

**Universidad de Valparaíso**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA AISLACIÓN TÉRMICA HABITACIONAL  
PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO.  
CASO: DEPARTAMENTOS COMUNA DE SANTIAGO CENTRO, ESTUDIO  
BASADO EN DEPARTAMENTO TIPO CONSTRUIDO POR BESALCO  
INMOBILIARIA S.A.”**

**Por:**

**Fernando Andrés León Gianoni  
Gabriel Esteban Zamorano Vergara**

**TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**Prof. Samuel Patricio Varela Carreño**

Agosto 2018

## Dedicatoria

### ***De Fernando:***

*Primero que todo quiero agradecer incondicionalmente a una persona que me ha apoyado en todo en este proceso y que no está físicamente en este mundo y me refiero a mi querido Tatita que sé que me ha dado toda la fuerza, garra y perseverancia para seguir de pie en este proceso y una parte de lo que soy ahora se lo debo a él.*

*Dar gracias a mis papas Fernando y Gisela por alentarme, darme sus consejos, experiencias y cariño cada día, sobre todo esas noches de desvelo en que me apoyaron y alentaron en cada prueba También a mis hermanos Angelo e Ignacio por confiar y creer en mí como su pilar y ejemplo a seguir. Agradezco a mi mamita por cariño y preocupación en todo mi proceso universitario, escuchando mis aprendizajes, preocupaciones y hasta mis amarguras que con una simple taza de té y sonrisa me subía el ánimo. También agradezco a mi amigo Gabriel por ser un buen compañero de Universidad, trabajo y tesis, soportando ambos cada adversidad que se nos presentaba. También a mis amigos de infancia y de vida Ani, Víctor, Daniel, Alejandra, Maca, Aline, Catalina y Daniela, por estar siempre estar apoyando en toda circunstancia, aportando un granito de arena y de amor.*

*Mil gracias y “VOH DALE”!*

**De Gabriel:**

*Antes que todo, quiero agradecer a mis padres, por haberme entregado la posibilidad de ser la persona y el profesional que soy ahora, por haberme entregado el cariño, preocupación y valores que hoy forma parte de lo que soy, espero algún día poder devolverles todo lo que han hecho por mí, en segundo lugar a mis hermanos, Sebastián y Josefina, con quienes a pesar de todas las mañas que tenemos, nos hemos sabido llevar, querer, aguantar y apoyarnos cuando lo hemos necesitado, y me quiero detener especialmente en mi hermano mayor, porque si no fuera por él, lo más probable es que jamás hubiera estudiado Ingeniería, también agradecerle por cada una de sus críticas y consejos profesionales, siempre me han sido de mucha ayuda. Quiero agradecer a todos y cada uno de los grandes amigos que conocí a lo largo de este camino universitario, son demasiados como para nombrarlos pero cada uno sabe el gran cariño que siento por ellos.*

*Quiero hacer hincapié en mi amigo y compañero de tesis ya que es imposible no mencionar que a pesar de los altos y bajos que tuvimos, creo que con cualquier otra persona esto se hubiera vuelto un caos y desagradable experiencia, pero supimos en los momentos importantes poner nuestra amistad por sobre todo lo demás.*

*Quiero agradecer a todos aquellos que me ayudaron a sacar esta tarea adelante, algunas personas que ya no forman parte de mi vida, pero que en su debido momento me impulsaron a crecer y ser mejor cada día, a todos ellos muchas gracias.*

*Agradecer a mis amigos de toda la vida que supieron entenderme cuando no podía carretear, ellos saben quiénes son.*

*Por último, a la persona que me ha acompañado en esta última etapa, que me anima cuando lo necesito y me alegra día a día, mi polola Marianne, muchas gracias mi amor.*

*A todos y a cada uno de ustedes, gracias por acompañarme en este camino.*

## Tabla de Contenidos

<b>CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>17</b>
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos .....	17
<b>1.4 RESULTADO ESPERADO .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>18</b>
Misión.....	19
Visión.....	19
Valores Corporativos .....	19
Datos de la empresa.....	20
Organigrama de la empresa .....	20
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1 AISLACIÓN TÉRMICA DENTRO DE UNA VIVIENDA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2 CONCEPTOS DE MATERIALES.....</b>	<b>26</b>

<b>2.4</b>	<b>POLIESTIRENO EXPANDIDO.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5</b>	<b>POLIESTIRENO EXTRUIDO.....</b>	<b>28</b>
	Poliestireno extruido (XPS).....	28
	Poliestireno extruido (XPS NII L). ....	29
	Poliestireno extruido (XPS NIII PR) .....	29
	Poliestireno extruido (XPS NW e).....	30
	Poliestireno extruido (XPS N RG).....	31
<b>2.6</b>	<b>HORMIGÓN ARMADO .....</b>	<b>31</b>
<b>2.7</b>	<b>YESO CARTÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>2.8</b>	<b>LANA DE VIDRIO .....</b>	<b>34</b>
<b>2.9</b>	<b>VIDRIO MONOLÍTICO O SIMPLE.....</b>	<b>35</b>
<b>2.10</b>	<b>VIDRIO CRISTALIZADO DOBLE .....</b>	<b>36</b>
	<b>CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3</b>	<b>INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN SANTIAGO DE CHILE.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS EN MESES DE VERANO Y MÍNIMAS EN INVIERNO.....</b>	<b>41</b>
<b>3.5</b>	<b>EL CRECIMIENTO POBLACIONAL EN CHILE.....</b>	<b>43</b>
<b>3.6</b>	<b>CRECIMIENTO POBLACIONAL COMUNA DE SANTIAGO CENTRO .....</b>	<b>46</b>
<b>3.7</b>	<b>DEPARTAMENTOS COMUNA SANTIAGO CENTRO.....</b>	<b>48</b>

<b>3.8 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>3.9 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CERRAMIENTOS EN VERANO E INVIERNO</b>	<b>51</b>
3.9.1 Cerramiento 1 Hormigón armado en verano .....	51
3.9.2 Cerramiento 2: Vidrio monolítico en verano .....	52
3.9.3 Cerramiento 1: Hormigón armado invierno .....	53
3.9.4 Cerramiento 2: Vidrio monolítico invierno.....	53
<b>CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1 SITUACIÓN PROPUESTA.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2 PARÁMETROS Y SUPUESTOS.....</b>	<b>57</b>
<b>4.3 SIMULACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORAS VERANO E INVIERNO ....</b>	<b>58</b>
4.3.1 Cerramiento 1 Hormigón armado mejora 1 verano .....	58
4.3.2 Cerramiento 1 Hormigón armado mejora 2 verano .....	59
4.3.3 Cerramiento 2 Vidrio Termopanel simple verano .....	60
<b>4.4 ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS DEPARTAMENTOS SIN PROYECTO .....</b>	<b>61</b>
<b>4.5 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROPUESTA INCLUYENDO LAS MEJORAS</b>	<b>63</b>
4.5.1 Implementación de mejora 1.....	63
4.5.2 Implementación de mejora 2.....	65
<b>CAPÍTULO 5. FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA.....</b>	<b>67</b>
<b>5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....</b>	<b>67</b>
<b>Inversión .....</b>	<b>67</b>

<b>5.2</b>	<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>70</b>
	Consideraciones generales .....	70
<b>5.3</b>	<b>FLUJOS DE CAJA</b> .....	<b>71</b>
5.3.1	Flujo de caja departamento A mejora 1.....	71
5.3.2	Flujo de caja departamento A mejora 2.....	72
5.3.3	Flujo de caja departamento B mejora 1.....	73
5.3.4	Flujo de caja departamento B mejora 2.....	74
5.3.5	Cuadro resumen .....	75
	<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>76</b>
	<b>CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>78</b>
	<b>CAPÍTULO 8. ANEXOS</b> .....	<b>80</b>
<b>8.1</b>	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>80</b>
<b>8.2</b>	<b>GRÁFICO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN</b> .....	<b>81</b>
<b>8.3</b>	<b>ESTADO ACTUAL DE LA CALEFACCIÓN EN CHILE</b> .....	<b>82</b>
<b>8.4</b>	<b>COSTOS EN CALEFACCIÓN</b> .....	<b>83</b>
<b>8.5</b>	<b>INFORMACIÓN DE COSTOS KW/H EN SUDAMÉRICA</b> .....	<b>83</b>
<b>8.6</b>	<b>TIPOLOGÍA DEPARTAMENTO A</b> .....	<b>84</b>
<b>8.7</b>	<b>TIPOLOGÍA DEPARTAMENTO B</b> .....	<b>85</b>
<b>8.8</b>	<b>PRESUPUESTO VENTANAS</b> .....	<b>86</b>
<b>8.9</b>	<b>INFORMACIÓN DE TEMPERATURAS MÍNIMAS HISTÓRICAS</b> .....	<b>87</b>
<b>8.10</b>	<b>INFORMACIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS HISTÓRICAS</b> .....	<b>88</b>

<b>8.11</b>	<b>GRADOS DÍAS .....</b>	<b>89</b>
<b>8.12</b>	<b>INFORMACIÓN PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>90</b>
<b>8.13</b>	<b>MAPA: CUÁNTO CUESTA LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE USO RESIDENCIAL EN CHILE Y EL MUNDO” .....</b>	<b>91</b>
<b>8.14</b>	<b>NORMA NCH 853 .....</b>	<b>92</b>
	8.14.1 Aplicación de la norma .....	92
	8.14.2 Régimen estacionario .....	92
<b>8.15</b>	<b>CERRAMIENTO 1 HORMIGÓN ARMADO MEJORA 1 INVIERNO .....</b>	<b>93</b>
<b>8.16</b>	<b>CERRAMIENTO 1 HORMIGÓN ARMADO MEJORA 2 INVIERNO .....</b>	<b>94</b>
<b>8.17</b>	<b>CERRAMIENTO 2 VIDRIO TERMOPANEL SIMPLE INVIERNO.....</b>	<b>95</b>

## Glosario

**Material:** Se denomina material a aquel componente que, por cuenta propia, no cumple ninguna función específica.

**Elemento:** Conjunto de materiales, los cuales, dimensionados y colocados de la forma adecuada, permiten que desempeñe una función puntual, ejemplo de esto son: losas, tabiques, muros, etc.

**Complejo:** Conjunto de Elementos de construcción que forman parte de una vivienda o bien de un edificio.

**Temperatura de Confort:** Corresponde a la temperatura en la que no se percibe ni frío ni calor, por lo que entrega una sensación de comodidad. Dicha temperatura oscila entre los 18° y 23° C

**Temperatura base:** La temperatura base es aquella que se fija como parámetro para el cálculo de los requerimientos de calefacción, con los que se obtenga confort térmico. Según el uso de la construcción, se debe escoger una temperatura base entre los 12° C y los 18° C.

**Temperatura máxima:** Es la temperatura más elevada que se presente dentro de un lapso determinado, por lo general un día, un mes o un año.

**Temperatura mínima:** Es la temperatura más baja que se presente dentro de un lapso determinado, por lo general un día, un mes o un año.

**Temperatura media del día:** Por lo general, se expresa como la media aritmética entre las máximas y mínimas temperaturas, y las correspondientes a las 12, 18 y 24 UTC (Tiempo Universal Coordinado).

## Lista de abreviaturas

Á: superficie de un elemento constructivo ( $m^2$ ):

e : espesor. (m):

E: emisividad total de una cámara de aire no ventilada. (Adimensional)

h: Coeficiente superficial de transferencia térmica. ( $W/(m^2 \cdot k)$ )

L: Longitud de la cámara de aire horizontal (m):

l: Longitud. (m):

R: Transferencia térmica Lineal. ( $W/m \cdot K$ ):

Re: Resistencia térmica de una capa material ( $m^2 \cdot K/W$ )

Ri: Resistencia térmica de superficie ( $m^2 \cdot K/W$ ).

Rt: Resistencia térmica total ( $m^2 \cdot K/W$ ).

U: Transmitancia térmica ( $W/(m^2 \cdot K)$ )

Kl: Conductividad térmica ( $W/(m \cdot K)$ )

GV1: Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente

GV2: Coeficiente volumétrico global de pérdidas totales

GAC: Consumo anual de energía en calefacción

BID: Banco Interamericano de desarrollo

(GD): Grado Día.

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: "Poliestireno Expandido"	27	
Ilustración 2 "Departamentos y casas con poliestireno extruido (XPS)	28	
Ilustración 3 Superficie con Poliestireno extruido (XPS NII L)	29	
Ilustración 4 Cubiertas con poliestireno (XPS NIII PR)	30	
Ilustración 5 Paneles con Poliestireno extruido (XPS NWe).	30	
Ilustración 6 Paneles con poliestireno extruido (XPS N RG).	31	
Ilustración 7 Estructura de hormigón armado compuesta por una armadura de acero	32	
Ilustración 8 Lana de Vidrio en forma de rollo	34	
Ilustración 9 Vidrio monolítico	35	
Ilustración 10 Vidrio cristalizado doble	36	
Ilustración 11 Departamento tipo Besalco Inmobiliaria	49	
Ilustración 12 Hormigón armado verano	51	
Ilustración 13 Vidrio monolítico verano	52	
Ilustración 14 Hormigón armado invierno	53	
Ilustración 15 Vidrio monolítico invierno	53	
Ilustración 16 Esquema de tipo de Departamentos A y B	55	
Ilustración 17 Hormigón armado más Lana de vidrio y eso cartón (verano)	58	
Ilustración 18 Hormigón armado más poliestireno extruido (verano)	59	
Ilustración 19 Ventana Termopanel simple	60	
Ilustración 20 Estado actual de la calefacción en Chile	82	
Ilustración 21 Departamento Tipo A	84	
Ilustración 22 Departamento Tipo B	85	
Ilustración 23 Presupuesto de ventanas entregado por empresa Lumik	86	
Ilustración 24 Países con tarifas más altas a nivel Mundial	91	
Ilustración 25 Tarifa de Chile en consumo eléctrico	91	

## Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla comparativa densidad poblacional entre 2015-2020	46
Tabla 2 Valores Conductividad térmica ( $\lambda$ ) (datos por tabla especificada por norma NCh853)	50
Tabla 3 Tipologías de departamento con distintas mejoras a 24 hrs.	56
Tabla 4 Departamento tipo A- Evaluación sin proyecto	61
Tabla 5 “Departamento tipo B- Evaluación sin proyecto”	62
Tabla 6 Departamento tipo A- Evaluación implementando mejora 1	63
Tabla 7 Departamento tipo B- Evaluación implementando mejora 1	64
Tabla 8 Departamento tipo A- Evaluación implementando mejora 2	65
Tabla 9 Departamento tipo B- Evaluación implementando mejora 2	66
Tabla 10 “Inversión departamento A”	68
Tabla 11 “Inversión departamento B”	68
Tabla 12” Diferencias mejora 1 y mejora 2”	69
Tabla 13 Cuadro resumen de indicadores financieros	75
Tabla 14 Temperaturas históricas mínimas en invierno	87
Tabla 16 Temperaturas promedio máximas históricas en invierno	88
Tabla 17 “Grados días invierno y verano	89
Tabla 18 “Propiedades de materiales ocupados”	90
Tabla 19 “Coeficientes de superficie por departamento”	90

## Lista de Gráficos

Gráfico 1. “Temperaturas máximas de verano, históricas en Chile 1990-2015 (Diciembre a Marzo)”.	39
Gráfico 2”Comportamiento mínimas de invierno, históricas en Chile 1990-2015 (mayo a agosto)”	39
Gráfico 3 ”Crecimiento de temperaturas máximas promedios”	40
Gráfico 4 ”Crecimiento de temperaturas mínimas promedio”	41
Gráfico 5 ” Comportamiento temperaturas máximas temporada de verano (diciembre-marzo) en la muestra de tiempo estudiada (1990-2015)”	42
Gráfico 6”Comportamiento temperaturas mínimas temporada de invierno (mayo-agosto) en la muestra de tiempo estudiada (1990-2015)”	43
Gráfico 7 Crecimiento Poblacional comuna de Santiago (2002-2020)	48
Gráfico 8”Consumo de energía en calefacción”	81
Gráfico 9 “Costos en calefacción”	83
Gráfico 10 “Costos KW/h en Sudamérica”	84

## Lista de ecuaciones

Ecuación 1 Transferencia térmica Lineal	22
Ecuación 2 Resistencia Total de elementos por varias capas	22
Ecuación 3 Transferencia térmica	23
Ecuación 4 Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente	24
Ecuación 5 Coeficiente volumétrico global de pérdidas totales	25
Ecuación 6 Consumo anual de energía en calefacción	25

# Capítulo 1. Presentación

## 1.1 Introducción

A lo largo de la historia, la sociedad y las personas en general, se han visto inmersos en la búsqueda constante de trasladarse para cubrir sus necesidades, desde las tribus nómades que se veían obligados a desplazarse a distintas áreas donde encontrar mejor refugio y mayores posibilidades de cazar y así disponer de comida. Bajo esta premisa es que gran parte de la sociedad se desplaza a lugares que les permitan estar cerca de sus lugares de estudio, trabajo y muchos otros factores que son importantes en su día a día y que mientras más cerca de su hogar se encuentren, les permiten disminuir sus tiempos de traslado y aprovecharlo tanto de forma recreacional como de descanso.

En Chile el panorama no es distinto y un porcentaje importante de la población busca este propósito, lo que ha repercutido fuertemente en que los habitantes de la Región Metropolitana estén cambiando su residencia a la comuna de Santiago Centro. Ésta en el mediano plazo llegaría a ser la 3º comuna con mayor densidad poblacional de la región.

Dada las condiciones propias de Santiago centro y su falta de terrenos para poder realizar proyectos inmobiliarios basados en la construcción de casas, su oferta y demanda habitacional se enfoca casi en su totalidad en departamentos. Estos en su mayoría fueron construidos antes del 2007, año en el cual se renovó por última vez la norma chilena de condicionamiento térmico NCh853, la cual, a pesar de haber sido actualizada, aun así la esta exige muy poco y no obliga a las constructoras a invertir más de lo que se les exige en sus construcciones.

Debido a este factor, los edificios de la comuna son fuertemente dependientes de electricidad, gas o parafina como fuentes energéticas para mitigar el calor y/o el frío, lo que repercute fuertemente en los costos de climatización, sobre todo en los meses de mucho calor o mucho frío, ya que la resistencia térmica de los edificios permite más flujo de calor del que se quisiera y llegar a la temperatura de confort cuesta mayor tiempo, consumo (y por consiguiente dinero) y también, debido al mismo factor, conserva menos tiempo el calor al interior del inmueble.

Basado en lo anterior, en esta tesis se estudiarán mejoras de aislación térmica con el propósito de aumentar la resistencia térmica presente en la envolvente de los departamentos, esto llevará a que el inmueble podrá disminuir sus costos en climatización y mantener por más tiempo la temperatura presente, por lo que disminuirá su dependencia a equipos de acondicionamiento y con esto el costo energético total destinado en calefacción.

El análisis se realizará de forma anual, estudiando la situación para los casos extremos de frío y calor. Se evaluarán las condiciones actuales de los departamentos tipo construidos por BESALCO INMOBILIARIA S.A.

## **1.2 Identificación y planteamiento del problema**

El constante crecimiento que ha presentado la comuna de Santiago Centro en la última década ha provocado que esta también haya aumentado rápidamente su densidad poblacional. En el mediano plazo se convertirá en la tercera comuna con mayor población de la RM. Santiago centro al no disponer de terrenos para poder centrar su oferta inmobiliaria a casas, se ha visto en la necesidad de crecer de la mano con la construcción de grandes edificios, ya sea habitacionales o comerciales.

Los edificios al no tener el revestimiento apropiado en su envolvente, se genera una alta transferencia de calor, lo cual, en temporadas de temperaturas muy altas o muy bajas, se traduce en que la necesidad de climatizar el inmueble sea imprescindible. El hecho de que las condiciones térmicas de la envolvente permitan una alta transferencia de calor se relaciona directamente con el consumo de energía para poder llegar a la temperatura de confort (la cual oscila entre los 18 y 23 grados Celsius), si consideramos que cada grado que se deba bajar o subir la temperatura al interior del inmueble, aumenta entre 5% y 8% el consumo energético, esto se traduce en un importante incremento en los costos destinados a climatización.

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General.**

Proponer mejora en la aislación térmica de los departamentos construidos por Besalco (en la comuna de Santiago Centro), para reducir el consumo energético destinado en climatización y por consiguiente el costo total destinado en esta.

### **Objetivos Específicos**

1. Determinar condiciones actuales de aislación térmica presentes en los departamentos en estudio.
2. Proponer medidas de mejoras a la aislación térmica de los departamentos en estudio.
3. Determinar las alternativas que permitan el mayor ahorro energético en climatización.
4. Evaluar los costos de implementación de las medidas de la mejora propuesta.
5. Seleccionar la alternativa más factible desde una perspectiva estructural y económica.

## **1.4 Resultado Esperado**

Se espera ofrecer a los habitantes de la comuna de Santiago Centro, una solución efectiva para disminuir los costos energéticos de sus viviendas destinados en climatización, entregando una alternativa que permita al inmueble mantener de mejor forma la temperatura interior y de esta manera disminuir la dependencia energética de este.

## **Capítulo 2. Marco Teórico**

### **2.1 Metodología de trabajo**

Para poder proceder con la evaluación que se realizará en esta memoria, se deben definir etapas claras a seguir, con el objetivo de atacar el problema desde raíz y así plantear la mejor solución para dicho problema.

En primer lugar, se debe identificar el problema, para esto se consideran las condiciones actuales que presentan los departamentos en estudio, para poder cuantificar dichas condiciones e identificar los factores críticos que se deben atacar al momento de considerar alternativas de solución.

Una vez conocidos puntos críticos y entendiendo sus limitantes, se procede a plantear soluciones al problema, posteriormente se deben evaluar los mismos factores de estudio considerados en la cuantificación de las condiciones actuales. Dicha evaluación debe medirse y evaluarse en función del costo que implica cada una de ellas para poder implementarlas.

Realizadas todas las pruebas y evaluaciones, se debe optar por la alternativa que tenga el mejor desempeño en relación con la solución del problema y el costo de implementación más favorable.

### **2.2 Información de la empresa**

“Besalco S.A. fue fundada el 27 de marzo de 1944, como una sociedad de responsabilidad limitada, siendo socio fundador don Víctor Bezanilla Salinas. Posteriormente, en febrero de 1965, la empresa se constituyó como sociedad anónima. A través de su extensa trayectoria, la gestión de Besalco se ha concretado en obras de gran relevancia, tales como caminos, carreteras, aeropuertos, embalses, puentes, metro, canales, edificaciones, montajes, instalaciones electromecánicas, obras hidráulicas y obras civiles en general.

Algunas de las obras emblemáticas construidas por Besalco son la Embajada de los Estados Unidos (Santiago, 1991), el Edificio del Congreso Nacional (Valparaíso, 1989), la

Autopista del Sol (Santiago-San Antonio, 2001), y la Línea 1 del Metro de Santiago (Santiago, 1970-1975).

En sus primeros años, Besalco ejecutó fundamentalmente urbanizaciones y pavimentaciones en comunas de diferentes ciudades a lo largo del país. Más tarde se expandió fuertemente hacia el área de infraestructura pública y desarrollo inmobiliario. Finalmente, durante las últimas dos décadas, la compañía amplió sus negocios hacia servicios de maquinaria, concesiones de infraestructura pública, líneas de alta tensión y energías renovables.

Este desarrollo se ha sustentado en la formación de equipos humanos de alta calificación, así como la innovación mediante la incorporación permanente de nuevas maquinarias y técnicas empleadas en la construcción. A partir del año 1995, Besalco se transformó en sociedad anónima abierta, siendo la primera constructora chilena en cotizar sus títulos accionarios en la Bolsa de Comercio de Santiago”.

## **Misión**

Entregar servicio integral con altos estándares de calidad.

Realiza alianzas estratégicas

Mantiene personal capacitado y comprometido.

## **Visión**

1. - Tener un crecimiento permanente en sus negocios, recursos humanos y técnicos.
2. - Proyectar y ser la empresa que domine el mercado.
3. - Expandirse a nivel nacional e internacional.

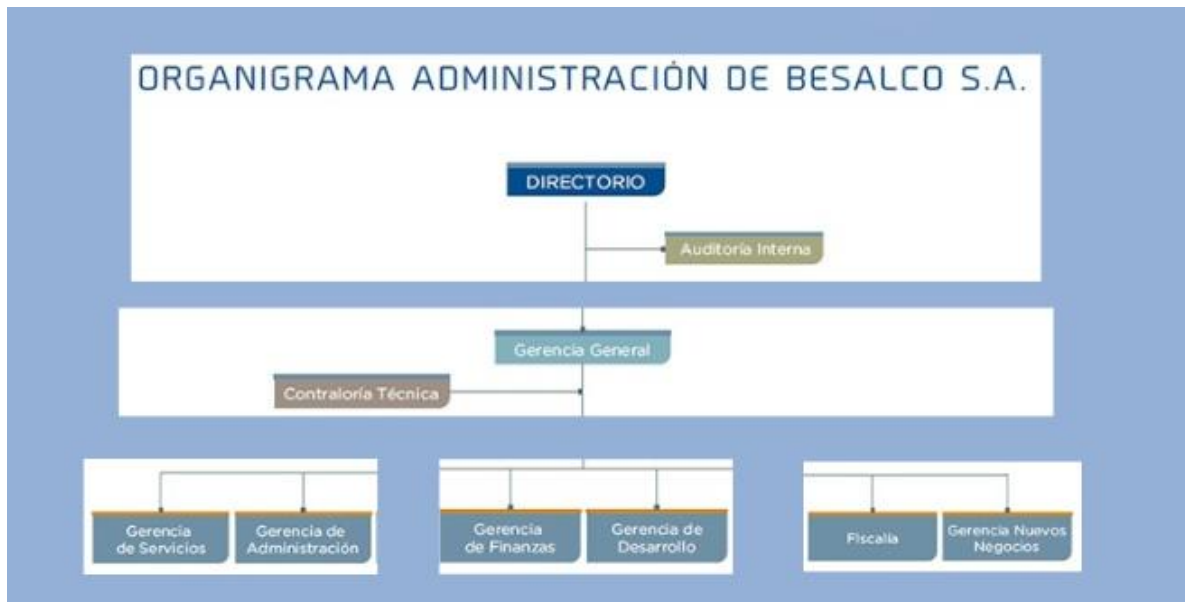
## **Valores Corporativos**

1. - Desarrollo y cuidado hacia el personal.
2. - Calidad del producto y/o servicio.
3. - Seguridad y salud.
4. - Innovación.
5. - Protección del medio ambiente.

## Datos de la empresa.

<b>Rut:</b>	84056200-K
<b>Dirección:</b>	Calle Ebro 2705, Las
<b>Teléfono:</b>	(562) 2338 0880
	(562) 2338 0916

## Organigrama de la empresa



## 2.3 Marco Conceptual

### 2.3.1 Aislación térmica dentro de una vivienda

La aislación presente en una vivienda, es hoy, uno de los factores más importantes a la hora de construir o elegir el lugar donde se decide arrendar o comprar para vivir en ella, esto debido a que aportan un mayor nivel de confort dentro del inmueble, ya sea para mantener el interior de este aislado del calor/frío o del ruido exterior. Para efectos de esta memoria, se abordará el tema en función de la aislación térmica; entiéndase por aislación térmica a la oposición al paso del calor que posee cierto material o conjunto de ellos, y para el caso de la construcción y de cualquier tipo de vivienda, se describe como la oposición al intercambio de energía calorífica entre el ambiente interno y externo.

Para esto es necesario conocer las propiedades físicas que tienen los materiales constructivos antes de iniciar cualquier tipo de vivienda como por ejemplo:

1. Envoltente térmica de una construcción
2. Conductividad térmica ( $\lambda$ )
3. Resistencia térmica (R)
4. Resistencia térmica de una capa material (R)
5. Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada (Rg)
6. Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas (Rt)
7. Transmitancia térmica

La envoltente térmica de una construcción está constituida de una serie de elementos constructivos, por medio de los cuales se desarrolla el flujo térmico entre el ambiente presente en el interior y el ambiente presente en el exterior de la construcción. Se constituye básicamente por los complementos de techumbre, muros, pisos y ventanas, y para evaluarla se deben conocer, entre otros, los términos mencionados anteriormente.

La conductividad térmica corresponde a la capacidad que posee un material de transmitir el calor, este se identifica como el calor circulante por una unidad de tiempo a través de una unidad de área de la muestra de dicho material. Es de suma importancia considerar

materiales que presenten una baja conductividad térmica para que de esta forma dificulte el ingreso del calor/frío presente en el exterior del inmueble hacia el interior de este. Esta propiedad se define como resistencia térmica y como se acaba de mencionar corresponde a la capacidad que posee un material, elemento o complejo, de oponerse al paso del calor a través de él (se mide en  $m^2K/W$ ).

Cada material utilizado en el proceso constructivo, pueden tener diversos factores de resistencia térmica, los cuales varían de acuerdo con su conductividad térmica y al espesor ( $\ell$ ) que se decida utilizar. El factor presente en este estará dado por el cociente entre el espesor con respecto a la conductividad térmica del material a utilizar.

$$R = \frac{\ell}{\lambda}$$

**Ecuación 1 Transferencia térmica Lineal**

En algunos casos se debe considerar que, al momento de construir ciertos muros, existe la presencia de aire en su interior, el cual presenta una baja o nula ventilación con respecto al exterior de dicho muro. Dicho aire, presenta un determinado factor de resistencia térmica, a esto se le denomina Resistencia Térmica de una cámara de aire no ventilada, Dicha resistencia térmica se determina de forma experimental por medio de la Norma NCh 851 Of.2008 (Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN) ,2008). Sus valores se pueden encontrar en la NCh 853 Of.2007 (Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN) ,2007).

En definitiva, la resistencia térmica total de cierto muro será la sumatoria de las resistencias térmicas unitarias de cada uno de los elementos que componen dicho muro, más la Suma de las resistencias de las capas de aire que posee este, sumados a dos valores constantes que corresponden a la resistencia interior y exterior (Sus valores se pueden encontrar en la NCh 853 Of.2007). El resultado final de dicha suma corresponde a la Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas ( $R_T$ ) y se expresa en la siguiente fórmula:

$$R_T = \sum_i R_i = \sum_i \frac{\ell_i}{\lambda_i} + R_{si} + R_{se} + \sum_i R_{ai}$$

**Ecuación 2 Resistencia Total de elementos por varias capas**

Donde:

$\sum_i \frac{\ell_i}{\lambda_i}$  : Suma de las resistencias térmicas de las capas de materiales que conforman en el elemento final.

$R_{si}$  : Resistencia superficial interior.

$R_{se}$  : Resistencia superficial exterior.

$\sum_i R_{a_i}$  : Suma de las resistencias de las capas de aire que posee el elemento.

La Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas, es el primer paso para poder hablar sobre transmitancia térmica (U), termino el cual corresponde al flujo de calor que transita por una unidad de superficie del muro (y por grado obtenido de la diferencia de temperatura entre el ambiente interno y externo del muro). Dicho valor corresponde exactamente al inverso de la  $R_t$  (Se expresa en  $[W/m^2 K]$  y se determina experimentalmente según la norma NCh 851 Of.2008 (Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN), 2008) o por cálculo según la norma NCh 853 Of.2007 (Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN), 2007).

$$U = \frac{1}{R_T}$$

### Ecuación 3 Transferencia térmica

Ya explicados los conceptos anteriormente expuestos, se deberá proceder a realizar la evaluación correspondiente de consumo energético para el inmueble que se desea valorizar sus necesidades de climatización, ya sea para aumentar o disminuir su temperatura interior.

Para proceder con dicha evaluación se deben conocer, y más bien calcular los siguientes conceptos:

- Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente ( $G_{V1}$ )
- Coeficiente volumétrico global de pérdidas totales ( $G_{V2}$ )
- Consumo anual de energía en calefacción ( $G_{ac}$ )

El  $G_{V1}$  corresponde al flujo térmico que se transmite por medio de la envolvente de una construcción (o parte de esta), referido a la unidad de volumen, que es impulsado por el delta de temperatura entre el ambiente interno y el externo se expresa en  $[W/m^3 K]$ .

Dicho  $G_{V1}$  se calcula de la siguiente forma:

$$G_{V1} = \frac{\sum_i U_i S_i + K_L L}{V}$$

**Ecuación 4 Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente**

Donde:

$U_i$  : Transmitancia térmica de los complejos que constituyen la envolvente térmica de una vivienda (muros, techos, ventanas y pisos).

$S_i$  : Área de los complejos que constituyen la envolvente térmica de la vivienda (muros, techos, ventanas y pisos).

$K_L$  : Transmitancia térmica lineal.

$L$  : Perímetro de la vivienda.

$V$  : Volumen total encerrado por la envolvente de la vivienda.

Una vez ya entendido y conocido el valor de  $G_{V1}$ , se debe proceder a realizar el cálculo del  $G_{V2}$ . Este corresponde al flujo térmico total de una construcción (o parte de ella), que es transmitido por el envolvente y por los intercambios de aire, realizado por unidad de volumen y a la diferencia unitaria de temperatura entre el ambiente interior y el exterior. Se expresa en  $[W/m^3 K]$ .

$$G_{V2} = G_{V1} + 0,35 \times n = \frac{\sum_i U_i S_i + K_L L}{V} + 0,35 \times n$$

**Ecuación 5 Coeficiente volumétrico global de pérdidas totales**

donde:

$0,35 \times n$ : Flujo térmico por ventilación referido a la unidad de volumen y temperatura.

$N$  : Se define como la pérdida de calor de un recinto por renovación de aire.

Por último, se debe realizar el cálculo del  $G_{ac}$ . Este corresponde al consumo total de energía de una vivienda en el periodo de un año se expresa en  $[kWh/año]$ .

$$G_{ac} = \frac{G_{V2} \times V \times GD \times 24}{1000}$$

**Ecuación 6 Consumo anual de energía en calefacción**

donde:

$GD$  : grado-día anual  $[K]$ . (Calculado con programa: degree days)

24 : son las horas del consumo (referencia 1 día).

### 2.3.2 Conceptos de Materiales

Las diversas propiedades de los materiales de aislación producen que opongan resistencia a distintas condiciones, en mayor o menor medida en función de sus características como al paso del calor, ruido, humedad, entre otros. Este punto se enfoca en el estudio de la resistencia que presentan diversos materiales en función del calor al que se expongan. Existen materiales que oponen muy poca o nula resistencia frente al calor como los metales, otros una resistencia media frente a este como los materiales de construcción como yeso, ladrillos y morteros. A todos aquellos materiales que oponen una alta resistencia se denominan materiales aislantes.

Por definición, un aislante térmico es aquel material que, valga su redundancia, poseen alta resistencia térmica, y son usados en la construcción ([www.grupounamacor.com](http://www.grupounamacor.com)). Dichos materiales presentan barreras al paso del calor entre dos medios que por naturaleza tenderían a igualar su temperatura.

Se utilizan materiales porosos o fibrosos, como: Lanas minerales (lana de roca o de vidrio), poliestireno (expandido y extruido), espuma de poliuretano, corcho entre otros.

Dependiendo del tipo de material con el que se pretenda realizar la aislación se puede mencionar:

- Poliestireno expandido.
- Poliestireno extruido.
- Hormigón armado
- Losas de Hormigón
- Yeso Cartón
- Lana de vidrio.

## 2.4 Poliestireno Expandido

Es una espuma rígida suministrada en forma de planchas, de color blanco, de dimensiones volumétricas estables y constituidas por un termoplástico celular compacto como se presenta en la ilustración N°1. Este es elaborado en base a derivados del petróleo, en diferentes densidades según la aplicación y compatibilidad con el medio ambiente.

Dentro de su estructura, este material posee un sin número de celdas cerradas en forma de esferas envolventes que mantienen ocluido con aire quieto su espacio interior. Estas esferas apoyadas y soldadas tangencialmente y próximas entre sí, conforman una masa liviana por el volumen de aire encerrado, dando origen a su gran capacidad de aislamiento térmico. Esta capacidad de aislamiento térmico está medida y representada, como propiedad física, por su bajo coeficiente de conductividad térmica

A pesar del bajo peso del poliestireno Expandido, destacan sus propiedades físico-mecánicas. Tiene una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y también una buena elasticidad. Dentro de sus otras características se encuentra su estabilidad dimensional en el tiempo, su higiene, su resistencia al envejecimiento, su resistencia a hongos, parásitos y bacterias de putrefacción. Además, es flexible para trabajar, inodoro, de fácil manipulación, es reciclable, no tóxico y no contiene compuestos como clorofluoro- carbonados y no daña la capa de ozono. Al no ser un producto biodegradable, mantiene su inalterabilidad en el tiempo, lo que le permite una larga vida útil. (Angel Flores, 2016)



**Ilustración 1: "Poliestireno Expandido"**

Fuente: Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones, grupounamacor, 2016.

## 2.5 Poliestireno extruido

### Poliestireno extruido (XPS)

Dicho material, es un aislante de amplia vida útil, con múltiples propiedades entre las que podemos destacar su resistencia al agua, resistencia a elevadas prestaciones mecánicas y que no se pudre. Al ubicarse sobre la impermeabilización (cubierta invertida) como se presenta en la ilustración N°2 además de cumplir su condición de aislante, protege la lámina impermeable y aumenta la durabilidad de ésta misma.

El poliestireno extruido era conocido como Styrodur ya que esta fue una de las primeras marcas que se introdujo al mercado la cual presenta una mínima absorción de agua. (Angel Flores, 2016)



**Ilustración 2ª Departamentos y casas con poliestireno extruido (XPS)**

Fuente: Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones, grupounamacor, 2016.

Pueden acabarse como cubiertas transitables o no transitables, ya sea por peatones o por tráfico rodado, o como cubiertas ajardinadas. Naturalmente, al estar expuesto el aislante directamente a las agresiones externas (oscilación térmica, lluvia, peso, etc.) hay que realizar una selección cuidadosa del mismo.

## **Poliestireno extruido (XPS NII L).**

El poliestireno extruido XPS NIIIL se utiliza tanto en edificaciones residenciales como industriales e iría acompañado en cubiertas transitables por soporte base una capa separadora, una o varias laminas impermeabilizantes, capa antipunzonante y una capa final de acabado como se muestra en la Ilustración N°3. Su uso es recomendado para cubiertas planas tanto en edificaciones residenciales como industriales. (Angel Flores, 2016)



**Ilustración 3 Superficie con Poliestireno extruido (XPS NII L)**

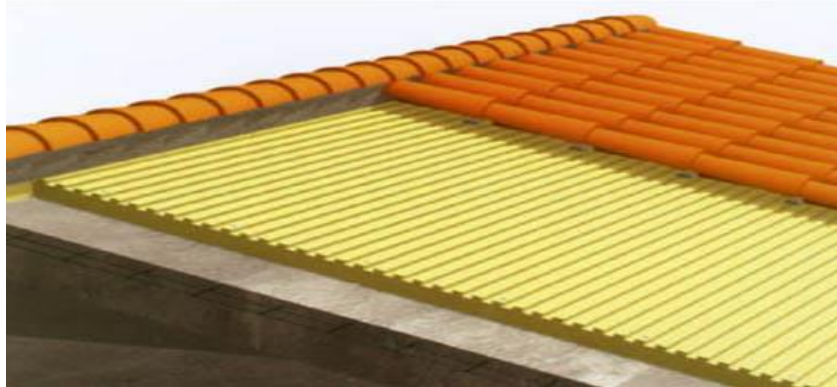
Fuente: Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones, grupounamacor, 2016

## **Poliestireno extruido (XPS NIII PR)**

Este tipo de Poliestireno es ideal para aislamientos en cubiertas inclinadas bajo tejas ya que una de las características de este sistema es que, al colocar el aislamiento en el exterior, deja libre el espacio de la buhardilla que es la ventana que sobresale verticalmente en el tejado y permitiendo que esta pueda alcanzar las condiciones térmicas de confort como se puede mostrar en la Ilustración N°4

La baja absorción de agua del XPS y la resistencia al hielo-deshielo (característica crítica para evitar pérdidas de resistencia mecánica) lo hacen ideal en aquellas cubiertas donde el aislante se encuentra inmediatamente debajo de la teja.

Otro punto importante es que el XPS NIII posee una gran resistencia mecánica que permite que las cargas (peso de tejas, nieve, presión / succión del viento, erosión, etc) puedan apoyar directamente sobre el aislante, sin que este se deteriore. (Angel Flores, 2016)



**Ilustración 4 Cubiertas con poliestireno (XPS NIII PR)**

Fuente: Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones, grupounamacor, 2016.

### **Poliestireno extruido (XPS NW e)**

Estos productos tienen longitudes hasta 2600mm, instalándose de forma vertical, cubriendo con un solo panel toda la altura entre forjados como se muestra en la Ilustración N° 5.

Para la fijación de este, se utiliza indistintamente sistemas mecánicos (clavos de fijación especiales para aislamiento) o sistemas adheridos (bituminosos, cementos, colas, etc)

Si el Poliestireno se coloca directamente sobre la cara interior de la hoja exterior del cerramiento, se rellena la totalidad del espacio entre los muros, si no fuese así, este espacio debería rellenarse con material imputrescible (Angel Flores, 2016)



**Ilustración 5 Paneles con Poliestireno extruido (XPS NW e).**

Fuente: Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones, grupounamacor, 2016.

## **Poliestireno extruido (XPS N RG)**

Este Poliestireno posee mejor agarre y permite el aislamiento de los puentes térmicos de encuentros del cerramiento con elementos estructurales, como son los frentes de forjado y los pilares embebidos en la fachada. Los paneles se pueden fijar a la cara interna de la pared y luego se aplican sobre la superficie del producto una capa ligera de mortero con malla de refuerzo, para poder acabar enluciendo con yeso como se puede ver en la Ilustración N° 6. (Angel Flores, 2016).



**Ilustración 6 Paneles con poliestireno extruido (XPS N RG).**

Fuente: Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones, grupounamacor, 2016.

## **2.6 Hormigón armado**

Una estructura de hormigón armado está constituida de hormigón (cemento portland, arena y pedregullo) y de una armadura metálica que consta de hierros redondos como se puede apreciar en la Ilustración N° 7, la que se coloca en la estructura debido a que la carga que soporta está expuesta a esfuerzos de tracción.

Tiene un gran peso, volumen y tiene la capacidad de adaptarse a distintas formas arquitectónicas. Además, posee una alta relación fuerza-durabilidad y una elevada tolerancia de la tensión de tracción.

Es un material que se puede utilizar en cualquier parte del mundo ya que los componentes se pueden conseguir fácilmente en cualquier país y debido a su alta relación fuerza-durabilidad y elevada tolerancia de la tensión de tracción. (Artículo de arquitectura arkiplus, 2014)



**Ilustración 7 Estructura de hormigón armado compuesta por una armadura de acero**

Fuente: "Características Hormigón armado y componentes, artículo de construcción"

## 2.7 Yeso cartón

Este sistema de yeso cartón está conformado por una placa interna de yeso capturada entre dos placas de un papel tratado, generalmente reciclado, una frontal visible de mejor terminación y una posterior de estraza. Es un elemento fácil de trabajar, liviano, que resuelve divisiones y superficies pequeñas muy rápidamente, pues puede perforarse, amurarse, clavarse y unirse por listones de madera y metal (angulares y lineales) para conformar las más diversas formas y elementos como se puede apreciar en la Ilustración N°8.

El sistema de placa yeso, es una modalidad de construcción en seco, que implica que no se emplea agua, agregados, ni cementos para su elaboración. Los paneles de cartón yeso son livianos, pudiendo ser trabajados por personas con bajos niveles de conocimientos técnicos, y son también muy económicos. Pueden adjuntarse a superficies de lo más diversas, amurados, adheridos o sujetos, y también instalarse de manera independiente (como para hacer divisiones) sujetándose al piso y al techo, o sólo a uno de ellos. ) (Euge Gastón, 2014).



**Ilustración 8 Estructura de Yeso Cartón**

**Fuente: “Características y funcionalidades del Yeso Cartón”, 2014,**

## 2.8 Lana de vidrio

Es un producto fabricado a altas temperaturas fundido con arenas con alto contenido de sílice más otros insumos, la cual se obtiene un producto fibroso de óptimas propiedades. Es posible obtener productos en múltiples formatos tales como rollos, panales u otros con variados espesores, densidades y con diferentes revestimientos adicionales como se puede apreciar en la Ilustración N° 9.

La lana de vidrio tiene un uso en el sector habitacional e industrial, de preferencia como material componente de soluciones constructivas que contemplen aislación térmica y acústica de tabiques, techumbres, pisos, muros galpones y talleres industriales.

Sus principales características tienen relación con aislación térmica y aislamiento acústico, proporcionando como beneficio altos estándares de confort térmico en la vivienda y considerables ahorros energéticos.

La función de la lana de vidrio aplicada como aislante térmico en la construcción es evitar pérdidas o ganancias de temperatura a través del complejo cielo-techumbre, muros y pisos, logrando con esto mantener en el interior de la vivienda un alto confort térmico. Adicionalmente, contribuye a mejorar el confort acústico y la calidad de vida de los usuarios de las viviendas. (AislanGlass, 2015, pág. 2).



**Ilustración 9 Lana de Vidrio en forma de rollo**

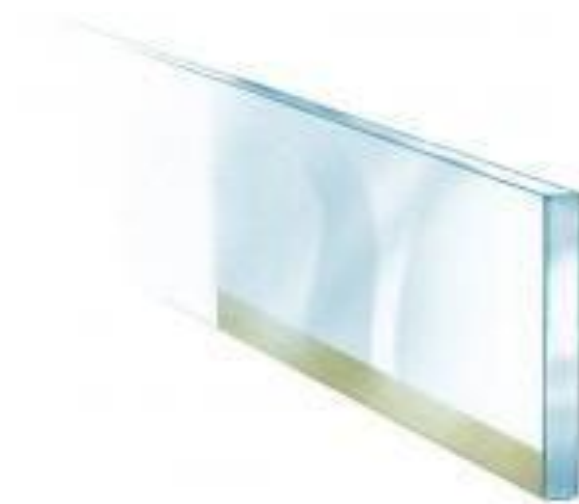
Fuente: AislanGlass Ficha técnica Lana de vidrio, tipos y componentes, 2015

## 2.9 Vidrio monolítico o simple

El vidrio monolítico constituye la base o materia prima de toda la gama de vidrios, que puede ser transformado en vidrios aislantes, vidrio de baja emisividad. Se fabrica principalmente a partir de la mezcla de arena sílice y otros elementos fundentes.

Está constituido por una única lámina de vidrio para diferenciarlo del vidrio compuesto constituido por dos o más láminas como se puede apreciar en la Ilustración N° 10, como sucede con el vidrio de seguridad laminado.

Esta mezcla se funde a 1.500°C y se enfría lentamente, flotando sobre una superficie de estaño líquido, lo que da como resultado una lámina de cristal con una masa homogénea, ausente de distorsiones e imperfecciones, de excelente transparencia y planimetría. Se utiliza en una gran cantidad de productos y proyectos, como fachadas e interiores con sistemas monolíticos (Ventanas Alugal, 2017).



**Ilustración 10 Vidrio monolítico**

Fuente: Ventanas Alugal. Tipos de cristales para ventana.

## 2.10 Vidrio cristalizado doble

El DVH es un componente prefabricado compuesto por un conjunto de dos o más vidrios planos paralelos, separados entre sí por un espaciador, herméticamente sellados a lo largo de todo su perímetro, que encierra en su interior una cámara estanca de aire deshidratado o gases inertes para mejorar el comportamiento térmico y acústico como se puede apreciar en la Ilustración N° 11.

Las principales características son que provee un aislamiento térmico superior a otros vidrios, mejora el aislamiento acústico y reduce la condensación de la humedad sobre el vidrio.

Adicionalmente reduce la transformación del calor, lo cual implica menores costos de calefacción y/o refrigeración, evita las condensaciones en el vidrio, típicas de los vidriados simples cuando en el exterior la temperatura es baja y en el interior hay calefacción.

Cabe considerar que el vidrio doble evita el efecto de paredes frías, (pues la temperatura del vidrio interior es superior), con lo cual no existen corrientes convectivas en las cercanías de la ventana, dando como resultado que la temperatura del espacio se haga más uniforme y se logre una temperatura más confortable. Hay que tomar en cuenta que con la utilización de un vidrio de doble acristalamiento se reducen los ruidos exteriores, mejorando las condiciones de habitabilidad y colabora con el mantenimiento y mejora del medio ambiente. (Entreplanos, 2017)



**Ilustración 11 Vidrio cristalizado doble**

Fuente Vidrio Cristalizado doble y composición, artículo sobre la importancia del doble vidrio hermético, Entreplanos, 2017)

## **Capítulo 3. Diagnóstico de la situación actual**

### **3.1 Definición de la problemática**

La mala aislación presente hoy en las viviendas es un tema que acarrea múltiples problemas y de diversas repercusiones. Si se considera el caso puntual de los departamentos, estos problemas son aún mayores que los de una casa residencial, ya que, si se piensa objetivamente, algunos departamentos solo tienen horas específicas de sol.

Este tema en particular genera problemas tanto en invierno como en verano, si se contemplan en las épocas de frío, se debe considerar que el departamento tiene una escasa recepción directa de luz, esto conllevará a que el costo involucrado en calefaccionar el inmueble será mayor que el de otro departamento que tenga una alta recepción de luz directa a lo largo del día, esto debido a que se deberá inyectar más calor al interior de este para llegar a una temperatura agradable. En el caso contrario, si se consideran las épocas de calor, un departamento que se encuentre expuesto durante gran parte del día a una gran recepción de luz directa, sufrirá de altas temperaturas al interior del inmueble, por lo que para disminuir la temperatura interior, se deberá consumir una gran cantidad de energía.

En Chile, y específicamente en la región Metropolitana, los departamentos construidos antes del año 2007 contemplan niveles de aislación que permite un alto paso del calor para las temperaturas presentes tanto en épocas de frío como de calor. Este factor ha repercutido negativamente en el consumo que deben incurrir los ocupantes de dichos departamentos, para:

- Climatizar sus Hogares
- Mantener el calor generado dentro del inmueble
- impedir o disminuir el ruido exterior percibido al interior del hogar

Esta memoria busca atacar los dos primeros casos, debido a que, si se realiza una evaluación del costo involucrado al momento de querer mantener los inmuebles calefaccionados, se deberá incurrir en un alto consumo energético para poder conseguirlo y además de forma constante debido a que el departamento no tiene la capacidad para poder mantener dentro de él el calor, lo que demuestra una alta dependencia energética. Debido al alto consumo energético involucrado para poder climatizar el hogar, se incurrirá en un alto costo monetario a pagar por concepto de energía consumida.

### **3.2 Estudio de la problemática**

En los últimos 100 años la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente en  $0,74^{\circ}\text{C}$ , lo que ha afectado a todo el mundo, aunque existen algunas variaciones entre las regiones. El incremento que se presentó durante el siglo XX se manifestó en dos etapas, entre 1910 y 1940 donde la media de crecimiento fue de  $0,35^{\circ}\text{C}$ . Cabe destacar que entre 1970 y la actualidad, la temperatura promedio ha incrementado en  $0,55^{\circ}\text{C}$ , lo que demuestra la alta tasa de crecimiento en la temperatura global en los últimos 45 años ([www.abc.es/ciencia](http://www.abc.es/ciencia), 2017).

Chile no ha sido la excepción, debido a que ha presentado un constante crecimiento en los niveles de temperatura, esto ha repercutido en múltiples aspectos, desde la agricultura hasta el incremento energético para poder mantener los espacios frescos tanto en verano y calientes en invierno, y que trae consigo elevados costos de calefacción.

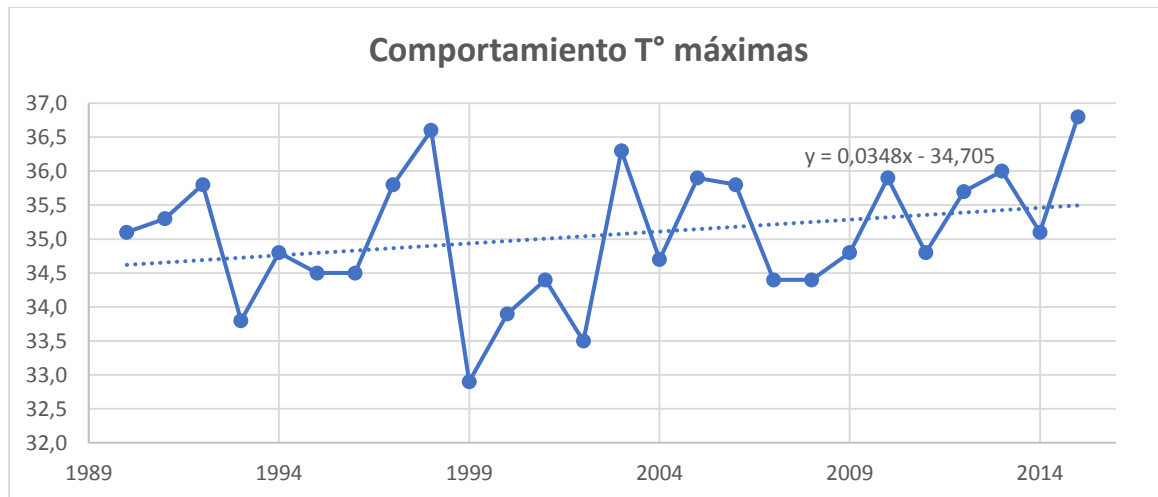
### **3.3 Incremento de la temperatura en Santiago de Chile**

Para poder hacer un análisis objetivo se presenta un estudio en la época de verano, considerando ésta en entre los meses de diciembre a marzo, realizando un estudio histórico del comportamiento de la temperatura de los últimos 25 años. En los gráficos N°1 y N°2 se presentan las temperaturas máximas y mínimas entre los meses de diciembre a marzo para el análisis de verano y mayo a agosto para el correspondiente a invierno, entre los años 1990 y 2015 (Anuario Climatológico, 1990-2015).

Como se puede apreciar en el gráfico N°1, la media de las temperaturas máximas, en el rango de tiempo señalado, es de aproximadamente  $34^{\circ}\text{C}$ , siendo la máxima histórica de la muestra  $36,8^{\circ}\text{C}$  presentada en marzo del 2015., demostrando que es el año más caluroso

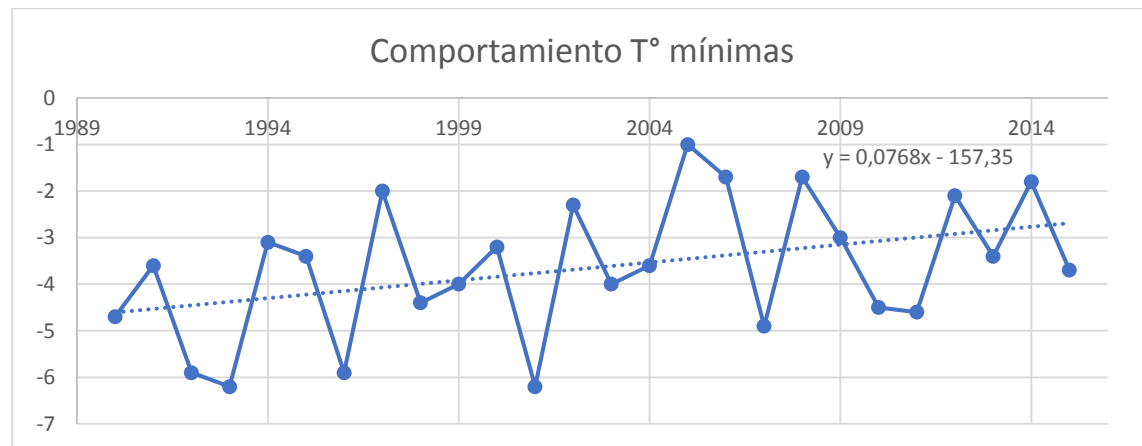
de los últimos 25 años en Chile. Para el caso de las temperaturas mínimas se observa un promedio de aproximadamente  $-3^{\circ}\text{C}$ , presentándose la temperatura más baja en el año 1993 la cual fue de  $-6,2^{\circ}\text{C}$  presentada en el gráfico N°2.

**Gráfico 1. Temperaturas máximas de verano, históricas en Chile 1990-2015 (Diciembre a Marzo).**



Fuente: Elaboración en base a Anuario Climatológico (1990-2015)

**Gráfico 2 Comportamiento mínimas de invierno, históricas en Chile 1990-2015 (mayo a agosto)**



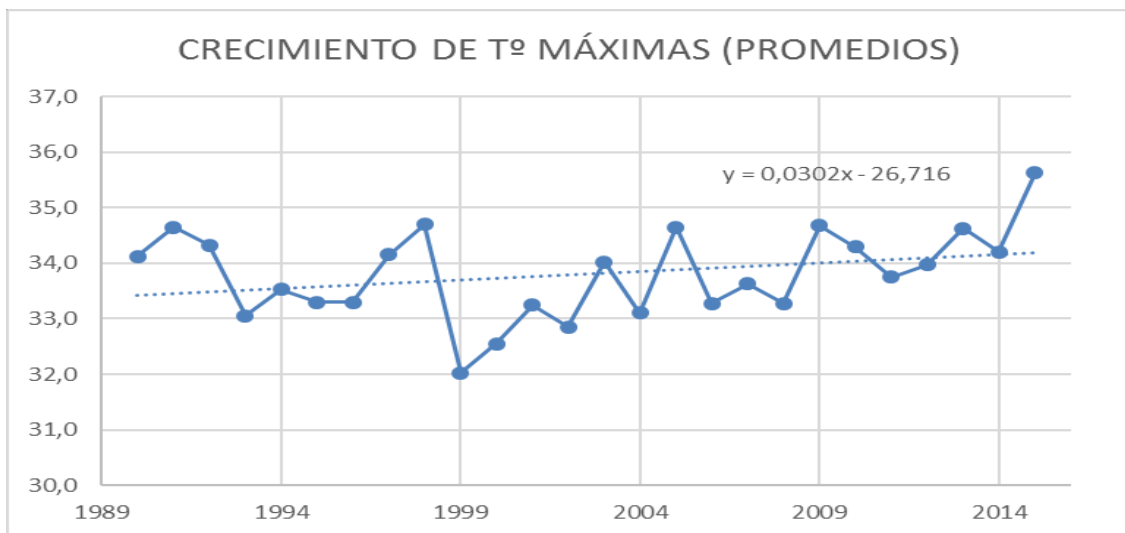
Fuente: Elaboración en base a Anuario Climatológico (1990-2015)

Como se puede apreciar en los gráficos N° 1 y N° 2, las temperaturas extremas de Chile presentan un claro crecimiento con el paso de los años dando por hecho que la temperatura del planeta sigue la misma directriz

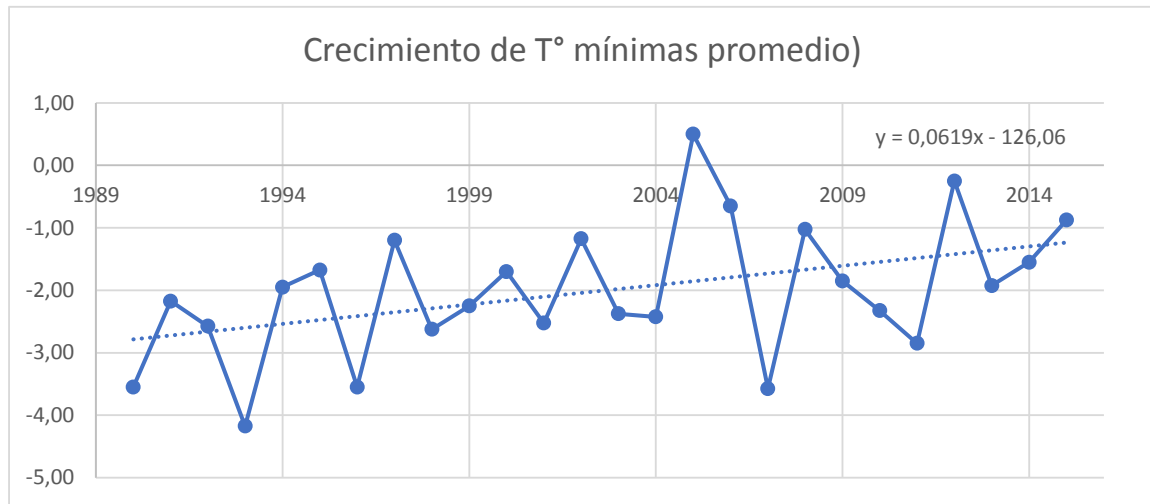
Basta considerar que en la década de los 90 la máxima presentada en Santiago Centro fue de 32,9°C y ya para el año 2015 la máxima alcanzó fue de 36,8°C. Para el caso del invierno se tuvo para la década del 90 una mínima extrema de -6, 2° y para el año 2017 ésta solo alcanzó los -3,7°C.

Si se visualiza los promedios de las temperaturas máximas y mínimas el panorama no es muy alentador, ya que para la época de verano se presenta un crecimiento promedio anual de aproximadamente 0,03°C como se muestra en la grafico N°3, mientras que para el invierno es de casi un 0,062°C anual como se muestra en el gráfico N°4.

**Gráfico 3 Crecimiento de temperaturas máximas promedios**



Fuente: Elaboración en base a Anuario Climatológico (1990-2015)

**Gráfico 4 Crecimiento de temperaturas mínimas promedio**

Fuente: Elaboración en base a Anuario Climatológico (1990-2015)

### 3.4 Comportamiento de temperaturas máximas en meses de verano y mínimas en invierno

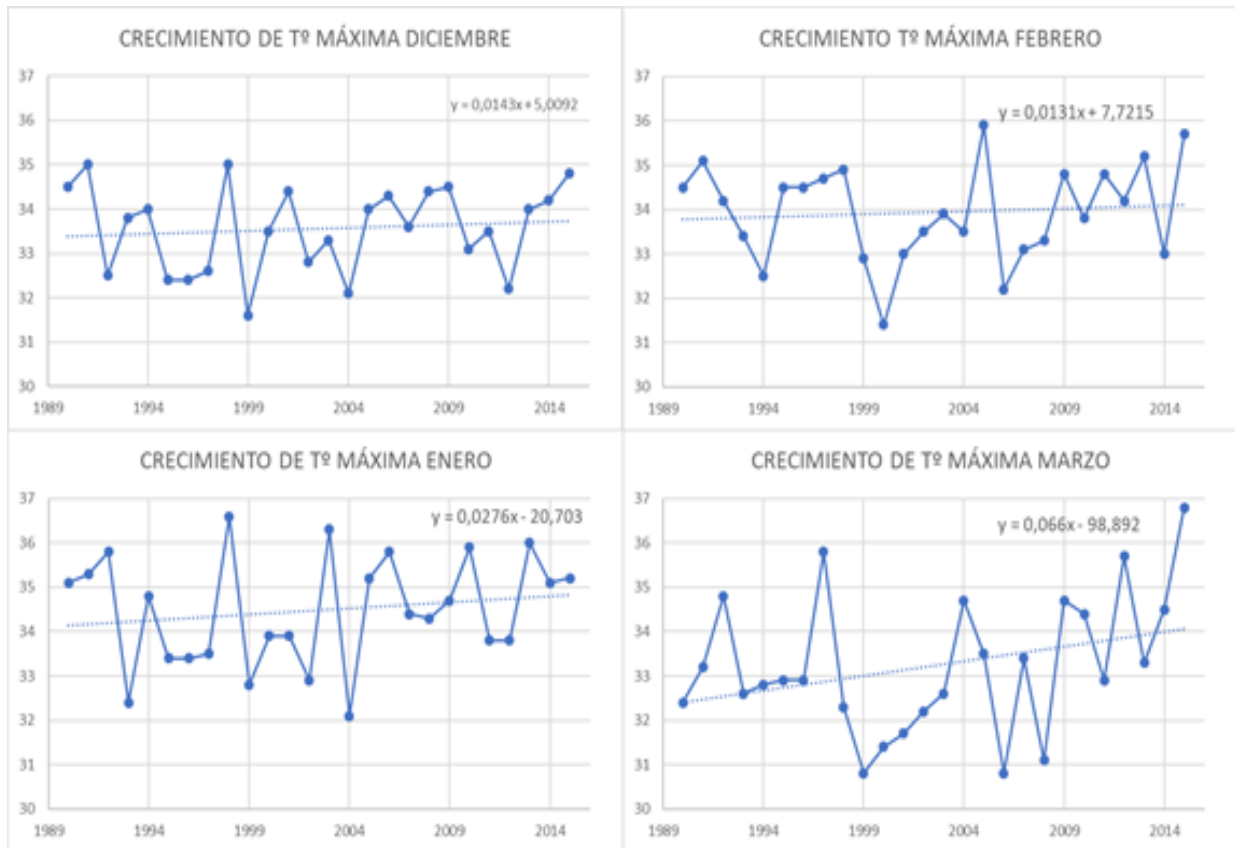
Con respecto a lo anterior se puede visualizar claramente que con el pasar de los años la tendencia indica un real crecimiento tanto en verano como en invierno

En el caso del verano, el comportamiento más estable en el tiempo, como se puede apreciar en el gráfico N°5, se presenta en los meses de febrero y diciembre, siendo esta última la que tiene valores más homogéneos, de hecho, es el único mes de estudio que su desviación estándar es menor a (0,98 aprox.), seguido muy de cerca por febrero (1,1 aprox.) ya en caso contrario se aprecia que el mayor crecimiento se ha presentado en marzo, ya que es el caso donde la curva de tendencia crece con mayor rapidez, también es la que presenta mayor dispersión de los datos, obteniendo la mayor desviación estándar de los 4 meses (1,57 aprox.), seguida por enero (1,24 aprox.)

En base a los datos obtenidos se puede afirmar que los meses más calurosos de la época de verano corresponden a enero y marzo, cabe destacar que, aunque marzo presenta un

crecimiento más acelerado, enero tiene un promedio mayor en cuanto a sus temperaturas máximas históricas.

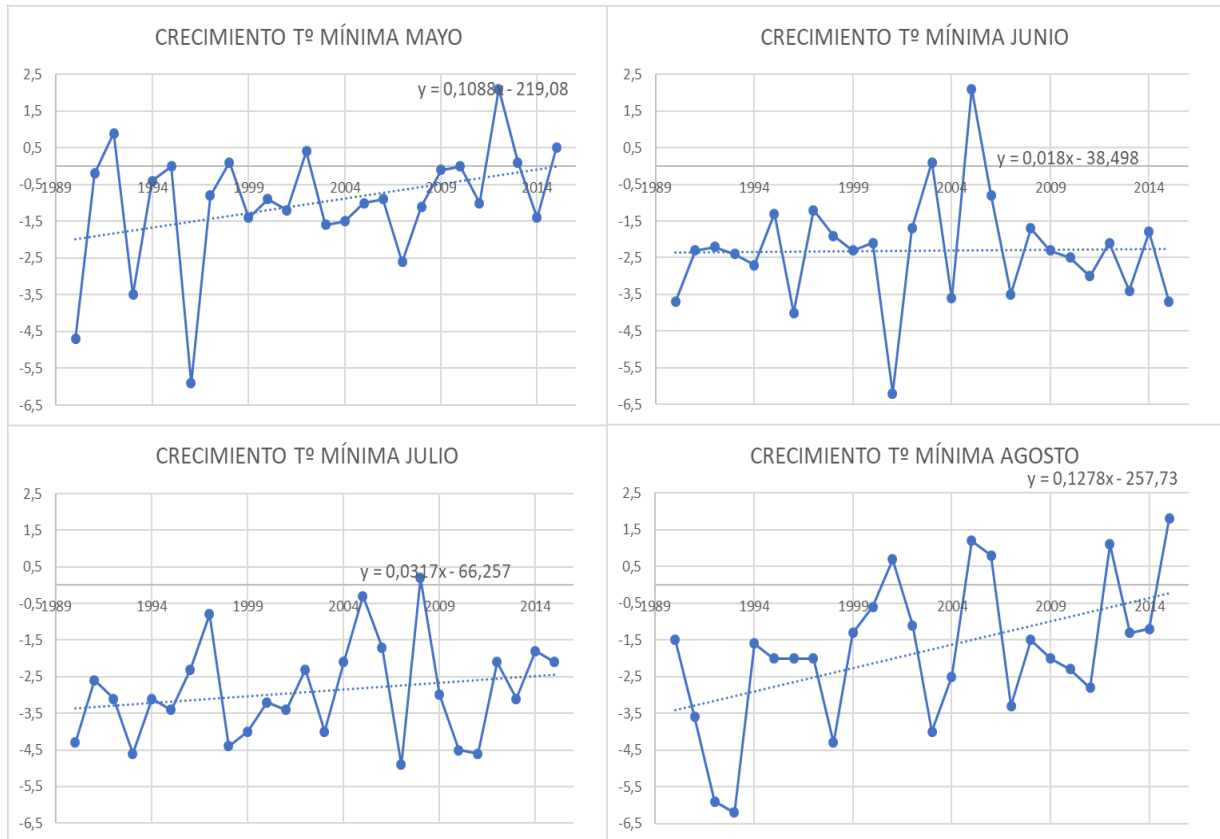
**Gráfico 5 Comportamiento temperaturas máximas temporada de verano (diciembre-marzo) en la muestra de tiempo estudiada (1990-2015)**



Fuente: Elaboración en base a Anuario Climatológico (1990-2015)

Para el caso del invierno que se presenta en el gráfico N°6, el comportamiento es muy parecido, se puede presenciar que el mes más estable es el mes que muestra una tendencia más estable es junio, de hecho, su desviación estándar es la más baja de los 4 meses en estudio (1,35 aprox.), pero a pesar de eso con una muy alta dispersión de datos al igual que los demás meses.

**Gráfico 6 Comportamiento temperaturas mínimas temporada de invierno (mayo-agosto) en la muestra de tiempo estudiada (1990-2015)**



Fuente: Elaboración en base a Anuario Climatológico (1990-2015)

Si se considera que la temperatura de confort oscila entre los 18°C y los 23°C, se puede entender que mantener frescos en verano y cálidos en inviernos, no resulta algo tan sencillo, es por eso que para llegar a una temperatura confort es necesario contar tres factores fundamentales los cuales son aislamiento, ventilación y el método de climatización que se utilice siendo este último solucionado por equipos de aire acondicionado.

### 3.5 El crecimiento poblacional en Chile

En relación al presente estudio, un segundo factor a considerar aparte de la temperatura, es el crecimiento poblacional. De acuerdo a lo anterior, en el periodo se presenta una media anual de crecimiento de 1,07% aproximadamente, lo que indica que cada año la población

aumenta en promedio 141.013 habitantes a nivel nacional. Esta cifra es bastante grande, en cuanto a su dimensionamiento, ya que significa que en dos años, la población aumentaría en promedio lo mismo en relación a la cantidad de habitantes de la comuna de Las Condes, la cual está considerada como la 10º comuna con mayor población para el 2020 (INE, 2016)

En la tabla N°4, se muestra cómo se comportará el crecimiento poblacional hasta el 2020, y como se ha comportado en el pasado. Dicha tabla presenta el crecimiento exacto de un año con respecto al anterior y como se ha comportado acumulativamente desde el año 1990 a la fecha con una proyección de la densidad poblacional hasta el año 2020, alcanzando un importante nivel de aumento en la cantidad de habitantes.

**Tabla 4. Tabla comparativa densidad poblacional entre 2015-2020**

POBLACIÓN			
AÑO	TOTAL	CRECIMIENTO ANUAL	CRECIMIENTO ACUMULADO
1990	13.178.782	0,00%	0,00%
1991	13.422.010	1,85%	1,85%
1992	13.665.241	1,81%	3,69%
1993	13.908.473	1,78%	5,54%
1994	14.151.708	1,75%	7,38%
1995	14.394.940	1,72%	9,23%
1996	14.595.504	1,39%	10,75%
1997	14.796.076	1,37%	12,27%
1998	14.996.647	1,36%	13,79%
1999	15.197.213	1,34%	15,32%
2000	15.397.784	1,32%	16,84%
2000	15.397.784	0,00%	16,84%
2001	15.571.679	1,13%	18,16%
2002	15.745.583	1,12%	19,48%
2003	15.919.479	1,10%	20,80%
2004	16.093.378	1,09%	22,12%
2005	16.267.278	1,08%	23,44%
2006	16.432.674	1,02%	24,69%
2007	16.598.074	1,01%	25,95%
2008	16.763.470	1,00%	27,20%
2009	16.928.873	0,99%	28,46%
2010	17.094.270	0,98%	29,71%
2011	17.248.450	0,90%	30,88%
2012	17.402.630	0,89%	32,05%
2013	17.556.815	0,89%	33,22%
2014	17.711.004	0,88%	34,39%
2015	17.865.185	0,87%	35,56%
2016	18.001.964	0,77%	36,60%
2017	18.138.749	0,76%	37,64%
2018	18.275.530	0,75%	38,67%
2019	18.412.316	0,75%	39,71%
2020	18.549.095	0,74%	40,75%

Fuente: Elaboración en base a Anuario de Proyecciones y Estimaciones de Población. Total, 1950-2050, INE.

### 3.6 Crecimiento poblacional comuna de Santiago centro

La comuna de Santiago centro es la que presenta el mayor nivel de crecimiento del 2015 al 2020, aumentando su densidad poblacional en más de un 20%, un aumento de casi 72.000 habitantes en solo 5 años

La tabla N° 5 muestra el orden, estimado, que presentará Chile para el año 2020, en cuanto a las 17 comunas con mayor densidad poblacional, realizando una comparación con las cifras al año 2015, y presentando porcentualmente el crecimiento esperado de dichas comunas.

**Tabla 5. Tabla comparativa densidad poblacional entre 2015-2020**

COMUNA	POBLACIÓN (2015)	POBLACIÓN (2020)	CRECIMIENTO (2015-2020)	CRECIMIENTO % (2015-2020)
Puente Alto	610.091	647.428	37.337	6,12%
Maipú	549.805	571.632	21.827	3,97%
Santiago	358.339	430.114	71.775	20,03%
Antofagasta	378.258	406.362	28.104	7,43%
La Florida	388.809	390.403	1.594	0,41%
Viña del Mar	323.522	330.898	7.376	2,28%
San Bernardo	297.276	312.169	14.893	5,01%
Temuco	287.863	298.974	11.111	3,86%
Valparaíso	295.503	295.916	413	0,14%
Las Condes	283.416	290.869	7.453	2,63%
Puerto Montt	243.853	265.292	21.457	8,80%
Coquimbo	231.516	257.931	26.415	11,41%
Arica	235.687	255.390	19.703	8,36%
Quilicura	209.418	248.306	38.888	18,57%
Peñalolén	242.769	246.871	4.102	1,69%
Pudahuel	233.246	244.395	11.149	4,78%
Ñuñoa	220.783	242.287	21.504	9,74%

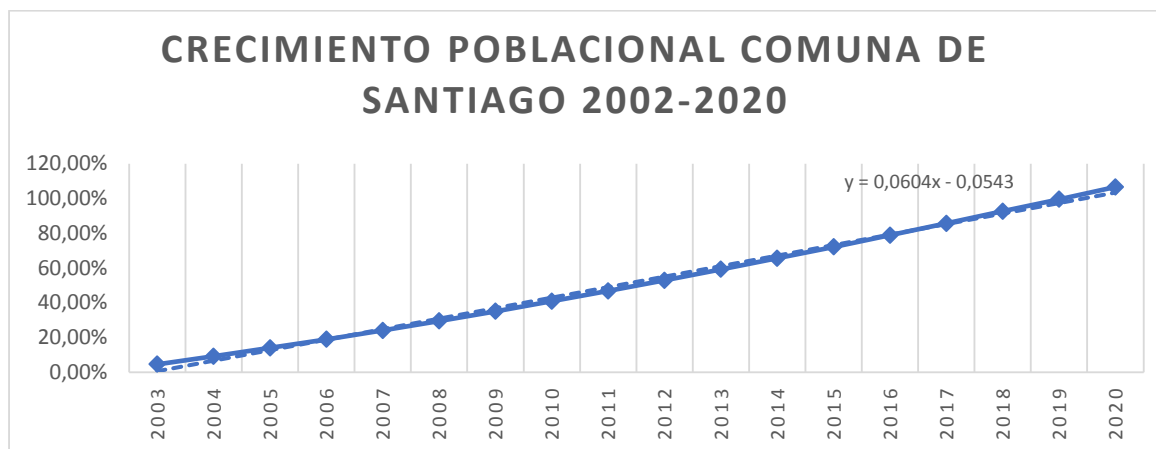
Fuente: Elaboración en base a Anuario de Proyecciones y Estimaciones de Población. Total, 1950-2050, INE.

El comportamiento que ha presentado la densidad poblacional en la comuna de Santiago centro y la proyección hasta el año 2020, teniendo un crecimiento medio anual de 3,9% y

un aumento desde el 2002 hasta el 2015 de más del 70%. Considerando la proyección hasta el año 2020, la densidad poblacional tiene un incremento de más del doble con respecto al año 2002.

Esto demuestra que Santiago es una de las comunas con mayor crecimiento del número de habitantes en el país. Si consideramos las soluciones habitacionales de la comuna, la mayor cantidad de viviendas corresponden a departamentos y seguirá por ese rumbo por la escasa disponibilidad de área libre para poder pensar en solucionar esta problemática con la construcción de casas.

El presente gráfico N°7, presenta lo antes señalado, con respecto al crecimiento poblacional en la comuna de Santiago centro, presentando una pendiente que demuestra el acelerado aumento en la cantidad de habitantes de la comuna.

**Gráfico 7 Crecimiento Poblacional comuna de Santiago (2002-2020)**

**Fuente:** Elaboración en base a Anuario de Proyecciones y Estimaciones de Población. Total, 1950-2050, INE.

A pesar de ser una de las comunas que presenta un mayor crecimiento poblacional, se puede ver claramente que ha sufrido una constante disminución en el aumento anual de habitantes, pasando de un crecimiento anual de 4,53% en el año 2003, a un crecimiento de 3,54% en el año 2020 (según los datos obtenidos por proyección de INE). A pesar de esta desaceleración en el crecimiento anual de la comuna, esta llegará a convertirse en la 3° comuna con mayor densidad poblacional en el país, quedando por debajo de Puente alto y Maipú respectivamente.

### 3.7 Departamentos comuna Santiago Centro

Para poder realizar un análisis del panorama actual en cuanto a las construcciones de departamentos en la comuna de Santiago Centro, se tomaron como muestra aquellos construidos por la empresa Besalco inmobiliaria S.A. Un departamento tipo de 49,77 m<sup>2</sup> como se puede apreciar en la Ilustración N°12. Dichos departamentos han sido construidos en variadas comunas a lo largo de la Región Metropolitana y Chile, entre ellas, Santiago Centro. Cumplen con todas las normativas vigentes, en cuanto a la aislación acústica y térmica.



**Ilustración 12 Departamento tipo Besalco Inmobiliaria**

Fuente. Ficha de Venta Besalco.Inmobiliaria

Este departamento tipo, como ya se mencionó cumple con todas las normas vigentes, está construido con los siguientes materiales:

1. En cuanto a estructura, muros exteriores y divisores de un departamento con respecto al otro, con hormigón armado de 20 cm de espesor tanto en muros como loza.
2. Divisiones interiores, separaciones de una habitación con otra, utilizando paneles de tabiquería de acero galvanizado de metalcom, recubierto con plancha de yeso cartón de 15mm de espesor y cámara de aire en su interior.
3. Las ventanas están constituidas por cuadros de aluminio y vidrio monolítico de 4mm de espesor.]
4. Puerta de entrada, de 70 mm de espesor.

### 3.8 Características térmicas de los materiales de construcción utilizados

Cada uno de los materiales cuenta con una densidad y una conductividad térmica dada y especificada NCh853 (última actualización publicada el año 2007), norma definida para el acondicionamiento térmico, envolvente térmica de edificios y cálculo de resistencias y transmitancia térmicas, esta última definida en la norma y sin necesidad de realizar cálculos. Cabe mencionar que dicha transmitancia se utiliza para poder calcular las características de resistencia térmica de los materiales.

**Tabla 1 Valores Conductividad térmica ( $\lambda$ ) (dados por tabla especificada por norma NCh853)**

Material	Densidad KG/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(mk°)
Hormigón Armado	2.400	1,63
Acero	7.850	58
Yeso cartón	650	0,24
Cámara de Aire	1	0,147
Vidrio	2.500	1,2

Fuente: Elaboración propia

$$RT = \frac{1}{U} = R_{si} + R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda} \rightarrow RT = \sum \frac{e}{\lambda} + (R_{si} + R_{se})$$

$$R = \frac{e}{\lambda} \rightarrow \text{Resistencia Materiales}$$

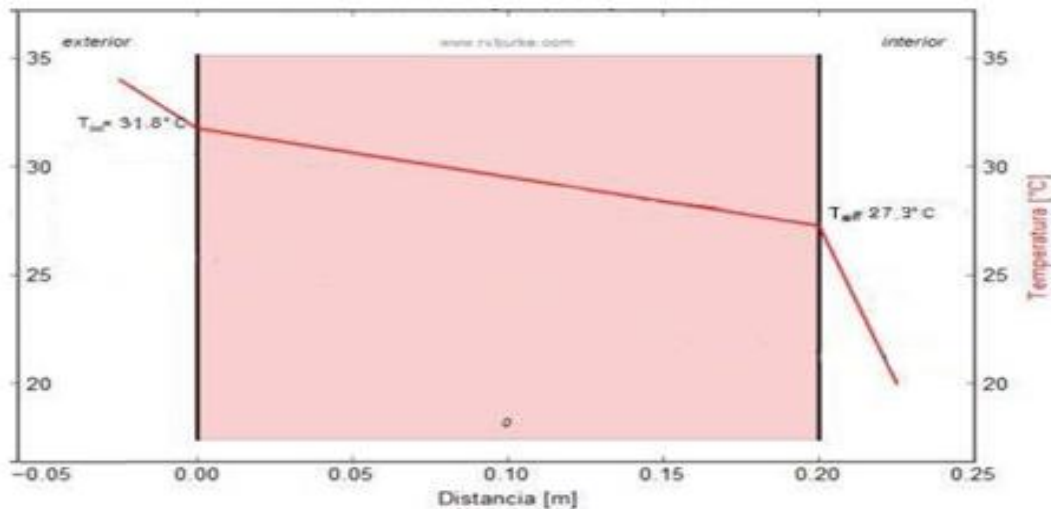
Para realizar un análisis homogéneo se consideró como constante la temperatura, se consideró una temperatura máxima promedio de 33.3°C, la cual corresponde al promedio de las temperaturas máximas percibidas en los meses de diciembre a marzo, entre los años 1990-2015, y una humedad relativa de 27% al exterior. Cabe mencionar que solo es para efectos cálculo, ya que los muros interiores percibirán una temperatura menor.

### 3.9 Situación actual de los cerramientos en verano e invierno

Para poder analizar la situación actual de los cerramientos que están en los departamentos en estudio, se realizaron cálculos tanto para verano e invierno, tomando en cuenta la temperatura exterior, el espesor del material y la resistencia del material que daría como resultado la temperatura al interior del inmueble que se detallan en las Ilustraciones N° 13, N°14, N°15 y N°16.

#### 3.9.1 Cerramiento 1 Hormigón armado en verano

Como se puede apreciar en Ilustración N° 13, debido a la baja resistencia térmica que presenta el hormigón, existe un elevado flujo de calor por el material, esto conlleva a que al interior del inmueble se perciban altas temperaturas y por consiguiente elevados consumos en calefacción.

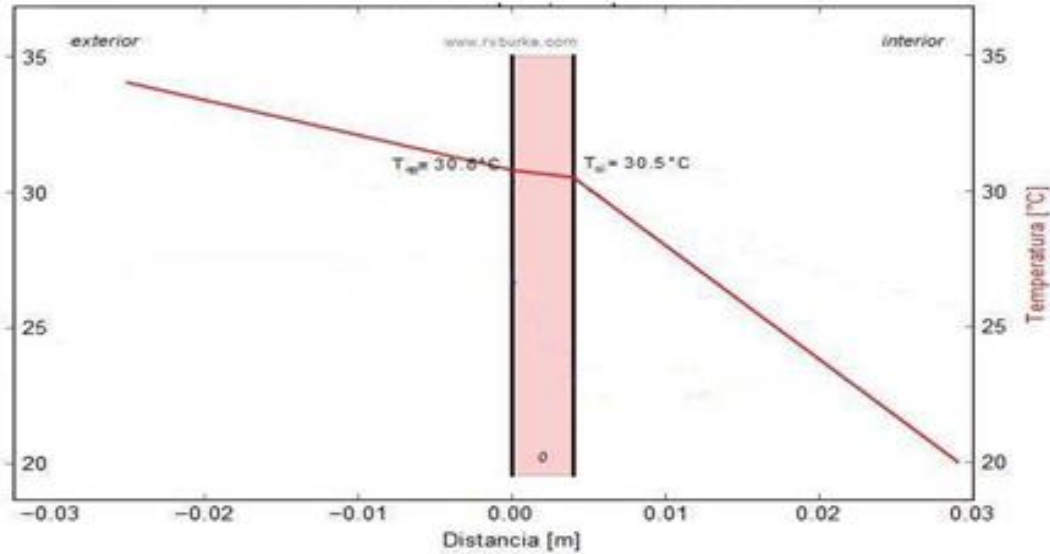


**Ilustración 13 Hormigón armado verano**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

### 3.9.2 Cerramiento 2: Vidrio monolítico en verano

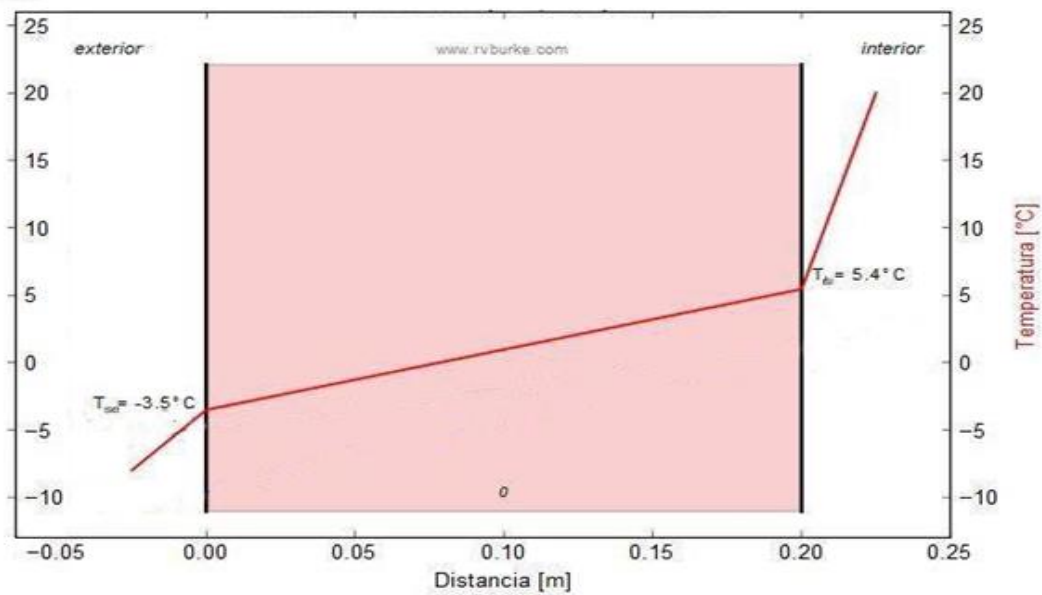
Si se evalúa la resistencia térmica que está presente en el vidrio, se puede visualizar que este prácticamente tiende a cero, ya que se opone al flujo de calor de una forma prácticamente nula, esto conlleva a que no sea una limitante para que el calor entre al inmueble como se puede apreciar en la ilustración N° 14.



**Ilustración 14 Vidrio monolítico verano**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

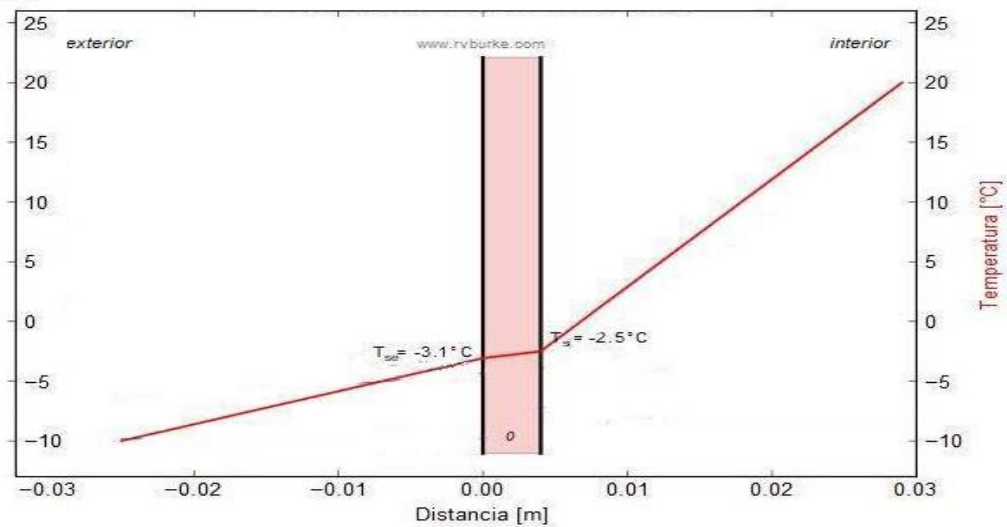
### 3.9.3 Cerramiento 1: Hormigón armado invierno



**Ilustración 15 Hormigón armado invierno**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

### 3.9.4 Cerramiento 2: Vidrio monolítico invierno



**Ilustración 16 Vidrio monolítico invierno**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

## Capítulo 4. Desarrollo de la Propuesta

### 4.1 Situación Propuesta

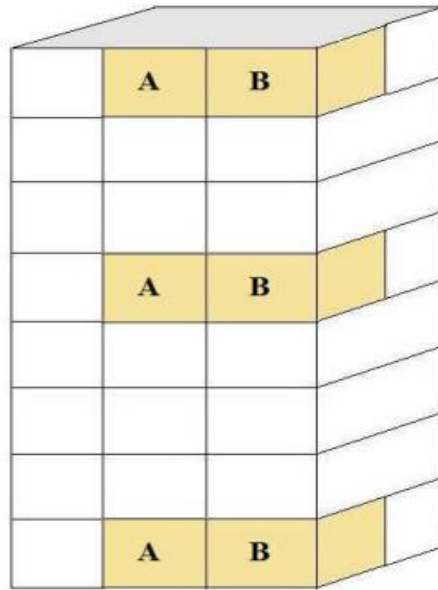
Para poder solucionar el problema que se ha exhibido en cuanto a la aislación térmica del inmueble (ver apartado 3.1) se presentan dos propuestas de solución, cada una ataca el problema de forma eficaz y eficiente, pero con distintas características tanto en los materiales, instalación y resistencia mecánica. Dichas propuestas se presentan a continuación:

Propuesta N1: Revestir el interior del muro de hormigón ( $e=20$  cm) que contienda con el exterior, agregando tabique adicional al muro constituido por lana de vidrio ( $e=4$  cm) y plancha yeso cartón ( $e=1,5$  cm) en conjunto con el cambio de las ventanas y/o ventanales monolíticos, por termopanel (DVH) simple (con sales higroscópicas para mantener el aire del interior seco).

Propuesta N2: Revestir el interior del muro de hormigón ( $e=20$  cm) que contienda con el exterior, utilizando poliestireno extruido ( $e=5$  cm) y cambiar las ventanas y/o ventanales monolíticos ( $e=4$ mm), por termopanel (DVH) simple (con sales higroscópicas para mantener el aire del interior seco).

Para proceder con el análisis de la solución se deben calcular los valores de  $Gv1$ ,  $Gv2$  y  $Gac$  (ver capítulo II), se debe considerar que el  $Gac$  se estima para un consumo de 24 horas diarias. Por otro lado, se debe tener en consideración que tenemos dos tipologías de departamentos, departamento tipo A, que se ubica en el lateral del edificio y departamento tipo B, el cual corresponde a aquel ubicado en la esquina del edificio.

Este último panorama es muy importante, ya que el departamento tipo B tiene una mayor área de muro en contacto con el exterior por lo que hay una mayor transferencia de calor que en el departamento tipo A.



**Ilustración 17 Esquema de tipo de Departamentos A y B**

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de cálculo, solo se considerarán 2 tipos de departamentos, como lo indica la ilustración N°17, para esto se obviarán todos aquellos factores que no sufrirán modificaciones, por lo que los departamentos serán considerados de igual forma, sean del primer piso, pisos intermedios y el piso final.

Debido a que solo los muros que contiendan con el exterior sufrirán modificaciones y no el piso ni el cielo del inmueble, es por esta razón que solo tenemos dos tipologías de departamentos a evaluar, se considerarán laterales y esquinas, departamento tipo A y B respectivamente.

Para proceder con el análisis correspondiente evaluaremos las condiciones del inmueble bajo 3 escenarios, los cuales son los siguientes:

1. Departamento tipo sin proyecto, condiciones iniciales y actuales de aislación.
2. Departamento tipo con proyecto, implementando propuesta N°1, expuesta anteriormente.
3. Departamento tipo con proyecto, implementando propuesta N°2, expuesta anteriormente.

Los resultados de la evaluación se presentan a continuación, exponiendo los resultados del análisis realizado para un consumo diario de:

**Tabla 2 Tipologías de departamento con distintas mejoras a 24 hrs.**

<b>TIPOLOGIA DEPARTAMENTO</b>	<b>TIPO DE MEJORA</b>	<b>TIEMPO DE CONSUMO</b>
<b>TIPO A</b>	<b>MEJORA 1</b>	<b>24 hrs/día</b>
	<b>MEJORA 2</b>	
<b>TIPO B</b>	<b>MEJORA 1</b>	
	<b>MEJORA 2</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los puntos recién mencionados serán parte de la evaluación tanto para el departamento tipo A y para el departamento tipo B.

Como ya se indicó con anterioridad se procederá a realizar 3 análisis de forma independiente, considerando en cada uno 2 evaluaciones de consumo con respecto las horas efectivas de climatización por día; 24 respectivamente.

El posterior análisis se realiza por medio de los cálculos respectivos de Gv1, Gv2 y Gac (ver capítulo II). Este último nos entregará el consumo anual en kWh que se debe consumir para mantener el inmueble climatizado (el tiempo anteriormente señalado), este a su vez se señala su respectivo precio en peso chileno (CLP), el cual ha sido transformado de acuerdo el “valor del dólar al día 1 del mes noviembre del año 2017” (según valores señalados por SII), aproximadamente \$636 (CLP).

Dicho valor del kWh se dedujo de acuerdo con lo señalado por el diario el mercurio por su estudio “Cuánto cuesta la energía eléctrica de uso residencial en Chile y el mundo (ver anexos)” publicado el 19 de julio del 2017, el cual señala que en Chile este tiene un valor de 0,158 dólares estadounidenses, lo que equivale aproximadamente a \$100,488 (CLP), para efectos de cálculo se tomará este valor con decimales.

## 4.2 Parámetros y Supuestos

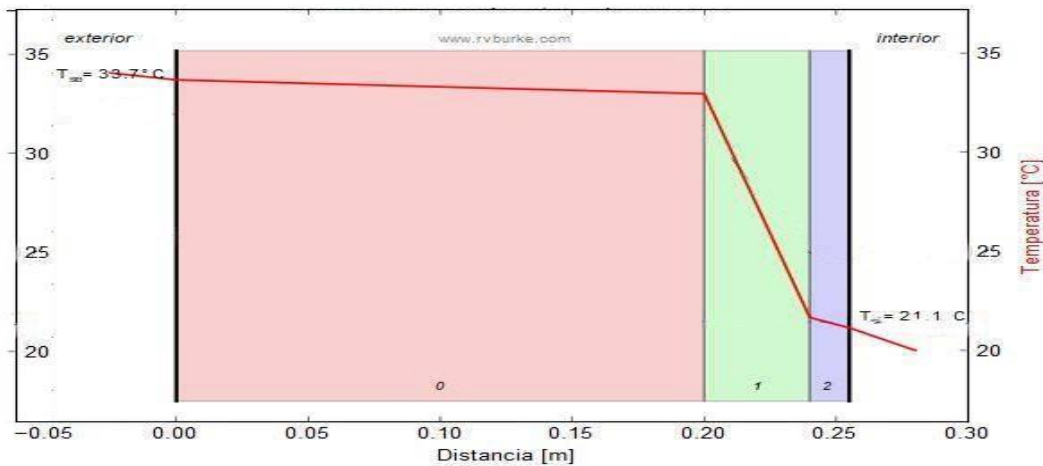
Para proceder con la evaluación señalada es necesario definir ciertos parámetros y supuestos para poder identificar el escenario en que se están midiendo las propuestas anteriormente señaladas, los cuales definimos a continuación

1. Se considerará el departamento como un todo (a excepción de los baños, la cocina y logia, espacios que no serán climatizados y por lo tanto no se deben considerar para efectos del análisis a realizar) sin involucrar en los cálculos las separaciones interiores entre los espacios pertenecientes al departamento.
2. Se considerará un solo escenario de tiempo de climatización de 24 horas diarias para realizar la evaluación.
3. El consumo anual de calefacción, el cual se mide en kWh, se medirá como un consumo eléctrico, de esta forma, al momento de llevar a cabo la evaluación económica, esta se llevará a cabo por medio del costo que existe de acuerdo con el consumo presente y el costo del kWh en Chile.
4. Se realizará la evaluación a nivel anual y no por estaciones climáticas, para esto se considerarán las temperaturas percibidas durante el año 2015.

## 4.3 Simulación de propuesta de mejoras verano e invierno

### 4.3.1 Cerramiento 1 Hormigón armado mejora 1 verano

Si se procede a realizar el mismo ejercicio que contemplamos en el punto 3.2.7.1, esta vez considerando la mejora 1, los resultados son muy positivos, ya que esto nos llevara a una resistencia térmica global muy buena, por lo que disminuye considerablemente el calor que ingresa al inmueble como se muestra en la ilustración 18.

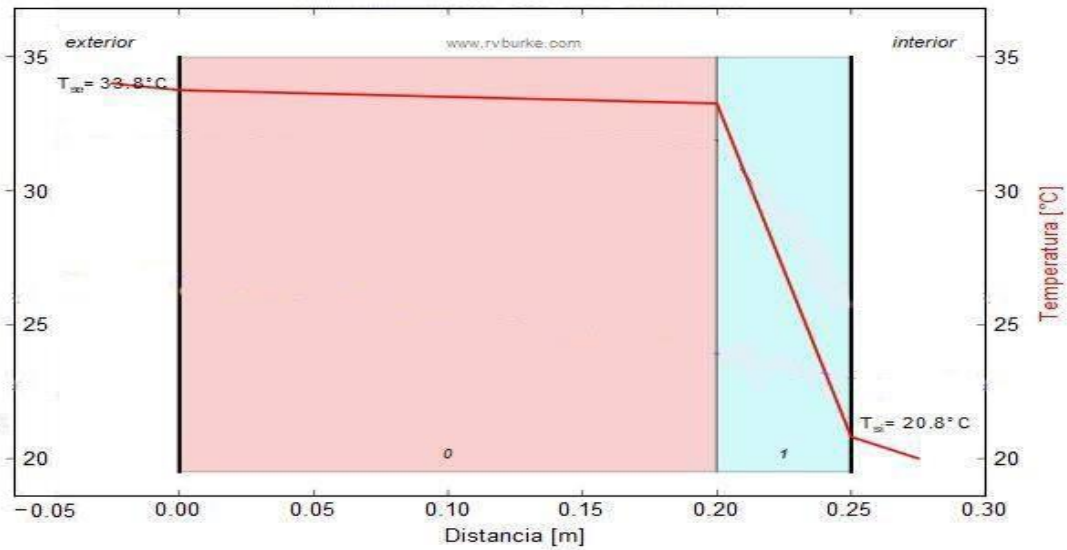


**Ilustración 18 Hormigón armado más Lana de vidrio y eso cartón (verano)**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

### 4.3.2 Cerramiento 1 Hormigón armado mejora 2 verano

Para el caso de la mejora 2, se tienen aún mejores resultados, esto debido a que el poliestireno extruido presenta una mayor resistencia térmica que la lana con la plancha de yeso-cartón como se puede apreciar en la ilustración N°19.

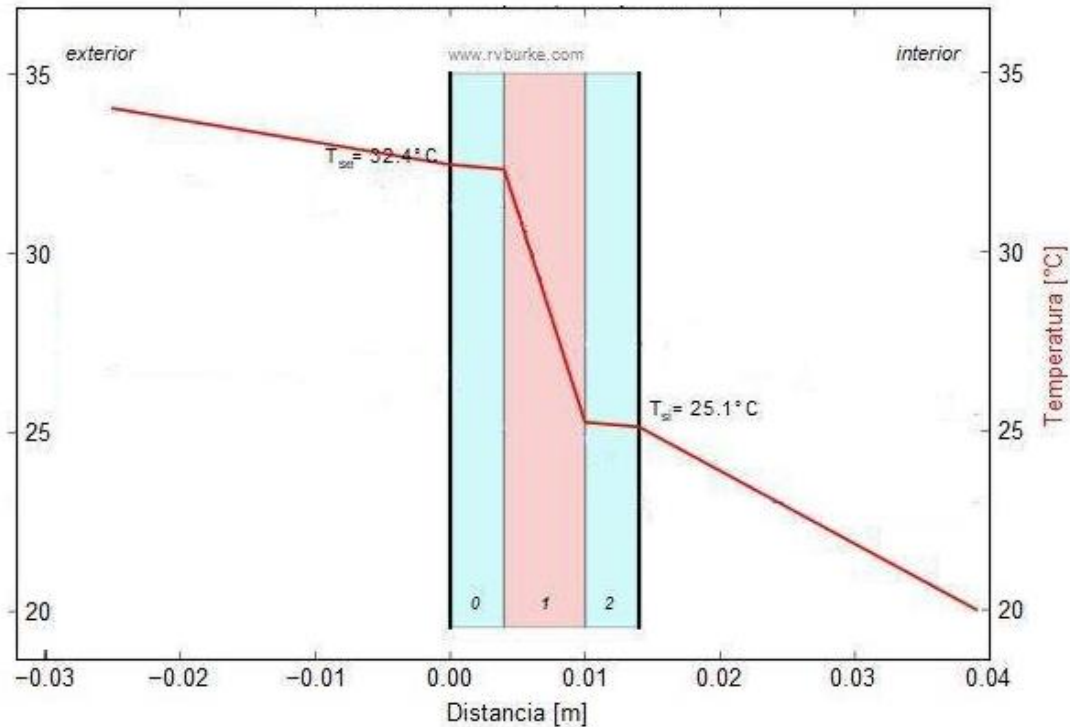


**Ilustración 19 Hormigón armado más poliestireno extruido (verano)**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

### 4.3.3 Cerramiento 2 Vidrio Termopanel simple verano

Como se logra apreciar en la ilustración N° 20, la cámara de aire que contempla el termopanel, mejora considerablemente la resistencia térmica presente en las ventanas, eso conlleva a que haya mucho menos ingreso de calor al inmueble a través de los vidrios, esto debido a que al interior se encuentra aire seco lo cual es una gran ventaja de este tipo de material además de considerar el espesor de este.



**Ilustración 20 Ventana Termopanel simple**

Fuente: Ilustración elaborada en [www.rvburk.com](http://www.rvburk.com)

Para el caso del invierno (ver anexos), los cerramientos con la mejora implementada, la temperatura en el interior será mayor dado que la resistencia térmica aumentará trayendo consigo una disminución en la transferencia térmica y que la temperatura interna del inmueble se pueda mantener.

## 4.4 Análisis del consumo energético en departamentos sin proyecto

Como se ha indicado en anterioridad, antes que todo se debe proceder a conocer en qué situación se encuentran actualmente los departamentos en cuanto al consumo necesario para poder mantenerlos calefaccionados, para esto es necesario medir el consumo para posteriormente realizar la comparación con respecto a las propuestas ya señaladas.

**Tabla 3 Departamento tipo A- Evaluación sin proyecto**

Departamento tipo A - Evaluación sin proyecto			
MURO HORMIGON ARMADO (e=0.2)+VIDRIO MONOLITICO (e=0,004)			
KL (W/mk) MURO	1,63		
U (W/m2k) MURO	9		
KL (W/mk) VENTANA	1,2		
U (W/m2k) VENTANA	5,8	GV1 (W/m3K)	1,15
V (m3)	82,25		
L (m)	8,82		
S (m2) MURO	10,42		
S (m2) VENTANA	8,8	GV2 (W/m3K)	2,55
COEFICIENTE MURO	71,11%		
COEFICIENTE VENTANA	28,63%		
COSTO kWh	\$114		
<b><math>G_{a_c}(24 \text{ hrs}) =</math></b>	<b>(kWh/año)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
	<b>6596</b>	<b>\$751.957</b>	<b>\$62.663</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 “Departamento tipo B- Evaluación sin proyecto”

Departamento tipo B - Evaluación sin proyecto			
MURO HORMIGON ARMADO (e=0.2)+VIDRIO MONOLITICO (e=0,004) Depto B			
KL (W/mk) MURO	1,63		
U (W/m2k) MURO	9		
KL (W/mk) VENTANA	1,2		
U (W/m2k) VENTANA	5,8	GV1 (W/m3K)	2,10
V (m3)	82,98		
L (m)	13,13		
S (m2) MURO	21,86		
S (m2) VENTANA	8,8	GV2 (W/m3K)	3,50
COEFICIENTE MURO	71,11%		
COEFICIENTE VENTANA	28,63%		
COSTO kWh	\$114		
<b><math>G_{a_c}(24 \text{ hrs}) =</math></b>	<b>(kWh/año)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
	<b>9135</b>	<b>\$1.041.389</b>	<b>\$86.782</b>

Fuente: Elaboración propia

Cómo se puede apreciar en los presentes cuadros, se muestran los consumos, como se indicó anteriormente, para dos panoramas distintos, cada uno entregado en demanda de energía, costo anual de esta; deducido de acuerdo con el precio del kWh en Chile; y su correspondiente costo mensual.

## 4.5 Análisis de la situación propuesta incluyendo las mejoras

Dado que ya se conoce la situación actual, se procederá a medir el consumo con las mejoras de los materiales agregados tanto para un periodo mensual como anual para así poder realizar una comparación entre cada propuesta dado el departamento.

### 4.5.1 Implementación de mejora 1

Esta mejora consta de revestir los muros con lana de vidrio y planchas de yeso cartón, y en cuanto a las ventanas cambiar las actuales por termopanel simple.

**Tabla 5 Departamento tipo A- Evaluación implementando mejora 1**

Departamento tipo A - Evaluación implementando mejora 1			
MURO HORMIGON ARMADO+REVESTIMIENTO LANA DE VIDRIO+ PLANCA YESO CARTÓN+TERMO PANEL SIMPLE			
KL (W/mk) MURO	1,343920178		
U (W/m2k) MURO	2,779759036		
KL (W/mk) VENTANA	0,857988147		
U (W/m2k) VENTANA	2,9	GV1 (W/m3K)	0,47
V (m3)	82,25		
L (m)	8,82		
S (m2) MURO	10,42		
S (m2) VENTANA	8,88	GV2 (W/m3K)	1,87
COEFICIENTE MURO	71,11%		
COEFICIENTE VENTANA	28,63%		
COSTO kWh	\$114		
<b><math>G_{a_c}(24 \text{ hrs}) =</math></b>	<b>(kWh/año)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
	<b>4835</b>	<b>\$551.193</b>	<b>\$45.933</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6 Departamento tipo B- Evaluación implementando mejora 1**

Departamento tipo B - Evaluación implementando mejora 1			
MURO HORMIGON ARMADO+REVESTIMIENTO LANA DE VIDRIO+ PLANCA YESO CARTÓN+TERMO PANEL SIMPLE			
KL (W/mk) MURO	1,343920178		
U (W/m2k) MURO	2,779759036		
KL (W/mk) VENTANA	0,857988147		
U (W/m2k) VENTANA	2,9	GV1 (W/m3K)	0,80
V (m3)	82,98		
L (m)	13,13		
S (m2) MURO	21,86		
S (m2) VENTANA	8,8	GV2 (W/m3K)	2,20
COEFICIENTE MURO	71,11%		
COEFICIENTE VENTANA	28,63%		
COSTO kWh	\$114		
<b><math>G_{a_c}</math> (24 hrs) =</b>	<b>(kWh/año)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
	<b>5739</b>	<b>\$654.276</b>	<b>\$54.523</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.5.2 Implementación de mejora 2

Esta mejora consta de revestir los muros con poliestireno extruido, y en cuanto a las ventanas cambiar las actuales por termopanel simple.

**Tabla 7 Departamento tipo A- Evaluación implementando mejora 2**

Departamento tipo A - Evaluación implementando mejora 2			
MURO HORMIGON ARMADO+POLIESTIRENO EXPANDIDO+TERMO PANEL SIMPLE			
KL (W/mk) MURO	1,064397582		
U (W/m2k) MURO	2,469900306		
KL (W/mk) VENTANA	0,857988147		
U (W/m2k) VENTANA	2,9	GV1 (W/m3K)	0,42
V (m3)	82,25		
L (m)	8,82		
S (m2) MURO	10,42		
S (m2) VENTANA	8,88	GV2 (W/m3K)	1,82
COEFICIENTE MURO	71,11%		
COEFICIENTE VENTANA	28,63%		
COSTO kWh	\$114		
<b><math>G_{a_c}(24 \text{ hrs}) =</math></b>	<b>(kWh/año)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
	<b>4708</b>	<b>\$536.673</b>	<b>\$44.723</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Departamento tipo B- Evaluación implementando mejora 2

Departamento tipo B - Evaluación implementando mejora 2			
MURO HORMIGON ARMARDO+POLIESTIRENO EXPANDIDO+TERMO PANEL SIMPLE			
KL (W/mk) MURO	1,064397582		
U (W/m2k) MURO	2,469900306		
KL (W/mk) VENTANA	0,857988147		
U (W/m2k) VENTANA	2,9	GV1 (W/m3K)	0,71
V (m3)	82,98		
L (m)	13,13		
S (m2) MURO	21,86		
S (m2) VENTANA	8,8	GV2 (W/m3K)	2,11
COEFICIENTE MURO	71,11%		
COEFICIENTE VENTANA	28,63%		
COSTO kWh	\$114		
<b><math>G_{a_c}(24 \text{ hrs}) =</math></b>	<b>(kWh/año)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
	<b>5506</b>	<b>\$627.645</b>	<b>\$52.304</b>

Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo 5. Factibilidad económica y financiera**

### **5.1 Evaluación económica y financiera**

#### **Inversión**

Este análisis tiene por objeto evaluar en términos financieros las alternativas de mejoras en los departamentos. Para esto se realizara una valoración económica de ambas alternativas con el fin de medir cuantitativamente que representa cada una de las opciones, cabe destacar que si bien la evaluación económica de una inversión es fundamental para determinar que representa en términos monetarios la implementa de estas mejoras, no es el único criterio a considerar ni tampoco es, necesariamente, el más decisivo. Otros criterios como el impacto medio ambiental, calidad de vida, etc., pueden ser factores más determinantes inclusive que lo financiero.

Con el fin de llevar a cabo este análisis es necesario determinar la magnitud de inversión de cada alternativa y contrastarla con el beneficio obtenido a través del ahorro energético, para esto determinaremos un horizonte de evaluación de 10 años.

Adicionalmente estos flujos resultantes los traeremos a valor presente con una tasa de retorno (WACC), el fin de esta tasa es considerar el factor de costo de oportunidad perdido en la inversión.

A continuación se desglosa la inversión requerida para cada departamento como se puede apreciar en la tabla N° 14 y N°15.

Tabla 9 “Inversión departamento A”

<b>DEPARTAMENTO TIPO A</b>			
<b>MEJORA 1</b>		<b>MEJORA 2</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>
PANEL METALCOM	\$86.277	POLIESTIRENO	\$125.040
AISLANTE LANA MINERAL		EXTRUIDO	
40mm	\$35.080	VENTANA	\$927.830
VOLCANITA	\$52.968	PINTURA	\$39.596
PINTURA	\$39.596		
VENTANA	\$927.830.		
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.141.751</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$1.092.466</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 “Inversión departamento B”

<b>DEPARTAMENTO TIPO B</b>			
<b>MEJORA 1</b>		<b>MEJORA 2</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>
PANEL METALCOM	\$141.571	POLIESTIRENO	\$262.320
AISLANTE LANA MINERAL		EXTRUIDO	
40mm	\$44.232	VENTANA	\$927.830
VOLCANITA	\$111.122	PINTURA	\$83.068
PINTURA	\$83.068		
VENTANA	\$927.830		
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.307.823</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$1.273.218</b>

Fuente: Elaboración propia

La diferencia identificada no representa una cantidad determinante para la inclinación de alguna sobre otra alternativa

A continuación se evaluarán las características y propiedades de cada alternativa como se puede apreciar en la tabla N°16.

**Tabla 11” Diferencias mejora 1 y mejora 2”**

<b>MEJORA 1</b>	<b>MEJORA 2</b>
TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN DE 4 DÍAS (APROX)	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN DE 2 DÍAS (APROX)
BAJA RESISTENCIA MECÁNICA	ALTA RESISTENCIA MECÁNICA
INVERSIÓN PROMEDIO DE \$1.076.646	INVERSIÓN PROMEDIO DE \$1.034.701
e=75-80 mm	e=50-55 mm
Gv1 PROMEDIO= 0,63	Gv1 PROMEDIO= 0,56

**Fuente: Elaboración propia**

Considerando la tabla anterior se evidencia una clara inclinación de mejor desempeño en la mejora 2 de lo cual se destaca un menor tiempo de implementación, mayor resistencia mecánica, menor inversión, es menos invasiva debido, ya que se agregan entre 50 y 55 mm de espesor al muro y dispone de un Gv1 promedio (considerando el departamento A y B) menor que al presente en la mejora 1.

## 5.2 Evaluación del proyecto

### Consideraciones generales

En consideración general, se realiza una evaluación económica de flujos descontados, para cada alternativa obteniendo como resultado un valor presente neto (VAN) para cada una, siendo este parámetro el indicador a comparar.

Para la obtención del valor presente neto se requiere de una tasa de descuento. El fin de esta tasa es considerar en la evaluación el coste de oportunidad y riesgo de la inversión. Si el VAN es positivo significa que el ahorro obtenido con la implementación de la mejora es superior al coste de oportunidad y la inversión requerida para la implementación. En caso contrario el VAN es negativo.

Para efectos de esta evaluación se considera un horizonte de 10 años. Ahora en las evaluaciones económicas siempre surge la interrogante de cómo tratar el último año, para esto existen dos opciones.

- Liquidación de los activos, este supone plantea que al final del horizonte de evaluación todos los activos comprados a un valor residual. Esto implica que los activos son liquidables y que la operación del proyecto termina cuando termina el horizonte de evaluación.
- Perpetuidad, este supuesto implica que la operación continuara de manera perpetua, para esto se determina una tasa de perpetuidad (o crecimiento vegetativo en el tiempo) que se aplica al flujo del último año de evaluación.

Para esta evaluación se optó por usar la tasa de perpetuidad puesto que los activos comprados no son posible de liquidar y la durabilidad de la inversión es considerablemente superior a 10 años.

Para el cálculo de la tasa de descuento se utilizó el método CAMP, puesto que al no existir una deuda financiera el método más aceptada por la literatura WACC es idéntico a CAMP. Los flujos obtenidos en esta inversión se reflejan el ahorro energético producido por la implementación, es decir, dinero que sin la implementación se hubiese empleado en climatización. Para determinar el ahorro energético posible se consideró un consumo diario de 24 hrs continuadas.

## 5.3 Flujos de caja

### 5.3.1 Flujo de caja departamento A mejora 1

Cifras en 000' CLP

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Analisis de costos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Sin inversion</b>											
Costo hora Kw	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
% <i>Crecimiento</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596
Total costo	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944
<b>Costo con inversion</b>											
Costo hora Kw	114	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% <i>Crecimiento</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	6.596	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835	4.835
Subtotal	751.944	485.859	485.859	485.859	485.859	485.859	485.859	485.859	485.859	485.859	485.859
TOTAL AHORRO	-	266.085	266.085	266.085	266.085	266.085	266.085	266.085	266.085	266.085	266.085
CAPEX	(1.141.751 )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% de venta	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>FLUIJO DE CASH</b>	<b>-1.141.751</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>	<b>266.085</b>
Tasa de crecimiento continuo	G	0%									
Tasa de descuento	CAMP	1,7%									
Valor Presente Perpetuidad		13.595.978									
Valor Flujos Descontados (VAN)		1.291.458									
Valor proyecto		14.887.437									
TIR		19,32%									
PAYBACK		4									

Fuente: elaboración propia

### 5.3.2 Flujo de caja departamento A mejora 2

Cifras en 000' CLP

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Analisis de costos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Sin inversion</b>											
Costo hora kw	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
% Crecimiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596	6.596
Total costo	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944	751.944
<b>Costo con inversion</b>											
Costo hora kw	114	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% Crecimiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	6.596	4.709	4.709	4.709	4.709	4.709	4.709	4.709	4.709	4.709	4.709
Subtotal	751.944	473.198	473.198	473.198	473.198	473.198	473.198	473.198	473.198	473.198	473.198
TOTAL AHORRO	-	278.746	278.746	278.746	278.746	278.746	278.746	278.746	278.746	278.746	278.746
CAPEX	(1.092.466)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% de venta	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-1.092.466</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>	<b>278.746</b>
Tasa de crecimiento continuo	G	0%									
Tasa de descuento	CAMP	1,7%									
Valor Presente Perpetuidad		14.242.936									
Valor Flujos Descontados (VAN)		1.456.526									
Valor proyecto		15.699.462									
TIR		22,03%									
PAYBACK		3									

Fuente: elaboración propia

### 5.3.3 Flujo de caja departamento B mejora 1

Cifras en 000' CLP

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Analisis de costos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Sin inversion</b>											
Costo hora Kw	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
% <i>Crecimiento</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135
Total costo	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389
<b>Costo con inversion</b>											
Costo hora Kw	114	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% <i>Crecimiento</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	9.135	5.739	5.739	5.739	5.739	5.739	5.739	5.739	5.739	5.739	5.739
Subtotal	1.041.389	576.727	576.727	576.727	576.727	576.727	576.727	576.727	576.727	576.727	576.727
TOTAL AHORRO	-	464.662	464.662	464.662	464.662	464.662	464.662	464.662	464.662	464.662	464.662
CAPEX	(1.307.823)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% de venta	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>FLUIJO DE CAJA</b>	<b>-1.307.823</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>	<b>464.662</b>
Tasa de crecimiento continuo	G	0%									
Tasa de descuento	CAMP	1,7%									
Valor Presente Perpetuidad		23.742.597									
Valor Flujos Descontados (VAN)		2.941.280									
Valor proyecto		26.683.877									
TIR		33,56%									
PAYBACK		2									

Fuente: elaboración propia

### 5.3.4 Flujo de caja departamento B mejora 2

Cifras en 000' CLP

Análisis de costos	Sin inversión										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo hora kw	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
% Crecimiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135	9.135
Total costo	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389	1.041.389
<b>Costo con inversión</b>											
Costo hora kw	114	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% Crecimiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Consumo kw	9.135	5.506	5.506	5.506	5.506	5.506	5.506	5.506	5.506	5.506	5.506
Subtotal	1.041.389	553.252	553.252	553.252	553.252	553.252	553.252	553.252	553.252	553.252	553.252
TOTAL AHORRO	-	488.137	488.137	488.137	488.137	488.137	488.137	488.137	488.137	488.137	488.137
CAPEX	(1.273.218)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% de venta	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-1.273.218</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>	<b>488.137</b>
Tasa de crecimiento continuo	G	0%									
Tasa de descuento	CAMP	1,7%									
Valor Presente Perpetuidad (FVA)		24.942.054									
Valor Flujos Descontados (VAN)		3.190.546									
Valor proyecto		28.132.600									
TIR		36,65%									
PAYBACK		2									

Fuente: elaboración propia

### 5.3.5 Cuadro resumen

Como se observa en la tabla N°13 de resumen de los valores financieros del proyecto, el flujo tiene un van positivo en cada una de sus mejoras, pero con un mejor desempeño en la mejora tipo B, que también posee una mejor implementación, lo anterior se obtiene con una tasa de descuento de 1,66% lo anterior radica en que la inversión solo amerita ser contrastada al coste de oportunidad de inversión en renta fija, puesto que esta inversión no se ve afectada por el desempeño del mercado, motivo por el cual se utiliza un  $\beta = 0$  pues el propósito del  $\beta$  es reflejar lo sensible de la industria en la cual nos encontramos (por extensión el proyecto) respecto al mercado, en nuestro caso es totalmente insensible.

Considerando todo lo anterior, se concluye que el proyecto es viable en términos financieros.

**Tabla 12 Cuadro resumen de indicadores financieros**

INDICADORES	24 HRS			
	Departamento A		Departamento B	
	Mejora 1	Mejora 2	Mejora 1	Mejora 2
<b>PERIODO DE PAYBACK (AÑOS)</b>	6,48	5,92	3,53	3,23
<b>TIR</b>	11%	14%	37%	43%
<b>ROI</b>	15,44%	16,91%	28,31%	30,96%
<b>VAN</b>	\$ 1.291.458	\$ 1.456.526	\$ 2.941.280	\$ 3.190.546

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 6. Conclusiones.

Luego del presente estudio realizado, fue posible lograr el objetivo general, ya que se consiguió, en términos teóricos, reducir el consumo energético destinado a climatización, debido a un plan de mejora en el revestimiento de paredes y ventanas de los inmuebles a tratar. A nivel específico se consiguió elaborar alternativas de aislación que fueran sometidas en primera instancia a un análisis técnico para determinar en qué nivel cumplían con las expectativas de reducir la transferencia calórica desde exterior a interior, y posteriormente a un análisis económico para evaluar la viabilidad financiera del proyecto.

En términos técnicos, ambas alternativas cumplen con el propósito de esta memoria, que corresponde a la necesidad de aislación térmica del inmueble evaluado, sin embargo, la alternativa planteada y nombrada como “mejora 2”, es más eficiente debido a que la instalación del revestimiento logra una mayor homogeneidad y aislación. En términos financieros se evaluaron ambas alternativas a un horizonte de 10 años. Ambos proyectos dieron van positivos, Esto debido a que se determinó como criterio del último año, un análisis de perpetuidad por sobre a una liquidación de activos, esto por dos factores,

- Imposibilidad de liquidar la inversión del proyecto
- Larga vida útil que presenta el revestimiento.

Bajo un análisis financiero es más acertado abordar este proyecto bajo este criterio, esto debido a la condición de que una vez que concluyan estos 10 años, considerados para dicha evaluación, la mejora seguirá entregando un beneficio constante. Como determinación final, se consideró la facilidad de implementación del poliestireno extruido, además de que presenta una mayor homogeneidad en su estructura, permitiendo una aislación superior. Debido a todo lo anteriormente mencionado se logra llegar a la determinación de que, considerando las alternativas planteadas, el poliestireno extruido entregó (teóricamente) mejores resultados y condiciones que la lana mineral.

Como reflexión general, la elaboración de este proyecto permitió entender la facilidad de alcanzar un uso más eficiente de la energía en términos de climatización. Adicionalmente, todas las externalidades positivas, tanto en confort, reducción de la huella de carbono,

eficiencia financiera ,y realizando una mirada más holística, en cuanto al cuidado del medio ambiente, se llega a la conclusión que el desarrollo inmobiliario futuro y los esfuerzos de mejora de los existentes proyectos y construcciones, deben ir en función del progreso en cuanto al uso de los recursos, la optimización energética y en la búsqueda de una constante mejora en la administración de los recursos financieros, con un enfoque a largo plazo, tanto para obtener ahorros económicos, como para el cuidado del medio ambiente.

## Capítulo 7. Bibliografía

**ACONDICIONAMIENTO TERMICO. ENVOLVENTE TÉRMICA DE EDIFICIOS.** Calculo de resistencias y transmitancias térmicas.

**POLÍTICAS PÚBLICAS EN ENERGIA PARA CALEFACCIÓN RESIDENCIAL Y COGENERACION.** Soluciones de calefacción sustentable para mejorar la calidad del aire.

**AISLAMIENTO TERMICO, TIPOS Y RECOMENDACIONES.** Conceptos y definiciones de materiales de construcción; 2016.

**FICHA TECNICA DE TIPOS DE LANAS DE VIDRIOS; AISLANGLASS; 2016** Diferentes tipos de Lanas de vidrios, con sus respectivas definiciones y distinciones.

**ANUARIO METEROLOGICO DE CHILE; 1990-2015,** Anuarios que proporciona la Dirección General de Aeronáutica Civil Dirección Meteorológica de Chile Sub-Departamento Climatología y Met. Aplicada, Anuario Climatológico <http://www.meteochile.cl>

**INFORMES DE PROYECCIONES Y ESTIMACIONES DE LA POBLACIÓN EN CHILE; 1950-2050, INE.**

**VALORES CONDUCTIVIDAD TERMICA ESPECIFICADA POR NORMA NCH853,** <https://es.scribd.com/document/211788851/propiedades-termicas-de-los-materiales>

**CALCULO DE TRANSMITANCIA TERMICA POR MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN,** Programa para poder calcular la transmitancia térmica de cada material, [.www.rvburke.com](http://www.rvburke.com)

**FISICA DE LA CONSTRUCCIÓN, CONCEPTOS TERMICOS, (J. RODRIGUEZ, 2009),** Física de la construcción y conceptos térmicos.

**POLITICAS E INFORMACIÓN BESALCO INMOBILIARIA ,2015.**

Información extraída de la página web de la empresa [www.besalco.cl](http://www.besalco.cl)

**DEGREE DAYS WEATHER DATA FOR ENERGY PROFESSIONALS, 2017.** Programa para el cálculo de grados días dependiendo de la zona geográfica y variables climáticas.

**POLITICAS PUBLICAS DE EFICIENCIA ENERGETICA, MINISTERIO DE ENERGIA, 2017.** Información sobre el consumo en calefacción por un promedio de viviendas en el país de 77 metros cuadrados.

**REGLAMENTO NORMA CHILENA NCH 853, 2007;** Dedicada al “Acondicionamiento térmico-Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, (véase OGUC Art. 4.1.10 letra 1. B. 3.).

## Capítulo 8. Anexos

### 8.1 Carta de autorización

#### AUTORIZACIÓN

**Besalco inmobiliaria** S.A, Rut: 84056200-K, domiciliada en Calle Ebro 2705, Las Condes, autoriza a **Gabriel Zamorano Vergara**, Rut: 18.058.460-1 y **Fernando León Gianoni** Rut: 18.166.821-0, para que utilice la información necesaria en el desarrollo de su proyecto de Tesis y por ende trabajar con nuestra información.

Se extiende la presente Autorización para ser presentada en la Universidad de Valparaíso de Chile, facultad de Ingeniería de Santiago.

Atentamente,

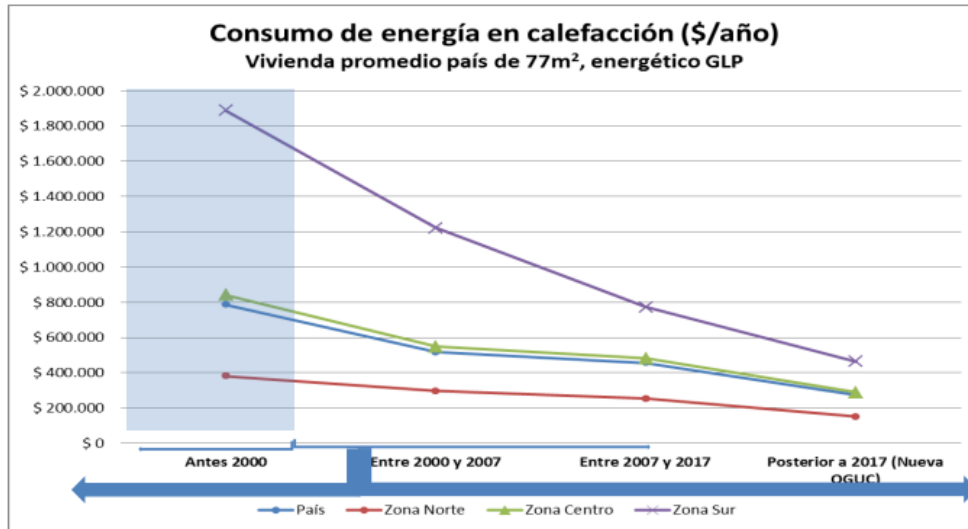
X

---

**Jorge Álvarez**  
**Ingeniero Mecánico**  
**Administrador de Obras**

## 8.2 Gráfico de consumo de energía en calefacción

Gráfico 8"Consumo de energía en calefacción"



Fuente: Políticas públicas de eficiencia energética. Información de Ministerio de Energía

### 8.3 Estado actual de la calefacción en Chile

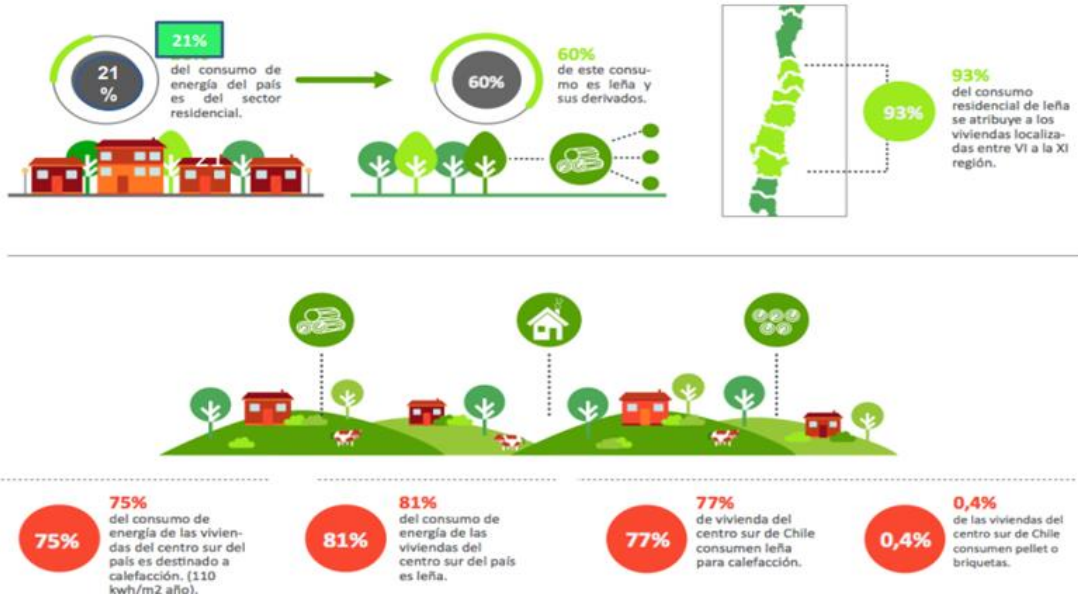
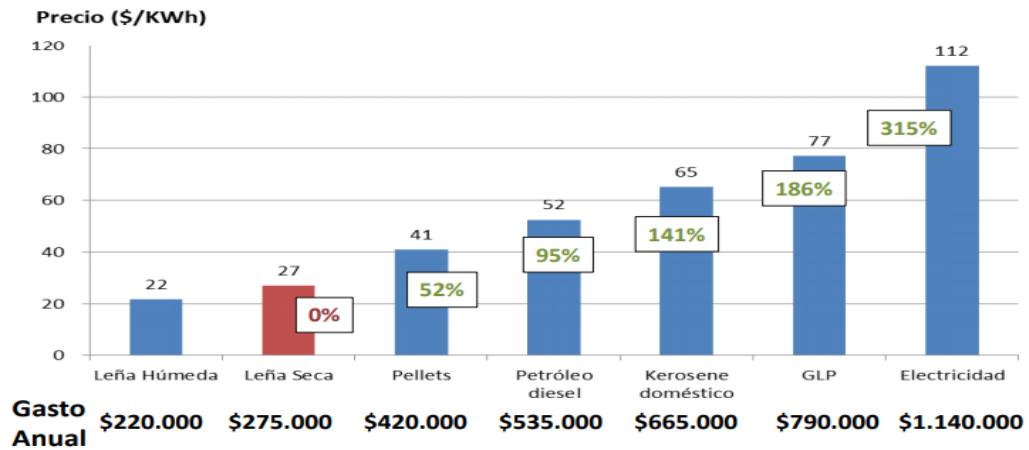


Ilustración 21 Estado actual de la calefacción en Chile

Fuente: Políticas públicas de eficiencia energética. Información de Ministerio de Energía

## 8.4 Costos en Calefacción

Gráfico 9 “Costos en calefacción”

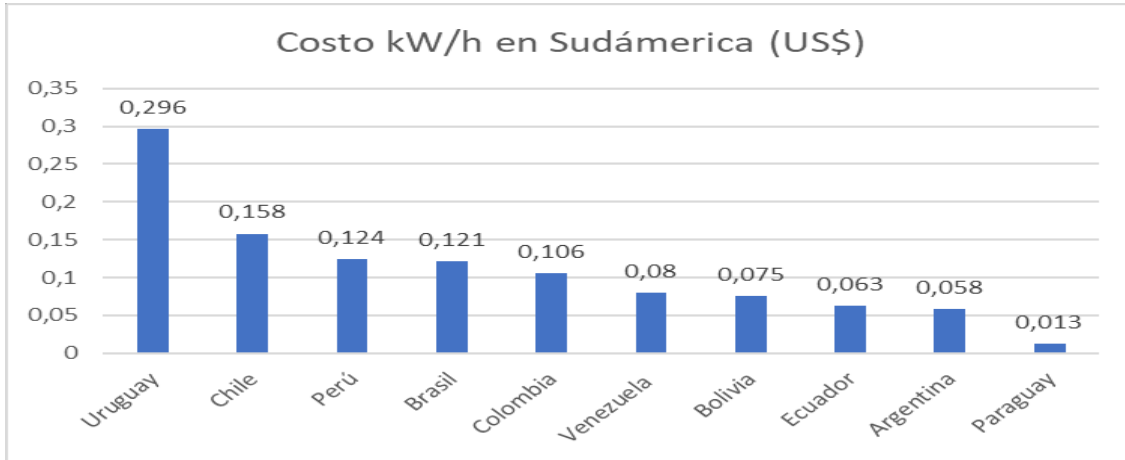


Fuente: Políticas públicas de eficiencia energética. Información de Ministerio de Energía

Para una vivienda promedio país de 77 m<sup>2</sup> construida antes del año 2000, es decir sin aislación térmica En base a una demanda energética de: 10.210 kWh/año.

## 8.5 Información de costos KW/h en Sudamérica

Gráfico 10 “Costos KW/h en Sudamérica”



Fuente: Elaboración propia basados en datos de emol.-Mapa cuánto cuesta la energía eléctrica

## 8.6 Tipología Departamento A

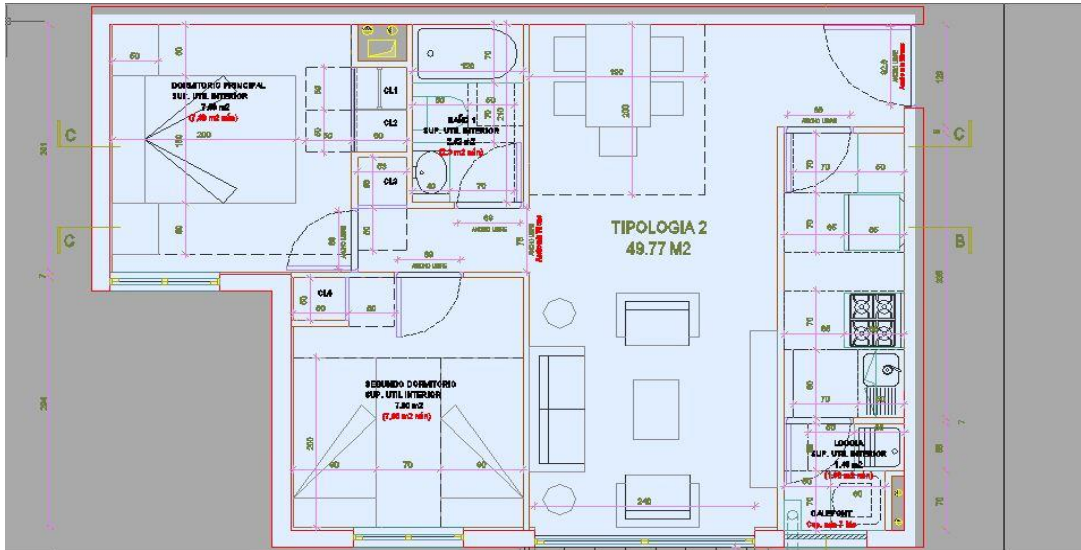


Ilustración 22 Departamento Tipo A

Fuente: Información proporcionada por Besalco inmobiliaria



## 8.8 Presupuesto Ventanas

Aialum		VENTANAS DE ALUMINIO		
<u>Soluciones térmicas y acústicas</u>				
<b>Presupuesto</b>				
Fecha	10-11-2017			
Cliente				
Dirección	SANTIAGO CENTRO			
Fono				
Mail	<a href="mailto:feongian@gmail.com">feongian@gmail.com</a>			
Giro				
Elemento	Descripción	Cantidad	Valor	Total
VENTANAS DE ALUMINIO COLOR MATE LÍNEA XELENTIA CON <u>TERMOPANEL INCOLORO DE 12 mm DE ESPESOR</u>				
				<b>termo-panel</b>
<b>V1</b> DORMITORIO PRINCIPAL	VENTANA DE CORREDERA EN ALUMINIO LINEA XELENTIA 69 CON TERMOPANEL CRISTALES INCOLOROS DE 4 y 6 mm DE ESPESOR , DE DOS HOJAS MÓVILES CON MANILLAS DE CIERRE. <b>Ancho 1.200 x Alto 1350 mm.</b>	2	\$ 214.312	\$ 428.624
<b>V2</b> DORMITORIO PRINCIPAL	VENTANA DE CORREDERA EN ALUMINIO COLOR MATE LINEA XELENTIA 69 CON TERMOPANEL CRISTALES INCOLOROS DE 4 y 6 mm DE ESPESOR , DE DOS HOJAS MÓVILES CON MANILLAS DE CIERRE. <b>Ancho 2.400 x Alto 2.500 mm.</b>	1	\$ 351.065	\$ 351.065
			<b>NETO</b>	\$ 779.689
			<b>IVA</b> 19%	\$ 148.141
			<b>TOTAL</b>	\$ 927.830
<p><b><u>La forja 8752 La Reina</u></b>            Parque industrial La Reina            97854096 975177652  <a href="mailto:multialumventas@gmail.com">multialumventas@gmail.com</a></p> <p><a href="http://WWW.AIALUM.CL">WWW.AIALUM.CL</a></p>				

**Ilustración 24 Presupuesto de ventanas entregado por empresa Lumik**

Fuente: Información proporcionada por Aialum

## 8.9 Información de temperaturas mínimas históricas

Tabla 13 Temperaturas históricas mínimas en invierno

AÑO	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	PROMEDIO
1990	-4,7	-3,7	-4,3	-1,5	-4,7
1991	-0,2	-2,3	-2,6	-3,6	-3,6
1992	0,9	-2,2	-3,1	-5,9	-5,9
1993	-3,5	-2,4	-4,6	-6,2	-6,2
1994	-0,4	-2,7	-3,1	-1,6	-3,1
1995	0	-1,3	-3,4	-2	-3,4
1996	-5,9	-4	-2,3	-2	-5,9
1997	-0,8	-1,2	-0,8	-2	-2
1998	0,1	-1,9	-4,4	-4,3	-4,4
1999	-1,4	-2,3	-4	-1,3	-4
2000	-0,9	-2,1	-3,2	-0,6	-3,2
2001	-1,2	-6,2	-3,4	0,7	-6,2
2002	0,4	-1,7	-2,3	-1,1	-2,3
2003	-1,6	0,1	-4	-4	-4
2004	-1,5	-3,6	-2,1	-2,5	-3,6
2005	-1	2,1	-0,3	1,2	-1
2006	-0,9	-0,8	-1,7	0,8	-1,7
2007	-2,6	-3,5	-4,9	-3,3	-4,9
2008	-1,1	-1,7	0,2	-1,5	-1,7
2009	-0,1	-2,3	-3	-2	-3
2010	0	-2,5	-4,5	-2,3	-4,5
2011	-1	-3	-4,6	-2,8	-4,6
2012	2,1	-2,1	-2,1	1,1	-2,1
2013	0,1	-3,4	-3,1	-1,3	-3,4
2014	-1,4	-1,8	-1,8	-1,2	-1,8
2015	0,5	-3,7	-2,1	1,8	-3,7
<b>PROMEDIO</b>	<b>-1,0</b>	<b>-2,3</b>	<b>-2,9</b>	<b>-1,8</b>	<b>-2,9</b>

Fuente: elaboración propia

## 8.10 Información de temperaturas máximas históricas

**Tabla 14 Temperaturas promedio máximas históricas en invierno**

<b>AÑO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>PROMEDIO</b>
1990	35,1	34,5	32,4	34,5	34,1
1991	35,3	35,1	33,2	35,0	34,7
1992	35,8	34,2	34,8	32,5	34,3
1993	32,4	33,4	32,6	33,8	33,1
1994	34,8	32,5	32,8	34	33,5
1995	33,4	34,5	32,9	32,4	33,3
1996	33,4	34,5	32,9	32,4	33,3
1997	33,5	34,7	35,8	32,6	34,2
1998	36,6	34,9	32,3	35	34,7
1999	32,8	32,9	30,8	31,6	32,0
2000	33,9	31,4	31,4	33,5	32,6
2001	33,9	33	31,7	34,4	33,3
2002	32,9	33,5	32,2	32,8	32,9
2003	36,3	33,9	32,6	33,3	34,0
2004	32,1	33,5	34,7	32,1	33,1
2005	35,2	35,9	33,5	34	34,7
2006	35,8	32,2	30,8	34,3	33,3
2007	34,4	33,1	33,4	33,6	33,6
2008	34,3	33,3	31,1	34,4	33,3
2009	34,7	34,8	34,7	34,5	34,7
2010	35,9	33,8	34,4	33,1	34,3
2011	33,8	34,8	32,9	33,5	33,8
2012	33,8	34,2	35,7	32,2	34,0
2013	36	35,2	33,3	34	34,6
2014	35,1	33	34,5	34,2	34,2
2015	35,2	35,7	36,8	34,8	35,6
<b>PROMEDIO</b>	<b>34,5</b>	<b>33,9</b>	<b>33,2</b>	<b>33,6</b>	<b>33,8</b>

Fuente: elaboración propia

## 8.11 Grados días

Tabla 15 “Grados días invierno y verano

AÑOS	GRADOS DIAS VERANO	GRADOS DIAS INVIERNO
2015	991,2	1083,8
2016	994,5	1061,6
2017	1086,4	801
<b>Total</b>	<b>3072,1</b>	<b>2946,4</b>

Fuente: elaboración propia a través del programa Degree days

## 8.12 Información propiedades de los materiales

**Tabla16 “Propiedades de materiales ocupados”**

Tipo de material	Fuente de datos	Rsi+Rse	e (m)	Cond. Térmica	RT(m2K/w)	KL (W/KM)	U ((W/KM2))
Lana de Vidrio	Ficha técnica, entregada owenscorning	0,17	0,04	0,02327	0,20696563	0,0232688	4,83172003
Poliestireno extruido	Ficha técnica, entregada owenscorning	0,17	0,05	0,0002	0,29376353	0,00020493	3,40409853
Hormigon armado	Norma Nch 853	0,17	0,2	1,63	0,11111111	1,63	9
Yeso carton	Ficha técnica (www.volcan.cl)	0,17	0,015	0,19	0,04166667	0,19	24
Vidrio monolitico	Norma Nch 853	0,17	0,004	1,2	0,00291971	1,2	5,8
Vidrio doble	Tabla entregada, fuente: ventanas termoacústicas (www.lumik.cl)	0,17	0,12	0,85799	0,34482759	0,85798815	2,9

Fuente: elaboración propia

**Tabla 16 “Coeficientes de superficie por departamento”**

TIPOLOGÍA	Superficie Depto B	COEFICIENTE	Superficie Depto A	COEFICIENTE
ÁREA TOTAL DEL MURO	30,74	100,00%	19,3	100,00%
ÁREA MURO	21,86	71,11%	10,42	53,99%
ÁREA VENTANA	8,8	28,63%	8,8	45,60%

Fuente: elaboración propia

### 8.13 Mapa: Cuánto cuesta la energía eléctrica de uso residencial en Chile y el mundo”

Conoce los precios de referencia en más de 100 países y cómo se comparan los costos que existen a nivel local, en relación con otras naciones.

Algunos de los países con las tarifas más altas	
Pais	Precio (USD/kWh)
Dinamarca	0,358
Alemania	0,345
Bélgica	0,318
Japón	0,307
Uruguay	0,296
Australia	0,290
Burkina Faso	0,282
Italia	0,271
Irlanda	0,271
Portugal	0,267

Ilustración 25 Países con tarifas más altas a nivel Mundial

Fuente: Información de Diario Emol 19 de Julio del 2017

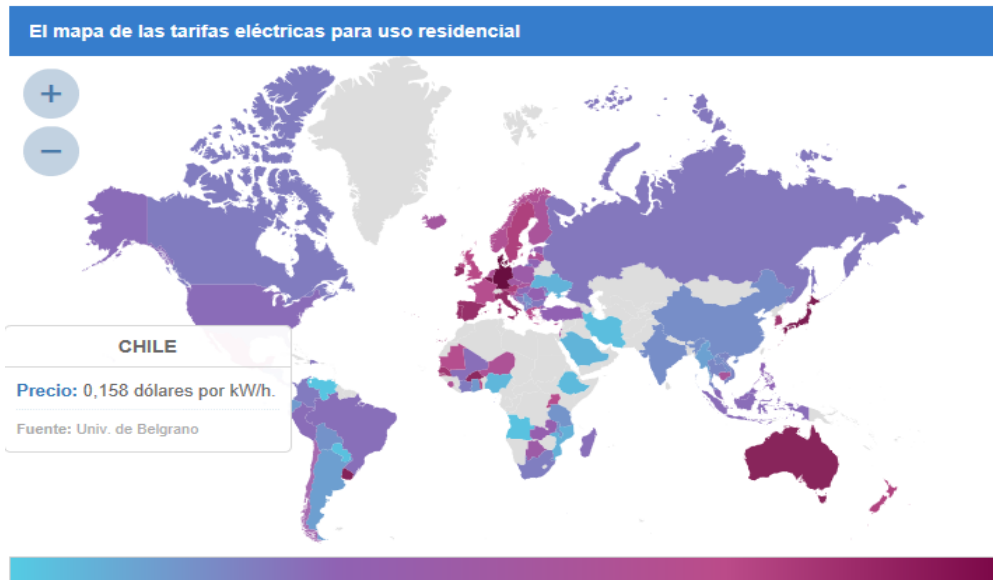


Ilustración 26 Tarifa de Chile en consumo eléctrico

Fuentes: Eurostat / Banco Mundial / OCDE / Cepal / Univ. de Belgrano / OvoEnergy

## **8.14 Norma NCH 853**

La Norma Chilena NCh 853-2007 está dedicada al “Acondicionamiento térmico-Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

### **8.14.1 Aplicación de la norma**

Su uso es fundamental en todos los cálculos relacionados con las pérdidas de calor de los edificios y su alcance no puede explicarse mejor de lo que hace la propia norma:

“Esta norma establece los procedimientos de cálculo para determinar las resistencias y transmitancias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos de techumbres y pisos, y en general, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas”.

“Los valores determinados según esta norma son útiles para el cálculo de transmisión de calor, potencia de calefacción, refrigeración, energía térmica y aislaciones térmicas de envolventes en la edificación”.

Los cálculos según esta norma es una de las alternativas que ofrece la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones OGUC para demostrar el cumplimiento de la Reglamentación Térmica (véase OGUC Art. 4.1.10 letra 1. B. 3.).

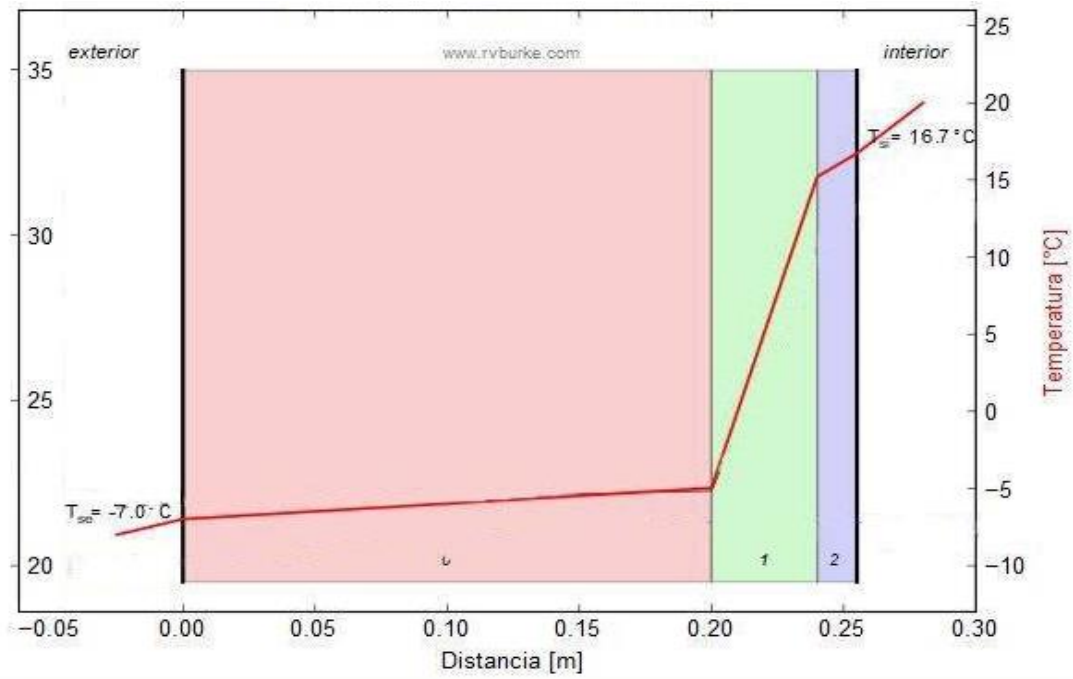
### **8.14.2 Régimen estacionario**

Se habla de un régimen estacionario cuando el motor de la transmisión de calor – el gradiente de temperatura – permanece inalterado en el tiempo y en el lugar. Significa que el cálculo no toma en cuenta las fluctuaciones de temperatura entre día y noche, tampoco los efectos de la radiación solar sobre la envolvente ni los procesos de transmisión de calor resultantes al enfriamiento o calentamiento de materiales.

Por lo tanto, los resultados son teóricos y no representan condiciones reales. No obstante, son la mejor aproximación que tenemos a nuestra disposición.

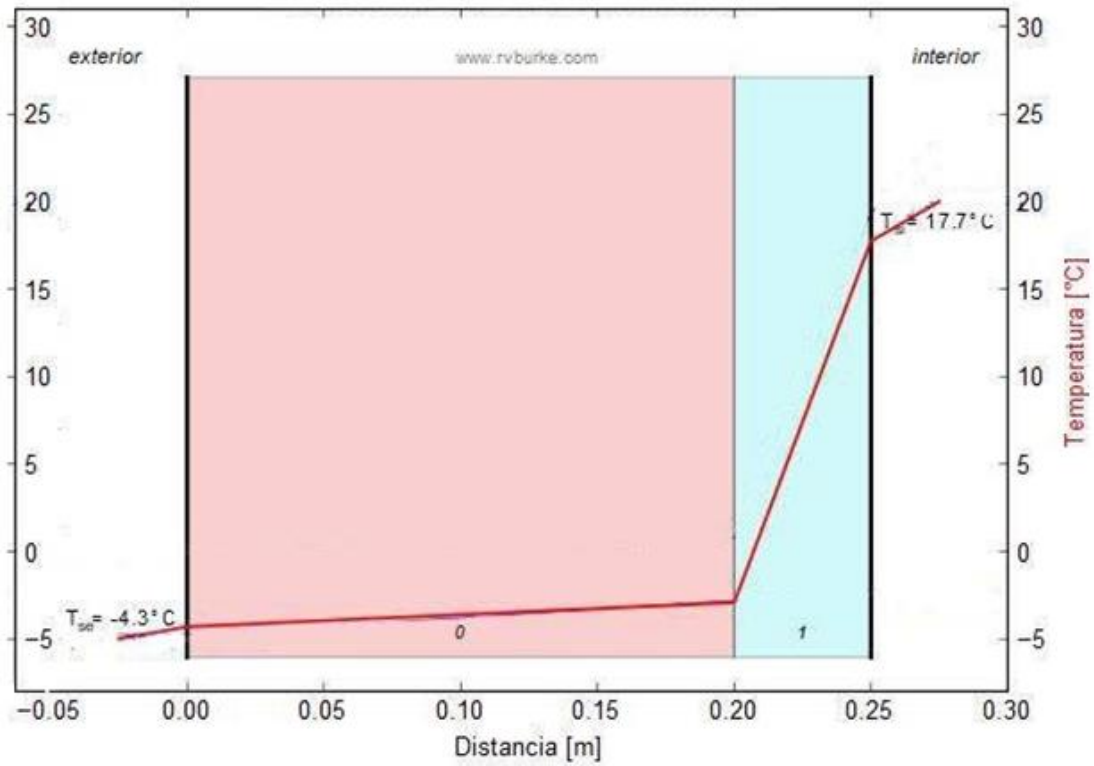
La norma contiene las definiciones, símbolos y unidades físicas de los conceptos relacionados con la transmitancia térmica, además los valores de las resistencias térmicas de superficie, y una gran cantidad de ecuaciones para calcular la transmitancia térmica de los elementos constructivos de diferentes características.

## 8.15 Cerramiento 1 Hormigón armado mejora 1 invierno



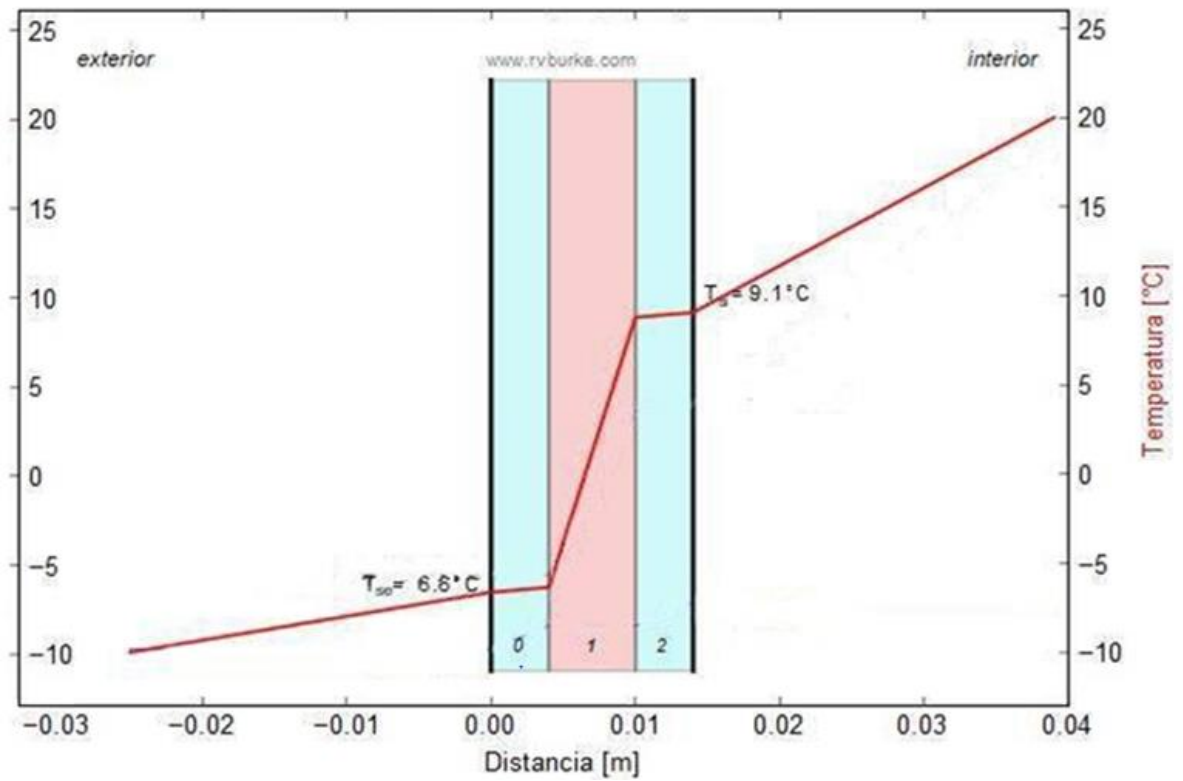
Fuente: elaboración propia

## 8.16 Cerramiento 1 Hormigón armado mejora 2 invierno



Fuente: elaboración propia

## 8.17 Cerramiento 2 Vidrio Termopanel simple invierno



Fuente: elaboración propia