

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES CLAVES ENERGÉTICOS EN EL  
PASTEURIZADOR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD TOTAL DEL  
PROCESO EN LA CERVECERÍA BOLIVIANA NACIONAL S.A. PLANTA  
TARIJA**

**Por:**

**ADRIANA CASTRO VEGA**

**Proyecto de grado: Trabajo Dirigido (Investigación aplicada en la industria)  
presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL  
SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en  
Ingeniería Química.**

**JULIO de 2016**

**TARIJA-BOLIVIA**

A mis abuelos; por todo el amor,  
confianza y paciencia depositados.  
Por el ejemplo de fortaleza y valentía  
demostrados. A mi hermano y a mi  
mamá, por ser un apoyo  
incondicional.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Glosario.....	iv
Resumen.....	v

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Objetivos.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos específicos.....	6
Justificación.....	6

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1.1. Descripción de la industria.....	10
1.1.1. Antecedentes históricos de CBN S.A. Planta <b>Tarija</b> .....	<b>10</b>
1.1.2. Localización.....	<b>10</b>
1.1.3. Organización.....	<b>11</b>
1.1.4. Descripción de las secciones de la empresa.....	<b>13</b>
1.1.4.1. Elaboración.....	13
1.1.4.2. Envasado.....	13
1.1.4.3. Control de Calidad.....	13

1.1.4.4.Mantenimiento y Servicios .....	13
1.1.4.5.Logística.....	14
1.1.4.6.Recursos Humanos.....	14
1.1.4.7.Higiene, Seguridad y Medio Ambiente (HSMA) .....	14
1.1.4.8.Ventas.....	13
1.2. Descripción del Proceso.....	15
1.2.1. Recepción y almacenamiento de materias primas.....	17
1.2.1.1. Malta .....	17
1.2.1.2. Sémola de Maíz e Insumos .....	17
1.2.2. Molienda.....	17
1.2.3. Maceración.....	17
1.2.4. Filtración del mosto.....	18
1.2.5. Cocción del mosto.....	18
1.2.6. Fermentación.....	19
1.2.7. Maduración.....	20
1.2.8. Filtración .....	20
1.2.9. Embotellado .....	20
1.2.10. Pasteurización.....	21
1.3. Servicios Auxiliares .....	21
1.3.1. Generación de Vapor .....	21
1.3.2. Abastecimiento de Frío .....	22
1.3.3. Agua .....	22
1.3.4. Energía Eléctrica .....	23

1.3.5. Gas Natural.....	23
1.3.6. Aire Comprimido .....	24
1.3.7. Gestión y Manejo de CO <sub>2</sub> .....	24
1.4. Manejo de Materiales.....	<b>26</b>
1.5. Eliminación de Efluentes y Aguas residuales.....	<b>27</b>
1.6. Cuestiones de Higiene y Seguridad .....	<b>29</b>
1.6.1. Normas Básicas de SySO Implementadas .....	29
1.6.2. Higiene. ....	30
1.6.2.1. Políticas de Seguridad e Inocuidad Alimentaria Implementadas.....	31
1.7. Patentes y restricciones .....	<b>32</b>
1.8. Conceptos y conocimientos teóricos.....	33
1.8.1. Definición de Pasteurización .....	<b>33</b>
1.8.2. Principios de Pasteurización en Botellas .....	<b>33</b>
1.8.3. Pasteurizador Tipo Túnel .....	<b>35</b>
1.8.4. Componentes Esenciales del Pasteurizador Tipo Túnel.....	<b>35</b>
1.8.4.1. Bastidor de Máquina .....	36
1.8.4.2. Bandas Transportadoras .....	36
1.8.4.3. Dispositivo de Rociado .....	36
1.8.5. Sistema de transporte .....	<b>37</b>
1.8.6. Pasteurización en cervecería .....	<b>37</b>
1.8.7. Necesidad del Head Space durante la pasteurización.....	<b>42</b>
1.8.8. Calidad de la cerveza envasada.....	<b>43</b>
1.8.9. Niveles de Consumo .....	<b>43</b>

1.8.9.1. Agua.....	43
1.8.9.2. Energía .....	45

## **CAPÍTULO II**

### **CONCEPCIÓN Y DEFICIÓN DEL PROBLEMA**

2.1. Proceso de Pasteurización en CBN S.A. Planta Tarija .....	47
2.1.1.Sistema de transporte continuo .....	<b>48</b>
2.1.2. Sistema de rociado regenerativo de agua.....	<b>48</b>
2.1.3. Sistema de suministro de agua .....	<b>48</b>
2.1.4. Sistema de calentamiento y enfriamiento .....	<b>49</b>
2.1.4.1.Sistema de calentamiento/ control semiautomático de temperatura en el Pasteurizador.....	49
2.1.4.2.Sistema de enfriamiento en el Pasteurizador.....	49
2.1.5. Sistema de aprovechamiento de agua y de energía .....	<b>50</b>
2.1.6. Control microbiológico del agua utilizada en el baños del Pasteurizador.....	<b>51</b>
2.2. Identificación del problema.....	51
2.2.1. Problemas Técnicos: Control de las Variables de Operación .....	<b>52</b>
2.2.2. Problemas Económicos: Disminución de los Costos de Operación.....	<b>53</b>
2.3.Diagrama de Flujo del Proceso de Pasteurización en CBN S.A. Planta Tarija.....	55
2.4. Evaluación del KPI Vapor en el Pasteurizador .....	56
2.5. Evaluación del KPI Agua en el Pasteurizador .....	59
2.5.1. Consumo de Agua en el Pasteurizador. ....	<b>59</b>
2.5.2. Pérdidas de Agua en el Pasteurizador.....	<b>59</b>
2.6. Balance de Materia y Energía en el Pasteurizador .....	59

2.7. Características del sistema de Generación de Vapor .....	64
2.7.1. Balance de Materia y Energía en los Calderos. ....	66
2.7.2. Cálculo de la Eficiencia del Sistema de Generación de Vapor .....	69
2.7.2.1. Cálculo de la Eficiencia en el Caldero N° 1 .....	70
2.7.2.2. Cálculo de la Eficiencia en el Caldero N° 2 .....	71

### **CAPÍTULO III**

#### **PROPUESTA DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL PASTEURIZADOR**

3.1. Selección, diseño e instalación de la propuesta de mejora .....	72
3.1.1. Selección del método de mejora de instalación de un sistema de enfriamiento..	72
3.1.2. Condiciones de diseño .....	74
3.1.3. Instalación del equipo .....	81
3.1.3.1. Línea de Agua .....	84
3.1.3.1.1. Selección del Material de Tubería.....	86
3.1.3.1.2. Bombas y Accesorios .....	87

### **CAPÍTULO IV**

#### **ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO**

4.1. Cálculo del Costo de Capital o Inversión del Capital Fijo (ICF).....	92
4.1.1. Costos Directos (CD) .....	92
4.1.1.1. Costo de Compra ( $C_p$ ) del equipo.....	93
4.1.1.2. Costos del Material Necesario para Instalar el Equipo ( $C_M$ ).....	95
4.1.1.3. Costos del Trabajo Relacionado con la Instalación del Equipo ( $C_L$ ).....	96
4.1.2. Costos Indirectos (CI).....	96

4.1.2.1. Flete, seguros e impuestos ( $C_{FIT}$ ) .....	97
4.1.2.2. Gastos Generales de Construcción ( $C_O$ ) .....	97
4.1.2.3. Gastos de Ingeniería del Contratista ( $C_E$ ) .....	97
<b>4.2. Cálculo del Costo de Puesta en Marcha (<math>C_{PM}</math>) .....</b>	<b>98</b>
<b>4.3. Costos Consumo de Agua y Vapor en Planta .....</b>	<b>99</b>
4.3.1. Costos y Consumo de Agua.....	99
4.3.2. Costos y Consumo de Gas Natural .....	100

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones .....	101
5.2. Recomendaciones.....	103

### Índice de Tablas

	<b>Página</b>
Tabla N° I Consumo de Agua en el Transcurso del Año 2015 .....	4
Tabla N° II Consumo de Vapor en el Transcurso del Año 2015.....	5
Tabla N° I-1 Cantidades de Gas Carbónico Generadas y Demandadas durante la Gestión 2015 .....	25
Tabla N° I-2 Límites Permisibles para Descargas Líquidas en mg/l.....	28
Tabla N° I-3 Valores Máximos Permitidos para Descarga de Efluentes Líquidos en Alcantarillado Sanitario Industrial.....	29
Tabla N° I-4 Relación entre Temperatura y UP.....	38
Tabla N° I-5 Relación entre Head Space y la Presión Interior de la Botella de Cerveza en el Proceso de Pasteurización.....	42
Tabla N° II-1 Descripción de las Temperaturas del Pasteurizador.....	47



Tabla N° II-2 Temperatura de Tratamiento a Través del Túnel de Pasteurización.....	51
Tabla N° II-3 Variables de Operación Involucradas en el proceso de Pasteurización....	52
Tabla N° II-4 Consumos y Costos de Gas Natural para la Producción de Vapor.....	53
Tabla N° II-5 Consumos y Costos de Agua.....	53
Tabla N° II-6 Consumos Generales de Gas Natural y Vapor en C.B.N. S.A. Planta Tarija.....	57
Tabla N° II-7 Consumo de Vapor en el Pasteurizador y Global en Planta Gestión 2015 .....	58
Tabla N° II-8 Símbolos y Referencias del Balance de Materia y Energía.....	61
Tabla N° II-9 Balance de Materia y Energía en el Pasteurizador.....	62
Tabla N° II-10 Consumo Actual de Vapor .....	64
Tabla N° II-11 Características del Sistema de Generación de Vapor en C.B.N. S.A. Planta Tarija.....	65
Tabla N° II-12 Especificaciones Técnicas del Sistema de Generación de Vapor.....	65
Tabla N° II-13 Datos para el Balance en el Caldero N° 1.....	67
Tabla N° II-14 Balance de Materia y Energía en el Caldero N° 1.....	67
Tabla N° II-15 Datos para el Balance en el Caldero N° 2.....	68
Tabla N° II-16 Balance de Materia y Energía en el Caldero N° 2.....	68
Tabla N° II-17 Resultados de las Mediciones de los Gases de Combustión de las Calderas.....	69
Tabla N° II-18 Símbolos y Abreviaturas Empleadas.....	69
Tabla N° III-1 Valoración y Peso Relativo.....	73
Tabla N° III-2 Selección de la Opción de Refrigeración .....	74

Tabla N° III-3 Condiciones de Diseño de la Torre de Refrigeración existente en Planta.....	78
Tabla N° III-4 Descripción y Especificaciones Técnicas de la Torre de Refrigeración...	79
Tabla N° III-5 Diámetro de Tubería de Retorno de Agua a la Torre.....	85
Tabla N° III-6 Diámetro de Tubería de Alimentación de Agua al Pasteurizador.....	85
Tabla N° III-7 Características de los Materiales Considerados para la Instalación de las Líneas de Agua.....	86
Tabla N° III-8 Tubería y Accesorios Requeridos para el Tramo 0-1.....	87
Tabla N° III-9 Tubería y Accesorios Requeridos para el Tramo 2-3.....	88
Tabla N° III-10 Determinación de la Pérdida de Presión en Línea de Retorno de Agua a la Torre.....	88
Tabla N° III-11 Tubería y Accesorios Requeridos para el Tramo 4-5.....	88
Tabla N° III-12 Tubería y Accesorios Requeridos para el Tramo 6-7.....	89
Tabla N° III-13 Determinación de la Pérdida de Presión en Línea de Agua de la Torre al Pasteurizador.....	89
Tabla N° III-14 Determinación de Presiones por Puntos y Presiones de Bombeo.....	90
Tabla N° III-15 Potencias Requeridas para las Bombas.....	91
Tabla N° III-16 Resumen Materiales y Accesorios Necesarios para la Instalación de la Torre de Refrigeración.....	91
Tabla N° IV-1 Costo del Capital.....	92
Tabla N° IV-2 Materiales Directos Empleados en la Instalación.....	95
Tabla N° IV-3 Costos Indirectos del Proyecto.....	98
Tabla N° IV-4 Consumo y Costos de Agua Facturados Mensualmente en el año 2015. .	99
Tabla N° IV-5 Consumo y Costos de Gas Facturados Mensualmente en el año 2015..	100

Tabla N° V-1 KPI Vapor em el Pasteurizador Gestión 2015.....	102
--	-----

## Índice de Figuras

	<b>Página</b>
Figura N° 1 Reducción del Consumo de Agua por Cerveza Envasada en Estrella Levante S.A.....	1
Figura N° 2 Litros de Agua Consumidos por Litro de Cerveza Elaborado en Cervecería Santa Fe.....	3
Figura N° 3 Consumo de Agua en el Transcurso del Año 2015.....	4
Figura N° 4 Consumo de Vapor en el Transcurso del Año 2015.....	5
Figura N° 1-1 Ubicación C.B.N. S.A. Planta Tarija.....	11
Figura N° 1-2 Organigrama Cervecería Boliviana Nacional S.A. Planta Tarija.....	12
Figura N° 1-3 Diagrama General del Proceso Productivo.....	16
Figura N° 1-4 Política de Seguridad Alimentaria.....	31
Figura N° 1-5 Movimiento de Convección de la Botella Llena durante el calentamiento (izquierda), durante el enfriamiento (derecha) .....	34
Figura N° 1-6 Ejemplo de Curva de Pasteurización.....	40
Figura N° 1-7 Pasteurímetro (Equipo Haffmans).....	41
Figura N° 2-1 Diagrama de Flujo en el Pasteurizador.....	55
Figura N° 2-2 Esquema de Análisis para el Balance del Pasteurizador.....	60
Figura N° 2-3 Balance en el Caldero N° 1 y 2.....	66
Figura N° 3-1 Esquema General de una Torre de Enfriamiento de Tiro Inducido.....	76
Figura N° 3-2 Relleno de Torres de Enfriamiento.....	77
Figura N° 3-3 Torre de Refrigeración FAVRA HD 190/100.....	80

Figura N° 3-4 Ubicación de la Torre de Enfriamiento en Planta.....	82
Figura N° 3-5 Plano Isométrico de Instalación de la Torre de Refrigeración.....	83
Figura N° 4-1 Cotización de la Torre de Enfriamiento FAVRA HD 190/100.....	94

### **Índice de Anexos**

	<b>Página</b>
Anexo A Layout Circulación de Agua en C.B.N. S.A. Planta Tarija.....	105
Anexo B Layout Vapor.....	106
Anexo C Circuito de Circulación del Agua dentro del Pasteurizador.....	107
Anexo D Esquema Interno del Pasteurizador Tipo Túnel.....	108
Anexo E Datos Recolectados en el Pasteurizador.....	109
Anexo E.1. Consumo de Vapor.....	109
Anexo E.2. Consumo de Agua Recuperada.....	111
Anexo E.3. Control de Derrame Pasteurizador.....	115
Anexo F Balance de Materia y Energía en el Pasteurizador.....	117

### **BIBLIOGRAFÍA**

	<b>Página</b>
Textos consultados.....	A
Proyectos y Publicaciones Electrónicos.....	B

