

# Tabla de contenido

Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
1 Introducción .....	1
1.1 Antecedentes generales .....	1
1.2 Descripción del trabajo y Justificación.....	5
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Alcances.....	6
2 Marco teórico.....	7
2.1 Radiación térmica.....	7
2.2 Radiación solar .....	7
2.3 Colectores solares.....	10
2.3.1 Colectores estacionarios.....	10
2.3.2 Colectores concentradores con sistema de seguimiento del sol .....	12
2.4 Aplicaciones de la energía solar en procesos evaporativos .....	15
2.4.1 Desalinización solar.....	16
3 Caso de estudio.....	21
3.1 Sistema actual de tratamiento de lixiviados.....	22
4 Sistema propuesto.....	25
5 Dimensionamiento del sistema.....	28
5.1 Caso base.....	28
5.2 Propiedades de los fluidos .....	28
5.3 Campo solar .....	30
5.3.1 Entradas del modelo .....	30
5.4 Intercambiador de calor .....	36
5.4.1 Coeficiente global de transferencia de calor.....	38
5.4.2 Dimensiones del intercambiador.....	38
5.5 Destilador solar .....	39
6 Evaluación económica .....	44

6.1	Costos de inversión.....	44
6.1.1	Campo solar .....	44
6.1.2	Intercambiador de calor .....	45
6.1.3	Destilador .....	46
6.2	Costos de operación.....	47
6.3	Beneficios.....	47
7	Evaluación ambiental.....	49
8	Discusión.....	52
9	Conclusiones y recomendaciones .....	60
10	Bibliografía .....	62
11	Anexos .....	68
11.1	Anexo A. Características del lixiviado.....	68
11.2	Anexo B. Datos balance caso base.....	69
11.3	Anexo C. Correlaciones para cálculo de propiedades termofísicas .....	70
11.4	Anexo D. Entradas SAM.....	71
	D.1 Variables de entrada SAM .....	71
	D.2 Descripción del formato SAM CSV.....	73
11.5	Anexo E. Dimensionamiento intercambiador de calor.....	74
11.6	Anexo F. Correlaciones usadas en cálculos balances de energía.....	79
11.7	Anexo G. Estimación de costos .....	80
	G.1. Estimación costos de inversión campo solar .....	80
	G.2. Estimación costos de inversión intercambiador de calor.....	80
	G.3. Estimación costos de inversión destilador .....	82
	G.4. Estimación costos de operación .....	83
11.8	Anexo H. Flujo de caja.....	84

## Índice de tablas

Tabla 5.1. Flujos involucrados en la definición del caso base.....	28
Tabla 5.2. Propiedades del lixiviado.....	29
Tabla 5.3. Propiedades del fluido térmico Xceltherm®600.....	29
Tabla 5.4. Coordenadas RSLLC.....	31
Tabla 5.5. Especificaciones técnicas colector Soponova®.....	33
Tabla 5.6. Variables en el punto de diseño.....	34
Tabla 5.7. Resultados dimensionamiento campo solar.....	34
Tabla 5.8. Especificaciones técnicas intercambiador de calor SACOME TF20®.....	36
Tabla 5.9. Resultados coeficientes de transferencia de calor.....	38
Tabla 5.10. Dimensiones del intercambiador de calor.....	39
Tabla 5.11. Parámetros utilizados en los cálculos.....	42
Tabla 5.12. Resultados dimensionamiento destilador.....	43
Tabla 6.1. Costos de inversión campo solar.....	45
Tabla 6.2. Factores para estimar los costos de inversión.....	46
Tabla 6.3. Costo de inversión destilador solar.....	46
Tabla 6.4. Ahorros de costos asociados a la alternativa propuesta.....	48
Tabla 11.1. Valores promedio año 2015 de parámetros medidos en laboratorio interno, correspondientes al muestreo en sumidero y a la salida de los sedimentadores.....	68
Tabla 11.2. Generación de lixiviados, balance hídrico año 2015.....	69
Tabla 11.3. Efluente planta de tratamiento de lixiviados, balance hídrico año 2015.....	69
Tabla 11.4. Detalle entradas SAM.....	71
Tabla 11.5. Costos incluidos en las distintas categorías de costos de inversión del campo solar.....	80
Tabla 11.6. Detalle de los costos de inversión del intercambiador de calor.....	81
Tabla 11.7. Costo de inversión destilador solar.....	82
Tabla 11.8. Estimación costos de operación.....	83
Tabla 11.9. Flujo de caja del proyecto con financiamiento.....	85
Tabla 11.10. Flujos asociados al financiamiento.....	86
Tabla 11.11. Flujos asociados a depreciaciones, valor residual y ganancia y/o pérdida de capital.....	86

## Índice de figuras

Figura 1.1. Diagrama con los elementos para el balance de masa de agua.....	3
Figura 1.2. Distribución de la capacidad instalada SIC-SING a marzo de 2016 .....	4
Figura 1.3. Mapa mundial de la Irradiación Global Horizontal (GHI).....	5
Figura 2.1. Ángulos para una superficie inclinada y vista plana del ángulo azimut del sol. ....	9
Figura 2.2. Colectores solares estacionarios. A. Placa plana, B. Tubos evacuados, C. Parabólico compuesto, D. Tanque solar con gradiente salino .....	12
Figura 2.3. Colectores concentradores. A. Cilindro parabólico, B. Disco parabólico, C. Reflector Fresnel lineal, D.Campo heliostático .....	15
Figura 2.4. Esquema de un destilador solar de bandeja de un efecto.....	16
Figura 2.5. Destilador solar acoplado a un destilador externo.....	20
Figura 2.6. Sistema de destilación solar acoplado a un colector cilindro parabólico.....	20
Figura 3.1. Vista aérea del RSLLC. ....	21
Figura 3.2. Diagrama sistema de tratamiento actual.....	23
Figura 4.1. Diagrama del sistema de tratamiento propuesto.....	26
Figura 5.1. Colector Soponova®.....	32
Figura 5.2. Potencia térmica generada por el campo solar.....	35
Figura 5.3. Comparación entre potencia térmica incidente, absorbida y producida.....	35
Figura 5.4. Intercambiador de calor SACOME TF20® .....	36
Figura 5.5. Principales mecanismos de transferencia de energía en el destilador.....	39
Figura 6.1. Distribución de costos de inversión.....	47
Figura 11.1. Toma de muestra a la salida de un sedimentador.....	68