1	6.9	8.5
HEAD LOSS (COOLING)		kPa	14.6	12.0	21.6	38.2	18.4	21.0	32.7
		in. wg.	58.4	48.0	86.4	152.8	73.6	84.0	130.8
DIMENSIONS	UNIT DIMENSIONS	HEIGHT	mm	251	251	251	251	251	251
		WIDTH	mm	714	884	1014	1214	1464	1564
		DEPTH	mm	556	556	556	556	556	556
	PACKING DIMENSION	HEIGHT	mm	260	260	260	260	260	260
		WIDTH	mm	724	894	1024	1224	1474	1574
		DEPTH	mm	570	570	570	570	570	570
UNIT WEIGHT (Without plenum)		kg	19.0	20.0	26.0	30.0	41.0	44.0	46.0
		lb	41.9	44.1	57.3	66.1	90.4	97.0	101.4
UNIT GROSS WEIGHT (Without plenum)		kg	21.7	24.8	29.5	33.6	44.0	47.8	51.2
		lb	47.8	54.7	65.0	74.1	97.0	105.4	112.9
UNIT WEIGHT (With plenum)		kg	20.0	24.0	28.0	33.0	44.0	47.0	50.0
		lb	44.1	52.9	61.7	72.8	97.0	103.6	110.2
UNIT GROSS WEIGHT (With plenum)		kg	22.7	28.8	31.5	36.6	47.0	50.8	55.2
		lb	50.0	63.5	69.4	80.7	103.6	112.0	121.7
CONDENSATE DRAIN PIPE SIZE			R3/4						

#### NOTES:

- 1) ALL SPECIFICATIONS ARE SUBJECTED TO CHANGE BY THE MANUFACTURER WITHOUT PRIOR NOTICE.
- 2) ALL THE UNITS ARE BEING TESTED UNDER FOLLOWING CONTITION:
  - a) COOLING: 27°C DB/19.5°C WB INDOOR AND WATER INLET 7°C OUTLET 12°C
  - b) HEATING: 21°C DB INDOOR AND WATER 60°C INLET.WATER FLOW:SAME WITH COOLING CONDITION.

## ANEXO 10

### Ficha técnica estufa Enaxxion E-4200

Atributo	Detalle
Garantía	1 año
Transmisión de calor	Por radiación
Encendido	Piezoeléctrico
Observaciones	Incluye regulador y manguera de gas.
Alto	Alto 79 cm. Frente 41 cm. Fondo 34 cm aprox
Uso	En recintos con renovación constante de aire. No es adecuada para dormitorios ni baños.
Procedencia	China
Color	Negro
Consumo Térmico nominal	4 kW
Peso	9 kilos
Marca	Enaxxion
Tipo	Estufas a gas
No Incluye	Producto no incluye cilindro de gas
Termostato	No
Niveles de potencia	3
Capacidad calórica	3675 (kcal/hr)
Ruedas	Sí
Tamaño	Ideal para cilindros de 11 y 15 kilos
Combustible	Gas licuado
Consumo gas licuado	300 (gr/hora) aprox.
Seguridad	Cuatro Sistemas: Válvula de cierre automático. analizador de ambiente. limitador de caudal (incluido en el regulador) y piloto.
Modelo	E-4200
Rango de Calefacción	20 a 40 m <sup>2</sup>