

Selección e Instalación de un Sistema de Vapor para una Fábrica de Sardinias

Víctor Yépez O. ⁽¹⁾, Ángel Vargas Z. ⁽²⁾

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción ⁽¹⁾

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ⁽¹⁾

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

vyepez@espol.edu.ec ⁽¹⁾, anvargas@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

El objetivo de la presente tesis es realizar los cálculos y selección del sistema de vapor en una fábrica de elaboración de sardinias, de acuerdo a su producción diaria.

En una planta de elaboración de sardinias ubicada en la ciudad de Guayaquil, se tomo como datos la producción diaria realizada en dicha fábrica y parámetros requeridos por cada proceso por donde pasa la sardina.

Luego a partir de estos datos se determino la selección del generador de vapor mediante cálculos establecidos en dicho capítulo. También se analizo el sistema de agua de alimentación, sistema de combustible, las tuberías de vapor y retorno de condensado, trampas de vapor, ablandador de agua indicando los cálculos previos para cada selección.

Esperamos que el presente trabajo sirva como guía para diferentes plantas que elaboran este producto, debido a que trabajan sin el debido asesoramiento técnico y obtienen como resultados mal funcionamiento de los equipos y excesivos consumos de vapor, que generan incrementos de costos innecesariamente.

Palabras Claves: Calderas, Trampas de vapor, Retornos de condensado, Caídas de presión, Ablandador de agua

Abstract

The aim of this thesis is to perform the calculations and selection of the steam system in a sardine processing plant, according to daily production.

In a sardine processing plant located in the city of Guayaquil, was taken as data on daily production at the plant and characteristics required by each process through which the sardine.

Then from these data determined the choice of generating steam by calculations in this chapter. We also analyzed the water supply system, fuel system, steam pipes and condensate return, steam traps, water softener previous estimates indicating for each selection.

We hope this report will serve as a guide to different plants that produce this product, because they work without proper technical advice and obtained as a result of equipment malfunction and excessive consumption of steam, which generate unnecessary cost increases.

Keywords: Boilers, steam traps, condensate return, pressure drops, water softener.

1. Introducción

Para la elaboración de la sardina se necesitan varios procesos que requieren vapor para su fabricación y envasado, de esta manera obtenemos el producto terminado para su exportación o comercialización interna, según el destino que se desee darle.

El presente trabajo tiene la finalidad de aplicar una metodología de cálculo e implantación de vapor para una planta de sardinas que brinde las condiciones económicas y seguras que garanticen la calidad del producto.

1. Requerimientos de vapor en una fabrica de elaboración de sardinas.

El vapor que se requiere para cada proceso de se describe a continuación.

- Vapor para el descongelado del pescado.
- Vapor para el proceso de esterilizado de latas vacías antes del llenado.
- Vapor para el proceso de cocinado.
- Vapor para calentar la salsa de tomate.
- Vapor para el uso de evacuación.
- Vapor para el uso de lavado de latas.
- Vapor para el uso de las autoclaves.

2. Selección de la caldera

Equipos que necesitan vapor.

Tabla 1. Demanda de vapor en la planta.

Demanda de vapor		
Equipos	Unidades	Demanda (CC)
Autoclaves	3	24.2
Cocinadores	2	22.78
Marmitas	2	20
Descongelado	1	4.6
Esterilizado de latas	1	1
Evacuador	1	6.86
Cierre	1	2
Lavado de latas	1	5.10
Adición de cobertura	2	2.86
	TOTAL	89.4

Detallamos a continuación la caldera seleccionada de acuerdo a la demanda de vapor que se requiere.

Tabla 2. Descripción de la caldera seleccionada.

Descripción	Características
Marca	Cleaver Brooks
Tipo de caldero	Pirotubular - Horizontal cuatro pasos
Potencia (CC)	100
Vapor Generado	3450 lb/h
Combustible	Fuel oil
Presión de diseño	150 PSI

3. Sistema de Agua de Alimentación.

En el sistema de agua de alimentación de una caldera constituye la materia prima para la producción de vapor.

3.1 Capacidad y Dimensión del tanque de agua de alimentación.

Se sabe que para satisfacer la demanda de 1 CC se requieren 0.069 GPM.

$$6.9 \text{ GPM} \times 20 \text{ min} = 138 \text{ Galones} / 0.7 = 197.14 \text{ Galones}$$

3.2 Cálculo y selección de la bomba de agua de alimentación.

La bomba será tipo turbina, trabajar de manera intermitente, capaz de movilizar 13.8 GPM y que tenga una presión de descarga de 176 PSI.

Tabla 3. Especificación técnica de la bomba seleccionada

Descripción	Características
Motor Eléctrico	5HP/1750 RPM /60 Hz
Bomba Aurora Pumps	Tipo Turbina (Modelo H5T-5)
Caudal de diseño	14 GPM
Voltaje	230/460

Se anexa la curva Hidrostática de la bomba seleccionada.

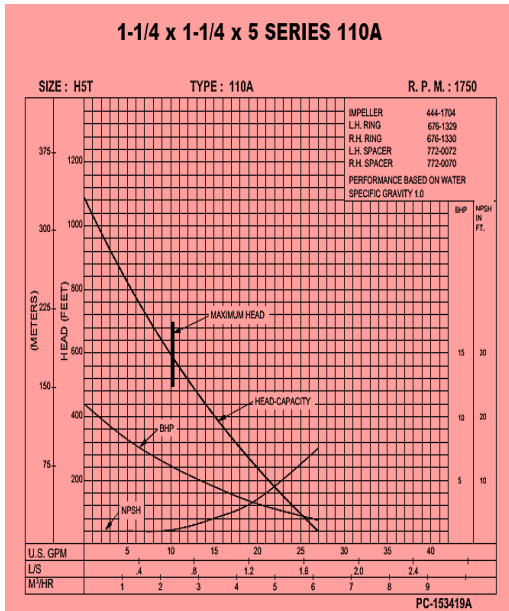


Figura 1. Curva Hidrostática de la Bomba tipo turbina Modelo H5T-5 Marca Aurora Pumps.

4. Sistema de Combustible.

Se seleccionara como combustible fuel oil, el caudal que tendrá que movilizar será de:
 $Q_{comb} = 27.9 \text{ GPH}$

4.1 Cálculo de la capacidad del tanque de combustible.

El tanque de servicio diario deberá tener una capacidad de almacenamiento de 24 horas de operación de las calderas. El tanque de reserva debe tener 15 a 30 días de tiempo de funcionamiento de las calderas.

Tabla 4. Diámetros de tanques de combustibles según su capacidad.

CAPACIDAD (Gal)	DIÁMETRO MAX. (M)	ESPESOR (mm)
Menos 1321	1.5	3.5
1322 – 2642	1.85	4.0
2643 – 3963	2.33	4.5
3964 – 6605	2.65	5.0
6606 – 13210	3.16	6.5
13211 – 19815	4.0	8.0

Entonces las dimensiones de los tanques de combustibles serán:

Tabla 5. Diámetros de tanques de combustibles a utilizar.

Descripción	Diámetro (m)	Longitud (m)
Tanque de reserva	4.1	5.76
Tanque de servicio diario	1.20	2.24

4.2 Cálculo de Bomba de combustible.

TDH= Cabezal de presión de descarga en pies de columnas de agua (la presión de descarga puede fluctuar entre 75 y 100 lb/pulg²).

Entonces:

$$\text{Potencia} = \frac{1}{4} \text{ HP}$$

Teniendo como dato el flujo de combustible (0.466 GPM) y una presión de 231 pies columna de agua, seleccionamos el tipo de la bomba.

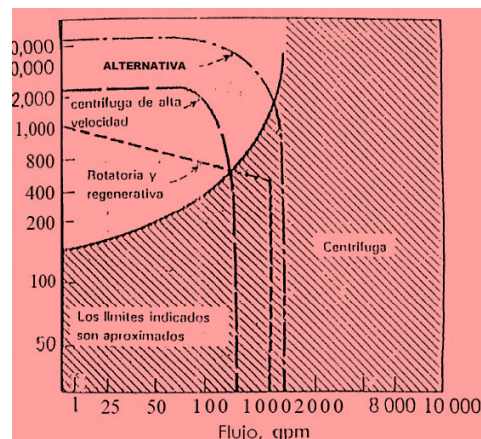


Figura 2. Selección de bombas de acuerdo al flujo y presión requerida.

La bomba será de desplazamiento positivo tipo rotatoria y regenerativa de engranajes internos.

4.3 Quemadores de Combustible.

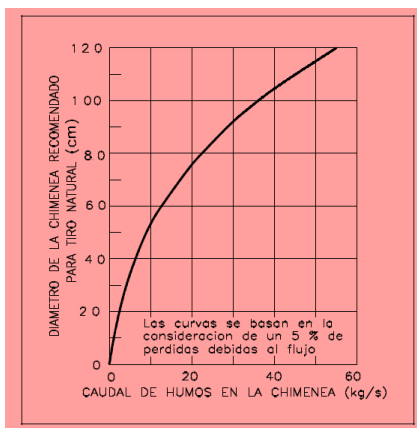
El quemador es del tipo de baja presión atomizado por aire, se enciende por medio de chispa generada por un piloto de gas, y se apaga después que se ha establecido la llama principal.

Toda la caldera de modelo CB tienen el ensamble del quemador en la puerta delantera de la caldera.

4.4 Cálculo y dimensionamiento de la chimenea.

El caudal de humos será $1.15 \times 1565 \text{ Kg/h} = 1799.75 \text{ Kg/h}$.

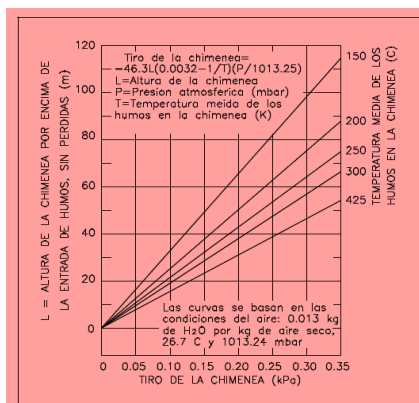
Tabla 6. Selección del diámetro de la chimenea.



Para un caudal de humos de 0.50 Kg/s se tiene un diámetro aproximado de 35 cm.

Para una combustión satisfactoria, sin peligro de que la llama se apague, es recomendable un tiro promedio de 7 mm de columna de agua = 0.07 Kpa , y la temperatura de 200°C .

Tabla 7. Selección de la altura de la chimenea.



Tenemos que la altura aproximada es de 13 m.

4.5 Control de la combustión en la caldera.

El control de la combustión en las calderas es importante y se la realiza a través de los gases de escape lo cual permite establecer si el combustible se esta quemando adecuadamente o se necesita hacer correctivos.

El aparato tradicional mas utilizado para analizar los gases de combustión es el aparato Bacharach.



Figura 3. Aparato de Bacharach.

5. Selección de los controles de la caldera.

El control de las calderas se basa en 3 aspectos fundamentales que constituyen la combustión, la seguridad de la llama, y el nivel del agua en la caldera.

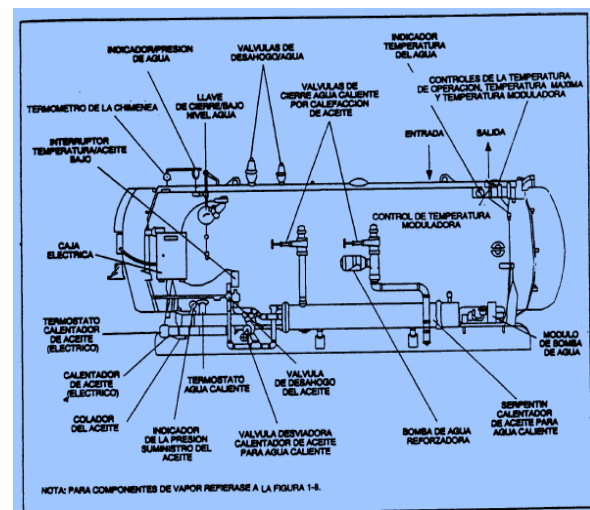


Figura 4. Controles de la caldera.

6. Cálculo y dimensionamiento de las tuberías de vapor y de retorno de condensado.

La red de distribución de vapor junto con los reguladores de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para generación de vapor, esta va a ser la encargada de conducir el vapor generado por la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso.

6.1 Cálculos y Dimensionamientos de las tuberías de vapor

Para dimensionar las tuberías de vapor seguimos un procedimiento el cual vamos a emplear unos diagramas prácticos elaborados por ingenieros especializados en vapor, que van a servir para las instalaciones de vapor.

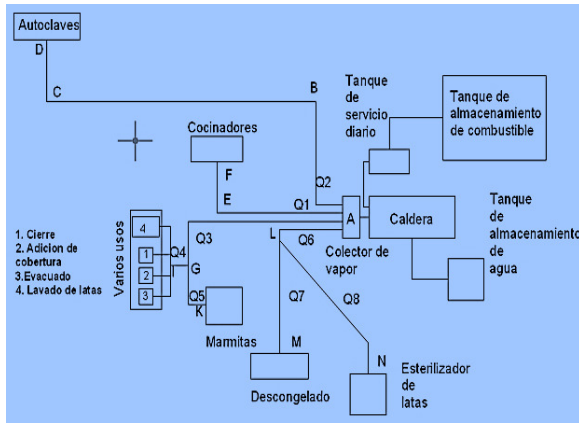


Figura 5. Distribución de vapor de la planta.

Tabla 8. Caudales de vapor en los equipos.

Caudales de vapor para la fabrica de sardinas		
Sección	Demanda de vapor (lb/h)	Caudal de vapor (lb/h)
Marmitas	690 + 10%	$Q_5 = 759$
Cocinadores	785.91 + 10%	$Q_1 = 864.22$
Autoclaves	834.90 + 10%	$Q_2 = 918.39$
Descongelado	157.59 + 10%	$Q_7 = 173.19$
Esterilizadores de latas	35.26 + 10%	$Q_8 = 38.64$
Varios usos	587 + 10%	$Q_4 = 653$

Utilizando el grafico de la figura 6, entramos con el caudal que ingresa a cada uno de los equipos, y con la presión con que parte de la caldera, con esto estimamos el diámetro de la tubería.

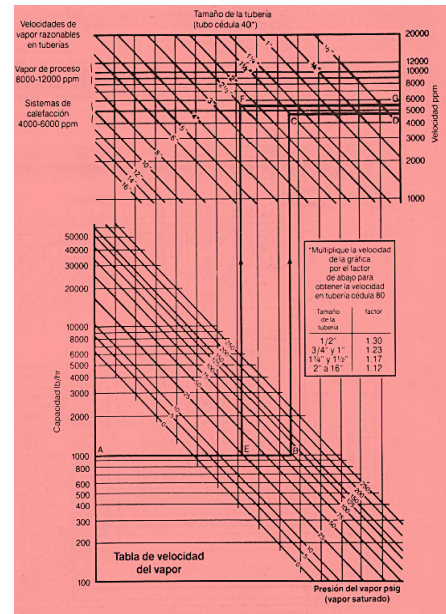


Figura 6. Diagrama para seleccionar el diámetro de las tuberías de vapor

Utilizando el diámetro de la tubería estimado se procede a calcular las pérdidas de presión en las tuberías y con esto sabemos con que presión ingresa a los equipo.

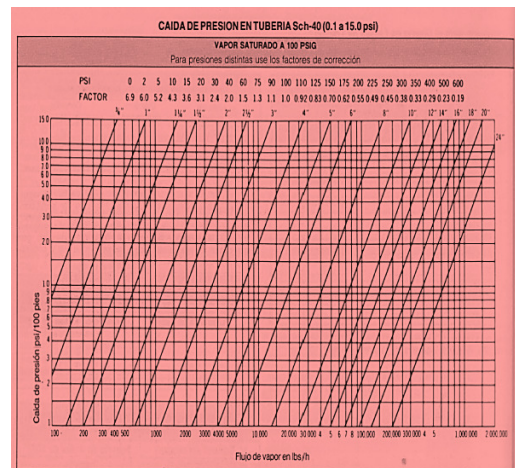


Figura 7. Diagrama para calcular caídas de presión en tuberías de vapor

Tabla 9. Diámetros y presiones de las tuberías en cada equipo.

Equipo	Ø (pulg)	Presiones disponibles (PSI)	Presión de consumo (PSI)
Autoclaves	1 ¼	125	60
Cocinadores	1 ¼	125	100
Marmitas	1 ½	125	45
Descongelado	¾	126	35
Esterilizador de latas	½	126	15
Evacuado	¾	125	15
Adición de cobertura	½	125	20
Cierre de latas	½	125	25
Lavado de latas	1	125	30

7.3 Selección del espesor y aislante de la tubería de vapor.

El material a utilizar como aislamiento de la tubería del sistema de generación de vapor y retorno de condensado es la lana de vidrio, que es utilizada para sistema de vapor a bajas y medianas presiones.

Tabla 10. Espesores de los aislamientos de las tuberías.

Aislante Lana De Vidrio Para Tuberías			
Tramo de tubería	Ø (pulg.)	Temperatura °F (°C)	Espesor (pulg.)
Tramo A-B-C-D	1 ¼	344 (173)	2.25
Tramo A-G, G-K.	1 ½	347 (175)	2.50
Tramo A-L, L-M	¾	352 (178)	2
Tramo G-I, L-N	½	347 (175)	1.50
Tramo G-J	1	347 (175)	2

Sus características las siguientes.

- Conductividad térmica. 0.035 W/°C. m²
- Rango de temperatura 30 -350 °C
- Humedad relativa. 95%
- Largo 91 cm (36")

- Diámetro. De ½" a 25"

7.4 Cálculo de retorno de condensado.

Una vez que el vapor ha cedido el calor requerido en el proceso, retorna en forma de condensado, por un sistema de retorno de condensado

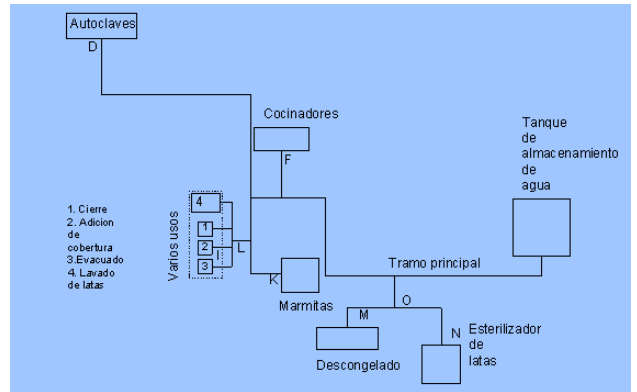


Figura 8. Esquema general de retornos de condensados

Utilizaremos la grafica de la figura 6.6, la misma que relaciona el caudal con la pérdida de carga, en el cual las líneas inclinadas nos indicaran el diámetro de tubería.

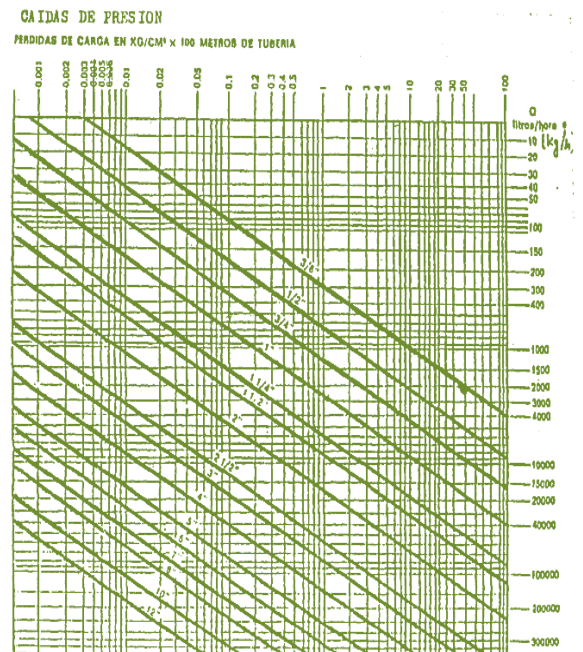


Figura 9. Diagrama para calcular caídas de presión en tuberías de condensado.

Tabla 11. Diámetros de las tuberías de retorno de condensado.

Tramos	Equipo	Ø (pulg)
	Tubería principal	2
D	Autoclaves	1
F	Cocinadores	1
K	Marmitas	1
M	Descongelado	1/2
N	Esterilizador de latas	3/8
I	Lavado de latas	3/4
	Evacuado	3/4
	Cierre	3/8
	Adición de cobertura	3/8

7. Trampas De Vapor.

Una trampa de vapor es un dispositivo que retiene el vapor para separarlo del condensado así como del aire y otros gases.

7.1 Cálculo y selección de las trampas de vapor.

Se recomienda consultar las guías de selección de trampas de vapor.

Aplicación	Primera Alternativa	Segunda Alternativa
Serpentines de Calefacción de aire		
Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	N.A.
Alta Presión	N.A.	Termodinámica
Intercambiadores de Calor		
Pequeños - Alta Presión	Termodinámica	Flotador y Termostática
Grandes - Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	N.A.
Re-calentadores	Flotador y Termostática	N.A.
Recipiente con camisa de vapor		
Alta presión	Termodinámica	Flotador y Termostática
Baja presión	Flotador y Termostática	Termodinámica
Trampas para drenar líneas principales de vapor		
0 - 15 lbs/pulg ² man	Flotador y Termostática	N.A.
16 - 125 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Flotador y Termostática
125 - 600 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Balde Invertido
Separadores de Vapor		
0 - 15 lbs/pulg ² man	Flotador y Termostática	N.A.
16 - 125 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Flotador y Termostática
125 - 600 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Balde Invertido
Serpentines de calefacción sumergidos		
Alta presión	Termodinámica	Balde Invertido
Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	Termostática (de presión equilibrada)
Otras Aplicaciones		
Serpentines para tanque de almacenamiento	Expansión Líquida	Termodinámica
Serpentines de tubería de vapor (Calefacción de Aire)	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Radiadores de vapor	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Calentadores de agua (instantáneos)	Flotador y Termostática	N.A.
Calentadores de agua (almacenamiento)	Flotador y Termostática	N.A.

Figura 10. Guía de selección de trampas de vapor.

Las trampas de vapor que utilizaremos para este proceso, serán:

- Las trampas tipo termodinámicas para los tramos de tuberías de vapor principales.
- Las trampas tipo mecánico de flotador termostático para los equipos.

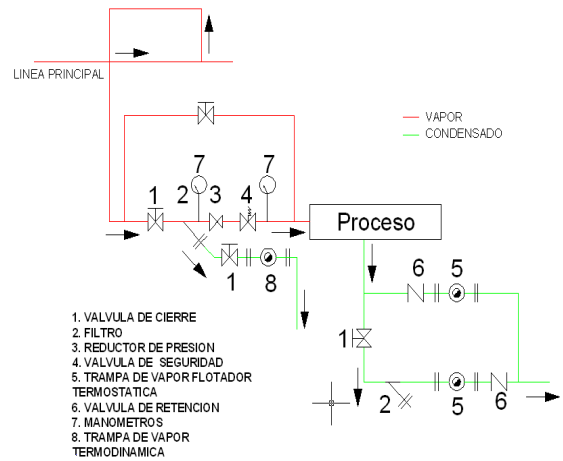


Figura 11. Conjunto de trampas de vapor para los procesos que requieren vapor.

8. Cálculo y selección del ablandador de agua.

Toda fuente de suministro de agua va a contener sustancias extrañas; denominadas impurezas, las cuales son perjudiciales debido a que ocasionan inconvenientes durante el funcionamiento de la caldera, teniendo que ser tratadas químicamente para su remoción o eliminación.

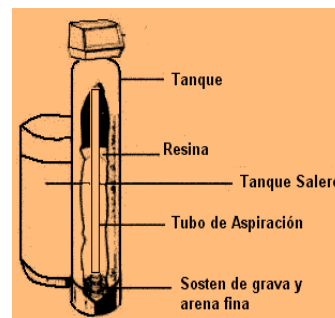


Figura 12. Partes de un ablandador de agua.

Considerando un retorno de condensado del 20% tenemos:

$$0.8 \times 100\text{CC} \times 0.069 \text{ GPM} \times 60 \text{ min/h} \times 24 \text{ h} \times 80\text{ppm} \times 0.058 \text{ GPG/ppm} = 36880 \text{ granos}$$

El resultado de esta ecuación (36880 granos), nos indica la capacidad que debe tener el ablandador de agua para remover la dureza diariamente.

Tabla 10. Características del ablandador de agua.

ABLANDADOR AUTOMATICO E-WATERTECHNOLOGIES MODELO SCWS 60 - 1	
Caudal Continuo	16 GPM
Presión Mínima Requerida	20 PSI
Presión Máxima	125 PSI
Temperatura de Operación Máxima.	48°C
Tamaño del tanque (ablandador).	12 x 52 pulg.
Tamaño del tanque de salmuera.	18 x 40 pulg.
Cantidad de resina	2 pie ³

CONCLUSIONES

Los equipos utilizados para el sistema de generación y distribución de vapor, fueron seleccionados que se pueden adquirir en casas comerciales del País.

Los equipos seleccionados en el diseño del sistema del vapor, poseen sistemas e instrumentos para controlar la presión de vapor, nivel de agua, la presencia de llama, el flujo de combustible y el flujo de aire, para así garantizar el funcionamiento de la caldera bajo las condiciones de seguridad y requerimientos especificados.

El diseño para sistemas de vapor se puede realizar y ejecutar, debido a que existe personal calificado que pueden llevar a cabo este trabajo, y mano de obra para su instalación.

Se garantiza la generación de vapor las 24 horas sin interrupciones, permitiendo contar con vapor suficiente para producir la producción requerida.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para todo el sistema de vapor, para lograr un óptimo funcionamiento del sistema y alargar la vida útil de los equipos.

Se deben aislar todas aquellas superficies cuyas temperaturas se encuentren por arriba de los 50°C en las líneas de vapor o de retorno de condensado, así como válvulas, accesorios y tanques, debido a que las superficies desnudas constituyen no sólo un riesgo para la seguridad de los trabajadores, sino también una pérdida de calor que produce condensación de vapor y merma de éste, lo cual tiene que ser compensado con mayor aporte de combustible en la caldera.

BIBLIOGRAFIA

1. VARGAS ZUÑIGA ANGEL, Calderas Industriales y Marinas, Editorial series VZ, segunda edición, 1996.
2. VARGAS ZUÑIGA ANGEL, Mantenimiento de Calderas Industriales y Marinas, Editorial series VZ, segunda edición, 1990.
3. Catálogos de productos SPIRAX SARCO.
4. Manual de Calderas marca Cleaver Brooks, Modelo CB-100.
5. PRIETO ISMAEL, Centrales Térmicas, Circuito de Aire – Humos (Guía de selección de chimeneas para Centrales térmicas 2006).
6. PORTURAS OLAECHEA RAUL, Procesamiento de Conservas de Pescado. (Documento tomado de la Universidad San Ignacio de Loyola Especialidad de Agroindustria 2010).
7. Catálogos de productos Aurora Pumps.

Víctor Yépez O.

Ing. Ángel Vargas Z.

Director de tesis