

# Tabla de Contenido

<b>Resumen</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo General . . . . .	3
1.2. Objetivos Específicos . . . . .	3
1.3. Alcances . . . . .	3
<b>2. Antecedentes Específicos</b>	<b>5</b>
2.1. Demanda Térmica de Viviendas . . . . .	5
2.2. Fundamentos de Diseño de Circuitos Hidráulicos . . . . .	9
2.2.1. Pérdidas de Carga en Tuberías . . . . .	10
2.2.2. Vaso de Expansión . . . . .	14
2.3. Sistema de Distribución . . . . .	15
2.3.1. Fundamentos Térmicos de Diseño de la Losa Radiante . . . . .	16
2.4. Bomba de Calor . . . . .	21
2.5. Intercambiador de Calor Geotérmico . . . . .	24
2.5.1. Fundamentos Térmicos de Diseño del Intercambiador de Calor Vertical Cerrado . . . . .	27
2.6. Colectores Solares . . . . .	35
2.6.1. Fundamentos Térmicos de Diseño del Sistema Solar Térmico . . . . .	36
2.7. Caldera a Gas . . . . .	38
2.7.1. Fundamentos Térmicos de Diseño de la Caldera a Gas . . . . .	40
2.8. Evaluación Financiera . . . . .	42
2.8.1. Flujo de Caja . . . . .	42
2.8.2. Valor Actual Neto (VAN) . . . . .	43
2.8.3. Tasa Interna de Retorno (TIR) . . . . .	43
2.8.4. Período de Recuperación de la Inversión ( $n_p$ ) . . . . .	44
2.8.5. Costo nivelado de la energía (LCOE) . . . . .	44
<b>3. Metodología</b>	<b>47</b>
<b>4. Desarrollo</b>	<b>49</b>
4.1. Información de las Localidades . . . . .	49
4.2. Definición de las Edificaciones . . . . .	50
4.3. Demanda Térmica . . . . .	50
4.4. Diseño de Sistemas . . . . .	51
4.4.1. Sistema de Distribución . . . . .	52

4.4.2.	Caso Calderas . . . . .	53
4.4.3.	Caso Bombas de Calor Geotérmicas . . . . .	54
4.4.4.	Caso Bombas de Calor Geotérmicas con Apoyo Solar . . . . .	55
4.4.5.	Vaso de Expansión . . . . .	57
4.5.	Evaluación Financiera . . . . .	57
<b>5.</b>	<b>Presentación y Análisis de Resultados</b>	<b>59</b>
5.1.	Información de las Localidades . . . . .	59
5.1.1.	Aspectos Climatológicos . . . . .	59
5.1.2.	Aspectos de Suelo . . . . .	63
5.1.3.	Precio de la Energía Eléctrica . . . . .	64
5.1.4.	Precio del Gas Licuado de Petróleo . . . . .	65
5.2.	Información de los Edificios . . . . .	65
5.2.1.	Reglamentación Térmica . . . . .	66
5.2.2.	Hermeticidad de Edificaciones en Chile . . . . .	68
5.2.3.	Tamaños Referenciales de Edificios en Chile . . . . .	69
5.2.4.	Definición de las Edificaciones . . . . .	71
5.3.	Demanda Térmica de los Edificios . . . . .	74
5.3.1.	Condiciones de Diseño . . . . .	74
5.3.2.	Demanda Térmica . . . . .	74
5.4.	Diseño de Sistemas . . . . .	81
5.5.	Evaluación Financiera . . . . .	83
<b>6.</b>	<b>Discusión y Conclusiones</b>	<b>103</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>107</b>
	<b>Anexos</b>	<b>111</b>
Anexo A.	Contribuciones de las Demandas Térmicas de los Edificios de 3 y 11 Pisos .	111
Anexo B.	Aspectos Técnicos de los Proyectos . . . . .	113
Anexo C.	Cotizaciones de los Insumos . . . . .	122
Anexo D.	Inversión Inicial y Costo Operacional de los Proyectos . . . . .	137
Anexo E.	Indicadores Financieros del Caso Geotérmico con Apoyo Solar . . . . .	155