

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos y alcances	2
1.1.1. Objetivo General	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.1.3. Alcances	3
2. Antecedentes	4
2.1. Proceso cervecero	4
2.1.1. Molienda	4
2.1.2. Maceración	5
2.1.3. Filtración	5
2.1.4. Cocción	5
2.1.5. Enfriamiento	5
2.1.6. Fermentación	6
2.1.7. Maduración	6
2.1.8. Envasado	6
2.2. Sistema de almacenamiento térmico	6
2.2.1. Almacenamiento	6
2.2.2. Intercambiadores de calor	11
2.3. Análisis <i>Pinch</i>	13
2.3.1. Indirect Sink Source Profile (ISSP)	13
2.3.1.1. Construcción de las curvas ISSP	14
2.3.1.2. Diseño del almacenamiento térmico	16
2.4. Revisión bibliográfica	19
2.4.1. Análisis <i>Pinch</i>	19
2.4.2. Integración solar térmica	20
3. Metodología	22
3.1. Procedimiento general	22
3.2. Análisis <i>Pinch</i>	24
3.2.1. Requerimientos energéticos	24
3.2.2. Tiempos de operación de cada equipo	28
3.2.3. Planificación del proceso productivo	29
3.2.4. Valores económicos	30
3.2.5. Variación mínima de temperatura $\Delta T_{min,s}$	34
3.2.6. Elección de la configuración de almacenamiento	35
3.3. Modelo de Optimización	42

3.3.1.	Parámetros	44
3.3.2.	VARIABLES DE DECISIÓN	45
3.3.3.	Función objetivo	45
3.3.4.	Restricciones	46
3.3.5.	Reducción del volumen	47
3.3.6.	Recuperación de calor en función del volumen	48
3.4.	Simulación numérica	50
3.4.1.	Demandas del proceso	52
3.4.2.	Estanque estratificado	53
3.4.3.	Intercambiadores de calor	56
3.4.4.	Sistema de impulsión	58
3.4.5.	Procesamiento de resultados	62
4.	Resultados y discusión	67
4.1.	Análisis energético	67
4.2.	Evaluación económica	73
4.2.1.	Análisis de sensibilidad	77
4.2.1.1.	Tasa de descuento	78
4.2.1.2.	Costo de inversión	82
4.3.	Reducción de emisiones	87
5.	Conclusiones	89
	Bibliografía	93
	Anexos	98
A.	Soluciones de almacenamiento	98
B.	Validación PinCH y modelo de optimización	103
C.	Cálculos para intercambiadores de calor y bombas	105
C.1.	Intercambiadores de calor - <i>Type 5b</i>	105
C.2.	Bombas - <i>Type 110</i>	106
D.	Resultados: Análisis energético	107
D.1.	Energía recuperada	107
E.	Temperaturas alcanzadas por los flujos	110