



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA
TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS**

Manuel Alejandro Estrada Solares
Asesorado por Ing. Federico G. Salazar
e Ing. Roberto Guzmán

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA
TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MANUEL ALEJANDRO ESTRADA SOLARES

ASESORADO POR EL ING. FEDERICO G. SALAZAR

E ING. ROBERTO GUZMÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 01 de marzo de 2013.



Manuel Alejandro Estrada Solares

Guatemala 4 julio de 2013

Ingeniero

Víctor Manuel Monzón

Director de Escuela de Ingeniería Química

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Estimado ingeniero Víctor Monzón

Por este medio le envié mi dictamen de aprobación del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS**. Trabajo que podrá continuar con el proceso, para su aprobación por medio de la terna evaluadora y que fue realizado por el estudiante universitario **Manuel Alejandro Estrada Solares con Carné No. 200714881**, quien cursa la carrera de Ingeniería Química y es asesorado por mi persona.

De antemano agradeciendo su amable atención me despido de usted.

Atentamente,



Federico G. Salazar R.
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO 201

Ing. Federico Salazar
Catedrático Universitario
Termodinámica 3 y 4



Guatemala, 15 de julio de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.040.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-028-2013-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Manuel Alejandro Estrada Solares.**

Identificado con número de camé: **2007-14881.**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO.**

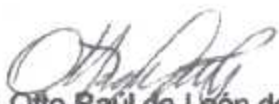
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Federico Salazar.**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Otto Raúl de León de Paz
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2009 - 2015





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **MANUEL ALEJANDRO ESTRADA SOLARES** titulado: "**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, agosto 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADOS PARA TRABAJAR DE FORMA PRESURIZADA EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE BEBIDAS.**, presentado por el estudiante universitario: **Manuel Alejandro Estrada Solares**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, agosto de 2013



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi padre, mi fuente de sabiduría y fuerza, en el trayecto de mi vida.
Mis padres	Mario Rodolfo Estrada Toledo y Ana María Solares, por su amor, comprensión y ayuda, este logro es también de ellos.
Hermano, hermanas y demás familiares	Por estar a mi lado y expresarme su amor, amistad y solidaridad en cada momento.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme los conocimientos, para mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme cumplir mis metas y por su indispensable ayuda para alcanzar mis objetivos.
Mis padres	Por apoyarme en cada momento, dejando atrás mis errores y faltas.
Ingenieros José Luis Quemé y Jorge Domínguez	Por confiar en mí y permitirme realizar este estudio bajo su tutela.
Familia Ronquillo Marroquín	Por su cariño e importante ayuda en el desarrollo de este estudio, para ellos mi amistad y cariño.
Asesores	Por su guía y apoyo en la elaboración de este estudio, sin poner límites ni peros, en la resolución de mis dudas.
Amigos y amigas	Por comprenderme y aceptarme tal como soy, su apoyo y amistad siempre me estarán presentes, en mi mente y corazón.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MARCO DE ANTECEDENTES	1
2. MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1. Determinación del problema	3
2.1.1. Definición del problema	3
2.2. Justificación	4
2.2.1. Definición del problema	5
2.2.1.1. Alcances	5
2.2.1.2. Limitantes	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Aspectos básicos de sistemas de vapor de uso en la industria	7
3.1.1. Generalidades	7
3.1.2. Sistema de retorno de condensados	7
3.1.3. Condensador	8
3.1.4. Condensado	9
3.1.5. Tanque de recolección de condensados	9
3.1.6. Evaporación instantánea	10

3.1.7.	Desgasificación o deaireación del condensado	10
3.1.8.	Trampas de vapor	11
3.2.	Consideraciones de la construcción de un sistema de retorno.....	13
3.2.1.	Generalidades	13
3.2.2.	Códigos y normas	13
3.2.3.	Recipientes a presión.....	14
3.3.	Pruebas para verificar el funcionamiento a presión de un sistema de tuberías y tanques.....	16
3.3.1.	Ensayos no destructivos.....	16
3.3.1.1.	Radiográfico	17
3.3.1.2.	Ultrasónico	17
3.3.1.3.	Ensayo de penetración de líquido	17
3.3.1.4.	Ensayo hidrostático	17
3.4.	Política de Producción Más Limpia	18
4.	MARCO METODOLÓGICO	21
4.1.	Definición de variable	21
4.1.1.	Variables independientes	21
4.1.2.	Variables dependientes	21
4.2.	Delimitación del campo de estudio.....	22
4.2.1.	Población de estudio	22
4.2.2.	Selección y tamaño de la muestra	22
4.3.	Recurso humano disponible.....	23
4.4.	Recursos materiales disponibles.....	23
4.4.1.	Materiales fase de gabinete	23
4.4.2.	Materiales fase de campo	23
4.5.	Diseño de la investigación.....	25
4.5.1.	Tipo de investigación.....	25

4.5.2.	Método en la evaluación de las trampas de vapor.....	25
4.5.3.	Método en la evaluación de la tubería del sistema de retorno de condensado.....	26
4.5.4.	Método en la evaluación del tanque de retorno de condensados y deareador	26
4.6.	Análisis estadístico	27
4.6.1.	Valor promedio	27
4.6.2.	Desviación estándar	28
4.7.	Diagnóstico de la situación actual y plan de mejora	28
5.	RESULTADOS	31
5.1.	Análisis de las evaluaciones del sistema de retorno de condensados	34
5.2.	Propuestas para la modificación del sistema de retorno de condensado	36
5.2.1.	Propuesta A.....	36
5.2.2.	Propuesta B.....	39
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	45
	BIBLIOGRAFÍA.....	47
	APÉNDICES	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de flujo de la metodología a seguir para el cumplimiento de las variables de estudio.....	24
2.	Valor Actual Neto de la inversión versus Valor Actual Neto de los ingresos, para la determinación del tiempo de pago de la inversión de la Propuesta A.....	38
3.	Valor Actual Neto de la inversión versus Valor Actual Neto de los ingresos, para la determinación del tiempo de pago de la inversión de la Propuesta B.....	40

TABLAS

I.	Evaluación de tanques.....	31
II.	Evaluación de las secciones de tubería instalada en el sistema de retorno de condensados.....	32
III.	Evaluación de las trampas de vapor instaladas en el sistema de retorno de condensados.....	33
IV.	Gastos de inversión de la propuesta A.....	36
V.	Ingresos provenientes del ahorro de insumos al implementarse la propuesta A.....	37
VI.	Valores Actuales Netos de la inversión y el ahorro, en propuesta A...	37
VII.	TIR y tiempo económico de pago calculado para la propuesta A.....	38
VIII.	Gastos de inversión de la propuesta B.....	39

IX.	Ingresos provenientes del ahorro de insumos al implementarse la propuesta B.....	39
X.	Valores Actuales Netos de la inversión y el ahorro, en propuesta B....	40
XI.	TIR y tiempo económico de pago calculado para la propuesta B	41

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ACO	Agua condensada de retorno
ACC	Agua de alimentación de calderas
ASE	Agua suave a torres de enfriamiento
ASR	Agua suave de reposición
Q_{Bomba}	Caudal de bomba calculado
cm	Centímetro, unidad de longitud
ρ_T	Densidad del agua a una temperatura dada
S_x	Desviación estándar
D	Diámetro nominal, unidad de longitud
S	Esfuerzo mecánico
E	Factor de eficiencia de junta
kPa	Kilo pascales, unidad de presión
lbf/in²	Libra sobre pulgada cuadrada, unidad de presión
C	Margen por corrosión
m	Metro, unidad de longitud
mm	Milímetro, unidad de longitud
PE	Pérdidas en puntos de muestreo
P	Presión máxima de operación
in	Pulgada, unidad de longitud
t	Tiempo
bar	Unidad de presión
X	Valor promedio
VT	Volumen teórico

GLOSARIO

Agua suave	Agua utilizada para la producción de vapor, la cual ha recibido un tratamiento químico previo, para evitar incrustaciones en la tubería o la caldera.
Bomba purgadora	Bomba impulsadora del condensado proveniente, de la tubería de retorno y cuya fuerza motriz consiste en el vapor o un gas a una presión dada.
Cabeza	Término utilizado para describir a la tapadera de un recipiente contenedor.
Corrosión	Resultado de la reacción química de oxidación sobre la superficie de un metal, la cual modifica las propiedades físicas y químicas del mismo, haciéndolo menos resistente y disminuyendo su tiempo de vida útil.
Delta de temperatura	Diferencia entre el valor de temperatura mayor y el valor de temperatura menor, en la entrada y/o salida de un fluido, a través de una trampa de vapor o tubería.

Hierro galvanizado	Hierro que ha recibido un tratamiento electroquímico, lo cual genera una capa de zinc en su superficie, que lo protege de la corrosión.
Sistema presurizado	Sistema que trabaja a una presión mayor a la atmosférica.
Sonda de ultrasonido	Equipo que a través del envío de ondas sonoras, es capaz de medir de forma indirecta el espesor de paredes metálicas y no metálicas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación presenta los resultados obtenidos de la evaluación realizada a un sistema de retorno de condensados, de una industria de fabricación de bebidas de Quetzaltenango.

En dicha evaluación se buscó determinar si el sistema conformado por un tanque colector, tuberías y trampas de vapor, era capaz de trabajar a una presión de 413 kPa.

Se hizo uso de equipo de medición de espesores, termómetro infrarrojo, ecuaciones matemáticas y especificaciones técnicas de los equipos que conforma el sistema de retorno de condensados. Obteniendo que las trampas de vapor, trabajan correctamente y son capaces de trabajar a la presión propuesta, el sistema de tuberías es capaz de soportar la presión propuesta en la mayoría de su trayecto y en otros tramos no y el tanque recolector no es capaz de trabajar a la presión propuesta.

Por ende, se recomendó realizar una serie de modificaciones que incluía la compra de tubería nueva, un tanque recolector nuevo y una bomba trampa, dichas modificaciones se evaluaron a través del valor presente neto y la tasa interna de retorno, estimando que el tiempo de recuperación de la inversión es similar en ambas propuestas, aproximadamente 5 años.

Y la decisión final de compra de dichos equipos será tomando en consideración, distribuidores, marcas, disponibilidad de equipos y soporte técnico.

OBJETIVOS

General

Evaluar si el sistema de retorno de condensados, de una industria de bebidas, puede trabajar de forma presurizada.

Específicos

1. Evaluar las condiciones físicas de los equipos del sistema de retorno de condensados, el cual está compuesto por: un tanque venteado a la atmósfera, un tanque deaerador, sistema de tuberías y trampas de vapor.
2. Determinar los valores máximos teóricos de presión, en los cuales pueden trabajar las tuberías y tanque recolector de condensados.
3. Proponer modificaciones y adaptaciones al sistema actual, para que trabaje de forma presurizada.
4. Evaluar financieramente la propuesta o modificación más factible en el sistema.

INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra, la evaluación de un sistema de retorno de condensados, que actualmente trabaja a presión atmosférica y el cual, se desea trabaje a presiones mayores a esta.

Así también, cabe decir que el mismo, consta de un tanque de recolección de condensados el cual tiene una abertura hacia la atmósfera, lo que provoca que en este ocurra una evaporación instantánea, que permite la eliminación del oxígeno y dióxido de carbono disuelto en el vapor de agua, pero al realizarse esta evaporación, se pierde vapor, que a su vez es agua que ha recibido previamente una serie de tratamientos lo cual la hace tener un valor agregado significativo.

Por ende se hicieron evaluaciones al sistema y los datos obtenidos a través de dichas evaluaciones y descripciones técnicas, permitieron determinar valores máximos teóricos de operación, en lo que respecta a presión y así, se especificaron los cambios y adaptaciones que deben realizarse al sistema, para que este trabaje presión superior a 1 atm, la cual constituye la presión de trabajo actual en el tanque de recolección. Y así, obtener ahorros considerables de energía calorífica suministrada al sistema y de volúmenes de agua tratada, que se pierde como vapor en la evaporación instantánea.

1. MARCO DE ANTECEDENTES

Actualmente se han realizado estudios en el sistema de vapor, acerca de las pérdidas de volúmenes de agua tratada, al convertirse esta en vapor instantáneo y escapar a través de una abertura que tiene el tanque de recolección de condensados.

De tal forma en el 2011, Francisco Ronquillo, en su trabajo titulado: Evaluación del sistema de vapor de una industria de bebidas para la reducción de las pérdidas de condensados de vapor, determinó a través de un balance de masa, que el porcentaje de agua tratada que se pierde en forma de vapor, debido a la evaporación instantánea en el tanque recolector de condensados, es de 12,5%, y hace referencia que las trampas de vapor que están conectadas en el sistema de retorno de condensados, reportan que el vapor contenido en ellas tiene una temperatura de 135°C.

Sin embargo, el condensado recolectado presenta una temperatura de 85°C, en el tanque deareador, el cual en conjunto con el tanque de recolección, representan las fuentes de agua de alimentación de las calderas.

Así también, Jorge Villacrés y Francisco Andrade en el trabajo titulado: Ahorro energético en el sistema recuperador de condensados de una planta industrial en Guayaquil utilizando un Surge Tank, indican que un circuito totalmente cerrado en el sistema de retorno de condensados, presenta una eficiencia de 95% en masa de los mismos y que un sistema de condensados presurizado puede ahorrar como mínimo de un 15 % a 35 % en los costos de

combustible, en comparación con los sistemas tradicionales, que son venteados a la atmósfera.

Por lo cual, la propuesta de Villacrés y Andrade, es sustituir el tanque recolector de uso convencional, por uno que trabaje a presión superior a la atmosférica, denominado Surge Tank. De esta forma, los autores anteriores, realizaron un trabajo que se basa en describir la disminución de costos, que la implementación, de este tipo de equipos representa.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Determinación del problema

En esta sección se describe las premisas que permitieron definir el problema de estudio del presente documento.

2.1.1. Definición del problema

Actualmente se determinó que existen pérdidas significativas de los condensados, que son llevados hacia el tanque de recolección. Estas pérdidas son consecuencia de la evaporación instantánea, que ocurre en dicho tanque el cual tiene un venteo hacia la atmósfera y las cuales se estiman en 12,5 % del condensado recolectado.

Las pérdidas de condensado en el tanque de recolección, tienen su importancia al hacer mención, que dicho condensado es agua que ha sido previamente tratada, para su ingreso a las calderas, además, es preciso mencionar que el condensado obtenido, tiene una temperatura mayor a la del ambiente, por lo cual ya ha obtenido una ganancia de energía calorífica, en comparación con el agua que se usa de reposición.

Así también, se tiene el conocimiento que algunas trampas de vapor tienen en su salida, una lectura de temperatura que asciende a 135°C, lo cual hace pensar que estas no están funcionando adecuadamente, ahondando el problema que se presenta en el tanque, donde son recolectados los condensados.

2.2. Justificación

El presente trabajo de diseño de investigación, tuvo como objetivo principal: la evaluación y/o determinación de la capacidad de un sistema de retorno de condensados, para trabajar de forma presurizada y así aprovechar en mayor medida, la energía térmica del condensado y a su vez disminuir la cantidad de condensado, que se pierde en el venteo atmosférico en el tanque recolector.

Por lo tanto, se buscó conocer la presión máxima teórica de operación en la cual el sistema de retorno de condensados, y el tanque de recolección puede trabajar. Además, se verificó el buen funcionamiento de las trampas de vapor, con el fin de disminuir las pérdidas de condensado, que se dan por la evaporación instantánea en el tanque recolector.

Por ello, se hizo necesario conocer las especificaciones técnicas del tanque recolector y deareador, así como, de las tuberías, trampas de vapor y así, se pudo definir los límites máximos de trabajo en el sistema y si su funcionamiento es el adecuado.

Sin embargo, cabe mencionar que no existen en la actualidad, manuales específicos de los equipos y tuberías instalados en este sistema de retorno de condensados, debido a la antigüedad del mismo, por lo cual se hizo uso de mediciones prácticas de las características evaluadas, como también, se utilizaron datos provenientes de fuentes confiables de información, que permitieron determinar en especial la presión máxima a la cual el sistema puede trabajar.

Se hizo un cálculo financiero a través de la tasa interna de retorno, para definir los costos y la mejor opción de inversión, al momento que se recomendaron, modificaciones al sistema.

2.2.1. Definición del problema

En esta sección se identifican los alcances y limitaciones del problema que se estudió.

2.2.1.1. Alcances

El presente trabajo, está delimitado por el área física que corresponde al sistema de retorno de condensados, el cual está compuesto por el tanque de recolección de condensados, un tanque deareador y las tuberías correspondientes, las cuales están ubicadas, desde las salidas del vapor ya subenfriado, proveniente de la sección de embotellado y sala de cocimientos.

Así también, se evaluó todas las trampas de vapor que están colocadas en el trayecto del mismo.

De tal forma que las evaluaciones, datos y resultados, fueron obtenidos de este sistema y comparaciones bibliográficas. De manera que se presentó la mayor cantidad de información necesaria, con la cual se obtuvieron los límites máximos de presión de trabajo.

2.2.1.2. Limitantes

Como se expresó anteriormente, el presente trabajo permitió la evaluación del sistema, sin embargo, las modificaciones físicas hacia el mismo será responsabilidad del equipo de expertos de la empresa, así como el costo que esto represente.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Aspectos básicos de sistemas de vapor de uso en la industria

En esta sección se describe los aspectos teóricos utilizados en el desarrollo del presente documento.

3.1.1. Generalidades

De manera general, se puede decir que un sistema de vapor está compuesto por subsistemas, que a su vez están divididos en secciones que son representadas por equipos o conjuntos de estos, de tal forma que se puede realizar la siguiente afirmación: un sistema de vapor, se divide en el sistema de generación de vapor, sistema de distribución de vapor y generación de potencia, sistema de vapor en el proceso de producción y sistema de recuperación, siendo el primero y el último, donde se hará mayor énfasis por objeto directo de este trabajo.

3.1.2. Sistema de retorno de condensados

El sistema de retorno de condensados, constituye la fuente principal de alimentación para el sistema generador de vapor, sin embargo, a sabiendas que el vapor utilizado en los procesos, es el mismo que posteriormente se condensa, para volver a ser ingresado en estado líquido a la caldera. Este vapor ha disminuido en su cantidad inicial, ya que en el transcurso del proceso, se tienen pérdidas importantes, aunque algunas veces necesarias, tal es el

caso de las purgas al sistema, así como venteos, que permitan la salida de gases no condensables del mismo.

Además, el condensado de vapor es un recurso extremadamente valioso, ya que normalmente es un agua tratada químicamente y de alta temperatura, por lo tanto, el captar el condensado del vapor, después de haber sido utilizado y retornarlo al tanque de alimentación de la caldera, permite reducir el consumo de combustible y por consecuencia, ahorro económico en la compra de éste y de manera paralela, al recuperar el condensado también existe un ahorro en el consumo de los químicos que son utilizados en el agua de reposición a la caldera.

Así también, se remarca que la importancia de recuperar la energía que tiene almacenada el condensado es para no gastar más combustible del que se necesita, esto es debido a que, si se ingresa agua a la caldera a una temperatura ambiente, la caldera tendrá que destinar energía para elevar su temperatura, que oscila alrededor de los 24°C, en promedio, hasta la temperatura de evaporación.

3.1.3. Condensador

Este es un intercambiador de calor, el cual resulta ser un componente importante del ciclo del vapor.

En instalaciones de generación de potencia, es un componente necesario del ciclo del vapor por dos razones. La primera, convierte el vapor, usado nuevamente en agua para regresarla al generador o a la caldera de vapor como agua de alimentación. Esto hace bajar el costo operacional de la planta permitiendo reutilizar el agua de alimentación, y resulta más fácil bombear un

líquido que el vapor. La segunda razón, aumenta la eficiencia del ciclo, permitiendo que el ciclo funcione y opere con los gradientes más grandes posibles, de temperatura y presión, entre la fuente de calor y el sumidero de calor.

3.1.4. Condensado

Se puede decir que constituye el fluido de trabajo el cual generalmente es agua y que ha recibido un tratamiento previo a su ingreso a la caldera, su importancia radica, en que este tratamiento le da un valor agregado al costo inicial del fluido, además, el condensado presenta una temperatura mayor a la del agua que ha sido tratada y que será ingresada por primera vez a la caldera.

En algunas ocasiones, el condensado proviene de un condensador propiamente, como sucede en las plantas de potencia de vapor, en otras, el condensado proviene del proceso donde el vapor ha entregado gran parte de su energía y se encuentra agotada, por lo cual debe recalentarse para agregarle la energía proveniente de la combustión, tal como ocurre en el caso en estudio de este protocolo.

3.1.5. Tanque de recolección de condensados

Este tiene como finalidad, el recolectar la mayor cantidad de condensado proveniente del proceso, con el propósito de integrarlo nuevamente a la carga de alimentación de las caldera y así, producir vapor con agua que ha sido tratada, aprovechando todos los beneficios de la misma.

Este generalmente es venteado a la atmósfera, lo cual permite que todos aquellos gases que no son condensables, puedan ser expulsados por el vapor que aún no ha condensado, al momento de ser ingresado al tanque.

3.1.6. Evaporación instantánea

Vapor instantáneo, es el nombre dado al vapor que se forma a partir del condensado caliente, cuando existe una reducción en la presión.

La diferencia del vapor generado de forma instantánea, respecto al vapor normal o vivo, es que el vapor normal se genera en la caldera, o en un generador de vapor por recuperación de calor, mientras que el vapor instantáneo, se genera cuando el condensado de alta temperatura se expone a una caída de presión, tal como la descarga de una trampa de vapor y al ocurrir esta descompresión el condensado empieza a evaporar, dicho vapor es el denominado, vapor instantáneo.

3.1.7. Desgasificación o deaireación del condensado

De acuerdo con la NST de Venezuela, el agua disuelve oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono y otros gases de la atmósfera directamente, hasta el punto de saturación, a una presión y temperatura específicas.

“La solución de aire en agua, ocurre de acuerdo con las leyes de Henry y de Dalton, que enuncian lo siguiente: la solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas e inversamente proporcional a la temperatura”¹.

¹NST de Venezuela, *Manual de operación y mantenimiento equipo cabezal desaireador UDA-RVF*. www.nstvenezuela.com/cartas/MANUALOPERACION-MANTENIMIENTO-DESAIREADOR.pdf. Consulta: octubre de 2012

Así que, la remoción de gases en el agua, se efectúa por tratamiento mecánico y térmico, por la adición de productos químicos o por la combinación de estos procesos. El método más ampliamente empleado, consiste en calentar en recipientes abiertos o de contacto (presurizados) en los cuales se obliga al agua a tener una turbulencia, lo que facilita la remoción del oxígeno y otros gases no deseados.

Además, Francisco Ronquillo, indica que el funcionamiento de los deareadores, consiste en dividir el agua de alimentación en finas gotitas, calentándolas, para transformarlas en vapor dentro del deareadores, y separar el aire, anhídrido carbónico y otros gases del vapor a medida que este se va condensando.

En los deareadores, el fluido calorífico normalmente usado es el vapor, a presiones comprendidas entre valores, altos hasta otros similares a la presión atmosférica. Así también, indica que un calentador de agua de alimentación, del tipo abierto o de contacto directo puede desempeñar la función de desgasificador, así a medida que el agua se calienta, esta va purgando los gases presentes en la misma.

3.1.8. Trampas de vapor

Según la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía de México, una trampa de vapor es una válvula automática, cuyo objetivo es descargar condensado, sin permitir que escape vapor vivo.

Además, se hace énfasis, que la eficiencia de cualquier equipo que utilice vapor, está en función de la capacidad con la que una trampa pueda drenar

condensado. Así también, se indica que las principales funciones de una trampa de vapor son:

- Drenar la mayor parte de condensado, en el equipo o tubería donde esta se encuentre instalada, manteniendo las condiciones de presión y temperatura que el vapor requiere para cumplir en el proceso.
- Eliminar los gases no condensables, ya que estos disminuyen la transferencia de calor, además entre estos se encuentra el oxígeno y dióxido de carbono, los cuales, en presencia de condensado resultan ser corrosivos.
- Evitar pérdida de vapor, el cual lleva alto contenido energético, así también agua del sistema.

Además las trampas de vapor, de acuerdo a su principio de operación se pueden dividir en:

- Mecánicas, las cuales trabajan a partir de la diferencia de densidad existente entre el vapor y el condensado, estas además pueden subdividirse en los tipos de balde invertido y tipo flotador con venteo termostático.
- Termostática, las cuales operan a partir de la diferencia de temperatura que hay entre el vapor y el condensado.

3.2. Consideraciones de la construcción de un sistema de retorno

En esta sección se describen los aspectos básicos a tomar en cuenta para la construcción de un sistema de retorno de condensados.

3.2.1. Generalidades

Cabe recordar, que el sistema de retorno de condensados transporta condensado, con trazas de vapor, por lo cual se espera que estos fluidos sean transportados, a una temperatura mucho mayor a la ambiental, permitiendo definir en primera instancia, que el material usado para el transporte del mismo, debe soportar altas temperaturas, para lo cual el Manual del Ingeniero Químico, detalla que el material más usado para altas temperaturas, son los metales e indicando que las propiedades mas importantes a examinar en ellos son: fluencia, la cual relaciona la tensión aplicada inicialmente con la velocidad de flujo plástico. La tensión de rotura, la cual relaciona la tensión y el tiempo que producirá la rotura, así también, la tensión a tiempos cortos.

3.2.2. Códigos y normas

Principalmente para tuberías que trabajan a presión, se hace uso del Código ANSI B31 (American National Standards Institute) y específicamente del Código ANSI B31.3 el cual es una sección del Código ANSI B31, derivado de la fusión de los códigos de tuberías para plantas químicas y refinerías de petróleo, que además está enfocado en construcciones soldadas y sin costura.

Así también, en las secciones del Código ANSI B31 es posible encontrar especificaciones, a cerca de materiales para tuberías y accesorios, así también, métodos de prueba de la American Society for Testing and Materials

(ASTM), especificaciones de la American Welding Society (AWS) y normas de la Manufactures Standardization Society of the Valve and Fittings Industry (MSS), teniendo en cuenta que muchas de estas normas contienen relaciones de presión - temperatura, dichas relaciones sirven de ayuda en trabajos de diseño de carácter ingenieril. Que para este caso en particular, la temperatura oscila entre 80 a 135°C y la presión es mayor a la atmosférica.

3.2.3. Recipientes a presión

Se recomienda construir tanques que presenten curvaturas en toda su estructura, ya que a medida que la presión aumenta, estas curvas son necesarias para distribuir las fuerzas en toda la estructura, de forma tal que la fuerza de presión que actúa contra el techo, se transmite al cuerpo del tanque. Este podría tener un peso suficiente para resistirla, de lo contrario la fuerza ascendente actuará sobre el fondo del tanque y para evitar eso se deberá hacer uso de anillos de anclaje o una cimentación fuerte.

Estos tanques pueden ser cilindros verticales, con techos en forma de cúpula, torisféricas, hemisféricas, o de formas tales como esférica, elipsoidales o estructuras toroidales.

Además, según Megyesy, se indica que los recipientes a presión están sujetos a diversas cargas, que causan esfuerzos de diferentes intensidades en los componentes de los mismos.

Así también, cabe recalcar que el tipo e intensidad de los esfuerzos, es una función de la naturaleza de las cargas de la geometría del recipiente y su construcción.

Entre las cargas, a las que puede estar expuesto el recipiente o tanque se citan las siguientes:

- Presión interna o externa.
- Peso del recipiente y su contenido.
- Reacciones estáticas del equipo auxiliar.
- Reacciones cíclicas y dinámicas debidas a la presión o a las variaciones térmicas.
- Presión del viento y fuerzas sísmicas, reacciones por impacto debido a choque hidráulico.
- Gradientes de temperatura y expansión térmica diferencial.

Entre los esfuerzos que se encuentran, se pueden citar los siguientes:

- Esfuerzos a la tensión.
- Esfuerzo longitudinal a la compresión.
- Esfuerzo primario general de membrana.
- Inducido por cualquier combinación de cargas.
- Esfuerzo primario de membrana sumado al esfuerzo primario de flexión.
- Esfuerzo primario general de membrana inducido por la combinación de sismos o de la presión del viento con otras cargas².

Siendo importante indicar que la fuerza sísmica y la presión del aire actúen simultáneamente.

² MEGYESY, Eugene. *Manual de recipientes a presión diseño y cálculo*. p. 17

3.3. Pruebas para verificar el funcionamiento a presión de un sistema de tuberías y tanques

En esta sección, se describen características de métodos y consejos, tomados del Manual del Ingeniero Químico y demás fuentes confiables de información, de las cuales se hará referencia puntual, para evitar ambigüedades en su explicación.

Existen dos tipos de ensayos, que pueden realizarse a equipos ya instalados, para poder definir si estos, resistirán a trabajar a presiones elevadas, dichos ensayos son del tipo destructivo y no destructivo, cuya diferencia radica en que al encontrarse una falla o grieta en el sistema, los del primer tipo revelaran la falla, a través de demostrar que el equipo está averiado en alguna parte del sistema y posiblemente agravar mas la falla o grieta. Los del segundo tipo muestran imágenes o señales, que indicarán donde se encuentra la posible falla o grieta.

Entre los ensayos del tipo no destructivo, se encuentran: radiográfico, ultrasónico y penetración de líquido. Y del tipo destructivo, puede mencionarse al ensayo hidrostático como el más importante y usado en la industria.

3.3.1. Ensayos no destructivos

Estos permiten hacer pruebas en los equipos, sin causar daños en los mismos.

3.3.1.1. Radiográfico

Se lleva a cabo mediante el empleo de rayos X o radiación gamma. Los primeros presentan mayor poder de penetración, pero el equipo empleado en la segunda técnica, es mucho más versátil, debido a su capacidad de empleo portátil, estos equipos no pueden hacer penetraciones superiores a 300 mm o 12 in.

3.3.1.2. Ultrasónico

Este utiliza vibraciones, con una frecuencia de entre 0,5 y 20 MHz, transmitidas al metal por medio de un transductor, este instrumento envía una serie de pulsaciones, que aparecen en una pantalla de rayos catódicos al salir y regresar nuevamente, después de reflejarse en la pared opuesta del material del objeto de examen. Cuando existe alguna grieta en el material o alguna inclusión en la trayectoria, tendrá lugar una reflexión de parte del haz y la pulsación inicial y su reflejo, estas se separan en la pantalla con una distancia que representa el espesor.

3.3.1.3. Ensayo de penetración de líquido

“Implica mojar la superficie con un fluido, que penetre las grietas abiertas. Luego de enjuagar el líquido en exceso, se recubre la superficie con un material que revelara la presencia de cualquier cantidad de líquido, que haya penetrado en las grieta, en algunos sistemas”.³

3.3.1.4. Ensayo hidrostático

³ PERRY, Robert. *Manual del Ingeniero Químico*. Vol. 2. p. 10.

Consiste en la aplicación de una presión a un equipo o línea de tuberías fuera de operación, con el fin de verificar la hermeticidad de los accesorios bridados y la soldadura, utilizando como elemento principal el agua o en su defecto un fluido no corrosivo.

Por lo general, un equipo que halla sido probado en los talleres del fabricante, no debería ser probado nuevamente después de su instalación, a menos que sea requerido por algunas de las autoridades locales, o si existe alguna sospecha de que el equipo halla sufrido algún daño durante el transporte.

Además, la prueba hidrostática permite, determinar la calidad de la ejecución del trabajo de fabricación o reparación de la línea o equipo, comprobar las condiciones de operación, para garantizar la seguridad tanto de las personas como de las instalaciones, detectar fugas, verificar la resistencia mecánica y probar la hermeticidad de los accesorios.

3.4. Política de Producción Más Limpia

Se define a la producción más limpia como: la combinación de las opciones de manejo ambiental más las opciones proactivas, es decir, prevención de desperdicios y reciclado de desechos del proceso en la planta misma.

Además, cabe mencionar que se entiende como desecho, cualquier material o energía que deja un proceso o instalación en cualquier forma que no sea un producto final, entre los cuales se pueden describir los siguientes:

- Derrames
- Desperdicio de empaque
- Devoluciones de mercado, desperdicios
- Efluentes
- Evaporación
- Lavados
- Pérdida de condensado
- Productos contaminados
- Reproceso
- Sobrellenado

Así también, se hace preciso decir que el costo de los desechos no es solo el valor agregado que este ha recibido a través del proceso, sino también, la realización de un nuevo proceso para su descarte dentro de la planta, lo cual implica costos ocultos dentro de la contabilidad de una empresa. Como también, de impuestos que las empresas deben cancelar por el aumento de cada uno de sus desechos al medio ambiente.

En consideración la producción más limpia no solo incluye la disminución de costos al disminuir la cantidad de los desechos, al ser estos reutilizados o disminuidos en cierta cantidad, sino también, el impacto ambiental cuyo valor económico no es cuantificado y el cual se verá disminuido, conforme las empresas ponen en marcha dicha política para el mejor manejo de sus desechos.

Por lo tanto para hacer que dicha política se realice, se debe seguir una planificación específica y sistemática que priorice los desechos, que en magnitud económica y ambiental sean los más importantes siguiendo los siguientes pasos:

- Organizar
- Analizar el proceso
- Identificar y evaluar alternativas para la Producción Más Limpia
- Asegurar el financiamiento del proyecto
- Implementar el proyecto
- Monitorear el cambio

Así también, una vez se seleccionen las alternativas de producción más limpia, estas deberán ser evaluadas para identificar los beneficios económicos que conlleva su implementación, además de su justificación respecto al entorno ambiental de la empresa según normas específicas que exijan a la empresa ser más eficiente y menos contaminante y la coloquen en un estatus de empresa calificada y certificada.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Definición de variable

Esta sección describe las variables estudiadas en el desarrollo de esta investigación.

4.1.1. Variables independientes

Se evaluaron, a través de la inspección física, los siguientes equipos y tomando en consideración, características específicas de los mismos:

- Condiciones actuales de las trampas de vapor.
- Condición del estado físico de la tubería de retorno de condensados.
- Estado físico del tanque recolector de condensado.
- Presión máxima teórica a la cual puede operar la tubería del sistema.
- Presión máxima teórica a la cual puede operar el tanque de recolección de condensados.

4.1.2. Variables dependientes

Se realizó una propuesta, para que el sistema de retorno de condensados trabaje de forma presurizada, tomando en cuenta las variables independientes.

- Propuesta de mejora en el sistema

4.2. Delimitación del campo de estudio

El presente documento, define las características que se evaluaron en el sistema de retorno de condensados, para determinar si este es capaz de trabajar de forma presurizada.

El área de trabajo, definida para la elaboración de la presente investigación fue delimitada por el centro de servicios y distribución de vapor de la Cervecería Nacional S.A. y en específico, por el sistema de retorno de condensados.

4.2.1. Población de estudio

El objetivo de estudio del presente trabajo estuvo compuesto por el sistema de retorno, que se divide en: sistema de tuberías del retorno de condensados, así también, el tanque recolector del mismo y las trampas de vapor, que estén dentro del recorrido del sistema.

4.2.2. Selección y tamaño de la muestra

Se tomaron secciones representativas del sistema de tuberías, las cuales mostraron las características específicas generalizadas de todo el sistema, tomando en consideración que la tubería es homogénea en todo su trayecto, así también, se observaron secciones del tanque de retorno, para representar las características del tanque en su totalidad y a sabiendas que el material usado es el mismo en toda su estructura, además, se verificaron todas las trampas de vapor que se presentaron en el sistema de retorno de condensados.

4.3. Recurso humano disponible

Tesista Manuel Alejandro Estrada Solares
Asesor Ing. Qco. Federico G. Salazar
Coasesor Ing. Mco. Roberto Guzmán

4.4. Recursos materiales disponibles

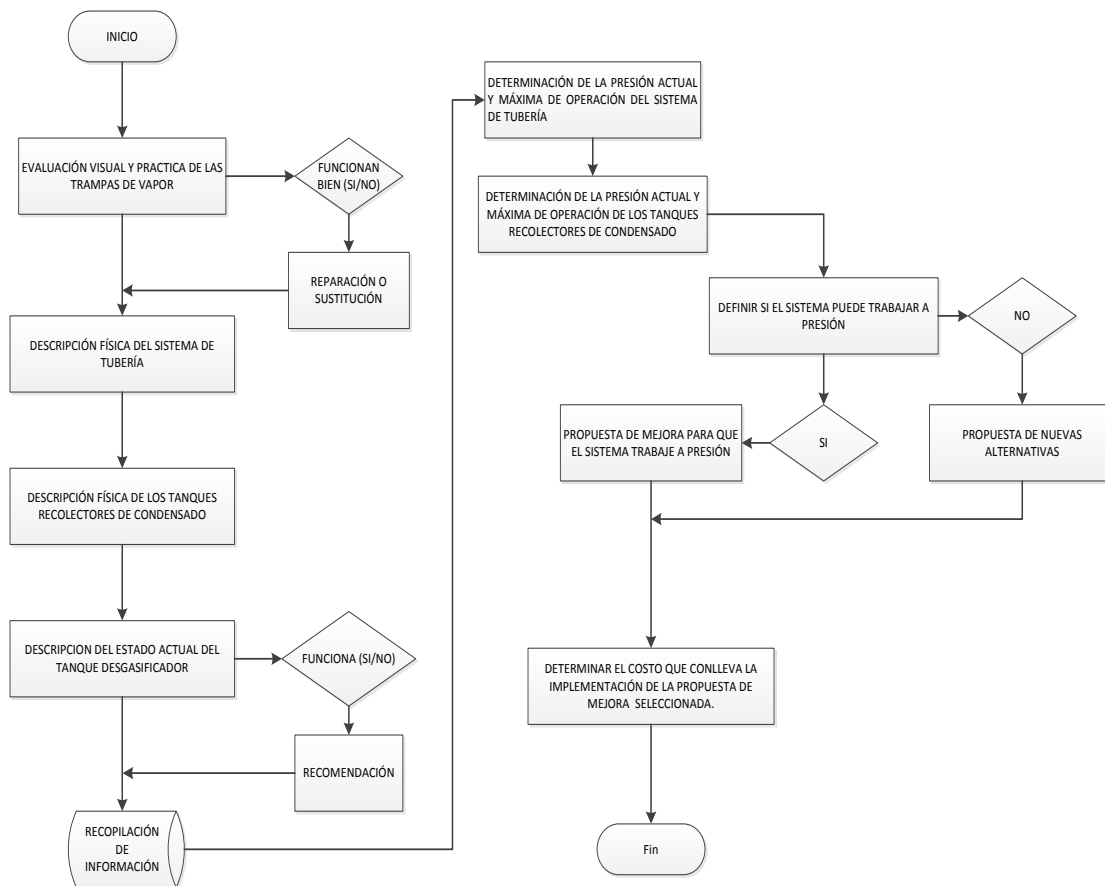
4.4.1. Materiales fase de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Procesador de texto Microsoft Word 2010®
- Programa de computadora Visio 2010®
- Procesador numérico Excel 2010®

4.4.2. Materiales fase de campo

- Sonda ultrasónica, marca CHEK-LINE®, precisión $\pm 0,001\text{in}$ (anexo 3).
- Termómetro infrarrojo, marca SKF®, precisión $\pm 0,01^\circ\text{C}$ (anexo 4).
- Medidor de flujo digital, marca SIEMENS®, precisión $\pm 0,001\text{m}^3/\text{h}$ (anexo 5).
- Llaves mecánicas.

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología a seguir para el cumplimiento de las variables de estudio



Fuente: elaboración propia, con programa visio®.

4.5. Diseño de la investigación

En esta sección se describen las características de la investigación realizada.

4.5.1. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo descriptivo, ya que se evaluó las condiciones físicas de los equipos y componentes del sistema de retorno de condensados y comparó con la Norma ASME BPVC sección VIII (Equipos a presión) el cual estará implícito en la utilización de ecuaciones que determinaron la presión máxima de operación permitida, tomando en consideración el desgaste por corrosión en su tiempo de vida en uso.

4.5.2. Método en la evaluación de las trampas de vapor

- Descripción: se evaluaron las trampas de vapor de forma visual y práctica al medir el delta de temperatura de entrada y salida de la trampa, si el delta era menor a 10°C, significo que la trampa no estaba trabajando bien.
- Finalidad: fue evitar la entrada de vapor vivo al sistema de retorno de condensados, disminuyendo la cantidad de vapor instantáneo en el venteo del tanque recolector de condensado.

4.5.3. Método en la evaluación de la tubería del sistema de retorno de condensado

- Descripción: se describió las características de la tubería del sistema de retorno de condensados, obteniendo todos los datos correspondientes de la misma, e indicando la presión actual de operación y comparándola con las normas correspondientes y de esta forma se determinó la presión máxima de operación teórica de las misma.
- Finalidad: fue determinar de forma comparativa a través de la norma la presión máxima de operación actual de la tubería.

4.5.4. Método en la evaluación del tanque de retorno de condensados y deareador

- Descripción: se indicó las características físicas del tanque de recolección de condensados y deareador, y se obtuvo de forma práctica y teórica la presión actual de operación y la presión máxima de diseño de los mismos a través de las especificaciones de fabricación de los mismos.
- Finalidad: fue determinar de forma comparativa la presión máxima de operación a la cual pueden trabajar.

4.6. Análisis estadístico

En esta sección se describen las variables estadísticas utilizadas para el desarrollo de la presente investigación.

4.6.1. Valor promedio

Se usó el valor promedio, en la evaluación de los datos tomados del consumo de agua suave y el sistema de tubería general, así como los datos obtenidos para los tanques recolectores de condensado, con ello se trabajó con valores que permitieron generalizar el sistema y descartar sesgos por datos no representativos.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ecuación 1

Dónde:

- X = valor promedio
- $\sum_{i=1}^n x_i$ = sumatoria de cada valor de muestra tomado
- n = número de datos tomados

4.6.2. Desviación estándar

Con esta se encontró la dispersión de los datos obtenidos, respecto al valor promedio calculado.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |\bar{x} - x_i|}{n-1}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

- S_x = Desviación estándar
- \bar{x} = valor promedio
- x_i = valor del dato sub i
- $\sum_{i=1}^n | \quad |$ = sumatoria del valor absoluto
- n = número de datos tomados

4.7. Diagnóstico de la situación actual y plan de mejora

Con los datos y valores obtenidos, se hizo una comparación pertinente usando como base el Código ASME BPVC sección VIII o cuya fuente incluyo dicho código, para determinar si el sistema de retorno de condensado, era apto para trabajar a presión. De esta manera se definió la presión de trabajo máxima permitida y establecer si esta cumple con el requerimiento de presión de la empresa.

Así también, se hizo la propuesta de modificaciones o adaptaciones, para que el sistema pueda trabar de forma segura y presurizada, indicando el costo monetario que eso conlleva, así como, el tiempo necesario para el retorno del costo calculado.

Sin embargo, de no haberse encontrado apto el sistema de retorno de condensados para trabajar a presión, se pudo haber planteado alternativas viables tal como, un cabezal deareador el cual permite aprovechar el vapor instantáneo, para su mezcla con agua de reposición permitiendo dearear la misma y a su vez permita aprovechar la energía calorífica que se transfiere del vapor instantáneo al agua de reposición. Así también, se podrá evaluar la de compra de nuevos equipos y accesorios.

5. RESULTADOS

Tabla I. Evaluación de tanques

Tanque	Presión máxima de operación (kPa)	Observaciones	Resultado de la evaluación
Recolector de condensados	300,325	<p>El tanque es de manufactura artesanal con deficiencias de diseño para soportar altas presiones, ya que no cumple con características específicas descritas según Megyesy⁴</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor 5mm (mínimo 6,5 mm) • Placa de datos (Ausente) • Cabezas semiesféricas, elipsoidal y/o ASME bridada y alabeada (No presenta ninguna) 	El tanque de retorno de condensados no es adecuado para trabajar a presión ya que no cumple con características específicas de manufactura para dicho trabajo.
<p>Deaerador</p> <p>Marca: YORK SHIPLEY, INC</p> <p>Modelo: YSD-90</p>	500,199	<p>El tanque no se encuentra en funcionamiento normal, debido a la falta de una válvula reguladora de presión a la entrada del mismo además el tanque presenta las siguientes características.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de pared 9,5 mm • Soldadura de arco metálico • Cabezas semiesféricas, con manhall 	El tanque cuenta con las condiciones necesarias para trabajar a presión.

Fuente: elaboración propia.

⁴ MEGYESY, Eugene. Manual de recipientes a presión diseño y cálculo. p. 160.

Tabla II. **Evaluación de las secciones de tubería instalada en el sistema de retorno de condensados**

Sección de tubería	Presión máxima de operación calculada (kPa)	Observaciones	Evaluación Respecto a la presión a trabajar (413,68 kPa)
1	286,75	Tubería de hierro negro	No recomendable trabajar a presión esta sección de tubería
2	389,89	Tubería de hierro galvanizado	No recomendable trabajar a presión esta sección de tubería
3	1 330,68	Tubería de hierro galvanizado	Se puede trabajar a presión con esta sección de tubería
4	1 906,46	Tubería de hierro negro	Se puede trabajar a presión con esta sección de tubería

Fuente: elaboración propia.

Para mayor comprensión se indica que los valores de presión fueron calculados, tal como se describe en el apéndice 8.4 (determinación de la presión máxima de operación en tuberías instaladas), además la presión a trabajar es un parámetro puesto por la empresa, el cual es 60 psi o 413,68 kPa.

Tabla III. **Evaluación de las trampas de vapor instaladas en el sistema de retorno de condensados**

Trampa #	Tipo de trampa	Delta de temperatura actual (°C)	Funcionamiento actual respecto al delta de temperatura >10°C = Bueno <10°C= Malo	Contrapresión (Kpa)
1	Termodinámica	54,00	Bueno	3 360,95
2	Flote termostática	50,00	Bueno	1 120,31
3	Flote termostática	60,00	Bueno	1 120,31
4	Flote termostática	48,90	Bueno	1 120,31
5	Termodinámica	50,00	Bueno	3 360,95
6	Termodinámica	26,00	Bueno	3 360,95
7	Termodinámica	48,00	Bueno	3 360,95
8	Termodinámica	40,00	Bueno	3 360,95
9	Termodinámica	33,80	Bueno	3 360,95
10	Flote termostática	15,00	Bueno	1 120,31
11	Flote termostática	14,00	Bueno	1 120,31
12	Termodinámica	17,40	Bueno	1 040,28
13	Flote termostática	18,01	Bueno	1 280,36
14	Flote termostática	16,40	Bueno	1 280,36
15	Flote termostática	17,00	Bueno	1 280,36
16	Flote termostática	21,00	Bueno	1 280,36
17	Flote termostática	16,00	Bueno	1 280,36
28	Flote termostática	14,06	Bueno	1 280,36
19	Flote termostática	14,00	Bueno	1 280,36
20	Flote termostática	18,20	Bueno	1 280,36
21	Cubeta invertida	19,00	Bueno	1 360,38

Fuente: Apéndice 10, Spirax Sarco TI-P068-18 PDF. p 1.

5.1. Análisis de las evaluaciones del sistema de retorno de condensados

De acuerdo a las evaluaciones obtenidas en las tablas, se determinó lo siguiente:

- El tanque de retorno de condensados no es apto para trabajar de forma presurizada, ya que no cumple con características de diseño adecuadas en las tapaderas del mismo, así como el espesor mínimo que debe tener un recipiente a presión.
- El tanque deareador es apto para trabajar de forma presurizada ya que contiene las características necesarias para dicho trabajo, según se indica en la tabla VI.
- La tubería de hierro negro de diámetro 5,08 cm no es apta para trabajar a la presión deseada (413,68Kpa), ya que el dato de presión máxima teórica indica que 286,75 kPa, es la presión máxima a la cual puede trabajar dicha tubería, ver tabla VII.
- La tubería de hierro galvanizado de diámetro de 6,35 cm, no es apta para trabajar a la presión deseada (413,68Kpa), ya que el dato obtenido de presión máxima teórica, indica que la presión en la misma no debe sobrepasar los 389,89 kPa.
- La tubería de hierro galvanizado de diámetro 7,62cm, si es apta para trabajar a la presión deseada (413,68Kpa), ya que la presión máxima calculada para dicha tubería permite trabajar con una presión de hasta 1 330,68 kPa.

- La tubería de hierro negro de diámetro de 10,16 cm, si es apta para trabajar a la presión deseada (413,68Kpa), ya que según el cálculo de la presión máxima teórica obtenido, la tubería es capaz de soportar una presión de hasta 1 906,46 kPa.
- Las trampas de vapor son capaces de trabajar a un 80% de contra presión máxima, respecto a la presión de entrada según las indicaciones del fabricante, por lo cual no presentan mayor dificultad para trabajar en un sistema presurizado, esto tomando en consideración las presiones a las que fueron diseñadas las mismas, para lo cual se puede tener idea al observar el apéndice 10.
- El delta de temperatura de 10°C es un parámetro empírico desarrollada *in situ* por los ingenieros encargados de mantenimiento, los cuales tienen como premisa que un cambio en la temperatura mayor de 10°C es suficiente para hacer que el vapor subenfriado, condense sin una variación considerable en su presión.
- De acuerdo al delta de temperatura tomado, se determinó que todas las trampas de vapor en el sistema de retorno de condensado, trabajan de manera correcta.

5.2. Propuestas para la modificación del sistema de retorno de condensado

En esta sección se presentan las propuestas de modificaciones, estudiadas en el desarrollo de la presente investigación.

5.2.1. Propuesta A

Consiste en un nuevo tanque de retorno de condensados con volumen superior al teórico calculado (8m^3), así como de nuevas secciones de tubería de hierro negro sin costura cédula 80 con diámetro de 2 in (sección 1) y 2,5 in (sección 2), además una bomba de condensado del tipo Spirax Sarco APT 14HC de acción automática, con capacidad de descarga de 9 000 kg/h y presión de trabajo de 5 bar.

Tabla IV. Gastos de inversión de la propuesta A

Descripción	unidades	costo unitario (Q)	subtotal (Q)
Tanque nuevo York Shipley®	1	394 500,00	394500,00
Bomba purgador Armstrong PT-408	1	41 875,47	41 875,47
Tubería cédula 80, 2 in	9	680,60	6 125,40
Tubería cédula 80, 2,5 in	10	901,60	9 016,60
Manga aislante térmico	52	36,71	1 908,92
TOTAL			453 425,99

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Ingresos provenientes del ahorro de insumos al implementarse la propuesta A**

Descripción	Periodo de tiempo de obtención	Monto (Q)
Ahorro en combustible (Buncker)	Anual	92 770,40
Ahorro en Agua tratada	Anual	7 668,58
TOTAL		100 438,98

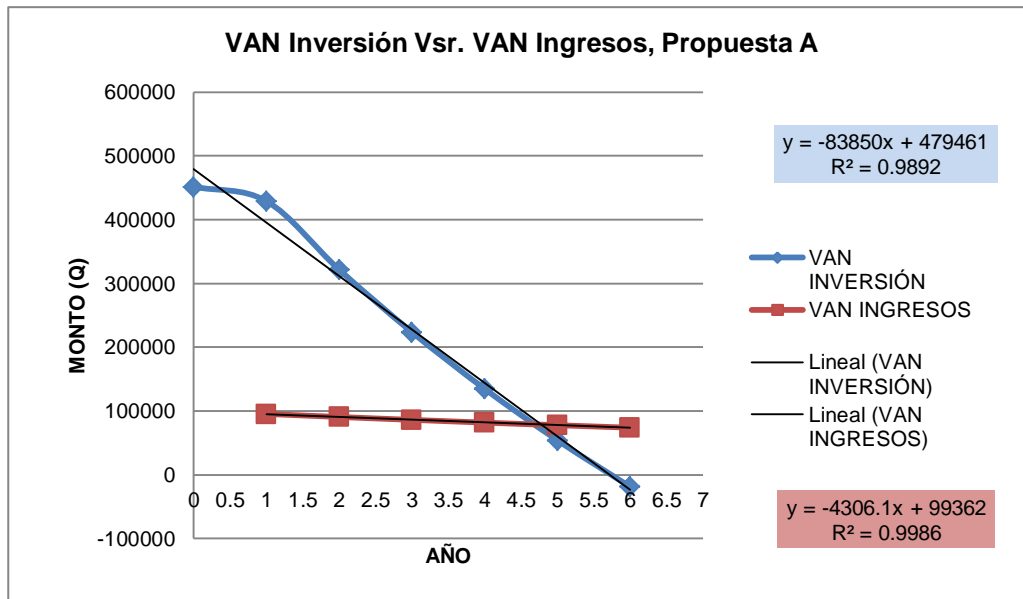
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Valores Actuales Netos de la inversión y el ahorro, en propuesta A**

Año	VAN de Inversión	VAN de Ahorro
0	Q 453 425,99	Q 0,00
1	Q 430 808,54	Q 95 428,96
2	Q 323 173,11	Q 90 668,85
3	Q 225 203,74	Q 86 146,17
4	Q 136 203,94	Q 81 849,09
5	Q 55 522,64	Q 77 766,36
6	-Q 17 448,59	Q 73 887,28

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Valor Actual Neto de la inversión versus Valor Actual Neto de los ingresos, para la determinación del tiempo de pago de la inversión de la Propuesta A**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **TIR y tiempo económico de pago calculado para la propuesta A**

TIR %	Tiempo económico de pago, calculado (año)
6	5,39

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Propuesta B

Consiste en una propuesta similar a la A, pero difiere al tipo de bomba propuesta, que para este caso es una bomba de condensado vertical en acero serie PT- 408, de la marca Armstrong, con capacidad de descarga de 5 534 kg/h.

Tabla VIII. **Gastos de inversión de la propuesta B**

Descripción	unidades	costo unitario (Q)	subtotal (Q)
Tanque nuevo York Shipley®	1	394 500,00	394 500,00
Bomba purgador Spirax- Sarco APT 14HC	1	52 286,92	52 286,92
Tubería cédula 80, 2 in	9	680,60	6 125,40
Tubería cédula 80, 2,5 in	10	901,60	9 016,60
Manga aislante térmico de tubería	52	36,71	1 908,92
TOTAL			463 837,84

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Ingresos provenientes del ahorro de insumos al implementarse la propuesta B**

Descripción	Periodo de tiempo de obtención	Monto (Q)
Ahorro en combustible (Buncker)	Anual	92 770,40
Ahorro en Agua tratada	Anual	7 668,58
TOTAL		100 438,98

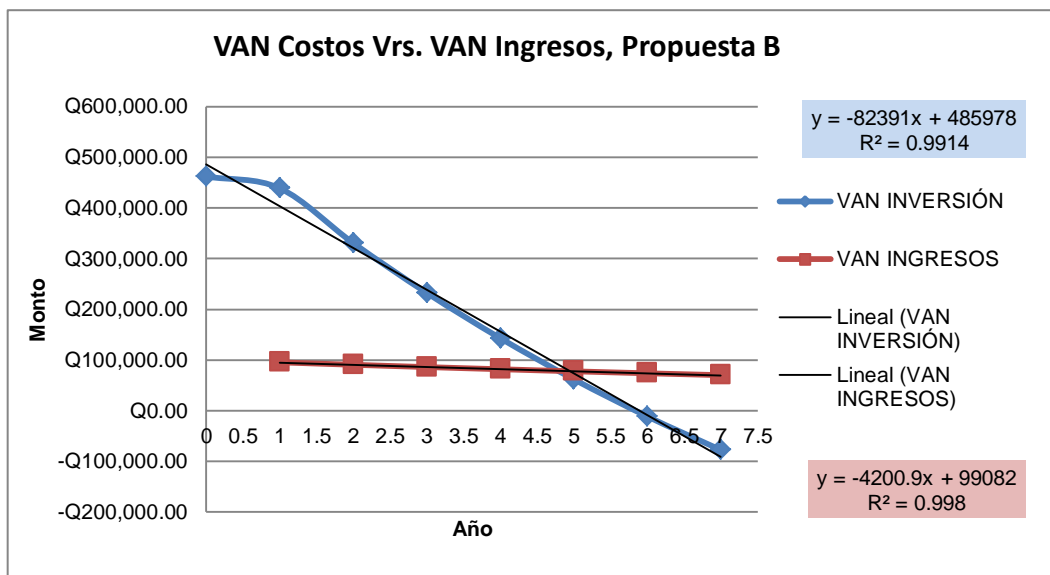
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Valores Actuales Netos de la inversión y el ahorro, en propuesta B**

Año	VAN de Inversión	VAN de Ahorro
0	Q 463 837,84	Q 0,00
1	Q 440 701,04	Q 95 428,96
2	Q 332 572,15	Q 90 668,85
3	Q 234 133,95	Q 86 146,17
4	Q 144 688,70	Q 81 849,09
5	Q 63 584,17	Q 77 766,36
6	-Q 9 789,18	Q 73 887,28

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Valor Actual Neto de la inversión versus Valor Actual Neto de los ingresos, para la determinación del tiempo de pago de la inversión de la Propuesta B**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **TIR y tiempo económico de pago calculado para la propuesta B**

TIR %	Tiempo económico de pago, calculado (año)
6	5,54

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Dadas las condiciones del sistema de retorno de condensados, se determinó que este es capaz de trabajar a la presión propuesta de la empresa, la cual es de 60 psi o 413 kPa, siempre y cuando se realicen modificaciones en el mismo.
2. Fueron evaluadas las condiciones físicas de los equipos del sistema de retorno de condensados obteniendo datos que se detallan en la sección de resultados.
3. Por medio de evaluaciones se identificaron todas las trampas de vapor en el trayecto del sistema de retorno de condensados, obteniendo que todas ellas trabajan correctamente y son capaces de trabajar a presión.
4. De acuerdo al uso de ecuaciones, fueron determinados los valores teóricos máximos de operación de tuberías los cuales son de 286,75 kPa para la tubería de 5,08 cm de diámetro, 389,89 kPa para la tubería de 6,35 cm de diámetro, 330,68 kPa para la tubería de 7,62 cm de diámetro, 1 906,46 kPa para la tubería de 10,16 cm de diámetro.
5. Se determinó que el tanque de retorno de condensados no es apto para trabajar a una presión de hasta 60 psi o 413 kPa, ya que no reúne las condiciones específicas para dicho trabajo, tal como se detalla en la tabla I.

6. Según los resultados obtenidos se propusieron modificaciones al sistema para que pueda trabajar de forma presurizada, las cuales consisten en la inversión de compra de un nuevo tanque recolector, bombas purgadoras y nuevas secciones de tubería cédula 80 para diámetros de 5,08 y 6,35 cm.

7. A través de evaluaciones financieras de las modificaciones propuestas en el sistema, se obtuvo que la inversión para dos propuestas realizadas se recupera a los 5 años.

RECOMENDACIONES

1. Se debe comprar repuestos para equipos que no estén trabajando adecuadamente y así aprovechar todo su potencial.
2. Cotizar más equipos o bombas que pudiesen aplicarse a las modificaciones del sistema de retorno de condensado, tratando de disminuir los costos de inversión.
3. Realizar pruebas hidrostáticas que certifiquen y garanticen la presiones máximas reales, de los equipos en el sistema de retorno de condensados o de equipos nuevos a instalar.
4. Realizar las modificaciones pertinentes, que sean aceptadas por el grupo de expertos de dicha industria, para que el sistema de retorno de condensados pueda trabajar a presión.
5. Realizar un registro electrónico de todos los equipos y componentes del sistema de vapor, que permita su fácil y rápida identificación y ubicación, para fines múltiples en dicha industria.

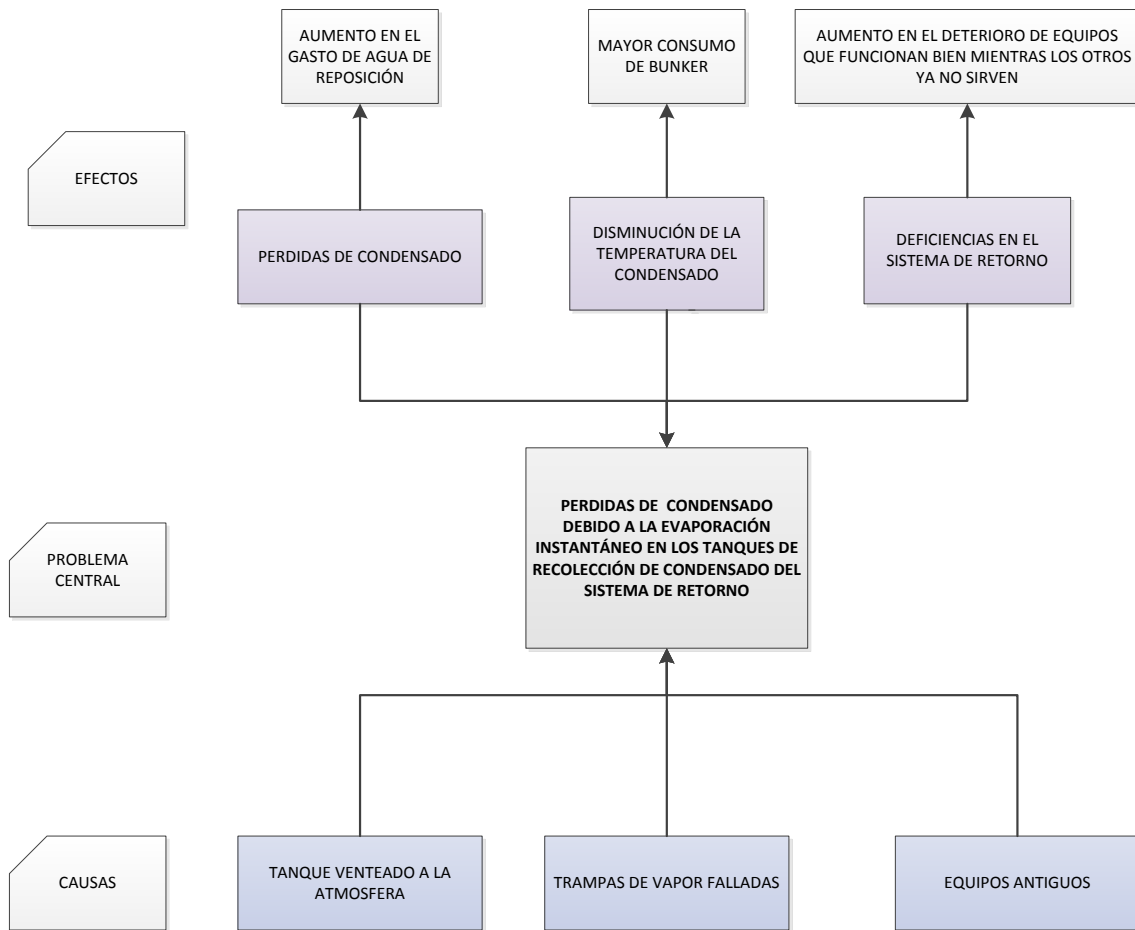
BIBLIOGRAFÍA

1. Armstrong. *Guía para la conservación del vapor en el drenado de condensados* [en línea]. ed. 2.1, Michigan USA: Armstrong International, Inc. Enero 2011 <<http://www.armstronginternational.com/files/products/traps/pdf/n101spanish.pdf>>.[Consulta: 10 de marzo de 2013].
2. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. *Trampas de vapor I* [en línea]. ed. 1.1, Cuauhtémoc, México, D.F., Dirección de Enlace y Programas Regionales, [ref. de Noviembre 2007] Disponible en Web: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/2/GUIA_VAPOR_FINAL.pdf>.
3. MEGYESY, Eugene. *Manual de recipientes a presión diseño y cálculo*. México: Limusa, 1992. 473. p. ISBN: 968-18-1985-3.
4. NST de Venezuela. *Manual de operación y mantenimiento equipo cabezal desaireador UDA-RVF* [en línea] ed. 2.1, Venezuela: NST de Venezuela, [ref. de enero de 2012] Disponible en Web: <<http://www.nstvenezuela.com/cartas/MANUAL-DE-OPERACION-MANTENIMIENTO-DESAIREADOR.pdf>>.
5. PERRY, Robert. "Transporte y almacenamiento de fluidos". En: Manual del Ingeniero Químico. 7ª ed. vol 2. Madrid: McGraw-Hill, 2001. p 24-40.

6. RONQUILLO, Francisco. *Evaluación del sistema de vapor de una industria de bebidas para la reducción de las pérdidas de condensados de vapor*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 118 p.
7. SPIRAX SARCO. *Bomba purgador automática HPT14HC* [en línea]. ed. 1.1, México, D.F.2010. Disponible en Web:<<http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/p612-02.pdf> >.[Consulta: 14 de abril de 2013].
8. VILLACRÉS, Jorge. *Ahorro energético en el sistema recuperador de condensados de una planta industrial en Guayaquil utilizando un Surge Tank*. Guayaquil Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de Producción, 2009. 29 p.

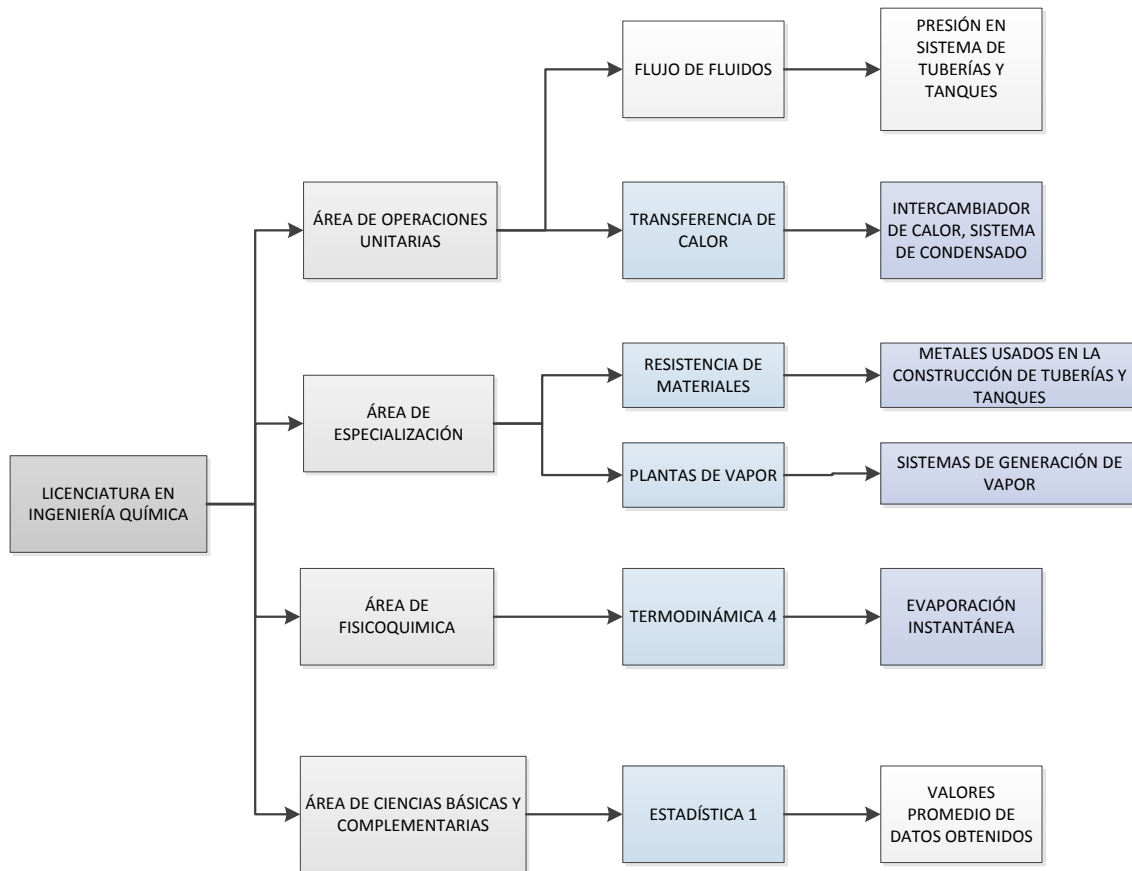
APÉNDICES

APÉNDICE 1. ÁRBOL DE PROBLEMAS



Fuente: elaboración propia.

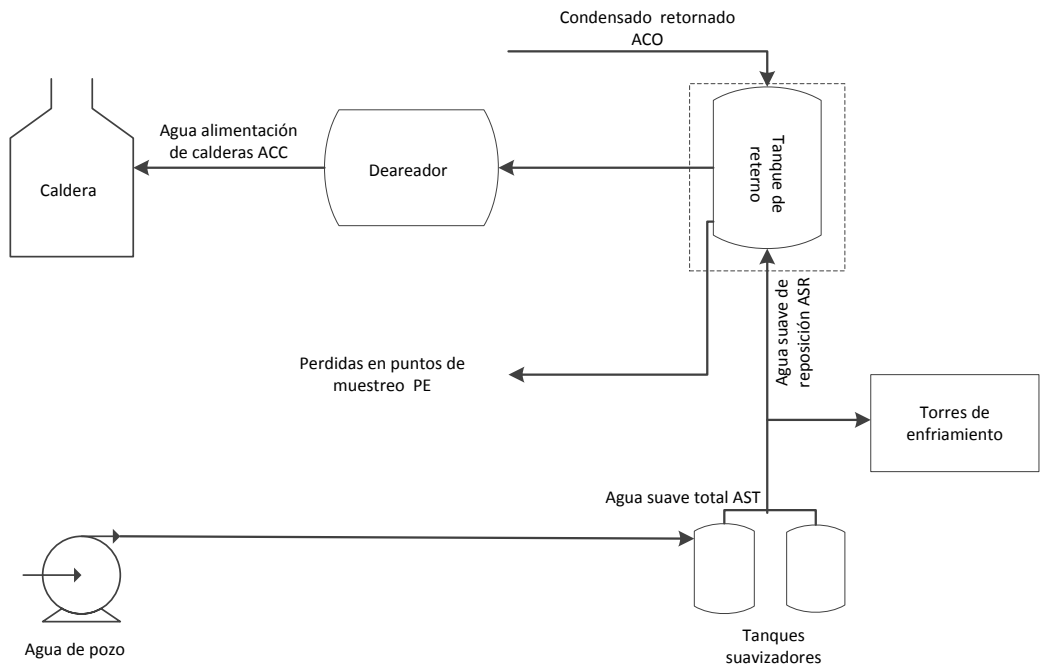
APÉNDICE 2. REQUISITOS ACADÉMICOS



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 3. DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE FLUJO EN EL SISTEMA DE RETORNO

- Diagrama para el balance del volumen de agua que entra y sale del tanque de retorno.



Fuente: elaboración propia.

Del diagrama anterior, para el volumen de control del tanque de retorno de condensados, se puede definir lo siguiente:

Entradas al tanque de retorno

Agua Suave de Reposición (ASR), Agua de Retorno de Condensado (ACO).

Salidas del tanque de retorno

Agua de Alimentación de Calderas (ACC), Pérdidas en puntos de muestreo (PE)

Por lo cual el volumen del tanque de retorno de condensados está ligado al consumo máximo de agua de las calderas, más las pérdidas.

De ello se concluye que, el Volumen del tanque de retorno es igual al consumo de agua de calderas por el tiempo de consumo por un factor de diseño volumétrico a presión el cual es análogo al factor de prueba en el ensayo hidrostático siendo su valor $1,75^5$ o el valor indicado por el proveedor, en este caso se hará uso del valor 1,75 tomando en consideración que este también es un factor de seguridad de diseño.

⁵ MEGYESY, Eugene. *Manual de recipientes a presión diseño y cálculo*. p. 15

Por lo tanto el volumen del tanque de retorno de condensados se calcula con la siguiente ecuación.

$$VT=1,75 (ACC + PE)*t \text{ [m}^3\text{]} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

VT = volumen del tanque de retorno de condensados $[\text{m}^3]$

ACC = agua de consumo de calderas $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right]$

PE = Perdidas en puntos de muestreo $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right]$

t = tiempo de consumo [h]

Tomando el dato de mayor de consumo de agua en calderas del apéndice 7, se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} VT &= 1,75 \left(4,5329 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 0,0048 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 1 \text{ h} \\ &= 7,9409 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

El cual representa el volumen teórico del tanque de retorno de condensados.

Además, para la información generada se hizo uso de los siguientes balances:

- Balance de agua suave de reposición

$$ASR = AST - ASE \quad \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

$$ASR = \text{agua suave de reposición} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$AST = \text{agua suave total} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$ASE = \text{agua suave a torres de enfriamiento} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Tomando los datos relacionados al mayor consumo de agua de calderas se obtiene.

$$\begin{aligned} ASR &= 2,4935 \frac{m^3}{h} - 1,9365 \frac{m^3}{h} \\ &= 0,5569 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

El valor anterior representa el máximo consumo de agua suave de reposición utilizado, en la máxima producción de vapor.

- Balance de condensado a tanque de retorno

$$ACO = AAC - ASR - PE \quad \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

$$AAC = \text{agua de alimentación a la caldera} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$ACO = \text{agua de tanque de retorno de condensados} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$ASR = \text{agua suave de reposición} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$PE = \text{perdidas en puntos de muestreo} \quad \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Tomando los datos relacionados al mayor consumo de agua de calderas se obtiene.

$$\begin{aligned} ACO &= 4,5329 \frac{m^3}{h} - 0,5569 \frac{m^3}{h} - 0,0048 \frac{m^3}{h} \\ &= 3,9808 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

El valor anterior representa la cantidad de condensado retornado en función del tiempo, para la etapa máxima, de producción de vapor.

APÉNDICE 4. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN EN TUBERÍAS INSTALADAS

$$P = \frac{2SE(0.85t-C)}{D + 1.2(t + C)} \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right] \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

P = máxima presión interna de operación $\left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]$

S = 15.000 esfuerzo máximo permitido en el material $\left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]$

E = factor de eficiencia de la junta [adimensional]

D = diámetro nominal de tubería [in]

t = espesor del tubo [in]

C = margen por corrosión, 1/6 [in]

Presión máxima de operación tubo de acero al carbono, cedula 40.

$$P = \frac{2 * 15\,000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 1(0,85 * 0,203 \text{ in} - 0,167 \text{ in})}{2,5 \text{ in} + 1,2(0,203 \text{ in} + 0,167 \text{ in})} =$$

$$56,555 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 3,890 \text{ bar} \approx 389,108 \text{ kPa}$$

El valor anterior representa la presión máxima presión de operación permitida de un tubo de acero al carbono cedula cuarenta de diámetro nominal de 2,5 in o 63,5 mm.

APÉNDICE 5. DETERMINACIÓN DE VALORES PREVIOS, PARA EL ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

- Dimensionamiento de bomba para impulsar el condensado de salón de embotellado a tanque de recolección.

De acuerdo a datos de la empresa, se conoce que el porcentaje de condensado proveniente de salón de embotellado es un 35% del condensado recuperado por ende del resultado de la ecuación # 5, es utilizado en conjunto con el factor de seguridad de 4⁶ y la densidad del agua a una temperatura de 81°C:

$$Q_{\text{Bomba}} = 4 * 0,35 * ACO * \rho \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Q_{\text{Bomba}} = 4 * 0,35 * 3,9808 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 971 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 5\,411,50 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \approx 91,19 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}$$

El valor anterior representa la carga máxima que las bombas deben ser capaces de transportar del salón de embotellado, al tanque de retorno de condensados.

- Determinación horas de trabajo de la bomba de acuerdo a producción en salón de embotellado.

Dado que el arranque en salón de embotellado inicia a 2:00 AM y termina en producción pico a 6:30 PM.

$$18,5\text{h} - 2\text{h} = 16,5\text{h/ día de llenado}$$

⁶ Guía de la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados Armstrong, pág. 16

Tomando en consideración que el salón de embotellado realiza 16 llenados al mes

$$16,5\text{h/día de llenado} * 16 \text{ llenados/mes} = 264 \text{ h/mes}$$

- Determinación del costo de consumo anual de agua suave de reposición.

$$264 \frac{\text{h}}{\text{mes}} * 0,5569 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 12 \text{ mes} * Q 4,40 \text{ m}^3 = Q 7 762,74/\text{anual}$$

- Determinación de la presión máxima de operación para una tubería cédula 80 de diámetro 2 in y 2,5 in haciendo uso de la ecuación 4.

$$P = \frac{2 * 15 000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 1(0,85 * 0,218 \text{ in} - 0,167 \text{ in})}{2 \text{ in} + 1,2(0,218 \text{ in} + 0,167 \text{ in})}$$

$$= 222,98 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = 1 537,39 \text{ kPa}$$

El resultado anterior indica que un tubo de 2 in de diámetro cédula 80 tomando en consideración la corrosión por transporte de agua, es capaz de soportar una presión de 1 537,39 kPa.

$$P = \frac{2 * 15 000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 1(0,85 * 0,276 \text{ in} - 0,167 \text{ in})}{2,5 \text{ in} + 1,2(0,276 \text{ in} + 0,167 \text{ in})}$$

$$= 669,28 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = 4 614,54 \text{ kPa}$$

El resultado anterior indica que un tubo de 2,5 in de diámetro cedula 80 tomando en consideración la corrosión por transporte de agua, es capaz de soportar una presión de 4 614,54 kPa.

APÉNDICE 6. CONSUMO DE AGUA SUAVE

No.	Hora de muestreo	Consumo total en calderas (m ³)	Tiempo (h)	Caudal de alimentación a calderas (m ³ /h)	Pérdidas (m ³ /h)	Agua suave de reposición (m ³ /h)
1	8:05 AM	2,3800	1,0000	2,3800	0,0024	0,3000
2	9:00 AM	2,2200	0,9170	2,4217	0,0024	0,4036
3	10:00 AM	3,7100	1,0000	3,7100	0,0037	0,3800
4	11:00 PM	3,5300	1,1333	3,1147	0,0031	0,1500
5	12:00 PM	2,6600	0,8670	3,0680	0,0030	0,3921
6	12:50 PM	1,9700	0,8330	2,3649	0,0023	0,4321
7	2:00 PM	5,2900	1,1670	4,5329	0,0045	0,5569
8	3:00 PM	2,3700	1,0000	2,3700	0,0023	0,2500
Promedio		3,0162	0,9896	2,9953	0,0029	0,3581
Desviación estándar		1,1079	0,1179	0,7919	0,0008	0,1237

Fuente: elaboración propia. *Los datos fueron tomados en el pico de consumo de vapor

APÉNDICE 7. INFORMACIÓN DE TANQUES EN EL SISTEMA

Tanque	Diámetro (m)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Espesor (mm)	Material
Recolector de Condensados	1,60	3,60	7,00	5,00	Acero al carbón
Deareador	2,00	3,75	12,30	9,00	Acero al carbón

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 8. INFORMACIÓN DE LA TUBERÍA DE RETORNO

Sección de tubería	Longitud (m)	Cédula	Diámetro (cm)	Espesor promedio (mm)	Ubicación
1	43,7	40	5,08	3	Casa de cocimientos,
2	46,25	40	6,35	3,5	Casa de cocimientos a Túnel
3	161,07	40	7,62	4,5	De Salón de embotellado a Túnel
4	133,87	40	10,16	7	De túnel a Tanque recolector

Fuente: elaboración propia.

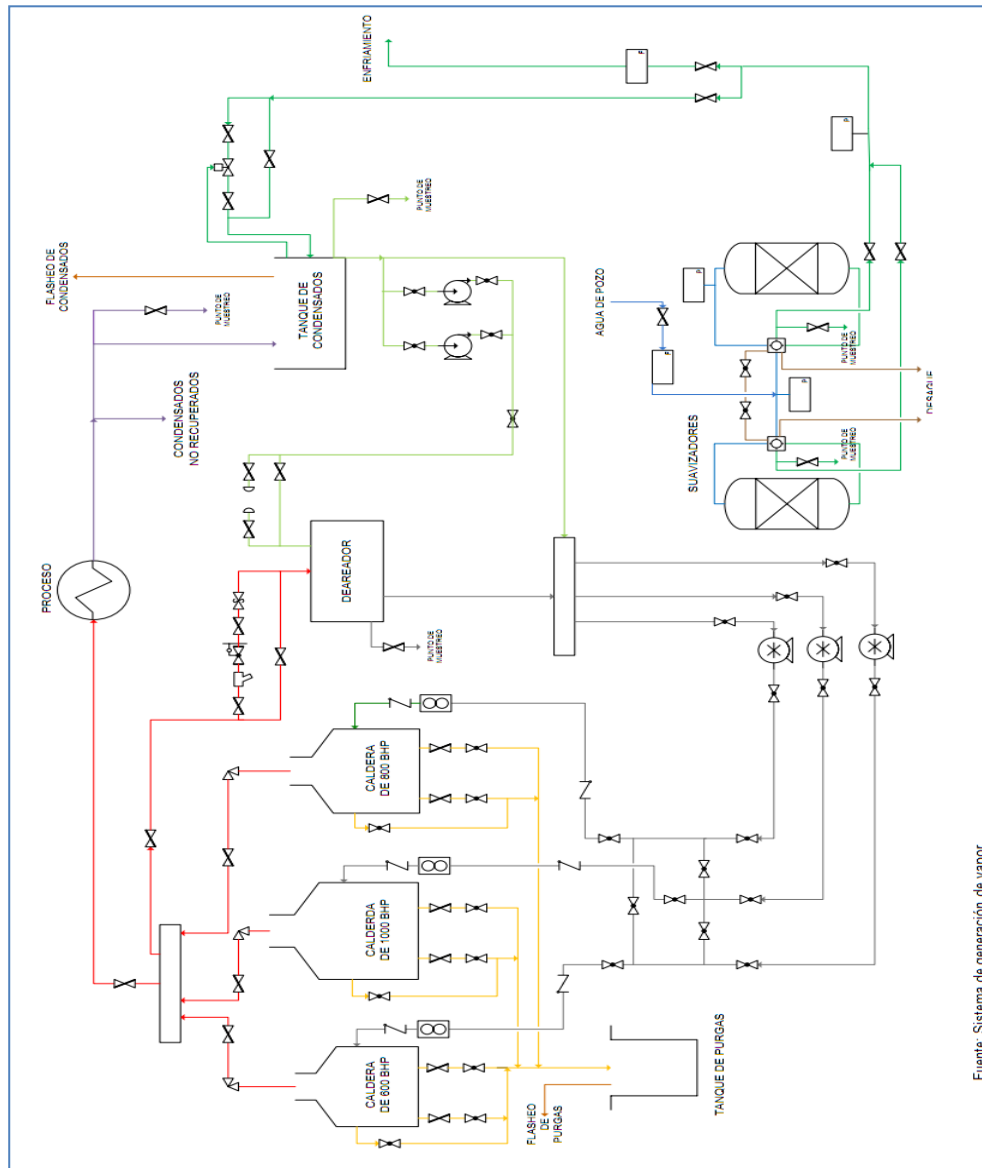
APÉNDICE 9. INFORMACIÓN DE LAS TRAMPAS DE VAPOR

No.	Tipo de trampa	Marca	Ubicación	Tipo de mantenimiento	Presión máxima de operación (kPa)
1	Termodinámica	Spirax sarco	Centro de servicios	Preventivo	4 201,19
2	Flote termostática	Spirax	Centro de servicios	Preventivo	1 400,39
3	Flote termostática	Spirax	Centro de servicios	Preventivo	1 400,39
4	Flote termostática	Spirax	Centro de servicios	Preventivo	1 400,39
5	Termodinámica	Spirax sarco	Centro de servicios	Preventivo	4 201,19
6	Termodinámica	Worcester	Salón de embotellado	Preventivo	4 201,19
7	Termodinámica	Worcester	Salón de embotellado	Preventivo	4 201,19
8	Termodinámica	Spirax sarco	Salón de embotellado	Preventivo	4 201,19
9	Termodinámica	Worcester	Salón de embotellado	Preventivo	4 201,19
10	Flote termostática	Spirax sarco	Salón de embotellado	Preventivo	1 400,39
11	Flote termostática	Spirax sarco	Salón de embotellado	Preventivo	1 400,39
12	Termodinámica	Ari/awh	Salón de embotellado	Preventivo	1 300, 36
13	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
14	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
15	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
16	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
17	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
18	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
19	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
20	Flote termostática	Gestra	Casa de cocimientos	Preventivo	1 600,45
21	Cubeta invertida	Spirax sarco	Casa de cocimientos	Preventivo	1 700,48

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS















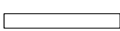











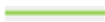




Anexo 1. Diagrama del Sistema de Generación de Vapor



Fuente: Sistema de generación de vapor.

Fuente: RONQUILLO, Francisco. *Evaluación del sistema de vapor de una industria de bebidas para la reducción de las pérdidas de condensados de vapor.* p 64.

Anexo 2. Simbología del Diagrama del Sistema de Generación de Vapor

No.	Símbolo	Descripción	No.	Símbolo	Descripción
1		Caldera piro-tubular	17		Vapor vivo
2		Torre de intercambio iónico	18		Purga de Calderas
3		Bomba centrífuga	19		Manómetro
4		Bomba de desplazamiento positivo	20		Medidor de flujo digital
5		Deaerador	21		Medidor de flujo digital en calderas
6		Tanque de condensados	22		Válvula reductora de presión
7		Tanque de purga de calderas	23		Válvula solenoide
8		Distribuidor de agua o vapor	24		Válvula de seguridad
9		Usuarios de vapor dentro del proceso	25		Válvula de ángulo
10		Agua cruda	26		Válvula unidireccional
11		Agua suave	27		Válvula de by pass
12		Retrolavado de suavizadores	28		Válvula de compuerta
13		Condensados de vapor	29		Válvula de globo
14		Agua de tanque de condensados	30		Steamer
15		Vapores flash	31		Tapón
16		Alimentación de calderas			

Fuente: RONQUILLO, Francisco. *Evaluación del sistema de vapor de una industria de bebidas para la reducción de las pérdidas de condensados de vapor.* p 65.

Anexo 3. Sonda de ultrasonido



Fuente: industria de bebidas.

Anexo 4. Termómetro infrarrojo



Fuente: industria de bebidas.

Anexo 5. Flujometro digital



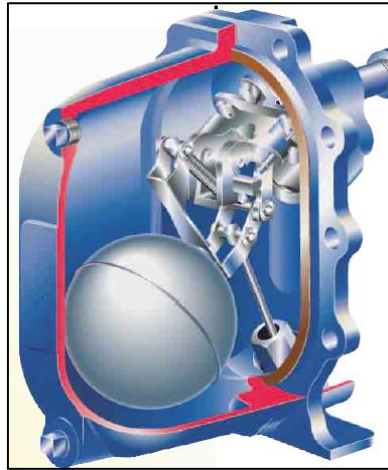
Fuente: industria de bebidas

Anexo 6. Tanque de retorno de condensado, en inspección



Fuente: industria de bebidas.

Anexo 7. Bomba Purgadora automática Spirax Sarco APT14HC



Fuente: Spirax Sarco®, *Bomba purgador automática HPT14HC*. p.1.