

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

RESUMEN

El estudio de los procesos industriales, el ahorro y uso eficiente tanto de agua como de energía son temas de gran actualidad que abarcan cuestiones políticas, económicas y ambientales. Los beneficios que se obtienen con la reducción y optimización del uso de agua y de la energía están enmarcados en tres aspectos principales que son: la reducción de los costos operativos, la prolongación de la existencia de recursos no renovables y la protección del medio ambiente. Cervecería Boliviana Nacional S.A. Planta Tarija, es una industria tarijeña que se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad, siendo una de las industrias más importantes del país debido al movimiento económico que genera la comercialización de sus productos y la obtención de riqueza para el estado y municipio por la recaudación de impuestos.

La optimización de los costos de producción es una necesidad, entre otros factores, por el momento de crisis económica en que se encuentran los países. En ese sentido, el ahorro que se genera por un uso eficiente del agua y de la energía es una obligación para las empresas industriales. En la Cervecería Boliviana S.A. Planta Tarija los consumos de agua y vapor no se encuentran controlados, teniendo una evolución caótica mensualmente. Los indicadores claves (KPI) son elevados en comparación a la meta que se tiene y, en consecuencia, se está generando mayores costos productivos debido a la gran cantidad de pérdidas energéticas y de agua que existen en su proceso productivo. La información histórica de los indicadores claves (KPI) desde Enero a Diciembre de 2015, generan un valor promedio de 65,454 kg/Hl en cuanto al consumo de vapor se refiere y 6,91 Hl/Hl en cuanto al consumo de agua, los cuales son muy elevados en comparación a la meta que se tiene de 51,674 kg/Hl y 5,5 Hl/Hl respectivamente. El presente proyecto está dirigido a realizar una evaluación del uso tanto del agua como del vapor en el pasteurizador, determinar los puntos de pérdida y así poder proponer opciones para aprovechar al máximo el uso de agua y vapor, para disminuir el consumo de los mismos y por ende los indicadores que se determinan mensualmente.

El proyecto estará dividido en cinco capítulos.

En el primer capítulo se hará una descripción de la organización y áreas de la planta, descripción del proceso de elaboración de la cerveza y además se expone la teoría que será usada para la obtención del objetivo expuesto.

En el segundo capítulo se presenta el diagnóstico de la situación previa al proyecto, es decir la descripción del proceso de pasteurización y del sistema de generación de vapor en CBN S.A. Planta Tarija; también los problemas técnicos y económicos encontrados, además de los balances de materia y energía correspondientes al pasteurizador y los calderos.

En el tercer capítulo se realiza la selección, diseño e instalación de la propuesta de mejora, obteniendo como mejor opción la instalación de una torre de refrigeración de tiro inducido, para poder reducir la cantidad de agua a utilizar reduciendo la temperatura de la misma con que se alimenta el pasteurizador.

En el cuarto se detallan los aspectos económicos del proyecto a tomar en cuenta, tales como los costos directos y los costos indirectos relacionados con la instalación del equipo seleccionado.

Y por último en el capítulo cinco, las conclusiones y recomendaciones que surgen al culminar el presente proyecto.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1. Descripción de la industria

1.1.1. Antecedentes históricos de la Cervecería Boliviana Nacional S.A. Planta Tarija

El 6 de junio de 1975, un grupo de empresarios alemanes, conforma la Cervecería Bavaria Unión Tarija S.A. (CERBAUT), la cual en agosto de 1997, fue transferida a un grupo de accionistas, entre los que se encuentra Cervecería Boliviana Nacional S.A. (C.B.N S.A.) y posteriormente en el año 2000 esta planta ingresa a formar parte del grupo QUINSA. A la fecha es parte de la compañía multinacional AB Inbev, la que se encarga de establecer los objetivos del consumo de recursos naturales a través de su política ambiental, considerando los distintos procesos involucrados.

La Cervecería Boliviana Nacional S.A. nació en el año 1886, y a partir de la presencia de la transnacional Quilmes, controla el 90% del mercado con plantas cerveceras en La Paz, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz, Tarija, una fábrica de aluminio en Oruro además de las plantas de gaseosas en El Alto y Cochabamba.

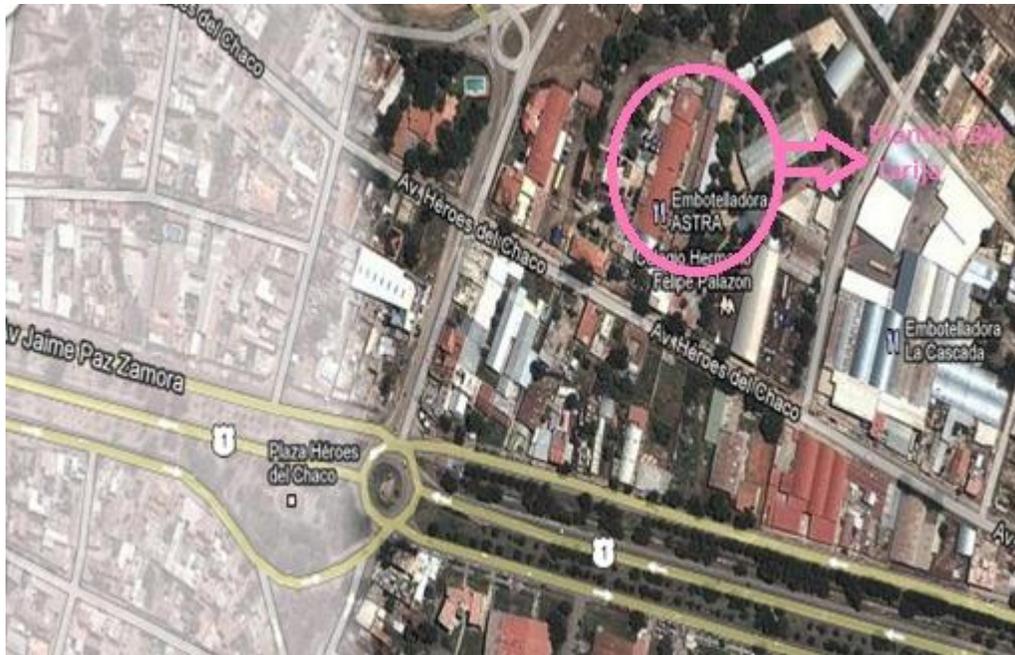
Entre sus marcas podemos encontrar Paceña producida en La Paz, Taquiña y Bock en Cochabamba, Huari en Planta Oruro, Báltica, Ducal, Paceña Ice y Paceña Black en Santa Cruz ; Astra e Imperial en Tarija.

CBN S.A Planta Tarija produce 48000 Hl/año, en sus dos productos, de los cuales el 84% de ventas corresponde a Imperial y el restante 16% a Astra, dentro de lo que es el mercado local. La planta genera trabajo a más de 50 trabajadores, además, funciona como una distribuidora de una gran gama de productos de CBN (Cervecería Boliviana Nacional). Como por ejemplo: Maltín, Pilsener, El Inca, Bock, Paceña Black, Centenario lata, Pico de Oro, etc.

1.1.2. Localización

La Cervecería Boliviana Nacional S.A. Planta Tarija está ubicada en zona sur de la ciudad de Tarija denominada “Zona Industrial”, sobre la avenida Héroes del Chaco S/N, con una superficie de 1.5 Has en las cuales se tiene instalada todas las áreas productivas y una Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE).

Figura N° 1-1

Ubicación CBN S.A. Planta Tarija

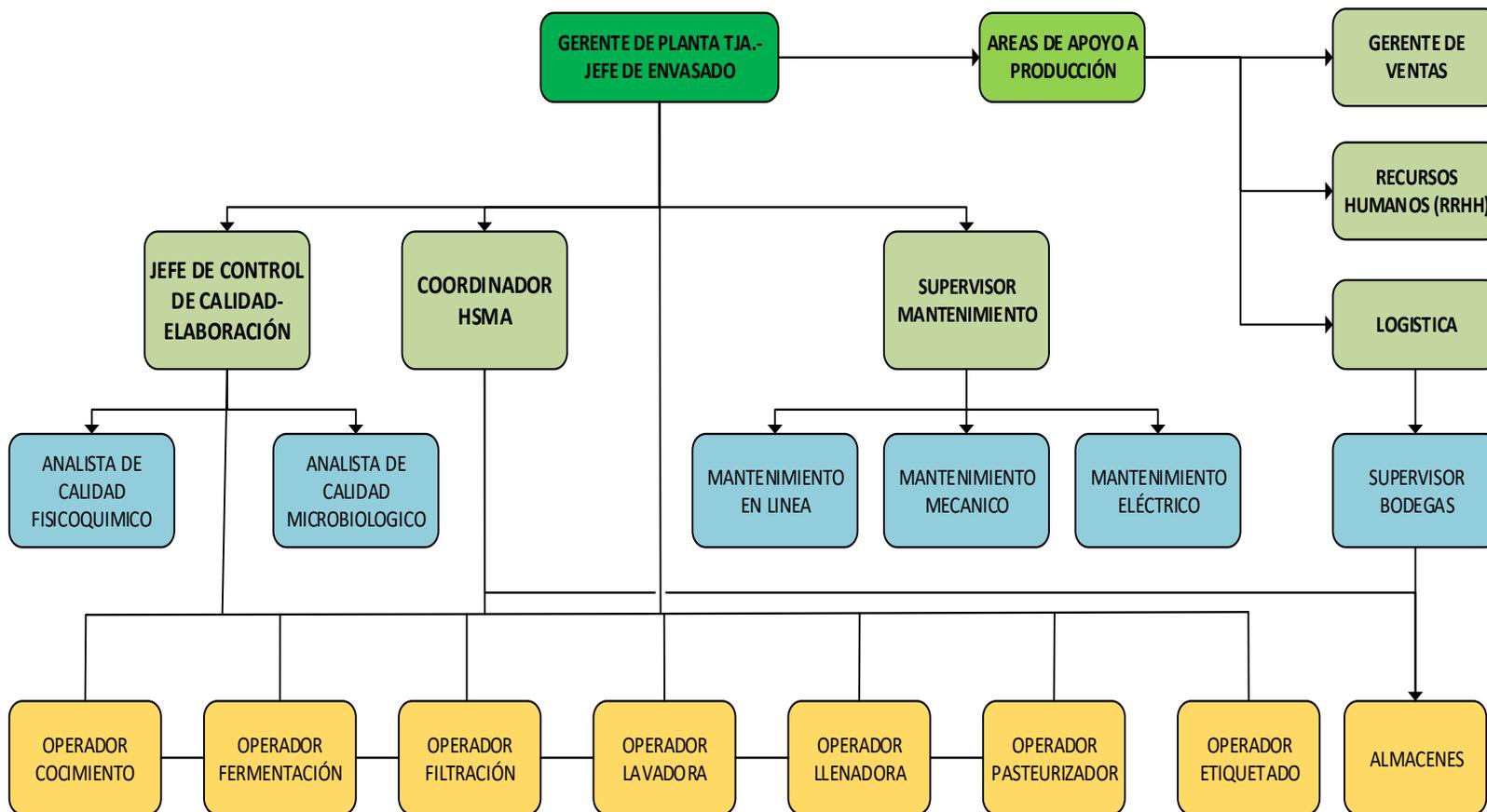
Fuente: Google Maps, 2012

1.1.3. Organización

La planta se encuentra estructurada siguiendo un orden jerárquico de “bandas”, es una organización basada en competencias, alienada a la meritocracia., como se puede observar en la siguiente Figura N° 1-2.

Figura N° 1-2

Organigrama Cervecería Boliviana Nacional S.A Planta Tarija



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

1.1.4. Descripción de las secciones de la empresa

Dentro de la CBN S.A. Planta Tarija, se desarrollan 8 áreas que trabajan conjuntamente para el funcionamiento de la misma, las cuales serán descritas a continuación:

1.1.4.1. Elaboración

Este sector se encarga de la elaboración de la cerveza, y a su vez se subdivide en tres secciones: cocimiento, fermentación y filtración.

Entrega al sector envasado la cerveza filtrada; en tiempo, calidad y volumen requeridos teniendo como referencia los costos de elaboración y mantenimiento.

1.1.4.2. Envasado

Se encarga de envasar cerveza en envases retornables, para poder ser entregados al sector logística.

1.1.4.3. Control de Calidad

El área de control de calidad debe asegurar el cumplimiento de los estándares a lo largo de todo el proceso, controlar los materiales y productos para obtener un producto de alta calidad e inocuo.

1.1.4.4. Mantenimiento y Servicios

El área de mantenimiento e ingeniería de planta se encarga de elaborar un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, contribuyendo a los beneficios de la empresa, tratando de alargar la vida de las máquinas de forma rentable.

A su vez el área de mantenimiento, tiene a su cargo el área de servicios, que se encarga de proveer energía, fluidos y tratamiento de efluentes, tratando de que la descarga de efluentes cumpla con los requerimientos legales.

1.1.4.5 Logística

Se encarga de recibir y almacenar materia prima, insumos, repuestos, recibir producto terminado para la venta y realizar la gestión de inventarios, planificación y abastecimiento.

Debe garantizar la excelencia logística para la entrega de productos y prestación de servicios conforme con las políticas y estándares.

1.1.4.6 Recursos Humanos

Debe asegurar el cumplimiento de los procesos de gente en planta.

Se encarga de atraer, desarrollar y retener a las personas que conforman los equipos de planta, a través de la implementación de los procesos de Gente. Así mismo, provee soporte en las relaciones con el sindicato y empleados y asegurar la implementación del Pilar de Gente de VPO (Voyager Plant Optimization, programa de optimización por la medición periódica y generar rutina cotidiana, desarrollado por la empresa)

1.1.4.7. Higiene, Seguridad y Medio Ambiente (HSMA)

Esta sección de la empresa se encarga de asegurar el cumplimiento de los procesos de seguridad y medio ambiente dentro de la planta.

Garantiza que las políticas relativas al medio ambiente y la seguridad estén instaladas y se cumplan; gestiona los sub-productos y residuos de planta para maximizar las ganancias y minimizar los residuos de planta, cumpliendo con las regulaciones locales y de AB InBev. Debe eliminar, reducir y/o prevenir los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales derivadas del trabajo.

1.1.4.8. Ventas

Esta sección de la empresa se encarga de planear, ejecutar y controlar las actividades en este campo, basándose en las funciones de finanzas, contabilidad, operaciones y ventas. Dicho departamento se encarga de persuadir al mercado de la existencia del producto, aplicando las técnicas y políticas acordes con las de AB inBev.

1.2 Descripción del Proceso

Las materias primas para la producción de cerveza son malta de cebada, adjuntos (principalmente maíz y arroz), lúpulo, agua y levadura.

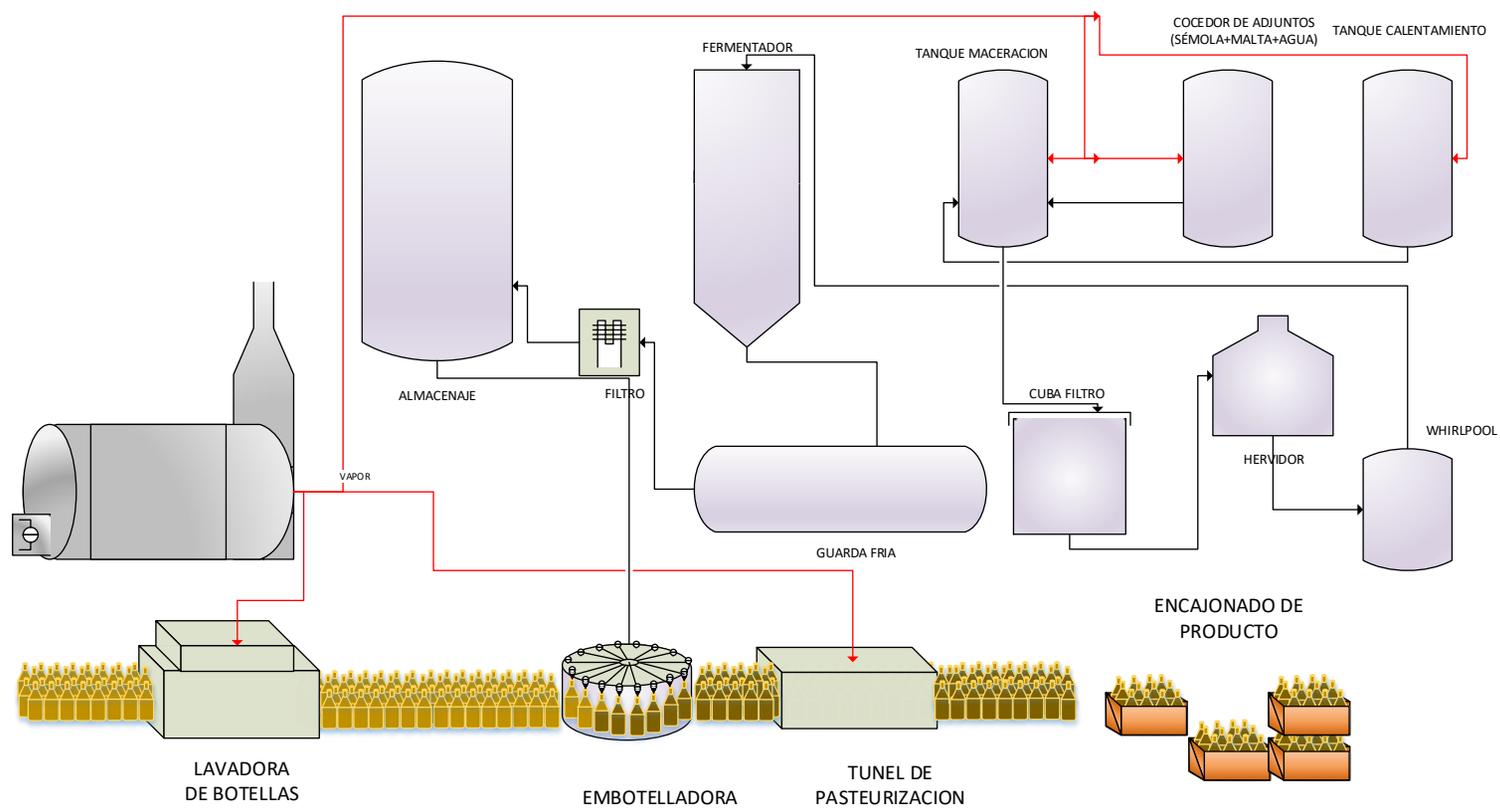
El proceso de fabricación de cualquier tipo de cerveza consta de cuatro fases, que se desglosan en diversas etapas como se verá a continuación:

- Cocimiento
- Fermentación
- Filtración
- Envasado y Pasteurización

El proceso general de elaboración de cerveza se puede resumir como se indica a continuación:

Figura N° 1-3

Diagrama General del Proceso Productivo



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

1.2.1. Recepción y almacenamiento de materias primas

1.2.1.1. Malta

En CBN S.A. Planta Tarija, la malta es entregada por camiones, luego es almacenada en alguno de sus 3 silos (de paredes lisas, fondo cónico y capacidad de 30000 Tn) hasta su procesamiento.

1.2.1.2. Sémola de Maíz e Insumos

La sémola de maíz es un adjunto cervecero, que contribuye con almidones necesarios para la elaboración de la cerveza, ya que el potencial enzimático de la malta es suficiente para degradar almidón adicional.

Tanto la sémola de maíz como los insumos son recibidos y almacenados por el sector de logística.

1.2.2. Molienda

Antes de procesarla, se remueve el polvo de la malta y las impurezas que existan en la misma. La malta es triturada para aumentar la superficie de ataque de las enzimas y mejorar la degradación de las sustancias.

En CBN S.A. Planta Tarija, se realiza una molturación húmeda, que consiste en remojar la malta antes de la molturación, para que las cáscaras y el contenido del grano absorban humedad, elastizándose, y de esta manera el contenido del grano pueda expeler fácilmente las cáscaras. De esta manera, no son dañadas y tienen una mejor capacidad de filtración de mosto, y el contenido del grano es triturado más fino.

1.2.3. Maceración

La maceración consiste en formar una templa (mezcla de malta molida, sémola de maíz y agua), e incrementar las temperaturas de ésta hasta alcanzar las temperaturas óptimas de las enzimas que se desea dejar actuar y mantener el reposo de la misma a dichas temperaturas.

Los componentes de la malta entran así en solución y con ayuda de las enzimas, se

los obtiene como extractos. Solo una parte de la molienda es soluble, y a la cerveza solo pueden pasar sustancias solubles durante la maceración. Por motivos económicos, se trata de convertir en soluble la mayor cantidad posible de compuestos insolubles, es decir, formar la mayor cantidad de extracto posible.

Por lo tanto, el propósito de la maceración es la degradación completa del almidón para la obtención de azúcares y dextrinas solubles. La cantidad principal de extracto recién es formada durante la maceración, por la actividad de las enzimas, a las cuales se deja actuar a temperaturas óptimas.

1.2.4. Filtración del mosto

Al final del proceso de maceración, la templa está compuesta por una mezcla acuosa de sustancias disueltas y no disueltas. La solución acuosa de los extractos se llama mosto, y las partes no disueltas se denominan heces o afrecho, que están compuestas por cáscaras, embriones y otras sustancias que no entraron en solución durante la maceración o que han sido precipitadas nuevamente durante la cocción del mosto.

Para fabricar la cerveza sólo se utiliza el mosto, el cual debe ser separado de las heces a través de un proceso denominado filtración del mosto, y en dicho proceso el extracto debe ser recuperado, en lo posible de forma total.

1.2.5. Cocción del mosto

El mosto obtenido se cuece durante 50 minutos, y durante este tiempo se agrega el lúpulo, que es el responsable de proporcionar los componentes amargos y aromáticos a la cerveza.

Durante la cocción del mosto ocurre una serie de procesos:

- Disolución y transformación de los componentes del lúpulo.
- Formación y precipitación de compuestos formados por proteínas y polifenoles.
- Evaporación del agua.
- Esterilización del mosto.

- Destrucción de todas las enzimas.
- Carga térmica del mosto.
- Reducción del valor del pH del mosto.
- Formación de sustancias reductoras.
- Evaporación de sustancias aromáticas indeseadas

El mosto caliente es transvasado por bombeo de manera tangencial a un recipiente vertical cilíndrico sin piezas interiores denominado Whirlpool, dentro del cual se produce un flujo rotatorio, lo que causa que las proteínas sensibles al calor denominadas trub, sedimente formando un cono en el centro del recipiente.

Luego el mosto pasa por un intercambiador de calor de placas para ser enfriado y aireado para pasar al proceso de fermentación.

1.2.6. Fermentación

El mosto es llevado a los tanques de fermentación donde se hace el agregado de levadura de cerveza, consecuentemente se realiza la fermentación, se obtiene el desdoblado de la maltosa del mosto en alcohol y gas carbónico. Este proceso se divide en dos etapas:

- Fermentación principal y separación de la levadura en exceso.
- Fermentación secundaria o maduración y saturación natural con gas carbónico.

Durante el enfriamiento y traslado del mosto a las cubas de fermentación, el mosto está en contacto suficiente con oxígeno como para iniciar la fermentación de manera eficiente. Antes de descargar el mosto en las cubas de fermentación las levaduras ya están preparadas en cantidades adecuadas y es cuando el mosto se descarga a la misma. Estas cubas de fermentación cuentan con un sistema de refrigeración de enchaquetado tipo serpentín, por los cuales circula glicol que se encarga de mantener el mosto a una temperatura alrededor de los 15 ° C.

La cerveza se obtiene mediante un proceso de fermentación alcohólica del mosto donde intervienen azúcares fermentables, los cuales se transforman en alcohol y

dióxido de carbono por la acción de las levaduras; de esta manera se obtiene una cerveza joven con presencia de sustancias no fermentables (dextrinas y ácido acético, que forman ésteres con los alcoholes), proteínas y grasas que por fermentación dan alcoholes superiores y durante este proceso una parte del dióxido de carbono formado es solubilizado en la cerveza, el restante es enviado hacia la planta de recuperación de CO₂.

El tiempo que tarda para fermentar el mosto oscila entre 3 a 6 días y al iniciar dicho proceso el pH de la cerveza es variable, dependiendo del tipo de cerveza producida.

1.2.7. Maduración

En esta fase se da lugar a dos procesos, aparte de la fermentación secundaria se lleva a cabo la saturación de la cerveza con dióxido de carbono bajo sobre presión, y la extracción de todos los componentes formadores del trub de la cerveza.

En este proceso tiene lugar la fermentación secundaria con la levadura arrastrada, periodo en el que la cerveza adquiere sabor y aroma típicos, decantando todavía más y precipitando sustancias que, de otro modo, enturbiarían la cerveza cuando fuera servida al consumidor final.

1.2.8. Filtración

El proceso de filtración cuenta con los equipos de filtración primaria y secundaria.

- **Filtración primaria:** Se realiza en un filtro a placas con telas filtrantes que para ser utilizado previamente es lavado con agua caliente y cargado con tierras diatomeas N° 15, N° 12 y carbón activado con diferentes dosificaciones que se adhieren a la tela filtrante. La cerveza es bombeada a través del filtro para retener las levaduras y las partículas que no se hayan precipitado en los anteriores procesos.
- **Filtración secundaria:** El segundo filtro solo cuenta con telas filtrantes finas, en el cual se clarifica la cerveza y además se le adiciona el gas carbónico necesario para darle la frescura y la formación de espuma a la cerveza, para ser almacenada hasta su posterior embotellamiento.

1.2.9. Embotellado

Durante el proceso de embotellado, las botellas recepcionadas son previamente lavadas en una lavadora automática con una solución de hidróxido de sodio y agua caliente, utilizando el vapor proveniente de las calderas.

Posterior a su lavado, son embotelladas según el tipo de cerveza y calibre, vale decir Astra (620 cc) o Imperial (1000 cc).

1.2.10. Pasteurización

El proceso de pasteurización es un tratamiento térmico de baja intensidad (generalmente 60°C) que tiene como objetivo principal la destrucción de los posibles microorganismos que puedan estar presentes en la cerveza, tales como restos de levaduras u otros que puedan deteriorar la calidad de la misma. Este proceso prolonga la vida útil del producto.

En la Cervecería Boliviana Nacional, se realiza la pasteurización de forma continua, en un pasteurizador tipo túnel, en el cual la botella envasada viaja a través de él y es sometida a duchas de agua, cuya temperatura va ascendiendo a medida que avanza la botella, hasta alcanzar a mitad del proceso una temperatura de aproximadamente 60 °C. A partir de ese momento comienza la etapa de pre enfriamiento donde se disminuye gradualmente la temperatura al agua rociada hasta aproximadamente 35 °C.

Más adelante, se describirá el proceso de pasteurización en planta a más detalle. (Ver Capítulo II)

1.3. Servicios Auxiliares

Como en toda industria, se requieren servicios auxiliares de agua, electricidad, gas, generación de vapor, frío, etc. tanto para el funcionamiento de los equipos como para la limpieza de los mismos y las instalaciones, los mismos se describen a continuación:

1.3.1. Generación de Vapor

El vapor que se consume durante el proceso, es generado en dos calderos humotubulares, que utilizan como combustible gas natural que es provisto por EMTAGAS.

El gas se quema produciendo una intensa llama registrada por una fotocélula. Al ser los calderos del tipo humotubular, los gases de combustión circulan por el interior de los tubos, el vapor se genera a presiones comprendidas entre 3-3,5 kg/cm² y a temperaturas cercanas a los 150 °C.

El vapor es utilizado en los procesos de cocimiento, pasteurización, lavado de cajas, en el circuito CIP y para calentar la solución de hidróxido de sodio en el lavado de botellas. Las aguas de condensado provenientes de cada una de estas operaciones son recuperadas hacia el tanque de alimentación del caldero.

1.3.2. Abastecimiento de Frío

En el proceso de fabricación de la cerveza, para poder llevar a cabo una buena fermentación se tiene que mantener temperaturas bajas en los tanques de fermentación para que las levaduras transformen todo el azúcar en alcohol y CO₂, ya que se trata de una reacción exotérmica. También se usa la refrigeración para enfriar la cerveza, agua refrigerada para enfriar el mosto, para la licuefacción de CO₂ y para mantenimiento de bajas temperaturas en las bodegas y salas de almacenamiento de lúpulo.

El refrigerante utilizado es el amoníaco, el ciclo de refrigeración del amoníaco es similar en algunos casos al ciclo del vapor, ya que implica un cambio de estado, de líquido a vapor e inversa. El ciclo de refrigeración comprende temperaturas más bajas y consumo de energía mecánica en vez de energía térmica obtenida de la quema de combustibles, como en la generación de vapor.

Se utiliza un ciclo de compresión de NH₄ como agente refrigerante, empleando Glycol para enfriar la cerveza y proveer de frío a la planta.

1.3.3. Agua

El agua en la industria cervecera se usa principalmente como materia prima para el proceso, para enfriar el mosto, el amoniaco, las camisas de compresores, el pasteurizador, para soluciones de limpieza como soda caústica diluida en lavadoras y cisternas de limpieza CIP, además de limpieza general y lavado de las instalaciones y equipos.

Cervecería Boliviana Nacional S.A. Planta Tarija utiliza agua proveniente de sus dos pozos propios, de 80 y 120 m de profundidad ubicados debajo de la unidad productiva.

El agua es extraída mediante un sistema de bombas centrífugas y es llevada a una piscina cubierta de 150 m³ de capacidad donde es tratada con cloro. Desde aquí es distribuida a los distintos procesos y dependencias.

Tal servicio es gestionado por COSAALT, dentro de la categoría de autoabastecimiento industrial a una tarifa de 2,90 Bs/ m³.

1.3.4. Energía Eléctrica

La energía eléctrica es suministrada por SETAR S.A., a un costo de 0,95 Bs/Kw dentro de la categoría industrial mayor.

Se trata de energía trifásica de 380 V que pasa por un transformador para el uso en planta y dependencias.

1.3.5. Gas Natural

El gas natural utilizado por la planta es provisto por EMTAGAS a través de su red de distribución, dentro de la categoría industrial a un costo de 0,010 Bs/PCS.

Para medir el consumo la empresa tiene instalado un medidor digital que corrige el volumen de gas registrado por presión y temperatura, además cuenta con un puente de regulación de presión en un rango de 1.034.000 Pa a 137.895 Pa, que se encarga de reducir la presión con la que es despachado el volumen de gas natural de 689.476 Pa, desde la red primaria a través de la acometida para repartir a la red que alimenta a

planta y mantenerla constante a 172.369-137.895 Pa, que es la presión de trabajo de los equipos.

Básicamente, el puente de medición y regulación cuenta con una válvula de bloqueo general de entrada, un filtro separador de polvo, reguladores de presión con sus correspondientes válvulas de bloqueo, manómetros, válvulas de seguridad, y un sistema de medición de caudales.

1.3.6. Aire Comprimido

Para distribuir aire comprimido a todas las instalaciones de la planta que lo precisan como el laboratorio de control de calidad, aireador de mosto, taller de maestranza, etc, se usa un compresor de aire exento de aceite, de industria brasilera marca Sabroe, modelo SMC 104, alimentación de 380 V, posee un motor de 3 HP, ventilador de 1 HP y cuenta con un filtro tipo esponja para retener el polvo.

1.3.7. Gestión y Manejo de CO₂

La recuperación de dióxido de carbono de la fermentación, purificación, compresión y licuefacción para su reutilización en la cervecería y centro de envase es un servicio tan esencial como el vapor, el agua o la refrigeración.

CBN S.A. Planta Tarija genera y recupera su propio CO₂ en planta, fruto de la transformación que sufre el azúcar de la malta a través de las levaduras durante el proceso de fermentación.

Si no se llegara a cumplir con los volúmenes necesarios se recibe de otra planta (generalmente CBN S.A. Planta La Paz) o se compra de un tercero (en este caso, se trata de la empresa CARBOGAS S.A, ubicada en Cochabamba). Se requiere un ingreso adicional de gas carbónico adicional al producido en las instalaciones de alrededor de 15.000-20.000 kg durante el año.

Tabla N° I-1

Cantidades de Gas Carbónico Generadas y Demandadas durante la gestión 2015

Mes-Año	Volumen Envasado (HI)	Consumo (kg)	Generación (kg)	Compra (kg)	Diferencia Gas Generado- Gas Consumido (kg)	Saldo Gas para el mes siguiente (kg)
ene-15	4.211,36	14.978,26	17.369,56	0,00	2.391,30	2.391,30
feb-15	4.314,78	15.255,67	14.456,87	5.000,00	-798,80	6.592,50
mar-15	4.304,13	16.112,32	15.848,17	0,00	-264,14	6.328,36
abr-15	3.616,84	12.725,80	9.664,71	0,00	-3.061,09	3.267,27
may-15	2.880,24	10.767,07	8.690,95	4.685,50	-2.076,12	5.876,65
jun-15	1.942,96	7.873,15	4.559,04	0,00	-3.314,11	2.562,53
jul-15	3.012,80	10.497,46	9.198,33	5.130,00	-1.299,13	6.393,41
ago-15	3.107,14	11.488,87	7.901,90	0,00	-3.586,97	2.806,43
sep-15	4.126,55	15.742,26	14.267,94	5.022,00	-1.474,32	6.354,11
oct-15	10.726,27	11.871,13	9.458,44	0,00	-2.412,70	3.941,42
nov-15	11.758,90	11.758,90	11.810,97	0,00	52,08	3.993,49
dic-15	4.150,58	14.477,50	12.749,75	0,00	-1.727,74	2.265,75
Total CO₂ por año (kg)		153.548,39	135.976,64	19.837,50		
		Consumido	Generado	Comprado		
		Total CO₂ Generado + Comprado por año (kg)	155.814,14			

Fuente: CBN S.A. Planta Tarija, 2016.

En la anterior tabla I-1, según los valores proporcionados por la planta, podemos evidenciar que entre la cantidad de CO₂ generado y consumido, existe una deficiencia de 17.571,75 kg anuales, misma que es subsanada con la compra de 19.837,50 kg anuales a CARBOGAS S.A, quedando almacenado en planta un excedente de 2.265,75 kg para la siguiente gestión.

El CO₂ se requiere para gasificación bajo contrapresión en la llenadora, contrapresión para tanques de almacenamiento de cerveza y embotellamiento, y para desplazar el oxígeno contenido en la botella.

El dióxido de carbono es un producto de la fermentación alcohólica. Dos moléculas, tanto de alcohol etílico como de dióxido de carbono, se producen por cada molécula de glucosa fermentada. La reacción química es exotérmica, siendo liberado el calor. La ecuación simplificada del cambio que se produce durante la fermentación con la levadura es:



Glucosa → Etanol + Dióxido de Carbono + Calor

1.4. Manejo de Materiales

Las materias primas, materiales auxiliares e insumos de packaging provienen de proveedores aprobados por la compañía (excluyendo granos de cebada y maíz que son analizados en cada entrega por el establecimiento)

Se verifica que los transportes estén libres de condiciones que puedan contaminar el producto, como pájaros, roedores, insectos, derrames de combustibles, y suciedad en general. En todos los casos se verifican las condiciones de envío respecto de la calidad y riesgo (HACCP).

Los materiales se encuentran almacenados en condiciones que evitan su deterioro, se encuentran protegidos contra la contaminación y contra los daños.

Cereales: Malta y adjuntos cumplen con los requerimientos definidos en las respectivas especificaciones y son inspeccionados visualmente antes de la descarga. La zona de descarga está cubierta, limpia, en buenas condiciones y libre de plagas. El tiempo promedio de residencia en el silo debe ser menor a 7 días.

- **Lúpulo:** Se almacena en lugar seco y refrigerado, sobre paletas, y sin tocar las paredes. La zona de almacenamiento de estos materiales está limpia, seca y en buenas condiciones, y se utilizan materiales de limpieza adecuados. En estos lugares se almacena sólo lúpulo.
- **Agentes Químicos:** Los agentes químicos se almacenan en lugares lejanos a la zona productiva. Aquellos agentes de limpieza incompatibles (ej; ácidos y álcalis) se almacenan en áreas separadas.

Cualquier agente que sea almacenado en áreas de producción se coloca en recipientes que contengan el líquido en caso de derrame.

- **Empleo del agua:** En el Establecimiento se usa agua potable durante la fabricación, envasado y la limpieza, enjuague y desinfección de los materiales, utensilios y envases en contacto con el alimento.

Las aguas utilizadas durante el proceso productivo son degustadas e inspeccionadas visualmente en diferentes etapas del proceso. Los pozos utilizados como fuente de agua, disponen de un plan de mantenimiento para asegurar su condición.

1.5. Eliminación de Efluentes y Aguas residuales

Los efluentes líquidos generados en el proceso de elaboración y envasado de cerveza (efluentes industriales) son tratados completamente a través de una Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE).

Los efluentes líquidos resultantes de los servicios sanitarios (vestuarios, baños, cocina y administración) son canalizados a través de una red cloacal que termina en la red cloacal del Municipio.

En todos los casos se garantiza que los efluentes líquidos no contaminan la fuente de agua potable ni los productos elaborados, cumpliendo con los parámetros de la ley 1333 del medio ambiente, específicamente los valores del Anexo 13-C, de límites permisibles para descargas líquidas, cuyos valores se expresan a continuación:

Tabla N° I-2

Límites Permisibles para Descargas Líquidas en mg/l

Parámetro	Límite Diario	Límite Mensual
pH	6 a 9	6 a 9
Temperatura	+/-5°C	+/-5°C
SDT	-	500
SST	60	-
DBO ₅	80	
DQO	250	
Sulfuro	2	1
Nitratos	-	10

Fuente: CBN S.A. Planta Tarija, 2016.

Donde:

pH = Concentración de iones hidrógenos H⁺ presentes en la solución, mide su acidez o alcalinidad.

SDT = Sólidos disueltos totales.

SST = Sólidos suspendidos totales.

DBO₅ = Demanda biológica de oxígeno.

DQO = Demanda Química de oxígeno.

Una vez al año, es enviada una muestra de la descarga líquida a La Paz, para que un laboratorio de medio ambiente certificado (SGS S.A.) pueda realizar los análisis correspondientes y certificar que la empresa está cumpliendo con los parámetros anteriormente especificados.

Además, de manera conjunta, la planta realizó un convenio con COSSALT Ltda, para la provisión de servicios de alcantarillado industrial, donde se compromete la empresa a descargar sus efluentes con las siguientes limitaciones:

Tabla N° I-3

Valores Máximos Permitidos para Descarga de Efluentes Líquidos en Alcantarillado Sanitario Industrial

Parámetro	Valor Máximo
pH	6 a 9
Temperatura	40 °C
SST	60 mg/l
SDT	2000 mg/l
DBO ₅	80
DQO	250

Fuente: CBN S.A. Planta Tarija, 2016.

Actualmente la empresa cumple con los límites trazados para la descarga de efluentes líquidos.

1.6. Cuestiones de Higiene y Seguridad

1.6.1. Normas Básicas de SySO Implementadas

En este contexto, la planta cuenta con una estrategia de seguridad industrial basada en el Pilar de Seguridad y Salud Ocupacional, dentro del cual se desarrollan como prioridad de la empresa 22 componentes que impulsan una cultura de Seguridad Industrial que envuelve el entorno operativo hasta un nivel gerencial. La meta de esta estrategia pretende alcanzar los “0 Accidentes con Baja Médica”.

Para la adecuada gestión de la seguridad industrial se levantan informes mensuales para obtener datos históricos y obtener información relevante de apoyo para identificar puntos de atención, ya sea por la incidencia de accidentes entre las diferentes zonas de la planta o, por la totalidad de los datos que se maneja y relevan a nivel planta.

A continuación se nombran los 22 componentes de la estrategia de seguridad que adopta la empresa que detallan los procedimientos seguros para cada caso:

- Trabajos en Espacios Confinados.
- Trabajos en Altura.
- Trabajos con Tensión Eléctrica.
- Trabajos con Equipos de izaje.
- Prevención de explosiones.
- Acceso Seguro a Máquinas/Bloqueo y Etiquetado de Equipos.
- Permisos de Trabajo.
- Manipulación de Productos Químicos.
- Manejo de Equipos de Protección Personal.
- Seguridad de Tránsito y Circulación de Planta.
- Investigación y Denuncia de Accidentes.
- Requerimientos Legales de Seguridad.
- Gestión de Personal Tercero.
- Capacitación en Seguridad.
- Capacidad de respuesta ante emergencias.
- Evaluación de Riesgos de tareas y puestos de trabajo.
- Señalización de Seguridad.
- Chequeos de Seguridad Industrial.

- Tratamiento y seguimiento de Lesiones.
- Política de Seguridad.
- Fomento a la cultura de Seguridad.
- Revisión por la Dirección.

1.6.2. Higiene

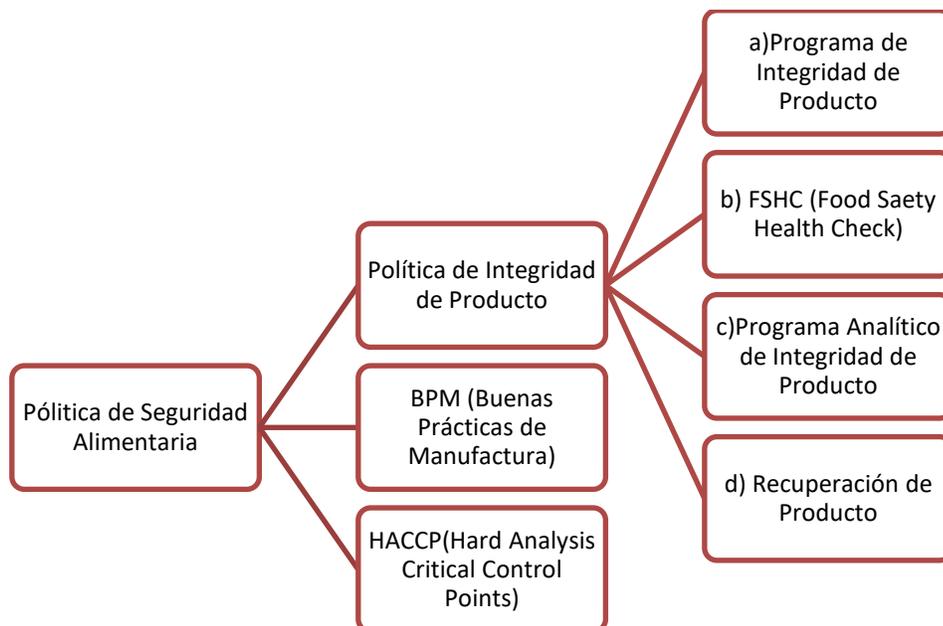
Los procedimientos exigidos en lo relativo a higiene, forma de manipulación en la industria alimenticia y de buenas prácticas de fabricación están representados por las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), en cumplimiento a las normas ISO 22000 e ISO 9001.

1.6.2.1 Políticas de Seguridad e Inocuidad Alimentaria Implementadas

La Política de Seguridad Alimentaria implementada en CBN S.A. Planta Tarija comprende:

Figura N° 1-4

Política de Seguridad Alimentaria



Fuente: Cervecería Boliviana Nacional S.A.

a) Política de Integridad de producto

Esta política, comprende los siguientes procedimientos y programas:

- **Programa de integridad de producto**

Detalla medidas prácticas para garantizar la seguridad alimentaria de los productos.

- **Food Safety Healthcheck (FSHC)**

Es una herramienta diseñada para medir el cumplimiento de la Política de Seguridad Alimentaria en los Establecimientos.

- **Programa Analítico de Integridad de Producto**

Este programa analítico se basa en el monitoreo anual de materias primas y productos terminados de los Establecimientos según parámetros de seguridad alimentaria.

- **Procedimientos de recuperación de producto**

Define la metodología a utilizar para asegurar una adecuada recuperación o retiro de producto terminado despachado por los Establecimientos Industriales, calificado como potencial riesgo para la salud / seguridad del consumidor o no conforme, por incumplimiento de reglamentaciones legales o por cuestiones que afecten el concepto de Protección de Marca.

b) Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura representan los procedimientos exigidos en lo relativo a higiene y forma de manipulación en la industria alimenticia, y de buenas prácticas de fabricación, teniendo en cuenta las prácticas mencionadas en el Reglamento Técnico Mercosur sobre las Condiciones Higiénico Sanitarias y de Buenas Prácticas de Elaboración para Establecimientos Elaboradores / Industrializadores de Alimentos.

c) HACCP

El sistema de inocuidad alimentaria HACCP (Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control), favorece la eliminación o minimización de los riesgos de inocuidad en

los procesos productivos, optimizando la condición de seguridad alimentaria de los productos elaborados en los Establecimientos.

1.7. Patentes y restricciones

Dentro de lo que a patentes respecta, para su fabricación, en planta se tienen las de cerveza Astra 620 cc, Imperial 1000 cc, y Paceña 620 y 1000 cc. Pudiendo fabricarse cualquiera de las que se tengan patentadas dentro de la amplia gama de CBN S.A. a nivel nacional según se vean las demandas de mercado y se tengan las condiciones técnicas adecuadas.

En cuanto a las restricciones para comercialización, únicamente se distribuye cerveza Paceña (botella, lata, Pico de Oro, Pico de Plata, Black), Huari, Bock, Stella Artois, Bicervecina El Inca y Maltín, Bebida Rehidratante No Alcohólica Gatorade, Gaseosas Pepsi, Seven Up y Mirinda.

1.8. Conceptos y conocimientos teóricos

1.8.1. Definición de Pasteurización

La pasteurización, es el proceso térmico en soluciones acuosas realizado a alimentos con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener : bacterias, protozoos, mohos y levaduras, etc. El proceso de calentamiento recibe el nombre de su descubridor, el científico-químico francés Louis Pasteur (1822-1895). La primera pasteurización fue realizada el 20 de abril de 1864 por el mismo Pasteur y su colega Claude Bernard. (KUNZE, 2009, p. 554)

Uno de los objetivos del tratamiento térmico es la "esterilización parcial" de los alimentos líquidos, alterando lo menos posible la estructura física, los componentes químicos y las propiedades organolépticas de éstos. Tras la operación de pasteurización, los productos tratados se enfrían rápidamente con fines de seguridad alimentaria; por esta razón, es básico en la pasteurización el conocimiento del mecanismo de la transferencia de calor en los alimentos. En ensayos posteriores se comprobó que el tiempo para el exterminio de los microorganismos disminuye exponencialmente si se eleva levemente la temperatura. (FERNÁNDEZ, 2004)

En la pasteurización, el objetivo primordial no es la "eliminación completa de los agentes patógenos" sino la disminución sustancial de sus poblaciones, alcanzando niveles que no causen intoxicaciones alimentarias a los humanos (suponiendo que el producto pasteurizado se haya refrigerado correctamente y que se consuma antes de la fecha de caducidad indicada).

1.8.2. Principios de Pasteurización en Botellas

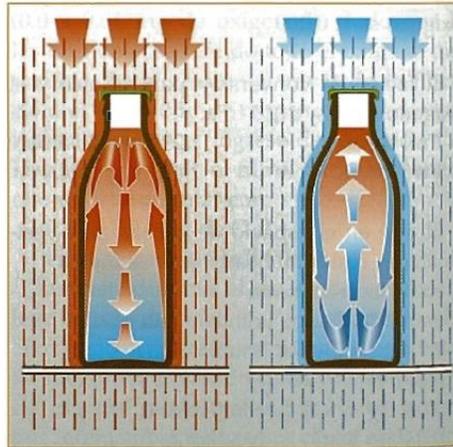
Cuando se pasteuriza la cerveza en la botella, ya no se pueden desarrollar microorganismos en la bebida. Convirtiéndose, la pasteurización, en el método más seguro de estabilización de dicha bebida, sobre todo si aún contiene sustancias fermentables sueltas.

Cuando una botella es calentada, la bebida calentada asciende por el lado interior perimetral, en tanto que la bebida aún fría en el centro fluye hacia abajo (Ver Figura 1-5). El mezclado e igualación de la temperatura se producen lentamente. Además la transferencia de calor es retardada por la mala conductividad de calor del vidrio. (KUNZE, 2009, p. 679)

Gracias a la transferencia de calor entre el agua rociada y el fluido contenido en el envase se genera un gradiente de temperatura en el seno de la cerveza, produciendo el movimiento relativo de las partículas y generando la convección natural. En general existen tres mecanismos de transferencia de calor, convección forzada entre el agua rociada y la superficie externa del envase, conducción de calor a través de la pared del envase y convección libre entre la pared interna del envase y el fluido interno.

Figura N° 1-5

Movimiento de convección de la botella llena (izquierda) durante el calentamiento, (derecha) durante el enfriamiento



Fuente: Kunze W, Tecnología para Cerveceros y Malteros, p. 678

En la pasteurización se calienta todo el contenido de la botella a la temperatura de pasteurización deseada, la cual se mantiene durante el tiempo correspondiente para proveer a la bebida las unidades de pasteurización (UP) necesarias para la destrucción de todos los contaminantes, teniendo en cuenta lo siguiente:

Los líquidos y los gases se expanden cada vez más con temperatura creciente. Si solo hay disponible un volumen limitado, el volumen del gas se comprime durante el calentamiento bajo aumento de presión. Por el contrario, los líquidos son incompresibles y continúan expandiéndose. (KUNZE, 2009, p. 679)

Referido al contenido de la botella, significa que en la pasteurización debe haber un contenido máximo de gas carbónico disuelto en la cerveza, denominado punto de saturación, para impedir la rotura del vidrio debido a la formación de una sobrepresión en el interior de la botella por la expansión del gas con el calentamiento. Este punto de saturación tiene un valor mínimo de 5,20 g/l y un valor máximo de 5,80 g/l.

Enfatizando más en la botella, cabe mencionar que el vidrio ámbar que la constituye soporta una diferencia de temperatura (ΔT) de 20 ° C. Es decir, que su resistencia al choque térmico, o la diferencia de temperaturas entre baño y baño dentro del pasteurizador, no debe superar los 20 ° C o se corre el riesgo de que se produzca una explosión de las botellas al interior del mismo.

1.8.3. Pasteurizador Tipo Túnel

Este equipo está diseñado con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener los alimentos. Las botellas son distribuidas uniformemente en una cinta transportadora que se mueve continuamente dentro de un túnel de chapa conformada. Dentro de éste se las somete a un calentamiento paulatino a fin de elevar su temperatura interna a través del rociado de agua caliente. Después de un tiempo de mantenimiento a esta temperatura se somete a los envases a un enfriamiento mediante rociado de agua fría.

Este proceso dura aproximadamente cincuenta minutos.

1.8.4. Componentes Esenciales del Pasteurizador Tipo Túnel

El pasteurizador tipo túnel está compuesto por:

- Un bastidor de máquina con accionamiento mecánico.
- Una cinta de bisagras para el transporte de botellas.
- Un dispositivo de rociado con un dispositivo para la regulación del balance térmico y de agua.
- Un sistema de refrigeración de retorno.

Aparte de ello, los pasteurizadores tipo túnel pueden tener un dispositivo para la regulación de UP durante paradas de máquina. (KUNZE, 2009, p. 679)

1.8.4.1. Bastidor de Máquina

El bastidor de máquina en forma de caja es una construcción soldada auto portante de hasta 30 m de longitud, en el cual se encuentran incorporadas las zonas individuales de temperatura con techo, paredes laterales y piletas colectoras de agua, éstas últimas están construidas con pendiente para facilitar la limpieza y tamices insertables de malla estrecha retienen suciedades que podrían obstruir las toberas rociadoras.

El agua es impulsada por bombas en un circuito dentro de las zonas del pasteurizador.

El accionamiento del transporte de botellas es realizado a través de un motor reductor

regulado por un variador de frecuencia. El tiempo de pasaje y las temperaturas son ajustados automáticamente por el programa seleccionado.

1.8.4.2. Bandas Transportadoras

Las botellas son transportadas por una cinta transportadora que circula de forma continua a través de las zonas de temperatura de la máquina. Sobre todo se utiliza:

- Cintas de plástico resistentes al calor sobre listones de acero inoxidable.
- Cadenas de cintas de bisagras de acero inoxidable sobre listones de plástico.

Puesto que las cintas pasan las botellas a través de la máquina, las mismas se calientan y vuelven a enfriarse con las botellas. (KUNZE, 2009, p. 680)

1.8.4.3. Dispositivo de Rociado

Con el dispositivo de rociado se debe lograr que todas las botellas sean rociadas uniformemente, y por todos los lados, con agua a una temperatura determinada.

El sistema de rociado está compuesto por tubos rociadores cuadrados, que son extraíbles. En la parte inferior de los tubos rociadores se encuentran grandes aberturas rectangulares, a través de las cuales el agua es lanzada en forma de chorro hacia afuera. Por medio de chapas deflectoras en el interior de la abertura, el agua es agitada, con lo cual se logra un rociado de gran superficie. De esta manera, y debido a una disposición desplazada de las aberturas de los tubos rociadores, se logra un rociado óptimo de las botellas. (KUNZE, 2009, p. 681)

El agua que se escurre es recogida en tanques y devuelta nuevamente al circuito por medio de bombas, luego es calentada si así es requerido. Dado que la temperatura exacta es un factor decisivo para que el desarrollo de la pasteurización sea llevada a cabo de forma precisa, la temperatura es regulada.

1.8.5. Sistema de transporte

Al interior del pasteurizador las botellas son transportadas por medio una cinta transportadora de bisagras metálicas.

En las cuatro esquinas de la máquina se encuentran dispuestos cuatro cilindros

hidráulicos que actúan dos simultáneamente, creando dos pares encargados de realizar los movimientos de avanzar-retroceder (primer par de cilindros) y subir-bajar (segundo par de cilindros). El accionamiento de cada par de cilindros es gobernado por dos válvulas de dirección hidráulica, de las cuales sólo una tiene una variación de apertura, brindándole la capacidad de regular el caudal de aceite. De esta manera, el primer par de cilindros, tiene velocidad variable (para los movimientos de avanzar-retroceder) con una velocidad proporcional a la apertura de la válvula, mientras que el segundo par de cilindros tiene una velocidad fija (para subir-bajar).

1.8.6. Pasteurización en cervecería

La cerveza embotellada debe pasteurizarse a fin de eliminar o inactivar los microorganismos (tales como la levadura y las bacterias) que aún están presentes en la cerveza. Si estos microorganismos se mantuvieran activos, indefectiblemente enturbiarían la cerveza luego de embotellada. Además estos organismos alteran por completo el buen sabor y aroma de la bebida. (FALCÓN, 2012)

No basta con saber que el efecto de pasteurización aumenta o disminuye cuando alteramos la temperatura o el tiempo. También es necesario medir el efecto de la pasteurización aplicada. Con este fin se ha creado el concepto de Unidad de Pasteurización (UP), para calcular el efecto letal que ejerce la pasteurización sobre los microorganismos. (KUNZE, 2009, p.558)

Físicamente una unidad de pasteurización “UP” es igual al efecto letal que 1 minuto de pasteurización a una temperatura de 60°C ejerce sobre los microorganismos.

Expresado matemáticamente, la fórmula es:

$$UP = T \times 1.393^{(t-60)}$$

Siendo:

T= tiempo de exposición de la cerveza en el proceso (en minutos), t= temperatura del centro geométrico del envase (en °C).

Por ejemplo:

Tabla N° I-4

Relación entre temperatura y UP

Tiempo(min)	Temperatura(°C)	UP
1	50	0,04
1	55	0,19
1	60	1,00
1	65	5,25
1	70	27,51
1	75	144,30

Fuente: Kunze W, Tecnología para Cerveceros y Malteros, p. 558

Los pasteurizadores viejos tenían control de temperatura, mientras que los nuevos tienen control de UP directamente.

Trabajando con eficiencias altas, prácticamente cualquier sistema funciona bien. El problema surge con eficiencias bajas, con las paradas o mejor dicho las micro paradas. En cada una, aunque el sistema baje de temperatura, las UP siguen acumulándose.

Cuando la pasteurización no alcanza el grado requerido, carece prácticamente de valor, puesto que las células de levadura y los microorganismos nocivos que no se han inactivado, pueden causar la formación del velo en la cerveza o arruinar su sabor y aroma.(DE CLERCK, 1994, p.514)

Cuando la pasteurización es excesiva afecta en forma adversa el sabor de la cerveza.

La cerveza cuando se envasa está muy fría. La temperatura luego de la colocación de tapas y el transporte no supera los 5°C en el momento que ingresa al pasteurizador. En esta máquina la temperatura de la cerveza debe elevarse hasta alcanzar los 60°C aproximadamente. Este aumento de la temperatura debe ser gradual para evitar estallidos de las botellas, ya que el vidrio no soporta cambios bruscos de temperatura (choque térmico). Por lo tanto las botellas deben calentarse gradualmente y, después de la pasteurización, también deben enfriarse en forma gradual por la misma razón. A los efectos de lograr este objetivo, el pasteurizador está dividido en una serie de

distintas Zonas de Temperatura (DE CLERCK, 1994, p.515).

La máquina se encuentra dividida principalmente en tres zonas: calentamiento, pasteurizado y enfriamiento, y a su vez cada región se subdivide en pre calentamiento, calentamiento, pre pasteurización, pasteurización, pre enfriamiento y enfriamiento respectivamente.

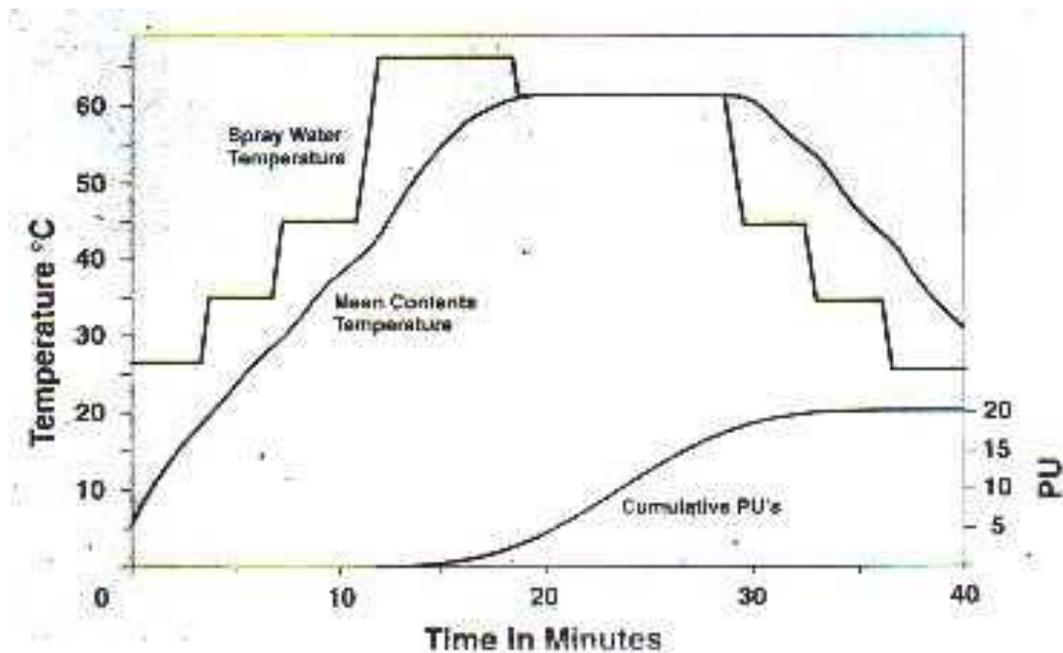
Así, las botellas avanzan a través del pasteurizador, pasan primero por una sección en las que se las rocía con agua aproximadamente a 30°C. Luego a 45° y así sucesivamente hasta que la cerveza se exponga el tiempo necesario a la temperatura llamada de pasteurización. De la misma manera las botellas se vuelven a enfriar paulatinamente.

Cuando las botellas ingresan al pasteurizador se ubican en una malla (de acero inoxidable) que se mueve lentamente. Esta malla, transporta a las botellas a través de la máquina a un ritmo regular. Debajo de este “piso móvil” hay tanques que contienen agua tibia, caliente y fría. En la parte superior interna del pasteurizador hay rociadores. Desde los tanques se bombea agua que pasando por estos rociadores cae sobre las botellas en movimiento. Luego de calentar (o enfriar) las botellas, el agua vuelve a caer a los tanques que están debajo.

La división del pasteurizador en zonas, cada una de ellas con sus tanques de agua correspondientes, también contribuye a reducir el uso de agua y energía en la máquina. El agua que se utiliza en las zonas de enfriamiento se calienta por contacto con las botellas calientes. Se bombea la primera zona en donde calientan las botellas frías que ingresan. Cuando el agua vuelve a enfriar en esta zona puede utilizarse nuevamente en la zona de enfriamiento.

Figura N° 1-6

Ejemplo de Curva de Pasteurización



Fuente: De Clerck, Jean, A textbook of brewing, p. 516

De las curvas de la gráfica anterior surge:

- El equipo tiene 8 cámaras (ver escalones de temperatura). Normalmente con esta cantidad de cámaras, la 1 recibe el agua de la 8, la 2 de la 7, la 3 de la 6 y viceversa. La 4 recircula sobre sí misma al igual que la 5.
- El tiempo de pasaje de las botellas es de 40 minutos.
- La curva de temperatura del producto está por debajo de las temperaturas de las cámaras en las zonas de calentamiento y por encima de las de enfriamiento.
- La curva de UP comienza a tener valores a partir de 50°C.
- El valor de UP es de 20.

Las UP del producto son cuantificadas al salir del pasteurizador por un equipo electrónico llamado Pasteurímetro (marca Haffmans), el cual se encarga de muestrear y almacenar cada 500 milisegundos la temperatura interna y externa a la que es sometida la botella (Figura N° 1-7). Estos datos se obtienen a través de dos sensores de temperatura, una sonda que va al interior de la botella y otra sonda que se

ubica al exterior para verificar la temperatura del agua con la cual se están rociando las botellas.

Figura N° 1-7

Pasteurímetro (Equipo Haffmans)



Fuente: CBN S.A, 2015.

1.8.7. Necesidad del Head Space durante la pasteurización

Uno de los problemas encontrados en la pasteurización de cerveza embotellada, es la presión desarrollada al interior de la botella ejercida por el CO₂ al calentar la misma, generando un riesgo de ruptura de las botellas que ingresan al pasteurizador. Para tratar de remediar esto, se debe contar con un espacio en el cuello de la botella comprendido desde el nivel de líquido hasta la tapa corona, conocido como “Head Space” de por lo menos un 3% del volumen total de la botella.

Debido a esto, es que, cuando se sobrellenan las botellas, se generan grandes cantidades de botellas rotas, ya que la presión que se origina puede superar la presión admisible de las botellas.

Aunque la totalidad de botellas rotas dentro de un pasteurizador no se debe únicamente a la sobre presurización de las mismas, esta pérdida también es debido a los golpes que sufren entre sí las botellas en su paso a través del pasteurizador.

La principal razón por la que se suministra CO₂ a la cerveza, además de que sea un constituyente propio generado a partir de la fermentación de azúcares que le brinda aspecto y sabor característicos, es la de desplazar la mayor cantidad de oxígeno presente, para que la cerveza no corra el riesgo de oxidarse y perder sus valiosas características organolépticas.

Tabla N° I-5

Relación entre Head Space y la presión al interior de la botella de cerveza en proceso de pasteurización

Porcentaje de Head Space en el cuello de la botella	Presión (en atmósferas)
1-7%	10 a 4
2-3%	8 a 2
3-6%	5 a 2

Fuente: De Clerck, Jean, A textbook of brewing, p. 515

1.8.8. Calidad de la cerveza envasada

Algunas de las actividades de la botillería influyen en la calidad de la cerveza de manera desfavorable si no se le presta la debida atención. Por ejemplo:

- El grado de contaminación de las botellas en combinación con las temperaturas y concentraciones de los detergentes en los tanques de la lavadora.
- La calidad del agua de enjuague final en la lavadora de botellas.
- La calidad de la inspección de botellas.
- Las características de la llenadora.

- La extracción del O₂ de las botellas antes, durante y después del llenado.
- Un cierre defectuoso de las botellas.
- El grado de pasteurización.
- La calidad de la inspección de las botellas llenas luego del pasteurizado.
- El tratamiento de la cerveza envasada durante el almacenaje y transporte.

1.8.9. Niveles de Consumo

1.8.9.1. Agua

El agua es el componente principal de la cerveza, constituyendo aproximadamente el 95% en peso del producto. Pero además de ser la materia prima mayoritaria de la cerveza, es una sustancia indispensable para el funcionamiento de gran número de operaciones, los principales usos del agua en la elaboración de cerveza son:

- Limpieza de equipos e instalaciones.
- Incorporación a producto.
- Circuitos de refrigeración y calderas.
- Envasado.
- Sanitarias.
- Estabilización microbiológica (Pasteurizado).

Respecto al agua incorporada a producto, hay que hacer en este momento una matización por la importancia que tiene tanto desde el punto de vista de la calidad del producto como por la influencia que puede tener en el consumo total de la instalación. Si la composición química del agua de abastecimiento en la zona donde se ubica la instalación no es la idónea para ser empleada directamente como materia prima, es necesario realizar una serie de tratamientos de eliminación y/o adición de ciertos constituyentes minerales hasta ajustar la concentración apropiada de iones, con el fin de evitar efectos perjudiciales en la calidad de los mostos y cervezas y en la propia marcha de los procesos y funcionamiento de los equipos (FALCÓN, 2012)

El mayor consumo de agua se suele producir en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones, tanto las que se realizan manual o semiautomáticamente (la limpieza de suelos o superficies exteriores) como las realizadas mediante los sistemas automáticos CIP.

En la línea de envasado existen dos puntos de elevado consumo de agua a saber, el acondicionamiento de los envases reutilizables (lavadora de botellas) y los túneles de pasteurización. También hay que mencionar el consumo de agua debido a la lubricación de las cintas de transporte en las líneas de envasado.

En las instalaciones a objeto de estudio el consumo total de agua es de 6,91 HI/HI envasado durante la gestión 2015. Estos valores incluyen el volumen total de agua de cualquier procedencia y destinada a cualquier uso, desde la preparación de agua para incorporación a producto (agua de proceso) hasta la utilizada para baldeos de limpieza o preparación de soluciones de limpieza CIP.

El consumo de agua en las cerveceras es uno de los aspectos ambientales que más fluctúa entre unas instalaciones y otras. Esta variabilidad es una consecuencia inmediata de la alta dependencia que de este recurso tienen las industrias del sector de transformación y alimentos en general, las cerveceras en particular y de la multitud de procesos, operaciones y equipamiento que guardan una relación directa con el uso de agua. En otras palabras, el número de parámetros que entran en juego en las alternativas de los usos del agua en la industria cervecera es por sí enorme, a lo que hay que añadir los casos especiales y particulares de cada planta.

1.8.9.2. Energía

El consumo de energía en las plantas cerveceras sigue el mismo patrón que el consumo de agua, es decir, alta variabilidad por el gran número de operaciones dependientes de suministro energético para su correcto funcionamiento, diferentes modos de gestión de la energía de cada usuario, eficiencia energética de los equipos y estado de mantenimiento de los mismos.

En las fábricas de cerveza se puede hablar a grosso modo de una zona caliente con

predominancia de operaciones con una alta demanda de energía térmica. La fase de fabricación del mosto estaría incluida en esta zona. La segunda zona sería la zona fría, donde destacan las operaciones con necesidad constante de frío, para mantener la cerveza en condiciones de proceso apropiadas, y que son proporcionadas en gran medida por sistemas accionados eléctricamente. Aquí se podrían incluir el resto de fases de producción, a saber fermentación y guarda, filtración, estabilización microbiológica y envasado. Aunque, como excepción, en esta última fase de envasado se realiza la etapa de pasteurización en túnel, con una alta demanda de energía térmica.

Aunque el consumo energético se ha identificado como uno de los aspectos ambientales significativos en los centros productivos de cerveza, en términos económicos los costes energéticos no son excesivamente altos, situándose entorno al 4%-5% de los costes totales.

El consumo de energía en una planta cervecera suele repartirse entre la energía térmica y la energía eléctrica en una proporción más o menos constante de 3:1, es decir el 75% del consumo energético corresponde a producción de calor y el 25% restante a consumo eléctrico, cuya principal finalidad es la producción de frío.

Hay que destacar especialmente dos etapas de la fabricación de mosto por su alta demanda de calor, la maceración y la cocción. En ésta última, debido a que se tienen llevar grandes volúmenes de mosto hasta la temperatura de ebullición y mantenerla durante tiempos comprendidos entre los 60 y 120 minutos, es donde se registran los mayores consumos de energía térmica.

El resto de calorías se reparte entre un grupo de operaciones con demandas que también se pueden considerar elevadas, como son la estabilización microbiológica en túneles de pasteurización, sin olvidar la zona del tren de envasado donde se limpian las botellas reutilizables con soluciones de sosa y enjuagues calientes sucesivos, así como las operaciones de limpieza donde se necesitan volúmenes importantes de agua caliente.

CAPÍTULO II

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL

PROBLEMA

2.1. Proceso de Pasteurización en CBN S.A. Planta Tarija

En CBN S.A. Planta Tarija, la etapa de pasteurización se realiza en un pasteurizador intermitente de lluvia tipo túnel de 6 baños, donde las botellas avanzan lentamente sometidas a una variación gradual de temperatura, hasta alcanzar un límite de aproximadamente 60°C a mitad del proceso y luego comienza la etapa de enfriamiento hasta disminuir la temperatura hasta aproximadamente 30 °C. Las botellas pasan a través del túnel que cuenta con un sistema de transporte por una cinta continua de acero inoxidable por un lapso de 38 minutos en el caso de las botellas de 620 cc y 45 minutos al tratarse de botellas de 1000 cc.

El equipo tiene una capacidad de 3300 botellas/hora cuando se trata de botellas de 1000 cc y 5500 botellas/hora en el caso de las botellas de 620 cc, pero trabaja a una capacidad real de 3100 y 4700 botellas/hora respectivamente.

No es un pasteurizador regenerativo, el agua que ingresa es recirculada entre algunos baños y en otros en sí mismos. Pero requiere ingreso permanente de agua y vapor.

Dicho pasteurizador tiene 6 baños a diferentes temperaturas, se tiene recirculación de agua entre los baños 1 y 6, 2 y 5; los baños 3 y 4 no intercambian agua porque presentan recirculación propia y además tienen inyección directa de vapor. Las botellas entran al equipo a 4 ° C, los baños 1,2 y 3 les permiten alcanzar la temperatura de pasteurización cercana a los 60°C, la cual es constante en el baño 4 y con los baños 5 y 6 son enfriadas.

Tabla N° II-1

Descripción de las temperaturas del pasteurizador

Baño	Temperatura del agua (°C)	Función
1	33-36	Pre calentamiento
2	44-47	Calentamiento
3	66.7	Pre pasteurizado
4	65.6	Pasteurizado
5	44-47	Pre enfriamiento
6	35-37	Enfriamiento

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

2.1.1. Sistema de transporte continuo

Las botellas son transportadas a través del lecho mediante una cinta continua de acero inoxidable, la cual es accionada a través de un sub sistema motriz-hidráulico, compuesto por un motor, una bomba, un depósito de aceite, cuatro cilindros hidráulicos además de un conjunto de válvulas y tuberías que conectan todos los componentes del sistema.

Este sistema presenta mucha facilidad en cuanto a lo que respecta a su mantenimiento y limpieza, además que transporta las botellas rotas hacia la salida del túnel.

2.1.2. Sistema de rociado regenerativo de agua

El método utilizado para distribuir el agua sobre las botellas es vía spray, tubos y boquillas. El sistema está compuesto por seis tanques de agua, cada uno con una bomba centrífuga, tuberías donde están ubicadas las duchas y tuberías de recirculación de agua.

Funciona de la siguiente manera:

Después del contacto del agua con la superficie de las botellas, ésta cae a un tanque colector (y en algunos casos calentada), donde es succionada por una bomba que se encarga de suministrar el líquido a los tubos pertenecientes a un determinado baño dentro de una zona de temperatura en particular delimitada dentro del pasteurizador.

Por ejemplo, la primera bomba succiona agua del baño 1, suministra agua a 26 °C aproximadamente para los tubos pertenecientes al baño 6.

Las boquillas de spray están ordenadas continuamente, es decir, casi superpuestas para asegurar que las botellas reciban por encima constantemente en forma de spray el agua caliente y fría del proceso.

2.1.3. Sistema de suministro de agua

En el equipo a objeto de estudio el agua suministrada es inyectada a través de cañerías, bombas, válvulas, y tanques con flotantes para detectar el nivel de la misma.

Proviene de dos fuentes, agua de red y agua recuperada del mismo proceso.

2.1.4. Sistema de calentamiento y enfriamiento

Durante su paso a través del pasteurizador, las botellas son sometidas a una variación gradual de temperatura para así poder inactivar los microorganismos presentes y evitar un choque térmico que pueda ser el responsable de que las mismas estallen.

2.1.4.1. Sistema de calentamiento/ control semiautomático de temperatura en el Pasteurizador

Compuesto por tuberías de vapor, un disipador de vapor, un controlador/registrador, un bulbo sensor y una válvula de diafragma que regula el flujo de vapor requerido para el calentamiento de los tanques. El bulbo detecta los cambios de temperatura en el tanque y los transmite al controlador/registrador. Al haber un cambio de temperatura fuera de los rangos establecidos, el controlador envía una señal de aire comprimido a la válvula para que se active la alarma. Pero a pesar de ser semiautomático el control del flujo de vapor, al activarse la alarma, el operador de manera manual incrementa o reduce el flujo de vapor para controlar las temperaturas a las óptimas de operación.

El vapor es suministrado de manera directa al agua, mediante un inyector horizontal de acero inoxidable Spirax Sarco INS6, el cual succiona el líquido frío contenido en el tanque, lo mezcla internamente con vapor y distribuye el líquido caliente por todo el tanque.

2.1.4.2. Sistema de enfriamiento en el Pasteurizador

El pasteurizador a objeto de estudio, no cuenta con un sistema de enfriamiento extra.

Aprovecha únicamente el intercambio energético entre las botellas ingresadas (4 °C aproximadamente) y el agua del primer baño, para recircular el agua proveniente del primer baño con el último, la del segundo baño con la del penúltimo.

Si las alarmas de alta temperatura son activadas, el operador incrementa el flujo de agua y además que si se estaba operando con agua recirculada, se cierra el paso de

ésta para aperturar el ingreso de agua de red. Esto a razón de que el agua recuperada se encuentra a mayor temperatura, debido a que se ha puesto en contacto con las botellas calientes.

2.1.5. Sistema de aprovechamiento de agua y de energía

Para poder aprovechar el agua y el vapor consumidos, dentro del pasteurizador existe recirculación de agua entre distintos baños como se menciona anteriormente.

El pasteurizador tiene 6 baños, 6 zonas de temperatura y cada cual tiene un tanque por debajo donde se deposita el agua luego de haber sido rociada en las botellas y una bomba para cada uno con sus respectivos accesorios.

Existe un total de 6 bombas y 6 tanques de agua.

El agua fría (de red o recuperada) es administrada a los baños 1,2,3,4 y a una última línea de rociado al salir del baño 6 de enfriamiento.

Cada baño corresponde a una determinada zona de temperatura (Ver Tabla II-1).

El sistema de aprovechamiento de agua y vapor funciona de la siguiente manera:

El agua recolectada del baño 1 (aproximadamente a una temperatura de 5°C), es succionada por una bomba y suministrada a los rociadores del baño 6 (aproximadamente a 25 ° C), entonces el agua recolectada por el tanque del baño 6 es enviada a los rociadores del baño 1 nuevamente (aproximadamente a 27 °C). El mismo ciclo ocurre entre los baños 2 (temperatura del agua = 38 °C aproximadamente) y el baño 5 (35 °C aproximadamente).

En los baños 3 y 4 se tiene recirculación propia, es decir, el agua que es recolectada después de haber rociado las botellas, es suministrada directamente a los rociadores del mismo baño. Esto porque estos baños son los encargados de las etapas de pasteurización y post pasteurización, donde el agua se encuentra arriba de los 60 °C y es necesario mantener esta temperatura.

Este proceso de recirculado reduce la cantidad de vapor y de agua utilizadas en el equipo.

Tabla N° II-2

Temperatura de tratamiento a través del túnel de pasteurización

Baño	Fase de la botella	Temperatura del agua (°C)
-	Ingreso	4
1	Calentamiento de 2 a 19,5 °C	29
2	Calentamiento de 19,5 a 33 °C	38
3	Calentamiento de 33 a 62 °C	67
4	Mantenimiento a 62 °C	65
5	Enfriamiento de 62 a 47,5 °C	36
6	Enfriamiento de 47,5 a 35 °C	27
-	Salida	37

Fuente: Manual del Equipo (Pasteurizador Padovan), p-1,

2.1.6. Control microbiológico del agua utilizada en el baños del Pasteurizador

Para controlar el desarrollo de microorganismos dentro del pasteurizador y en el agua utilizada se emplea el biocida más común en pasteurizadores, Divergard B11 (hipoclorito de sodio) que libera cloro activo para contrarrestar la población bacteriana.

Se suministra diluido en agua en un tanque cilíndrico de plástico (externo) a través de una bomba según las necesidades del proceso.

(Ver esquema del equipo en Anexo D)

2.2. Identificación del problema

Por las observaciones in situ del proceso en cuestión y el análisis del historial de registro se puede evidenciar problemas tanto a nivel técnico como económico en el proceso de pasteurización en CBN S.A. Planta Tarija, los cuales serán detallados a continuación.

2.2.1. Problemas Técnicos: Control de las Variables de Operación

Las variables de operación involucradas en el proceso de pasteurización son:

Tabla N° II-3

Variables de Operación Involucradas en el Proceso de Pasteurización

Variable	Forma de Control
Temperatura	Sensor de Temperatura PT 100 (Semiautomático)
Presión	Semiautomático
Flujo de Agua	Semiautomático
Flujo de Vapor	Semiautomático

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

En el cuadro anterior se observa que las variables de operación son controladas de forma semiautomática, lo que genera un inadecuado manejo de los mismos, puesto que al ser controladas y accionadas por los operadores, se tienen altibajos y valores no estandarizados de las mismas durante los días de producción.

A pesar de tener válvulas que controlan el flujo tanto de agua como de vapor, cuando las alarmas tanto de baja como de alta temperatura son activadas, el operador de manera manual incrementa o disminuye el flujo de los mismos para lograr subir o bajar la temperatura de los baños.

A continuación se detallan las mismas:

- **Temperatura.-** La temperatura a la que se encuentran sometidas las botellas durante su paso por el túnel de pasteurización y a la salida del mismo es regulada a través del ingreso de agua y vapor en el mismo. Por tanto este factor es dependiente del flujo de agua y vapor suministrado al pasteurizador por el operador, a través de unas válvulas de accionamiento automático pero control manual.

El panel de control del pasteurizador incluye una alarma que se acciona de manera automática cuando la temperatura es muy alta o muy baja (≤ 32 °C); de esto depende que el operador incremente o disminuya el flujo de ingreso de agua.

- **Presión.-** La presión dentro del pasteurizador, es monitoreada a través de unos manómetros instalados en los caños de flujo de vapor, pero es dependiente del ingreso de vapor, y es monitoreada de manera visual por el operador.
- **Flujo de Vapor.-** El vapor necesario para calentar el agua dentro del pasteurizador, desde la generación del mismo en los calderos hasta el ingreso y circulación a lo largo del túnel, es accionada por unas válvulas neumáticas pero es regulada por el operador.

El vapor es utilizado para calentar el agua de los baños 1 y 2, suministrado en inyección directa a los baños 3 y 4.

- **Flujo de Agua.-** La cantidad de agua que ingresa al pasteurizador como la que circula por algunos de los baños del mismo, es accionada a través de unas válvulas neumáticas y bombas pero controlada de forma manual por el operador a través de la apertura y cierre de válvulas, asimismo la cantidad de agua que sale del mismo es consecuencia de la cantidad que ingresa.

2.2.2. Problemas Económicos: Disminución de los Costos de Operación

Gracias a un análisis detallado de los niveles de producción actuales comparados con los objetivos de producción de la empresa con respecto a costos de producción, se ha logrado identificar el principal problema económico dentro de lo que es el proceso de pasteurización, y es que el excesivo uso de agua involucrada para tal fin, que conlleva a un excesivo consumo de vapor y finalmente una excesiva producción de vapor, por parte de los calderos, para la producción de cerveza. Como se puede apreciar, dicho problema es consecuencia de los problemas técnicos anteriormente identificados.

Tabla N° II-4

Consumos y Costos de Gas Natural para la Producción de Vapor

Gas Natural						
Tarifa Emtagas	Consumo Actual	Consumo objetivo	Consumo Actual	Consumo Objetivo	Costo Actual	Costo Objetivo
Bs/PCS	MJ/hl env	MJ/hl env	PCS/ hl env	PCS/hl env	Bs/hl env	Bs/hl env
0,0104	190,04	155	5,472	4,463	0,055	0,045

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Tabla N° II-5

Consumos y Costos de Agua

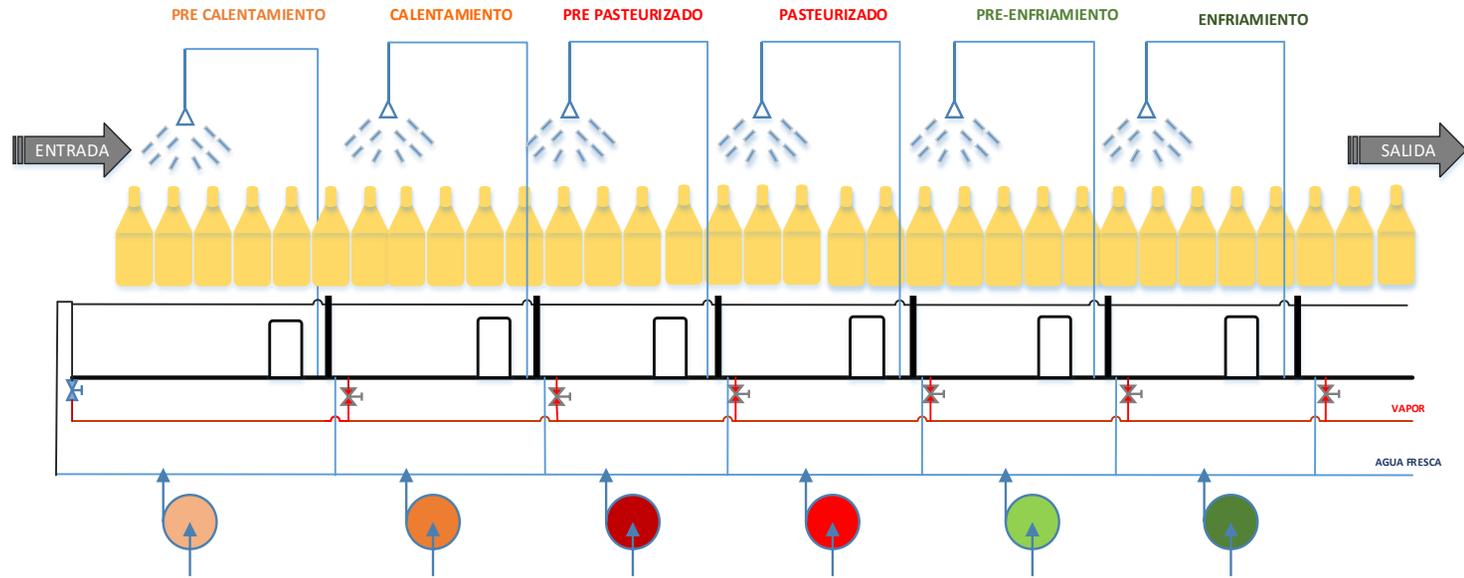
Agua						
Costo COSAALT	Consumo Actual	Consumo objetivo	Consumo Actual	Consumo Objetivo	Costo Actual	Costo Objetivo
Bs/m ³	HI/hl env	HI/hl env	m ³ / hl env	m ³ /hl env	Bs/hl env	Bs/hl env
2,90	6,91	5,5	0,691	0,550	2,004	1,595

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

2.3. Diagrama de Flujo del Proceso de Pasteurización en CBN S.A. Planta Tarija

Figura N° 2-1

Diagrama de Flujo en el Pasteurizador



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

2.4. Evaluación del KPI Vapor en el Pasteurizador

Se evidencia que el consumo de vapor es un dato fluctuante en relación con la producción y elaboración, puesto que en los meses de mayor producción durante la gestión 2015, diciembre por ejemplo, se tiene un consumo de vapor global de 60,54 kg/Hl, mientras que en un mes de baja producción como es mayo de la misma gestión, se registran menores consumos de vapor a razón de 58,27 kg/Hl en planta. Es decir, que se consume similares cantidades de vapor, por ende de gas natural, en los meses de baja producción que en los meses que se tiene mayor producción, esto se debe a que a pesar de que se tenga menores volúmenes de producción el pasteurizador necesita la misma cantidad de vapor para su arranque como para su funcionamiento.

El pasteurizador es responsable directamente del 24 % del consumo de vapor en planta, con un KPI de 15,493 kg/Hl Envasado. (Según los resultados obtenidos del consumo del mismo en el balance de materia y energía desglosado más adelante) Ver Tabla N° II-7 para mayores detalles.

En cuanto al consumo de gas natural, se observa que el consumo es variable y estacional, con menores niveles en los meses de invierno y mayores niveles en los meses de verano. Este comportamiento es consistente con el de la producción. El costo y el volumen de producción tienen exactamente el mismo comportamiento, pero no así el costo y vapor producido, ello ocurre porque a pesar de que EMTAGAS factura por volumen consumido, el manejo semiautomatizado de los equipos y la falta de caudalímetros no permite estandarizar el consumo ni la generación.

A continuación se puede apreciar el consumo de gas natural y el volumen producido de cerveza en un año.

Tabla N° II-6

Consumos Generales de Gas Natural y Vapor en CBN S.A. Planta Tarija

Consumo de Gas y Vapor Planta					
Mes/Año	Consumo de Gas (mpc)	Vapor Producido (Kg)	Volumen Envasado (Hl)	KPI Vapor (Kg/Hl Envasado)	Relación Costo - Producción
enero-15	838,802	254.413,061	4.213,990	59,874	0,047
febrero-15	689,208	236.354,083	3.939,360	54,778	0,046
marzo-15	739,249	266.354,617	3.836,400	61,883	0,046
abril-15	631,114	246.235,416	4.034,700	68,080	0,041
mayo-15	596,117	167.818,181	2.956,470	58,265	0,062
junio-15	589,372	144.444,916	3.023,000	74,342	0,065
julio-15	472,091	237.703,501	2.331,000	78,897	0,078
agosto-15	742,146	232.162,255	2.660,000	74,713	0,087
septiembre-15	553,765	236.136,944	3.862,380	64,126	0,044
octubre-15	844,976	240.901,753	3.943,980	61,081	0,043
noviembre-15	917,502	269.030,699	3.906,800	68,862	0,045
diciembre-15	972,311	275.879,889	4.560,000	60,542	0,037

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-7
Consumo de Vapor en el Pasteurizador y Global en Planta Gestión 2015

Consumo Vapor						
Mes/Año	Vapor Producido (Kg)	Volumen Envasado (Hl)	KPI Vapor Planta (Kg/Hl Envasado)	Consumo Mensual Pasteurizador (kg)	KPI Vapor Pasteurización (kg/Hl Envasado)	Influencia del KPI Vapor Pasteurizador sobre el KPI Vapor de Planta (%)
enero-15	254.413,061	4.211,36	59,874	69.631,650	16,524	27,598
febrero-15	236.354,083	4.314,78	54,778	63.301,500	16,069	29,335
marzo-15	266.354,617	4.304,13	61,883	60.769,440	15,840	25,597
abril-15	246.235,416	3.616,84	68,080	49.375,170	12,238	17,975
mayo-15	167.818,181	2.880,24	58,265	41.778,990	14,131	24,253
junio-15	144.444,916	1.942,96	74,342	27.008,640	8,934	12,018
julio-15	237.703,501	3.012,80	78,897	45.577,080	19,553	24,783
agosto-15	232.162,255	3.107,14	74,713	48.826,557	18,356	24,569
septiembre-15	236.136,944	4.126,55	64,126	56.971,350	14,750	23,002
octubre-15	240.901,753	10.726,27	61,081	59.503,410	15,087	24,700
noviembre-15	269.030,699	11.758,90	68,862	70.897,680	18,147	26,353
diciembre-15	275.879,889	4.150,58	60,542	74.273,760	16,288	26,904
		KPI Vapor Anual Planta (kg/Hl Env)	65,454	KPI Vapor Anual Pasteurización (kg/Hl Env)	15,493	23,924 % del KPI Vapor Planta

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Teóricamente, la sección de envasado llega a consumir el 40 % del total del vapor producido en planta, según los balances realizados el pasteurizador es responsable directamente del 24% de este consumo, restando un 16 % que se atribuye a la lavadora de botellas puesto que son los dos únicos equipos que demandan vapor en la zona de envasado (Ver Consumo de Pasteurizador en Anexo E).

El consumo promedio de vapor en el pasteurizador es de 55.659,602 kg/mes.

2.5. Evaluación del KPI Agua en el Pasteurizador

2.5.1. Consumo de Agua en el Pasteurizador

El estudio del consumo de agua fue realizado cuando únicamente se alimentaba de agua recuperada al pasteurizador, midiendo los volúmenes de un tanque pulmón que lo alimenta, ya que no se cuenta con caudalímetros por equipo para controlar detalladamente cada equipo.

Se estima un consumo promedio de 20,738 l/ h. (Detalles en Anexo E)

2.5.2. Pérdidas de Agua en el Pasteurizador

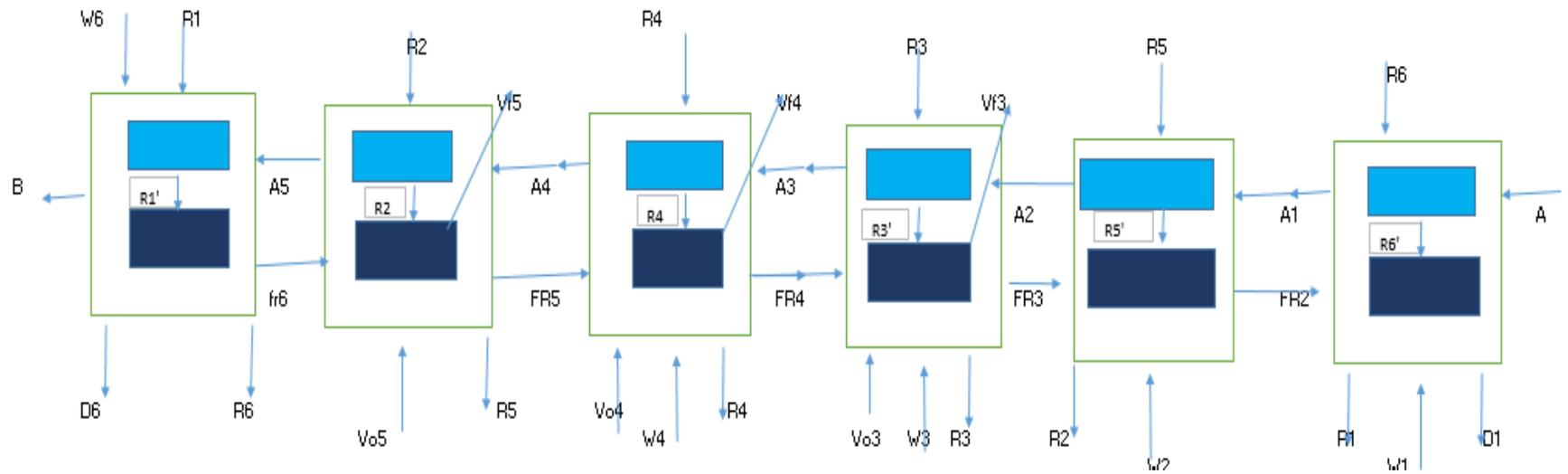
Para determinar las pérdidas, se procedió a medir el volumen de agua acumulado en un lapso de tiempo cronometrado. Las bandejas se ubicaron entre el piso y el pasteurizador a las salidas de los rebalses de los baños 1 y 6, las pruebas se realizaron a distintas horas durante distintos días.

Las mediciones a los rebalses de los baños 1 y 6 arrojaron un promedio de 596,5 l/h.

2.6. Balance de Materia y Energía

El balance de materia y energía del pasteurizador se lo puede ver en detalle en el Anexo F, de donde se extraen las siguientes tablas e imágenes, además de una Tabla N° II-7 de símbolos y referencias para entender mejor el balance y una figura de referencia.

Figura N° 2-2
Esquema de Análisis para el Balance del Pasteurizador



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-8

Símbolos y Referencias del Balance de Materia y Energía

Símbolo	Detalle
A	Flujo de cerveza en botellas entrantes al pasteurizador.
A1;A2;A3;A4;A5	Flujo de cerveza en botellas por distintos baños dependiendo del baño.
B	Flujo de cerveza a la salida del pasteurizador.
R1;R2;R3;R4;R5;R6	Corriente de agua recirculada dentro del pasteurizador dependiendo del origen en baño.
R1';R2';R3';R4';R5';R6'	Corriente después del contacto de agua y botella de cerveza dependiendo del baño analizado.
W1;W2;W3;W4;W5;W6	Ingreso de agua dependiendo del baño donde se suministra.
Vo5;Vo4;Vo3	Flujo de vapor de agua suministrado en un baño en particular.
Vf5;Vf4;Vf3	Flujo de vapor de agua que queda tras el calentamiento en el baño en cuestión.
D6;D1	Flujo de agua que sale del pasteurizador.

Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-9
Balance de Materia y Energía en el Pasteurizador

Subsistema	Baño	Corriente	Condición de la Corriente en el Subsistema	Masa Cerveza (kg)	Masa Agua (kg)	Cp Cerveza (kJ/°C)	Cp Agua (kJ/°C)	Temperatura de Entrada (°C)	Temperatura de Salida (°C)	ΔU Energía (kJ)
<p align="center">Baño 1</p>	1	A	Entrada	3.016,97	-	3,77	4,18	4	-	45.495,83
	1	R6'	Salida	0	2.134,98			20	20	178.484,33
	1	D1	Salida	0	17.919,92			-	36	2.696.590,02
	1	W1	Entrada	0	8000			27	-	902880
	Conexión 1-2	A1	Salida	3.016,97	27,9			33	33	379.189,14
	Conexión 1-2	FR2	Entrada	0	15.573,60			41	41	2.672.928,06
	Recirculado 1-6	R1	Salida	0	7.788,67			36	36	1.172.039,17
<p align="center">Baño 2</p>	2	R5'	Salida	0	5.301,53	3,77	4,18	33	33	731.293,34
	2	W2	Salida	0	2.706,05			27	-	1.281.380,80
	Conexión 2-3	A2	Salida	3.016,97	27,9			33	33	379.189,14
	Conexión 2-3	FR3	Entrada	0	3.114,12			67	67	872.139,44
	Recirculado 2-5	R2	Entrada	0	4.195,80			41	41	720.125,08
<p align="center">Baño 3</p>	3	W3	Entrada	0	130,00	3,77	4,18	27	-	14.671,80
	3	R3	Entrada	0	15.943,87			67	67	4.457.566,32
	3	R3'	Salida	0	2.748,94			62	62	170.434,44
	3	Vo3	Entrada	0	157,15			140	-	580.113,20
	3	Vf3	Salida	0	47,14			-	140	27.589,12
	Conexión 3-4	A3	Salida	3.016,97	27,9			62	62	712.415,96
	Conexión 3-4	FR4	Entrada	0	2.826,97			63	63	744.453,54

Continuación Tabla N° II-8 Balance de Materia y Energía en el Pasteurizador

	4	R4	Entrada	0	2.748,94	3,77	4,18	63	63	723.906,54	
	4	R4'	Salida	0	15.943,87			62	62	4.132.012,59	
	4	Vo4	Entrada	0	116,17			140	-	329.868,36	
	4	W4	Entrada	0	500,00			27	-	56.430,00	
	4	Vf4	Salida	0	0			-	140	0	
	Conexión 4-5		A4	Salida	3.016,97			27,9	63	63	723.906,54
	Conexión 4-5		FR5	Entrada	0			2.210,80	40	40	369.645,76
	Conexión 4-5		FR5	Entrada	0			2.210,80	40	40	369.645,76
	5	R2'	Salida	0	4.195,75	3,77	4,18	47,5	47,5	833.067,05	
	5	Vo5	Entrada	0	54,41			140	-	131.754,65	
	5	Vf5	Salida	0	0			-	140	0	
	Recirculado 5-2		R5	Salida	0			5.301,53	40	40	886.416,18
	Conexión 5-6		A5	Salida	3.016,97			27,9	47,5	47,5	545.802,55
	Conexión 5-6		FR5	Entrada	0			3.316,60	39	39	540.668,69
	6	R1'	Salida	12,06	7.788,67	3,77	4,18	39	-	1.271.482,28	
	6	B	Salida	3.004,91	27,9			-	36	412.024,10	
	6	D6	Salida	12,06	3.068,02			-	39	499.955,28	
	6	W6	Entrada	0	746,75			27	-	78.034,90	
	Recirculado 6-1		R6	Salida	0			2.162,88	39	39	352.592,70
	Recirculado 6-1		R6	Salida	0			2.162,88	39	39	352.592,70

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Nota: Para mayor entendimiento y detalles ver Anexo F.

De este análisis se extrae la siguiente Tabla N° II-10 donde se visualiza el consumo actual de vapor y agua.

Tabla N° II-10
Consumo Actual de Vapor y Agua en el Pasteurizador

Agua						Vapor		
Entrada			Salida			Entrada		
Baño	Corriente	Dato (Litros)	Baño	Corriente	Dato (Litros)	Baño	Corriente	Dato (kg)
1	w1	8000	1	D1	17670	1	-	
2	w2	11354	-	-		2	Vo3	204,29
3	w3	130	-	-		3	Vf3	47,145
4	w4	500	-	-		4	Vo4	116,17
5	-	0	-	-		5	Vo5	54,408
6	w6	746,75	6	D6	3068	6	-	
Total		20730	Total		20738	Total	Total	422,01

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Estos datos nos muestran el consumo general de agua y vapor en condiciones actuales, esto muestra un consumo elevado tanto de agua como de vapor, cuyos valores se sitúan en 20.738 litros de agua y 422,01 kg de vapor por hora de funcionamiento.

2.7. Características del Sistema de Generación de Vapor

La energía térmica se utiliza en las operaciones de cocimiento, lavado de botellas y pasteurizado. Estas operaciones reciben energía térmica proveniente del vapor generado en dos calderas humotubulares instaladas en los predios de la empresa. Cuando solo se realiza la operación de cocimiento se utiliza una de las calderas, si además, se realizan las operaciones de lavado de botellas y el pasteurizado, se utilizan las dos calderas.

En CBN S.A. Planta Tarija, el vapor es producido (según la demanda, ya sea solo cocimiento o cocimiento y envasado) en los dos calderos de similares características y especificaciones, variando únicamente en la capacidad y año de fabricación. Podemos apreciar los detalles de los calderos instalados en los predios de la empresa en las siguientes tablas:

Tabla N° II-11

Características del Sistema de Generación de Vapor en CBN S.A. Planta Tarija

Características	Caldero 1	Caldero 2
Tipo de caldero	Humotubular	Humotubular
Número de Pasos	3	3
Marca	Gonella	Gonella
Modelo	3 PM STD15/1	RF1600
Industria	Argentina	Argentina
Año de fabricación	1988	1993
Combustible usado	Gas	Gas
Uso del vapor	Vapor Saturado	Vapor Saturado
Tipo de purga	Manual y Automática	Manual y Automática
Desaerador	N/A	N/A
Horas de Operación al día	18	10,5
Resina	N/A	N/A

Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-12

Especificaciones técnicas del Sistema de Generación de Vapor

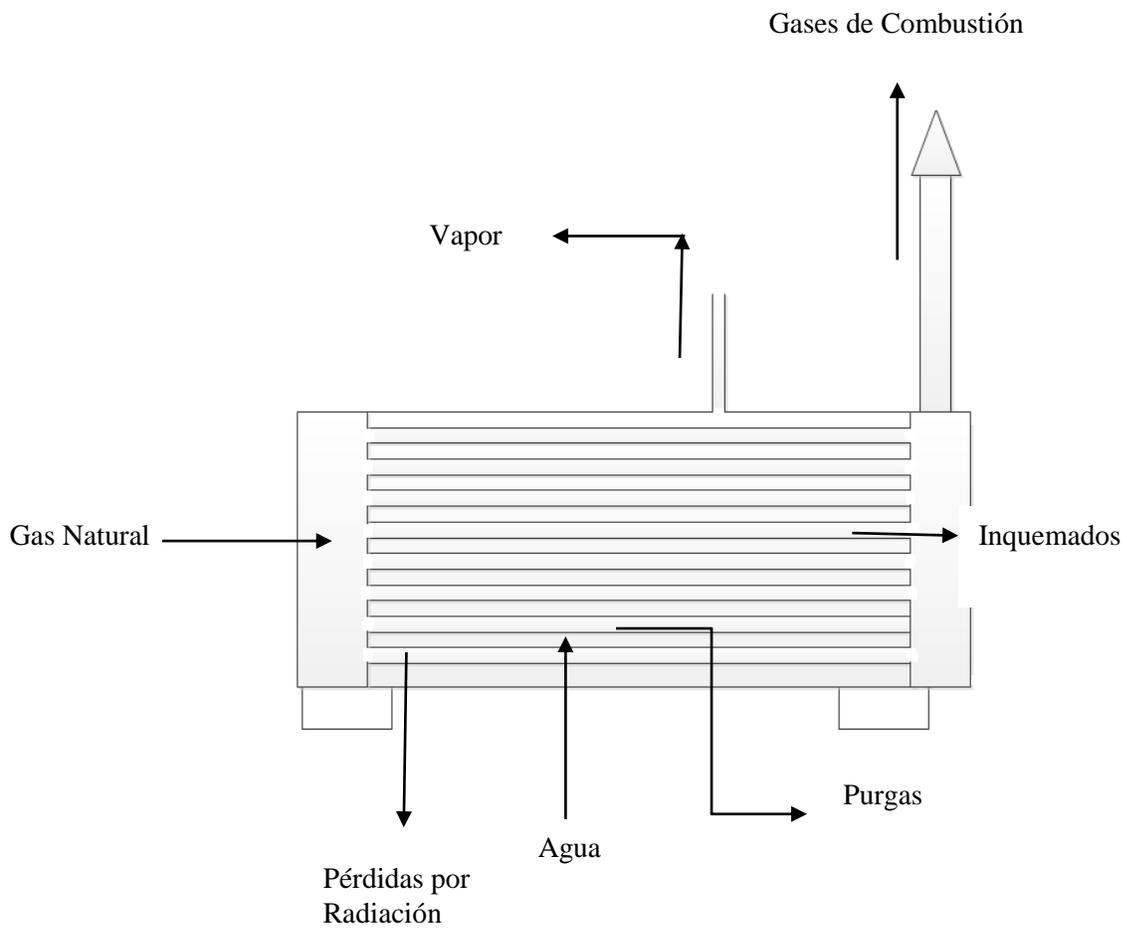
Características	Caldero 1	Caldero 2
Producción de vapor nominal (kg/h)	15.000	16.000
Producción vapor real (kg/h)		
Presión de diseño (Pa)	1.176.792,00	2.353.584,00
Presión de trabajo (Pa)	343.231,00	343.231,00
Temperatura del vapor (°K)	398	393
Temperatura de alimentación (°K)	303	303
Régimen de purga (%)	10	10
Superficie de calefacción (m ²)	36	34
Consumo de combustible (m ³ /hr)	58,05	82,13
Capacidad del caldero (m ³)	2500	3500

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

2.6.1. Balance de Materia y Energía en los Calderos

Figura N° 2-3

Balance en el Caldero N° 1 y 2



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° II-13
Datos para el Balance en el Caldero N° 1

Entrada		Salida	
T_{GN} (° C)	25,00	$T_{\text{Gases de comb}}$ (° C)	185,00
m_{GN} (kg/h)	43,66	P_{Vapor} (kg/cm ²)	2,70
m_{agua} (kg/h)	766,37	T_{GC} (° C)	185,00
$H_{\text{agua alim.}}$ (kcal/kg)	25,07	$H_{\text{vapor sat}}$ (Kcal/h)	653,40
T_{agua} (° C)	20,00	$T_{\text{vapor saturado}}$ (° C)	132,90
PCI_{GN} (Kcal/m ³)	9.000,00		

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-14
Balance de Materia y Energía en el Caldero N° 1

Entrada		Salida	
$Q_{\text{combustión Gas Nat}}$ (Kcal/h)	520.481,93	m_{vapor} (kg/h)	12.450,00
		Q_{vapor} (Kcal/h)	432.048,19
		$Q_{\text{gases de comb.}}$ (Kcal/h)	54.048,19
		$Q_{\text{inquemados}}$ (Kcal/h)	10.337,35
		$Q_{\text{Pérdidas por Purgas}}$ (Kcal/h)	674,70
		$Q_{\text{Radiación}}$ (Kcal/h)	23.373,49

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-15
Datos para el Balance en el Caldero N° 2

Entrada		Salida	
T_{GN} (° C)	25	$T_{\text{Gases de comb}}$ (° C)	302,00
m_{GN} (kg/h)	62,86	P_{vapor} (kg/cm ²)	4,00
m_{agua} (kg/h)	1304,90	T_{GC} (° C)	185
$H_{\text{agua alim.}}$ (kcal/kg)	25,07	$H_{\text{vapor sat}}$ (Kcal/h)	653,4
T_{agua} (° C)	20	$T_{\text{vapor saturado}}$ (° C)	143,00
PCI_{GN} (Kcal/m ³)	9.000,00		

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° II-16
Balance de Materia y Energía en el Caldero N° 2

Entrada		Salida	
$Q_{\text{combustión Gas Nat}}$ (Kcal/h)	748.275,86	m_{vapor} (kg/h)	12.320,00
		Q_{vapor} (Kcal/h)	573.275,86
		$Q_{\text{gases de comb.}}$ (Kcal/h)	147.413,79
		$Q_{\text{inquemados}}$ (Kcal/h)	14.439,66
		$Q_{\text{Pérdidas por Purgas}}$ (Kcal/h)	933,73
		$Q_{\text{Radiación}}$ (Kcal/h)	11.810,34

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Algunos datos para la elaboración del balance anteriormente resumido, fueron recolectados con la ayuda de dos técnicos pertenecientes a la organización no gubernamental CPTS (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles), puesto que la Planta no cuenta con el material necesario para realizar algunas mediciones.

La pérdida por gases de combustión se determinó con un analizador TESTO 350 y los resultados de estas mediciones se muestran a continuación:

Tabla N° II-17

Resultados de las mediciones de los gases de combustión de las calderas

N° de caldero	T.H [°C]	T.A. [°C]	T.I. [°C]	CO2 [%]	O2 [%]	qA [%]	Ren [%]	CO2 m [%]	O2 Opti	λ	uCO [ppm]	SO2 [ppm]
1	185.0	29.3	35.1	8.2	6.5	8.7	91.3	11.9	3	1.45	0	0
2	302.6	29.3	35.9	6.1	10.2	19.7	80.3	11.9	3	1.95	74	0

Fuente: CBN Planta Tarija, CPTS, 2015

Donde:

Tabla N° II-18

Símbolos y abreviaturas empleadas

Símbolo	Significado
T.H.	Temperatura de los gases
T.A.	Temperatura Ambiente
T.I.	Temperatura Interna del equipo
CO2	Dióxido de carbono
O2	Contenido de oxígeno

qA	Pérdidas en la combustión y transferencia de calor
Ren	Rendimiento en la combustión y transferencia de calor
CO2m	Dióxido de carbono máximo que se puede obtener para el GN
O2 Opti	Contenido de oxígeno buscado u óptimo
λ	Coefficiente de exceso de aire
CO	Monóxido de carbono
SO2	Dióxido de azufre

Fuente: CPTS, 2015.

Con la recolección de estos datos más los obtenidos por la investigación personal, se pudo elaborar el balance en los calderos.

2.6.2. Cálculo de la Eficiencia del Sistema de Generación de Vapor

Para evaluar la eficiencia de la generación de vapor tomaremos un camino directo que nos brinda la bibliografía a través de la ecuación N° II-1

$$\eta = \frac{Q_{vapor}(H_{vapor}-H_{agua})}{Q_{combustible}*PCI} \quad \text{Ecuación N° II-1}$$

Donde:

Q_{vapor} = Caudal de vapor producido por los calderos en kg/h.

H_{vapor} =Entalpía del vapor en kcal/kg.

H_{agua} =Entalpía del agua en kcal/kg.

$Q_{combustible}$ = Caudal de combustible (gas natural) suministrado a los calderos en kg/h.

PCI= Poder Calorífico del combustible (gas) en kcal/kg.

2.6.2.1. Cálculo de la Eficiencia en el Caldero N° 1

$$\eta_1 = \frac{Q_{vapor}(H_{vapor}-H_{agua})}{Q_{combustible}*PCI} \quad \text{Ecuación N° II- 1}$$

Donde:

$Q_{vapor} = 12.450,00 \text{ kg/h}$

$$H_{\text{vapor}} \text{ a } 132,9 \text{ }^{\circ}\text{C} = 650,1 \text{ kcal/h}$$

$$H_{\text{agua}} \text{ a } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 25,07 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{combustible}} = 55,98 \text{ kg/h}$$

$$\text{PCI} = 39.900,00 \text{ kcal/kg}$$

$$\eta_1 = 83\%$$

Los resultados muestran que la caldera N° 1 tiene un rendimiento global del 83%; es decir, del total de energía introducida a la caldera N°1, el 83 % se utiliza efectivamente para la generación de 12.450,00 kg de vapor.

2.6.2.2. Cálculo de la Eficiencia en el Caldero N° 2

$$\eta_2 = \frac{Q_{\text{vapor}}(H_{\text{vapor}} - H_{\text{agua}})}{Q_{\text{combustible}} * \text{PCI}} \quad \text{Ecuación N° II-2}$$

Donde:

$$Q_{\text{vapor}} = 12.320,00 \text{ kg/h}$$

$$H_{\text{vapor}} \text{ a } 143 \text{ }^{\circ}\text{C} = 653,40 \text{ kcal/h}$$

$$H_{\text{agua}} \text{ a } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 25,07 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{combustible}} = 80,59 \text{ kg/h}$$

$$\text{PCI} = 39.900,00 \text{ kcal/kg}$$

$$\eta_2 = 77\%$$

Esto representa que la caldera N° 2 tiene un rendimiento global del 77%; es decir, del total de energía introducida a la caldera N°2, el 77 % se utiliza efectivamente para la generación de 12.320,00 kg de vapor.

CAPÍTULO III
PROPUESTA DE MEJORA ENERGÉTICA EN
EL PASTEURIZADOR

3.1. Selección, diseño e instalación de la propuesta de mejora

Para mejorar los indicadores de vapor y agua en el pasteurizador se plantean dos alternativas enfocadas directamente al equipo de pasteurización que consume mayor caudal de vapor y agua, según el análisis realizado.

Estas dos opciones van directamente a proponer un cambio en el modo de empleo del agua en el pasteurizador, un cambio del porcentaje de agua recuperada, llevando desde los 10% a un 20% en el sistema implementar el suministro de agua a menor temperatura (25-27°C) que la que se usa actualmente (40°C), para este fin se necesita un sistema de refrigeración.

3.1.1. Selección del método de mejora de instalación de un sistema de enfriamiento

El sistema de recirculación de agua de enfriamiento en el pasteurizador puede hacer que se reduzca el consumo de agua hasta en un 80% para este uso, además de la reducción del volumen de aguas residuales generadas.

Maquinaria.- Uno de los factores más influyentes para proponer modificaciones es la evaluación de la maquinaria necesaria, ya sea la necesidad de comprar, modificar, instalar y poner en funcionamiento nuevos equipos dependiendo de la función a cumplir.

Modificación de líneas.- Dado el hecho que toda mejora en línea siempre va a intervenir la modificación de líneas de alimentación o extracción es un punto importante por el impacto que esto implica al entorno de la planta, la mejor opción es siempre la que no comprometa el trabajo de otro equipo o área.

Energía.- La energía eléctrica es fundamental para el funcionamiento de un equipo, así también como los gastos adicionales que podría ocasionar su consumo, por ello es importante tener en cuenta la fuente de suministro tomando en cuenta que la mayoría de equipos industriales trabajan con redes de 380V.

Mantenimiento y operación.- Cuando se prevé la instalación de un nuevo equipo industrial es necesario evaluar su mantenimiento y forma de operación, como en este caso estamos hablando de un sistema de refrigeración tenemos dos opciones de equipos:

- Un sistema de refrigeración por amoníaco.

- Un evaporador que se adecúa a las necesidades.

Pero se debe tomar en cuenta que los sistemas anteriormente mencionados son operados y mantenidos de forma distinta.

Para una mejor selección se consideran varios factores descritos en la siguiente Tabla III-I, donde damos valores a las variables a tomar en cuenta

Tabla N° III-1
Valoración y Peso Relativo

Detalle	Puntos	Peso relativo
Maquinaria	10	0,30
Modificación en línea	2	0,10
Energía	5	0,15
Mantenimiento y operación	6	0,25
Total	23	0,80

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Donde:

Puntos: Calificación del 0-10, representando como 0 el valor más bajo y 10 el valor más alto además de la ventaja otorgada dentro de los costos de montaje e instalación

Peso relativo: Tiene como base la suma igual a 1. Es un indicador porcentual del costo individual esperado en relación al costo del montaje completo.

Con estos datos podemos analizar mejor nuestras opciones en la siguiente Tabla N° III-2.

Tabla N° III-2

Selección de la opción de refrigeración

Detalle	Torre de Enfriamiento		Sistema de Compresor de Amoniaco	
	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Maquinaria	10	3	5	1,5
Modificación en línea	5	0,5	5	0,5
Energía	4	0,6	5	0,75
Mantenimiento y Operación	5	1,25	4	1
Total	24	5,35	19	3,75

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Donde:

Calificación: Valoración en un rango de 0-10 puntos, siendo el número más bajo la representación de relevancia nula, mientras que la mayor puntuación hace referencia a una importancia muy alta dentro de los costos.

Ponderación: Valoración de 0-3 a puntos representando las ventajas de cada variable sobre los costos, siendo 0 el valor no conveniente y 3 el valor de mayor conveniencia económica.

La Tabla N° III-2 muestra que para el sistema auxiliar de agua en el pasteurizador es más factible el uso de un enfriador tipo torre de enfriamiento, las dos razones más fuertes son que la planta ya tiene un enfriador tipo torre de enfriamiento, en almacén sin uso y la segunda es que el uso de un equipo de amoniaco es poco común en operaciones como la nuestra por los altos costos de operación y mantenimiento.

3.1.2. Condiciones de diseño

Antes de adentrarnos en las especificaciones técnicas y condiciones de diseño se verá una

breve descripción de la torre de enfriamiento.

El principio fundamental en que se basa el enfriamiento del agua en este tipo de equipos es por evaporación, el agua para transformarse en vapor necesita calor (calor latente de vaporización), cuyo valor es alrededor de 100 BTU/lb agua evaporada, valor que pone de manifiesto que pequeñas cantidades de agua evaporada producen altos efectos de enfriamiento, este calor es tomado principalmente del líquido remanente, lo que produce un descenso de su temperatura.

Una torre de enfriamiento tienen como finalidad enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de esta con el consiguiente intercambio de calor latente y sensible desde la corriente de agua y una corriente de aire seco y frío, entre los tipos de torres que se tienen se encuentran:

-Torres de circulación natural

-Atmosféricas

-Tiro natural

-Torre de tiro mecánico

-Tiro inducido

-Tiro forzado

-Otros tipos: Torres de flujo cruzado

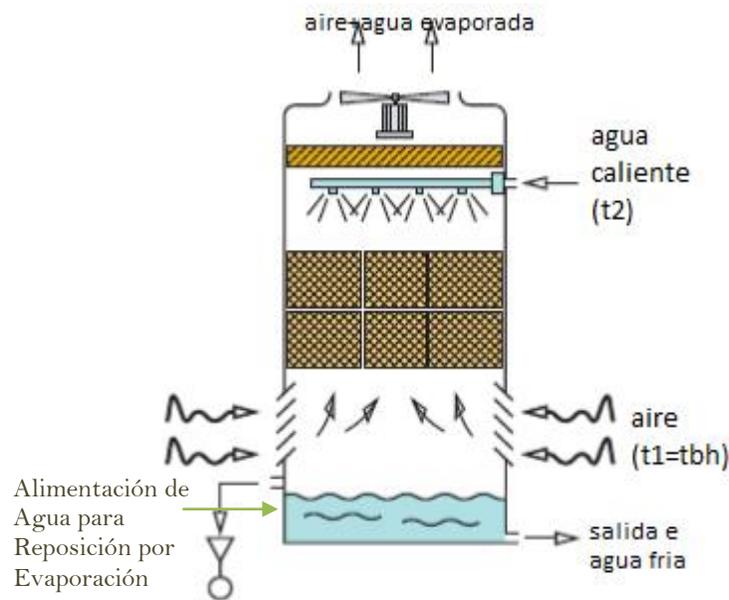
El equipo a usar es una torre de tiro inducido donde el agua caliente es alimentada por la parte superior del equipo a una temperatura t_2 , luego es distribuida por aspersores en forma de gotas a través de un relleno en forma de malla cuya función es dispersar el flujo de agua descendente para tener mayor contacto con la corriente de aire atmosférico que entra por la parte inferior de la torre con una temperatura t_1 , la variación de t_2-t_1 se denomina rango de enfriamiento, finalmente el agua es depositada en el fondo del equipo para su alimentación al sistema.

El enfriamiento resulta mayormente por la evaporación de una parte de la corriente de agua caliente descendente (transferencia de masa) aproximadamente entre el 70% a 80% (calor latente) y el restante mediante la transferencia de calor del agua al aire circundante (calor sensible).

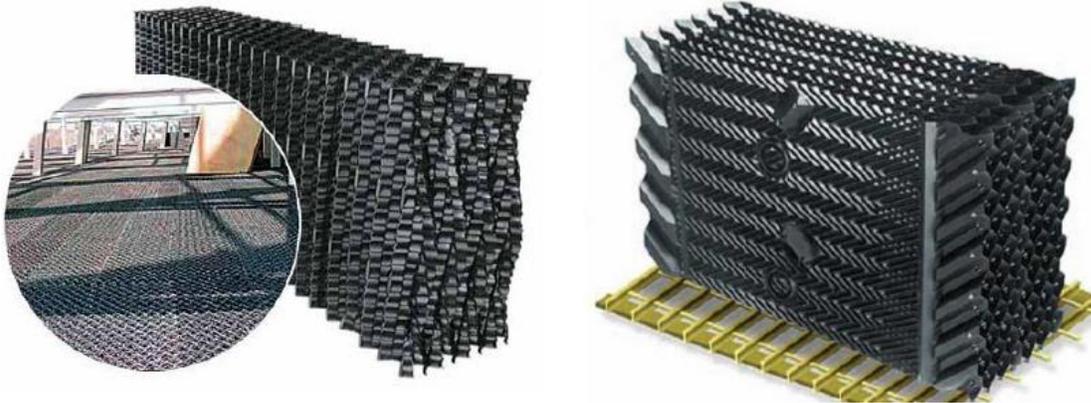
Uno de los factores más importantes al analizar una torre de enfriamiento, es el alcance de la temperatura de salida del agua que en condiciones ideales es la temperatura de bulbo húmedo del aire entrante, pero en cualquier torre dada, esta diferencia de temperatura conocida como “Temperatura de aproximación” varía con la temperatura del bulbo húmedo del aire que entra, con el flujo de agua que circula y la carga calórica.

Figura N° 3-1

Esquema General de una Torre de Enfriamiento de Tiro Inducido



Fuente: Miranda A. & Ruffes P, Torres de Refrigeración. (CEAC)

Figura N° 3-2**Relleno de Torres de Enfriamiento**

Fuente: Spirax Sarco S.A. (Catálogo Digital PVC Termoformado)

Como anteriormente se menciona, en la actualidad se tiene en los almacenes de planta una torre de enfriamiento en desuso, que cumple con los requerimientos y condiciones de diseño estipuladas a continuación:

Tabla N° III-3**Condiciones de Diseño de la Torre de Refrigeración existente en Planta**

Marca		FAVRA
Industria		Argentina
Torre modelo		HD 190/100
Tipo		Contracorrientes-Tiraje Inducido
Caudal	(m ³ /h)	30
Tentrada	° C	40
Tsalida		27
T de bulbo húmedo		24
Húmedad Relativa	%	60
Cantidad de Calor	(kcal/h)	390.000
Arrastre Mecánico	(m ³ /h)	0,002
Evaporación	(m ³ /h)	0,57
Empuje del viento	(kg/m ²)	150

Fuente: FAVRA S.A.I.C, 2015.

Tabla N° III-4

Descripción y Especificaciones Técnicas de la Torre de Refrigeración

Característica	Componentes	Descripción o unidad	Especificación
Físicas	Largo x Ancho x Alto(total)	m	1,9 x 1,9 x 3,24
	Número de Celdas	Unidad	1
	Ventiladores por Celda		1
	Entradas de Aire por Celda		4
Estructurales	Estructura	Material	Autoportante Integral de PRFV Incorroible
	Piscina de Agua Fría		PRFV Pultruido Incorroible
	Cobertura Exterior		
	Deflectores para Entrada de Aire		
	Caja de Ventilador		
	Bulonería		
Distribución de Agua	Tipo	-	Mediante Cañerías y Toberas
	Material	-	PVC
	Diámetro de Entrada x Cantidad	Pulg. x Unidad	Ø= 4"
	Altura de Boca de Entrada	m	2,42
	Velocidad de Circulación del Fluido	m/s	1,5
	Toberas	Cantidad	1
	Presión Máx. de Trabajo	Bar	0,7 (Recomendado 0,45)
Motor	Fabricante	-	SIEMENS
	Tipo	-	IP 55-100% Blindado
	Potencia	hp	5,5
	RPM-Voltaje-Fases-Hertz	-	1000-380-3-50
	Reductor	-	Acople Directo Motor-Ventilador
Ventilador	Modelo	-	FAVRA KD 900
	Diaméto	mm	900

	Potencia Absorbida	hp	4,56
	Velocidad	RPM	1000
	Palas	Material	PPG/ Centro de Aluminio

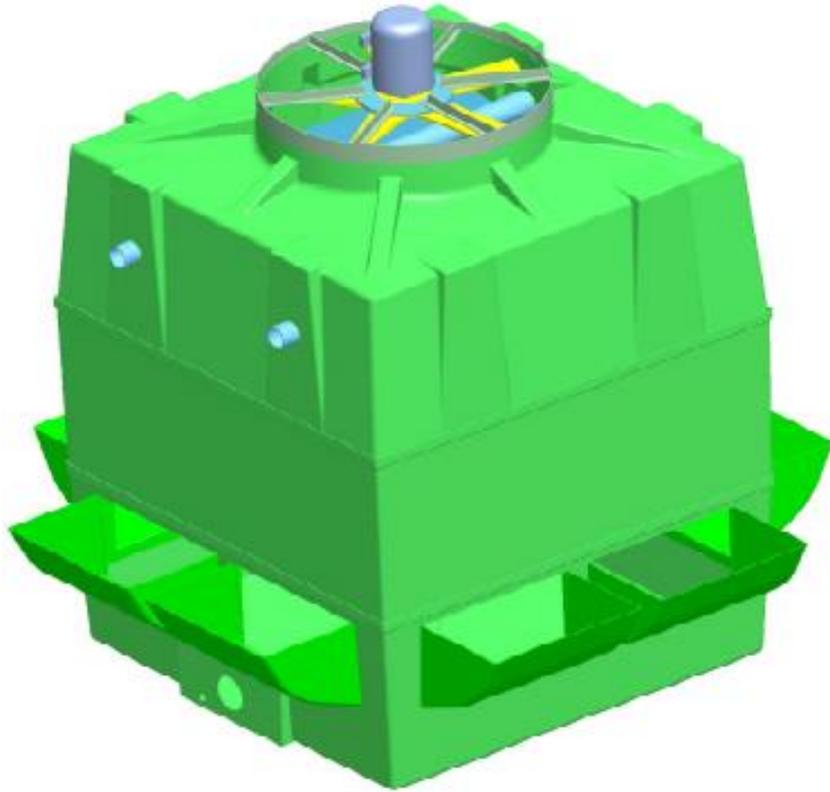
Continuación Tabla N° III-4

Relleno	Tipo	-	Laminar # 12
	Modelo		FFC-1230
	Material		PVC
	Temperatura Máxima Admitida		° C
Eliminador de Gotas	Tipo	-	Celular
	Modelo	-	FAVRA EZZ-135
	Temperatura Máxima Admitida	° C	60

Fuente: FAVRA S.A.I.C. 2015.

Figura N° 3-3

Torre de Refrigeración FAVRA HD 190/100



Fuente: FAVRA S.A.I.C, 2015.

3.1.3. Instalación del equipo

La anteriormente descrita torre de refrigeración de tiraje inducido de aire vertical, es con la que cuenta la planta en depósito en estos momentos, el flujo de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ es compatible con el caudal de salida de agua del pasteurizador de $20,73 \text{ m}^3/\text{h}$ determinado según el balance realizado al mismo.

Esta resulta ser la mejor opción para reducir los consumos de agua y vapor, puesto que ya se cuenta con el equipo y el tanque de recuperación de agua instalado en los predios de la empresa, y los únicos costos que podrían surgir son los de la instalación y modificación de líneas, así como su mantenimiento. Además, que se mermarían los consumos de agua, puesto que al poder controlar la temperatura del agua de alimentación, el consumo diario del equipo estaría ligado únicamente al agua recuperada.

Esta opción se plantea además porque ya se cuenta con un tanque cilíndrico metálico de capacidad de 20.000 litros instalado en planta, afuera de la sección de envasado (zona donde

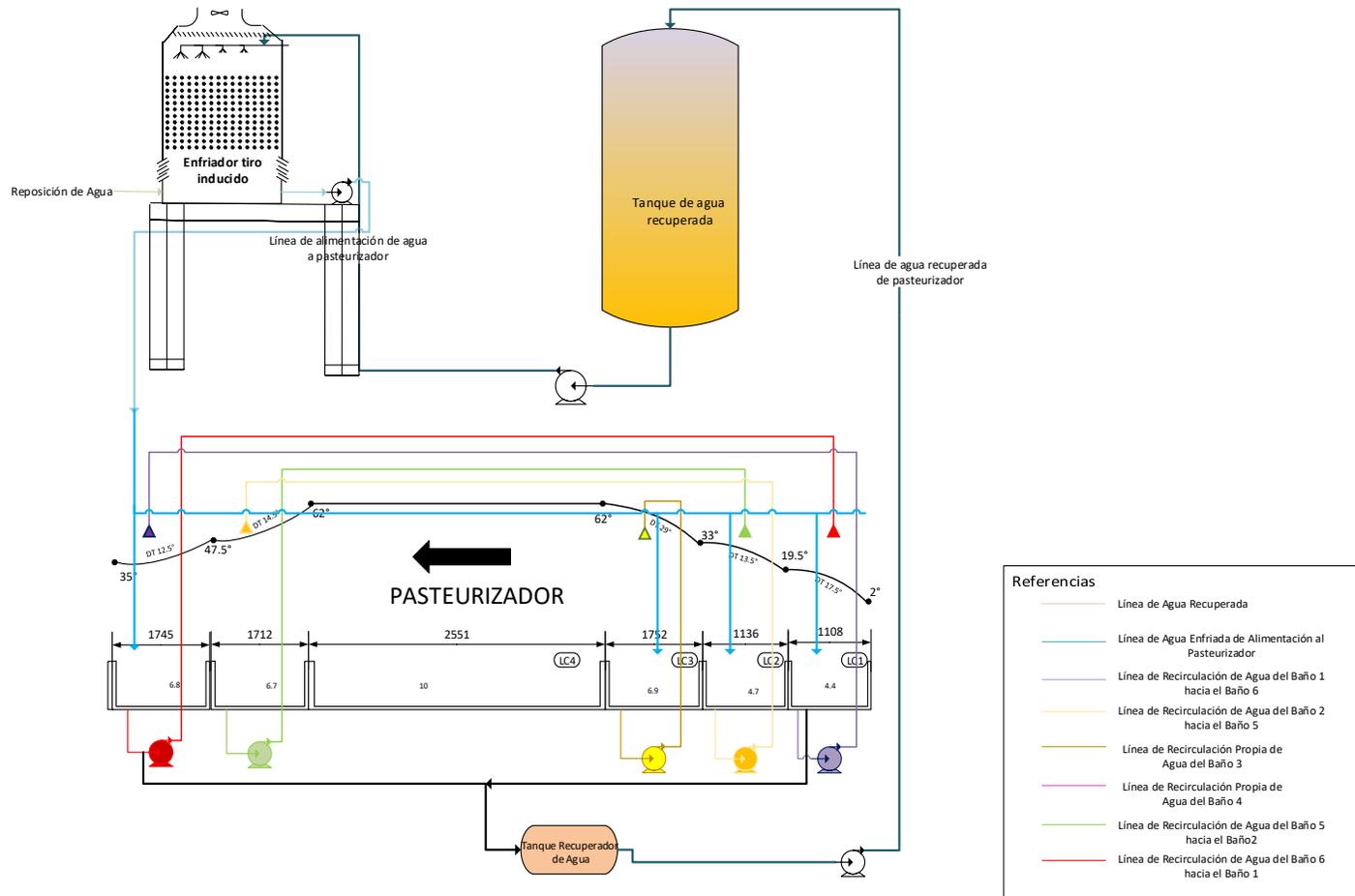
se plantea el emplazamiento de la torre) y que actualmente es empleado para la acumulación del agua recuperada proveniente del pasteurizador y del último enjuague de la lavadora de botellas. En la actualidad, el agua es almacenada en dicho tanque y bombeada nuevamente hacia el pasteurizador.

El circuito planteado para la conexión pretende recuperar el agua del pasteurizador al tanque de recuperación (como actualmente se hace), posteriormente enviar el agua del tanque a través una bomba a la torre de refrigeración y de la torre despachar el agua enfriada directamente hacia las cañerías de alimentación del pasteurizador, para así evitar demasiadas modificaciones a las líneas actualmente instaladas y el calentamiento del agua ya enfriada al acumularse en tanques de almacenamiento convencionales y no aislados.

El diagrama de conexiones entre el pasteurizador y la torre de enfriamiento se muestra en la Figura N° 3-4, y el plano isométrico de la instalación lo podemos ver en la Figura N° 3-5

Figura N° 3-4

Ubicación de la Torre de Enfriamiento en Planta



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

En la figura anterior, se observa el plano isométrico de la instalación de la torre de enfriamiento, además de la numeración de secciones del 0 al 7 dentro del mismo, para el posterior análisis de las presiones necesarias en cada punto, y que además permitirán el cálculo del diámetro de la tubería a emplear, donde:

Punto 0: Salida del tanque de agua recuperada.

Punto 1: Llegada a la primera bomba.

Punto 2: Salida de la primera bomba.

Punto 3: Entrada de la torre de refrigeración.

Punto 4: Salida de la torre de refrigeración.

Punto 5: Llegada a la segunda bomba.

Punto 6: Salida de la segunda bomba.

Punto 7: Llegada al pasteurizador.

3.1.3.1. Línea de Agua

A continuación, se define el proceso para el dimensionado de las diferentes líneas del sistema, de acuerdo a la Figura N° 3-5 mostrada anteriormente. Se diseñarán únicamente las líneas de distribución de agua de la salida del tanque de recuperación de agua hacia la torre y de ésta hacia el pasteurizador, puesto que ya se cuenta con la tubería instalada y actualmente en funcionamiento desde la recuperación del agua proveniente del pasteurizador hasta su almacenamiento en el tanque de recuperación.

Cabe destacar que en el sistema de refrigeración que se va a diseñar, hay que distinguir principalmente entre dos tipos de líneas. Estas son: las líneas por donde circula el agua de refrigeración, para el suministro al pasteurizador y el sistema de retorno de agua a la torre de enfriamiento.

Se han tenido en cuenta la hora de realizar los cálculos del dimensionado de las tuberías, las siguientes premisas:

- Temperatura de diseño: 50°C; no se considera para el dimensionado de la línea, pero si a la hora de seleccionar el material de las tuberías.
- Presión de diseño: se considera como medida de seguridad que la presión de diseño es igual presión de operación máxima en línea. (6,5 kg/cm²)
- Velocidad media línea: 1,5 m/s, esta es la velocidad de diseño que se ha establecido y recomendado por el fabricante.

Con la ecuación de la mecánica de fluidos que relaciona el caudal con el área de la sección y la velocidad del fluido en su interior:

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación N}^\circ 3-1$$

Donde:

Q = Caudal, en m³/h.

V = Velocidad del fluido, en m/s.

A = Área de la tubería, en m.

Considerando esta relación, se tomará como diámetro válido aquel que sobrepase el valor obtenido en los cálculos:

Tabla N° III-5

Diámetro de Tubería de Retorno de Agua a la Torre

Caudal de Diseño	Velocidad Recomendada	Diámetro de Diseño	Diámetro Definido
(m ³ /h)	(m/s)	(pulg)	(pulg)
30,00	1,50	3,31	4,00

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° III-6

Diámetro de Tubería de Alimentación de Agua al Pasteurizador

Caudal Requerido	Velocidad Recomendada	Diámetro de Diseño	Diámetro Definido
(m ³ /h)	(m/s)	(pulg)	(pulg)
25,00	1,50	3,02	3,00

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

3.1.3.1.1. Selección del Material de Tubería

Los materiales recomendados para la línea de agua de enfriamiento se pueden resumir en acero Galvanizado y PVC, cuyas características se señalan a continuación:

Tabla N° III-7

Característica de los Materiales Considerados para la Instalación de las Líneas de Refrigeración

Material	Ventajas	Desventajas	Usos / Aplicabilidad
Acero Galvanizado	Instalación sencilla. Disponibilidad de grandes diámetros.	Puede producirse degradación acelerada a partir de 60 °C, en función de la composición química del agua.	Tuberías, soportes, válvulas, boyas, carcasa de la torre, relleno, separadores de gota. Uso habitual en torres y condensadores.
		Pérdidas de carga muy importantes en la red cuando se produce corrosión o depósitos calcáreos en el interior.	
		La presencia de iones en el agua favorece la corrosión galvánica.	
		La desinfección química es poco eficaz en canalizaciones corroidas.	
		Los productos de corrosión favorecen el crecimiento microbiano.	
Polivinil Cloruro (PVC)	Admite bien las aguas corrosivas.	Coste medio.	Tuberías, relleno, Separadores de gotas. Uso habitual en torres y condensadores.
	Material muy resistente.	Puede ser poco resistente al calor (> 60 ° C), pero esto no es un inconveniente en los usos relativos a torres de refrigeración.	
	Material autoextinguible.	Produce gases tóxicos si se quema.	
	Soporta la desinfección química (cloruro y peróxidos).	Su eliminación inadecuada puede perjudicar al medio ambiente.	

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, España, 2015.

Por recomendación del fabricante de la torre de refrigeración, y comprobando las características de presión (> a 6,5 kg/cm²) y temperatura, calculadas y requeridas por el

sistema se selecciona el material de PVC, Cédula 80, cuya descripción breve se indica a continuación.

Tuberías de PVC Cédula 80

La tubería de PVC cédula 80 se fabrica desde ½ ” y hasta 24” de diámetro, soporta hasta 10 kg/cm² de presión. Se fabrica por tramos de 6 metros de largo, cuenta con extremos lisos y terminación espiga en ambos extremos pero también se le pueden hacer roscas para unirse a conexiones roscadas. La temperatura de operación no debe exceder los 60 °C. Sus aplicaciones son industriales con fluidos corrosivos, minería, tratamiento de agua, sistema de enfriamiento de procesos, instalaciones electromecánicas, agua helada y torres de enfriamiento, líneas de distribución de aguas de proceso, inyección de cloro y dióxido clorhídrico, sistemas de manejo de alumbre y caústicos, agua de mar, químicos, ácidos para refinerías y metalmeccánica.

También estas tuberías de PVC han resultado de gran utilidad en la industria al sustituir materiales costosos como el acero al carbón y hasta el acero inoxidable en aplicaciones corrosivas ya que es de fácil instalación, tiene propiedades que soportan corrosión y su peso es muy liviano en relación a las tuberías de acero lo que permite instalar más rápido y con menos recursos humanos y de maquinaria.

Sus aplicaciones son: agua potable, distribución de aguas de proceso, distribución de agua helada y torres de enfriamiento, líneas de químicos, sistemas de lavado, tratamiento de agua, entre otros.

3.1.3.1.2. Detalle de bombas y accesorios

De acuerdo a la Figura N° 3-5, se realiza el análisis del requerimiento de tubería y accesorios por tramos, así como las pérdidas de presión cuyos resultados se tabulan a continuación:

Tabla N° III – 8

Tubería y Accesorios Requeridos para el tramo 0-1

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud Recta (m)	Accesorios		L/D	Longitud Equivalente Tramo (m)	Total (m)
			Tipo	Cantidad			
0 - 1	100	3,8	Válvula	1	18	1,8	-
	100	-	Codo	3	0,34	0,1	

Total Tramo	3,8	-	1,9	5,7
--------------------	-----	---	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° III – 9

Tubería y Accesorios Requeridos Tramo 2-3

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud Recta (m)	Accesorios		L/D	Longitud Equivalente Tramo (m)	Total (m)
			Tipo	Cantidad			
2 - 3	100	-	Válvula	2	18	3,6	-
	100		Codo	4	0,34	0,14	
Total		9,1	-			3,74	12,84

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° III – 10

Determinación de la Pérdida de Presión en Línea del Retorno de Agua a la Torre

Tramo	Longitud (m)	Pérdidas		
		J (mm/m)	Fricción (mca)	Total (mca)
0-1	5,70	20,00	0,11	5,81
2-3	12,84	20,00	0,26	13,10

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Donde:

J = Pérdida de presión por unidad de longitud de tubería, en mm/m.

mca = Metros de columna de agua.

Tabla N° III – 11

Tubería y Accesorios Requeridos para el tramo 4-5

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud Recta (m)	Accesorios		L/D	Longitud Equivalente Tramo (m)	Total (m)
			Tipo	Cantidad			
4-5	75	2,1	Válvula	2	18	2,70	-
	75	-	Codo	1	0,34	0,03	
Total Tramo		2,1	-			2,73	4,83

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° III – 12
Tubería y Accesorios Requeridos Tramo 6-7

TRAMO	DIAMETRO (mm)	LONGITUD RECTA (m)	ACCESORIOS		L/D	LONGITUD EQUIVALENTE TRAMO (m)	TOTAL (m)
			TIPO	CANTIDAD			
6-7	75	-	Válvula	2	18	2,70	-
	75		Codo	4	0,34	0,10	
Total		18,60	-			2,80	21,40

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Tabla N° III – 13

Determinación de la Pérdida de Presión en Línea de Agua de la Torre al Pasteurizador

Tramo	Longitud (m)	Pérdidas		
		J (mm/m)	Fricción (mca)	Total (mca)
4-5	4,83	20,00	0,1	4,92
6-7	21,40	20,00	0,43	21,83

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Según Córdova T. (2013), la determinación de la presión en cada punto se ve determinada por la ecuación:

$$P_x = \Sigma_{Pérdidas} + P_y + H_y \quad \text{Ecuación N° 3-2}$$

Donde:

P_x = Presión en el punto a determinar, en mca.

$\Sigma_{Pérdidas}$ = Sumatoria de las pérdidas totales por tramo determinadas en las tablas anteriores, en mca.

P_y = Presión en el punto y, en mca.

H_y = Altura en el punto y, en mca.

Aplicada la anterior ecuación a cada punto especificado en la Figura N° 3-5, se obtienen los resultados plasmados en la siguiente tabla:

Tabla N° III-14
Determinación de Presiones por Puntos y Presiones de Bombeo

Punto	Presión (mca)	Presión de Bombeo (mca)	
0	14,13	P ₂ -P ₁	41,95
1	19,95		
2	61,89		
3	45,00		
4	10,33	P ₆ -P ₅	36,98
5	16,25		
6	53,23		
7	30,00		

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Cabe destacar que la presión en el punto 3 (entrada a la torre de refrigeración), P₃, viene determinada por el fabricante de la torre de refrigeración.

La potencia de cada una de las dos bombas necesarias para la instalación detallada en el plano isométrico de la misma (Ver Figura N° 3-5), según Córdova T. (2013), puede calcularse a partir de la Ecuación N° 3-3:

$$Potencia_{Bomba} = \frac{(Q * P_{RE})}{75} \quad \text{Ecuación N° 3-3}$$

Donde:

$Potencia_{Bomba}$ = Potencia de la bomba a calcular, en HP.

Q = Caudal de circulación, en m/s.

P_{RE} = Presión requerida por el equipo a ser suministrado de agua, en mca.

75 = Factor de conversión a HP.

Tabla N° III-16

Potencias Requeridas para las Bombas

N°	Caudal (m/s)	Presión de Bombeo (mca)	Potencia de la Bomba (HP)	Ubicación
1	8,33	45	5	Salida Tanque - Entrada Torre
2		36,98	4,11	Salida Torre - Entrada Pasteurizador

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

De la tabla anterior, se concluye que para poder enviar agua desde el tanque de recuperación hacia la entrada de la torre de refrigeración es necesaria una bomba con potencia de 5 HP, y para poder impulsar el agua desde la salida de ésta hacia el pasteurizador es necesaria una bomba de 4 HP.

A continuación se muestra un resumen de los materiales y accesorios necesarios para la instalación de las líneas de la torre de refrigeración, desde la salida del tanque de recuperación hasta el ingreso en el pasteurizador, puesto que como se menciona anteriormente, las líneas de recuperación de agua desde el pasteurizador hasta el tanque se encuentran actualmente instaladas y en funcionamiento.

Tabla N° III-17

Resumen Materiales y Accesorios Necesarios para la Instalación de la Torre de Refrigeración

Tramo	Longitud Total de Tubería PVC (m)	Diámetro (mm)	Accesorios		Bombas		
			Válvula	Codo	Ubicación	Potencia	Cantidad
0 - 1	5,70	75	1	3	Tanque de almacenamiento de agua recuperada - entrada torre	5 HP	1

2 - 3	12,84		2	4			
4 - 5	4,83	100	2	1	Salida torre- pasteurizador	4 HP	1
6 - 7	21,40		2	4			
Total	44,77		7	12	Total		2

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

CAPÍTULO IV

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

4.1. Cálculo del Costo de Capital o Inversión del Capital Fijo (ICF)

Según la bibliografía, específicamente según Ulrich, G. (1986), la inversión del Capital Fijo (ICF) es el costo requerido para construir el proceso, y es la suma de los Costos Directos (CD) más los Costos Indirectos (CI), vale decir:

$$ICF = CD + CI \quad \text{Ecuación N° 4-1}$$

$$ICF = 27.029,93 \text{ U\$S}$$

Donde:

ICF = Inversión del Capital Fijo en U\$.S.

CD = Costos directos del equipo en U\$.S.

CI = Costos indirectos del equipo en U\$.S.

Tabla N° IV-1

Costo del Capital

Costos	Precio en U\$S	Porcentaje %
Directos (Incluye compra de equipo)	27.029,934	79
Indirectos	7.110,080	21
Total	34.140,014	100%

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

(Ver desglose más adelante)

4.1. 1. Costos Directos (CD)

Dentro de los Costos Directos, deben considerarse los factores de instalación, que a su vez implican el costo de materiales directos y mano de obra. Es decir, los costos directos serán el resultado de la suma de los costos de materiales y los costos de trabajo en la instalación del equipo, dicho de otra forma:

$$CD = C_L + C_M \quad \text{Ecuación N° 4-2}$$

$$CD = 11446,86 \text{ U\$S}$$

Donde:

C_D = Costos directos de instalación del equipo, en U\$S.

C_L = Costo del trabajo de mano de obra relacionado con la instalación del equipo, en U\$S.

C_M = Costo del material necesario para instalar el equipo, en U\$S.

(Ver desglose más adelante)

4.1.1.1. Costo de Compra (C_p) del equipo

La torre de enfriamiento FAVRA Modelo 190/100, tiraje inducido de aire vertical, sistema a contracorriente, acople directo de motor eléctrico a ventilador, estructura de PRFV autoportante, separador de gotas de triple cambio de dirección, relleno laminar termoformado en PVC y con piscina de agua incorporada fue adquirida por la CBN S.A. Planta Tarija en el año 2014, encontrándose en desuso hasta la fecha.

El precio de compra de la misma fue de 8.473,00 U\$S.

A continuación podemos ver la cotización de la torre adquirida por la planta y descrita anteriormente en la siguiente figura:

Figura N° 4-1

Cotización de la Torre de Enfriamiento FAVRA HD 190/100



Fuente: CBN
S.A. Planta
Tarija, 2015.

COTIZACION N°: 14.242

V

Capital Federal, 24 de diciembre de 2013

Rev: 000

1 / 2

Señores :

7837 - CERVECERIA BOLIVIANA NACIONAL SA
Av.Montes 400
- La Paz

At.: Sr. Tabary Randy Elias

Nro. Licitación: RFQ 10000390605

55-00000004-2

TEL.: 00591-2-2455455 FAX:

ITEM	Cantidad	UN	CODIGO	DESCRIPCION	(U\$S) PREC.	TOTAL
001	1		3A100Z01D2ICPMCZV4A	Torre de enfriamiento FAVRA Modelo 190/100 fabricada por empresa certificada ISO 9001 y miembro activo del Cooling Technology Institute (CTI), tiraje inducido de aire vertical, sistema a contracorrientes, acople directo de motor eléctrico a ventilador, estructura de PRFV autoportante, separador de gotas de triple cambio de dirección, relleno laminar termoformado en Policloruro de Vinilo (PVC) autoextinguible, según Norma ASTM D 1784:12454 B, con pileta de agua fría incorporada.	8.473,00	8.473,00
TOTAL:					8.473,00	

ENTREGA (S) :35 DIAS - ITEM(S): 001

PLAN DE PAGOS:

CONDICIONES PARTICULARES

- Validez de oferta: 20 días
- Condición de venta: FCA Buenos Aires
- Los precios cotizados están expresados en dólares estadounidenses y son por adjudicación total.

CONDICIONES GENERALES

Los plazos de entrega son válidos a partir de la recepción de la Orden de Compra.

GARANTIA

Por cuanto los precios de nuestros productos y/o servicios no incluyen provisiones, y/o costos por la contratación de seguros, que permitan hacer frente a eventuales daños, de cualquier naturaleza que fueren, derivados de eventuales fallas de los mismos, independientemente de quien resultase ser responsable de la falla, el alcance de nuestra garantía quedará limitado a lo que se detalla a continuación: Nuestra empresa garantiza sus productos y servicios contra todo defecto de producción. Esta

Administración y Ventas: Luzuriaga 351/61 (C1280ACG) Buenos Aires, Argentina
Ventas: TE (54-11) 4016-5500 - Fax: (54-11) 4305-1280 Administración: 4016-5555
E-mail: ventas@favra.com.ar - Web Site: www.favra.com.ar



4.1.1.2. Costos del material necesario para instalar el equipo (C_M)

Según Ulrich, G. (1986), los materiales necesarios para la instalación de una torre de refrigeración representan los siguientes porcentajes del precio de compra:

Tabla N° IV-2

Materiales directos empleados en la instalación

Material	Descripción	Porcentaje del costo de compra	Costo en U\$S
Tubería	Incluye el costo de cañerías, llaves de paso, codos, niples, acoples (te, unión universal).	35%	2965,55
Concreto	Soportes estructurales, cimientos.	5%	423,65
Acero	Apoyo a la construcción	3%	254,19
Instrumentos y Control	Medidores y 2 bombas de agua.	25%	2169,46
Equipos y materiales eléctricos	Alambres, interruptores, paneles de iluminación.	2%	169,46
Pintura		1%	84,73
Total		71%	6067,04

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Estas cifras basadas en los datos de costos de Ulrich, G. (1986), indican que los materiales para instalar una torre de refrigeración equivalen aproximadamente a un 71% del precio de compra.

Por lo tanto, el costo de materiales será:

$$C_M = 0,71 C_P \quad \text{Ecuación N° 4-3}$$

$$C_M = 6067,04 \text{ U\$}$$

Donde:

C_M = Costo del material necesario para instalar el equipo (U\$S).

C_P = Costo de compra del equipo (U\$S).

4.1.1.3. Costo de trabajo relacionado con la instalación del equipo (C_L)

Debe considerarse además, la mano de obra relacionada con la instalación, para esto recurrimos nuevamente a G.D. Ulrich (1986), de donde tomamos la Ecuación N° 4-4:

$$C_L = 0,37(C_P + C_M) \quad \text{Ecuación N° 4-4}$$

$$C_L = 5379,82 \text{ U\$S}$$

Donde:

C_L = Costo de trabajo relacionado con la instalación del equipo (U\$S).

C_P = Costo de compra del equipo (U\$S).

C_M = Costo del material necesario para instalar el equipo (U\$S).

4.1.2 Costos Indirectos (CI)

Según Ulrich, G. (1986), deben considerarse diversos costos indirectos. Algunos están relacionados con el equipo. Se sugiere la clasificación de tres grupos de costos indirectos:

Los relacionados con el equipo directamente, como el flete, el seguro y los impuestos sobre la venta de los materiales comprados son algunos ejemplos.

El segundo grupo, se relaciona más con la mano de obra como los gastos generales de construcción e instalación, beneficios y honorarios obligatorios para obreros, consultores y supervisores, además de contemplar el alquiler de grúas u otra maquinaria requerida, limpieza y seguridad.

El tercer y último componente de los costos indirectos, es el relacionado con la ingeniería. Incluye el salario (ingeniería de proceso y proyecto), así como gastos de oficina y gastos generales relacionados.

4.1.2.1. Flete, seguros e impuestos (C_{FIT})

El cálculo de los gastos relacionados con el flete, seguro e impuestos para conseguir e instalar

el equipo se obtiene a través del uso de la Ecuación N° 4-5:

$$C_{FIT} = 0,08 (C_P + C_M) \quad \text{Ecuación N° 4-5}$$

$$C_{FIT} = 1163,20 \text{ U\$S}$$

Donde:

C_{FIT} = Costo del flete, seguro e impuestos para conseguir e instalar el equipo (U\$S).

C_P = Costo de compra del equipo (U\$S).

C_M = Costo del material necesario para instalar el equipo (U\$S).

4.1.2.2. Gastos Generales de Construcción (C_O)

Para calcular los gastos generales de construcción, emplearemos la siguiente ecuación:

$$C_O = 0,7C_L \quad \text{Ecuación N° 4-6}$$

$$C_O = 3765,87 \text{ U\$S}$$

Donde:

C_O = Costo de los gastos generales de construcción (U\$S).

C_L = Costo de trabajo relacionado con la instalación del equipo (U\$S).

4.1.2.3. Gastos de Ingeniería del Contratista (C_E)

Usamos la Ecuación N° 4-7 para calcular el último grupo de costos indirectos relacionado a la instalación de la torre.

$$C_E = 0,15 (C_P + C_M) \quad \text{Ecuación N° 4-7}$$

$$C_E = 2181,006 \text{ U\$S}$$

Donde:

C_E = Costo por gastos de ingeniería del contratista (U\$S).

C_P = Costo de compra del equipo (U\$S).

C_M = Costo del material necesario para instalar el equipo (U\$S).

En la siguiente tabla, podemos ver un resumen de los costos indirectos relacionados con la compra e instalación de la torre de refrigeración:

Tabla N° IV-3
Costos Indirectos de Proyecto

Descripción	Porcentaje del costo de compra	Costo en U\$S
Flete, seguro e impuestos	13,73%	1163,20
Gastos generales de construcción	44,45%	3765,87
Gastos de ingeniería del contratista	25,74%	2181,07
Total	83,91 %	7110,08

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

4.2. Cálculo del Costo de Puesta en Marcha (C_{PM})

Según Márquez, F. (2003) los costos de puesta en marcha del equipo son los que se prevén que serán relacionados con su funcionamiento, tales como consumo de energía, de agua y de combustible. Además de:

- Modificaciones al proceso: Necesarias para cumplir con las especificaciones del diseño.
- Mano de obra de partida: Se necesita más gente para poner en marcha un equipo que para operarlo.
- Pérdidas en la producción: Paradas mientras se pone en operación el equipo.

Estos costos pueden ser calculados a través de la Ecuación N° 4-8:

$$C_{PM} = 0,1 C_P \quad \text{Ecuación N° 4-8}$$

$$C_{PM} = 847,3 \text{ U\$S}$$

Donde:

C_{PM} = Costo de puesta en marcha del equipo (U\$S).

C_P = Costo de compra del equipo (U\$S).

4.3. Costos Consumo de Agua y Vapor en Planta

4.3.1. Costos y Consumo de Agua

En la Tabla N° IV-4 se muestran los consumos mensuales de agua, los importes pagados y los costos unitarios para el periodo enero a diciembre de 2015. En este periodo, COSAALT facturó 11.817,458 US\$ a la empresa por el consumo de 28.361,9 m³ en toda la planta.

Tabla N° IV-4

Consumo y Costos de Agua Facturados Mensualmente en el Año 2015

Mes	Volumen consumido [m ³]	Costo unitario [Bs/m ³]	Costo total [Bs]	Tipo de cambio [Bs/US\$]	Costo unitario [US\$/m ³]	Costo total [US\$]
ene-15	2438,82	2,9	7072,578	6,96	0,417	1016,175
feb-15	2436,34		7065,386			1015,142
mar-15	2809,58		8147,782			1170,658
abr-15	2571,30		7072,578			1071,375
may-15	1741,75		5051,075			725,729
jun-15	1585,60		4598,240			660,667
jul-15	2430,86		7049,494			1012,858
ago-15	2446,36		7094,444			1019,317
sep-15	2790,73		8093,117			1162,804
oct-15	2331,14		6760,306			971,308
nov-15	2115,64		6135,356			881,517
dic-15	2663,78		7724,962			1109,908
Total	28361,9	m³/año	81865,318	Bs/año	11817,458	US\$/año

Fuente: CBN S.A, Elaboración Propia, 2016.

4.3.2. Costos y Consumo de Gas Natural

En la siguiente tabla podemos ver el consumo y costos y el precio facturado por EMTAGAS a la empresa de manera global, en los meses transcurridos durante un año.

Tabla N° IV-5

Consumo y Costos de Gas Facturados Mensualmente en el Año 2015.

Mes	Volumen consumido [mpc]	Costo unitario [Bs/mpc]	Costo total [Bs]	Tipo de cambio [Bs/US\$]	Costo unitario [US\$/mpc]	Costo total [US\$]
ene-15	838,802	10,4	8723,541	6,96	1,494	1253,382
feb-15	689,208		7167,763			1029,851
mar-15	739,249		7688,190			1104,625
abr-15	631,114		8723,541			943,044
may-15	596,117		6199,617			890,750
jun-15	589,372		6129,469			880,671
jul-15	472,091		4909,746			705,423
ago-15	742,146		7718,318			1108,954
sep-15	553,765		5759,156			827,465
oct-15	844,976		8787,750			1262,608
nov-15	917,502		9542,021			1370,980
dic-15	972,311		10112,034			1452,879
Total	8586,653	mpc/año	91461,146	Bs/año	12830,631	US\$/año

Fuente: CBN S.A, Elaboración Propia, 2016.

En la Tabla N° IV-5 se observa que el consumo es variable y estacional, con menores niveles en los meses de invierno y mayores niveles en los meses de verano. Este comportamiento es consistente con el de la producción. El costo y el volumen tienen exactamente el mismo comportamiento. Ello ocurre porque EMTAGAS sólo factura por el volumen consumido.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Realizado el seguimiento al consumo y pérdidas de agua en el pasteurizador, se determinó lo siguiente:

- Mientras menor es la recuperación del agua del pasteurizador, mayor es el consumo de agua de red. Pero esta cantidad no es dependiente únicamente del volumen recuperado, sino también de la temperatura a la que se encuentra, puesto que ésta recibe el calor proveniente de las botellas que fueron pasteurizadas, y para poder reducir el consumo de agua se necesita reducir su temperatura.

Estudiado el consumo y generación de vapor en planta, se pudo evidenciar que:

- El consumo de vapor no es proporcional a la temporada ni a la cantidad de producto, puesto que para funcionar y arrancar el equipo se necesita la misma cantidad de energía en cualquier mes. El indicador de vapor se ve afectado con menores índices de eficiencia en los meses de “temporada baja”, ya que para producir menos se necesita la misma cantidad de vapor que en los meses llamados de “temporada alta”.
- Los grandes consumos de vapor también se ven ligados al diseño del equipo, ya que su método de inyectar directamente el vapor permite mayores consumos porque no está regulado el ingreso de agua fría, no se tiene una cantidad estandarizada de operación y consumo tanto de agua como de vapor.
- A través de la inyección directa de vapor la transferencia de energía térmica es rápida y eficiente según la teoría, pero el control preciso de la temperatura resulta difícil de mantener.
- La modulación externa varía la cantidad y velocidad con la que ingresan el vapor y el agua, así como la relación entre el vapor y la cantidad de agua a calentar.

Los valores actuales del KPI Vapor en el pasteurizador se pueden ver reflejados en la tabla N° V-1:

Tabla N° V-1

KPI Vapor en el Pasteurizador Gestión 2015

Mes/Año	KPI Vapor Planta (Kg/Hl Envasado)	KPI Vapor Pasteurización (kg/Hl Envasado)	Influencia del KPI Vapor Pasteurizador sobre el KPI Vapor de Planta (%)
ene-15	59,874	16,524	27,598
feb-15	54,778	16,069	29,335
mar-15	61,883	15,84	25,597
abr-15	68,08	12,238	17,975
may-15	58,265	14,131	24,253
jun-15	74,342	8,934	12,018
jul-15	78,897	19,553	24,783
ago-15	74,713	18,356	24,569
sep-15	64,126	14,75	23,002
oct-15	61,081	15,087	24,7
nov-15	68,862	18,147	26,353
dic-15	60,542	16,288	26,904
KPI Vapor Anual Planta (kg/Hl envasado)		65,454	
KPI Vapor Anual Pasteurización (kg/Hl envasado)		15,493	23,924 % del KPI Vapor Planta

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

De la anterior tabla, podemos ver que el pasteurizador es responsable directo del 24% del consumo de vapor en planta, por lo tanto, si reducimos el consumo en el pasteurizador también reduciremos el consumo en planta.

En el caso del KPI agua, no podemos asignarle valores que se atribuyan netamente al pasteurizador, para evitar un cálculo sobredimensionado de los mismos, puesto que éste

consume agua de red y agua recuperada del mismo proceso, que es proveniente también de la red principal y que ya fue contabilizada por el medidor.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda en primera instancia la instalación de caudalímetros al pasteurizador, para poder controlar el ingreso de agua y de vapor, y así controlar de manera real y eficaz el consumo de estos dos importantes recursos, para poder definir y fijar la estrategia a implementar, fijar los consumos óptimos y de esta manera incrementar la productividad que se traducirá en mejoras ambientales, económicas y sociales.

También es importante la instalación de medidores de gas de manera individual en cada caldero, para poder definir con exactitud el consumo y rendimiento de cada uno en forma individual.

Otra de las recomendaciones que surgen del estudio del proceso, es la instalación de una torre de enfriamiento según la selección analizada en el presente estudio, para poder bajar la temperatura del agua recuperada y por ende disminuir el consumo de la misma.

Además, otra opción para reducir los consumos de agua en el proceso de pasteurización es la implantación de un plan de minimización del consumo de agua, que involucra la instalación de accesorios menores como son los caudalímetros (mencionado anteriormente) y el compromiso de la gente.

Para poder minimizar el consumo de agua es necesario registrar y analizar toda aquella información que nos permita identificar las posibles alternativas y estudiarlas a nivel técnico y económico. La implantación de un plan de reducción del consumo de agua requiere la aplicación de una metodología que incluye normalmente los siguientes pasos:

- Contar con el compromiso de la dirección.
- Analizar el consumo de agua. Realizar inventarios de los balances de agua en todo el proceso, en procesos concretos y en partes seleccionadas. (Esto lleva implícito el disponer de caudalímetros de agua)
- Valorar el consumo necesario de agua para cada operación.

- Valorar las medidas para reducir el consumo de agua.

A continuación se citan algunas alternativas de minimización del consumo de agua en toda la planta, como:

- Ajustar el caudal de agua a las necesidades de consumo de cada operación de las condiciones óptimas de operación, reflejándolas por escrito y difundiéndolas entre los trabajadores.
- Instalar válvulas que permitan la regulación del caudal.
- Instalación de sistemas de cierre sectorizado de la red de agua, que permita cortar el suministro de una zona en caso de producirse una fuga.
- Utilizar la calidad de agua adecuada en cada operación, permite la reutilización de agua en etapas menos críticas y un ahorro en los tratamientos previos del agua de proceso.
- Realizar inspecciones periódicas de la instalación y/o del consumo para detectar fugas, roturas o pérdidas lo antes posibles.

Textos Consultados:

1. **BRODERICK, H. (2007).** *The Practical Brewer, A Manual for the Brewing Industry.* 4ª Edición. Editorial Impressions Inc. Wisconsin-EEUU.
2. **CÓRDOVA, T. (2013).** *Análisis de Sistemas Hidráulicos en Instalaciones Termomecánicas.* Editor Aclimatar. Buenos Aires- Argentina.
3. **DE CLERCK, J. (1997).** *A Textbook of Brewing.* Tomo 1. Editorial Chapman & Hall Ltd, Londres - Inglaterra.
4. **MARQUEZ, F. (2003).** *Síntesis de Procesos Químicos.* Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Química. Concepción- Chile.
5. **HIMMELBLAU, D. (1998).** *Balances de Materia y Energía.* 4ª Edición. Editorial Prentice Hall, México.
6. **KUNZE, W. (2009).** *Tecnología para Cerveceros y Malteros.* 1ª Edición. Editorial Acribia S.A, Alemania.
7. **LÓPEZ R. C. (2010).** *Evaluación del Sistema de Pasteurización de Productos de una Planta Cervecera.* (Ingeniero Químico). Universidad de Oriente, Núcleo de Anzótegui. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Química. Puerto La Cruz- Venezuela.
8. **MIRANDA A. & RUFFES P. (1997).** *Torres de Refrigeración.* Ediciones CEAC. Madrid- España.
9. **PADOVAN S.A. (1998).** *Manual del Pasteurizador de Túnel 060-138.* Vittorio Veneto- Italia.
10. **ROUCO C, (2005).** *Master en Tecnología Cervecera,* 2ª Edición. Escuela Superior de Cerveza y Malta, Madrid-España.
11. **SHIROSE, K (1991).** *Programa De Desarrollo Del TPM.* Edición En Español Tecnología De Gerencia Y Producción S.A. Madrid - España.

12. **ULRICH, G. D. (1986)**. *Procesos de Ingeniería Química*. Editorial Interamericana, México.

Proyectos y Publicaciones Electrónicos:

13. **ALARCÓN, C.** *Programa de Entrenamiento Técnico para Pasteurizadores* [Artículo en línea]. Fecha de Consulta: 27 de abril de 2015.

Disponible en:

<http://www.barrywehmiller.com/literature/BarryWehmillerCo/PasteurizerTrain/TrainingPasteuri_914.pdf>

14. **CANALES, C. (2005)**. *Mejores Técnicas en la Industria Cervecera* [Libro en línea]. Fecha de Consulta: 23/04//15. Páginas 43-45,57-59.

Disponible en: <<http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20cervecera-74f8271308c1b002.pdf>>

15. **GOOGLE (2015)**. *Ubicación Planta Astra*. Google Earth [Mapa satelital en línea]. Fecha de consulta: 2 de agosto de 2015.

Disponible en:

< <http://earth.google.es>>.

16. **INSTITUTO TECNOLÓGICO AGROALIMENTARIO (2000)**. *Mejores Técnicas Disponibles en el Sector Cervecerero* [Libro en línea]. Fecha de consulta: 4 de septiembre de 2015. Pág. 15, 16, 17, 91.

Disponible en:

<www.prtr-es.es/dato/images/la%20industria%20cervecera-7478271308c1b002.pdf>

17. **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DIRECCIÓN DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL (2003)**. *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Cervecerero* [Libro en línea]. Fecha de consulta: 17 de agosto de 2015. Pág. 29,30.

Disponible en:

<www.prtres.es/dato/images/gu%C3%Apa%20mtd%20en%20espa%C3%Bra%20sector%20cervecero-a2402d26be1cd61c.pdf>

18. **RAMOS, M. (2014, NOVIEMBRE 27).** *Optimización del Uso del Agua en la Industria de Cervezas* [Artículo en línea]. Fecha de Consulta: 02 de mayo de 2015.

Disponible en:

<http://www.google.com.bo/url?sa=t&rct=j&q=optimizacion%20del%20uso%20del%20agua%20en%20la%20industria&source=web&cd=3&ved=0CFQQFjAC&url=http%3A%2F%2Fhydriaweb.com.ar%2Fkb%2Ffile%2F246%2F327%2F&ei=sMnGT6_BI4boggfZivztCg&usg=AFQjCNHCH5QtD>