

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
GLOSARIO	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. RESULTADOS ESPERADOS	4
1.6. METODOLOGÍA.....	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. COMPORTAMIENTO DE LA MANZANA EN CÁMARAS DE ATMÓSFERA CONTROLADA.....	7
2.1.1. Características de una cámara de atmósfera controlada	7
2.1.2. Condiciones requeridas para almacenamiento de manzanas.....	8
2.1.2.1. Carga de fruta	8

2.1.3.	Evaluación de carga térmica	9
2.1.3.1.	Carga de transmisión	9
2.1.3.2.	Carga del producto.....	9
2.1.3.3.	Carga relacionada al equipo de funcionamiento	10
2.1.3.4.	Carga por infiltración de aire	11
2.1.3.5.	Carga térmica total.....	11
2.1.3.6.	Factor de seguridad.....	11
2.2.	ASPECTOS RELATIVOS A LA REFRIGERACIÓN	12
2.2.1.	Ciclo de refrigeración	12
2.2.1.1.	Efecto refrigerante	12
2.2.1.2.	Coeficiente de desempeño (COP)	13
2.2.1.3.	Capacidad de enfriamiento.....	13
2.2.2.	Refrigeración por compresión de vapor.....	13
2.2.2.1.	Dispositivos del sistema.....	15
2.2.3.	Refrigeración por absorción	16
2.2.3.1.	Equipo de absorción	17
2.3.	TECNOLOGÍAS DE ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA.....	18
2.3.1.	Fuente y características de la energía solar	18
2.3.1.1.	Espectro de radiación solar	18
2.3.1.2.	Constante solar	18
2.3.1.3.	Efectos atmosféricos	19
2.3.1.4.	Radiación solar extraterrestre.....	19
2.3.1.5.	Disponibilidad energética	20
2.3.2.	Colectores solares	20
2.3.2.1.	Modos de aprovechamiento de la energía solar	21

2.3.2.2.	Paneles fototérmicos	21
2.3.2.3.	Sistema de colección térmica	22
2.3.3.	Fuente y características de la energía eólica	22
2.3.3.1.	Escalas de viento	23
2.3.3.2.	Variables del viento	23
2.3.3.3.	Disponibilidad energética	24
2.3.4.	Aerogeneradores.....	25
2.3.4.1.	Teoría del funcionamiento de aerogeneradores.....	25
2.3.4.2.	Coeficiente de potencia.....	25
2.3.4.3.	Tipos de aerogeneradores.....	26
2.3.4.4.	Sistema de generación a partir de energía eólica.....	27
2.4.	ASPECTOS ECONÓMICOS	29
2.1.1.	Costo anual unitario equivalente (CAUE)	29
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA		30
3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA.....	31
3.1.1.	Ubicación de la cámara.....	31
3.1.2.	Dimensiones y capacidad de la cámara	32
3.2.	PRAMETRIZACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA Y EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD ENERGÉTICA	33
3.2.1.	Cálculo de la carga térmica	33
3.2.2.	Evaluación de la disponibilidad energética.....	34
3.2.2.1.	Disponibilidad de energía solar	34
3.2.2.2.	Disponibilidad de energía eólica	35
3.3.	SELECCIÓN DE EQUIPOS	37
3.3.1.	Selección de equipos de refrigeración	37

3.3.2.	Selección de equipos energéticos	39
3.3.2.1.	Equipos para generación térmica.....	39
3.3.2.2.	Equipos para generación eléctrica	40
3.4.	COSTOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA	41
3.4.1.	Costo de equipos.....	41
3.4.2.	Inversión inicial	42
3.4.3.	Costos operacionales.....	45
3.4.4.	Evaluación del CAUE.....	46
CAPÍTULO 4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
4.1.	ANÁLISIS ECONÓMICO Y TÉCNICO	49
4.1.1.	Factores incidentes.....	49
4.1.2.	Recomendaciones de mejora	50
CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS	53
APÉNDICE A:	CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA.....	54
APÉNDICE B:	CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.....	60
APÉNDICE C:	CÁLCULOS DE CONSUMO ELÉCTRICO	64
APÉNDICE D:	CÁLCULOS DE SISTEMA AEROGENERADOR.....	66
APÉNDICE E:	CÁLCULO DE SISTEMA TERMOSOLAR	70
APÉNDICE F:	CÁLCULO DE COSTOS OPERACIONALES	73
ANEXO 1:	PLANIFICACIÓN.....	76
ANEXO 2:	CARACTERIZACIÓN DE AEROGENERADORES	78
ANEXO 3:	DATOS TÉCNICOS BINS.....	80
ANEXO 4:	PANELES AISLANTES	81

ANEXO 5: PROPIEDADES Y REQUERIMIENTOS DE MANZANAS	82
ANEXO 6: DETERMINACIÓN DE PARAMETROS PARA CARGA TÉRMICA DEL AIRE DE INFILTRACIÓN.....	84
ANEXO 7: COMPRESOR.....	85
ANEXO 8: EVAPORADOR.....	86
ANEXO 9: CONDENSADOR.....	87
ANEXO 10: VÁLVULA DE EXPANSIÓN.....	88
ANEXO 11: MOTOR PARA COMPRESOR.....	89
ANEXO 12: EQUIPO DE ABSORCIÓN.....	91
ANEXO 13: DATOS DE ENERGÍA SOLAR.....	93
ANEXO 14: DATOS DE ENERGÍA EÓLICA	98
ANEXO 15: COMPONENTES DEL SISTEMA AEROGENERADOR.....	101
ANEXO 16: COMPONENTES DEL SISTEMA TÉRMICO SOLAR	106
ANEXO 17: COMPONENTES PARA EL CONTROL DE ATMÓSFERA	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: A la derecha, esquema del funcionamiento del ciclo por compresión de vapor con sus respectivos componentes principales, a la izquierda, diagrama T-s representado los procesos del esquema. Fuente: Termodinámica, Cengel.	14
Figura 2-2: Diagrama T-s ciclo real de compresión de vapor. Fuente: Termodinámica, Cengel.	14
Figura 2-3: Esquema ciclo de refrigeración por absorción amoníaco-agua. Fuente: Termodinámica, Cengel.	16
Figura 2-4: Interfaz de explorador solar para la zona comprendida entre Santiago y Temuco. Fuente: Explorador Solar.	20
Figura 2-5: Colectores fototérmicos “Solar Wing EVO”. Fuente: Trivelli Energía srl.	21
Figura 2-6: Interfaz de explorador eólico para la zona comprendida entre Santiago y Temuco. Fuente: Explorador Eólico.....	24
Figura 2-7: Aerogenerador tripala. Fuente: Manual de energía eólica: Desarrollo de proyectos e instalaciones, Cucó.....	26
Figura 2-8: Partes del aerogenerador. Fuente: Manual de energía eólica: Desarrollo de proyectos e instalaciones, Cucó.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Superficie de manzanos por región. Fuente: Boletín Técnico Pomáceas Universidad de Talca, mayo 2017.	2
Tabla 2-1: Requerimientos de almacenamiento de algunas pomáceas. Fuente: ASHRAE Refrigeration Handbook.	8
Tabla 3-1: Características topográficas de las ubicaciones de estudio para la cámara. Datos extraídos de explorador solar.	31
Tabla 3-2: Dimensiones de la cámara. Elaboración propia.	32
Tabla 3-3: Valores de la carga térmica. Elaboración propia.	33
Tabla 3-4: Propiedades de temperatura y radiación en condiciones de inclinación de 35°. Datos obtenidos de explorador solar.	34
Tabla 3-5: Frecuencia de velocidades para Molina. Elaboración propia con datos extraídos de explorador eólico.	35
Tabla 3-6: Frecuencia de velocidades para San Javier. Elaboración propia con datos extraídos de explorador eólico.	36
Tabla 3-7: Frecuencia de velocidades para Parral. Elaboración propia con datos extraídos de explorador eólico.	36
Tabla 3-8: Equipos comunes para ciclo por absorción y compresión. Elaboración propia 37	37
Tabla 3-9: Equipos requeridos para ciclo por compresión. Elaboración propia.	38
Tabla 3-10: Equipo requerido para el ciclo por absorción. Elaboración propia.	38
Tabla 3-11: Equipos para generación de energía térmica a partir de energía solar. Elaboración propia.	39
Tabla 3-12: Cantidad de colectores según ubicación. Elaboración propia.	39
Tabla 3-13: Equipos para generación eléctrica a partir de energía eólica. Elaboración propia.	40
Tabla 3-14: Cantidad de Aerogeneradores según ubicación. Elaboración propia.	40
Tabla 3-15: Costo de los equipos, convertido a dólar estadounidense. Elaboración propia.	41
Tabla 3-16: Costos de implementación, con proyección a 10 años, de las 2 alternativas, para Molina. Elaboración propia.	42
Tabla 3-17: Costos de implementación, con proyección a 10 años, de las 2 alternativas, para San Javier. Elaboración propia.	43

Tabla 3-18: Costos de implementación, con proyección a 10 años, de las 2 alternativas, para Parral. Elaboración propia.	44
Tabla 3-19: Costos operacionales de las alternativas consideradas. Elaboración propia.	45
Tabla 3-20: Evaluación del CAUE para sistema por compresión y absorción, ubicado en la ciudad de Molina.	46
Tabla 3-21: Evaluación del CAUE para sistema por compresión y absorción, ubicado en la ciudad de San Javier.	46
Tabla 3-22: Evaluación del CAUE para sistema por compresión y absorción, ubicado en la ciudad de Parral.	47