

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1. Introducción.....	2
1.1. Lugar de aplicación	2
1.1.1 Fundación y origen	2
1.1.2 Ubicación	2
1.1.3 Antecedentes generales de la empresa	3
1.2. Importancia de la producción de celulosa en Chile	5
1.2.1 Producto Interno Bruto (PIB)	5
1.2.2 Exportaciones de Celulosa.	5
1.3. Proceso Productivo	6
1.2.3 Materia Prima y Preparación Madera.	6
1.2.4 Digestores	8
1.2.5 Lavado y clasificación.	9
1.2.6 Secado	9
1.2.7 Planta de Agua.	9
1.2.8 Caldera Recuperadora	9
1.2.9 Caldera de Poder	9
1.2.10 Turbo Generador	10
1.2.11 Horno y Caustificación.	10
1.4. Problemática	10
1.5. Objetivo general	12
1.6. Objetivos específicos	12
1.7. Resultados tangibles esperados.	12
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.....	13
2. Marco teórico y metodología.....	14
2.1. Primera ley de la termodinámica	14
2.2. Segunda ley de la termodinámica	14
2.3. Transferencia de calor	15
2.3.1 Conducción	15
2.3.2 Convección	16
2.3.3 Radiación	16

2.4.	Definición del Intercambiador de Calor	17
2.5.	Clasificación de los intercambiadores de calor	17
2.5.1	Clasificación según la trayectoria de los fluidos	17
2.5.2	Clasificación según sus características de construcción	19
2.6.	Mecanismos de deterioro en intercambiadores de calor	21
2.6.1	Ensuciamiento	21
2.7.	Diagrama Causa-Efecto.	25
2.8.	Diagrama de Pareto	26
2.9.	RPN (<i>Risk Priority Number</i>) Número de prioridad de riesgo	27
2.10.	Metodología de solución	28
2.10.1	Revisión bibliográfica	29
2.10.2	Diagnóstico preliminar	29
2.10.3	Analizar la información	29
2.10.4	Generar propuesta de mejora	29
2.10.5	Evaluar el impacto de la propuesta de mejora	29
2.11.	Diagrama de Gantt del proyecto	29
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y DIAGNÓSTICO		31
3.	Análisis de la problemática y diagnóstico	32
3.1.	Proceso de cocción de la madera	32
3.1.1	Carga de astillas a digestores	32
3.1.2	Carga de licor negro tibio (120°c)	32
3.1.3	Carga de licor caliente	33
3.1.4	Calentamiento	33
3.1.5	Desplazamiento	33
3.1.6	Descarga	33
3.1.7	Lavado y clasificación.	34
3.2.	Identificación de la problemática	34
3.3.	Resultados del diagnóstico	36
3.4.	Conclusiones del diagnóstico	40
CAPÍTULO 4: IDENTIFICACION DE PROBLEMAS EN INTERCAMBIADORES DE CALOR		41
4.	Análisis de Avisos de fallas	42
4.1.	Principales problemas que se informan en avisos	42
4.2.	Análisis cuantitativo de avisos	45
4.3.	Análisis intercambiadores patio de estanques	47

4.3.1	Análisis intercambiador 32-E59	49
4.3.2	Análisis intercambiador 32-E542	50
4.3.3	Análisis intercambiador 32-E64	51
4.3.4	Análisis intercambiador 32-E58	52
4.3.5	Análisis intercambiador 32-E543	53
4.3.6	Resumen intercambiadores de calor de patio de estanques	54
4.4.	Análisis intercambiadores de Digestores	55
4.4.1	Análisis intercambiador 32-E443	56
4.3.1	Análisis intercambiador 32-E233	57
4.3.2	Análisis intercambiador 32-E333	58
4.3.3	Análisis intercambiador 32-E143	59
4.3.4	Análisis intercambiador 32-E243	60
4.3.5	Análisis intercambiador 32-E313	61
4.3.6	Análisis intercambiador 32-E323	62
4.3.7	Resumen intercambiadores de calor de digestores	63
4.3.7	Priorización de problemas de intercambiadores de patio de estanques	65
4.3.8	Priorización de problemas de intercambiadores de digestores	66
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE MEJORA		68
5.	Propuesta de mejora	69
5.1.	Principales Problemas identificados en los intercambiadores de calor	69
5.1.1	Contaminación de condensado	69
5.1.2	Filtración de licor	71
5.1.3	Problemas de bajo rendimiento del intercambiador de calor	72
5.2.	Propuesta a Problema de contaminación de condensado y filtración de licor al exterior	76
5.3.	Propuesta a Problema de bajo rendimiento del intercambiador de calor	80
5.3.1	Lavado químico	80
5.3.2	Limpieza alta presión 6000 psi	81
5.3.3	Limpieza alta presión 15000 psi	82
5.3.4	Resumen de características métodos de limpieza	82
CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL PROYECTO		86
6.1	Costos asociados proyecto cambio de empaquetaduras	87
6.2	Costos asociados a método de lavado químico mas limpieza a alta presión 15000psi	88
CONCLUSIONES		91

Bibliografía.....	92
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Mapa Arauco, Planta Constitución.....	3
Ilustración 2: Organigrama Arauco, planta Constitución.....	4
Ilustración 3: Transporte de troncos.....	7
Ilustración 4: Pila de astillas.....	8
Ilustración 5: Esquema Proceso Kraft Planta Constitución.....	10
Ilustración 6: Flujos en paralelo.....	18
Ilustración 7: Flujos en contracorriente.....	18
Ilustración 8: Flujo cruzado.....	19
Ilustración 9: Intercambiador de tubos y carcaza.....	20
Ilustración 10: Diagrama de causa y efecto.....	26
Ilustración 11: Diagrama de Pareto.....	27
Ilustración 12: Carta Gantt del proyecto.....	30
Ilustración 13: Representación de Intercambiador de calor de digestores.....	37
Ilustración 14: Diagrama de Ishikawa problemas de intercambio de calor.....	43
Ilustración 15: Esquema Intercambiador de calor.....	70
Ilustración 16: Filtraciones de licor.....	71
Ilustración 17: Intercambiador de calor con tubos obstruidos.....	72
Ilustración 18: Lavado a alta presión 6000psi.....	81
Ilustración 19: Boquillas utilizadas en limpieza a 15000psi.....	82
Ilustración 20: Simulación propuesta de mejora métodos de limpieza.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Intercambiadores de calor de Digestores.....	36
Tabla 2: Intercambiadores de calor del patio de estanques.....	38
Tabla 3: Avisos por intercambiador desde 2013 a 2018.....	39
Tabla 4: Avisos por prioridad.....	45
Tabla 5: Avisos por prioridad y por intercambiador.....	46
Tabla 6: Avisos Intercambiadores de patio de estanques.....	48
Tabla 7: Avisos Intercambiador 32-E59.....	49
Tabla 8: Avisos Intercambiador 32-E542.....	50
Tabla 9 : Avisos intercambiador 32-E64.....	51
Tabla 10: Avisos Intercambiador 32-E58.....	52
Tabla 11: Avisos Intercambiador 32-E543.....	53
Tabla 12: Resumen de problemas en intercambiadores de patio de estanques.....	54
Tabla 13: Problemas Intercambiador 32-E443.....	56
Tabla 14: Problemas Intercambiador 32-E233.....	57

Tabla 15: Problemas Intercambiador 32-E333	58
Tabla 16: Problemas Intercambiador 32-E143	59
Tabla 17: Problemas Intercambiador 32-E243	60
Tabla 18: Problemas Intercambiador 32-E313	61
Tabla 19: Problemas Intercambiador 32-E323	62
Tabla 20: Resumen de problemas en intercambiadores de Digestores	64
Tabla 21: Prioridad de los problemas en Intercambiadores del patio de estanques	66
Tabla 22: Prioridad de problemas en Intercambiadores de calor de digestores	67
Tabla 23: Contenidos de compuestos inorgánicos en el licor negro	73
Tabla 24: Características empaquetaduras intercambiadores de calor	77
Tabla 25: Ponderación de criterios empaquetaduras	79
Tabla 26: Calificación de alternativas	79
Tabla 27: Matriz de factores ponderados para empaquetaduras.....	79
Tabla 28: Métodos de limpieza	83
Tabla 29: Ponderación de criterios métodos de limpieza	84
Tabla 30: Calificación de alternativas métodos de limpieza	84
Tabla 31: Matriz de factores ponderados para métodos de limpieza	85
Tabla 32: Costos empaquetadura "Change Gasket"	87
Tabla 33: Costos empaquetadura espirometálica	87
Tabla 34: Tabla comparativa empaquetaduras	88
Tabla 35: Costos lavado químico	89
Tabla 36: Situación histórica	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Avisos por intercambiador de calor	39
Gráfico 2: Prioridad de Avisos	46
Gráfico 3: Avisos por intercambiador y por prioridad	47
Gráfico 4: Diagrama de Pareto Avisos patio de estanques.....	48
Gráfico 5: Avisos intercambiador 32-E59.....	49
Gráfico 6: Problemas en intercambiador 32-E542	50
Gráfico 7: Diagrama de Pareto Avisos Intercambiador 32E64	51
Gráfico 8: Problemas en intercambiador 32-E58	52
Gráfico 9: Problemas en intercambiador 32-E543	53
Gráfico 10: Diagrama de Pareto de Intercambiadores de calor de patio de estanques.....	55
Gráfico 11: Diagrama de Pareto para Avisos de intercambiadores de Digestores	56
Gráfico 12: Problemas en intercambiador 32-443.....	57
Gráfico 13: Problemas en intercambiador de calor 32_E233.....	58
Gráfico 14: Problemas en Intercambiador de calor 32-E333	59
Gráfico 15: Problemas en Intercambiador 32-E143	60
Gráfico 16: Problemas en Intercambiador 32-E243	61
Gráfico 17: Problemas en Intercambiador 32-E313	62
Gráfico 18: Problemas en Intercambiador 32-E323	63
Gráfico 19: Diagrama de Pareto de Digestores	65
Gráfico 20: Flujo intercambiador 32E-543	75

Gráfico 21: Flujo Intercambiador 32E-542 76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Especificaciones técnicas intercambiador 32e-143 96
Anexo 2 : Especificaciones técnicas intercambiador 32e-213 97
Anexo 3: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-223..... 98
Anexo 4: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-243..... 99
Anexo 5: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-313..... 100
Anexo 6: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-323..... 101
Anexo 7: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-333..... 102
Anexo 8: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-343..... 103
Anexo 9: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-443..... 104
Anexo 10: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-56..... 105
Anexo 11: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-57..... 106
Anexo 12: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-58..... 107
Anexo 13: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-59..... 108
Anexo 14: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-64..... 109
Anexo 15: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-65..... 110
Anexo 16: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-542..... 111
Anexo 17: Especificaciones técnicas intercambiador 32E-543..... 112