



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**Carrera
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Tesis de grado previa a la obtención del título de
Ingeniero Industrial**

Tema de Tesis:

**“Diseño del sistema de distribución de vapor en el Hospital León
Becerra de Guayaquil.”**

Autor: Ismael Alejandro Alvarez Cevallos

Director de Tesis: Ing. Armando Fabrizzio López Vargas.

Octubre, 2014

Guayaquil – Ecuador

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Guayaquil, 16 de octubre de 2014

Ismael Alejandro Alvarez Cevallos
C.I. 0924715220

DEDICATORIA

Es un honor dedicar este triunfo por sobre todo a Dios. A mis padres la Psic. Carmen Amelia Cevallos Moncada y el MsC. Ing. Mec. Alejandro Alfonso Alvarez Arias por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional que siempre me impulsó a cumplir este logro. A mis hermanos, Katty Alvarez Cevallos, Alejandro Alvarez Cevallos, Jackeline Alvarez Cevallos y a mi sobrina Amelia Arias Alvarez, por ser parte fundamental en el desarrollo de mi vida y una motivación continua durante este proceso.

Ismael Alejandro Alvarez Cevallos

AGRADECIMIENTO

Agradezco la culminación de mi carrera, principalmente a Dios Padre que me brindo la fuerza y sabiduría necesaria para culminar esta etapa en mi vida. Así mismo agradezco a mi familia por todo su incondicional apoyo que con amor me han inyectado diariamente ese impulso necesario; a mi querida universidad, a todo el cuerpo de docente por compartirme su tiempo y conocimientos que me han ayudado en el desarrollo académico y humano.

Un agradecimiento especial a mi tutor de tesis el Ing. Armando López Vargas, por extenderme la mano y brindarme su apoyo que con su paciencia y dedicación supo guiarme para poder alcanzar esta meta tan anhelada.

Agradezco al Sr. Ricardo Koenig Presidente del Hospital de Niños León Becerra, A los Directivos y a todos sus colaboradores por brindarme las facilidades necesarias para poder llevar a cabo este proyecto en beneficio de la Sociedad y el Hospital.

Agradezco a mis compañeros de clases y a todas las personas que han aportado de una u otra forma su ayuda durante este proceso de desarrollo profesional y sobre todo el desarrollo personal Gracias a todos por su aporte que han hecho realidad este sueño.

Muchas Gracias A Todos.

Ismael Alejandro Alvarez Cevallos

ÍNDICE GENERAL

	Página
CARÁTULA	I
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE ANEXOS	XV
INDICE DE ABREVIATURAS	XVI
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XIX

INTRODUCCIÓN	1
---------------------	----------

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1	Antecedentes	3
1.2	Justificación	4
1.3	Delimitación	5
1.4	Problema de Investigación	6
1.4.1	Enunciado del problema	8
1.4.2	Formulación del problema	8
1.4.3	Evaluación del problema	8
1.5	Objetivos de la investigación	10
1.5.1	Objetivo General	10
1.5.2	Objetivos Específicos	10
1.6	Beneficiarios	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativos	12
2.2	Fundamentación Legal	13
2.2.1	Constitución de la República del Ecuador	13
2.2.2	Ley de Gestión Ambiental	14
2.2.3	Ley de Prevención y Control de la Contaminación del Aire	16
2.2.4	Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente	17
2.3	Fundamentación Teórica	26
2.3.1	Caldera	26
2.3.2	Tipos de Caldera	27
2.3.3	Partes de una Caldera	31
2.3.4	Combustión	34
2.3.5	Combustible	36
2.3.6	Transferencia de Calor	39
2.3.7	Vapor de Agua	46
2.3.8	Sustancia Pura	46
2.3.9	Tipos de Vapor	47
2.3.10	Definiciones	48
2.3.11	Distribución de Vapor	51
2.4	Como Seleccionar una Caldera	54
2.4.1	Balance térmico	57
2.4.2	Presión de Trabajo	57
2.5	Dimensionado de Tuberías	58
2.5.1	Estándar y Espesores de Tuberías	59
2.6	Cálculo de las Líneas de Vapor	61
2.6.1	Procedimiento para el Cálculo de las Tuberías de Vapor	63

2.6.2	Procedimiento para el Cálculo de Caída de Presión Admisible	63
2.6.3	Procedimiento para el Cálculo de las Tuberías de Retorno de Condensado.	66
2.7	Aislante Térmico.	69
2.7.1	Ventajas.	69
2.7.2	Tipos de Aislantes.	70
2.8	Drenado del Sistema de Distribución.	73
2.8.1	Necesidad de Drenar el Sistema de Distribución.	73
2.8.2	Necesidad de Drenar la Unidad de Transferencia de Calor	74
2.9	Derivaciones	76
2.10	Piernas Colectoras	77
2.11	Trampas para vapor	77
2.11.1	Tipos de Trampas para Vapor	79
2.12	Accesorios de las Tuberías	86

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de investigación	90
3.1.1	Investigación con enfoque cualitativo y cuantitativo	90
3.1.2	Investigación Descriptiva	90
3.1.3	Investigación documental	91
3.1.4	Investigación de Campo	91
3.2	Tipo de método	91
3.2.1	Método Deductivo	91
3.2.2	Método Inductivo	92
3.3	Fuentes	92
3.4	Población y muestra	92
3.4.1	Población	92
3.4.2	Muestra	93

3.5	Técnicas e Instrumentos de Investigación	93
3.5.1	Encuestas	93
3.5.2	Instrumento para la aplicación de técnicas	93
3.6	Procesamiento de la información.	94
3.7	Análisis e interpretación de los resultados	95
3.7.1	Análisis, tablas y gráficos referente a la pregunta 1	95
3.7.2	Análisis, tablas y gráficos referente a la pregunta 2	96
3.7.3	Análisis, tablas y gráficos referente a la pregunta 3	97
3.7.4	Análisis, tablas y gráficos referente a la pregunta 4	98
3.7.5	Análisis, tablas y gráficos referente a la pregunta 5	99
3.7.6	Análisis, tablas y gráficos referente a la pregunta 6	100
3.8	Análisis general de la encuesta	101

CAPÍTULO IV
DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE
VAPOR

4.1	Justificación.	102
4.2	Cálculo para la selección de la caldera.	103
4.2.1	Balance térmico.	104
4.2.2	Selección de la caldera.	111
4.2.3	Factores de la toma de decisión.	111
4.3	Cálculo del tanque de alimentación del agua y combustible.	113
4.3.1	Cálculo de la capacidad del tanque de suministro de agua	113
4.3.2	Cálculo de la bomba de suministro de agua.	117
4.3.3	Selección y cálculo del consumo de combustible.	118
4.3.4	Cálculo de la bomba de combustible.	120
4.4	Dimensionamiento de tuberías para vapor y retorno de condensado.	121
4.4.1	Dimensionamiento de las tuberías principales.	123

4.4.2	Dimensionamiento de las tuberías secundarias.	128
4.4.3	Dimensionamiento de la tubería de retorno de condensado.	133
4.5	Trampas para vapor.	135
4.5.1	Aplicación de las trampas para vapor	135
4.5.2	Ubicación de las trampas para vapor.	135
4.5.3	Selección de la trampa para vapor	137
4.6	Tratamiento de agua	140
4.6.1	Tipos de tratamiento de agua	141
4.7	Consumo de recursos de los equipos	143
4.7.1	Cálculo del consumo de agua	144
4.7.2	Cálculo del consumo de combustible	146
4.7.3	Análisis del consumo energía eléctrica	147

CAPÍTULO V

ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

5.1	Costo Total del proyecto	149
5.1.1	Costo de los materiales	149
5.1.2	Costo de la mano de obra	151
5.2	Costo de inversión del proyecto	151
5.2.1	Análisis de factibilidad financiera VAN, TIR y Beneficio/Coste del proyecto.	152
	CONCLUSIONES	156
	RECOMENDACIONES	158
	BIBLIOGRAFÍA	159

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Propiedades Aproximadas del Diesel Nº2 Consumo Nacional.	39
Tabla 2	Composición Química del Acero A-53.	60
Tabla 3	Propiedades Mecánicas del Acero A-53.	60
Tabla 4	Diámetro de tubería.	61
Tabla 5	Selección del Aislante según diámetro de tubería.	72
Tabla 6	Respuestas tabuladas de la pregunta 1.	95
Tabla 7	Respuestas tabuladas de la pregunta 2.	96
Tabla 8	Respuestas tabuladas de la pregunta 3.	97
Tabla 9	Respuestas tabuladas de la pregunta 4.	98
Tabla 10	Respuestas tabuladas de la pregunta 5.	99
Tabla 11	Respuestas tabuladas de la pregunta 6.	100
Tabla 12	Datos técnicos de las marmitas.	105
Tabla 13	Datos técnicos del lavaplatos.	106
Tabla 14	Datos técnicos del esterilizador.	108
Tabla 15	Balance térmico de los equipos.	110
Tabla 16	Características de la caldera Hurst. Seleccionada.	111
Tabla 17	Características generales de la caldera de 15CC. Seleccionada.	112
Tabla 18	Capacidad de tanques de agua según los CC de la caldera.	115
Tabla 19	Dimensiones del tanque de suministro de agua.	116
Tabla 20	Características del tanque diario de combustible.	119
Tabla 21	Distancia de tuberías a los puntos de consumo de vapor.	122
Tabla 22	Caudales de vapor.	123
Tabla 23	Caudal del sistema de retorno de condensado.	133

Tabla 24	Diámetro de tubería de retorno de condensado.	134
Tabla 25	Factores de seguridad de trampas para vapor.	138
Tabla 26	Requerimientos del agua de suministro para calderas según norma BS-2486.	143
Tabla 27	Costo del consumo de agua de la caldera.	145
Tabla 28	Precios de los combustibles.	146
Tabla 29	Costo del consumo de combustible de la caldera.	146
Tabla 30	Costo del consumo de energía eléctrica de los equipos.	147
Tabla 31	Costo mensual total de los recursos consumidos por los equipos.	148
Tabla 32	Costo de materiales para el proyecto.	150
Tabla 33	Costo de mano de obra y consumibles	151
Tabla 34	Costo de inversión del proyecto	151
Tabla 35	Análisis económico del consumo de combustible de los equipo.	153
Tabla 36	Cálculo del VAN, TIR	154

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Croquis.	6
Figura 2	Modelos de calderas acuotubulares.	29
Figura 3	Caldera pirotubular horizontal Hurst.	30
Figura 4	Caldera pirotubular vertical Hurst.	31
Figura 5	Ciclo de la combustión.	36
Figura 6	Transferencia de calor por conducción.	42
Figura 7	Transferencia de calor por convección.	44
Figura 8	Transferencia de calor por radiación.	45
Figura 9	Sustancias puras y mezclas.	47
Figura 10	Circuito básico del sistema de distribución de vapor.	54
Figura 11	Diagrama para dimensionar tuberías para vapor.	65
Figura 12	Diagrama para calcular la caída de presión en las tuberías.	66
Figura 13	Diagrama para calcular tuberías de retorno de condensado por caída de presión.	68
Figura 14	Cañuela de lana de roca.	71
Figura 15	Cañuela de lana de vidrio.	72
Figura 16	Formación de condensado en tubería.	73
Figura 17	Se muestra la generación de vapor, drenado y aprovechamiento del condensado en el sistema.	75
Figura 18	Derivaciones para vapor.	76
Figura 19	Pierna colectora en el sistema de distribución de vapor.	77
Figura 20	Funcionamiento de la trampa para vapor de balde invertido.	80
Figura 21	Funcionamiento de la trampa para vapor de	82

	flotador y termostática.	
Figura 22	Funcionamiento de la trampa para vapor de disco controlado.	83
Figura 23	Funcionamiento de la trampa para vapor termostática.	85
Figura 24	Codos de 45° y 90° para tubería clase 300 NPT.	86
Figura 25	Tee y tee reductora para tubería clase 300 NPT.	87
Figura 26	Reducción para tubería.	87
Figura 27	Válvula de paso o de compuerta.	88
Figura 28	Válvula de bola o de cierre rápido.	88
Figura 29	Válvula Checke.	89
Figura 30	Gráfica de datos tabulados referente a la pregunta 1.	95
Figura 31	Gráfica de datos tabulados referente a la pregunta 2.	96
Figura 32	Gráfica de datos tabulados referente a la pregunta 3.	97
Figura 33	Gráfica de datos tabulados referente a la pregunta 4.	98
Figura 34	Gráfica de datos tabulados referente a la pregunta 5.	99
Figura 35	Gráfica de datos tabulados referente a la pregunta 6.	100
Figura 36	Marmitas en la cocina del Hospital León Becerra de Guayaquil.	105
Figura 37	Lavaplatos en la cocina del Hospital León Becerra de Guayaquil.	107
Figura 38	Equipo esterilizador del Hospital León Becerra de Guayaquil.	109
Figura 39	Tanque de suministro de agua para el caldero.	116

Figura 40	Tanques de suministro de combustible para el caldero.	120
Figura 41	Diagrama propuesto de las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado.	122
Figura 42	Montaje recomendado de trampas para vapor.	136
Figura 43	Trampeo y derivación de línea de retorno de condensado en marmita.	137
Figura 44	Guía para seleccionar trampas para vapor.	139
Figura 45	Esquema general del Tratamiento de agua para caldera.	141
Figura 46	Costo del m^3 del agua potable.	145
Figura 47	Tasa de inflación del Ecuador 2013-2014.	154

ÍNDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1	Especificaciones de tubería A-53 del catálogo de aceros DIPAC.	161
Anexo 2	Encuesta aplicada al personal administrativo y general del Hospital León Becerra de Guayaquil.	162
Anexo 3	Tabla de vapor y Volumen específico.	163
Anexo 4	Filtro Spirax-Sarco para el sistema de vapor.	164
Anexo 5	Purgador termodinámico de disco controlado Spirax-Sarco.	166
Anexo 6	Válvula reductora de presión Spirax-Sarco.	168
Anexo 7	Diagrama de distribución de vapor y retorno de condensado propuesto.	171
Anexo 8	Trampeo para el sistema para vapor.	172
Anexo 9	Trampeo de marmitas	173
Anexo 10	Trampeo de lavaplatos	174
Anexo 11	Trampeo de esterilizador	175
Anexo 12	Cuarto de caldera propuesto	176

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<i>Kcal/Kg</i>	Kilo calorías por kilogramo
<i>Kcal/h</i>	Kilocalorías por hora
<i>Kg/cm²</i>	Kilogramos por centímetro cuadrado
<i>Kg/m³</i>	Kilogramos por metros cúbico
<i>Kg/h</i>	Kilogramos por hora
<i>Km/h</i>	Kilómetros por hora
<i>lb/h</i>	Libras por hora
<i>m/s</i>	Metros por segundo
<i>pie/min</i>	Pie por minuto
<i>pies/s</i>	Pies por segundo
AMBA	American Boiler Manufacturing Association (Asociación Americana de Manufactura de Caldera).
API	American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo)
ASME	American Society of Mechanical Engineering (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos).
ASTM	American Society for Testing Materials (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales).
BHP (CC)	Boiler Horse Power (Caballos de caldera.)
CD	Trampa de disco controlado
CEN	Comité Europeo de Normalización
cm.	Centímetros
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
ERW	Electric Resistance Welding (Soldadura por Resistencia Eléctrica)
F&T	Trampa de flotador y termostática
Gal.	Galones

GPH	Galones por hora
GPM	Galones por minuto
LPH	Litros por hora
m.	Metros
mm.	Milímetros
°C	Grados Celcius
°F	Grados Fahrenheit
°K	Grados Kelvin
PMA	Plan de Manejo Ambiental
Ppm	Partes por millón
PSI	Pound Saqure inches (Libras sobre pulgada cuadrada)
<i>lb/pulg²</i>	
Quim.	Química
Sch.	Schedule, cédula o espesor de tubería.
TDH	Total dynamic head / Altura dinámica total
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto
CO₂	Dióxido de carbono.

“Diseño del sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil.”

Resumen

El objetivo de la tesis pretende realizar el diseño del sistema distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil, en base a las necesidades de demanda de vapor de los equipos, como una propuesta de desarrollo tecnológico en el área de caldero del Hospital León Becerra de Guayaquil, este proyecto se lo ha realizado durante el periodo del año 2014. Uno de los objetivos que pretende el presente proyecto es reducir los costos de producción de vapor por medio del diseño del sistema, que a su vez deberá garantizar la eficiente distribución de vapor a los equipos. Se realizó un estudio de cargas térmicas a los equipos con el fin de conocer la demanda real de vapor en los puntos, con estos datos obtenidos podemos conocer la capacidad en CC. del equipo generador de vapor, el cálculo y dimensionamiento de las tuberías para vapor y retorno de condensado, además de los accesorios de las tuberías los cuales han sido seleccionados según las normas internacionales y manuales técnicos de los fabricantes. Para complementar el diseño se han calculado y dimensionado los tanques de agua y combustible, junto con sus equipos de bombeo cumpliendo así el circuito cerrado de la generación y distribución de vapor. Una vez realizada la selección y distribución de los equipos y accesorios se elaboró el presupuesto de inversión para el presente proyecto el cual tiene un costo total de inversión de \$22.462,50, con un costo de operación mensual de \$499.92, lo que representa una inversión media con un bajo costo de operación, sabiendo que la vida media de un caldero es de 35 años sería una inversión factible para el Hospital León Becerra de Guayaquil.

PALABRAS CLAVE: Diseño, Sistema, Distribución, Generación, Vapor.

"Design steam distribution system in León Becerra Hospital of Guayaquil."

Abstract

The aim of the thesis is to make the design of the steam distribution system in León Becerra Hospital of Guayaquil, based on the needs of steam demand of the equipment as a proposal for the technological development in the boiler area in León Becerra Hospital of Guayaquil; this project has been performed during the period of 2014. One of the goals of this project is intended to reduce the costs of producing steam by designing the system, which in turn will ensure the efficient distribution of steam equipment. A study of thermal loads to the equipment in order to meet the actual demand for steam in points, with these data we know the BHP capacity steam generator equipment, the analysis and design of steam piping and condensate return piping was conducted, in addition to the pipe fittings which have been selected according to the international standards and technical manuals from the manufacturers. Completing the design are calculated and sized water and fuel tanks, together with their pumping equipment fulfilling the closed steam generation and distribution circuit. Once the selection and distribution of equipment and accessories investment budget for this project which has a total investment cost of \$22,462.50 with a monthly operating cost of \$499.92 was made, representing an average investment with low operating cost, knowing that the average life of a boiler is 35 years would be a feasible investment for the León Becerra Hospital of Guayaquil.

Keywords: Design, System, Distribution, Generation, Steam

INTRODUCCIÓN

Se entiende por vapor al cambio de fase o de estado físico del agua, de estado líquido a gaseoso a una presión y temperatura. A principios del siglo XVIII el vapor jugó un papel muy importante en la revolución industrial con lo cual dio paso a grandes descubrimientos y avances tecnológicos como los motores de vapor, las locomotoras a vapor, los barcos a vapor, hornos, esterilizadores etc.

El vapor de agua es considerada una de las principales fuentes de energía calorífica, es eficaz y fácil de controlar muy común de hallar en las industrias y hospitales, por su bajo costo de producción ya sea utilizado para transformar la materia prima a un producto o formar parte de un proceso. La producción de vapor está íntimamente relacionada con la correcta selección del equipo generador de vapor (caldera), los rendimientos, la eficiencia del equipo, los accesorios y las líneas de distribución de vapor que juegan un papel muy importante porque transportan la energía calorífica a los puntos de demanda de vapor.

Sin duda alguna la caldera es el equipo de generación de vapor más utilizado en la mayoría de las industrias y hospitales ya que forma parte de la columna vertebral de sus procesos, como es el caso de los hospitales que requieren de vapor en el área de la cocina para la cocción de los alimentos mediante las marmitas, o en quirófano para esterilizar los utensilios quirúrgicos, entre otras aplicaciones y usos del vapor.

El objetivo de este proyecto consiste en diseñar el sistema de generación de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil.

El contenido de este proyecto consta de cuatro capítulos que tienen concordancia entre sí.

En el capítulo I se realiza un análisis de la problemática del proyecto la razón por la cual surge la necesidad de elaborar este proyecto en el cual se refiere al diseño del sistema de distribución de vapor en las instalaciones del hospital.

En el capítulo II se ha descrito la fundamentación teórica, donde se presentan los conceptos de los equipos y accesorios que se utilizarán para elaborar el sistema de distribución de vapor, que cumpla con los requisitos técnicos legales que rigen en nuestro país.

En el capítulo III se realizará el marco conceptual, es decir la secuencia de cómo se elaborará el proyecto, que tipo de método utilizamos para realizar la investigación en el proyecto, en este capítulo se realizó una encuesta al personal administrativo y de mantenimiento para obtener un criterio acerca de la necesidad del contar con un sistema de distribución de vapor en las instalaciones.

En el capítulo IV se realiza un análisis de las cargas térmicas, es decir la demanda de vapor en los puntos donde se lo utiliza, con esta información obtenida se realizará la correcta selección de los equipos como la caldera, bomba de alimentación de agua, etc. Con el fin de reducir la demanda de recursos de los equipos, como son el agua y el combustible, Además se realizará la distribución de las líneas de vapor en el plano del hospital, finalmente se realizará el dimensionamiento de las tuberías de vapor y retorno de condensado así como los accesorios que forman parte fundamental en las líneas de vapor y condensado del sistema.

En el capítulo V se presenta un análisis financiero del proyecto, el costo total de la inversión del proyecto y mano de obra así como el análisis financiero del VAN y TIR que determinan la factibilidad del proyecto

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes.

El Hospital León Becerra de Guayaquil institución pública sin fines de lucro, la cual pertenece a la Benemérita Sociedad Protectora de la Infancia y que tiene como misión la promoción de la salud en la población general dando servicios de atención médica para satisfacer la demanda del usuario, promoviendo los más altos niveles de calidad dentro de un marco de bioética.

En varias áreas del Hospital León Becerra de Guayaquil, se necesita de vapor para la elaboración de sus actividades diarias, como por ejemplo la cocina, en la cual se demanda vapor para realizar la cocción de los alimentos del personal administrativo, interno y de pacientes internados, otro ejemplo es el área de esterilizado, donde el equipo demanda vapor para esterilizar los utensilios quirúrgicos empleados en las cirugías planificadas.

En el Hospital León Becerra existe el área de caldero, la cual se hace responsable de las actividades de generación y distribución eficiente de vapor hacia los puntos de demanda, desde aquí nace el proceso de

generación de vapor, ya que si se encuentran estables las variables de operación y en buen estado los equipos, se garantizará la eficiente distribución de vapor en las áreas que lo demanden, sin embargo, al reducir las áreas que demandan vapor en el hospital, se genera el problema con el equipo, pues la demanda de vapor ha disminuido y se debe satisfacer la demanda de vapor en las áreas operativas.

Para generar vapor, el caldero debe consumir combustible, si la demanda de vapor es baja en relación a la capacidad de generación de vapor del equipo se puede decir que la caldera consume demasiado combustible lo que representa gastos debido al alto costo del combustible consumido para satisfacer la demanda de vapor y el equipo no está siendo aprovechado ya que su rendimiento ha bajado. Desde aquí nace la necesidad de realizar un estudio que determine la capacidad de un equipo generador de vapor que satisfaga la demanda de vapor en las áreas operativas, sin consumir combustible en exceso aprovechando la capacidad de equipo, junto con su sistema de distribución de vapor, el cual se analizará en el presente proyecto.

1.2. Justificación.

El Hospital León Becerra de Guayaquil actualmente se encuentra en un proceso de readecuación de sus áreas de trabajo, como es el caso del área de calderas, la cual ha sido transferida a otro punto con un menor espacio físico. El principal motivo para realizar el presente proyecto se debe a la redistribución de las líneas de vapor e implementación de un nuevo equipo generador de vapor de menor capacidad, en el nuevo cuarto de caldera, ya que al reducir las áreas que demandan vapor, es necesario realizar un nuevo sistema de distribución de vapor, la cual comprende la selección del nuevo equipo, dimensionamiento y distribución de tuberías que se ajuste a la capacidad de producción de vapor del equipo y que satisfaga la demanda en los puntos. De igual

forma reduciendo el consumo de los recursos de operación en la caldera. Las áreas que demandan vapor son el área de cocina y el área de esterilizado.

Actualmente, no existe un plano del edificio con la distribución de las líneas de vapor, ni de retorno de condensado de los equipos, así mismo no existe un plano con la información técnica del sistema de distribución de vapor como el dimensionamiento de las tuberías ni de sus accesorios como por ejemplo en el sistema de trampeo, lo cual representa un problema para los trabajadores del área de caldera ya que no disponen de una guía para orientar sus actividades de mantenimiento en las líneas de vapor.

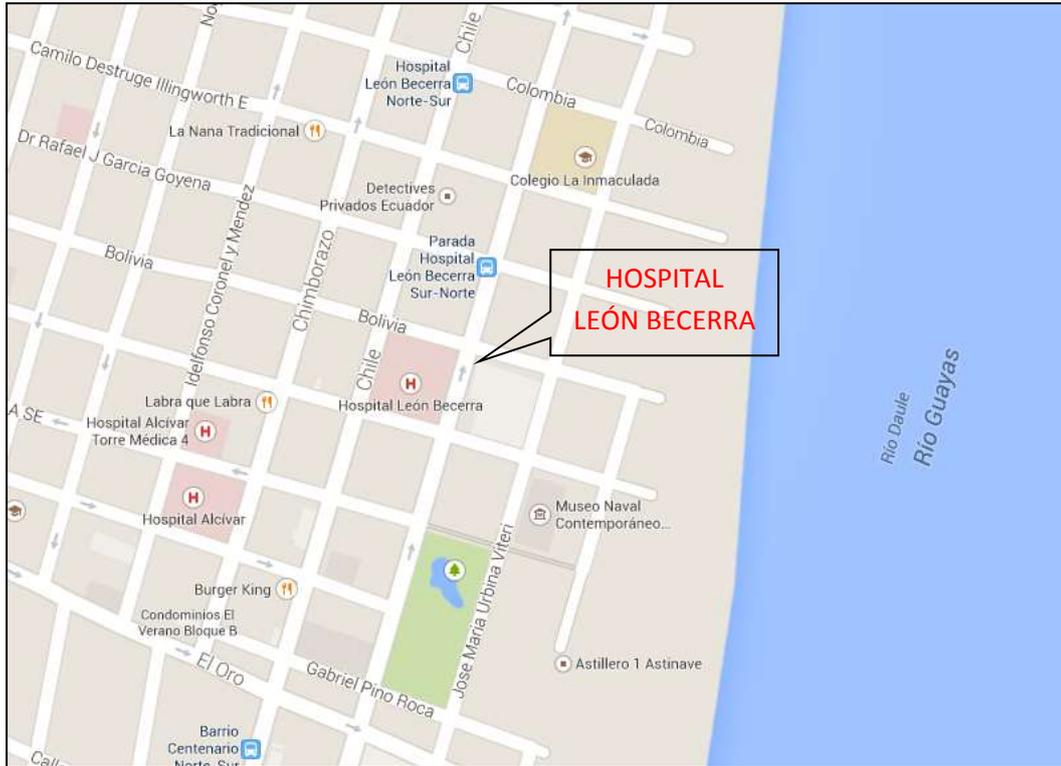
El diseño de este proyecto contempla aprovechar al máximo la generación de vapor mediante su óptimo sistema de distribución de vapor manteniendo la eficiencia ideal de operación del equipo, reduciendo al máximo los costos de los recursos en el sistema durante el proceso.

1.3. Delimitación.

La delimitación del presente proyecto se refiere a los siguientes aspectos:

- **Campo:** Diseño del sistema de distribución de vapor.
- **Área:** Técnica.
- **Aspectos:** Estudio de cargas térmicas, selección de equipos, dimensionamiento de tuberías, desarrollo tecnológico.
- **Tema:** Diseño del sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil.
- **Delimitación geográfica:** Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil, Parroquia Letamendi, Av. Eloy Alfaro 2402 y Bolivia.
- **Delimitación espacial:** Hospital León Becerra, Nuevo Cuarto de Caldera, Área de Cocina y Área de Esterilizado.
- **Delimitación temporal:** Abril del 2014 a Octubre del 2014.

Figura 1. Croquis



Fuente: Google map.
Elaborado por: El Autor.

1.4. Problema de Investigación.

El Hospital León Becerra de Guayaquil como parte de la Benemérita Sociedad Protectora de la Infancia brinda el servicio de atención médica en sus instalaciones al público en general.

La generación de vapor es un proceso muy importante en los hospitales e industrial para realizar sus actividades diarias, este proceso es sencillo, y a su vez muy común de hallar en dichas instalaciones.

La principal función en el área de calderos es la generación y distribución de vapor, pero el principal problema que se evidencia es el deterioro de las líneas de vapor y accesorios que componen el sistema de trampeo

que tienen como fin satisfacer la demanda de vapor en el área de cocina y esterilizado.

Otro problema que se evidencia es el alto costo que genera la producción de vapor la causa principal por la cual está ocurriendo este incremento en el costo de producción de vapor es el sobredimensionamiento del equipo generador de vapor y el mal aislamiento térmico en las líneas de vapor, también se puede observar el mal aprovechamiento del condensado ya que no es utilizado de forma eficiente

Las consecuencias del sobredimensionamiento de la caldera, se ven reflejados directamente en el incremento de los costos de generación de vapor así como de los recursos a utilizarse en el proceso, como por ejemplo el agua y en especial el combustible; sumando a la problemática están las pérdidas de energía térmica producidas al no aislar las tuberías de vapor en la distribución hacia los puntos de demanda. Todos estos problemas afectan directamente en la eficiencia del equipo y en las líneas de vapor, ya que al no estar correctamente aisladas se genera condensado en el interior de las tuberías por diferencia de temperatura, lo que puede generar golpes de ariete y desgaste en los accesorios del sistema.

Por este motivo, es necesario realizar el estudio técnico respectivo para realizar la correcta selección del equipo, el dimensionamiento de las tuberías para el nuevo sistema de distribución de vapor con el fin de reducir los costos de producción de vapor y satisfacer de manera eficiente la demanda de vapor en el área de cocina y esterilizado del Hospital León Becerra de Guayaquil.

1.4.1. Enunciado del problema.

El diseño del sistema de distribución de vapor en el hospital León Becerra de Guayaquil ha sido el principal problema que tiene el área de caldero en el hospital, lo que ocasiona un incremento en los altos costos de los recursos para la generación de vapor, debido a la mala selección de los equipos y distribución de las líneas.

1.4.2. Formulación del problema.

- ¿La ineficiencia en el diseño del sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil es la principal causa del incremento en los costos de operación en la actualidad?

1.4.3. Evaluación del problema.

Delimitado: porque se describe el problema referente al diseño de un sistema de distribución de vapor localizada en las instalaciones del Hospital León Becerra, en la parroquia Letamendi de la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas.

Claro: El proyecto que se realizará es el diseño del sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil, debido a que presenta ineficiencia técnica en las líneas de vapor, lo que es fácil comprender las causas y consecuencias que genera el problema, en referencia a los altos costos de producción.

Evidente: El problema correspondiente al ineficiente sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil, se ha evidenciado un incremento en los costos de producción de vapor.

Relevante: El proyecto es relevante porque pretende diseñar un sistema de distribución de vapor eficiente, como propuesta de desarrollo tecnológico y científica en el área de la Ingeniería Industrial, que permita satisfacer la demanda de vapor en los puntos así como de reducir los costos de operación del equipo optimizando el espacio y los recursos disponible en beneficio no sólo del hospital y de sus trabajadores sino que incluye al público en general y al medio ambiente.

Original: El enfoque del proyecto es novedoso, porque no se ha realizado un estudio sobre el diseño de un sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil, referente al cálculo, distribución y dimensionamiento de tuberías en las instalaciones del hospital, al no existir un estudio alguno es un proyecto novedoso para la institución.

Contextual: El problema correspondiente es debido ineficiente sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil, pertenece al contexto de la Ingeniería Industrial. Además, la problemática investigada se ha realizado en un Hospital sin fines de lucro que está atravesando un proceso de reducción y readecuación de las áreas de trabajo, donde es requerido el vapor a diario en alguna de estas áreas.

Factible: El problema correspondiente al ineficiente sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil, puede resolverse con la aplicación de las herramientas de Ingeniería que promuevan un mayor desarrollo tecnológico, cuyas inversiones serán menores al tiempo de 2 meses, con recursos propios de la institución.

Variables: La variable identificada en el proyecto se refiere al desarrollo tecnológico que es el diseño del sistema de distribución de vapor, que enmarca una serie de actividades las cuales pertenecen al estudio de la resistencia de los materiales, transferencia de calor y diseño las cuales

suma a la cadena de valor, con resultados medibles en los registros internos de la institución.

1.5. Objetivos de la Investigación.

Los objetivos del proyecto se presentan en los siguientes sub-numerales.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar un Sistema de Distribución de Vapor para el Hospital León Becerra de Guayaquil.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Realizar el cálculo de cargas térmicas para la selección del nuevo equipo generador de vapor.
- Diseñar el recorrido de las tuberías de vapor y retorno de condensado del sistema de distribución de vapor.
- Realizar el cálculo y dimensionamiento de las tuberías de vapor y de retorno de condensado del sistema.
- Realizar un estudio financiero sobre el costo total de proyecto y el consumo de recursos de los equipos.

1.6. Beneficiarios.

Los principales beneficiarios del proyecto serán los directivos del Hospital León Becerra de Guayaquil ya que son los propietarios de las instalaciones donde se efectuará el proyecto, al realizar el proyecto se tendrá como objetivo seleccionar un equipo generador de vapor acorde a la demanda de vapor y las necesidades de las áreas operativas en el hospital, al reducir el consumo de combustible del equipo generador de vapor, se reduce el costo de operación del equipo lo que representa un

ahorro económico. Otro de los beneficiarios son los operadores de las áreas operativas que demandan vapor para realizar sus actividades diarias, como es el caso del área de cocina y esterilizado que utilizan vapor ya sea para la cocción de los alimentos o esterilizar los utensilios para las cirugías programadas.

Como segundos beneficiario tenemos al personal administrativo y público en general, los cuales que brindan y reciben el servicio de medico ya que al existir vapor en el área de cocina, se puede preparar los alimentos diarios de los trabajadores del hospital así como de los usuarios que se encuentran internados en el hospital. En cirugía los médicos pueden contar con utensilios quirúrgicos limpios y esterilizados cuando lo requieran.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

Revisando la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana, se pudo encontrar una tesis correspondiente al Diseño de un Sistema de Distribución de Vapor en un hospital, pero no hace referencia al Hospital León Becerra de Guayaquil ya que es un trabajo realizado en el 2006 en la ciudad de Quito.

Realizando la búsqueda en otras bibliotecas de otras universidades del país y en la web, se pueden encontrar un sin número de tesis relacionadas al Diseño de un Sistema de Distribución de Vapor.

El objetivo de la tesis en referencia fue pre diseñar las instalaciones de vapor y selección de la caldera tipo piro-tubular del Hospital Un Canto a la Vida.

La diferencia de los proyectos radica en las necesidades específicas de cada hospital, además de las diferencia de las condiciones climáticas de cada localidad, El diseño que se presentará en el siguiente trabajo hace referencia a la readecuación de áreas y nuevo sistema de distribución de vapor, acorde a las necesidades del Hospital León Becerra de Guayaquil.

2.2. Fundamentación legal.

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.¹

Principios Fundamentales.

Art. 3. Numeral 7.- Es Estado establece como deber primordial proteger el patrimonio natural y cultural del país.

Ambiente Sano.

Art. 14.-Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tendencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológica y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente

¹ ASAMBLEA NACIONAL. Constitución de la República del Ecuador,. Corporación de Estudios y Publicaciones .Montecristi, 2008.

modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Derechos de Libertad.

Art. 66. Numeral. 27.- El Estado reconoce y garantiza a los ciudadanos el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Régimen de Desarrollo.

Art. 276. Numeral 4.- El Estado señala como uno de los objetivos del régimen de desarrollo, el recuperara y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

2.2.2 Ley de Gestión Ambiental.²

Ámbito y Principios de la Ley.

Art. 1.- La presente ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

² ASAMBLEA NACIONAL - LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL – LEY NO. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El procesos de Gestión Ambiental se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

De la Protección de los Derechos Ambientales.

Art. 41.- Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, concédase acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución política de la República.

Art. 42.- Toda persona natural, jurídica o grupo humano podrá ser oída en los procesos penales, civiles o administrativos, previa fianza de calumnia, que se inicien por infracciones de carácter ambiental, aunque no hayan sido vulnerados sus propios derechos.

El Presidente de la Corte Superior del lugar en que se produzca la afección ambiental, será el competente para conocer las acciones que se propongan a consecuencia de la misma. Si la afectación comprende varias jurisdicciones, la competencia corresponderá a cualquiera de los presidentes de las cortes superiores de esas jurisdicciones.

2.2.3 Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental.³

De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire

Art. 11.-Queda prohibido exceder hacia la atmosfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio del Ministerio de Salud, puedan perjudicar la salud y la vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o construir una molestia.

Art. 12.-Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación del aire:

Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas, termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores, y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación.

Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamiento de tierras y otros.

Art. 13.-Se sujetarán al estudio y control de los organismos determinados en esta ley y sus reglamentos las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica.

³ ASAMBLEA NACIONAL - LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL – LEY NO: 37. - Disposición General Segunda, RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Las actividades tendientes al control de la contaminación provocada por fenómenos naturales son atribuciones directas de todas aquellas instituciones que tienen competencia en este campo.

Art. 14.- Será responsabilidad del Ministerio de Salud, en coordinación con otras Instituciones estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Art. 15.- Las Instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar al Ministerio de Salud, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

2.2.4 Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente.⁴

Políticas Básicas Ambientales del Ecuador.

1. Reconociendo que el principio fundamental que debe trascender el conjunto de políticas es el compromiso de la sociedad de promover el desarrollo hacia la sustentabilidad.

La sociedad ecuatoriana deberá observar permanentemente el concepto de minimizar los riesgos e impactos negativos ambientales mientras se mantienen las oportunidades sociales y económicas del desarrollo sustentable.

⁴ ASAMBLEA NACIONAL - Decreto Ejecutivo No.1589 – Registro Oficial 320 de 25 de Julio del 2006

2. Reconociendo que el desarrollo sustentable sólo puede alcanzarse cuando sus tres elementos lo social, lo económico y lo ambiental son tratados armónica y equilibradamente en cada instante y para cada acción.

Todo habitante en el Ecuador y sus instituciones y organizaciones públicas y privadas deberán realizar cada acción, en cada instante, de manera que propenda en forma simultánea a ser socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sustentable.

3. Reconociendo que la gestión ambiental corresponde a todos en cada instante de la vida y que nadie puede sustituir la responsabilidad de cada quien en esta gestión en su campo de actuación:

Mediante la coordinación a cargo del Ministerio del Ambiente, a fin de asegurar la debida coherencia nacional, las entidades del sector público y del sector privado en el Ecuador, sin perjuicio de que cada una deberá atender el área específica que le corresponde, contribuirán, dentro del marco de las presentes políticas, a identificar, para cada caso, las políticas y estrategias específicas, las orientaciones y guías necesarias a fin de asegurar por parte de todos una adecuada gestión ambiental permanentemente dirigida a alcanzar el desarrollo sustentable, así como colaborarán en los aspectos necesarios para lograr que cada habitante del Ecuador adecue su conducta a este propósito.

4. Reconociendo que el ambiente tiene que ver con todo y está presente en cada acción humana:

Las consideraciones ambientales deben estar presentes, explícitamente, en todas las actividades humanas y en cada campo de actuación de las entidades públicas y privadas, particularmente como parte obligatoria e indisoluble de la toma de decisiones; por lo tanto, lo ambiental no deberá

ser considerado en ningún caso como un sector independiente y separado de las consideraciones sociales, económicas, políticas, culturales y en general, de cualquier orden. Esto sin perjuicio de que, por razones puramente metodológicas, deban hacerse análisis y capacitaciones sobre llamados "temas ambientales".

5. Reconociendo que cada asunto relativo a la gestión ambiental tiene varios actores importantes, directamente vinculados o con particulares intereses en ellos:

La gestión ambiental en el Ecuador se fundamentará básicamente en la solidaridad, la corresponsabilidad, la cooperación y la coordinación entre todos los habitantes del Ecuador, dirigidas a garantizar el desarrollo sustentable, en base al equilibrio y la armonía entre lo social, lo económico y lo ambiental. Criterios similares, guiarán al Ecuador en sus relaciones con los demás países y pueblos del mundo a fin de que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción y competencia o fuera de ella no perjudiquen a otros Estados y zonas sin jurisdicción, ni tampoco que sea perjudicado por acciones de otros. Particular mención hace a su decisión de propender a la cogestión racional y sostenible de recursos compartidos con otros países.

6. Reconociendo que, sin perjuicio de necesarios y aconsejables complementos y sistematizaciones jurídicas e institucionales, existen suficientes leyes e instituciones en el Ecuador para realizar y mantener una adecuada gestión ambiental, pero que las leyes y regulaciones se cumplen sólo parcialmente y que muchas instituciones atraviesan por crisis en varios órdenes:

Deberá efectuarse un especial esfuerzo nacional para aplicar efectiva y eficientemente las leyes y regulaciones existentes, así como para aprovechar las capacidades institucionales del país, procurando

sistematizarlas y fortalecerlas. Todo esto tendiente a garantizar la adecuada gestión ambiental que el país requiere.

7. Reconociendo que, si bien es responsabilidad de cada habitante en el Ecuador efectuar permanentemente la gestión adecuada que le corresponde, es conveniente que se incentive aquello.

El Estado Ecuatoriano propenderá al establecimiento de incentivos de varios órdenes para facilitar el cumplimiento de regulaciones o para la aplicación de iniciativas propias de los habitantes del Ecuador o de sus organizaciones, tendientes a lograr la adecuada gestión ambiental en el país, por ejemplo, privilegiando actividades productivas y otras enmarcadas en tecnologías y procedimientos ambientalmente sustentables.

8. Reconociendo que, si bien la participación en apoyo a programas y proyectos de promoción y ayuda para la adecuada gestión ambiental en el país corresponde a todos los habitantes en el Ecuador, mediante una real participación democrática a todo nivel, es necesario impulsar la presencia y efectiva participación de grupos humanos que, por diversas razones históricas, no han sido actores muy directos de decisiones y acciones de interés nacional.

El Estado Ecuatoriano promoverá y privilegiará la participación, como ejecutores y beneficiarios, en programas y proyectos tendientes a lograr la adecuada gestión ambiental en el país de la sociedad nacional, a través de organizaciones no públicas, de grupos menos favorecidos, de la mujer, de los niños y los jóvenes de organizaciones que representen a minorías, poblaciones indígenas y sus comunidades, trabajadores, sus sindicatos y organizaciones clasistas, empresarios y sus empresas y organismos, agricultores y trabajadores del campo, comunidad científica y tecnológica.

9. Reconociendo que es necesaria la promoción del conocimiento y de las experiencias sobre el medio ambiente, las ciencias y aspectos relacionados con él, así como respecto a su gestión.

El Estado Ecuatoriano asignará la más alta prioridad, como medios para la gestión ambiental a: la educación y capacitación ambientales, como partes integradas a todas las fases, modalidades y asignaturas de la educación formal e informal y la capacitación generales; la información en todas sus modalidades; y, la ciencia y tecnología, privilegiado la investigación y aplicación de tecnologías endógenas y la adaptación conveniente de las provenientes del exterior. Así mismo, impulsará el establecimiento de un sistema permanente de ordenamiento territorial como herramienta necesaria para promover el desarrollo sustentable y, por lo tanto, para la gestión ambiental adecuada.

10. Reconociendo que los asuntos ambientales y sus problemas tienen carácter global y que, por lo tanto, sólo la atención y trabajo mancomunado de todos los pueblos de la tierra puede permitir afrontados y solucionados con éxito, sin alterar el principio de que los países tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su política ambiental.

El Ecuador mantendrá una permanente actitud de apertura para convenir con otros países, a niveles bilateral, sub - regional, regional o mundial, formas de cooperación y compromisos tendientes a lograr la gestión ambiental adecuada y a asegurar los beneficios que se busquen en conjunto; así mismo, pondrá especial empeño y asignará muy alta prioridad al cumplimiento oportuno y eficiente de lo que establezcan convenios, tratados o cualquier forma de compromisos internacionales para el efecto, en los que el Ecuador participe.

11. Reconociendo que el ambiente y sus regulaciones jurídicas deben afrontarse de forma integral, pero que es conveniente enfatizar en la prevención y control con la finalidad de evitar la ocurrencia de daños ambientales.

Sin perjuicio de afrontar los asuntos ambientales en forma integral, incluyendo sus regulaciones jurídicas, se dará especial prioridad a la prevención y control a fin de evitar daños ambientales provenientes de la degradación del ambiente y de la contaminación, poniendo atención en la obtención de permisos previos, límites de tolerancia para cada sustancia, ejercicio de la supervisión y control por parte del Estado en las actividades potencialmente degradantes y/o contaminantes. La degradación y la contaminación como ilícitos (una vez que sobrepasen los límites de tolerancia) serán merecedoras de sanciones para los infractores, a la vez que su obligación de reparación de los daños causados y de restauración del medio ambiente o recurso afectado.

12. Reconociendo que el deficiente mantenimiento de la calidad de los equipamientos y servicios y, en general, del hábitat humano, y la ineficiencia en actividades económicas y en servicios contribuyen en buena medida al deterioro ambiental y a la pérdida de la calidad de vida.

Las entidades públicas y privadas y los habitantes del Ecuador, en general, asignarán una prioridad especial al mantenimiento de la calidad de los equipamientos y servicios, así como las condiciones generales del hábitat humano. De igual manera, la eficiencia será un concepto predominante en todas las actividades productivas y de servicios.

13. Reconociendo que una herramienta efectiva para la prevención del daño ambiental es la obligación, por parte del interesado, del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y de la propuesta de Planes de Manejo Ambiental (PMA), para cada caso, acompañando a las solicitudes de

autorización para realizar actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, que deben someterse a la revisión y decisión de las autoridades competentes.

El Estado Ecuatoriano establece como instrumento obligatorio previamente a la realización de actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, la preparación, por parte de los interesados a efectuar estas actividades, de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y del respectivo Plan de Manejo Ambiental (PMA) y la presentación de éstos junto a solicitudes de autorización ante las autoridades competentes, las cuales tienen la obligación de decidir al respecto y de controlar el cumplimiento de lo estipulado en dichos estudios y programas a fin de prevenir la degradación y la contaminación, asegurando, además, la gestión ambiental adecuada y sostenible. El Estudio de Impacto Ambiental y el Plan de Manejo Ambiental deberán basarse en el principio de lograr el nivel de actuación más adecuado al respectivo espacio o recurso a proteger, a través de la acción más eficaz.

14. Reconociendo que algunas compañías nacionales y extranjeras se han caracterizado por una doble moral en sus actividades en el Ecuador y por el uso de diferentes parámetros tecnológicos que afecten negativamente a la sociedad y al medio ambiente.

El Estado Ecuatoriano exigirá que las compañías extranjeras, nacionales subsidiarias de compañías transnacionales y nacionales en general observen en el Ecuador un comportamiento tecnológico en relación al medio ambiente, al menos con los más altos parámetros y requisitos de sus países de origen, para el caso de compañías extranjeras y transnacionales, sin perjuicio del cumplimiento de las regulaciones nacionales pertinentes por parte de todas las compañías.

15. Reconociendo que se han identificado los principales problemas ambientales, a, los cuales conviene dar una atención especial en la gestión ambiental, a través de soluciones oportunas y efectivas.

El Estado Ecuatoriano, sin perjuicio de atender todos los asuntos relativos a la gestión ambiental en el país, dará prioridad al tratamiento y solución de los siguientes aspectos reconocidos como problemas ambientales prioritarios del país:

- La pobreza, (agravada por el alto crecimiento poblacional frente a la insuficiente capacidad del Estado para satisfacer sus requerimientos, principalmente empleo).
- La erosión y desordenado uso de los suelos.
- La deforestación.
- La pérdida de la biodiversidad y recursos genéticos.
- La desordenada e irracional explotación de recursos naturales en general.
- La contaminación creciente de aire, agua y suelo.
- La generación y manejo deficiente de desechos, incluyendo tóxicos y peligrosos.
- El estancamiento y deterioro de las condiciones ambientales urbanas.
- Los grandes problemas de salud nacional por contaminación y mal nutrición.
- El proceso de desertificación y agravamiento del fenómeno de sequías.
- Los riesgos, desastres y emergencias naturales y antrópicas.

16. Reconociendo que se han identificado áreas geográficas en el Ecuador en las que existen problemas ambientales agudos, en las cuales es necesario concentrar especiales esfuerzos para solucionar dichos problemas.

El Estado Ecuatoriano, sin perjuicio de atender todo el territorio nacional contribuyendo a solucionar problemas ambientales y procurando alcanzar

la gestión adecuada que el país requiere, dará prioridad al tratamiento y solución de los problemas ambientales que afectan o amenazan a las siguientes regiones geográficas:

- Bosques de Nor - Occidente del país (prolongación del Bosque del Chocó, Esmeraldas).
- Ecosistemas de manglares en la Costa ecuatoriana.
- Bosques de las estribaciones exteriores de los Andes ecuatorianos.
- Selva amazónica ecuatoriana.
- Región del Archipiélago Galápagos.
- Golfo de Guayaquil.
- Ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Esmeraldas, Santo Domingo de los Colorados, Quevedo, Babahoyo, Machala, Portoviejo y Lago Agrio (Nueva Loja).
- Zonas agrícolas andinas con importantes procesos erosivos.
- Sistemas lacustres.

17. Reconociendo que todas las actividades productivas son susceptibles de degradar y/o contaminar y que, por lo tanto, requieren de acciones enérgicas y oportunas para combatir y evitar la degradación y la contaminación, hay algunas que demandan de la especial atención nacional por los graves impactos que están causando al ambiente nacional.

Sin perjuicio de propender a que todas las actividades productivas que se efectúen en territorio ecuatoriano y en las áreas marinas bajo su soberanía y control, económico se realicen combatiendo y evitando la degradación y/o la contaminación ambiental, se dará especial atención con este propósito a las siguientes:

- Todas las actividades hidrocarburíferas (exploración, explotación, transporte, industrialización).
- Todas las actividades mineras (particularmente respecto al oro).

- Pesca.
- Agroindustrias grandes en medios ecológicos delicados (Amazonía y otros).
- Producción agrícola con uso indiscriminado de químicos (uso de fertilizantes, pesticidas y biocidas, en general).
- Industrias generadoras de desechos peligrosos y tóxicos en las diferentes ciudades del país y en ciertos sectores rurales.
- Industrias, agroindustrias y servicios generadores de gases efecto invernadero que afectan al clima y a la capa de ozono.
- Sector transporte de servicio público y privado.

2.3 Fundamentación Teórica.

En este capítulo se van a mencionar los conceptos básicos y elementales que sustentan el marco teórico en el cual se basa este proyecto.

2.3.1 Caldera.

Si buscamos la definición de la palabra caldera, hoy en día existen varios autores que definen esta palabra, a continuación se van a mencionar algunos de esos autores y sus definiciones:

Según el Diccionario Enciclopédico (Oceano, 1991), define a la caldera como “Ing. Aparato en el que el agua se calienta hasta su ebullición para producir vapor”.

Según la Enciclopedia Universal (Sopena, sf.) define a la caldera como “Recipiente donde hierve el agua, cuyo vapor se utiliza como fuerza motriz de la máquina.”

De acuerdo con Romero (1963), denomina caldera de vapor “A un recipiente cerrado, destinado a producir vapor de agua a presiones superiores a la atmosférica, por utilización del calor se genera al quemar un combustible sólido, líquido o gaseoso.”

En una publicación del año 1915, la ASME (American Society of Mechanicals Engineerings) argumenta que:

“Una caldera es un recipiente cerrado en el cual se calienta agua, se genera vapor, se sobrecalienta vapor o una combinación de ambos, bajo presión o vacío con aplicación directa de calor. El término caldera también podrá incluir unidades con combustión para calentamiento o vaporización de otros líquidos que no sean agua, siendo estos sistemas cerrados dentro de sí mismo.”

Según (Thomasset, 2011), define a la caldera como “Recipiente cerrado para la producción de vapor de agua: para el transporte de calor o su transformación en fuerza motriz, calentado directamente por la combustión de un elemento líquido, gaseoso o sólido en contacto con el aire. (p. 21).

2.3.2 Tipos de Calderas.

La caldera es el principal equipo generador de vapor, indispensable en las industrias y hospitales, aunque el principio de trabajo de la caldera es muy simple es realmente importante tener conocimiento de la variedad de equipos disponibles en el mercado, para realizar una correcta selección como parte del objeto de este proyecto en base a sus requerimientos.

Santiago (2012, Cap. 2, p. 46) argumenta que “fundamentalmente son dos los tipos de calderas de vapor que normalmente suelen utilizarse: caldera de tubos de humo o pirotubulares y calderas de tubos de agua o acuotubulares.”

Calderas Acuotubulares.

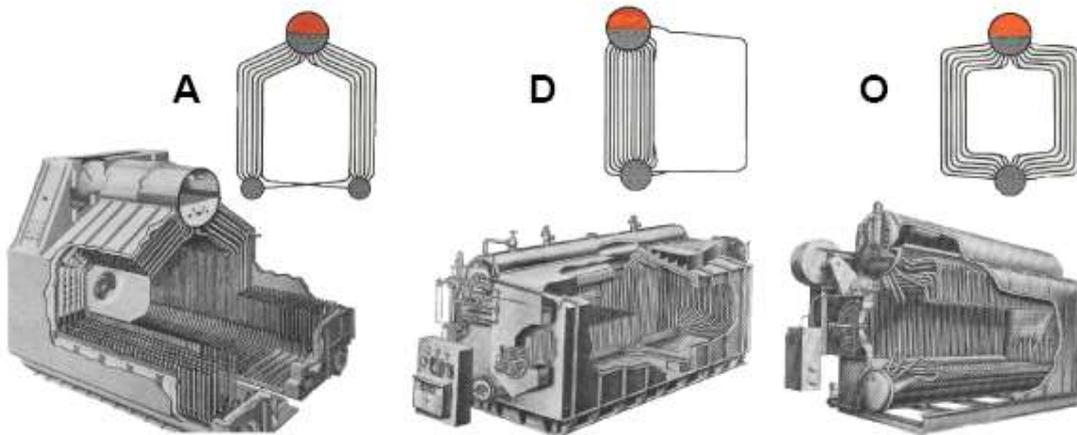
“En el caso de las calderas acuotubulares, el agua está en parte o casi toda contenida en haces de tubos de acero rodeado por la llama y los gases calientes de la combustión. Teniendo en cuenta el elevado número de tubos que pueden instalarse, la superficie de calefacción puede ser muy grande para dimensiones relativamente reducidas. Por esta razón, su puesta a régimen es muy rápida, teniendo la posibilidad de producir vapor a elevadas presiones.” (Santiago, 2012, 46).

Debido a su tamaño más compacto, las calderas acuotubulares suelen tener una carga térmica por superficie de calefacción superior, lo que les hace más sensibles a la calidad del agua, de ahí que la normativa vigente exija condiciones más restrictivas para el agua de alimentación de estos equipos.

Según (Uceda, 2012, Cap. 4) las calderas acuotubulares “Son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por el interior de tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. Son de aplicación cuando se requiere una presión de trabajo por encima de los 22 bar.”

En el artículo del 2011, Thomasset argumenta que “La caldera acuotubular está compuesta por recipientes (domos y colectores) que están unidos por tubos por los que circula el agua y el vapor. Estos rodean una cámara de combustión, cuyo calor es transmitido a los tubos desde el exterior.”

Figura 2. Modelos de calderas acuotubulares



Fuente: Trabajo de tesis “Diseño de un caldero de baja potencia para la fábrica de ropa LOUREN, Soto T., Raquel Valladares, Cap. 2, P. 42.

Elaborado por: Soto T. & Valladares R.

Calderas Pirotubulares.

“Las calderas de tubos de humo o pirotubulares se pueden explicar como un cilindro compacto de agua, atravesado longitudinalmente por un haz de tubos por los que circula la llama y/o los humos. Lógicamente, los humos y la llama pasarán por el interior de los tubos de acero, los cuales estarán rodeados de agua.” (Santiago, 2012, p.46).

El gran volumen de agua de estos equipos actúa como un almacén de energía proporcionando una respuesta adecuada por demandas puntuales y una mayor calidad de vapor.

Según (Uceda, 2012, Cap. 3) las calderas pirotubulares “Son aquellas calderas en las que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y que el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Son de aplicación principalmente cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 bar.”

En el 2011, Thomasset argumenta que “Las calderas humo tubulares están compuestas por un recipiente atravesado por un hogar cilíndrico y por tubos, en los cuales circulan los gases de combustión por su interior.”

Las calderas pirotubulares, se pueden clasificar según la posición del haz tubular en:

- Calderas Horizontales
- Calderas Verticales

Calderas Horizontales.- El haz tubular está dispuesto de la parte delantera a la trasera de la caldera.

Figura 3. Caldera pirotubular horizontal Hurst

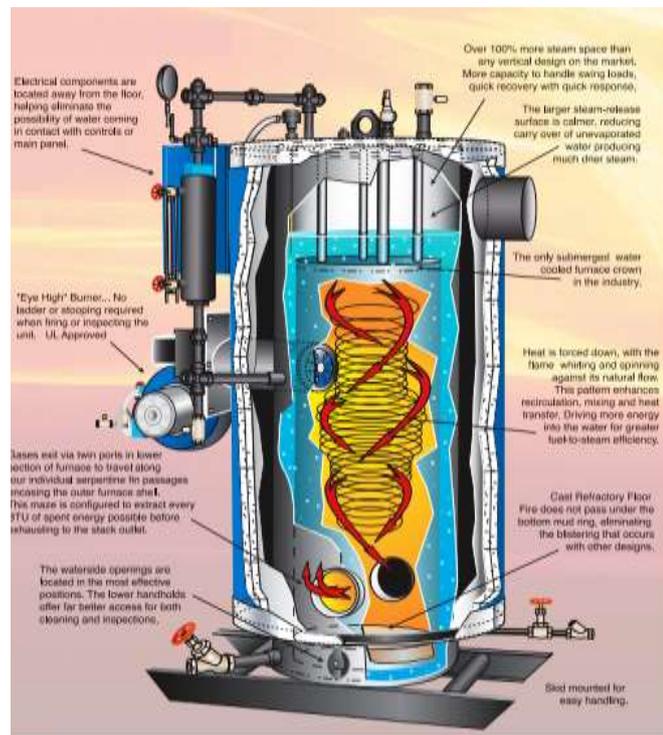


Fuente: http://s3.amazonaws.com/hurstboiler/documents/series_500.pdf

Elaborado por: Hurst Boiler&Welding CO., Inc.

Calderas Verticales.- El haz tubular está dispuesto de la parte inferior a la parte superior de la caldera.

Figura 4. Caldera pirotubular vertical Hurst



Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/hurst-boiler/tubeless-vertical-4vt-cyclone-steam/22135-467001.html#open>

Elaborado por: Hurst Boiler&Welding CO., Inc.

2.3.3 Partes de una Caldera.

Según (Uceda, 2012, Cap. 4) los componentes de las calderas acuotubulares y pirotubulares son:

Calderas Acuotubulares

- **Domo o calderín.-** Es de forma cilíndrica y en su interior se contienen los dos fluidos (agua/vapor). Al ser dimensiones reducidas, se le ha de dotar de separadores de gotas para elevar el título de vapor. Al igual que en la virola exterior de las calderas acuotubulares, en el domo van las tubuladoras de control, supervisión y servicio.

- **Cámara de combustión u hogar de combustión.-** Generalmente en forma de prisma de base rectangular, es la zona diseñada para que se realice la combustión. Está delimitada en sus seis lados por paredes de membrana que, excepto en una de ellas, el resto son totalmente estancadas al paso de los gases de combustión al exterior. La pared de membrana que no es totalmente estancada está diseñada para que los gases salgan del hogar e inicien su camino a través de los diferentes componentes del circuito de gases de la caldera, además de producir el cambio en la dirección de los gases.
- **Paredes de membrana.-** Son las formadas en su totalidad de tubos refrigerados por el agua que circula por su interior. Estos tubos está unidos entre sí por medio de soldadura de estanqueidad en el lado de gases y, a su vez, colectores distribuidores de mayor tamaño en el lado de agua.
- **Tubos de subida y bajada.-** Los tubos de subida son los encargados de llevar el fluido más caliente (por diferencia de temperatura) de todas las zonas de la caldera al domo. Los tubos de bajada son los encargados de devolver el fluido que se ha enfriado desde el domo a las zonas de calentamiento.
- **Evaporadores o tubos de bandera.-** Son haces de tubos dispuestos generalmente a contracorriente de los gases especialmente donde se efectúa el intercambio por convección.
- **Economizadores.-** Son aquellos elementos que se instalan en la salida de gases de las calderas para aumentar su rendimiento. Formados por tubos lisos con aletas, por el interior de dichos tubos circula el agua de alimentación a la caldera y por fuera de los tubos los gases de la combustión a contracorriente. Dichos gases ceden

su energía al agua aumentando su temperatura y siendo necesario menor consumo de energía para producir un kilogramo de vapor para producir un kilovatio.

- **Recalentadores o sobrecalentadores.**- Son equipos compuestos por serpentines de tubos instalados en las zonas de mayor temperatura de la caldera. Exceptuado su instalación en la cámara de combustión, generalmente están dispuestos justo detrás de la pared de membrana y después de la cámara de combustión. Están destinados a elevar el título de vapor a “1”, así como la temperatura del vapor saturado que pasa a través de su interior, produciendo vapor sobrecalentado o vapor recalentado a una temperatura superior a la de saturación.

Calderas Pirotubulares

- **Envolvente exterior o virola exterior.**- Este elemento es de forma cilíndrica y es el encargado de contener los fluidos (agua/vapor) y evitar que estos salgan al exterior, en la misma van montadas las tubuladuras de control y supervisión, tales como los controles de nivel, los indicadores ópticos de nivel y orificios de inspección del lado de agua, etc.
- **Cámara de combustión u hogar de combustión.**- La cámara de combustión, de construcción cilíndrica y disposición horizontal, puede fabricarse en ejecución lisa u ondulada, en función del tamaño de la caldera y de la presión de trabajo de la misma. Es la encargada de contener la llama del quemador e iniciar el intercambio de energía por radiación.
- **Fondo delantero y trasero exterior.**- De forma circular, van soldados a la virola exterior y, al igual que ésta evitan que los

fluidos salgan al exterior. En estas piezas van soldados los tubos de humo del segundo y tercer paso de los gases, así como puertas de registro e inspección y cajones colectores de gases.

2.3.4 Combustión.

La combustión es el proceso principal que se realiza al interior de una caldera ya que es la transformación de la energía química a energía calorífica liberada por la reacción del combustible y a su vez esta energía es aprovechada por el agua para cambiar de fase y transformarse en vapor.

A continuación se presentará una serie de definiciones, por parte de varios autores.

Según la Norma de Calidad del Aire Ambiente (2006), define a la combustión como “Oxidación rápida que consiste en una combinación del oxígeno con aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse, dando como resultado la generación de gases, partículas, luz y calor.”(p. 1)

Según el Diccionario Enciclopédico (Océano, 1991), define a la combustión como “Acción y efecto de arder o quemar. Quím. Combinación de un cuerpo combustible con otro comburente.”

“Industrialmente hablando, se entiende por combustión a la combinación violenta, con desprendimiento sensible de calor y luz, del oxígeno del aire con el carbono, hidrógeno y azufre, que constituyen los elementos activos de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos” (Manual de Calderas SELMEC, 1976, p.70).

Según (Domínguez, 2012, Cap. 1) señala que “Combustión es el conjunto de procesos físico-químicos en los que un elemento combustible se combina con otro elemento comburente (generalmente oxígeno en forma de O_2 gaseoso), desprendiendo luz, calor y productos químicos resultantes de la reacción (Oxidación)”. (p. 13).

Elementos de la combustión.

Como se mencionó en las definiciones anteriores la combustión es la combinación o el efecto de la oxidación rápida de un combustible, la combustión tiene un ciclo en la cual participan los siguientes elementos para formar este fenómeno llamado combustión

1. **Un elemento combustible.**-Es la sustancia que se oxida, es decir el elemento que se quema como por ejemplo el carbono, hidrógeno, oxígeno, en ocasiones el nitrógeno y el azufre.
2. **Un elemento comburente.**- Es la sustancia que se reduce, el comburente más habitual es el oxígeno contenido en el aire atmosférico.
3. **Un elemento de ignición.**- Debe ser lo suficientemente elevada en temperatura como para producir el encendido o la ignición.

Figura 5. Ciclo de la combustión



Fuente: <http://www.sciencelearn.org.nz/Contexts/Fire/Science-Ideas-and-Concepts/What-is-fire>

Elaborado por: The University of Waikato.

2.3.5 Combustible.

Se puede llama combustible a cualquier cuerpo o material capaz de liberar energía calorífica mediante la oxidación violenta.

Ciertos autores definen a los combustibles como:

Según el Diccionario Enciclopédico (Océano, 1991), de fine al combustible como “sustancia que al combinarse con el oxígeno u otro oxidante, arde fácilmente dando lugar a una combustión. Los combustibles pueden ser sólidos (leña, carbón), líquidos (petróleo, gasolina) y gaseosos (butano).”

“Combustible es toda sustancia que combinada con el oxígeno del aire, produce luz, calor y desprendimiento de gases” (SELMAC, 1976, p.74).

Por lo general las calderas emplean de combustibles líquidos en el proceso de generación de calor entre los cuales tenemos al Bunker (fuel oil N°6) conocido como un combustible pesado y al Diesel (fuel oil N°2) comúnmente utilizado por ser un combustible liviano, económico y fácil de manipular.

El manual de SELMEC en referencia al combustible Diesel lo define como:

“Su densidad es variable y va de 0.86 a 0.92, a mayor cantidad de hidrocarburos nefténicos, corresponde una mayor densidad, su poder calorífico va de acuerdo con su densidad (11,051 *Kcal/Kg. con una densidad de 0.82*).” (SELMEC, 1976, P.75).

Propiedades del diesel.

A continuación se mencionarán las propiedades más que poseen la mayoría de los combustibles (hidrocarburos), derivados del petróleo como el diesel.

Poder calorífico.- Es la cantidad de energía calorífica liberada al quemar una unidad de masa del material considerado como combustible.

Punto de inflamabilidad.- El punto de inflamabilidad representa la temperatura mínima en la cual el combustible o sus vapores se inflamen cuando se ponen en contacto con una llama, se miden según la norma ASTM D-93

De acuerdo con (Domínguez, 2012) define el punto de inflamabilidad:

Se define como la mínima temperatura a la cual los vapores originados en el calentamiento a una cierta velocidad de una muestra de combustible se inflama cuando se pone en contacto con una llama piloto de una forma determinada (p. 36).

Viscosidad.- Es la medida de la resistencia que pone un fluido al fluir en una superficie. La viscosidad afecta el manejo, transporte y quemado de los combustibles. Se mide según la norma ASTM D-88

De acuerdo con Domínguez (2012), la viscosidad “mide la resistencia interna que presenta un fluido al desplazamiento de sus moléculas” (p. 36).

Densidad.- Es la relación entre la masa del combustible por unidad de volumen a 15°C (60° F). La densidad se mide en grados API (American Petroleum Institute).

Según (Domínguez, 2012), define a la densidad como:

La relación entre el peso específico del combustible y el de una sustancia de referencia. Esta unidad es adimensional. En el caso de combustibles líquidos y sólidos la sustancia de referencia es el agua y en el caso de combustibles gaseosos esta referencia es el aire. (Cap. 2, P. 33).

El diesel N°2 es uno de los combustibles más comerciales y utilizados en las calderas, a continuación se presentará una tabla con las propiedades más importantes del Diesel N°2, en la cual especifica el poder calorífico de los combustibles livianos en el Ecuador.

Tabla 1. Propiedades aproximadas del diesel N°2 para consumo nacional.

PROPIEDADES DEL DIESEL	
Viscosidad SSU a 100°F	36 a 45
Gravedad específica	0,849 a 0,86
Grados API	33 a 35
Punto de inflamación (°F)	180
Poder calorífico superior (Kcal/Kg)	10.700
Contenido de azufre %	0,49
Contenido de vanadio (ppm)	1,5

Fuente: Libro "Calderas Industriales y Marinas"

Elaborado por: Ing. Ángel Vargas.

2.3.6 Transferencia de calor

Según el Manual de Calderas (SELMEC, 1976), define a la transferencia de calor así "Es el flujo de calor a través de un cuerpo de temperatura más alta, hacia un cuerpo de menor temperatura" (p. 68).

La ciencia de la *termodinámica* trata de la cantidad de la cantidad de transferencia de calor a medida que un sistema pasa por un proceso de un estado de equilibrio hacia otro, en tanto que la ciencia de la *transferencia de calor* trata de la razón de esa transferencia, la cual es la cantidad de principal interés en el diseño y evaluación del equipo de transferencia de calor.

Las formas sensible y latente de la energía interna se pueden transferir de un medio a otro como resultado de una diferencia de temperatura y se mencionan como *energía calorífica o térmica*. Por tanto, la transferencia de calor es el intercambio de las formas sensible y latente de la energía interna entre dos medios, como resultado de una diferencia de temperatura.⁵

Formas de Transferencia de calor en la caldera.

El calor se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperaturas. Un análisis termodinámico se interesa en la cantidad de transferencia de calor conforme un sistema pasa por un proceso, de un estado de equilibrio a otro. La ciencia trata de la determinación de las razones de esta transferencia de energía es la *transferencia de calor*. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: *conducción*, *convección* y *radiación*. Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja.

Conducción.⁶

“Es la transmisión de calor entre dos cuerpos o partes de cuerpos en los que existe una diferencia de temperatura”. (SELMEC, 1976, p. 68).

⁵ Yunus A. Çenguel (2007). *Transferencia de calor y masa*. México: Mc. Graw Hill, Pag 46.

⁶ *Transferencia de Calor y Masa, 3ª edición*, Yunus A. Çenguel, Pg. 18.

Según la firma Spirax-Sarco (sf.) en su publicación (Nuevo curso simplificado de vapor, Cap. 2), define la conducción como:

El calentamiento por conducción se produce cuando la transferencia de calor tiene lugar de una a otra sustancia como resultado de estar ambas en contacto directo. Esto es, el calor es CONDUCTIDO de la una hacia la otra. (p.7).

Según el manual técnico (Diseño y cálculo de redes de vapor, Junta de Castilla y León, sf.) afirma que:

Conducción. Es típica de los sólidos. La elevación de temperatura aumenta la excitación de las moléculas. Esta excitación se transmite de unas a otras en la dirección de la zona más caliente (más excitada) a la más fría (menos excitada). (p. 73).

La *conducción* es la transferencia de calor de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las menos energéticas adyacentes, como resultado de la interacción entre ellas, y se expresa por la *ley de Fourier de la conducción de calor* como:

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Donde:

K: es la *conductividad térmica* del material

A: Es el *área* perpendicular a la dirección de la transferencia de calor

dt/dx: Es el *gradiente de temperatura*.

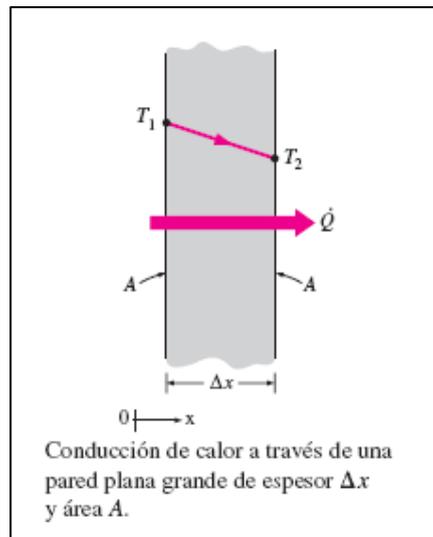
La magnitud de la velocidad de conducción del calor a través de una capa plana de espesor L. se expresa por:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{\Delta T}{L}$$

Donde:

ΔT es la diferencia de temperatura de uno a otro lado de la capa.

Figura 6. Transferencia de calor por conducción.



Fuente: Libro "Transferencia de Calor y Masa", 3ª edición.

Elaborado por: Yunus A. Çenguel.

Convección.⁷

Según el Manual de calderas (SELMEC, 1976).

Es estrictamente un medio de mover energía de un lugar a otro: es un transporte de energía. Ocurre debido a que un fluido en movimiento recoge energía de un cuerpo caliente y la entrega a un cuerpo más frío. (p 68).

⁷ *Transferencia de Calor y Masa, 3ª edición, Yunus A. Çenguel, Pg. 26.*

Según (Spirax-Sarco, sf.), define la convección como:

“Calentamiento por convección es cuando la transferencia de calor de un sitio tiene lugar al ser llevado este consigo por corrientes de aire (o agua, o cualquier otro fluido).” (p. 7).

Según el manual técnico (Diseño y cálculo de redes de vapor, Junta de Castilla y León, sf.) afirma que:

Convección. Es típica de los fluidos. Las moléculas en contacto con un cuerpo a temperatura más alta se calientan, disminuyendo su densidad y desplazándose por gravedad. Si a su vez entran en contacto con un cuerpo más frío, ceden calor, aumentan su densidad y se desplazan y se desplazan en sentido contrario, formándose así un ciclo de convección. (p. 73).

La *convección* es el modo de transferencia de calor entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que se encuentran en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el fluido en movimiento. La razón de la transferencia de calor por convección se expresa por la *ley de Newton del enfriamiento* como:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$$

Donde:

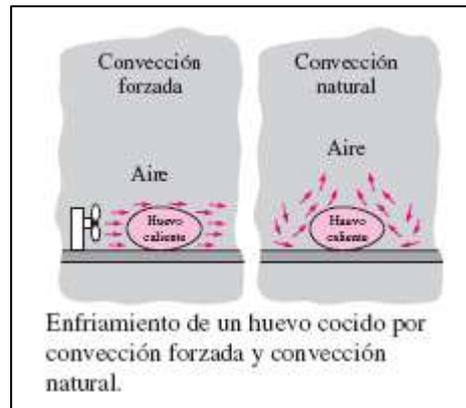
h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en $W/m^2 \cdot K$ o $Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$,

A_s Es el *área superficial* a través de la cual tiene lugar esa transferencia

T_s Es la *temperatura de la superficie*

T_∞ Es la *temperatura del fluido* suficientemente lejos de dicha superficie.

Figura 7. Transferencia de calor por convección.



Fuente: Libro "Transferencia de Calor y Masa", 3ª edición.

Elaborado por: Yunus A. Çenguel.

Radiación.⁸

Según el Manual de calderas (SELMEC, 1976):

Es la transmisión del calor a través de un cuerpo a algún otro por medio de ondas de calor, las cuales radian a través del cuerpo con mayor temperatura al otro con menor temperatura, sin tomar en cuenta el calentamiento del medio entre ellos. (p. 68).

Según la firma Spirax-Sarco (Nuevo curso simplificado de vapor, Cap. 2), define radiación como:

El calor radiante consiste en ondas electromagnéticas invisibles. Estas ondas son parcialmente reflejadas y parcialmente absorbidas por los objetos sobre los que caen. La parte que es absorbida se convierte en calor. (p. 8).

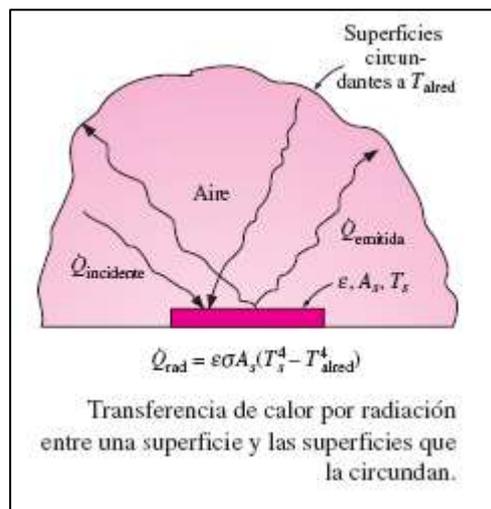
⁸ *Transferencia de Calor y Masa, 3ª edición, Yunus A. Çenguel, Pg. 29.*

Según el manual técnico (Diseño y cálculo de redes de vapor, Junta de Castilla y León, sf) afirma que:

Radiación. Todos los cuerpos emiten radiación en forma de calor y la cantidad que emiten aumenta con su temperatura. La radiación está constituida por ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Mientras las dos formas de transmisión anteriores (conducción y convección) necesitan de un soporte material; la transmisión por radiación puede realizarse en el vacío. (p. 73).

La *radiación* es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones), como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s es expresada por la ley de *Stefan Boltzmann* como $\dot{Q}_{emitido\ max} = \sigma A_s T_s^4$, donde $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ o $0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$ es la *constante Stefan Boltzmann*.

Figura 8. Transferencia de calor por radiación.



Fuente: Libro "Transferencia de Calor y Masa, 3ª edición."
Elaborado por: Yunus A. Çenguel.

2.3.7 Vapor de agua.

Se entiende por vapor al cambio de fase o estado físico del agua de líquido a vapor en un contenedor, producto de la absorción de la energía calorífica liberada por el combustible durante la combustión a presión constante.

Según (Armstrong, 1998), define al vapor como: “Vapor es un gas invisible que se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera.”(p. 6).

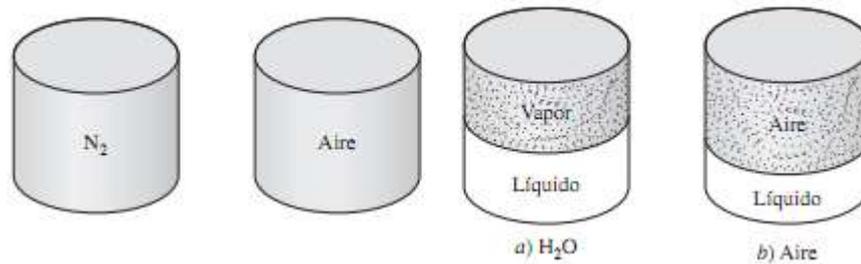
Para (Spirax-Sarco, 1976), afirma que “Vapor es una fase intermedia entre la líquida y la de gas. Los vapores tienen características semejantes a los gases, puesto que llenan por completo las paredes del recipiente que los contiene.” (p.68).

2.3.8 Sustancia pura.⁹

Es la que tiene una composición química en cualquier parte, por ejemplo: el agua, el nitrógeno, el helio y el dióxido de carbono. Una sustancia pura no tiene que estar conformada por un solo elemento o compuesto químico, una mezcla de varios de estos también califica como sustancia pura siempre y cuando la mezcla sea homogénea. El aire, por ejemplo, es una mezcla de varios gases, pero con frecuencia se considera como sustancia pura porque tiene una composición química uniforme sin embargo la mezcla de agua y aceite no es una sustancia pura, ya que el aceite no es soluble en agua por lo que se acumula en la superficie formando dos regiones químicamente diferentes. Una mezcla de dos o más fases de sustancias puras se sigue considerando una sustancia pura mientras la composición química de las fases sigan siendo las mismas.

⁹ Yunus A. Çenguel, Termodinámica, Mc Graw Hill 6ª Edición, Pag. 112

Figura 9. Sustancias puras y mezcla.



Fuente: Libro "Termodinámica" 7^oma Edición. P.112

Elaborado por: Yunus A. Çenguel.

2.3.9 Tipos de vapor

Vapor Saturado¹⁰.-Es un vapor puro a una temperatura que corresponde a la temperatura de ebullición del agua a la presión existente. Está a punto de condensarse, por lo tanto el estado 4 es un estado de vapor saturado y una sustancia entre los estados 2 y 4, a este se le conoce como vapor húmedo o mezcla saturada líquido-vapor, debido a que en estos estados las fases líquida y vapor coexisten en equilibrio.

Según Spirax-Sarco (sf.), define vapor saturado como "Este es al que generalmente nos referimos cuando mencionamos "vapor". Es vapor que está generado en contacto con el agua." (p.11).

Según Armstrong, 1998), "Vapor saturado es vapor puro a una temperatura igual a la temperatura que hierve el agua a una presión dada." (p. 4).

Yunus A. Çenguel, Termodinámica, Mc Graw Hill 7^oma Edición, Pág. 114.

Vapor sobrecalentado¹¹.- Es un vapor que no está a punto de condensarse, es decir no es vapor saturado. En el estado 5 la temperatura del vapor es por ejemplo de 300 °C, si se transfiere algo de calor al vapor, la temperatura descendería un poco pero no habría condensación, mientras la temperatura permanezca arriba de los 100 °C, por lo tanto en agua en el estado 5 es un vapor sobrecalentado

Según Spirax-Sarco (sf.) lo define como “Este es un vapor a la temperatura del agua saturada (hirviendo), a una presión determinada, pero no contiene ninguna partícula de agua en suspensión.” (p. 11).

Vapor Flash.- Según (Armstrong, 1998), afirma que vapor flash es:

Quando se tiene condensado caliente o agua hirviendo, presurizados y se libera una presión más baja, parte de estos líquidos se vuelven a evaporar, y a esto es a lo que se le llama vapor flash o vapor secundario (p.5).

El vapor flash es importante porque guarda unidades de calor o energía que pueden ser aprovechadas para una operación más económica de la planta, de lo contrario esta energía es desperdiciada.

2.3.10 Definiciones

Calor

Según (SELMEC, 1976), “Calor es la energía en transición (en movimiento) de un cuerpo o sistema a otro, solamente debida a una diferencia de temperatura entre los cuerpos o sistemas”. (P. 67).

¹¹ Yunus A. Çenguel, Termodinámica, Mc Graw Hill 7^{ma} Edición, Pág. 114.

Según (Armstrong, 1998), “Calor. Una medida de la energía disponible sin hacer referencia a la temperatura.” (p. 6).

Temperatura

Según (Spirax-Sarco, sf.), “Esta es el nivel de calor o frío de un cuerpo medido por un termómetro” (p. 11).

Según (Armstrong, 1998), “Temperatura. El grado de calentamiento, sin hacer referencia alguna a la cantidad de energía calorífica disponible.” (p.6).

Según (Thomasset, 2011), define temperatura como “La indicación del grado (nivel de energía) de calor de los cuerpos.” (p. 16).

Presión

Según (SELMEC, 1976), “Es la fuerza ejercida por el fluido en la unidad de superficie de la pared del recipiente que lo contiene o del seno mismo del fluido” (p. 69).

En palabras de Thomasset (2011), “Presión podemos definirla como la expresión que indica las unidades de fuerza que son aplicadas por unidad de superficie.” (p.11).

Yunus A. Çenguel (2011, p. 21), que “La presión se define como la fuerza que ejerce un fluido por unidad de área.”

Presión absoluta

Según (Spirax-Sarco, sf.) “Esta es la presión que se inicia 1,013 bar (1,033 Kg/cm^2), debajo de la presión atmosférica.” (p. 11).

Según (Armstrong, 1998), “La presión absoluta es la presión (en bar) medida con respecto al vacío perfecto”. (p. 4).

Según (SELMEC, 1976), “Presión absoluta es la presión que resulta de la adición de la presión manométrica y la presión atmosférica.” (p. 69).

Thomasset (2011, p. 14). Afirma que

Presión absoluta es igual a la suma de la presión manométrica más la presión atmosférica (expresada en iguales unidades, sumamos 1,033 en Kg/cm^2 , 1 en atmósferas ó 14.7 en $Lb/pulg^2$, etc.).

Presión relativa

Según (Spirax-Sarco, sf.), “Esta es la presión medida por encima de la presión atmosférica tomando a ésta como presión cero y que es la normalmente leída en la mayoría de los manómetros.” (p. 11).

Según (Armstrong, 1998), “Presión relativa o de manómetro es la presión (en bar) medida con respecto a la presión atmosférica, la cual es igual a 1.01 bar absoluta.”. (p. 4).

Thomasset (2011, p. 14) “Presión relativa o “manométrica” (“gauge” en inglés) es aquella que indica un manómetro que tiene la indicación de cero cuando su conexión se encuentra expuesta a la atmósfera.”

Entalpia

Según (Spirax-Sarco, sf.) “Éste es el término usado para designar la energía total de un líquido o vapor (tales como agua o vapor) en un momento y bajo ciertas condiciones dadas”. (p. 11).

Condensado

Según (SELMEC, 1976) la define como “Es el cambio de vapor (fase gaseosa) a líquido con una transferencia de calor del vapor a la superficie de condensación.” (p. 69).

Armstrong (1998) afirma que:

El condensado es un producto secundario de la transferencia de calor en un sistema de vapor. Se forma en el sistema de distribución debido a la inevitable existencia de radiación. También se forma en equipos de calentamiento y de proceso debido a la transferencia de calor del vapor a la sustancia que se desea calentar. (p. 6).

2.3.11 Distribución del vapor.

A partir de este momento haremos referencia a la Guía de referencia técnica Distribución de vapor de la firma Spirax-Sarco y Guía para la conservación de Vapor en el Drenado de Condensados de la firma Armstrong como principales fuentes de métodos y conceptos fundamentales para elaborar el sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil.

Según (Spirax-Sarco, 1999.), “El sistema de distribución de vapor es un enlace importante entre la fuente generadora del vapor y el usuario. La fuente generadora del vapor puede ser una caldera o una planta de cogeneración.” (p. 2)

Según (Armstrong, 1998), “Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza el vapor.

Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita su energía calorífica.” (p. 18).

Según (Junta de Castilla y León, sf.) “Una red de distribución de vapor, en principio está compuesta, al igual que cualquier red de distribución de fluidos, por tuberías y accesorios de tubería.

Fundamentos de los sistemas de vapor¹²

Es imprescindible que desde un principio, se comprenda el circuito de vapor básico, o más bien, ‘el circuito de vapor y condensado’. El flujo de vapor en un circuito es debido a la condensación del vapor, que provoca una caída de presión. Esto induce el flujo del vapor de las tuberías.

El vapor generado en la caldera debe ser conducido a través de las tuberías hasta el punto en que se requiere esta energía calorífica. Inicialmente habrá una o más tuberías principales que transporten el vapor de la caldera en la dirección de la planta de utilización del vapor. Otras tuberías derivadas de las primeras pueden transportar el vapor a los equipos individuales.

Cuando la válvula de salida de la caldera está abierta, el vapor pasa inmediatamente de la caldera a las tuberías principales. La tubería está inicialmente fría y, por tanto, el vapor le transfiere calor. El aire que rodea las tuberías está más frío que el vapor y en consecuencia, la tubería transfiere calor al aire.

Como el vapor fluye hacia un medio más frío, comenzará a condensar inmediatamente. En la puesta en marcha del sistema, la cantidad de condensado será mayor, debido a que el vapor se utiliza para el calentamiento de la tubería fría – a esto se le conoce como ‘carga de

¹² Guía de Referencia Técnica – Distribución del Vapor – Spirax-Sarco, 1999,. (pp. 2-3).

puesta en marcha'. Cuando la tubería se haya calentado, aún habrá condensación, ya que la tubería seguirá cediendo calor al aire que la rodea- esto se conoce por 'carga de funcionamiento'.

El condensado que resulta, va a parar a la parte inferior de la tubería y es arrastrado a lo largo de ésta por el flujo de vapor y por la gravedad, debido al gradiente en la conducción de vapor que normalmente disminuirá en la dirección del flujo de vapor. Deberá entonces purgarse el condensado en los puntos bajos de la tubería de distribución.

Cuando la válvula de la tubería de vapor que alimenta a un equipo de la planta está abierta, el flujo de vapor que proviene del sistema de distribución entra a la planta y de nuevo entra en contacto con superficies más frías. Entonces el vapor cede su energía para calentar el equipo (carga de puesta en marcha) y continúa transfiriendo calor al proceso (carga de funcionamiento) y condensado en agua (condensado).

En este momento hay un flujo continuo de vapor desde la caldera para satisfacer la carga conectada y para mantener este suministro deberá generarse más vapor. Para hacerlo, será necesario alimentar la caldera con más combustible y bombear más agua a su interior para reemplazar el agua que ha sido evaporada.

El condensado formado tanto en la tubería de distribución como en los equipos de proceso, es agua ya caliente y preparada para la alimentación de la caldera. Aunque es importante evacuar el condensado del espacio del vapor, se trata de un elemento demasiado valioso como para permitirnos desaprovecharlo. El circuito de vapor básico debe completarse con el retorno del condensado al tanque de alimentación de la caldera, siempre que sea factible.

Figura 10. Circuito básico del sistema de distribución de vapor

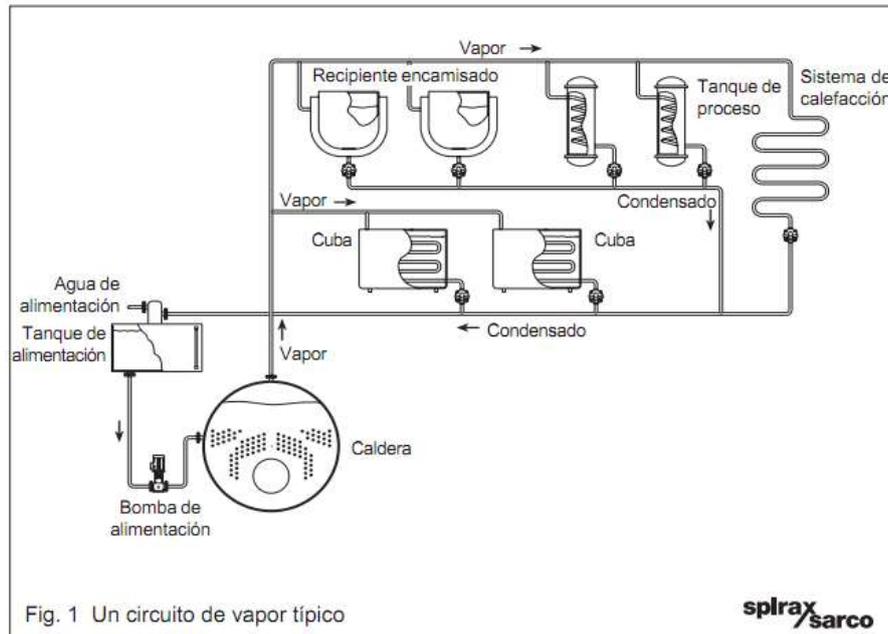


Fig. 1 Un circuito de vapor típico

Fuente: Guía de Referencia Técnica Distribución del Vapor, 1999
Elaborado por Spirax Sarco

2.4 Como seleccionar una caldera¹³

Para efectos de este proyecto tomaremos de referencia las recomendaciones en el Manual de Calderas SELMEC de Cleaver Brooks, 1976.

La compra de una caldera es una de las inversiones más durables. El promedio de vida de una buena caldera es de alrededor de 25 años y durante este tiempo, es de gran importancia el costo de funcionamiento de la misma. Para realizar una compra adecuada en lo que se refiere a calderas es necesario considerar una serie de factores bastante importantes que son:

¹³ Manual de Calderas SELMEC – Cleaver Brooks – 1976 (pp. 93-94)

Cálculo preciso de la demanda de vapor que se está requiriendo. Esto es de gran importancia ya que al final, este cálculo nos determinará la capacidad de lo o las calderas que será necesario adquirir.

No es recomendable pagar por una capacidad que nunca se va a utilizar completamente, esto es a todas vistas antieconómico, Así también es de importancia la determinación de la presión que el vapor debe tener para el buen desarrollo de un proceso determinado.

Una caldera es seleccionada correctamente cuando proporciona un servicio eficiente, y no propicia desperdicios de combustible

Existen otros factores importantes que deben tomarse en consideración:

El agua de alimentación disponible.- Factor que debe de considerarse primordialmente antes de obtener una caldera, ya que el agua determinará también la duración y el buen funcionamiento de la caldera. Más adelante hablaremos sobre el sistema de alimentación de agua de caldera y tratamiento de agua.

Tiempo de operación diaria de la caldera.- Debe considerarse este renglón, ya que es de gran influencia en la cantidad de vapor que se requiera, así como en la elección del combustible a utilizar, y consecuentemente en la selección de la caldera apropiada.

Tipo de caldera a utilizar y número de unidades.- Íntimamente ligado a esto está la demanda de vapor que se tenga, generalmente es recomendable utilizar calderas de tubos de humo en capacidades desde 5 CC, hasta 800 CC, o sean necesidades de vapor desde 78.25 *Kg/h*, de vapor hasta 12.520 *Kg/h*. (172.15 *lb/h*, de vapor hasta 27600 *lb/h*, de vapor).

La selección del combustible.- La selección del combustible, es una consideración primaria en la elección de una caldera. Su elección de gas, diesel o petróleo pesado, estará basada en el costo total, limpieza y facilidad de obtención, de almacenamiento y de operación

Los más recomendables son el diesel (combustible ligero), el cual es recomendable utilizarlo en calderas con capacidades hasta 60 CC, con un tiempo de operación diaria de 10 a 16 horas. por día. Su precio es bastante económico, es fácil de operar, no se requiere de gran cantidad de equipos para su manejo, es relativamente limpio y fácil de almacenar.

Obtención de los costos de operación.- El costo de operación más importante es el costo del combustible y es de gran importancia y factor básico para la decisión en la selección de la caldera, ya que esto nos representa grandes ahorros, y una rápida amortización de la inversión original en el caso de una selección adecuada, o en caso contrario, grandes pérdidas debido a una mala selección inicial.

Espacio disponible.- La influencia del espacio que se dispone, en la selección de una caldera muchas veces es causa de serios problemas, que pueden afectar la decisión en la selección de una caldera, pero no es recomendable sacrificar calidad en el equipo por adquirirse con el consecuente ahorro de espacio, ya que seguramente los costos de operación posteriores, se verán grandemente afectados.

2.4.1 Balance térmico.¹⁴

El balance térmico es un censo de cargas donde se anotan las cantidades de calor y/o las cantidades de vapor utilizado en un proceso industrial, referido a un periodo de tiempo. (Una hora generalmente).

¹⁴ Manual de Calderas SELMEC – Cleaver Brooks – 1976 (p. 94)

Si se enlistan las cargas térmicas equipo por equipo con sus pérdidas y finalmente se hacen dos resúmenes de cargas. La primera suma se hace sin discriminación de ninguna especie y la segunda se hace seleccionando las cargas que puedan ocurrir al momento de máxima demanda. Esta segunda suma, seguramente tendrá un valor inferior a la primera y será la que defina la capacidad mínima del equipo de generación de vapor.

Por lo general, el vapor utilizado en procesos industriales se usa con la finalidad de ser un medio de calentamiento indirecto y muy pocas veces con la finalidad de ser un medio de presión.

2.4.2 Presión de Trabajo

La presión a la que el vapor debe distribuirse está parcialmente determinada por el equipo de la planta que requiere una mayor presión.

Debe recordarse que el vapor perderá una parte de su presión al pasar por la tubería, a causa de la resistencia de la tubería al paso del fluido y a la condensación por la cesión de calor a la tubería. Deberá tenerse en cuenta este margen a la hora de decidir la presión inicial de distribución.

Para resumir estos puntos, cuando seleccione la presión de trabajo, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Presión requerida en el punto de utilización.
- Caída de presión a lo largo de la tubería debida a la resistencia al paso del fluido.
- Pérdidas de calor en la tubería.

2.5 Dimensionado de tuberías¹⁵

Existe una tendencia natural cuando se seleccionan los tamaños de tuberías, a guiarse por el tamaño de las conexiones del equipo a las que van a conectarse. Si la tubería se dimensiona de este modo, es posible que no se pueda alcanzar el caudal volumétrico deseado.

Las tuberías se pueden seleccionar basándose en una de las dos características:

- Velocidad del fluido.
- Caída de presión.

Los errores más comunes y principales causas de disminuir la eficiencia del equipo generador de vapor es el mal dimensionamiento de las tuberías, a continuación se presentan los efectos del mal dimensionamiento.

Sobredimensionar las tuberías significa que:

- Las tuberías serán más caras de lo necesario.
- Se formará un mayor volumen de condensado a causa de las mayores pérdidas de calor.
- La calidad de vapor y posterior entrega de calor será más pobre, debida al mayor volumen de condensados que se forma.
- Los costes de instalación serán mayores.

Subdimensionar las tuberías significa que:

- La velocidad del vapor y la caída de presión serán mayores, generando una presión inferior a la que se requiere en el punto de utilización.
- El volumen de vapor será insuficiente en el punto de utilización.

¹⁵ Guía de Referencia Técnica – Distribución del Vapor – Spirax-Sarco, 1999, (p. 9).

- Habrá un mayor riesgo de erosión, golpe de ariete y ruidos, a causa del aumento de velocidad.

2.5.1 Estándar y espesor de tubería

Probablemente el estándar más común sea el derivado del American Petroleum Institute (API), donde las tuberías se clasifican según el espesor de pared de tubería, llamado Schedule.

Estos Schedule están relacionados con la presión nominal de la tubería y son un total de once, comenzando por 5 y seguido de 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, hasta el Schedule 160. Para tuberías de diámetro nominal 150mm. hasta 600mm. y son los Schedules utilizados más comúnmente para instalaciones de tuberías de vapor.

Norma ASME/ASTM A53.- (tubería de acero soldada y sin costura, negra y de inmersión en caliente, con recubrimiento de zinc de acuerdo al estándar ASTM A 53) ver **ANEXO #1**.

La tubería bajo esta especificación se suministra sin costura con acabado superficial negro y galvanizado en caliente en diámetro de 1/8" (3.18mm.) a 26" (660.40mm.). Entre tipos y grados de tubería tenemos:

- Tipo F: Soldada a tope en alto horno, soldadura continua Grado A
- Tipo E. Soldada con resistencia eléctrica (ERW), grados A y B
- Tipos S: Sin costura, Grados A y B

Aplicaciones:

La tubería A-53 está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión, también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada, así como para operaciones de formado tales como roscado y abridamiento.

Tabla 2. Composición química del acero A-53

Composición, %	Tipo S		Tipo E		Tipo F
	Sin costura		Soldada con resistencia Eléctrica (ERW)		Soldada a tope en alto horno
	Grado A	Grado B	Grado A	Grado B	Grado A
Carbono, max	0.25	0.30	0.25	0.30	0.30
Manganeso	0.95	1.20	0.95	1.20	1.20
Fósforo, max	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Azufre, max	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cobre, max	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40
Níquel, max	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Cromo, max	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Molibdeno, max	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vanadio, max	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

Fuente: <http://www.spanish.phione.co.uk/products/pipes/a-53>

Elaborado por: ASTM Standards Worldwide

Tabla 3. Propiedades mecánicas del acero A-53

Propiedades	Grado A	Grado B
Resistencia a la tracción, Min:	48.000 Psi (330 Mpa)	60.000 Psi (415 Mpa)
Fluencia Min:	30.000 Psi (205 Mpa)	35.000 Psi (240 Mpa)

Fuente: <http://www.spanish.phione.co.uk/products/pipes/a-53>

Elaborado por: ASTM Standards Worldwide

Tabla 4. Diámetro de tubería

Tamaño de tubería (mm)	15	20	25	32	40	50	
Diámetro (mm)	Schedule 40	15,8	21,0	26,6	35,1	40,9	52,5
	Schedule 80	13,8	18,9	24,3	32,5	38,1	49,2
	Schedule 160	11,7	15,6	20,7	29,5	34,0	42,8
	DIN 2448	17,3	22,3	28,5	37,2	43,1	60,3

Fuente: Guía de referencia técnica distribución del vapor, 1999

Elaborado por: Spirax Sarco

Para dimensionar tuberías de vapor, existen dos métodos gráficos que se nos recomienda el cual es dimensionamiento de tuberías de según la velocidad del vapor y dimensionamiento de tuberías según la caída de presión.

Para nuestro proyecto vamos a utilizar el método de dimensionado de tuberías por pérdida de presión ya que lo van a emplear los equipos y es necesario e indispensable evitar las caídas de presión. Ya que hay numerosos gráficos, tablas e incluso reglas de cálculo para relacionar la caída de presión con el tamaño de tubería. Un método que ha resultado satisfactorio, es el uso de caídas de presión.

2.6 Cálculo de líneas de vapor.

Los datos más comunes que se deben de tener en cuenta para calcular las dimensiones en las líneas de vapor son:

- Flujo de vapor.
- Presión de flujo.
- Caída de presión permisible.
- Longitud total de la línea

Una vez que hemos obtenido estos datos, para el dimensionado de tuberías hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones de las firmas fabricantes de equipos generadores de vapor que son:¹⁶

1. La caída de presión variará al variar el flujo, lo cual nos producirá problemas en la operación del sistema.
2. Debido a las altas velocidades que acompañan a toda caída de presión, el vapor fácilmente erosiona las tuberías, especialmente en los codos y cambios de dirección.
3. El vapor que fluye en una tubería a alta velocidad puede producir un ruido infernal, nocivo para la salud del operador.
4. Mientras más baja sea la presión del vapor, mayor diámetro de la tubería se requerirá debido al incremento que sufre el volumen específico.
5. A mayor flujo (es decir, mayor velocidad), se incrementa la caída de presión para un tamaño dado de tubería.

Según Vargas, (1984) afirma que:

Las velocidades convenientes para tuberías de vapor fluctúan entre los 20 y 60 m/s (4.000 y 12.000 pie/min). Normalmente en tuberías principales de distribución se deben adoptar velocidades elevadas hasta 50 m/s (10.000 pie/min). Y para tramos de conexión a equipos, en cambio se recomienda adoptar velocidades inferiores entre 15 y 20 m/s (3.000 y 4.000 pie/min). (p. 238).

¹⁶ Manual de Calderas SELMEC – Cleaver Brooks – 1976, (p. 241).

2.6.1 Procedimiento para cálculo de las tuberías de vapor.

- a. Vamos a utilizar la *figura 11.*, en esta gráfica nos colocamos en la parte inferior izquierda donde se muestran las rectas con los caudales de vapor en lb/h , que debe circular por tubería; una vez que hemos detectado nuestro valor de caudal en la gráfica, nos desplazamos hacia la derecha, hasta interceptar con la recta que corresponde a la presión de operación de nuestro equipo.
- b. Una vez hallado el punto de intersección entre las rectas, se realiza un desplazamiento vertical hacia arriba, hasta interceptar con la recta de velocidades recomendadas.
- c. Una vez interceptada la recta de velocidad, se deberá leer el tamaño de tubería que corresponde. Si la intersección de las rectas queda en un punto intermedio, se deberá seleccionar la recta que contenga el diámetro inmediato superior.

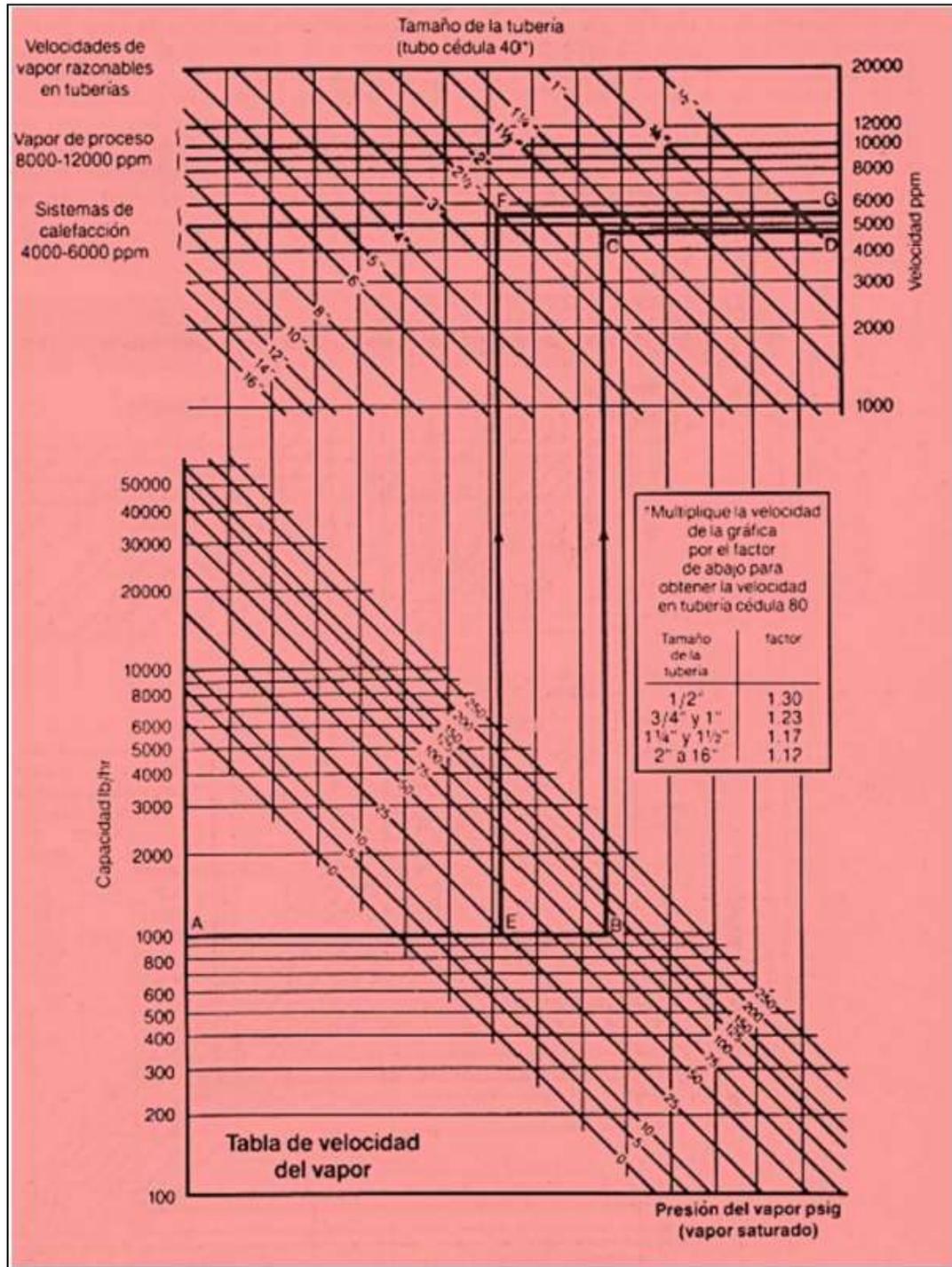
2.6.2 Procedimiento para cálculo de caída de presión admisible.

- a. Una vez que hemos seleccionamos el diámetro de la tubería, procedemos a calcular la caída de presión permisible con ayuda de la *figura 12.*, en la gráfica nos ubicamos en la parte inferior, donde se encuentra el caudal de vapor, en lb/h , una vez identificado nuestro caudal, procedemos a desplazarnos hacia arriba hasta interceptar con la recta que corresponde al diámetro de tubería seleccionada.
- b. Una vez que se haya interceptado la recta correspondiente al diámetro de la tubería seleccionada, nos desplazamos hacia la izquierda, con la cual nos dará el valor de la caída de presión correspondiente a los $Psi/100$ pies de tubería.

- c. Cuando se trata de recorridos bastante rectos, es recomendable tomar un 10% más de longitud de tubería, para incluir en los cálculos las caídas de presión generada por los accesorios tales como las trampas, válvulas, codos, etc.

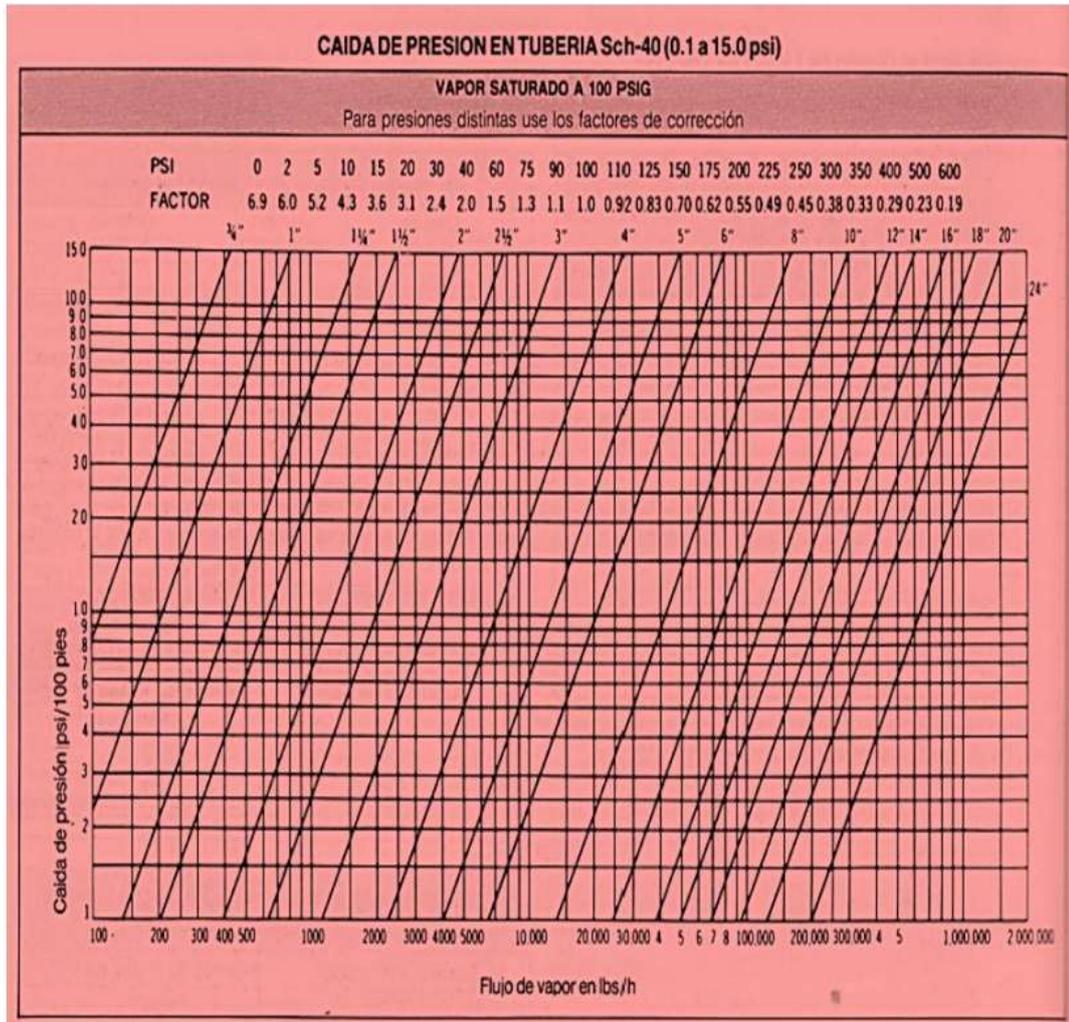
- d. El diagrama, viene dado a la presión de 100 Psi, si se trabaja a una presión diferente a la del diagrama, entonces se utilizarán, los factores de corrección que se encuentran en la parte superior del diagrama, este factor de corrección se lo multiplicará por el valor obtenido en la gráfica y el resultado de este producto, será nuestra caída de presión admisible.

Figura 11. Diagrama para dimensionar tuberías para vapor.



Fuente: Libro "Calderas Industriales y Marinas"
 Elaborado por: Ing. Ángel Vargas.

Figura 12. Diagrama para calcular la caída de presión en las tuberías



Fuente: Libro "Calderas Industriales y Marinas"
Elaborado por: Ing. Ángel Vargas.

2.6.3 Procedimiento para el cálculo de las tuberías de retorno de condensado.

Para este caso utilizaremos el método de pérdidas de presión para esto se debe conocer los siguientes datos:

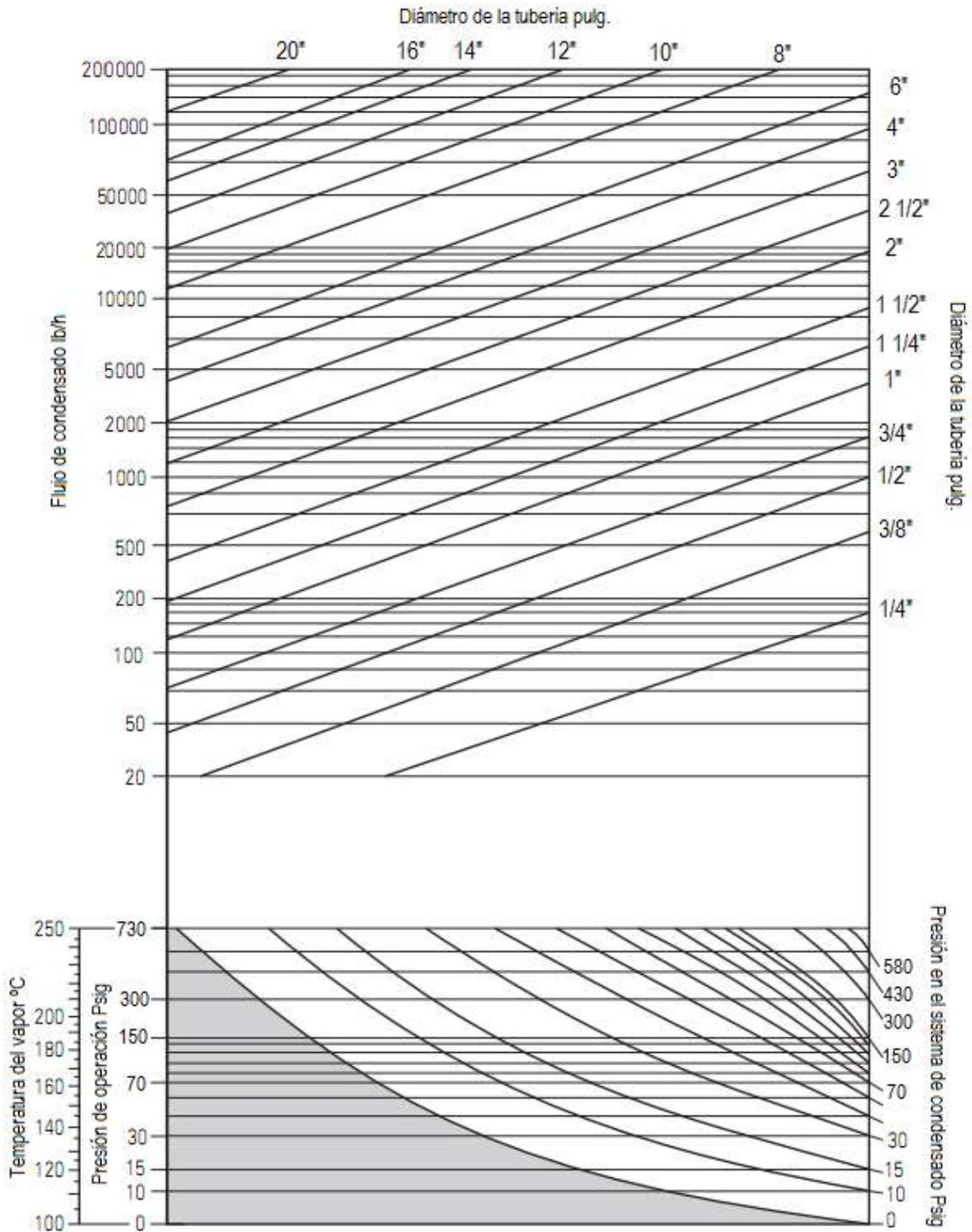
- Caudal de condensado (Kg/h)
- Caída de presión (Kg/cm^2)

El caudal de presión al haber cedido gran parte de su calor, se transforma en condensado, si se dimensiona la tubería de retorno de condensado como una tubería de agua, esta será capaz de transportar el condensado y revaporizado de régimen. La experiencia nos dice que si no se conoce el valor del caudal de puesta en marcha, se puede considerar que es igual al doble del régimen.

Al dimensionar la tubería de retorno de condensado, se sugiere un rango de caída de presión de 0.5 a $1Kg/cm^2$ por cada 100m. de tubería (10 a 15 Psi por cada 100 pies de tubería), con estas recomendaciones y los valores calculados, procederemos del siguiente modo:

- a. Para dimensionar tuberías de retorno de condensado ingresamos a la *figura 13*. y del lado derecho encontramos el caudal de vapor al cual corresponde el retorno de condensado en Kg/hr una vez hallado el valor, nos desplazamos hacia la izquierda hasta interceptar con la recta vertical la cual corresponde a la caída de presión sugerida.
- b. Una vez interceptada con la caída de presión sugerida, para nuestro caso es recomendable una caída de presión de 0.5 a $1 Kg/cm^2$ por cada 100 metros de tubería (10 a 15 Psi por cada 100 pies de tubería), nos desplazamos hacia abajo hasta interceptar la recta inclinada.
- c. Esta recta inclinada nos indica el diámetro de la tubería de retorno de condensado para el tramo seleccionado acorde al caudal y caída de presión indicados; si la selección queda entre dos líneas inclinadas, se toma como referencia la recta inmediata superior que contenga el diámetro de la tubería.

Figura 13. Diagrama para dimensionar tubería de retorno de condensado por caída de presión.



Fuente: Dimensionamiento de líneas de retorno de condensado.
Elaborador por: Spirax-Sarco

2.7 Aislamiento térmico

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y la industria y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso de calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que entre o salga calor del sistema que nos interesa

Las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado poseen energía calórica, la cual debe ser aprovechada al máximo y no se debe desperdiciar para evitar la pérdida de energía calórica por radiación en las tuberías, estas deben mantener aisladas ya que por las tuberías pasa el flujo de vapor a una temperatura superior a la del ambiente, esta diferencia de temperaturas, nos produce el condensado en las tuberías.

El aislamiento para tubería con y sin recubrimiento que funciona con temperatura de 0°F (-18 °C) a 850 °F (454 °C), son los aislamientos térmicos ideales para tuberías de proceso y servicio, que conducen vapor, agua caliente, agua helada, refrigerantes, gases y toda clase de fluidos en que se requiera ahorrar energía. Por sus características, los preformados de fibra de vidrio son los de mayor aplicadas en hoteles, hospitales e industrias.

2.7.1 Ventajas¹⁷

- **Máxima eficiencia térmica.-** garantiza la menor pérdida de calor del sistema, lo que se traduce como ahorro en el consumo de energéticos y por consiguiente, se reduce la emisión de contaminantes

¹⁷ Owens Corning – Aislamiento para tuberías – 2008 (p. 1-2).

- **Resistencia a la vibración.-** Impide que el aislamiento se asiente en los equipos sujetos a vibraciones. Al conservar su forma original se garantiza uniformidad en la conductividad térmica y flujo de calor en cualquier lugar.
- **Baja conductividad térmica.-** Al tener la más baja conductividad, garantiza menores pérdidas de calor y ahorro en combustible, por ello requiere menor espesor aislante, lo que hace que se tenga ahorro en productos de recubrimiento y menor peso muerto en la tubería.
- **Incombustible.-** Por su naturaleza y componentes no combustibles, evitan el riesgo de propagación del fuego.
- **Dimensionalmente estable.-** La fibra de vidrio no se expande ni se contrae al estar expuesta a bajas o altas temperaturas, con la cual se evita la formación de aberturas que permitan la fuga o entrada de calor.

Existe una diversidad de aislantes térmicos entre las más utilizadas para recubrir tuberías tenemos a la Lana mineral de roca y a la lana de vidrio.

2.7.2 Tipos de aislante.

Lana mineral de roca.

La lana de roca es un material aislante térmico, incombustible e imputrescible. Este material se diferencia de otros aislantes en que es un material resistente al fuego, con un punto de fusión superior a los 1.200 °C. Las principales aplicaciones son el aislamiento de cubierta, tanto inclinada como plana (cubierta europea convencional, con lámina

impermeabilizante auto protegida), fachadas ventiladas, fachadas monocapa, fachadas por el interior, particiones interiores, suelos acústicos y aislamiento para tuberías para vapor. Densidad 30 – 160 Kg/m^3 . Según EN 13162, en fibra de 20 a 150, en piedra de 25 a 220. Coeficiente de conductividad térmica 0,034 a 0,041 $W/(m \cdot ^\circ K)$ (calor específico) y aproximadamente 840 $J/(Kg \cdot ^\circ K)$.

Usos: para equipos de calentamiento, tuberías y tanques cilíndricos que operan en temperaturas entre 330 a 600°C.

Figura 14. Cañuela de lana de roca



Fuente:

http://i00.i.aliimg.com/img/pb/137/645/206/1216527426179_hz_mylibaba_web9_4216.jpg

Elaborado por: Anónimo

Lana de vidrio.

La lana de vidrio se fabrica a partir de arenas, silicato y boratos, como es el caso anterior se vende en forma de manta, paneles aglomerados y coquillas de aislamiento de tuberías. Coeficiente de conductividad térmica lana de vidrio: 0.032 $W/(m \cdot ^\circ K)$ a 0,044 $W/(m \cdot ^\circ K)$

Usos: para tuberías de vapor y equipos que operan en temperaturas hasta 538 °C.

Figura 15. Cañuela de lana de vidrio



Fuente: <http://www.disetec-ec.com/servicios-soluciones-industriales-petroleras-instrumentos-instrumentacion-medicion-quito-ecuador.php>

Elaborado por: Disetec S.A.

El espesor del aislante térmico depende del diámetro de la tubería y la temperatura del fluido que circula por el interior de la tubería.

Tabla 5. Selección del aislante, según diámetro de tubería.

Diámetro nominal Tubería en pulgadas	Temperatura de operación en grados Fahrenheit				
	100 - 199	200 - 299	300 - 399	400 - 499	500 - 599
0.50	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
1.00	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
1.50	1.00	1.50	2.50	3.00	3.00
2.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00
2.50	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00
3.00	1.50	2.50	3.00	3.00	3.00
4.00	1.50	2.50	3.00	3.00	3.50
5.00	1.50	2.50	3.00	3.00	4.00
6.00	1.50	3.00	3.00	3.50	4.00
8.00	1.50	3.00	3.00	3.50	4.50
10.00	1.50	3.00	3.00	4.00	4.50
12.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00
14.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00
16.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00
18.00	1.50	3.00	3.50	4.50	5.00
20.00	2.00	3.00	3.50	4.50	5.00
24.00	2.00	3.00	4.00	4.50	5.50
30.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
36.00	2.50	4.50	6.00	7.50	9.00

FUENTE: Curso Plantas de vapor, USAC, Material de apoyo

Fuente: libro Uso industrial del vapor, calderas y mantenimiento, 1995.

Elaborado por: Ing. Orlando Palacio

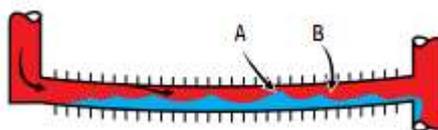
2.8 Drenado del sistema de distribución

2.8.1 Necesidad de drenar el sistema de distribución.¹⁸

El condensado que se acumula en las líneas de vapor puede ser la causa de cierto tipo de golpe de ariete. Cuando el vapor viaja a velocidades de hasta 160 Km/h tiende a producir “olas” al pasar sobre el condensado como se muestra en la *figura 16*. Si se ha acumulado demasiado condensado entonces el vapor a alta velocidad lo estará empujando, lo cual produce un tapón de agua que crece y crece al empujar el líquido delante de él.

Cualquier componente que trate de cambiar la dirección del flujo conexiones, válvulas reguladoras, codos, bridas ciegas, puede ser destruido. Asimismo, aparte del daño producido por este golpeteo hidráulico, el agua a alta velocidad puede causar erosión significativa en las conexiones y tuberías con superficies metálicas.

Figura 16. Formación de condensado en tubería.



Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.

Elaborado por: Armstrong.

Siempre que sea posible, la tubería de distribución debe montarse con un descenso no inferior a 40mm. Cada 10m. en la dirección del flujo. Hay una buena razón para ello. Si la tubería asciende en la dirección del flujo, el condensado tratará de volver hacia abajo. Pero el flujo de vapor en sentido contrario, que puede ir a una velocidad de hasta 80 Km/hr , barrería el agua hacia arriba. Esto haría extremadamente difícil la

¹⁸ Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados – Armstrong – (1998) (p. 7).

recogida del agua y su evacuación. Es más, esto facilitaría que el agua se mezclase con el vapor produciendo vapor húmedo y que hubiese golpes de ariete.

Montando la tubería con un descenso en la dirección del flujo, tanto el vapor como el condensado, irán en la misma dirección y se pueden colocar puntos de purga en la línea para recoger y evacuar el agua.¹⁹

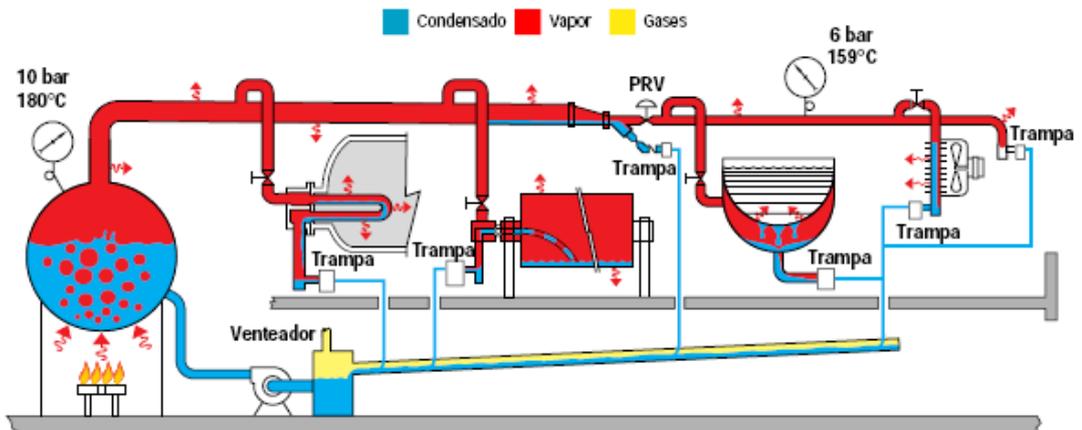
2.8.2 Necesidad de drenar la unidad de transferencia de calor

Cuando el vapor se encuentra con condensado, que ha sido enfriado a una temperatura menor que la del vapor, se puede producir otro tipo de golpe de ariete que se conoce como *choque térmico*. El vapor ocupa un volumen mucho mayor que el condensado, así que cuando el vapor se condensa de forma repentina se generan ondas de choque que viajan por todo el sistema. Esta forma el golpe de ariete puede dañar el equipo y básicamente indica que el condensado no está siendo drenado adecuadamente en el sistema.

En la *Figura 17*. podemos apreciar como la radiación de calor del sistema de tuberías causa la formación de condensado y, por lo tanto se requieren trampas de vapor a los niveles bajos del sistema, o delante de las válvulas de control. En los intercambiadores de calor las trampas llevan a cabo la importante tarea de remover el condensado antes de que se convierta en un impedimento a la transferencia de calor. El condensado caliente se regresa, a través de las trampas a la caldera para ser reusado.

¹⁹ Guía de referencia técnica – Distribución del vapor – Spirax-Sarco – 1999 (p. 17).

Figura 17. Se muestra la generación de vapor, drenado y aprovechamiento de condensado en el sistema.



Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.
Elaborado por: Armstrong.

Según (Spirax-Sarco, 1999). "Evitar golpe de ariete es una alternativa mejor que intentar contenerlo eligiendo excelentes materiales, y limitando la presión de los equipos" (p. 19).

Para minimizar los golpes de ariete la firma Spirax-Sarco, (1999) nos recomienda tomar las siguientes medidas (p. 20)

- Las líneas de vapor deben montarse con una inclinación descendente en la dirección del flujo, con puntos de purgas instalados a intervalos regulares y en los puntos bajos.
- Deben montarse válvulas de retención después de los purgadores, ya que de otro modo se permitirá que el condensado se introdujera de nuevo en la línea de vapor o la planta durante las paradas.
- Las válvulas de aislamiento deben abrirse lentamente para permitir que el condensado que haya en el sistema pueda fluir sin brusquedades hacia, y a través de los purgadores, antes de que el vapor a gran velocidad lo arrastre. Esto es importante en la puesta en marcha.

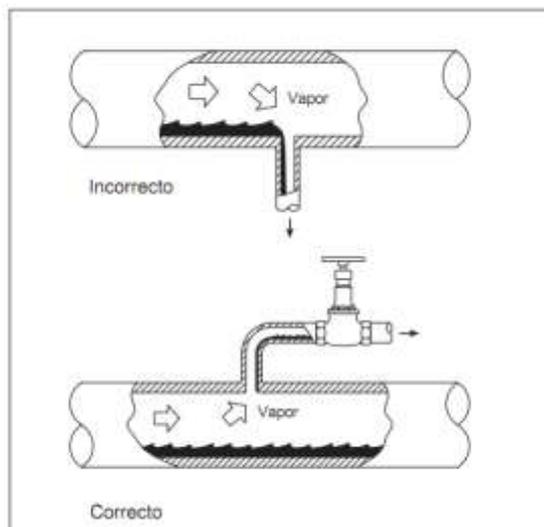
2.9 Derivaciones.

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza el vapor. Estos sistemas de distribución transportan vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita su energía calorífica

Es importante recordar que las derivaciones son normalmente mucho más importantes que las líneas de distribución principales. El dimensionado de las derivaciones basándose en una caída de presión dada es, en consecuencia, menos recomendable en tuberías de poca longitud

Las derivaciones transportan el vapor más seco siempre que las conexiones tomen el vapor de la parte superior de la tubería principal. Si la toma es lateral, o peor aún, de la parte inferior, transportan el condensado, comportándose como un pozo de goteo o piernas colectoras.

Figura 18. Derivaciones para vapor.



Fuente: Guía de referencia técnica distribución del vapor.
Elaborado por: Spirax-Sarco.

2.10 Piernas colectoras

Un aspecto común en todos los sistemas de distribución de vapor es la necesidad de piernas colectoras a ciertos intervalos entre 30 y 50m. en las tuberías y sus funciones son:

- Dejar que el condensado sea drenado por gravedad, del vapor fluyendo a alta velocidad.
- Colectar el condensado hasta que la presión diferencial sea suficiente para descargarlo a través de una trampa de vapor

Figura 19. Pierna colectora en los sistemas de distribución de vapor.



Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.
Elaborado por: Armstrong.

2.11 Trampas para vapor²⁰

El trabajo de una trampa para vapor es el sacar condensado, aire y CO_2 del sistema tan rápido como empieza a acumular. Asimismo para una mayor eficiencia y economía una trampa también debe ofrecer:

- **Pérdida mínima de vapor.**-La pérdida de vapor es un gran problema ya que resulta tan costoso tener fugas de vapor sin reparar.

²⁰ Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados– Armstrong – 1998 (p. 9).

- **Larga vida y servicio seguro.-** El desgaste rápido de sus partes resulta en una trampa que no ofrece servicio seguro. Una trampa eficiente ofrece ahorro de dinero al minimizar la necesidad de pruebas, reparaciones, limpieza, interrupción de servicio o cualquier otro requerimiento.
- **Resistencia a la corrosión.-** Las partes importantes de una trampa deben de ser resistentes a la corrosión para que no sufran los efectos dañinos de los condensados cargados con ácidos o con oxígeno.
- **Venteo del aire.-** El aire puede mezclarse con el vapor en cualquier momento, y en especial al arranque del equipo. El aire debe ser venteadado para tener una transferencia de calor eficiente y para prevenir bloqueos en el sistema.
- **Venteo del CO_2 .-** Mediante el venteo del CO_2 a la temperatura del vapor se evita la formación de ácido carbónico. Por lo tanto la trampa de vapor debe operar igual o bastante cerca, a la temperatura del vapor, ya que el CO_2 se disuelve en condensado que se ha enfriado a temperatura menor que la del vapor.
- **Funcionamiento con contrapresión.-** Presurización de las líneas de retorno puede ocurrir por diseño o por un malfuncionamiento. Una trampa de vapor debe ser capaz de funcionar aún cuando exista contrapresión en su tubería de retorno al sistema.
- **Libre de problemas por suciedad.-** Suciedad y basura serán algo que siempre se encuentra en las trampas debido a que se instalan en los niveles bajos del sistema de vapor. El condensado recoge la suciedad y en sarro en las tuberías, y también partículas sólidas pueden ser acarreadas desde la caldera.

2.11.1 Tipos de trampa para vapor

Trampa de vapor de balde invertido.

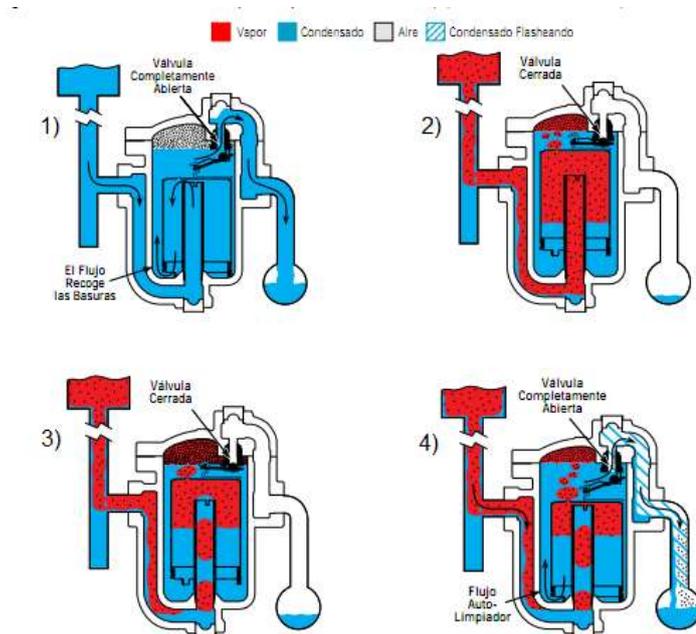
La trampa de vapor de balde invertido y sumergido, es una trampa mecánica que opera basada en la diferencia de densidades entre el vapor y el agua. El vapor que entra al balde invertido y sumergido causa que éste flote y que cierre la válvula de descarga. El condensado que entra a la trampa hace que el balde más pesado, por lo que se hunde y así se abre la válvula de descarga para dejar salir al condensado. A diferencia de otras trampas mecánicas, la de balde invertido también ventea continuamente el aire y el bióxido de carbono, a la temperatura del vapor.

Funcionamiento de la trampa de vapor de balde invertido

- 1) La trampa de vapor se instala en la línea de drenaje, entre la unidad calentada por el vapor y el cabezal de retorno de condensados. Al arranque, el balde está abajo y la válvula está completamente abierta. Cuando el flujo inicial de condensado entra a la trampa, fluye por debajo del borde inferior del balde, llena el cuerpo de la trampa y sumerge completamente al balde. El condensado entonces sale a través de la válvula completamente abierta y se descarga a la tubería de regreso.
- 2) El vapor también entra a la trampa dentro del balde invertido, donde se eleva y se acumula en la parte superior, provocando la flotación del balde. Al subir el balde también sube la bola de la válvula hacia su asiento, hasta que la válvula se cierra herméticamente. El aire y el bióxido de carbono pasan continuamente por el venteador del balde y se acumula en la parte superior de la trampa. El vapor que se escape por el venteador se condensa debido a la radiación de la trampa.

- 3) Cuando el condensado empieza a llenar el balde, el balde comienza a jalar la palanca de la válvula. Dado que el nivel del condensado sigue subiendo, más fuerza es ejercida en la palanca, hasta que es suficiente para vencer la presión diferencial de la válvula, la cual se abre.
- 4) Al momento que la válvula se abre, la fuerza de la presión a través de ella se reduce, y el balde se hunde rápidamente, lo que abre la válvula completamente. Primero sale el aire que se ha acumulado, seguido por el condensado. El flujo que hay por debajo del borde del balde levanta la suciedad y se lleva fuera de la trampa. La descarga carga continúa hasta que llegue más vapor que haga flotar al balde, y así se repita el ciclo.

Figura 20. Funcionamiento de la trampa para vapor de balde invertido.



Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.
Elaborado por: Armstrong.

Trampas de vapor y flotador termostático.

La trampa de Flotador y Termostática (F&T) es una trampa mecánica que opera en base a los conceptos de densidad y temperatura. La válvula de flotador opera basada en el concepto de densidad: una palanca conecta la bola del flotador a la válvula y su asiento. El flotador se eleva una vez que el condensado llega hasta cierto nivel en la trampa, abriendo el orificio de la válvula y drenando el condensado. El sello de agua formado por el propio condensado evita la pérdida de vapor vivo.

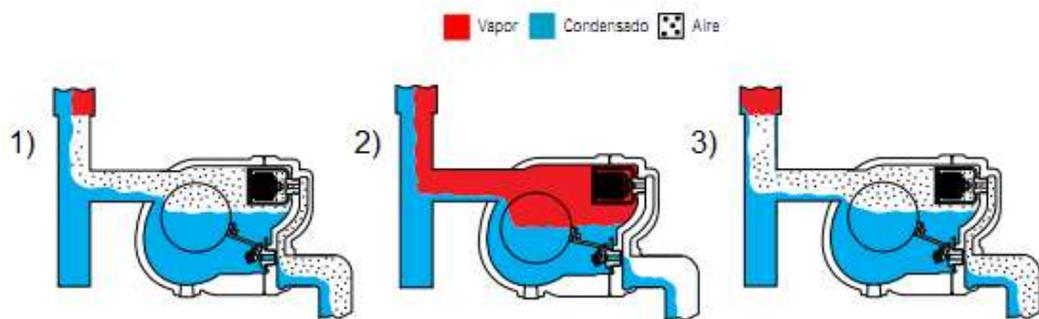
Al estar la válvula de descarga bajo agua, no es posible que se pueda ventear el aire y los no-condensables. Cuando la acumulación de aire y gases no condensables causa una caída significativa de temperatura, un venteador termostático en la parte superior de la trampa se abre para descargarlos. El venteador termostático se activa a una temperatura unos cuantos grados menos que la saturación, de manera que es capaz de descargar volúmenes grandes de aire – mediante un orificio independiente – pero a una temperatura ligeramente más baja.

Funcionamiento de trampa de vapor de flotador y termostática

- 1) Al arranque, la baja presión en el sistema fuerza al aire a salir por el venteador termostático. Después del venteo del aire usualmente se tiene una gran cantidad de condensado que eleva el flotador y abre la válvula principal. El aire sigue siendo descargado por el venteador.
- 2) Cuando el vapor llega a la trampa, el venteador termostático se cierra al responder a la temperatura más alta. EL condensado sigue fluyendo a través de la válvula principal, la cual se abre de acuerdo a la posición del flotador. La abertura de la válvula es suficiente para descargar el condensado con la misma rapidez con que llega.

- 3) Cuando se ha acumulado aire en la trampa, la temperatura cae por debajo de la temperatura de vapor saturado. En ese momento el venteador térmico tiene una presión balanceada, se abre y el aire se descarga.

Figura 21. Funcionamiento de la trampa para vapor de flotador y termostática.



Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.
Elaborado por: Armstrong.

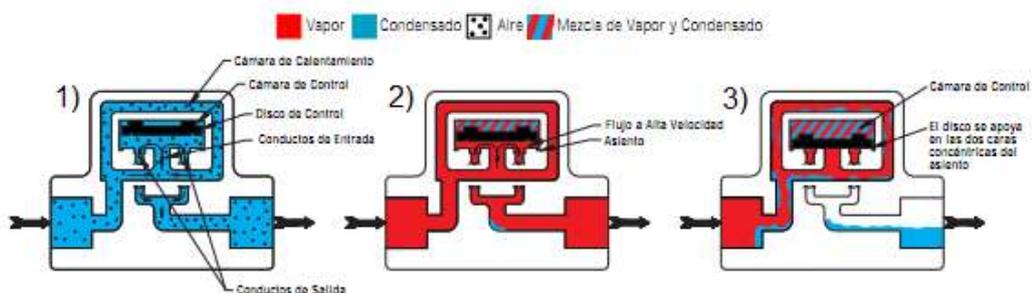
Trampa de vapor de disco controlado.

La trampa de vapor de disco controlado (CD) es un sistema que funciona con un retraso de tiempo, y opera en base al concepto de velocidad. Esta trampa tiene una sola parte móvil: el disco. Debido a que es bastante liviana y compacta, la trampa CD satisface las necesidades en muchas aplicaciones donde el espacio es limitado. Además de las ventajas de simple operación y tamaño reducido, la trampa CD también ofrece otras ventajas, tales como: resistencia contra impacto hidráulico, descarga total de todo el condensado al abrir, y operación intermitente para un purgado continuo.

Funcionamiento de trampa de vapor de disco controlado.

- 1) Al arrancar, el condensado y el aire entran a la trampa y pasan por la cámara de calentamiento, alrededor de la cámara de control, y a través de los orificios de entrada. Este flujo separa el disco de los orificios y permite que el condensado fluya por los conductores de salida.
- 2) El vapor entra por los conductos de entrada y fluye hasta debajo del disco de control. La velocidad de flujo a lo largo de la cara del disco se incrementa, produciéndose una reducción en la presión que jala al disco hacia el asiento, cerrando la trampa.
- 3) El disco se apoya en las dos caras concéntricas del asiento, cerrando los conductos de entrada y trapeo de vapor y condensado arriba del disco. Hay una purga controlada del vapor en la cámara de control. Cuando la presión arriba del disco se reduce, la presión a la entrada separa al disco de su asiento. Y si existe condensado, se descarga y básicamente se repite el ciclo.

Figura 22. Funcionamiento de la trampa para vapor de disco controlado.



Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.
Elaborado por: Armstrong.

Trampa de vapor termostática

Las trampas de vapor Termostáticas están disponibles con fuelle de presión balanceada o con elementos tipo wafer, y están hechas de una gran variedad de materiales, tales como: acero inoxidable, acero al carbono y bronce. Estas trampas son utilizadas para aplicaciones donde se tienen cargas de condensado bastante ligeras.

El funcionamiento de las trampas de vapor termostáticas es basado en la diferencia entre la temperatura del vapor y la del condensado frío y el aire. El vapor incrementa la presión dentro del elemento termostático, cerrando la trampa. Cuando el condensado y los gases no-condensables se acumulan en el segmento de enfriamiento, la temperatura empieza a disminuir y el elemento termostático se contrae, abriéndose la válvula. La cantidad de condensado acumulado a la salida de la trampa depende de las condiciones de operación, la presión del vapor, y el tamaño de la tubería. Es importante hacer nota que una acumulación de gases no-condensables puede ocurrir detrás de la acumulación de condensado.

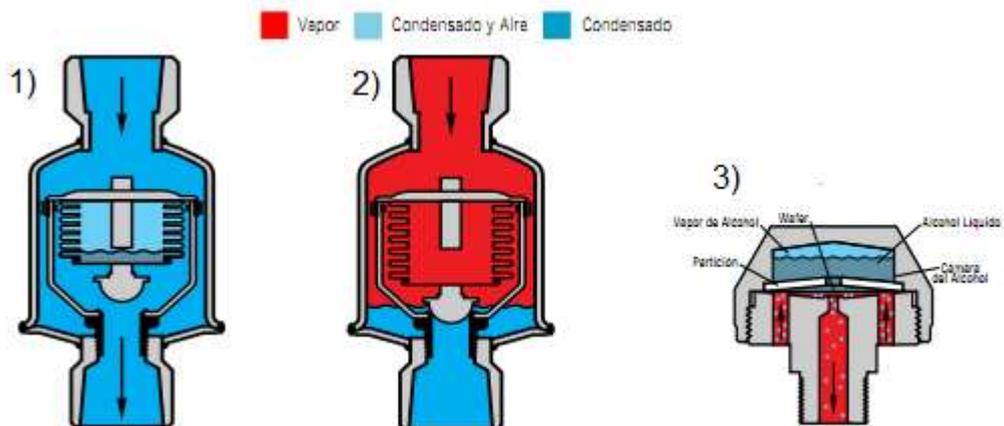
Funcionamiento de trampa de vapor termostática

- 1) Al arranque, el condensado y el aire son empujados por el valor directamente a través de la trampa. El elemento de fuelle termostático está completamente contraído y la válvula permanece completamente abierta hasta que el vapor llega a la trampa.
- 2) Cuando la temperatura dentro de la trampa se incrementa, el elemento de fuelle se calienta rápidamente, y la presión del vapor dentro de él se incrementa. Cuando la presión dentro del fuelle es igual a la presión en el cuerpo de la trampa, la característica elástica del fuelle resulta en que se expanda, cerrando la válvula. Cuando la temperatura de la trampa se reduce unos cuantos grados debajo de la temperatura de vapor saturado, se produce un

desbalance en las presiones que contraen el fuelle, abriéndose nuevamente la válvula.

- 3) El funcionamiento del Wafer Termostático de Presión Balanceada es bastante similar al de los fuelles de presión balanceada. El wafer está prácticamente lleno con un líquido. Cuando la temperatura dentro de la trampa se incrementa, el wafer se calienta y se incrementa la presión del vapor dentro de él. Cuando la presión del wafer excede la presión del vapor en los alrededores, la membrana del wafer es empujada contra el asiento de la válvula, cerrando la trampa. Una caída en la temperatura, causada por el condensado o los gases no-condensables, enfría y reduce la presión dentro del wafer, permitiendo al wafer despegarse del asiento de la válvula.

Figura 23. Funcionamiento de la trampa para vapor termostática



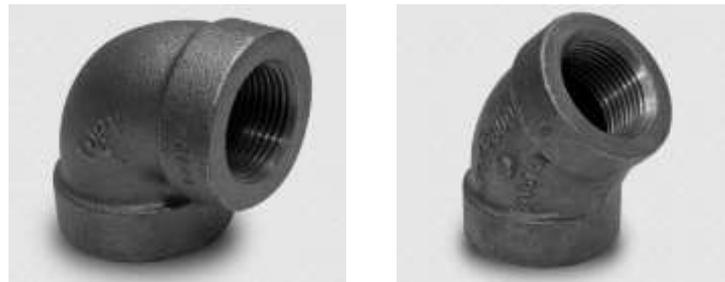
Fuente: Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados.
Elaborado por: Armstrong.

2.12 Accesorios de las tuberías

En todo sistema de tuberías se hacen presentes los siguientes elementos como codos, tees, bridas, válvulas, entre otros. Para seleccionar estos elementos hay que considerar la presión de operación ya que según la experiencia en estos elementos es donde sufren el mayor desgaste, debido a la erosión del vapor y tomando en cuenta las especificaciones según el desarrollo del diseño del proyecto. Entre los más comunes tenemos:

- **Codos.-** Son elementos de uso común de dos tubos de diámetro nominal, igual o diferente, para dar un giro a la tubería en un determinado ángulo. Denominación:

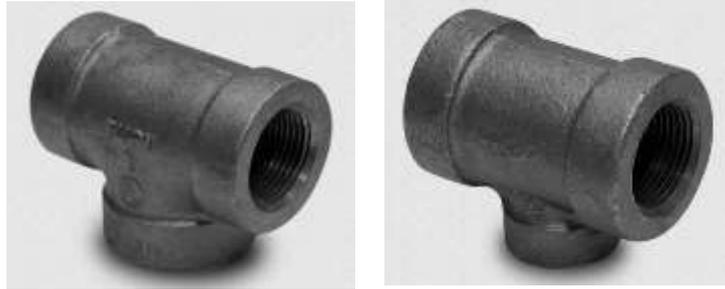
Figura 24. Codos para tubería de 45° y 90° clase 300 NPT.



Fuente: <http://arana-sa.com/es/accesorios-hierro-maleable/clase-300-npt>
Elaborado por: Arana S.A.

- **Tees.-** Existen dos tipos de tees las rectas y reductoras, sirven para realizar derivaciones en las líneas de distribución las tees reductoras derivan a una tubería secundaria ya que al derivar se lo hace con un diámetro nominal reducido o inferior al nominal, según el diseño del proyecto.

Figura 25. Tee y Tee reductora para tubería clase 300 NPT.



Fuente: <http://arana-sa.com/es/accesorios-hierro-maleable/clase-300-npt>

Elaborado por: Arana S.A.

- **Reducciones.-** Son elementos útiles para estrangular o expandir el fluido, según su aplicación. Denominación: Tipo, diámetro, extremos (Sch o Rating), Material

Figura 26. Reducción para tubería.



Fuente: <http://arana-sa.com/es/accesorios-hierro-maleable/clase-300-npt>

Elaborado por: Arana S.A.

- **Válvula de Compuerta.-** Las compuertas de disco, actuadas por un husillo, se mueven perpendicularmente al flujo. El disco asienta en dos caras para cerrar. Se usa cuando se requiere frecuente cierre y apertura. No es práctica para estrangulamiento de la vena fluida porque causa erosión en los asientos de la válvula y vibraciones. La bolsa en el fondo de la válvula puede llenarse de depósitos impidiendo el cierre.

Figura 27. Válvula de paso o de compuerta



Fuente: <http://www.sermeti.com.ve/productos/Inventario-Linea-Petrolera>
Elaborado por: Sermeti S.A.

- **Válvula de Globo.**-El disco situado en el extremo del husillo asienta sobre una abertura circular. El flujo cambia de dirección cuando pasa por la válvula. Buena para producir estrangulamiento debido a la resistencia que presenta al flujo. Produce menor pérdida de carga y turbulencia, es más indicada para servicio corrosivo y erosivo. No es recomendada para servicios de frecuente cierre y apertura.

Figura 28. Válvula de bola o de cierre rápido



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_bola
Elaborado por: Anónimo.

- **Válvula de retención, Oscilante, Check o de Bisagra:** El flujo mantiene abierto el cierre a bisagra y el flujo en sentido opuesto la cierra. La del tipo basculante con el pivote en el centro evita el golpe al cerrar. Se utilizan contrapesos externos, en los tipos

estándar, para proveer una mayor sensibilidad para los cambios de sentido en el flujo. Se usa cuando sea necesario minimizar la pérdida de carga. Es mejor para líquidos y para grandes tamaños.

Figura 29 Válvula Checke



Fuente: http://es.made-in-china.com/co_tzbada/product_Bronze-Valves-Bronze-Check-Valve-V91003-heyosnug.html

Elaborado por: Taizhou Bada Valve Co., Ltd.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Investigación con enfoque cualitativo y cuantitativo.

Este proyecto consta de una sección investigativa con un enfoque cualitativo y cuantitativo, esto nos permite aplicar técnicas como la encuesta con el fin de obtener información, la cual permita comprobar la hipótesis planteada.

3.1.2. Investigación Descriptiva.

Es de tipo descriptiva, porque analiza el diseño del sistema de distribución de vapor como una propuesta de mejora que comprende el desarrollo tecnológico en el Hospital León Becerra de Guayaquil.

3.1.3. Investigación documental.

Es de tipo documental ya que la mayor parte de la información técnica, recopilada, proviene de los Manuales técnicos, textos elaborados por expertos, Guías técnicas de Marcas y Firms fabricantes de calderas, para dar una base fundamental al diseño de la propuesta, esta información recopilada nos permite identificar y conceptualizar las variables dependientes e independientes.

3.1.4. Investigación de Campo.

Se utiliza la investigación de campo, porque se aplicará encuesta a las personas del departamento administrativo que proveen los recursos para el caldero, así como el personal de mantenimiento que está a cargo del equipo, con lo que se pretende conocer los criterios acerca de la necesidad de realizar un estudio técnico para la instalación de un equipo generador de vapor.

3.2. Tipo de método

3.2.1. Método Deductivo.

Se utiliza el método deductivo, porque es evidente la necesidad de adquirir un nuevo equipo que consuma menos recursos satisfaciendo la demanda de vapor junto con un diseño eficiente del sistema de distribución de vapor, en el Hospital León Becerra de Guayaquil cuyas variables son particularizadas en la investigación de campo aplicada al personal administrativo y de mantenimiento del equipo.

3.2.2. Método Inductivo.

Luego de realizar la investigación de campo, con los resultados obtenidos serán tabulados e interpretados de forma general, con la aplicación del método inductivo, de esta forma se puede conocer el criterio del personal administrativo y de mantenimiento con el fin de sustentar la necesidad de elaborar el proyecto de desarrollo tecnológico en el área de caldero del Hospital León Becerra de Guayaquil, durante el periodo del año 2014.

3.3. Fuentes

Para obtener la información necesaria se optó por aplicar la técnica de la encuesta como principal fuente para la obtención de información y el desarrollo de la investigación, La información secundaria se obtendrá mediante los textos y manuales técnicos.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población en el Hospital León Becerra, consta de 266 trabajadores de nómina en la actualidad, entre los cuales están los médicos de las distintas especialidades, enfermera, personal administrativo, operadores de equipos y el personal de mantenimiento. Una gran parte de esta población no tiene conocimiento de los problemas o cambios que se presentan en el hospital ni mucho menos de los cambios que se presentan en el área de caldero.

3.4.2. Muestra

De la población antes mencionada se ha seleccionado una muestra que comprende al personal del área administrativa, financiera, bodega, voluntariado, operadores de equipos y de mantenimiento, que es el personal que tiene conocimiento sobre el problema que presenta el área de caldero, muestra comprende un total de 31 trabajadores, como es una muestra menor a 100 personas se les procederá a realizar a todos la encuesta.

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación.

La técnica para la investigación utilizada en el presente proyecto se la detalla en el siguiente numeral.

3.5.1. Encuestas

La encuesta se aplicará a toda la muestra que labora en el Hospital León Becerra de Guayaquil, con el fin de conocer su criterio acerca de la necesidad de realizar un estudio para el Diseño del sistema de distribución de vapor en el hospital. (**Ver Anexo 2**).

3.5.2. Instrumento para la aplicación de técnicas

Para obtener la información necesaria se empleará como instrumento de investigación *el cuestionario*, el cual comprende de *seis preguntas* objetivas y cerradas, en referencia a la importancia y necesidad de realizar un estudio para el diseño de un sistema de distribución de vapor en el área de calderos del Hospital León Becerra de Guayaquil.

3.6. Procesamiento de la información

Para el análisis de la información obtenida, se lo realizara en los siguientes pasos que se detallan a continuación:

- 1.** Recopilación y tabulación de la información.
- 2.** Elaborar una tabla estadística con la información obtenida.
- 3.** Obtener la representación porcentual de la información para cada pregunta.
- 4.** Elaborar un gráfico con el valor porcentual de cada pregunta, mediante el uso del software Microsoft Excel.
- 5.** Interpretación de los resultados obtenidos.

A continuación se presentan la información obtenida en la encuesta, junto con sus tablas y gráficos estadísticos, seguido del análisis respectivo de los resultados obtenidos.

3.7. Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta

3.7.1. Análisis, tabla y gráfico referente a la Pregunta 1.

¿Tiene usted conocimiento si en el Hospital León Becerra de Guayaquil, existen áreas que demanden vapor en sus procesos?

Tabla 6. Respuestas tabuladas de la pregunta 1.

Pregunta #1		
RESPUESTAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	31	100%
NO	0	0%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Figura 30. Gráfico de datos tabulados referente a la pregunta 1.



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Análisis.- Para la pregunta uno el 100% de la muestra afirma que existen áreas en el Hospital León Becerra de Guayaquil, las cuales demandan vapor para realizar sus procesos.

3.7.2. Análisis, tabla y gráfico referente a la Pregunta 2.

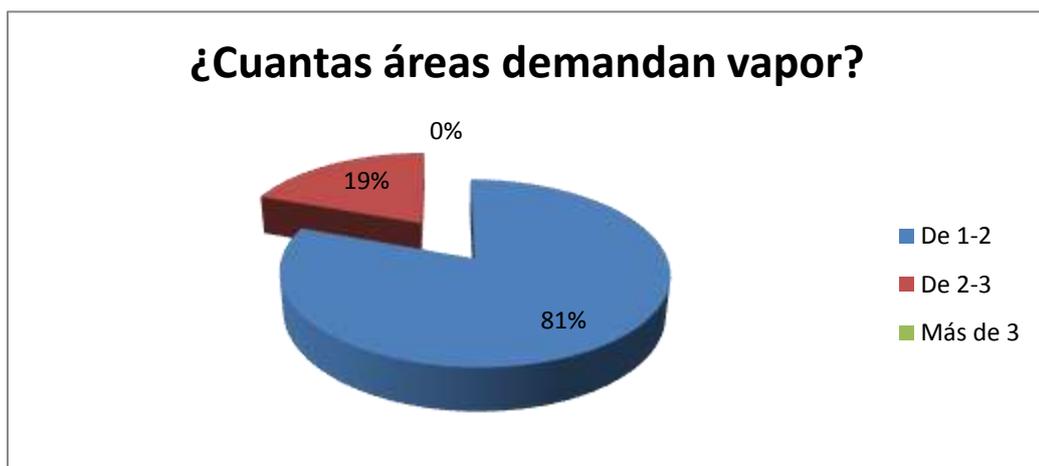
¿Cuántas áreas en el Hospital León Becerra de Guayaquil, demandan vapor?

Tabla 7. Respuestas tabuladas de la pregunta 2.

Pregunta #2		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
De 1-2	25	81%
De 2-3	6	19%
Más de 3	0	0%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Figura 31. Gráfico de datos tabulados referentes a la pregunta 2.



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Análisis.-El 81% de la muestra afirma que de 1 a 2 áreas demandan vapor, haciendo referencia al área de cocina y quirófano, mientras que el 19% restante indican que son de 2 a 3 áreas contando con el área de cocina, quirófano y fisiatría, para esta última, existe una confusión ya que se encuentra cerrada debido a que cambiarán al sistema de agua caliente por calefón y finalmente ningún trabajador argumentó que eran más de 3 áreas las que demandan vapor.

3.7.3. Análisis, tabla y gráfico referente a la Pregunta 3.

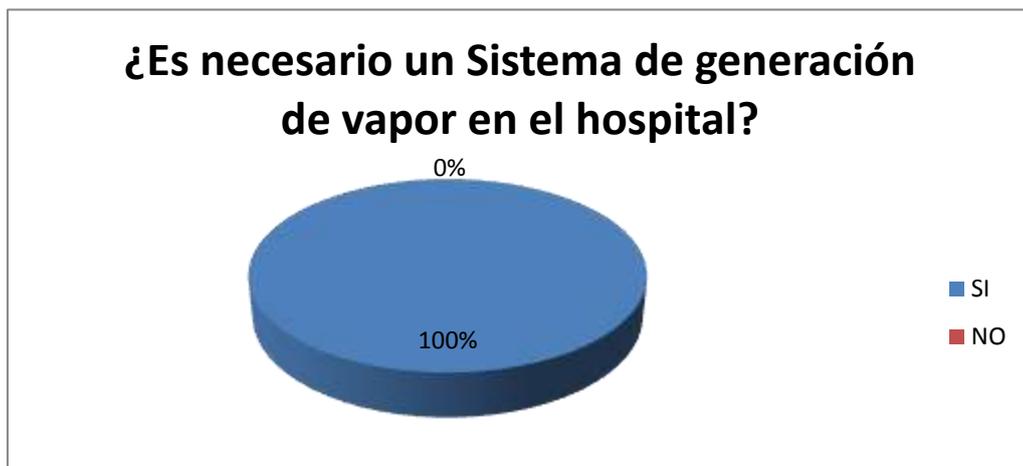
¿Piensa usted que es necesario que el Hospital León Becerra de Guayaquil, cuente con un sistema de generación y distribución de vapor?

Tabla 8. Respuestas tabuladas de la pregunta 3.

Pregunta #3		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	31	100%
NO	0	0%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Figura 32. Gráfico de datos tabulados referentes a la pregunta 3.



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Análisis.- El 100% de la muestra manifiesta que es realmente necesario que el Hospital León Becerra de Guayaquil, cuente con un sistema de generación y distribución de vapor en sus instalaciones, ya que posee áreas que demandan vapor para realizar sus procesos.

3.7.4. Análisis, tabla y gráfico referente a la Pregunta 4.

¿Conoce usted sobre algún estudio técnico realizado para la selección del equipo, distribución y el dimensionamiento de las tuberías para vapor?

Tabla 9. Respuestas tabuladas de la pregunta 4.

Pregunta #4		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	7	23%
NO	24	77%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Figura 33. Gráfico de datos tabulados referentes a la pregunta 4.



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Análisis.- El 77% de la muestra manifiesta que no existe un estudio técnico relacionado a la selección del equipo, distribución y dimensionamiento de las tuberías para vapor, el 23% de la muestra, afirma si existe un estudio técnico, realizado hace muchos años atrás.

3.7.5. Análisis, tabla y gráfico referente a la Pregunta 5.

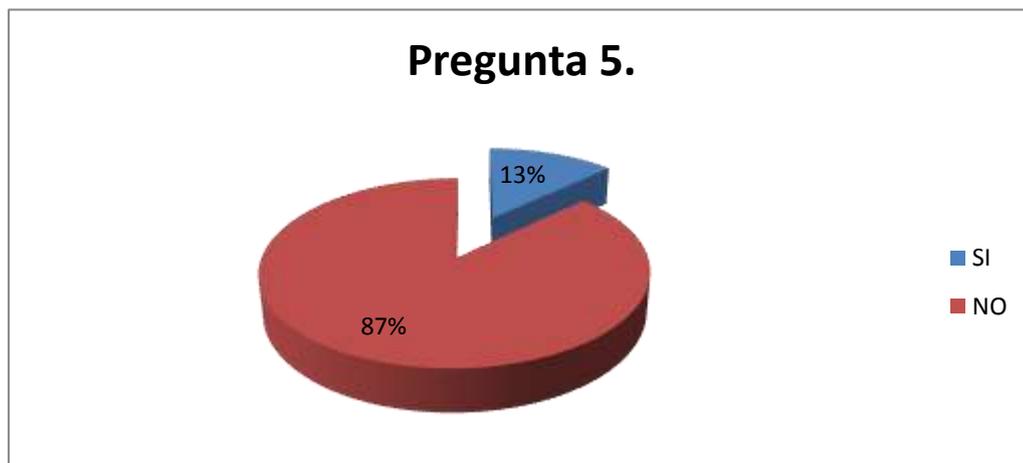
¿Considera usted que el Hospital León Becerra de Guayaquil, cuenta con un personal capacitado para realizar el estudio técnico que determine la selección del equipo, la distribución y el dimensionamiento de las tuberías para vapor?

Tabla 10. Respuestas tabuladas de la pregunta 5.

Pregunta #5		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	4	13%
NO	27	87%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Figura 34. Gráfico de datos tabulados referentes a la pregunta 5.



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Análisis.- El 13% de la muestra manifiesta que el Hospital León Becerra de Guayaquil posee personal capacitado para realizar el estudio técnico, haciendo referencia que el personal de voluntariado, encargado de la gestión ambiental tienen los conocimientos para realizarlo, el 87% restante de la muestra dice que no están capacitados para realizar el estudio.

3.7.6. Análisis, tabla y gráfico referente a la Pregunta 6.

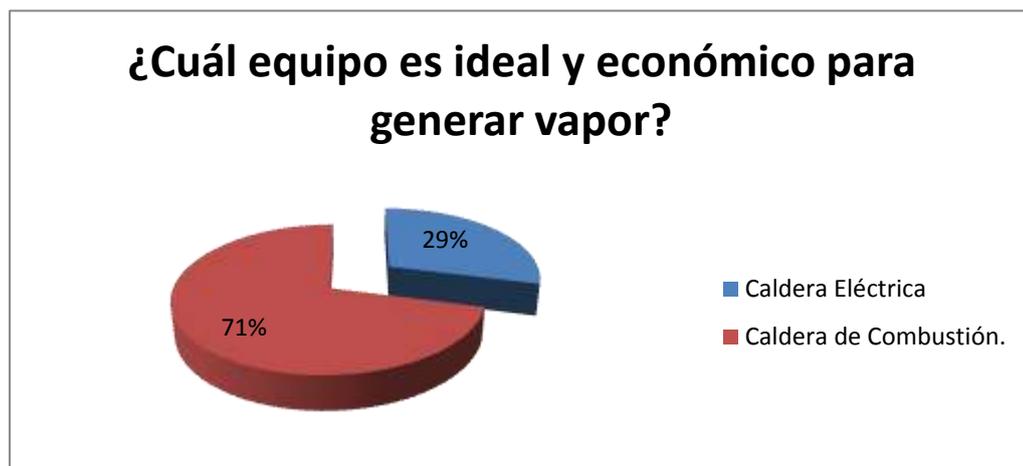
¿Cuál de los siguientes sistemas cree que es ideal y económico para la generación de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil?

Tabla 11. Respuestas tabuladas de la pregunta 6.

Pregunta #6		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Caldera Eléctrica	9	29%
Caldera de Combustión.	22	71%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Figura 35. Gráfico de datos tabulados referentes a la pregunta 6.



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Análisis.- El 29% de la muestra sugieren que el sistema de generación de vapor debe ser una caldera eléctrica aduciendo que como ahora se están cambiando los sistemas tradicionales de gas, el equipo debería ser eléctrico. Por otra parte el 71% de la muestra manifiesta que el sistema generador de vapor debe de ser el tradicional caldero de combustión ya que es el que siempre ha usado en las instalaciones y argumentan que ya tuvieron un caldero eléctrico y no pudo satisfacer la demanda de vapor.

3.8. Análisis general de la encuesta.

Al realizar un análisis sobre información obtenida de la muestra y el criterio de los trabajadores del Hospital León Becerra de Guayaquil, podemos sustentar la necesidad e importancia de realizar el proyecto en el área de calderos del hospital.

La iniciativa de realizar el proyecto del Diseño del Sistema de Distribución de Vapor surge en base a la necesidad de suplir la demanda de vapor a las áreas y equipos en el hospital

Al no contar con un personal técnico capacitado para realizar el estudio, es donde nace la propuesta para realizar el estudio técnico en el hospital, el cual determine la selección del caldero, la distribución y el dimensionamiento de tuberías para vapor la cual garantice satisfacer la demanda de vapor en las áreas y reducir los costos de operación.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

4.1. Justificación.

En base al diagnóstico de la situación actual y cambios que se realizan en el Hospital León Becerra de Guayaquil, se pudo identificar los motivos principales para la elaboración del proyecto, el cual consiste en diseñar un sistema de distribución de vapor, el mismo que suplirá la demanda de vapor de los equipos en las áreas donde se lo requiera, este sistema debe minimizar el costo de operación del equipo generador de vapor, garantizando la entrega eficiente de vapor.

La principal causa que impulsa la realización de este proyecto, es la necesidad de reducir costo de producción de vapor, así como suplir la demanda de vapor de forma eficiente, motivo por el cual el hospital carece de personal técnico para que realice el estudio y cálculo para la elaboración del proyecto

Otro punto importante es la realización del diseño, cálculo, dimensionamiento y distribución de las tuberías y accesorios de vapor y retorno de condensado, acorde a las necesidades de la demanda de vapor de los equipos, el cual debe contar con un plano como una guía

técnica de los recursos instalados a fin de realizarles el mantenimiento respectivo.

Por esta razón, se justifica la propuesta de elaboración de un sistema de distribución de vapor, en el que conste los cálculos de balance térmico, dimensionamiento de tuberías, cálculos para seleccionar el equipo generador de vapor (caldera), tanques de alimentación de agua y combustible, sistema de trapeo y aislamiento térmico para que se garantice un bajo costo de producción de vapor así como la entrega eficiente de vapor a los equipos y puedan realizar sus actividades diarias

4.2. Cálculo para selección de caldera

La caldera es el equipo más utilizado en las industrias y hospitales para generar vapor, de la forma más económica, debido a su naturaleza para producir vapor. Para seleccionar una caldera se deben analizar varios aspectos como realizar un estudio de demanda de vapor llamado balance térmico, el cual consiste en obtener la información de las fichas técnicas de los equipos la demanda en *lb/h* o *Kg/h* de vapor, con este valor podemos calcular la capacidad de la caldera (BPH o CC).

Se debe considerar la recomendación del Manual de calderas SELMEC (1976), de la firma Cleaver Brooks que nos indica.

Se debe considerar de gran importancia la correcta selección del equipo que supla esta demanda ya que si seleccionamos una caldera sobredimensionada o de capacidad excesivamente grande con relación a su demanda, pues esta alternativa sería un atentado económico para la empresa ya que consumiría en exceso recurso como el combustible lo cual representaría gastos. Por otra parte si seleccionamos una caldera de menor capacidad con relación a la

demanda requerida, se nos presentaría el problema que nunca llegaría a cubrir la demanda necesaria y a su vez consumiría recursos sin producción alguna.

Como se explico en el capítulo 2 se deben considerar los siguientes factores para seleccionar una caldera:

- Agua de alimentación.
- Tiempo de operación de la caldera.
- Tipo de caldera a utilizar.
- Número de unidades.
- Selección de combustible.
- Espacio disponible.

4.2.1. Balance térmico

Para realizar el Balance Térmico, se debe determinar la carga total calorífica que los equipos demandan y el uso del vapor. Estas unidades de carga calorífica pueden venir expresadas en unidades de potencia Kcal/h o CC (Caballos de Caldera).

Se deben considerar las pérdidas de energía por radiación y convección de los equipos, con lo cual se estimará como regla general un 20% por cada equipo (Libro Calderas industriales y Marinas por Ing. Ángel Vargas Z. página 139).

Actualmente el hospital León Becerra consta de dos áreas las cuales demandan vapor para sus procesos las cuales son el área de quirófano y el área de cocina, en las cuales se ha realizado el estudio de cargas térmicas de los equipos.

Cocina.

En la planta baja del hospital se encuentra el área de cocina, donde tenemos varios equipos, los cuales demandan vapor para realizar sus actividades diarias, entre los equipos encontramos cuatro (4) marmitas y una lavadora de platos, en el área de esterilizado a continuación se detalla la información técnica de los equipos:

Tabla 12. Datos técnicos de las Marmitas

Marmita	
Volumen	20 Gal
Presión de operación	60 PSI
Capacidad	35 lb/h
Temperatura	100 °C
Calor específico	1 Kcal/Kg °C

Fuente: Área de cocina del Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Figura 36. Marmitas en la cocina del Hospital León Becerra de Guayaquil.



Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Conociendo el consumo de vapor total de vapor de las marmitas podemos realizar el cálculo de carga térmica.

Carga Térmica de Marmitas= Capacidad x número de marmitas

$$\text{Carga Térmica de Marmitas} = 35 \text{ lb/h} \times 4 \text{ Marmitas}$$

$$\text{Cargar Térmica de Marmitas} = 140 \text{ lb/h}$$

Sabiendo que $1CC. \approx 34.5 \text{ lb/h}$, transformamos el consumo de vapor de lb/hr a $CC.$, para la selección del equipo

$$\text{Carga Térmica de Marmita} = 140 \text{ lb/h} \times \frac{1 \text{ CC}}{34.5 \text{ lb/h}}$$

$$\text{Carga Térmica de Marmita} = 4.05 \text{ CC.}$$

A este valor le agregamos un 20% de las pérdidas de calor por regla general.

$$\text{Carga Térmica Total de Marmita} = 4.05 \text{ CC.} \times 20\% \text{ (pérdida de energía)}$$

$$\text{Carga Térmica Total de marmita} = \mathbf{4.86 \text{ CC.}}$$

Tabla 13. Datos técnicos del lavaplatos

Lavaplatos	
Volumen	0.25 m ³
Presión de operación	60 PSI
Capacidad	50 lb/h
Temperatura	100 °C
Calor específico	1 Kcal/Kg °C

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Figura 37. Lavaplatos en la cocina del Hospital León Becerra de Guayaquil.



Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Conociendo el consumo de vapor total del lavaplatos, podemos realizar el cálculo de carga térmica del equipo.

Sabiendo que, $1CC. \approx 34.5 \text{ lb/h}$ transformamos el consumo de vapor de lb/hr a CC , para la selección del equipo

$$\text{Carga térmica de Lavaplatos} = 50 \text{ lb/h} \times \frac{1 \text{ CC}}{34.5 \text{ lb/h}}$$

$$\text{Carga Térmica de Lavaplatos} = 1.45 \text{ CC.}$$

A este valor le agregamos un 20% de las pérdidas de calor por regla general.

Carga Térmica Total de Marmita = $1.45 \text{ CC.} \times 20\%$ (*pérdidas de energía*)

Carga Térmica Total de marmita = **1.74 CC.**

Esterilizado

En la primera planta alta del hospital se encuentra el área de esterilizado, en el cual nos encontramos con un (1) equipo esterilizador el cual tiene las siguientes características:

Tabla 14. Datos técnicos del esterilizador

Esterilizador	
Volumen	10.5 ft^3
Presión de operación	50 PSI
Capacidad	120 lb/h
Temperatura	$60 \text{ }^\circ\text{C}$
Calor específico	$1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Figura 38. Equipo esterilizador del Hospital León Becerra de Guayaquil.



Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Conociendo el consumo de vapor total de vapor del equipo esterilizador podemos realizar el cálculo de carga térmica.

Sabiendo que $1CC. \approx 34.5 \text{ lb/h}$, transformamos el consumo de vapor de lb/hr a $CC.$, para la selección del equipo

$$\text{Carga Térmica del Esterilizador} = 120 \text{ lb/h} \times \frac{1 \text{ CC}}{34.5 \text{ lb/h}}$$

$$\text{Carga Térmica de Marmita} = 3.48 \text{ CC.}$$

A este valor le agregamos un 20% de las pérdidas de calor por regla general.

$$\text{Carga Térmica Total de Marmita} = 3.48 \text{ CC.} \times 20\% \text{ (pérdida de energía)}$$

$$\text{Carga Térmica Total de marmita} = 4.17 \text{ CC.}$$

Tabla 15. Balance térmico de los equipos

Balance Térmico (Demanda total de vapor)		
Equipos	Unidades	Demanda (CC)
Marmita	4	4.86
Lavaplatos	1	1.74
Esterilizador	1	4.17
TOTAL		10.77

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Una vez realizado el cálculo de la demanda de vapor, hemos obtenido un valor aproximado de la capacidad de la caldera, hemos considerado las pérdidas de calor del equipo, ahora definiremos la capacidad del equipo. Según la escala de calderos existen equipos que van desde 5CC, 10CC, 15CC...600CC+ pero para nuestro caso nos enfocaremos en 10CC y 15CC si seleccionamos una caldera de 10CC, estamos subdimensionando la capacidad del equipo con lo cual tendríamos un problema al no suplir la demanda de vapor, por otra parte si seleccionamos la caldera de 15CC de capacidad esta nos suplirá la demanda de vapor ya que para el cálculo realizado se consideraron las perdidas y tenemos un valor próximo a la capacidad de calderas que existen en el mercado.

Por lo tanto para este proyecto seleccionaremos una caldera de 15CC de capacidad con la cual se garantiza la demanda de vapor según el balance térmico realizado a los equipos.

4.2.2. Selección de caldera.

Ya conocemos la capacidad de la caldera que es 15CC, revisando en el mercado la disponibilidad de equipos generadores de vapor, se ha seleccionado la caldera de marca

Tabla 16. Características de caldera Hurst de 15CC seleccionada



BOILER SPECIFICATIONS			6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100
BOILER HORSEPOWER			6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100
STEAM OUTPUT	FROM & @ 212° F	LBS/HR	207	345	518	690	863	1035	1380	1725	2070	2415	2760	3450
		KG/HR	94	156	235	313	391	469	626	782	939	1095	1252	1565
GROSS OUTPUT	MBH	BTU X 1000 KCAL X 1000	201 51	335 84	502 127	670 189	837 211	1004 253	1339 337	1674 422	2009 506	2343 590	2678 675	3348 844
INPUT REQUIRED		BTU X 1000 KCAL X 1000	251 63.3	418 105	628 158	837 211	1046 264	1255 316	1674 422	2092 527	2511 633	2929 738	3348 844	4184 1054
FIRING RATE NAT. GAS	1000 BTU/ FT	FT ³ /HR M ³ /HR	251 7.1	418 11.8	628 17.8	837 23.7	1046 29.6	1255 35.5	1674 47.4	2092 59.2	2511 71.1	2929 82.9	3348 94.8	4184 118.5
FIRING RATE LP GAS	91,500 BTU/GAL	GPH	2.7	4.6	6.9	9.1	11.4	13.7	18.3	22.9	27.4	32	36.6	45.7
	BTU/GAL	LPH	10.4	17.3	26	34.6	43.3	51.9	69.2	86.6	103.9	121.2	138.5	173.1
FIRING RATE OIL #2	140,000 BTU/GAL	GPH	1.8	3	4.5	6	7.5	9	12	14.9	17.9	20.9	23.9	29.9
	BTU/GAL	LPH	6.8	11.3	17	22.8	28.3	33.9	45.3	56.8	67.9	79.2	90.5	113.1
SHIPPING WEIGHT	DRY	LBS KG	1931 876	1931 876	2101 953	2181 989	2181 989	2621 1189	4852 2201	6680 3030	6680 3030	9225 4184	9225 4184	11205 5082
WATER CONTENT - WATER SERIES	FLOODED	GALS LITERS	62 235	62 235	68 257	79 299	79 299	113 428	208 787	313 1185	313 1185	440 1665	440 1665	581 2237
WATER CONTENT - STEAM SERIES	NWL	GALS LITERS	48 182	48 182	54 204	54 204	54 204	73 267	122 462	158 598	158 598	196 742	196 742	290 1098
BOILER HORSEPOWER			6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/hurst-boiler/tubeless-vertical-4vt-cyclone-steam/22135-467001.html#open>

Elaborado por: Hurst Boiler&Welding CO., Inc.

4.2.3. Factores de la toma de decisión.

- **Agua de alimentación.-** El agua es el principal elemento a considerar, la caldera seleccionada posee una capacidad de 68 Gal o 257 litros en su operación.
- **Tiempo de Operación de la caldera.-** La caldera trabaja aproximadamente 8 horas al día lo cual nos indicará las horas de consumo de agua, combustible, energía y vapor generado.

- **Tipo de caldera a utilizar.-** El tipo de caldera seleccionada es de marca Hurst modelo 4vt cyclone steam pirotubular tipo vertical de capacidad 15CC con presión máxima de operación hasta 150PSI.
- **Selección de combustible.-** El combustible a seleccionar es el Diesel#2 ya que ofrece muy buenas propiedades caloríficas, es fácil de manejar, almacenar, económico, fácil de adquirir en nuestro mercado.
- **Espacio disponible.-** El espacio disponible es un factor muy importante, ya que limita la dimensión del equipo y es por esta razón por la cual hemos seleccionado una caldera vertical.

A continuación se detallan las características generales del equipo seleccionado en la siguiente tabla.

Tabla 17. Características generales de la caldera seleccionada

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Marca	Hurst Boiler & Welding CO. INC.
Serie	4VT Ciclone Steam
Tipo de Caldero	Pirotubular –Vertical- 4 Pasos
Potencia (CC)	15
Vapor Generado (lb/h)	518
Combustible Utilizado	Diesel
Presión de Diseño (PSI)	150
Superficie de Calentamiento (ft^2)	74

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/hurst-boiler/tubeless-vertical-4vt-cyclone-steam/22135-467001.html#open>

Elaborado por: Hurst Boiler&Welding CO., Inc.

4.3. Cálculo de tanque de suministro de agua y combustible.

En proceso de generación de vapor el agua es la principal materia prima ya que es el agua la que absorbe la energía calorífica liberada en la combustión para transformarse en vapor. Al transformarse el vapor la cantidad de agua contenida en la caldera disminuye, es por esto que se debe suministrar agua constantemente a la caldera para que se mantenga constante el proceso de producción de vapor.

Para mantener el flujo constante de agua hacia la caldera, esta se almacena en un tanque donde no solo está el agua de reposición sino que también se recolecta y aprovecha el condensado de las líneas, la cual viene a una temperatura superior y esta hará que se caliente el agua contenida en el tanque. Al ingresar agua caliente a la caldera, es un hecho que la caldera consumirá menos combustible ya que al calentar el agua caliente hasta su punto de ebullición, la caldera empleará menos combustible.

4.3.1. Cálculo de la capacidad del tanque de alimentación de agua.

El agua es la principal materia prima para la producción de vapor, la cual al absorber el calor de la combustión, se calienta hasta cambiar de estado o fase que se conoce como vapor, pero este elemento se debe suministrar de forma continua para mantener una generación constante de vapor en la caldera.

El agua que se suministra hacia la caldera está almacenada en un tanque la cual posee la capacidad de contener y suministrar suficiente agua de forma continua para la producción de vapor. En este tanque no solo está el agua para consumo diario, sino que también está el agua de reposición y el condensado recolectado a través de las tuberías, al ingresar el condensado al tanque de alimentación de agua diaria, se elevará su

temperatura, así se aprovecha el poder calorífico que aun posee el condensado. Al ingresar agua caliente a la caldera, es seguro que se utilizará menos combustible ya que es más fácil llevar el agua caliente a su punto de ebullición lo cual emplearía menos combustible y aumentará la eficiencia de la caldera.

El sistema de alimentación de agua en una caldera, básicamente se compone de:

- Tanque de Almacenamiento de agua
- Equipo de bombeo de agua
- Equipos de control

La generación de vapor depende directamente de la cantidad de agua que se suministra a la caldera, es recomendable que el tanque deba tener una capacidad de reserva mínima de agua, la cual deberá sostener la evaporación en la caldera por lo menos durante 20 minutos.

Generalmente se sabe que para satisfacer la demanda de agua de un caballo de caldera (CC) se requiere de 0.069 galones por minuto (GPM) o 0.261 litros por minuto (lt/min). Para determinar la capacidad del tanque de alimentación de agua diaria se utilizará la formula descrita en el libro Calderas Industriales y Marinas (Vargas A., P.147). Lo que de acuerdo a esta premisa nuestra caldera de 15 caballos de caldera (CC) de capacidad necesitará evaporar:

$$\text{Capacidad de Evaporación} = 15 \text{ CC} \times \frac{0.069 \text{ GPM}}{1 \text{ CC}} \times 20 \text{ min} = \mathbf{20.70 \text{ Gal}}$$

El tanque de alimentación de agua nunca debe estar lleno al 100%, sino que es aconsejable dejarlo lleno en un 70%, dejando espacio para el aire y los vapores.

$$\text{Reserva mínima de agua} = \frac{\text{Capacidad}}{0.7}$$

$$\text{Reserva mínima de agua} = \frac{20.70}{0.7}$$

$$\text{Reserva mínima de agua} = 30 \text{ Gal}$$

Por lo tanto, la capacidad de nuestro tanque de alimentación de agua tendrá una capacidad de almacenamiento de 30 galones, las dimensiones del tanque, se las puede tomar de la siguiente tabla.

Tabla 18. Capacidad de tanques de agua según los CC de la caldera

Potencia Caldera CC	Rapidez de evaporac. GPM	Factor de Encendido	Capacidad de bomba GPM	Capacid. Del tanque galones	Tamaño tanque pulg.
10	0.70	2	2	30	16x42
15	1.00	2	3	30	16x42
20	1.40	2	3	30	16x42
25	1.70	2	4	30	16x42
30	2.10	2	4	30	16x42
40	2.80	2	6	30	16x42
50	3.50	2	7	60	22x43

Fuente: Tesis de grado "Cálculo de Procesos de vapor en una Industria Textil"

Elaborado por: Ing. Carlos Jiménez Ch.

Para nuestro proyecto se ha elaborado un tanque de alimentación de agua con las siguientes características que se muestran en *tabla 4.8*: con el fin de almacenar una mayor cantidad de agua para el suministro y abastecimiento del equipo.

Tabla 19. Dimensiones del tanque de suministro de agua

Dimensiones y Capacidad del Tanque de Alimentación de Agua	
Diámetro (pulg.)	21"
Longitud (pulg.)	48"
Capacidad (gal.)	60
Material	Acero Inoxidable
Espesor (mm.)	2

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Figura 39. Tanque de suministro de agua para el caldero



Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

4.3.2. Cálculo de la bomba de suministro de agua.

Para seleccionar una bomba para alimentación del agua a la caldera, se deben considerar los siguientes aspectos.

- **Operación de la bomba.-** Para el caso de las calderas, las bombas operan de forma intermitente, ya que el bombeo de agua no se lo realiza de forma continua, sino que opera mediante un nivel de agua, cuando baja el nivel, este activa un switch el cual acciona la bomba para alimentar de agua la caldera hasta llenar el nivel, cuando está lleno el nivel el switch apaga la bomba.
- **Temperatura del agua a la succión.-** La temperatura del líquido de succión es un factor muy importante al momento de seleccionar una bomba, si el líquido de succión está demasiado caliente puede dañar los elementos de la bomba, para nuestro caso el agua de alimentación oscila entre 40°C y 50°C
- **Capacidad.-** Esto se refiere a al caudal de agua que la bomba debe proveer, pero se debe considerar la presión de descarga y la carga neta de succión requerida. Existen dos clases de bomba para alimentar el agua la cuales son tipo turbina y centrífugas.
- **Presión de descarga.-** Es la presión de operación del equipo a la cual se alimentará agua, se recomienda que la presión de descarga sea mayor entre 0.35 a 1.76 Kg/cm^2 (5 a 25 $lb/pulg^2$) de la presión de operación de la caldera.

Con todos los aspectos a considerar, procederemos a calcular la potencia en HP de la bomba de alimentación de agua, mediante la siguiente fórmula presente en el libro Calderas Industriales y marinas en la página 282

$$HP = \frac{8.33 \times GPM \times TDH \times G_e}{3300 \times \eta}$$

Donde:

$$GPM = 15CC \times 0.069 = 1.04 \text{ GPM}$$

$$TDH = 95 \text{ Psi} \times \frac{2.31 \text{ ft}_{H_2O}}{1 \text{ Psi}} = 219.50 \text{ ft}_{H_2O}$$

$$Ge_{agua} = 1$$

$$\eta = 0.75$$

$$HP = \frac{8.33 \times 1.04 \times 219.50 \times 1}{3300 \times 0.75}$$

$$HP = \mathbf{0.77}$$

El valor obtenido, representa el caballaje de la bomba a seleccionar el cual tiende a una bomba de $\frac{3}{4}$ HP, pero para garantizar la demanda del flujo de agua se seleccionará una bomba de **1 HP**.

4.3.3. Selección y cálculo del consumo de combustible.

En el *capítulo 2* se habló acerca de las propiedades de los combustibles, para este proyecto se seleccionará como combustible el Diesel#2, debido a que presenta buenas propiedades caloríficas, además es económico, fácil de almacenar, muy comercial, es decir, fácil de adquirir en el mercado local.

El consumo de combustible es un factor muy importante al momento de seleccionar una caldera, el costo de operación depende directamente del combustible seleccionado y el consumo de combustible por parte del equipo.

Según el catálogo de la caldera Hurst seleccionada para este proyecto, consume 4.5 GPH (17 LPH).

En base a este factor, se realiza el cálculo del tanque de almacenamiento diario de combustible, el cual debe satisfacer la demanda de combustible,

las 24 horas de operación del equipo, garantizando así la demanda del combustible.

$$\text{Almacenamiento de combustible diario} = \text{Firing Rate} \times 24 \text{ horas}$$

$$\text{Almacenamiento de combustible diario} = 4.5 \text{ GPH} \times 24 \text{ horas}$$

$$\text{Almacenamiento de combustible diario} = \mathbf{108 \text{ Galones}}$$

Para efectos de este proyecto y aprovechar los recursos disponibles en el hospital, se hará uso de un tanque de combustible disponible en las instalaciones, el cual sule la demanda de combustible para nuestro calder, a con tinuación se muestran las dimensiones y capacidad del caldero.

Tabla. 20. Características del tanque diario de combustible.

Dimensiones y Capacidad de Tanque de Almacenamiento de Combustible	
Díámetro	1 m
Longitud	2 m.
Capacidad	415 Gal
Material	Acero

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Figura 40. Tanque de suministro de combustible para el caldero



Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

4.3.4. Cálculo de la bomba de combustible.

Para realizar el cálculo de la bomba de combustible, nos basaremos en la fórmula antes utilizada, para calcular la potencia del motor, la diferencia es que las condiciones del líquido a succionar varían, según Vargas (1984), sugiere que la presión de descarga de un combustible puede fluctuar de 75 Psi a 100Psi (p. 182).

Además se debe recordar esta relación para los combustibles $1\text{ CC} \approx 0.275\text{ GPH}$. Y la gravedad específica del diesel es 0.86, podemos calcular la potencia del motor.

$$HP = \frac{8.33 \times GPM \times TDH \times Ge}{3300 \times \eta}$$

Donde:

$$GPM = 15CC \times \frac{0.275 GPH}{1 CC} = 4.13 Gph \times \frac{1 hr}{60 min} = 0.069 GPM$$

$$TDH = 100 Psi \times \frac{2.31 ft_{H2O}}{1 Psi} = 231 ft_{H2O}$$

$\eta = 0.6$ (eficiencia de la bomba)

$$HP = \frac{8.33 \times 0.069 \times 231 \times 0.86}{3300 \times 0.6}$$

$$HP = 0.057$$

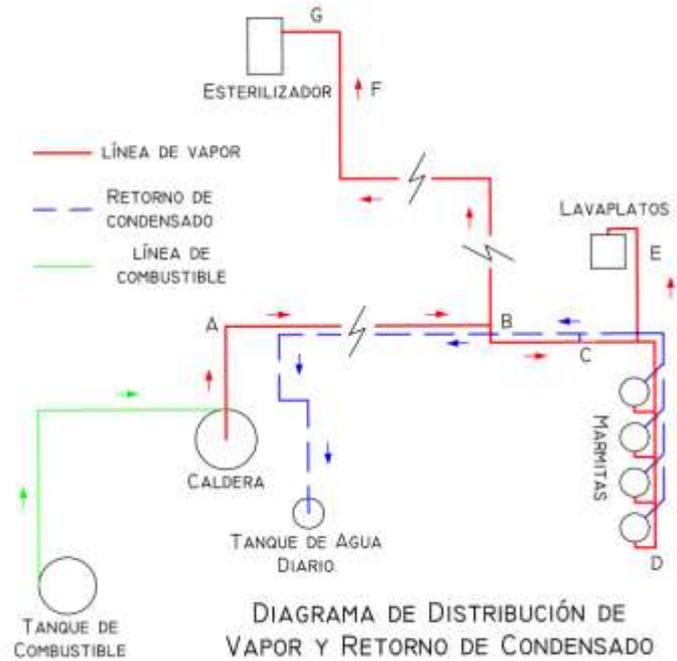
La potencia obtenida es de 0.057HP, como no hay una bomba con poca potencia en el mercado, se seleccionará una bomba de $\frac{1}{4}$ HP.

4.4. Dimensionamiento de tuberías para vapor y retorno de condensado.

Para dimensionar las tuberías de vapor, lo realizaremos mediante el uso de las tablas y el procedimiento que se explica en el capítulo dos de este proyecto, para utilizar las tablas, es necesario conocer el caudal, la presión de operación, la caída de presión y la longitud total de la tubería. Además de seguir las recomendaciones sugeridas.

Primero se ha realizado un balance térmico, en donde hemos obtenido los caudales de vapor que demandan los equipo y hemos obtenido las presiones de operación, luego se ha diseñado el recorrido de las tuberías de vapor y retorno de condensado como se muestra en la *Figura 41.*, Para realizar el dimensionamiento de las tuberías, se debe dividir el recorrido de las tuberías de vapor en tuberías principales y tuberías secundarias, estas tuberías son las que llegan hacia los equipos.

Figura 41. Diagrama propuesto de las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado.



Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

A continuación se muestra una tabla con la distribución de las tuberías primarias y secundarias con su respectiva distancia hacia los equipos.

Tabla 21. Distancia de tuberías a los puntos de consumo de vapor.

DISTANCIAS DESDE LA CALDERA HASTA LOS PUNTOS DE CONSUMO			
Distancia de caldera A:	Tramos de Tubería Principal (m)	Tramos de Tubería Secundaria (m)	Distancia total a equipos (m)
Marmitas	A-B-C: 25	C-D: 8	33
Lavaplatos	A-B-C: 25	C-E: 6	31
Esterilizador	A-B-F: 55	F-G: 5	60

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.
Elaborado por: El Autor.

Tabla 22. Caudales de vapor

Demanda de vapor por equipo		
Equipo	Demanda de Vapor (lb/h)	Caudal de Vapor (lb/h)
Marmitas	140 + 10%	$Q_1 = 155$
Lavaplatos	50 + 10%	$Q_2 = 55$
Esterilizador	120+ 10%	$Q_3 = 132$
$Q_4 = Q_1 + Q_2 = 210 \text{ lb/h}$		
$Q_5 = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 342 \text{ lb/h}$		
$Q_{marmitas} = 35 \text{ lb/h} + 10\% = 33 \text{ lb/h}$		

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

4.4.1. Dimensionamiento de las tuberías principales.

Tramo Principal A-B-C:

Para el tramo principal realizamos los cálculos del dimensionamiento de la tubería junto con los datos de operación obtenidos y la *Figura 11* ingresamos el valor del caudal generado por la caldera $Q_5 = 342 \text{ lb/h}$, a la gráfica y siguiendo los pasos, nos desplazamos hacia la derecha e interceptamos con la presión de operación correspondiente a 70 Psi . A partir de este punto, nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar con la recta de la velocidad sugerida de 5000 pies/min , con lo cual se encuentra la intersección de las rectas dándonos así el diámetro de la tubería requerida, que es de $1''$.

Diámetro de la tubería del tramo principal **A-B-C = 1 pulg.**

Otra forma de confirmar el diámetro de las tuberías es mediante el uso de fórmulas las cuales nos darán como resultado el diámetro aproximado de la tubería a seleccionar, las formulas se detallan a continuación:

$$\dot{m}_{vapor} = \rho \vec{V} A_i$$

Donde despejando el área tenemos:

$$A_i = \frac{\dot{m}_{vapor}}{\rho \vec{V}} \quad \text{ó} \quad A_i = 2.4 \frac{\dot{m}_{vapor} v_S}{\vec{V}}$$

Donde:

\dot{m}_{vapor} : Flujo másico en *lb/h*.

v_S : Volumen específico en *ft³/lbm*.

\vec{V} : Velocidad en *pies/min*.

A_i : Área interior de la tubería en *pulg²*.

Con el valor del área interior de la tubería calculada, procedemos a calcular el diámetro de la tubería aplicando la siguiente fórmula:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 A_i}{\pi}}$$

Donde:

ϕ : Diámetro de la tubería en *pulg*.

Procederemos a calcular el diámetro de la tubería con la formula antes expuesta para el tramo **A-B-C**. El volumen específico según la presión de operación la obtenemos del **Anexo3**

Datos:

\dot{m}_{vapor} : 342 lb/h.

v_s : 5.167 ft³/lbm.

\vec{V} : 5000 pies/min

A_i : ? pulg².

Presión: 70Psi.

$$A_i = 2.4 \frac{(342) \times (5.167)}{5000} = 0.85 \text{ pulg}^2$$

El diámetro de la tubería será:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 (0.85)}{\pi}} = 1.04 \text{ pulg} \approx 1''$$

Cálculo de la caída de presión a través del tramo A-B-C:

Continuando con el dato del caudal $Q_5 = 342 \text{ lb/h}$, ingresamos a la *figura 2.12* nos colocamos en la parte inferior para localizar el caudal y nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar la línea con el diámetro de la tubería seleccionada de 1". Una vez hallado el punto nos desplazamos hacia la izquierda de la figura con lo cual nos da una caída de presión de 2.5 Psi/100 pies, este valor lo multiplicamos por el factor de corrección 1.4 correspondiente a 70 Psi, debido a que la figura está diseñada para vapor saturado a 100 psig, por lo que se tiene $2.5 \text{ Psig}/100 \text{ pies} \times 1.4 = 0.035 \text{ Psig}/\text{pies}$.

Como se conoce la longitud del tramo **A-B-C** que es 25 metros o si lo convertimos a pies es igual a **80.02 pies**, se calcula la pérdida de presión a través de este tramo y con ello conoceremos la presión disponible en el punto.

Se considera un 10% adicional, esto es debido a la presencia de accesorios por lo que nos da una presión aproximada de:

$$70 \text{ Psi} - (0.035 \text{ Psig/ pies}) \times (80.02 + 8.002) \text{ pies}$$

$$70 \text{ Psi} - 3 \text{ psi} = 67 \text{ Psi}$$

Una presión de vapor aproximada de 67 Psi al final del tramo **A-B-C**.

Tramo Principal A-B-F:

Para el segundo tramo principal realizamos de igual forma los cálculos del dimensionamiento de la tubería junto con los datos de operación obtenidos con la *Figura 11*. ingresamos el valor del caudal aproximado $Q_5 = 342 \text{ lb/h}$, a la gráfica y siguiendo los pasos, desplazamos hacia la derecha e interceptamos con la presión de 70 Psi . A partir de este punto, nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar con la recta de la velocidad sugerida de 5000 pies/min , con lo cual al interceptar las rectas nos da un diámetro de tubería de $1''$.

Diámetro de la tubería del tramo principal **A-B-F = 1 pulg.**

Cálculo del diámetro de las tuberías mediante el uso de formulas.

Datos:

$$\dot{m}_{\text{vapor}}: 342 \text{ lb/h.}$$

$$v_s: 5.167 \text{ ft}^3/\text{lbm.}$$

$$\vec{V}: 5000 \text{ pies/min}$$

$$A_i: ? \text{ pulg}^2.$$

$$\text{Presión: } 70 \text{ Psi.}$$

$$A_i = 2.4 \frac{(342) \times (5.167)}{5000} = 0.85 \text{ pulg}^2$$

El diámetro de la tubería será:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 (0.85)}{\pi}} = 1.04 \text{ pulg} \approx 1''$$

Cálculo de la caída de presión a través del tramo A-B-F:

Continuando con el dato del caudal $Q_5 = 342 \text{ lb/h}$, ingresamos a la *figura 12* nos colocamos en la parte inferior para localizar el caudal y nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar la línea con el diámetro de la tubería seleccionada de 1". Una vez hallado el punto nos desplazamos hacia la izquierda de la figura con lo cual nos da una caída de presión de 2.5 Psi/100 pies, este valor lo multiplicamos por el factor de corrección 1.4 correspondiente a 70 Psi, debido a que la figura está diseñada para vapor saturado a 100 psig, por lo que se tiene $2.5 \text{ Psig}/100 \text{ pies} \times 1.4 = 0.035 \text{ Psig}/\text{pies}$.

Como se conoce la longitud del tramo **A-B-F** que es 55 metros o si lo convertimos a pies es igual a **180.72 pies**, se calcula la pérdida de presión a través de este tramo y con ello conoceremos la presión disponible en el punto.

Se considera un 10% adicional, esto es debido a la presencia de accesorios por lo que nos da una presión aproximada de:

$$70 \text{ Psi} - (0.035 \text{ Psig}/\text{pies}) \times (180.72 + 18.07) \text{ pies}$$

$$70 \text{ Psi} - 6.95 \text{ psi} = 63.05 \text{ Psi}$$

Presión de vapor aproximada de 63 Psi al final del tramo **A-B-F**

4.4.2. Dimensionamiento de las tuberías secundarias.

Tramo Secundario C-D:

Para el primer tramo secundario realizamos se realizarán los cálculos del dimensionamiento de la tubería junto con los datos de operación de los equipos obtenidos con la *Figura 11* ingresamos el valor del caudal aproximado $Q_1 = 155 \text{ lb/h}$, a la gráfica y siguiendo los pasos, desplazamos hacia la derecha e interceptamos con la presión de 60 Psi . A partir de este punto, nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar con la recta de la velocidad sugerida de 3500 pies/min , con lo cual se encuentra que la tubería requerida es de $1''$.

Diámetro de la tubería del tramo principal **C-D = 1"pulg.**

Cálculo del diámetro de las tuberías mediante el uso de formulas.

Datos:

$\dot{m}_{\text{vapor}}: 155 \text{ lb/h.}$

$v_s: 5.8145 \text{ ft}^3/\text{lbm.}$

$\vec{V}: 3500 \text{ pies/min}$

$A_i: ? \text{ pulg}^2.$

Presión: 60Psi.

$$A_i = 2.4 \frac{(155) \times (5.8145)}{3500} = 0.62 \text{ pulg}^2$$

El diámetro de la tubería será:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 (0.62)}{\pi}} = 0.89 \text{ pulg} \approx 1''$$

Cálculo de la caída de presión a través del tramo secundario C-D:

Continuando con el dato del caudal $Q_1 = 155 \text{ lb/h}$, ingresamos a la *figura 12* nos colocamos en la parte inferior para localizar el caudal y nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar la línea con el diámetro de la tubería seleccionada de 1". Una vez hallado el punto nos desplazamos hacia la izquierda de la figura con lo cual nos da una caída de presión de 0.58Psi/100 pies, este valor lo multiplicamos por el factor de corrección 1.5, debido a que la figura está diseñada para vapor saturado a 100 psig, por lo que se tiene $(0.58 \text{ Psig}/100 \text{ pies}) \times (1.5) = \mathbf{0.0087 \text{ psig/pies}}$.

Como se conoce la longitud del tramo **C-D** que es 8 metros o si lo transformamos a pies es igual a **27.90 pies**, se calcula la pérdida de presión a través de este tramo y con ello conoceremos la presión disponible en el punto.

Se considera un 10% adicional, esto es debido a la presencia de accesorios por lo que nos da una presión aproximada de:

$$60 \text{ Psi} - (0.0087 \text{ Psig}/ \text{pies}) \times (27.90 + 2.79) \text{pies}$$
$$60 \text{ Psi} - 0.27 \text{ psi} = 59.73 \text{ Psi}$$

Tramo Secundario C-E:

Para el primer tramo secundario realizamos se realizarán los cálculos del dimensionamiento de la tubería junto con los datos de operación de los equipos obtenidos con la *Figura 11* ingresamos el valor del caudal aproximado $Q_2 = 55 \text{ lb/h}$, a la gráfica y siguiendo los pasos, desplazamos hacia la derecha e interceptamos con la presión de 60 Psi. A partir de este punto, nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar con la recta de la velocidad sugerida de 3500 pies/min, con lo cual se encuentra que la tubería requerida es de $\frac{1}{2}$ ".

Diámetro de la tubería del tramo principal **C-E = ½" pulg.**

Cálculo del diámetro de las tuberías mediante el uso de formulas.

Datos:

\dot{m}_{vapor} : 55 lb/h.

v_s : 5.8145 ft³/lbm.

\vec{V} : 3500 pies/min

A_i : ? pulg².

Presión: 60Psi.

$$A_i = 2.4 \frac{(55) \times (5.8145)}{3500} = 0.22 \text{ pulg}^2$$

El diámetro de la tubería será:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 (0.22)}{\pi}} = 0.53 \text{ pulg} \approx \frac{1}{2}$$

Cálculo de la caída de presión a través del tramo secundario C-E:

Continuando con el dato del caudal $Q_2 = 55 \text{ lb/h}$, ingresamos a la *figura 12* nos colocamos en la parte inferior para localizar el caudal y nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar la línea con el diámetro de la tubería seleccionada de ½". Una vez hallado el punto nos desplazamos hacia la izquierda de la figura con lo cual nos da una caída de presión de 0.23 Psi/100 pies, este valor lo multiplicamos por el factor de corrección 1.5, debido a que la figura está diseñada para vapor saturado a 100 psig, por lo que se tiene $(0.23 \text{ Psig}/100 \text{ pies}) \times (1.5) = \mathbf{0.00345 \text{ psig/pies}}$.

Como se conoce la longitud del tramo **C-E** que es 6 metros o si lo transformamos a pies es igual a **20.75 pies**, se calcula la pérdida de presión a través de este tramo y con ello conoceremos la presión disponible en el punto.

Se considera un 10% adicional, esto es debido a la presencia de accesorios por lo que nos da una presión aproximada de:

$$60 \text{ Psi} - (0.00345 \text{ Psig/pies}) \times (20.75 + 2.08) \text{ pies}$$
$$60 \text{ Psi} - 0.079 \text{ psi} = 59.92 \text{ Psi}$$

Tramo Secundario F-G:

Para el primer tramo secundario realizamos se realizarán los cálculos del dimensionamiento de la tubería junto con los datos de operación de los equipos obtenidos con la *Figura 11* ingresamos el valor del caudal aproximado $Q_3 = 132 \text{ lb/h}$, a la gráfica y siguiendo los pasos, desplazamos hacia la derecha e interceptamos con la presión de 50 Psi . A partir de este punto, nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar con la recta de la velocidad sugerida de 3500 pies/min , con lo cual se encuentra que la tubería requerida es de $1''$.

Diámetro de la tubería del tramo principal **F-G = 1" pulg.**

Cálculo del diámetro de las tuberías mediante el uso de formulas.

Datos:

$$\dot{m}_{\text{vapor}}: 132 \text{ lb/h.}$$

$$v_s: 6.6535 \text{ ft}^3/\text{lbm.}$$

$$\vec{V}: 3500 \text{ pies/min}$$

$$A_i: ? \text{ pulg}^2.$$

$$\text{Presión: } 50 \text{ Psi.}$$

$$A_i = 2.4 \frac{(132) \times (6.6535)}{3500} = 0.60 \text{ pulg}^2$$

El diámetro de la tubería será:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 (0.60)}{\pi}} = 0.88 \text{ pulg} \approx 1''$$

Cálculo de la caída de presión a través del tramo secundario F-G:

Continuando con el dato del caudal $Q_3 = 132 \text{ lb/h}$, ingresamos a la *figura 12* nos colocamos en la parte inferior para localizar el caudal y nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar la línea con el diámetro de la tubería seleccionada de 1". Una vez hallado el punto nos desplazamos hacia la izquierda de la figura con lo cual nos da una caída de presión de 0.35 Psi/100 pies, este valor lo multiplicamos por el factor de corrección 1.5, debido a que la figura está diseñada para vapor saturado a 100 psig, por lo que se tiene $(0.35 \text{ Psig}/100 \text{ pies}) \times (1.5) = \mathbf{0.005 \text{ psig/pies}}$.

Como se conoce la longitud del tramo **F-G** que es 5 metros o si lo transformamos a pies es igual a **16.28 pies**, se calcula la pérdida de presión a través de este tramo y con ello conoceremos la presión disponible en el punto.

Se considera un 10% adicional, esto es debido a la presencia de accesorios por lo que nos da una presión aproximada de:

$$60 \text{ Psi} - (0.005 \text{ Psig/ pies}) \times (16.28 + 1.63) \text{ pies}$$

$$50 \text{ Psi} - 0.09 \text{ psi} = 49.91 \text{ Psi}$$

4.4.3. Dimensionamiento de la tubería de retorno de condensado

Para realizar el cálculo del dimensionamiento de las tuberías de retorno de condensado, es necesario tener como datos el caudal de condensado generado por los equipos o por las líneas de vapor, además de la presión de interna generada por el flujo del condensado. Cuando no se conoce el caudal en la mayoría de los casos la experiencia nos indica que se debe considerar el doble del vapor de ingreso del régimen inicial, basándonos en esta experiencia y debido a la baja presión de operación tomaremos el doble del régimen inicial como dato aproximado referente al caudal de vapor por parte de los equipos para el cálculo de diámetro de las tuberías.

Para nuestro proyecto sólo se ha considerado la generación y retorno de condensado de las marmitas, hacia el tanque de alimentación de agua diaria, para aprovechar su poder calorífico y aumentar la eficiencia de la caldera. El lavaplatos y esterilizador consumen el vapor y generan poco condensado, el mismo que será desechado ya que no es conveniente trazar una línea de condensado muy lejana desde el esterilizador hacia el tanque de agua diaria, así como el condensado del lavaplatos, puede contener impurezas de los alimentos, al ser retornada al tanque de agua diaria, puede contaminar el agua y afectar la eficiencia de la caldera.

Tabla 23. Caudal del sistema de retorno de condensado

CAUDAL DE CONDENSADO			
Equipo	Caudal Inicial	Doble del régimen lb/h	Presión de Operación Psi
Marmita	155 lb/h	310	60

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Para el dimensionamiento de tuberías de condensado es recomendable utilizar un rango para la caída de presión entre 10 y 15 Psi por cada 100 pies de tubería.

La metodología para dimensionar la tubería de retorno de condensado se la detalló en el capítulo 2, para el cálculo emplearemos el diagrama de la *Figura 13*, en esta gráfica se relaciona el caudal del condensado con la caída de presión en la línea. Las líneas inclinadas en la parte superior del diagrama, nos indican el diámetro de tubería que se debe seleccionar para el retorno de condensado, acorde al caudal y caída de presión recomendada.

Se tienen como datos el valor de la presión de operación del equipo, y el valor aproximado del caudal de vapor para el retorno de condensado en las marmitas con lo cual ingresamos a la *Figura 13* por el lado inferior izquierdo donde se encuentra la presión de operación del equipo de 60 Psi, luego nos desplazamos hacia la derecha, hasta interceptar con la recta que representa la presión en la línea de condensado recomendada de 15 Psi por cada 100 pies de tubería, Una vez interceptadas las rectas, nos desplazamos hacia arriba hasta interceptar con la recta horizontal que posee el caudal de 310 lb/h. Visualizamos si el punto de intercepción queda entre dos líneas y seleccionamos la recta inmediata superior para garantizar el paso del flujo del condensado, con lo cual nos da un diámetro de 3/4” para la tubería del retorno de condensado.

Tabla 24. Dimensión de tubería de retorno de condensado

Diámetro de tubería para el sistema de retorno de condensado	
Equipo	Diámetro de Tubería (pulg)
Marmita	1/2

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

4.5. Trampas para vapor

En esta sección del capítulo, se hablara acerca de los complementos del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado, una vez realizado el dimensionamiento de las tuberías junto con los acoples, uniones, codos, tees, Ahora se hablará acerca de las trampas para vapor, muy importantes en la distribución de vapor ya que son complementos del sistema, estos accesorio garantizan el flujo del vapor y condensado hacia los puntos de destino.

La forma en que operan las trampas para vapor es básicamente separar el vapor vivo del condensado, así como separar el aire de los gases que se forman en el interior de la tubería a fin de evitar golpes de ariete, sobrepresiones, etc.

4.5.1. Aplicaciones de las trampas para vapor.

Se instalará una trampa de vapor cada vez que:

- ✓ El vapor es utilizado para calentar un líquido indirectamente por una superficie metálica caliente como las marmitas.
- ✓ El vapor es utilizado para calentar sólidos indirectamente por una superficie metálica caliente como los hornos.
- ✓ Donde el vapor es utilizado para calentar el aire o fluidos por medio de superficies metálicas calientes como en los intercambiadores de calor (serpentes).
- ✓ Donde el vapor es utilizado para calentar directamente sólidos como los lavaplatos o esterilizadores.

4.5.2. Ubicación de las trampas para vapor

Debido al diseño de las marmitas, es recomendable colocar la trampa de vapor debajo del equipo junto con la tubería de retorno de condensado

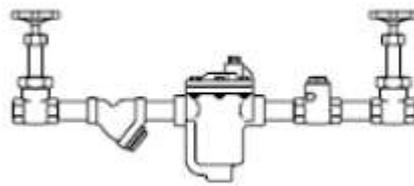
dimensionada, Se coloca la trampa debajo del equipo porque al caer el flujo de condensado por gravedad se dirige hacia la trampa y este es aprovechada por la misma para regular el paso del flujo, para instalar una trampa se debe considerar el **ABC** de las mismas que corresponden a.

- **A:** Accesible para ser inspeccionada y darle mantenimiento.
- **B:** Bajo del punto de drenado, siempre que sea posible.
- **C:** Cerca del punto de drenado.

Cuando se va a instalar una trampa para vapor, es necesario realizar un juego de válvulas y filtros, las cuales permitirán extender la vida útil de la trampa, a continuación se detallan los elementos para la correcta instalación de la trampa para vapor:

- Válvula de cierre antes de la trampa.
- Filtro antes de la trampa.
- Colector de suciedad antes de la trampa para detener óxidos
- Válvula de prueba después de la trampa.
- Válvula de cierre después de la trampa.

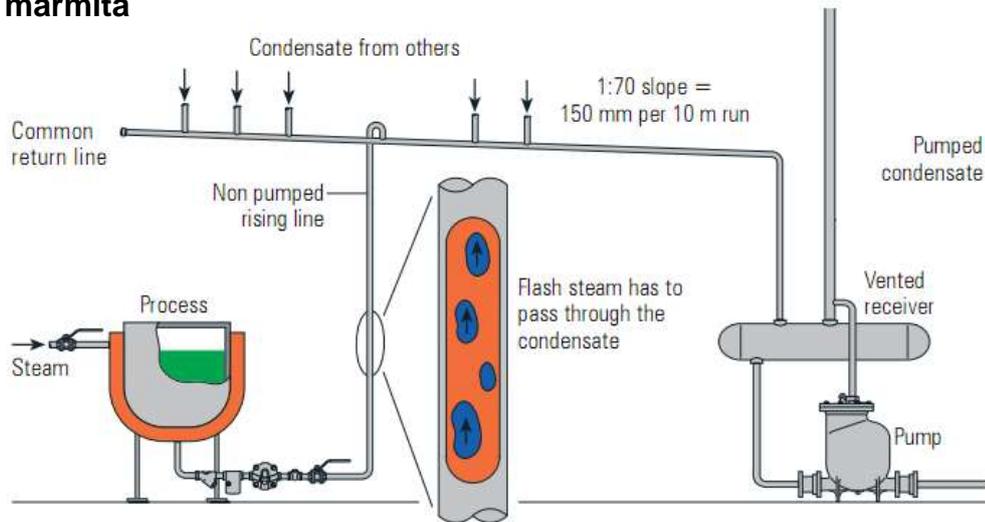
Figura 42. Montaje recomendado de trampas para vapor



Fuente: Manual de Soluciones para sistemas de vapor
Elaborado por: Armstrong.

La firma SpiraX-Sarco, nos muestra en la *figura 43*. como se debe colocar la trampa para vapor y como se debe derivar la línea de retorno de condensado hacia la línea principal.

Figura 43. Trampeo y derivación de línea de retorno de condensado en marmita



Fuente: Dimensionamiento de las líneas de retorno de condensado

Elaborado por: Spirax-Sarco

4.5.3. Selección de la trampa para vapor.

En el mercado existen una variedad de trampas para vapor las cuales poseen sus ventajas y limitaciones que se deben considerar en su selección, en muchas ocasiones la falta de conocimiento para calcular y seleccionar una trampa para vapor es la principal causa que ocasiona que los sistemas de vapor fallen o produzcan golpes de ariete, estas fallas se deben al mal drenaje del condensado. Las fallas más comunes para la generación de condensado en las líneas y el mal drenaje de condensado se deben a:

- No usar trampas para vapor.
- Usar una trampa para vapor subdimensionada
- Usar una trampa para vapor no adecuada.
- No aislar las tuberías.
- Un montaje inadecuado de la trampa para vapor.

El tamaño y el tipo de trampa para vapor a seleccionar es un factor muy importante ya que de ellos depende la eficiencia del drenado del

condensado, para seleccionar una trampa se necesita seguir los siguientes pasos.

Obtener información sobre la generación de condensado.

Es necesario conocer la carga máxima de condensado, como se mencionó en este capítulo si no se conoce la carga máxima se puede considerar el doble del régimen inicial, la presión de entrada a la trampa y la contrapresión que ejerce el condensado.

Características de la trampa a seleccionar

Para seleccionar una trampa se debe conocer qué tipo de operación realiza la trampa ya sea mecánica, termodinámica o termostática, la exactitud de carga de condensado que posee la trampa y las condiciones de presión a las que opera. Las trampas al igual que los accesorios en las tuberías poseen un factor de seguridad bajo condiciones severas de operación, las cuales aseguren la eliminación del aire y vapores no condensables de las líneas.

Tabla 25. Factores de seguridad de trampas para vapor.

TIPO DE TRAMPA	FACTOR DE SEGURIDAD
Trampa Termostática	2 a 4
Trampa de expansión líquida	2 a 4
Trampa de flotador y termostática	1.5 a 2.5
Trampas termodinámicas	1.2 a 2
Trampa de balde invertido	2 a 4

Fuente: Manual de trampas para vapor.

Elaborado por: Spirax-Sarco

Seleccionar el tipo de trampa

Se debe seleccionar la trampa considerando el tipo y tamaño adecuado, considerando el espacio de trabajo para mantenimiento y correcto montaje de la trampa junto con los accesorios

Figura 44. Guía para seleccionar trampas para 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.

Fuente: Libro "Calderas Industriales y Marinas"
Elaborado por: Ing. Ángel Vargas Z.

Para nuestro caso utilizaremos trampas para vapor de tipo termostática y termodinámica ya que se adaptan a nuestro sistema, espacio y presión de operación. Este tipo de trampas termodinámicas son frecuente mente utilizadas en las marmitas debido a que regulan de forma eficiente el paso del flujo de condensado. (**Ver Anexos 4-6**)

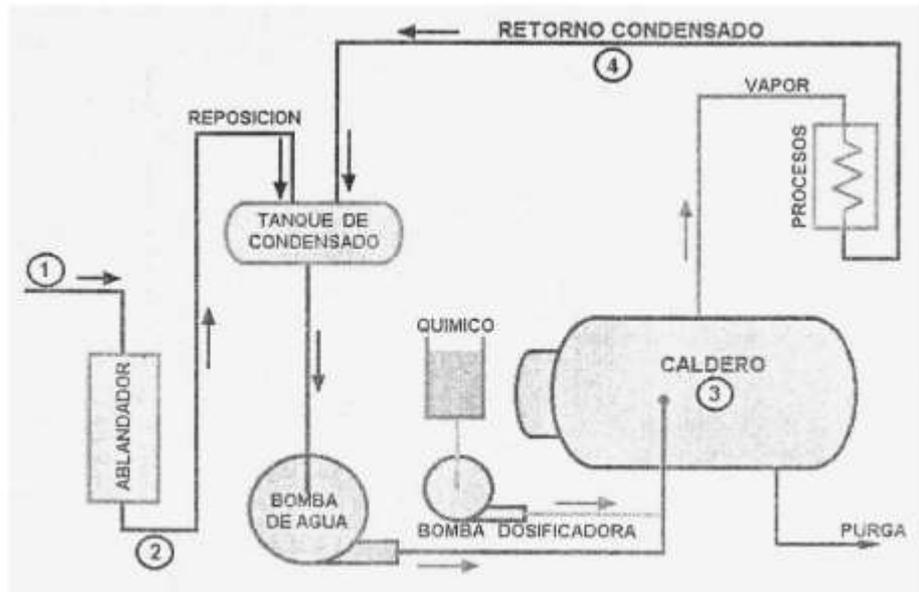
4.6. Tratamiento de agua.

El agua es un elemento puro que se encuentra en la naturaleza, además es la principal materia prima para generar vapor, cuando se almacena agua en tanques, esta tiende a generar sustancias extrañas, las cuales se las denomina impurezas, y son muy perjudiciales en las calderas ya que ocasionan grandes daños e inconvenientes en la operación de la caldera acortando su vida útil, estas sustancias extrañas se las puede reducir o eliminar, del sistema mediante el tratamiento de agua.

Las impurezas en la alimentación de agua para calderas, se constituyen principalmente por sales disueltas como bicarbonatos, carbonatos de calcio o magnesio las mismas que al ingresar a la caldera y no ser eliminadas ni controladas pueden producir incrustaciones, corrosión, picaduras, espumeo, arrastre, etc. Las sales se adhieren a las superficies de la caldera expuestas al agua, es decir a la superficie de intercambio de calor. A medida que la temperatura aumenta, la solubilidad de las sales disminuye

Se sabe que cuando una caldera no posee un sistema de tratamiento de agua adecuado la eficiencia del equipo cae, debido a los problemas de incrustaciones en las tuberías del caldero, la incrustación de 2.5mm en las tuberías ocasiona un gasto del 16% más de combustible, ya que la superficie de calentamiento incrustada aumenta, se debilita el material y este pierde su capacidad de transportar el poder calorífico.

Figura 45. Esquema general del tratamiento de agua para caldero



Fuente: Tratamiento de agua en calderas de vapor
Elaborado por: Quimicamp.

4.6.1. Tipos de tratamientos de agua

El tratamiento de agua se lo ha realizado con el fin de evitar incrustaciones de las sales en el equipo, es decir eliminar o inactivar la dureza de las sales de calcio y magnesio en la caldera, se las puede reducir mediante los siguientes métodos.

- Ablandamiento y Desmineralización por intercambio iónico
- Ablandamiento químico.

Ablandamiento y Desmineralización por intercambio iónico

Este método para eliminar la dureza y desmineralizar el agua emplea resinas de intercambio iónico, las cuales se clasifican en *resinas catiónicas* y *resinas aniónicas*.

Las resinas catiónicas, son las que presentan una afinidad hacia los cationes es decir los iones positivos de calcio, magnesio, sodio, hidrógeno, etc.

Por otra parte las resinas aniónicas presentan una afinidad hacia los aniones, es decir los iones negativos como el carbonato, sulfato, cloruro, oxhidrilos, etc. Por ser ácidos ya sean base fuerte o débil, permite que se comporten de una forma diferente los iones.

Ablandamiento químico

Este proceso permite eliminar la dureza del agua por medio de reacciones netamente químicas. Para esto es necesario contar con compuestos químicos, que entran en reacción con las sales del agua, en especial las sales de sodio y magnesio, este tratamiento se lo puede realizar a temperatura ambiente o en caliente, dando mejores resultado en caliente

Las normas Británicas BS-2486, la AMBA (American Boiler Manufacturing Association) y el TÜV, han presentado la siguiente tabla con los requerimientos del agua de alimentación de la caldera para prevenir incrustaciones y corrosión en las calderas de baja presión. (Hasta 10 bar)

Tabla 26. Requerimientos de agua de suministro para calderas según norma BS 2486

Parámetro	Valor Requerido
Dureza total	< 2 ppm
Contenido de oxígeno	< 8 ppb
Dióxido de carbono	< 25 mg/l
Contenido total de hierro	< 0.05 mg/l
Contenido total de cobre	<0.01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
Ph a 25 °C	8.5 – 9.5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes solubles.

Fuente: Artículo Técnico “Tratamiento de agua para calderas”, Arnulfo Oelker Behn
Elaborado por: Norma Británica BS 2486

Para nuestro proyecto se utilizará el ablandamiento de agua por químicos, ya que no requiere de muchos factores ni equipos y se lo puede realizar desde la cisterna o desde un tanque de tratamiento de agua, donde se verterá el compuesto químico y ablandará el agua dejándola libre de sales, con el fin de evitar incrustaciones, picaduras y corrosión en las tuberías del equipo.

4.7. Consumos de recurso de los equipos

En esta sección del capítulo se va a calcular el consumo de los recursos por parte de los equipos y componentes de la caldera que se emplean para el proceso de generación de vapor en el cuarto de caldera del Hospital León Becerra de Guayaquil, entre los recursos de consumo del equipo tenemos:

- Consumo de agua de la caldera.
- Consumo de combustible de la caldera.
- Consumo de energía eléctrica de los equipos

Para efectos de los siguientes cálculos se han realizado las siguientes mediciones de tiempo de operación de los equipos, los cuales operan aproximadamente 8 horas al día de forma intermitente, debido a la naturaleza del proceso de generación de vapor.

4.7.1. Cálculo del consumo de agua

Para calcular el costo de la producción de vapor, partimos por el consumo de agua el cual es suministrado desde el tanque de alimentación de agua diario hacia la caldera, por medio de la bomba de succión. En este capítulo se ha calculado y dimensionado el tanque de suministro de agua para la caldera el cual posee una capacidad de 60 galones, operando 6 días a la semana, por 4 semanas correspondientes al mes.

Sabiendo que la tarifa de agua en la ciudad de Guayaquil se cobra por m^3 de consumo y sabiendo que **1 Gal** equivale a **0.0037854 m^3** , el costo del m^3 del agua se lo muestra en la *figura 46*. con estos datos procederemos a calcular el costo del consumo de agua para la generación de vapor

Figura 46. Costo del m^3 de agua potable.

AGUA POTABLE		CARGO FIJO		CEM
RANGO DE CONSUMO m^3	VALOR POR m^3 US\$	DIAMETRO DE LA GUÍA	VALOR US\$	VALOR US\$
1 - 15	\$ 0,308	1/2 "	1,32	0,27
16 - 30	\$ 0,457	3/4"	8,85	0,62
31 - 60	\$ 0,646	1 "	22,74	1,65
61 - 100	\$ 0,857	1 1/2"	37,90	2,61
101 - 300	\$ 0,954	2 "	37,90	8,92
301 - 2500	\$ 1,477	3 "	63,18	16,47
2501 - 5000	\$ 1,892	4 "	189,53	54,20
5001 o más	\$ 3,106	6 " o más	252,71	219,54

Fuente: http://www.interagua.com.ec/clientes_preguntasf_ufa.htm
 Elaborado por: Interagua.

Cálculo del costo de consumo de agua.

Tabla 27. Costo del consumo de agua de la caldera

Periodo	Galones	m^3	Costo m^3 (\$)	Costo Total (\$)
Diario	60	0.227	0.308	\$0.07
Mensual	1440	5.45	0.308	\$1.68

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.
 Elaborado por: El Autor.

Con estos cálculos podemos decir, que el consumo mensual de agua como parte del proceso de generación de vapor se consumirán 1440 Gal de agua. Se puede decir que al mes el valor por el consumo de agua es de **\$1.68**.

4.7.2. Cálculo del consumo de combustible

Ahora realizaremos el cálculo del costo del consumo de combustible para la generación de vapor en la caldera, la cual según sus características es una caldera vertical Hurst de 15 BPH, la misma que posee un quemado de ¼ HP el cual alimenta la combustión a razón de 4.5 GPH, con un tiempo promedio de operación de 5 horas diarias. Además se conoce el costo del combustible según el Registro Oficial No. 73, del 2 de Agosto de 2005, el cual se resume en la *tabla 30*.

Tabla 28. Precio de los combustibles

Producto	Precio de Terminal	IVA	Comercialización
Gasolina Extra (Gal)	\$1.168	\$0.140	\$0.171
Gasolina Súper (Gal)	\$1.50	\$0.18	Libre
Diesel Premium (Gal)	\$0.804	\$0.096	\$0.137

Fuente: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/569575/-1/Precio_de_gasolina_casi_sin_competencia.html#.U_ZoOcV5OSo

Elaborado por: El Autor.

Cálculo del costo de consumo de combustible

Tabla 29. Costo del consumo de combustible de la caldera

Periodo	Cantidad (Gal)	Costo Unitario (Gal)	Costo Total (\$)
Diario	22.5	\$0.90	\$20.25
Mensual	540	\$0.90	\$486

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil

Elaborado por: El Autor.

Con estos valores podemos decir que el consumo mensual, como parte del proceso de combustión para la producción de vapor; se consumirán 540 Gal. de Diesel#2. Entonces se puede decir que al mes el valor por el consumo de combustible es de **\$486.00**.

4.7.3. Análisis del consumo de energía eléctrica

Finalmente realizaremos el análisis del consumo de energía eléctrica de los equipos, como la bomba de succión de agua del tanque de agua diario hacia la caldera el cual es una bomba **1HP**, así como la bomba de succión de combustible del quemador de $\frac{1}{4}$ **HP** los cuales requieren de energía eléctrica para operar y ser parte del proceso de generación de vapor. Sabiendo que el precio oficial en el Ecuador por cada KW/h es de \$0.0933, y que 1HP equivale a 0.746 KW; en base a estos datos procedemos a calcular el consumo de energía eléctrica y el costo del consumo eléctrico de los equipos.

Cálculo del coto del consumo de energía eléctrica

Tabla 30. Costo del consumo de energía eléctrica de los equipos

Equipo	HP	KW	H-M	KW/h	Costo KW/h	Total Día	Total Mes
Bomba de Agua	1	0.7456	6	4.4736	\$0.0933	\$0.42	\$10.08
Quemador	$\frac{1}{4}$	0.1864	5	0.932	\$0.0933	\$0.09	\$2.16

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil

Elaborado por: El Autor.

En la *tabla 32*. Se muestra el valor aproximado del consumo de energía eléctrica de los equipos que forman parte del proceso de generación de vapor, con lo cual se puede decir que al mes el valor por el consumo de energía eléctrica es de **\$12.24**

Cálculo del costo mensual de recursos de los equipos

Tabla 31. Costo mensual total de los recursos consumidos por los equipos

Recurso	Valor mensual
Agua potable	\$ 1.68
Combustible	\$ 486.00
Energía Eléctrica	\$ 12.24
TOTAL	\$499.92

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil

Elaborado por: El Autor.

Una vez calculado los valores de los consumos de los recursos, podemos concluir que el sistema generador de vapor propuesto para el área de caldero del Hospital León Becerra de Guayaquil. Tiene un costo mensual de operación de **\$499,92**.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

En este capítulo se va a realizar un análisis financiero de los recursos que se emplearán para la elaboración del diseño del sistema de distribución de vapor en el cuarto de caldera del Hospital León Becerra de Guayaquil, en el cual se detallan los costos directos del proyecto.

5.1. Costo total del proyecto.

En esta sección del capítulo, hablaremos acerca de los costos que incurren en la elaboración del proyecto, como los costos de los materiales y mano de obra para la instalación del mismo.

5.1.1. Costo de los materiales.

El costo de los materiales hace referencia al conteo de los metros lineales de tubería, accesorios de las tuberías como codos, tees, uniones, etc. Además de los equipos como el caldero, las bombas y tanques. Una vez realizado el metraje y conteo de los elementos que intervienen en el sistema de distribución de vapor, se procederá a cotizar el costo unitario de cada elemento, para así tener idea de cuál es el costo de inversión para el proyecto, en cuanto a materiales.

Tabla 32. Costo de materiales para el proyecto.

PRESUPUESTO DE TUBERIAS ACCESORIOS Y EQUIPOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA EL HOSPITAL LEÓN BECERRA DE GUAYAQUIL					
MATERIALES	MEDIDA	CANT	DESCRIPCIÓN	Cost. UNIT.	VALOR TOTAL
TUBERÍA H/N	1"	22	CEDULA 40	\$ 24,00	\$ 528,00
CODO H/N	1"	30	CLASE 300	\$ 3,00	\$ 90,00
UNIÓN H/N	1"	9	CLASE 300	\$ 2,00	\$ 18,00
NUDO H/N	1"	14	CLASE 300	\$ 9,00	\$ 126,00
TEE H/N	1"	11	CLASE 300	\$ 4,00	\$ 44,00
TEE RED. H/N	1"	8	1" - 1/2"	\$ 5,00	\$ 40,00
CHECKE H/N	1"	3	CLASE 300	\$ 4,00	\$ 12,00
VÁLVULA H/N	1"	7	COMPUERTA	\$ 12,00	\$ 84,00
VÁLVULA H/N	1"	2	BOLA	\$ 9,00	\$ 18,00
VÁLV. REG. PRES.	1"	2	150 - 50	\$ 40,00	\$ 80,00
TRAMPA	1"	1	DISCO	\$ 35,00	\$ 35,00
RECUB. TUBERÍA	1"	132 MTS	CAÑUELA	\$ 17,00	\$ 2.244,00
RECUB. CODO	1"	30	CLASE 300	\$ 12,00	\$ 360,00
RECUB. TEE	1"	18	CLASE 300	\$ 12,00	\$ 216,00
TUBERÍA H/N	1/2"	5	CEDULA 40	\$ 18,00	\$ 90,00
CODO H/N	1/2"	37	CLASE 300	\$ 2,50	\$ 92,50
VÁLVULA H/N	1/2"	13	COMPUERTA	\$ 8,00	\$ 104,00
VÁLVULA H/N	1/2"	4	ALIVIO	\$ 12,00	\$ 48,00
NUDO H/N	1/2"	5	CLASE 300	\$ 4,00	\$ 20,00
TRAMPA	1/2"	4	DISCO	\$ 25,00	\$ 100,00
FILTRO	1/2"	4	CANASTILLA	\$ 20,00	\$ 80,00
MANÓMETRO	1/2"	1	150 PSI	\$ 23,00	\$ 23,00
RECUB. TUBERÍA	1/2"	30 MTS	FIBRA VIDRIO	\$ 15,00	\$ 450,00
RECUB. CODO	1/2"	37	FIBRA VIDRIO	\$ 12,00	\$ 444,00
RECUB. TEE	1/2"	18	FIBRA VIDRIO	\$ 12,00	\$ 216,00
CALDERA HURST	15 CC	1	PIROTUBULA R	\$ 12.500,00	\$ 12.500,00
BOMBA DE AGUA	1 HP	1	CENTRIGUGA	\$ 200,00	\$ 200,00
TANQUES DE AGUA	60 GAL	2	A/INOX	\$ 600,00	\$ 1.200,00
TOTAL					\$19.462,50

Fuente: Proveedores.

Elaborado por: El Autor.

5.1.2. Costo de mano de obra.

Este costo hace referencia al personal encargado de la instalación, montaje y puesta en marcha de los equipos, así como los materiales consumibles que se utilizarán durante la instalación del sistema y los equipos.

Tabla 33. Costo de mano de obra y consumibles

MANO DE OBRA Y CONSUMIBLES	
DESCRIPCIÓN	VALOR
CONSUMIBLES	\$ 500,00
MANO DE OBRA	\$ 2500,00
TOTAL	\$ 3.000,00

Fuente: Proveedores.

Elaborado por: El Autor.

5.2. Costo de inversión del proyecto.

Una vez que hemos calculado el costo de los materiales, de los equipos y la mano de obra, podemos calcular y tener una idea del costo total de la inversión para el diseño propuesto

Tabla 34. Inversión total del proyecto

DESCRIPCIÓN	COSTO	PORCENTAJE
Costo de Materiales	\$ 19.462,50	86.6%
Costo de Mano de Obra	\$ 3.000,00	13.4%
TOTAL	\$22.462,50	100%

Fuente: Proveedores y Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

El costo total de la inversión para elaborar el proyecto propuesto Diseño del sistema de distribución de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil es de **\$22.462,50**.

5.2.1. Análisis de factibilidad financiero VAN, TIR y beneficio/coste del proyecto.

Según Iturrioz del Campo J. (2014.), Diccionario económico, define al VAN (Valor Actual Neto) como “es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión.”

Recuperado de: (<http://www.expansion.com/diccionario-economico/valor-actualizado-neto-van.html>).

Así mismo Iturroz del Campo J. (2014), Diccionario económico, define al TIR (Tasa Interna de Retorno) como “es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión, en términos relativos, es decir en porcentaje.”

Recuperado de: (<http://www.expansion.com/diccionario-economico/tasa-interna-de-retorno-o-rentabilidad-tir.html>).

Iturroz del Campo J. (2014) afirma que “El análisis coste beneficio es una técnica que permite valorar inversiones teniendo en cuenta aspectos, de tipo social y medioambiental, que no son considerados en las valoraciones puramente financieras.”

Recuperado de: (<http://www.expansion.com/diccionario-economico/analisis-costebeneficio.html>).

En base a las definiciones procederemos a realizar el cálculo de los valores a utilizar en los indicadores de factibilidad para el análisis financiero como es el valor anual a ahorrar, la tasa de inflación, etc.

Tabla 35 Análisis económico del consumo de combustible de los equipos.

Consumo de combustible de las calderas							
CC	GPH	H-M	días	Sem.	\$ galón Diesel N°2	Consumo del mes \$	Consumo Anual \$
60	17	5	6	4	\$0,90	\$1.836	\$22.032
15	4.5	5	6	4	\$0,90	\$486	\$5.832

Fuente: Hospital León Becerra de Guayaquil.

Elaborado por: El Autor.

Con lo cual podemos calcular que el beneficio que traerá la implementación del proyecto aplicando los indicadores de rentabilidad para el proyecto.

El beneficio que traerá el proyecto en cuanto a consumo de combustible se lo calcula de la diferencia entre los valores anuales de cada equipo, es decir cuánto dinero ahorraremos en combustible si se implementa una caldera de 15CC.

$$\text{Valor a ahorrar} = \text{Consumo anual}_{60CC} - \text{Consumo anual}_{15CC}$$

$$\text{Valor a ahorrar} = \$22.032,00 - \$5.832,00$$

$$\text{Valor a ahorrar} = \$16.200,00$$

Mediante el software Microsoft Excel, procederemos a calcular los indicadores de rentabilidad VAN y TIR del proyecto, para la cual utilizaremos una tasa de inflación otorgada por el Banco central del Ecuador correspondiente al mes de Septiembre (*Figura 47.*) y valor a ahorrar antes calculado, se considera una tasas del 4% para el proyección del incremento anual en el ahorro además tenemos el valor de la inversión inicial de \$22.462,50 con lo que tenemos los siguientes resultados,

Tabla 36. Cálculo del VAN y TIR

CÁLCULO del VAN y la TIR

Esta hoja te permite calcular fácilmente el Valor Actual Neto (V.A.N.) y la Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) de un negocio o proyecto de inversión. Pon tus datos en las celdas con fondo blanco. Tienes todas las explicaciones a la derecha.

1 Datos para el análisis							3 Información
Inversión	importe 22.463						¿Qué poner aquí?
Flujo de caja (neto anual)	inversión -22.463	1	2	3	4	5	La tasa de descuento
		16.200	16.848	17.522	18.223	18.952	
2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.							
Tasa de descuento	% 4,19%						¿Qué es el VAN? ¿Cómo se calcula? Análisis resultado
V.A.N a cinco años	54.997,06	Valor positivo, inversión (en principio) factible					¿Qué es la TIR? ¿Cómo se calcula? Análisis resultado
T.I.R a cinco años	69,93%	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible					producto recomendado

← anterior
venmas.com
siguiente ►

Fuente: <http://www.venmas.com>

Elaborado por: El Autor.

Figura 47 Tasa de inflación del Ecuador 2013-2014.

FECHA	VALOR
Septiembre-30-2014	4.19 %
Agosto-31-2014	4.15 %
Julio-31-2014	4.11 %
Junio-30-2014	3.67 %
Mayo-31-2014	3.41 %
Abril-30-2014	3.23 %
Marzo-31-2014	3.11 %
Febrero-28-2014	2.85 %
Enero-31-2014	2.92 %
Diciembre-31-2013	2.70 %
Noviembre-30-2013	2.30 %
Octubre-31-2013	2.04 %
Septiembre-30-2013	1.71 %
Agosto-31-2013	2.27 %
Julio-31-2013	2.39 %
Junio-30-2013	2.68 %
Mayo-31-2013	3.01 %
Abril-30-2013	3.03 %
Marzo-31-2013	3.01 %
Febrero-28-2013	3.48 %
Enero-31-2013	4.10 %
Diciembre-31-2012	4.16 %
Noviembre-30-2012	4.77 %
Octubre-31-2012	4.94 %

Fuente: http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion

Elaborado por: Banco Central del Ecuador.

Se obtuvo como resultado un Valor Actual Neto (VAN) de \$54.997,06, con una recuperación del total de la inversión en el segundo año, una vez implementado el sistema y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 69.93%, estos indicadores nos dan una clara idea de la factibilidad que presenta el presente proyecto, ahora procederemos a realizar el cálculo del beneficio/coste del proyecto

$$\text{Coeficiente}_{\text{beneficio/coste}} = \frac{\text{Valor Actual Neto (VAN)}}{\text{Valor Actual de Inversión (VAP)}}$$

$$\text{Coeficiente}_{\text{beneficio/coste}} = \frac{\$55.997,06}{\$22.642,50}$$

$$\text{Coeficiente}_{\text{beneficio/coste}} = \$2.45$$

El resultado obtenido nos indica que por cada dólar que invierta el Hospital León Becerra de Guayaquil en el proyecto, va a obtener como ahorro \$2.45, teniendo como beneficio \$1.45 adicionales durante los próximos cinco años de ejecución del proyecto, lo que nos demuestra la factibilidad de la inversión del proyecto.

CONCLUSIONES

El equipo seleccionado para este proyecto es una caldera vertical del tipo pirotubular de marca Hurst con una capacidad de 15 CC. La selección del equipo se la realizó en base al estudio de cargas térmicas según la necesidad de demanda de vapor de los equipos en las áreas operativas y sobre todo el espacio físico disponible en el nuevo cuarto de caldera del Hospital León Becerra de Guayaquil.

En basé al estudio y la demanda de vapor, se determinó que los diámetros de las tuberías para las líneas principales de vapor son de 1" y para las líneas secundarias de vapor como las marmitas y el lavaplatos en el área de cocina son de ½", para el equipo esterilizador el diámetro de la tubería secundaria dimensionada es de 1".

El aislante térmico seleccionado es de de lana de vidrio de 1" para las tuberías principales y de ½" para las tuberías secundarias a excepción del esterilizador.

Se obtuvo como resultado de las encuestas efectuadas al personal administrativo y de mantenimiento del hospital que es necesario contar con un sistema de distribución de vapor en las instalaciones, y que el equipo a seleccionar según el criterio de los trabajadores encuestados debe ser caldera de combustión.

Para este proyecto, se ha optado por utilizar trampas termodinámicas de disco controlado en el sistema de retorno de condensado, debido a su fácil mantenimiento y diseño de poca dimensión, ideal para espacios reducidos, junto con su correcto montaje y trampeo para alargar la vida útil de la trampa.

Se han realizado los planos con la distribución de las tuberías de vapor y retorno de condensado en el hospital, con su respectivo sistema de trampeo y ubicación de los equipos, utilizando el software AutoCAD 2012. **(Ver Anexos 7-12).**

Según el análisis financiero realizado los indicadores financieros nos dieron como resultado que el proyecto tiene un Valor Actual Neto (VAN) de \$54.997.06, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 69.93% y que por cada dólar que invierte el hospital en el proyecto, tiene un ahorro de \$2.45 con un beneficio de \$1.45 durante los próximos cinco años.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para instalar las tuberías de vapor y retorno de condensado dejar una inclinación mínima de 40mm. cada 10m. de tubería, con el fin de que fluya el condensado de vapor hacia las piernas colectoras y evitar los golpes de ariete.

Se recomienda aislar todos los tramos de las tuberías de vapor y accesorios, a fin de evitar diferencia de temperaturas, la cuales ocasionarán pérdidas energéticas y generación de condensado en el interior de las tuberías; las mismas que disminuirán la eficiencia de la caldera.

Se recomienda incrementar una medida la línea principal del retorno de condensado, con el fin de no ocupar toda el área de la tubería dejando espacio para los gases no condensables y la generación de nuevo condensado en la tubería.

Se recomienda capacitar al personal de mantenimiento y operadores de los equipos, con el fin de que todos estén en capacidad de operar el equipo, a fin de actuar en caso de una emergencia.

Se recomienda implementar un tanque ablandador de agua y utilizar un tratamiento químico de la marca *Rochem One shot BTW* para el agua que ingresa a la caldera, con el fin de evitar corrosión, evitar picaduras en el interior de las tuberías e interior de las paredes de la caldera.

Se recomienda realizar un plan de mantenimiento para los equipos, caldera bombas, etc. Así como instalar una tubería de aguas lluvias para la purga de la caldera.

BIBLIOGRAFÍA.

Armstrong - Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensado – 1998.

Asamblea Nacional - Ley de Gestión AmbientalL – Ley NO. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Asamblea Nacional - Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental – Ley NO: 37. - Disposición General Segunda, RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Asamblea Nacional. Constitución de la República del Ecuador,. Corporación de Estudios y Publicaciones .Montecristi, 2008.

ASME- A53 - "Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless." ASTM Annual Book of Standards vol. 01.01

Cleaver Brooks - Manual del calderas SELMEC – 1976.

Dominguez J., Santiago J., Uceda J. - Guía básica de Calderos Industriales Eficientes - 2012 - Comunidad de Madrid.

Junta de Castilla y León - Manual técnico, Diseño y Cálculo de Redes de Vapor - sf.

Norma INEN 440 - Colores de identificación de tuberías - 1984-04.

Oceano Uno - Diccionario Enciclopedico -1991.

Oelker Behn A. - Artículo técnico - Tratamiento de agua para calderas - sf..

Owens Corning - Aislamiento para tuberías – 2008.

Sopena - Enciclopedia Universal - sf.

Soto T. & Valladares R. - "Diseño de un caldero de baja potencia en la fábrica de ropa LOUREN".

Spirax -Sarco - Nuevo Curso Simplificado del Vapor - sf.

Spirax-Sarco - Dimensionado de líneas de retorno de condensado - 1999.

Spirax-Sarco - Guía de referencia técnica Distribución del Vapor – 1999.

Spirax-Sarco - Purga de vapor y eliminación de aire – 1999.

Thomasset C. - Pequeño Manual del Foguista - 2011 - 10^oma edición.

Vargas A. - Calderas Industriales y Marinas - 1984 - Editorial Series VZ.

Yunus A. Çenguel - Termodinámica - 2011 - 7^oma edición - Mc Graw Hill.

Yunus A. Çenguel - Transferencia de Calor y Masa - 2007 - 3^o era edición - Mc Graw Hill.

ANEXO 1. Especificación de tubería A53 Catálogo de Acero DIPAC.




TSC

TUBERIA PARA VAPOR

TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS

CEDULA 40

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A 53 GR B para conducción de fluidos
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6,00 m.
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



Resistencia Mecánica

Resistencia a la tracción	60000 psi (42,2 Kg F/mm2)
Límite de elasticidad	35000 psi (24,6 Kg F/mm2)
Alargamiento	0,5%

DIAMETRO NOMINAL	EXTERIOR		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO
			e	pulg	kg/cm2	lb/pulg2	kg/mt
	mm	pulg	mm				
1/4"	13.70	0.54	2.24	0.08	49	700	0.63
3/8"	17.10	0.37	2.81	0.09	49	700	0.85
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.86	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	155	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1950	21.78
6"	168.30	6.62	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65

Composición Química	Máximo porcentaje
Carbon	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azúfre	0.06

www.dipacmeta.com
PH: (02) 2293750 / Quito - Ecuador
29

**ANEXO 2. Encuesta aplicada al personal Administrativo y General
del Hospital León Becerra de Guayaquil**

Objetivo: Conocer criterio del personal administrativo y de mantenimiento, sobre el sistema de generación de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil.

1) ¿Tiene usted conocimiento si en el Hospital León Becerra de Guayaquil, existen áreas que demanden vapor en sus procesos?

SI

NO

2) ¿Cuántas áreas en el Hospital León Becerra de Guayaquil demandan vapor?

De 1 a 2

De 2 a 3

Más de 3

3) ¿Piensa usted que es necesario que el Hospital León Becerra de Guayaquil, cuente con un sistema de generación y distribución de vapor?

SI

NO

4) ¿Conoce usted sobre algún estudio técnico realizado para la selección del equipo, distribución y el dimensionamiento de las tuberías para vapor?

SI

NO

5) ¿Considera usted que el Hospital León Becerra de Guayaquil, cuenta con un personal capacitado para realizar el estudio técnico que determine la selección del equipo, la distribución y el dimensionamiento de las tuberías para vapor?

SI

NO

6) ¿Cuál de los siguientes sistemas cree que es ideal y económico para la Generación de vapor en el Hospital León Becerra de Guayaquil?

Caldera Eléctrica

Caldera de Combustión

ANEXO 3. Tabla de vapor y Volumen específico

Tabla de Vapor		
Presión manométrica <i>lb/pulg²</i>	Temperatura °F	Volumen específico <i>pies³/lb</i>
15	250.,34	13,744
20	259,29	11,896
30	274,45	9,399
40	287,09	7,7851
50	297,99	6,6535
60	307,62	5,8145
70	316,27	5,167
80	324,14	4,6515
90	331,38	4,231
100	338,09	3,8813
110	344.35	3,5858
120	350,23	3,3325
130	355,78	3,1131
140	361,02	2,9211
150	366,03	2,7515

Fuente: Tesis de Grado "Pre diseño de las instalaciones de vapor y selección de la caldera tipo pirotubular del Hospital Un Canto a la Vida." - Criollo C. & Pazmiño B. 2006.
Elaborado por: El Autor.

ANEXO 4. Filtro Spirax-Sarco para el sistema de vapor.



spirax/sarco

TI-P160-05
ST Issue 8

Filtros de acero inoxidable austenítico Fig 3616 - Material DIN

Descripción

El Fig 3616 es un filtro tipo Y con bridas en acero inoxidable austenítico con materiales DIN.
Tamiz estándar de acero inoxidable para tamaños DN 15 a 80 con perforaciones de 0,8 mm, para tamaños DN 100 a 200 con perforaciones de 1,6 mm. Bajo pedido se pueden suministrar otras perforaciones y mallas así como material del tamiz en Monel. Asimismo se puede suministrar la tapa con tapón de purga o válvula.

Tamaños y conexiones

DN 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150 y 200
Bridas estándar BS 4604 (DIN) PN16.

Extras opcionales

Tamices

	Perforaciones	Mesh
En acero inoxidable	1,6 mm (DN15 a DN80)	
	3,0 mm (DN15 a DN200)	40, 100, 200
Monel	0,8 mm (DN15 a DN80)	
	1,6 mm (DN100 a DN200)	3,0 mm (DN15 a DN200)
		Mesh 100

Conexiones para tapón o válvula de purga

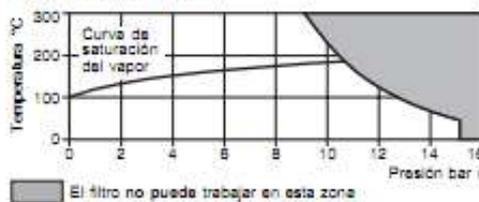
La tapa puede ser taladrada a los siguientes tamaños para poder montar un tapón o válvula de purga.

Tamaño	Válvula de purga	Tapón de purga	Tomas de presión
DN15 a DN20	1/4"	1/4"	1/4"
DN25 a DN32	1/2"	1/2"	1/4"
DN40 y DN50	3/4"	3/4"	1/4"
DN100 a DN200	1"	1"	1/4"

Limiting conditions

Condiciones de diseño del cuerpo	PN16
PMA - Presión máxima de diseño	16 bar r
TMA - Temperatura máxima de diseño	300°C
Temperatura mínima de trabajo	+10°C
Prueba hidráulica	24 bar r

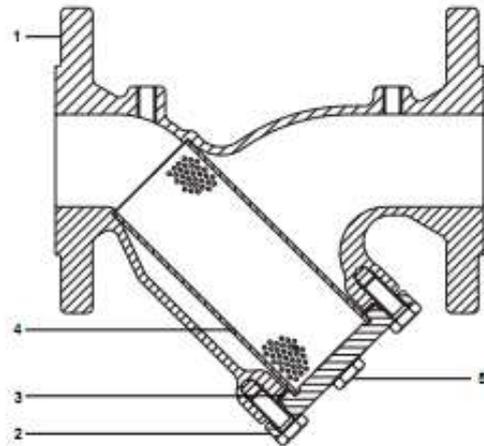
Rango de operación



Valores K_v

Tamaño	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
Perforaciones 0,8; 1,6 y 3 mm	5	8	13	22	29	46	72	103	155	237	340	588
Mesh 40 y 100	5	8	13	22	29	46	72	103	155	237	340	588
Mesh 200	4	6	10	17	23	37	58	83	124	186	268	484

Para conversión: C_v (UK) = K_v x 0,863 C_v (US) = K_v x 1,158



Materiales

No Parte Material

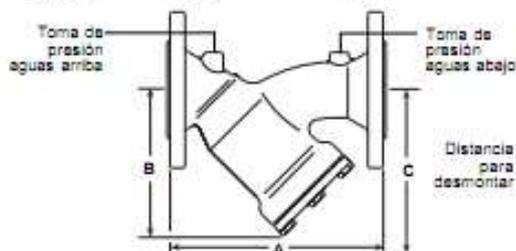
1 Cuerpo	Acero inox. austenítico EN10213 pt 4 1.4408
2 Tapa	Acero inox. austenítico EN10088 pt 3 1.4401
3 Junta tapa	Grafito laminado reforzado
4 Tamiz	Acero inox. austenítico ASTM A240 316L
5 Tornillos	Acero inox. austenítico A193 B7.2 A2-70

Certificados

Dispone de certificado estándar de material para cuerpo y tapa EN 10204 3.1 B si se solicita con el pedido.

Dimensiones / pesos (aproximados) en mm y kg (pulgadas y libras)

Tamaño	PN16			Area de filtrado cm ²	Peso
	A	B	C		
DN15	130	69	101	28	2,1
DN20	150	82	125	48	2,9
DN25	160	90	140	79	3,8
DN32	180	114	199	135	6,6
DN40	200	127	210	181	9,0
DN50	230	150	248	251	10,8
DN65	290	162	283	325	17,5
DN80	310	178	272	380	20,0
DN100	350	210	323	540	24,0
DN125	400	253	393	840	39,0
DN150	450	293	454	1 115	50,5
DN200	600	375	584	1 905	99,0



Seguridad, Instalación y Mantenimiento

Para información de seguridad, instalación y mantenimiento ver instrucciones que acompañan al equipo (IM-890-18).

Presión

Antes de efectuar cualquier mantenimiento en el filtro, considerar que hay o ha pasado por la tubería. Aislar (usando válvulas de aislamiento independientes) y dejar que la presión se normalice y dejar enfriar antes de abrir. Esto se puede conseguir fácilmente montando una válvula de despresurización Spirax Sarco tipo DV. No asumir que el sistema está despresurizado aunque el manómetro de presión indique cero.

Temperatura

Dejar que se normalice la temperatura después de aislar para evitar quemaduras y considerar si se requiere usar algún tipo de protección (por ejemplo gafas protectoras).

Nota: La junta cuerpo/tapa contiene un aro de acero inoxidable que puede dañarse si no se manipula correctamente.

Instalación

El filtro debe instalarse con la dirección del caudal indicada en el cuerpo, en una tubería horizontal o vertical. En una línea horizontal de vapor o gases, el filtro debe estar en plano horizontal. En sistemas de líquidos el filtro debe apuntar hacia abajo. Se ha de instalar válvulas de aislamiento adecuadas que permitan un mantenimiento/sustitución seguro. Retire todas las tapas protectoras antes de la instalación. Abrir lentamente las válvulas de aislamiento hasta que se consigan las condiciones de trabajo. Comprobar que no haya fugas.

Mantenimiento

El mantenimiento se puede realizar con el filtro en la línea, una vez observadas los procedimientos de seguridad. Se recomienda que se use una junta nueva cada vez que se realice un mantenimiento.

Eliminación

El filtro es totalmente reciclable. No es perjudicial con el medio ambiente si se elimina con las precauciones adecuadas.

Como pasar pedido

Ejemplo: 1 - Filtro Spirax Sarco Fig 3616 de DN40 con bridas PN16 con tamiz de perforación 0,8 mm en acero inoxidable austenítico.

Recambios

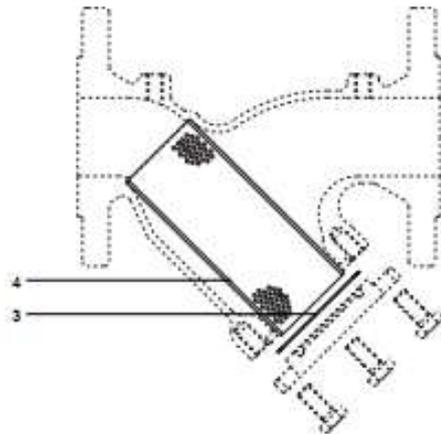
Las piezas de recambio disponibles están indicadas con línea de trazo continuo. Las piezas dibujadas con línea de trazos no se suministran como recambio.

Recambios disponibles

Tamiz	
(Indicar material y perforación o mesh y tamaño de filtro)	4
Junta tapa	DN15 a DN100 (3 unidades) 3
	DN125 a DN200 (1 unidad) 3

Como pasar pedido

Al pasar pedido debe usarse la nomenclatura señalada en el cuadro anterior indicando el tamaño y tipo de filtro.
Ejemplo: 1 Tamiz de acero inoxidable para filtro Spirax Sarco Fig 3616 PN16 de DN50 con perforación de 0,8 mm.



Pares de apriete recomendados

Item	Tamaño	Cant.	Ø	mm	N m
5	DN15 y 20	4	13 E/C	M8 x 20	15 - 20
	DN25	4	13 E/C	M8 x 20	15 - 20
	DN32 y 40	4	13 E/C	M8 x 20	15 - 20
	DN50	4	17 E/C	M10 x 25	22 - 25
	DN65	4	17 E/C	M10 x 30	22 - 25
	DN80	6	17 E/C	M10 x 30	22 - 25
	DN100	6	19 E/C	M12 x 35	50 - 60
	DN125	6	19 E/C	M12 x 40	50 - 60
	DN150	6	19 E/C	M12 x 40	50 - 60
	DN200	6	24 E/C	M18 x 50	100 - 110

ANEXO 5. Purgador termodinámico de disco controlado Spirax-Sarco

En beneficio del desarrollo y mejora del producto, nos reservamos el derecho de cambiar la especificación. © Copyright 2013

spirax sarco

TI-P068-18
ST Issue 4

Purgador termodinámico para vapor TD52M, TD52MLC, TD52MA y TD52MLCA

Descripción

El TD52M es un purgador termodinámico con mantenimiento de acero inoxidable específicamente diseñado para relativas pequeñas cargas de condensado tales como el drenaje de líneas de vapor. Hay disponible una versión para cargas de condensado muy pequeñas, designado LC (TD52MLC). Para aplicaciones donde está presente el aire se dispone de una versión con disco que incorpora eliminador de aire designado con la letra A (TD52MA y TD52MLCA).

Normativas

Este producto cumple totalmente con los requisitos de la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC.

Certificados

Dispone de certificado de material EN 10204 3.1.
Nota: Los certificados/requerimientos de inspección deben solicitarse con el pedido.

Tamaños y conexiones

Roscado BSP	TD52M y TD52MA	¾", ¾", 1", ¾" y 1"
o NPT	TD52MLC y TD52MLCA	¾"

Extras opcionales

Cubierta aislante - Para evitar que el purgador sea influido indebidamente por una pérdida excesiva de calor tal como la que tiene lugar cuando está sometido a temperaturas exteriores bajas, viento, lluvia, etc. No está disponible para tamaño de 1".

Condiciones límite

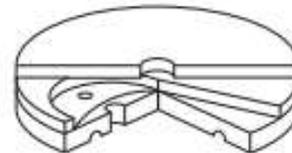
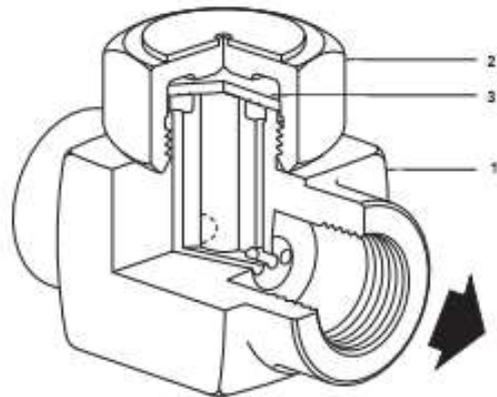


El purgador no puede trabajar en esta zona.

El purgador no puede trabajar en esta zona.

A - C TD52M y TD52MLC
B - C TD52MA y TD52MLCA

Condiciones máximas de diseño del cuerpo	PN63
PMA Presión máxima admisible	63 bar r a 120°C
TMA Temperatura máxima admisible	425°C a 42 bar r
Temperatura mínima admisible	0°C
PMO Presión máxima de trabajo para vapor saturado	42 bar r
TMO Temperatura máx. TD52M y MLC de trabajo	425°C a 42 bar r
TD52MA y MLCA	255°C a 42 bar r
Temperatura mínima de trabajo	0°C
PMOB La contrapresión no puede exceder el 80% de la presión aguas arriba	
Mínima presión diferencial para funcionamiento satisfactorio	TD52M y MLC: 0,25 bar TD52MA y MLCA: 0,8 bar
Prueba hidráulica:	96 bar r



Disco eliminador de aire

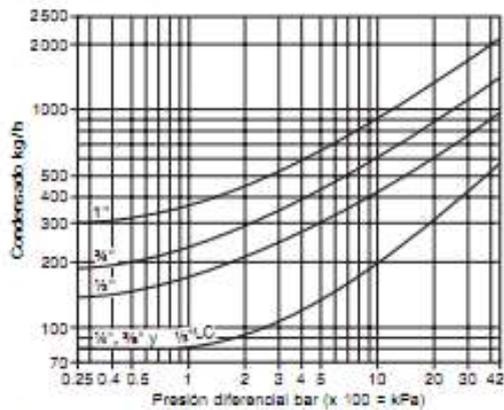
Materiales

No.	Parte	Material
1	Cuerpo	Acero inoxidable AISI 420 F
2	Tapa	Acero inoxidable AISI 416
3	Disco	Acero inoxidable BS 1449 420 S48
4	Cubierta aislante (opcional)	Aluminio BS 1470 S1C M

First for Steam Solutions

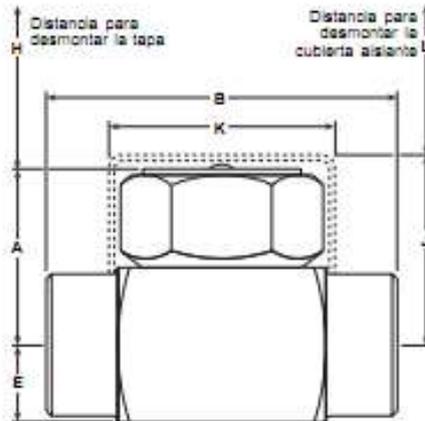
EXPERTISE | SOLUTIONS | SUSTAINABILITY

Capacidades



Dimensiones/peso (aproximados) en mm y kg

Tamaño	A	B	E	H	J	K	L	Peso
1/4"	37	64	13	41	63	57	38	0,46
3/8"	37	64	13	41	63	57	38	0,43
1/2" LC	38	66	15	41	66	57	38	0,47
3/4"	39	70	15	41	66	57	38	0,60
1"	43	80	20	41	66	57	38	0,90
1"	51	88	23	41	-	-	-	1,40



Seguridad, Instalación y Mantenimiento

Para información de seguridad, instalación y mantenimiento ver Instrucciones que acompañan al equipo (IM-P068-31).

Nota de instalación:

Preferiblemente en tubería horizontal, pero puede instalarse en cualquier posición.

Como pasar pedido

Ejemplo: 1 Purgador termodinámico Spirax Sarco TD52MLC de 1/2" conexiones roscadas BSP.

Nota: Cuando sea necesario se puede montar un disco con eliminador de aire pero debe especificarse al pasar pedido, por ejemplo: TD52MLCA.

Recambios disponibles

Las piezas de recambio disponibles se indican con líneas de trazo continuo. Las piezas dibujadas con líneas de trazo, no se suministran como recambio.

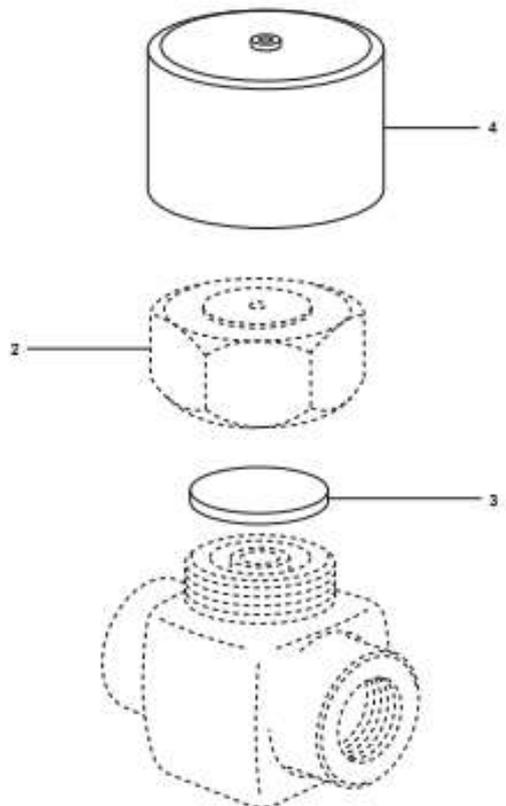
Recambios disponibles

Disco	(3 unidades)	3
Cubierta aislante	(No en tamaño 1")	4

Como pasar pedido

Al pasar pedido debe usarse la nomenclatura señalada en el cuadro anterior indicando el tamaño y tipo de purgador.

Ejemplo: 1 - Juego de 3 discos para purgador Spirax Sarco TD 52MLC de 1/2"



Pares de apriete recomendados

Item	Parte	Ø	N m
		m m	
2	1/4"	38 E/C	180 - 200
	3/8"	38 E/C	180 - 200
	1/2"	38 E/C	180 - 200
	3/4"	41 E/C	180 - 200
	1"	58 E/C	250 - 275

Anexo 6. Válvula reductora de presión Spirax-Sarco.

Página 1 de 3



spirax sarco

TI-P045-14
CH Issue 5

Válvulas reductoras de presión en fundición nodular BRV2S y BRV2B

Descripción

Las BRV2S y BRV2B son válvulas reductoras de presión adecuada para vapor o gases sales como el aire comprimido. Esta gama de válvulas tiene el cuerpo de fundición nodular y están disponibles con conexiones roscadas o con bridas.

Tipos disponibles

BRV2B	con fuella de acero inoxidable
BRV2B	con fuella de bronce fosforoso
BRV2BP	fuella de acero inoxidable con toma de presión
BRV2BP	fuella de bronce fosforoso externa

Las válvulas reductoras de presión BRV2 se suministran con uno de los siguientes resortes modificados por color, que se identifican por el disco (18) en el volante de ajuste. Nota: Where control spring ranges overlap always use the lower range to give better control:

Gris	para control presión aguas abajo: 0,14 a 1,7 bar r
Verde	para control presión aguas abajo: 1,40 a 4,0 bar r
Naranja	para control presión aguas abajo: 3,50 a 8,6 bar r

Nota: Donde los rangos de presión se superponen, usar el menor para un mejor control.

Normativas

Este producto cumple totalmente con los requisitos de la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC.

Certificados

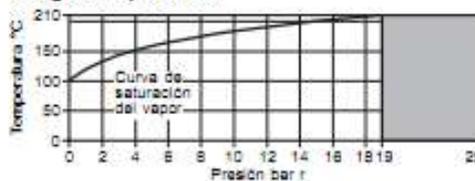
Dispone de Informe típico de pruebas del fabricante.

Nota: Los certificados/requerimientos de inspección deben solicitarse con el pedido.

Tamaños y conexiones

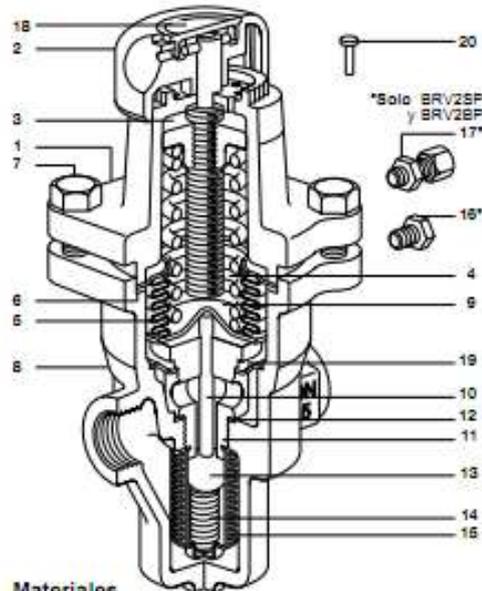
½", ¾" y 1" Roscadas BSP (BS 21 Rp) o NPT.
DN15, DN20 y DN25 Bidas EN 1092 PN25.

Rango de operación



La válvula no puede trabajar en esta zona.

Condiciones de diseño del cuerpo	PN25
Presión máxima de diseño a 120°C	25 bar r a 120°C
Temperatura máxima de diseño	210°C a 19 bar r
Temperatura ambiente mínima	-10°C
Presión máxima de trabajo para vapor saturado	19 bar r a 210°C
Temperatura máxima de trabajo	210°C a 19 bar r
Temperatura mínima de trabajo	0°C
Nota: Para temperaturas inferiores consulte con Spirax Sarco.	
Presión reducida máxima	8,6 bar r
Máxima presión diferencial	19 bar
Rango de reducción máximo recomendado	10:1 a máximo caudal
Prueba hidráulica	35 bar r
Nota: Con las partes internas montadas no se puede superar 19 bar r	



Materiales

No. Parte	Material	
1 Alojamiento resorte	Aluminio - Recubrimiento Epoxy	LM24
2 Volante de ajuste	Polipropileno	
3 Tuercas ajuste resorte	Hierro fundido	DIN 1691 GG 20
4 Resorte ajuste presión	Acero cromo silicio	BS 2803 S95 A65 Rango 2
5 Conjunto fuella	Acero inoxidable	316Ti/316L
	Bronce fosforoso/Latón	BS 2872 Cz 122
6 Junta conjunto fuella	Acero inoxidable con grafito laminado	
7 Tornillos (M8 x 25 mm)	Acero cincado	BS 3892 Gr 8 8
8 Cuerpo	Fund.nodular	DIN 1693 GGG 40.3
9 Arandela cónica	Acero inoxidable	ASTM A276 316L
10 Empujador	Acero inoxidable	ASTM A276 316L
11 Empujador	Acero inoxidable	BS 970 431 S29
12 Junta asiento válvula	Acero inoxidable	BS 1449 316 S11
13 Obturador	Acero inoxidable	AISI 420
14 Resorte retorno	Acero inoxidable	BS 20066 316 S42
15 Tamiz	Acero inoxidable	BS 1449 316 SH
16 Tapón	Acero inoxidable	BS 970 431 S29
17 Record compresión	Latón	
18 Disco identificación resorte	Polipropileno	
19 Placa separación	Acero inoxidable	316L
20 Pasador	Acero dulce niquelado	

Nota: Posiciones 10, 11, 13, 14, 15 y 19 forman un conjunto.

En beneficio del desarrollo y mejora del producto, nos reservamos el derecho de cambiar la especificación.

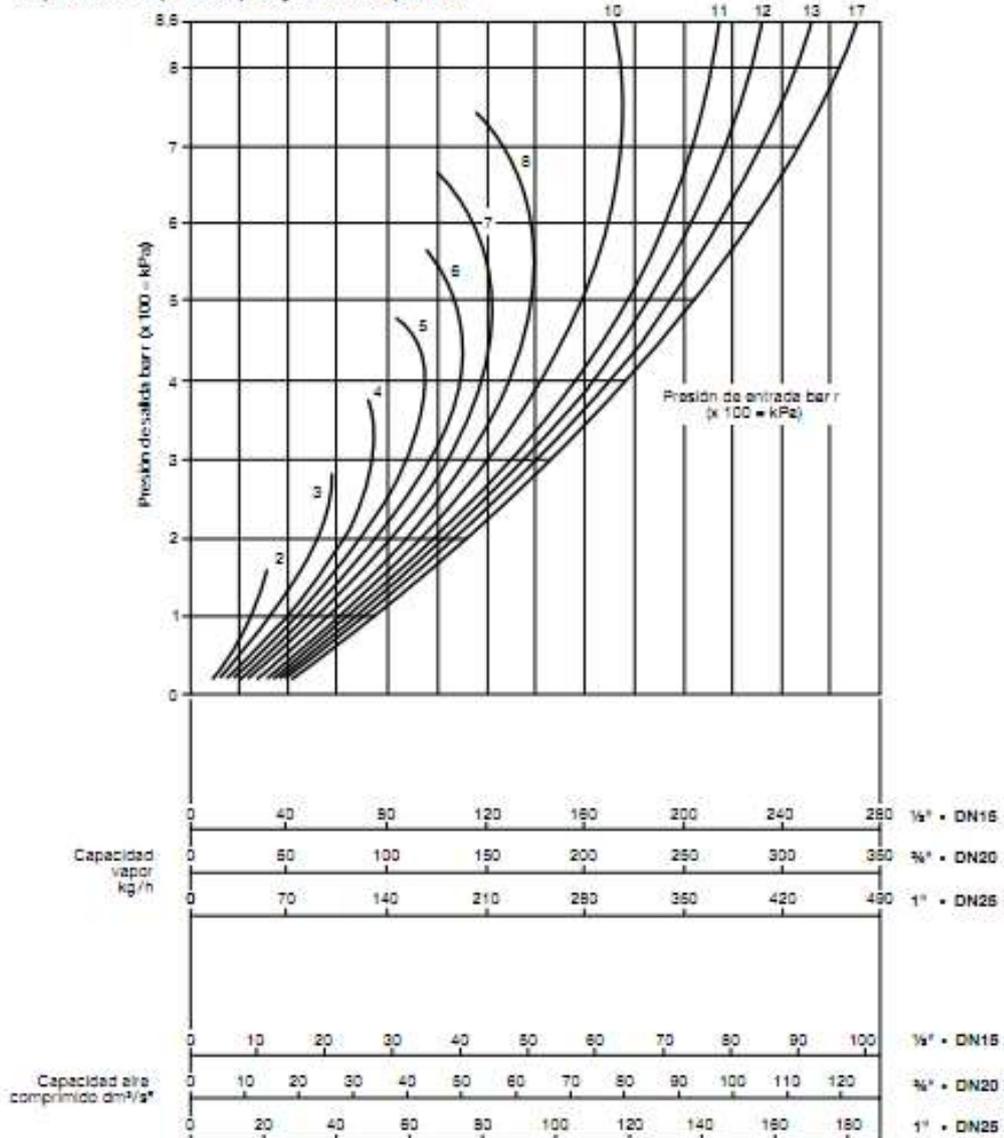
© Copyright 2008

Capacidades para el dimensionado de la válvula de seguridad

Capacidad máxima para el dimensionado de la válvula de seguridad:	Tamaño	DN15	DN20	DN25
	K_{vs}	1,5	2,5	3,0

Para convertir: C_v (UK) = $K_v \times 0,983$ C_v (US) = $K_v \times 1,156$

Capacidades para vapor y aire comprimido



* dm³/s = l/s, 1 l/s ≈ 2 c.c.m.

Como usar el gráfico-

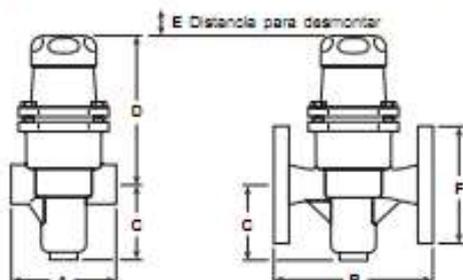
Las curvas marcadas 2, 3, 4, 5, etc., representan las presiones de entrada. Las presiones de salida están indicadas en la línea vertical del lado izquierdo del gráfico.

Explicamos la utilización del gráfico con un ejemplo:

Se precisa una válvula reductora capaz para un caudal de 120 kg/h de vapor reduciendo de 8 a 6 bar. Desde el punto de cruce de la curva de alta presión de 8 bar con la línea horizontal de baja presión de 6 bar, bajar perpendicularmente hasta cortar la línea de capacidad. La válvula adecuada sería la BRV2 de 1/2".

Dimensiones / peso (aproximado) en mm y kg

Tamaño	A	B	C	D	E	F	Peso RoscaBridas
DN15 - 1/2"	83	160	60	130	25	87	1,60 3,90
DN20 - 3/4"	96	160	60	130	25	107	1,70 4,25
DN25 - 1"	108	160	60	130	25	117	1,95 4,65



Seguridad, instalación y mantenimiento

Ver instrucciones de Instalación y Mantenimiento (IM-P045-10) que acompañan al producto.

Nota de instalación:

La válvula debe instalarse en una tubería horizontal con la dirección del flujo indicada por la flecha del cuerpo.

BRV25P y BRV25B: Cuando se utilice el tubo de toma de presión exterior, sacar el tapón (16) y montar el racord 1/2" / 6mm C/D (17- suministrado). El otro extremo del tubo sensor de 6mm debe conectarse a la tubería aguas abajo al menos a 1 m de la válvula.

Como pasar pedido

Ejemplo: 1 Válvula reductora de presión Spirax Sarco BRV25 de DN15 con cuerpo en fundición nodular y fuelle de acero inoxidable. Con resorte naranja para un rango de presión aguas abajo de 3,5 a 6,6 bar r.

Paros de apriete recomendados

Item No.	Parte	o mm	N m
7	Tornillos	MB x 25	18 - 24
11	Asiento	32 E/C	108 - 132

Recambios

Las piezas de recambio disponibles están indicadas con línea de trazo continuo. Las piezas dibujadas con línea de trazos, no se suministran como recambio.

Recambios disponibles

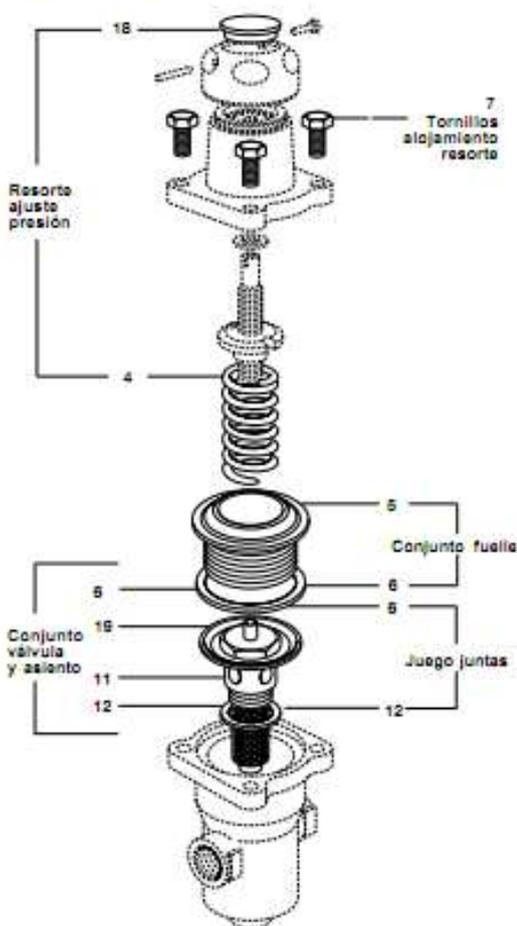
* Resorte de ajuste de presión	Gris	0,14 a 1,7 bar r	4, 18
	Verde	1,40 a 4,0 bar r	4, 18
	Naranja	3,60 a 6,6 bar r	4, 18
* Conjunto fuelle, especificar tipo	Acero inoxidable o Bronce fosforoso		6, 6
* Tornillos alojamiento resorte (juego de 4)			7
* Conjunto válvula y asiento			6, 11, 12, 19
* Juego de juntas			6, 12

* Común a todos los tamaños

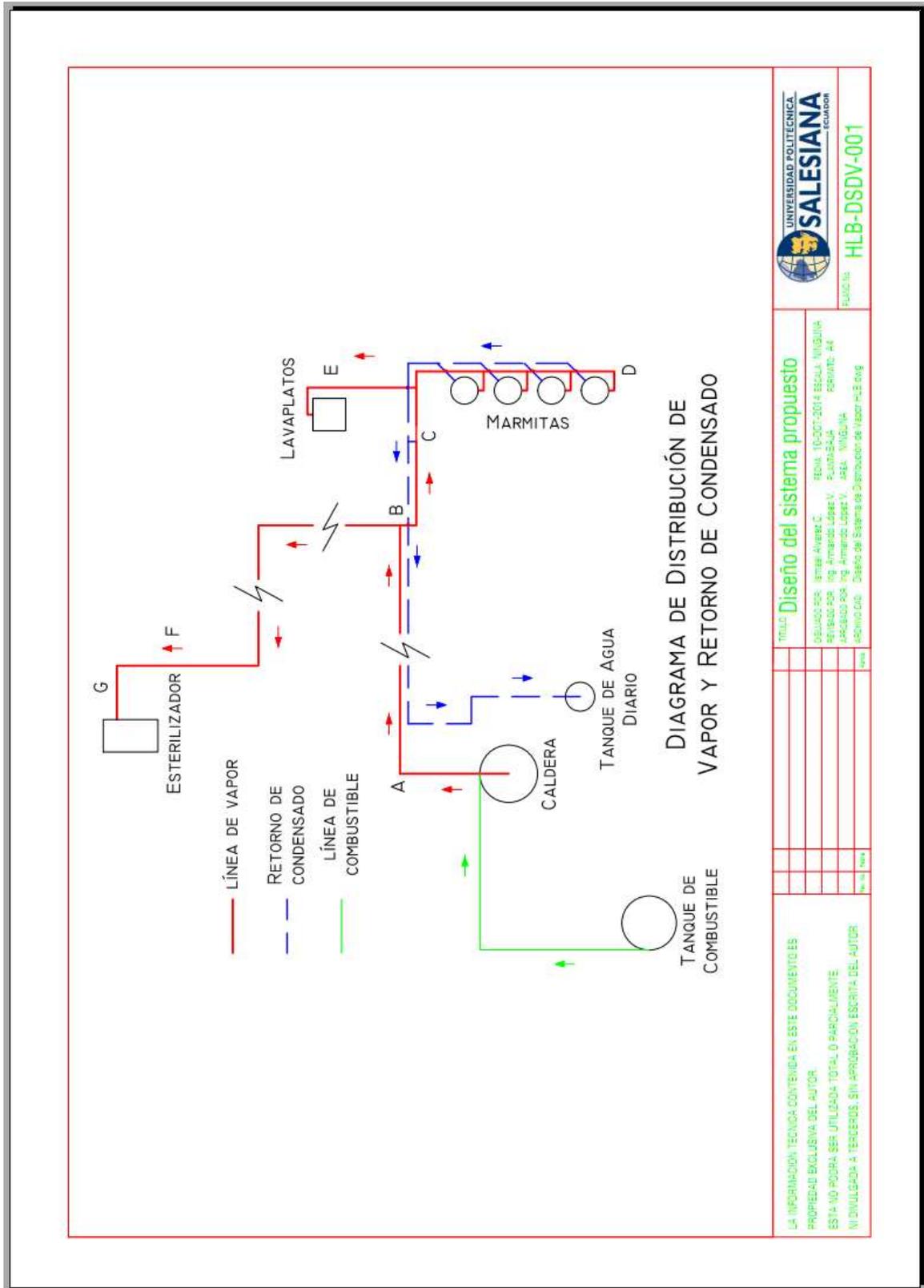
Como pasar pedido

Al pasar pedido debe usarse la nomenclatura señalada en el cuadro anterior, indicando el tamaño, tipo de válvula y rango de presión.

Ejemplo: 1 - Resorte de ajuste naranja para un rango de presión aguas abajo de 3,5 a 6,6 bar para válvula reductora de presión Spirax Sarco BRV25 de DN15.



Anexo 7. Diagrama de distribución de vapor y retorno de condensado propuesto.

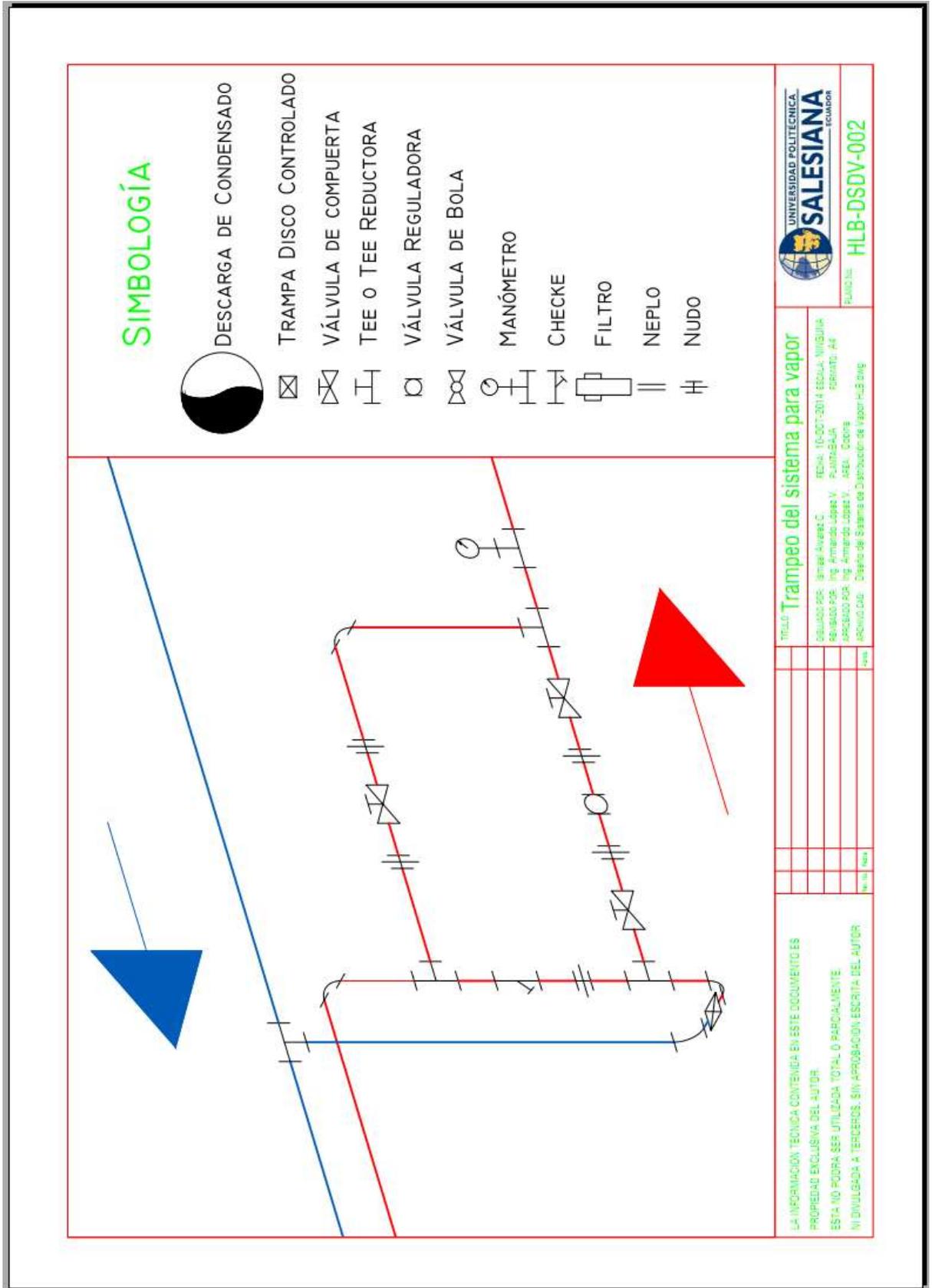


TÍTULO: **Diseño del sistema propuesto**
 DESARROLLADO POR: **Amara Alvarez C.** FECHA: **10-OCT-2014** ESCUELA: **INGENIERÍA ELÉCTRICA**
 ASIGNATURA: **Instalación de Máquinas y Motores Eléctricos** PROFESOR: **Dr. Fernando López V.**
 ASISTENTE: **Dr. Fernando López V.** ASISTENTE: **Dr. Fernando López V.**
 CALIFICACIÓN: **Calificado** CALIFICACIÓN: **Calificado** CALIFICACIÓN: **Calificado**
 INSTITUCIÓN: **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** INSTITUCIÓN: **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**
 DIRECCIÓN: **Caracas, Venezuela** DIRECCIÓN: **Caracas, Venezuela** DIRECCIÓN: **Caracas, Venezuela**

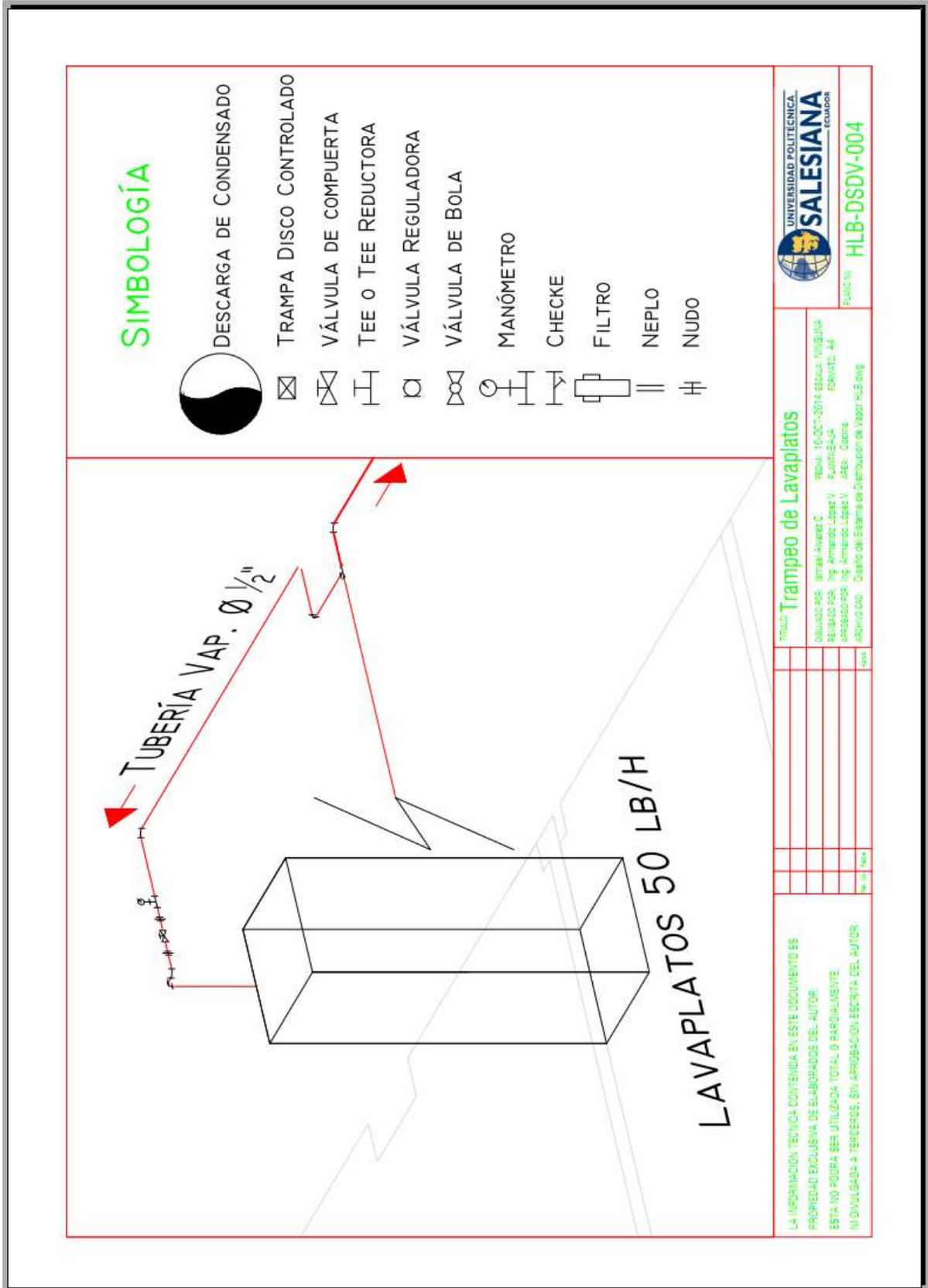
LA INFORMACIÓN TÉCNICA CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DEL AUTOR. ESTA NO DEBE SER UTILIZADA TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO ESCRITO DEL AUTOR.

PLANO: **HLB-DSDV-001**

Anexo 8. Trampeo del sistema para vapor



Anexo 10. Trampeo de lavaplatos



Anexo 11. Trampeo de esterilizador

