

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes Generales	1
1.1.1	Agua.....	1
1.1.2	Cambio Climático.....	2
1.1.2.1	Chile y el cambio climático	4
1.1.2.1.1	Efectos del cambio climático	5
1.1.3	Agua en el sector industrial	7
1.1.3.1	Huella Hídrica	7
1.1.3.2	Industria de alimentos	8
1.1.3.2.1	Uso de agua en industria de alimentos	8
1.1.3.3	Certificaciones	8
1.1.4	Agrícola Forestal El Escudo (AFE)	9
1.1.5	Estrategias de Uso de Agua.....	10
1.2	Motivación	12
1.3	Objetivos	12
1.3.1	Objetivo general	12
1.3.2	Objetivos específicos:.....	12
1.4	Alcances	13
2	METODOLOGÍA.....	14
2.1	Marco teórico.....	14
2.1.1	Método <i>Six Sigma</i>	14
2.1.1.1	Definir	15
2.1.1.2	Medir	15
2.1.1.3	Analizar	15
2.1.1.3.1	Análisis Causa Raíz	15
2.1.1.4	Mejorar	17
2.1.1.5	Controlar	17
2.1.2	Balance de energía	17
2.1.3	Pérdida de carga.....	18
2.1.4	Tuberías: Heurística de selección de diámetro	20
2.2	Metodología a utilizar.....	21

2.2.1	Definir	22
2.2.2	Medir	22
2.2.3	Analizar	22
2.2.4	Mejorar.....	22
3	PRIMER ESCENARIO.....	23
3.1	Definir.....	23
3.1.1	Proceso	23
3.1.2	Etapas de servicio al proceso principal	24
3.1.3	Etapas que utilizan agua	25
3.2	Medir	26
3.2.1	Uso actual de agua en AFE	26
3.2.2	Caracterización del agua	27
3.3	Analizar.....	28
3.3.1	Lavado de fruta	29
3.3.2	Enfriamiento de botellas.....	30
3.3.3	Lavado de tapas.....	31
3.3.4	Lavado de equipos	32
3.3.5	Lavado de pisos	33
3.3.6	Lavado de bolsas de prensado	34
3.4	Mejorar	35
3.4.1	Alternativas propuestas	35
3.4.1.1	Lavado de fruta	36
3.4.1.2	Enfriamiento de botellas.....	37
3.4.1.3	Lavado de tapas.....	38
3.4.1.4	Lavado de equipos.....	39
3.4.1.5	Lavado de pisos	40
3.4.1.6	Lavado de bolsas de prensado	40
3.4.1.7	Proceso general	41
4	SEGUNDO ESCENARIO	43
4.1	Mejorar	43
4.1.1	Modificación de las alternativas	43
4.1.1.1	Lavado de frutas	43

4.1.1.2	Enfriamiento de botellas.....	44
4.1.1.3	Lavado de tapas.....	44
4.1.1.4	Lavado de equipos.....	45
4.1.1.5	Lavado de pisos.....	45
4.1.1.6	Lavado de bolsas de prensado.....	46
4.1.2	Evaluación de alternativas.....	46
4.1.2.1	Lavado de fruta.....	47
4.1.2.1.1	Recirculación de flujos de agua.....	47
4.1.2.2	Enfriamiento de botellas.....	48
4.1.2.2.1	Enfriamiento con aire.....	48
4.1.2.2.2	Enfriamiento con agua refrigerada.....	48
4.1.2.2.3	Reutilización de agua de enfriamiento.....	49
4.1.2.3	Lavado de tapas.....	50
4.1.2.3.1	Cambio de sistema de envasado.....	50
4.1.2.3.2	Limpieza con vapor.....	51
4.1.2.4	Lavado de equipos.....	51
4.1.2.4.1	Limpieza criogénica.....	51
4.1.2.5	Lavado de pisos.....	52
4.1.2.5.1	Uso de hidrolavadora.....	52
4.1.3	Comparación de alternativas.....	53
4.1.3.1	Ahorro de agua mensual.....	53
4.1.3.2	Inversión.....	54
4.1.3.3	Inversión por ahorro de agua mensual.....	55
5	DISCUSIONES GENERALES.....	57
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
7	BIBLIOGRAFÍA.....	61
8	ANEXOS.....	68
Anexo A	Fotografías de lavado de fruta.....	68
Anexo B	Recirculación de Lavado de frutas y Lavado de tapas.....	70
B.1.	Flujos.....	70
B.1.1.	Flujo de lavado de frutas.....	70
B.1.2.	Flujo de lavado de tapas.....	70

B.1.3.	Flujo global.....	71
B.2.	Tratamiento	71
B.2.1.	Tamiz rotativo	71
B.2.2.	Ultrafiltración	73
B.3.	Estanque	75
B.3.1.	Determinación del volumen del estanque	75
B.3.2.	Elección del estanque.....	75
B.4.	Piping y Bombas	78
B.4.1.	Cálculo de diámetro de tuberías	78
B.4.2.	Cálculo de bomba	78
B.4.3.	Elección de Cañerías	79
B.4.4.	Elección de Bombas.....	79
B.5.	Inversión total	81
B.6.	Ahorro de agua	82
Anexo C	Enfriamiento	83
C.1.	Cálculo de flujo de calor	83
C.2.	Enfriamiento con aire.....	83
C.2.1.	Cálculo de flujo de aire.....	83
C.3.	Enfriamiento con agua refrigerada	84
C.3.1.	Cálculo de flujo de agua refrigerada	84
C.3.2.	Flujo de agua actual	85
C.3.3.	Ahorro de agua.....	85
C.3.4.	Equipo de enfriamiento de agua.....	86
C.3.5.	Determinación del estanque.....	88
Anexo D	Reutilización de agua de la etapa de enfriamiento.....	91
D.1.	Flujos	91
D.2.	Estanque	91
D.3.	Piping y bombas	91
D.4.	Inversión total	91
D.5.	Ahorro de agua	92
Anexo E	Lavado de tapas.....	93
E.1.	Flujo actual	93

E.2.	Uso de vapor de agua.....	93
E.2.1.	Flujo de vapor utilizado	93
E.2.2.	Equipo de limpieza a vapor	93
E.2.3.	Ahorro de agua.....	94
E.3.	Cambio de sistema de envasado.....	95
E.3.1.	Ahorro de agua.....	97
Anexo F	Lavado de equipos	98
F.1.	Calculo de flujo de agua actual.....	98
F.2.	Sistema de limpieza criogénica	98
F.2.1.	Equipo de inyección de hielo seco	98
F.2.2.	Compresor de aire.....	99
F.2.3.	Cooler isotérmico	100
F.2.4.	Consumo de hielo seco.....	102
F.2.5.	Ahorro de agua.....	103
Anexo G	Lavado de pisos	104
G.1.	Cálculo de flujo actual	104
G.2.	Elección de hidrolavadora.....	104
G.2.1.	Cálculo de flujo con hidrolavadora.....	105
G.3.	Ahorro de agua	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Demanda mundial de agua (extracción de agua dulce): escenario de referencia 2000 y 2050. BRIICS, Brasil, Rusia, India, Indonesia, China, Sudáfrica; OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico; ROW, resto del mundo.[4]	2
Figura 2: Anomalía observada en el promedio mundial de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas combinadas, 1850-2012[8]	3
Figura 3: Cambio de precipitación media anual (expresada en mm por mes) simulado por el modelo PRECIS-DGF para fines de siglo (2070-2100) [12]	5
Figura 4: Pronóstico de impactos del cambio climático en Chile.[7]	6
Figura 5: Jerarquía de gestión de residuos según el Ministerio del Medio Ambiente[33]	12
Figura 6: Etapas de la metodología DMAIC[36]	14
Figura 7: Esquema de Diagrama de Ishikawa	16
Figura 8: Metodología de trabajo utilizada	21
Figura 9: Proceso productivo de jugos AFE.....	23
Figura 10: Etapas de servicio al proceso principal donde se utiliza agua	24

Figura 11: Diagrama de Ishikawa para el lavado de frutas	30
Figura 12: Diagrama de Ishikawa de la etapa de enfriamiento de botellas.....	31
Figura 13: Diagrama de Ishikawa del lavado de tapas.....	32
Figura 14: Diagrama de Ishikawa del lavado de equipos	33
Figura 15: Diagrama de Ishikawa del lavado de pisos	34
Figura 16: Diagrama de Ishikawa del lavado de bolsas de prensado	35
Figura 17: Cambio de escenario en la evaluación de alternativas para el lavado de frutas	43
Figura 18: Cambio de escenario en la evaluación de alternativas para el enfriamiento de botellas.....	44
Figura 19: Cambio de escenario en la evaluación de alternativas para el lavado de tapas	45
Figura 20: Cambio de escenario en la evaluación de alternativas para el lavado de equipos	45
Figura 21: Cambio de escenario en la evaluación de alternativas para el lavado de pisos	46
Figura 22: Cambio de escenario en la evaluación de alternativas para el lavado de bolsas de prensado	46
Figura 23: Ejemplo de un proceso de reutilización de aguas en la industria de alimentos[55]	47
Figura 24: Gráfico de ahorro de agua mensual por cada una de las alternativas de ahorro de agua.....	54
Figura 25: Gráfico de la inversión de cada una de las alternativas de ahorro de agua	55
Figura 26: Gráfico de inversión versus ahorro de agua por alternativa.....	56
Figura 27: Etapa de lavado de frutas con operadores cargando la fruta.....	68
Figura 28: Ducha de agua para lavado de frutas	69
Figura 29: Tamiz rotativo GTR 270/250[60].....	72
Figura 30: Equipo de ultrafiltración Modelo CX-UF2000[65].....	74
Figura 31: Estanque de acero inoxidable de 5.000 [l][68].....	76
Figura 32: Diagrama de la sección longitudinal de estanque de 5.000 [l][68]	77
Figura 33: Diagrama de la sección transversal de estanque de 5.000 [l][68]	77
Figura 34: Bomba CM 50[70]	80
Figura 35: Diagrama transversal y longitudinal de bomba CM 50[70]	81
Figura 36: Chiller modelo SKCLA036A06[75]	86
Figura 37: Bomba avalu VA-15 N[77].....	88
Figura 38: Estanque de acero inoxidable de 1.000 [l][78].....	89
Figura 39: Limpiadora a vapor doble caldera[80]	94
Figura 40: Equipo de envasado de líquidos en la industria de alimentos[81].....	95
Figura 41: Sistema de inyección de hielo seco Aero 40[82]	98
Figura 42: Compresor Pressure modelo ATG2 60[83]	100
Figura 43: Cooler isotérmico HR11P2-LC[84]	101
Figura 44: Pellets de hielo seco de 3 [mm]	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de jugos AFE[30]	10
Tabla 2: Velocidades de distintos fluidos para definir piping[48]	20
Tabla 3: El uso de agua en AFE: Etapa, utilidad y técnica	26
Tabla 4: Uso actual de agua en AFE.....	27
Tabla 5: Componentes presentes en el agua de las distintas etapas del proceso.....	28
Tabla 6: Visión general de las alternativas propuestas para el lavado de frutas	36
Tabla 7: Visión general de las alternativas propuestas para el enfriamiento de botellas .	37
Tabla 8: Visión general de las alternativas propuestas para el lavado de tapas	38
Tabla 9: Visión general de las alternativas propuestas para el lavado de equipos	39
Tabla 10: Visión general de las alternativas propuestas para el lavado de pisos.....	40
Tabla 11: Visión general de las alternativas propuestas para el lavado de bolsas de prensado	41
Tabla 12: Resumen alternativas de lavado de fruta.....	48
Tabla 13: Resumen alternativas de enfriamiento de botellas.....	50
Tabla 14: Resumen alternativas de lavado de tapas	51
Tabla 15: Resumen alternativas de lavado de equipos	52
Tabla 16: Resumen alternativas de lavado de pisos	53
Tabla 17: Aspectos técnicos de tamiz rotativo GTR 270/250[60].....	72
Tabla 18: Aspectos técnicos de equipo de ultrafiltración Modelo CX-UF2000[65].....	74
Tabla 19: Especificaciones del estanque de acero inoxidable.....	77
Tabla 20: Especificaciones de bomba CM 50[70]	80
Tabla 21: Dimensiones de bomba CM50[70]	81
Tabla 22: Cálculo de masa de jugo AFE.....	83
Tabla 23: Aspectos técnicos de Chiller modelo SKCLA036A06[75]	87
Tabla 24: Características técnicas de estanque de acero inoxidable de 1000 [1][78]	90
Tabla 25: Aspectos técnicos de limpiadora a vapor de doble caldera[80].....	94
Tabla 26: Características técnicas de máquina de llenado de líquidos[81]	96
Tabla 27: Precios FOB de equipo de envasado y equipos accesorios[81]	96
Tabla 28: Características técnicas del sistema de inyección de hielo seco Aero 40[82] ..	99
Tabla 29: Aspectos técnicos de Compresor Pressure modelo ATG2 60[83]	100
Tabla 30: Aspectos técnicos de cooler isotérmico HR11P2-LC[84]	101
Tabla 31: Mediciones de flujo de manguera en la planta de Jugos AFE	104
Tabla 32: Características técnicas de la hidrolavadora HD 6/16-4 M Plus[86]	105
Tabla 33: Equipamiento de la hidrolavadora HD 6/16-4 M Plus[86]	105