

# Tabla de contenido

1	Introducción .....	1
1.1	Motivación .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.2.1	Objetivo General.....	2
1.2.2	Objetivos Específicos .....	2
1.3	Alcances.....	2
2	Metodología .....	3
3	Antecedentes .....	5
3.1	Paneles Solares Termodinámicos (PST).....	5
3.2	Refrigerante .....	6
3.2.1	R134A.....	6
3.2.2	R407C.....	6
3.3	Funcionamiento de las Bombas de Calor (BC) .....	7
3.4	Principales componentes de una bomba de calor .....	8
3.4.1	Evaporador.....	9
3.4.2	Compresor .....	9
3.4.3	Condensador .....	9
3.4.4	Válvula de expansión.....	10
3.5	Ciclo de compresión mecánica .....	10
3.6	Configuraciones de bomba de calor.....	12
3.6.1	Bomba de calor geotérmica (GHP) .....	12
3.6.2	Bomba de calor con asistencia solar SAHP.....	13
3.6.3	Bomba de calor de expansión directa con asistencia solar (DXSAHP) .....	14
3.7	Recurso solar.....	15
3.8	Situación en Chile.....	17
4	Configuraciones principales.....	18
4.1	Agua Caliente Sanitaria (ACS).....	18
4.2	Calefacción Central (CC).....	19
4.3	Climatización de Piscinas (CP).....	20

4.4	Configuraciones Mixtas .....	21
4.4.1	ACS+CC.....	21
4.4.2	CC+CP.....	22
5	Metodología de cálculo de instalaciones PST.....	24
5.1	Calculo de condiciones de operación en bomba de calor .....	24
5.1.1	Modelo de absorción de calor.....	24
5.1.2	Datos de entrada .....	26
5.1.3	Determinación de Resistencias Térmicas .....	27
5.1.4	Potencia disponible.....	30
5.1.5	Calculo de estados termodinámicos .....	30
5.1.6	Flujo Másico .....	34
5.1.7	Absorción de calor en el Evaporador .....	34
5.1.8	Equilibrio térmico.....	34
5.1.9	Trabajo en el Compresor .....	35
5.1.10	Coficiente desempeño COP.....	35
5.2	Calculo de demanda térmica para Agua Caliente Sanitaria (ACS) .....	35
5.3	Cálculo de demanda térmica para Calefacción Central (CC).....	38
5.3.1	Calor sensible absorbido por radiación en superficies acristaladas.....	39
5.3.2	Calor sensible perdido por transmisión .....	39
5.3.3	Calor sensible perdido por infiltraciones de aire exterior. ....	42
5.3.4	Calor sensible por aportaciones internas .....	42
5.3.5	Calor latente perdido por infiltración y renovación de aire exterior. ....	43
5.3.6	Calor latente aportado por los ocupantes.....	44
5.3.7	Carga térmica total para Calefacción Central (CC).....	44
5.4	Calculo de demanda térmica para Climatización de Piscinas (CP).....	44
5.4.1	Pérdidas de calor por evaporación de agua del vaso .....	45
5.4.2	Transferencia de calor por radiación del agua de piscina.....	46
5.4.3	Transferencia de calor por convección.....	47
5.4.4	Perdida de calor por conducción a través de las paredes.....	47
5.4.5	Perdidas por renovación de agua del vaso.....	47
5.4.6	Carga térmica total para climatización de piscina (CP) .....	48

5.5	Calculo de demanda térmica para Configuraciones Mixtas. ....	48
5.5.1	ACS+CC.....	48
5.5.2	ACS y CP .....	49
5.5.3	CC+CP.....	50
5.5.4	ACS, CC+CP .....	50
6	Análisis teórico del PST .....	52
6.1	Variación del COP a Temperatura de evaporación variable.....	52
6.2	Variación del COP durante el año .....	53
6.3	Variación del COP durante el día .....	54
7	Resultados de aplicaciones de PST .....	55
7.1	Aplicación de ACS a nivel domiciliario .....	55
7.2	Aplicación de ACS a nivel comercial.....	58
7.3	Aplicación de CC+CP a nivel domiciliario .....	62
7.4	Aplicación de ACS+CC a nivel domiciliario .....	68
8	Análisis de eficiencia energética de ACS, CC+CP empleando PST vs sistemas convencionales 73	
8.1	Línea base de aplicaciones.....	73
8.1.1	Método de cálculo para determinar consumo de combustibles.....	74
8.2	ACS a nivel domiciliario .....	75
8.3	ACS a nivel comercial .....	77
8.4	CC+CP a nivel domiciliario.....	79
8.5	ACS+CC a nivel domiciliario.....	81
9	Evaluación económica.....	85
9.1	Costos de inversión .....	85
9.1.1	ACS a nivel domiciliario .....	85
9.1.2	ACS a nivel comercial .....	85
9.1.3	CC+CP a nivel domiciliario .....	86
9.1.4	ACS+CC a nivel domiciliario .....	86
9.2	Evaluación de pre-factibilidad .....	87
10	Discusión de resultados .....	88
10.1	Configuraciones principales .....	88

10.2	Metodología de calculo.....	88
10.3	Análisis teórico de PST.....	89
10.4	Aplicaciones de PST.....	89
10.5	Análisis de eficiencia energética.....	90
10.6	Evaluación económica.....	91
11	Conclusiones.....	92
	Bibliografía.....	94
	Anexos.....	96
	Anexo A – Caudales de demanda de ACS.....	96
	Anexo B – Aire de renovación.....	97
	Anexo C – Datos de análisis teórico.....	99
	Anexo D – Demanda energética de aplicaciones.....	101
	Anexo E – Flujos de Ahorros.....	107