

Tabla de contenido

1.- Introducción	1
2.- Motivación	1
3.- Objetivos	2
3.1.- Objetivo general	2
3.2.- Objetivos específicos	2
4.- Alcances	2
5.- Antecedentes	3
5.1.- Contexto energético nacional	3
5.2.- Contexto energético local: Zona Térmica 1 (ZT-1)	5
5.3.- Características del emplazamiento	6
5.3.1.- Localización	6
5.3.2.- Condiciones ambientales	7
5.4.- Estado del arte: tecnologías de aprovechamiento de ERNC	9
5.4.1.- Tecnologías para el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción (CC) ..	10
5.4.1.1.- Bombas de calor	10
5.4.1.2.- Tipos de bombas de calor	10
5.4.1.3.- Bombas de calor asistidas por energía solar (SAHP)	11
5.4.1.4.- Paneles solares termodinámicos (PST)	13
5.4.2.- Tecnologías para climatización de aire (CA)	14
5.4.2.1.- Enfriadores evaporativos	14
i) Enfriadores evaporativos directos (DEC)	14
ii) Enfriadores evaporativos indirectos (IEC)	15
iii) Enfriadores evaporativos mixtos (IDEC)	15
5.4.3.- Tecnologías para suministro de energía eléctrica: Generación fotovoltaica	16
5.4.3.1.- Sistemas fotovoltaicos aislados	16
i) Paneles fotovoltaicos	16
ii) Regulador de carga	17
iii) Baterías	17
iv) Inversor de corriente	17
6.- Configuraciones principales	18
6.1.- Configuración de sistema térmico: ACS + CC	18
6.2.- Configuración de enfriamiento evaporativo: DEC	19
6.3.- Configuración de sistema fotovoltaico: PV <i>off grid</i> con generador de respaldo	20

7.- Metodología	22
7.1.- Determinación de la demanda térmica.....	22
7.1.1.- Cálculo de demanda térmica de ACS	22
7.1.2.- Cálculo de cargas térmicas	24
7.1.2.1.- Cargas térmicas sensibles	26
a) Radiación	26
b) Transmisión.....	28
c) Infiltraciones de aire	31
d) Aportaciones internas.....	32
7.1.2.2.- Cargas térmicas latentes	33
a) Infiltraciones de aire	33
b) Aportaciones internas.....	34
7.1.2.3.- Definición de las condiciones exteriores de diseño (<i>Text, Ib, ext</i>).....	34
7.1.2.4.- Ecuación de demanda térmica de calefacción/enfriamiento.....	35
7.2.- Dimensionamiento de equipos térmicos	35
7.2.1.- Sistema de calefacción y agua caliente sanitaria (CC + ACS).....	35
7.2.1.1.- Balance térmico	36
7.2.1.2.- Estimación de parámetros	37
a) Coefficiente de transferencia de calor en intercambiador sumergido (<i>Userp</i>).....	37
b) Coefficiente de transferencia de calor y área de intercambio de radiadores (<i>Urad, Arad, tot</i>)	40
c) Potencia térmica de la bomba de calor (<i>Qcond</i>).....	41
7.2.1.3.- Solución del sistema acoplado: Método de Euler.....	41
7.2.1.4.- Equipos y componentes de gestión de calor.....	42
i) Piping.....	42
ii) Sistema de bombeo.....	44
7.2.2.- Sistema de enfriamiento evaporativo directo (DEC)	46
7.2.2.1.- Caudales de aire.....	46
7.2.2.2.- Consumos de agua	47
7.3.- Dimensionamiento de sistema de generación fotovoltaica.....	48
7.3.1.- Potencial del recurso	49
7.3.2.- Dimensionado de tecnologías.....	52
7.3.2.1.- Campo fotovoltaico.....	52
7.3.2.2.- Banco de baterías.....	54
7.3.2.3.- Inversor de corriente y regulador de carga.....	55
7.3.2.4.- Cableado	55

8.- Resultados y observaciones	56
8.1.- Demanda térmica (ACS y CC).....	56
8.2.- Sistema térmico ACS + CC	60
8.2.1.- Tamaño y cantidad de radiadores	60
8.2.2.- Selección de tanques.....	61
8.2.3.- Evolución temporal del sistema ACS + CC y selección de equipos de generación de calor	62
8.2.3.1.- Análisis bajo máxima exigencia.....	63
a) DX-SAHP con 6 PST.....	63
b) DX-SAHP con 12 PST	65
8.2.3.2.- Balance diario de energía térmica.....	67
8.2.3.3.- Selección de bomba de calor y sistema de respaldo.....	72
8.2.4.- Selección de bombas y red de tuberías	72
8.3.- Sistema DEC.....	75
8.4.- Sistema PV <i>off grid</i>.....	79
8.4.1.- Consumos	79
8.4.2.- Recurso solar	80
8.4.3.- Dimensionado de equipos	84
8.4.3.1.- Campo fotovoltaico.....	84
8.4.3.2.- Banco acumulador	86
8.4.3.3.- Regulador de carga e inversor.....	87
8.4.3.4.- Cableado y canalización eléctrica	89
9.- Análisis de eficiencia energética: Petróleo Diésel y GLP v/s PST y PV	90
9.1.- Cálculo de costos de generación.....	90
9.1.1.- Línea base: Caldera GLP y generador Diésel.....	90
9.1.2.- Propuesta de mejora: Sistema PST + PV	92
9.2.- Ahorros percibidos y emisiones GEI	92
10.- Evaluación económica	94
10.1.- Inversión	94
10.2.- Análisis de pre - factibilidad.....	94
11.- Conclusiones	95
Bibliografía	98
Anexos	101
Anexo A: Dimensiones de cerramientos	101
Anexo B: Conductividades térmicas de materiales	104
Anexo C: Potencias térmicas de bombas de calor ENERGIE EST [24].....	105

Anexo D: Perfiles para cálculo de demandas térmicas	106
Anexo E: Consumos eléctricos del complejo.....	109
Anexo F: Niveles de radiación horizontal media anual del recinto.....	110
Anexo G: Evaluación económica.....	111
Anexo H: Layout de instalaciones y P&ID de sistema ACS+CC	112