



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

Evaluación del sistema de generación de vapor del Hospital Escuela San Juan De Dios Estelí, para la presentación de propuestas de alternativas de mejoras del sistema, durante el periodo II semestre 2020

Trabajo monográfico para optar

al grado de

Ingeniero Industrial

Autores

Fabiola de los Ángeles Baltodano Salgado

Hilder Ulises Sevilla Cruz

Lito Junior Aguirre Vásquez

Tutor

MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta

Estelí, 11 febrero 2021



DEDICATORIA

Dios

A él, quien nos brindó la sabiduría, fuerza de voluntad e inspiración para llegar hasta aquí, logrando uno de nuestros propósitos más deseados.

Mis padres

Por el amor, por el apoyo incondicional, consejos para seguir, no claudicar y lograr nuestras metas. Y sobre todo la confianza que depositaron en cada uno de nosotros.

Familiares

Maestros

Amigos

A cada una de las personas que colaboraron en todo el proceso de nuestra preparación profesional y de alguna manera aportaron su grano de arena para culminar esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Que nos ha acompañado a lo largo de nuestras vidas y ha estado presente en buenos y malos momentos.

A nuestros padres

Por el apoyo incondicional tanto moral como económico y por el sacrificio de tantos años que nos sirvió de pilar para llevar a cabo nuestros estudios.

Al tutor

A quien se le agradece el tiempo proporcionado, consejos y paciencia durante la realización de esta tesis.

A UNAN-MANAGUA, FAREM-ESTELÍ

Por abrir sus puertas y permitirnos formar parte de esta prestigiosa facultad, brindando una excelente formación académica profesional, convirtiéndose de esta manera en nuestro segundo hogar.

Al Departamento de mantenimiento y Colaboradores del Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí.

Por permitirnos realizar este trabajo de graduación, acogernos en sus instalaciones y aportar conocimientos prácticos para nuestro desarrollo como futuros ingenieros.

Familiares

Maestros

Amigos

Por transmitir buenas vibras y conocimientos,
así como, todos los aportes positivos brindados
de todos aquellos que convivieron con nosotros
durante todo este camino.

CARTA AVAL DEL TUTOR

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el segundo semestre del 2020, con el propósito de evaluar el estado actual del sistema de generación y distribución de vapor en el Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, a su vez lograr la optimización de los recursos del mismo.

Se aplicó un enfoque cuali-cuantitativo en el que participaron 17 personas como muestra, las cuales laboran en las áreas que son abastecidas por el sistema, a quienes se les aplicó los métodos de recolección de datos establecidos como; entrevista y encuesta semiestructurada, guía de observación, entrevista libre y observación directa.

A lo largo de la investigación se abordaron aspectos importantes sobre el funcionamiento básico del sistema, finalmente se abarcan los resultados basados en los objetivos planteados. El primer resultado se enfoca en el diagnóstico del sistema, identificando principalmente las operaciones que se llevan a cabo para la generación y distribución de vapor, en conjunto con el análisis de los datos obtenidos por medio de los métodos de recolección de datos.

En segunda instancia la capacidad instalada del sistema, se divide en varios aspectos, como la demanda de vapor, los tramos de tuberías, así como las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos que lo componen y que se abastecen del mismo.

Posteriormente se muestra a través del aplicativo informático AutoCAD, el plano de distribución de vapor, el cual refleja las líneas de vapor y retorno de condensado, así como algunos componentes, el cual ayuda a conocer sus esperas y derivaciones para futuras ampliaciones. Los resultados de nuestros objetivos evidencian que existe una problemática en el sistema de generación de vapor. Por lo tanto, se concluye que la ejecución de una evaluación tiene un impacto positivo para el sistema, estableciendo propuestas de alternativas de mejoras para el mismo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Descripción del problema	2
1.2.2 Formulación del problema.	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General.	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II.....	6
2.1 ANTECEDENTES	6
2.2 MARCO TEÓRICO.....	8
2.2.1 Calor.....	13
2.2.1 El agua	14
2.2.2 Vapor de agua	18
2.2.3 ¿Cómo leer una tabla de vapor?.....	20
2.2.4 Definición de generador de vapor.....	22
2.2.5 Tipos de generadores de vapor	23
2.2.6 Partes principales de las calderas pirotubulares.....	27
2.2.7 Combustión en la generación de vapor.....	28
2.2.8 Mantenimiento de calderas	29
2.2.9 Componentes principales del generador	32
2.2.10 Dispositivos de seguridad del generador	34
2.2.11 Sistema de alimentación de agua	37
2.2.12 Equipos que utilizan vapor.....	37
2.2.13 Tuberías y dimensionamiento	39
2.2.14 Códigos y normas para tuberías.....	43
2.2.15 Dilatación y soporte de tuberías.....	45
2.2.16 Transferencia de calor en tuberías	45
2.2.17 Aislamiento térmico en tuberías	46
2.2.18 Tipos de válvulas utilizadas en los sistemas de vapor	47
2.2.19 Recuperación de condensados y purgas.....	52
2.3 HIPÓTESIS.....	53

CAPITULO III.....	55
3 DISEÑO METODOLÓGICO.....	55
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	55
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
3.3 UNIVERSO DE ESTUDIO	57
3.4 MUESTRA	57
3.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.6 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
CAPITULO IV.....	63
4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
4.1 Diagnóstico del funcionamiento del sistema de generación de vapor.	63
4.2 Determinación del dimensionado de la capacidad instalada del sistema de generación y distribución de vapor.....	90
4.3 Trazado mediante aplicativo informático el sistema completo de generación, distribución y retorno de vapor.	110
4.4 Propuestas de alternativas de mejoras para el funcionamiento óptimo del sistema de generación de vapor.	119
CAPITULO V.....	132
5.1 CONCLUSIONES	132
5.2 RECOMENDACIONES.....	134
5.3 BIBLIOGRAFÍA	135
5.4 ANEXOS	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Gráfico de la curva de la bañera	8
Ilustración 2 Instalación de Caldera VULCANO-SADECA modelo DDH-20.....	12
Ilustración 3 Instalación de la Caldera SINCAL tipo HD160	12
Ilustración 4 Vapor de agua	19
Ilustración 5 Ejemplo de tabla de vapor saturado	21
Ilustración 6 Un circuito de vapor típico.	23
Ilustración 7 Caldera Pirotubular SINCAL.....	24
Ilustración 8 Caldera acuotubular	25
Ilustración 9 Partes principales de una caldera	27
Ilustración 10 Partes principales de una caldera	27
Ilustración 11 Combustión en generación de vapor.....	28
Ilustración 12 Mantenimiento de calderas	30
Ilustración 13 Mantenimiento de calderas	31
Ilustración 14 Quemador.....	32
Ilustración 15 Ventilador o compresor	32
Ilustración 16 Tanque de condensado.....	33
Ilustración 17 Tanque de condensado.....	33
Ilustración 18 Dispositivos de seguridad	34
Ilustración 19 Indicador de nivel de combustible de caldera.....	35
Ilustración 20 Indicador de nivel de agua del generador de vapor	35
Ilustración 21 Manómetro.....	36
Ilustración 22 Lavadora industrial	38
Ilustración 23 Secadora Industrial	38
Ilustración 24 Marmita.....	39
Ilustración 25 Autoclave	39
Ilustración 26 Reductores concéntricos excéntricos	39
Ilustración 27 Dimensionado de tuberías de vapor (método de la caída de presión).	41
Ilustración 28 Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas	43
Ilustración 29 Coeficiente de dilatación	45
Ilustración 30 Emisiones de calor en tuberías.....	45
Ilustración 31 Válvula de compuerta	48
Ilustración 32 Válvula de bola	49
Ilustración 33 Válvula de globo.....	49
Ilustración 34 Válvula de mariposa	50
Ilustración 35 Válvula de seguridad	51
Ilustración 36 Válvula check	52
Ilustración 37 Ubicación del área de estudio	55
Ilustración 38 Generador pirotubular CleaverBrooks.....	88
Ilustración 39 Caldera pirotubular Sincal	89
Ilustración 40 Caldera Sincal HD 160 instalada en el HESJDE.....	94
Ilustración 41 Caldera Cleaverbrooks CB 600 instalada en el HESJDE.....	95
Ilustración 42 Tanque principal 2500 Galones	98
Ilustración 43 Tanque de servicio diario 311 galones	98
Ilustración 44 Especificaciones técnicas tanque de condensado instalado en HESJDE.....	101

Ilustración 45 Tanque de condensado instalado en HESJDE	101
Ilustración 46 Bomba de alimentación de agua	102
Ilustración 47 Ablandadores de agua Voens	104
Ilustración 48 Manifold de vapor	106
Ilustración 49 Ramal de vapor HESJDE	107
Ilustración 50 Tuberías sistema de distribución de vapor HESJDE	109
Ilustración 51 Simbología utilizada en el plano de distribución de vapor	114
Ilustración 52 Salida de sala de máquinas a ramal de distribución	115
Ilustración 53 Ramal de distribución de vapor HESJDE	115
Ilustración 54 Distribución de vapor ramal- Lavandería	116
Ilustración 55 Distribución de vapor Ramal- Lavandería y Cocina	117
Ilustración 56 Distribución de vapor Ramal- Central de equipos	118
Ilustración 57 Tubería sin aislar	123
Ilustración 58 Tubería sin aislar	123
Ilustración 59 Fuga existente en línea de vapor	126
Ilustración 60 Cuarto de válvulas	127
Ilustración 61 Marmitas área de cocina HESJDE	129

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí (HESJDE) fue construido en el año 1997, con fines de brindar servicio gratuito y de calidad a la población en su mayoría del norte del país. Dicha institución cuenta con un sistema de generación de vapor, el cual está conformado por dos calderas pirotubulares que son el núcleo de este sistema, cabe destacar que la producción de vapor es de vital importancia para el hospital, ya que de este depende la esterilización de diversos instrumentos quirúrgicos y áreas de lavandería, mejorando las condiciones de seguridad e inocuidad en la atención de los pacientes.

El sistema de distribución de vapor es 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. Esta, debe proporcionar vapor de buena calidad en las condiciones de caudal y presión requerida y debe realizarlo con las mínimas pérdidas de calor.

Como objetivo principal se evaluó el sistema de generación de vapor debido a la falta de estudios realizados desde su instalación, por lo tanto, se desconoce el estado actual de la maquinaria, sus líneas de distribución de vapor, así como de retorno de condensados, lo que dificulta definir la capacidad de operación del sistema y de los subsistemas instalados.

Esta evaluación se realizó con el propósito de presentar alternativas de mejora para alcanzar el máximo aprovechamiento de los recursos, guiando de esta manera al óptimo funcionamiento del sistema de generación de vapor instalado en el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, en función de aportar a la calidad de servicio.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema

Este estudio se basará en la evaluación del sistema de generación de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios, Estelí, con el objetivo de proponer un plan de alternativas para las mejoras del funcionamiento de este.

Desde la instalación y puesto en funcionamiento en el año 1997, el sistema de generación de vapor instalado en Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, no se conocen a la fecha estudios relacionados directamente con el análisis de funcionamiento del sistema en su conjunto, de manera que se desconoce si dicho sistema opera bajo los regímenes pre establecidos en el diseño original.

Según lo anteriormente descrito se desconoce el estado de operación actual, lo cual dificulta definir la capacidad de operación del sistema y subsistemas instalados (generadores de vapor, manifold de distribución de vapor, red de suministro y retorno, sistema de trampeo, válvulas y aislamiento, entre otros).

Existen múltiples causas de este problema esto se debe a que las prestaciones de servicio en el horizonte del tiempo desde su instalación a la fecha han sufrido deterioro y las condiciones de trabajo no deben ser en la actualidad las óptimas debido al régimen de explotación al que han sido sometidas.

El estudio en cuestión nace de la necesidad de realizar una evaluación para precisar el estado actual, verificando si el diseño se ajusta aun a las condiciones de servicio actuales o si deberían realizar los cambios que en este estudio se describen.

1.2.2 Formulación del problema.

A partir de la descripción del problema se define una ruta crítica de preguntas-problemas que van a guiar el desarrollo de esta investigación

- **Pregunta general**

1. ¿Qué parámetros se deben tener en cuenta del sistema de generador de vapor instalado en el hospital escuela San Juan De Dios Estelí, para la elaboración de un plan de alternativas de mejora?

- **Preguntas específicas**

1. ¿Cuál es el proceso de generación de vapor del hospital escuela San Juan de Dios Estelí?
2. ¿Qué indicadores deben determinarse para evaluar un sistema generador de vapor?
3. ¿Cómo se ven afectado los pacientes por el no óptimo funcionamiento del generador de vapor?
4. ¿Por qué es necesario proponer un plan de alternativas de mejora en el sistema generador de vapor del hospital escuela San Juan de Dios Estelí?
5. ¿Cuáles son los beneficios que tendría la propuesta de un plan de alternativas de mejora en el sistema generador de vapor del hospital escuela San Juan de Dios de Estelí?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las calderas pirotubulares, tienen un sin número de usos industriales y semi- industriales, así como la operación en hospitales, industrias textiles, alimenticias, hoteles, etc. El servicio del sistema de generación de vapor en el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, permite brindar múltiples beneficios que aportan a la calidad de los servicios de atención a los pacientes, por medio de sus áreas de apoyo que tales como: Lavandería, Cocina y Central de Equipos de Esterilización.

Es por ello que este sistema requiere de una evaluación que ayude a los técnicos a conocer el estado actual de este, con el propósito de verificar si opera bajo los regímenes establecidos de su diseño original. La implementación de nuestra investigación permitirá obtener resultados que serán aprovechados para proponer un plan de alternativas de mejora y a su vez beneficiar principalmente a los pacientes quienes obtienen un mejor servicio, a los responsables encargados de la organización de centros de servicio a la salud pública y los colaboradores del área de mantenimiento a quienes les facilitará su labor y por ende un mejor uso eficiente del sistema, objeto de este estudio.

Evaluar el funcionamiento de este sistema que genera beneficio al sector salud, es una forma de contribuir al plan nacional de desarrollo humano, debido a que es un soporte para la mejora continua de procesos y calidad de servicios en el sector público. Teniendo un impacto positivo en todas las personas que asisten al centro hospitalario.

La evaluación del sistema de generación de vapor del hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, está integrada en las líneas de investigación de la UNAN Managua, FAREM Estelí, en el área de ingeniería de métodos, tiempos y logística, debido a que se evalúa el funcionamiento de un equipo industrial para la propuesta de alternativas de mejoras.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

- Evaluar los parámetros de operación del sistema de generación de vapor instalado en el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, para el establecimiento de alternativas de mejoras de funcionamiento.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar el funcionamiento del sistema de generación de vapor.
- Determinar el dimensionado de la capacidad instalada del sistema de generación y distribución de vapor.
- Trazar mediante aplicativo informático el sistema de generación, distribución y retorno de vapor.
- Proponer alternativas de mejoras para el funcionamiento óptimo del sistema de generación de vapor.

CAPITULO II

2.1 ANTECEDENTES

En relación a una evaluación de sistema de generación de vapor en el Hospital Escuela San Juan De Dios Estelí, no se encuentran estudios realizados a nivel nacional.

A nivel de investigación internacional se encuentran los siguientes estudios:

El estudio realizado por Francisco Javier Jiménez Magaña en el año 2017, en el que se realiza una propuesta de mejora para el proceso de generación de vapor de la empresa Gelymar S.A empresa chilena dedicada a la producción de soluciones texturales a base de algas como la carragenina o espirula, entre otras, utiliza vapor como un insumo en sus líneas de producción, de forma intensiva.

En su documento presenta la elaboración de propuestas de mejora, por medio de un levantamiento y recopilación de datos e información relevante para caracterizar el funcionamiento actual de la planta de calderas, detectando problemas como sobreconsumo de combustible, no reutilización de purgas ni de gases de combustión entre otros. Producto de lo anterior es que se determinó que la media de producción diaria de vapor fue del orden de 171 toneladas diarias para el año 2015, consumiendo diariamente alrededor de 220 metros cúbicos de chips lo que resulta en una ratio de consumo de 1,294 metros cúbicos de chips para producir una tonelada de vapor.

Danilo Antonio Monterroso Lucas (2004), llevó a cabo un estudio en donde propone el mejoramiento de operación del sistema de generación de vapor en la empresa maderas Milpas Altas, S.A dicha empresa se dedica a la producción de muebles para exportación. En el que se presenta un panorama general de la situación actual del sistema de generación de vapor de la empresa, diagramas de los sistemas, datos estadísticos de la medición de las variables de operación y especificaciones técnicas de todos los equipos que conforman el sistema. Además, se hace énfasis en los equipos que consumen el vapor y la forma en que lo utilizan.

Seguidamente se encuentran las propuestas que se presentan para el mejoramiento de la eficiencia de operación del sistema, abarcando instalaciones, equipos y tratamiento de agua. En esta sección del cuerpo del trabajo se propone un sistema mecánico-neumático el cual se encargará de alimentar automáticamente aserrín a una de las calderas, detallando equipos y funcionamiento del sistema.

En el trabajo de graduación elaborado por Julio Roberto Ramírez Romero, de la universidad de San Carlos de Guatemala en su facultad de Ingeniería, en el mes de mayo del año 2012; se ejecutó un cálculo del sistema de generación de vapor y agua caliente para el rastro municipal Zaragoza, Chimaltenango; en donde se abordan las generalidades en los rastros municipales en cuanto a generación de vapor y tuberías y consumo máximo en cada operación de la planta de producción del matadero.

En las etapas del cálculo de dimensionamiento se toman en cuenta los insumos complementarios del sistema de vapor, tales como, el consumo de combustible recomendado, entre otros; equipos importantes de complemento en los que destacan, el tanque de condensado, bombas de alimentación de agua y combustible, tanque de agua caliente. Se recalca la importancia de conocer el montaje del equipo en un sistema de vapor para el funcionamiento adecuado tanto del generador como de sus equipos auxiliares y finalmente la información oportuna a cerca de la seguridad industrial y señalización en la planta del matadero.

2.2 MARCO TEÓRICO

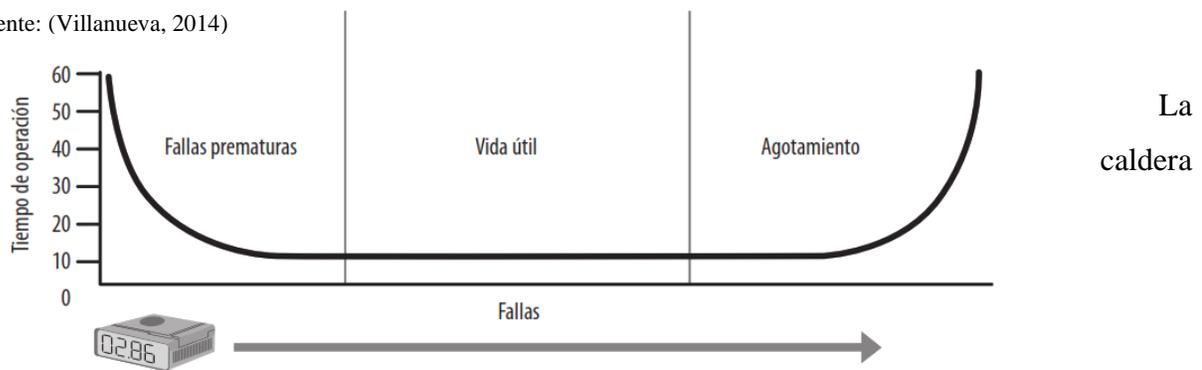
En el libro de mantenimiento industrial, Villanueva (2014) afirma que es posible graficar, en forma general, el comportamiento de un equipo o conjunto de equipos apoyándose en conceptos de probabilidad y estadística, de tal forma que se obtenga una descripción bastante confiable del patrón de fallas probables, la curva representativa de esta gráfica se llama curva de la bañera.

Gracias a la herramienta de la curva de la bañera, se puede mostrar gráficamente el ciclo de vida dividido en tres períodos diferentes. Para ello se toman como ejemplo las calderas pirotubulares utilizadas en el sistema de generación de vapor, desde su inicio hasta su envejecimiento y su actualización.

- a) Etapa de fallas prematuras.
- b) Etapa de vida útil.
- c) Etapa de agotamiento.

Ilustración 1 Gráfico de la curva de la bañera

Fuente: (Villanueva, 2014)



VULCANO-SADECA funcionaba con el combustible fuel oíl No.6 (bunker), se instaló desde las etapas de construcción del Hospital Escuela San Juan de Dios en el período 1995-1996. En el año 2017 se realizó la primera modificación en el sistema de generación de vapor con la adquisición de la caldera marca CleaverBrooks modelo CB600-150ST, la cual funciona con combustible gasoil diésel y gas butano, de esta manera se integra a la operación en la sala de máquinas junto a la caldera VULCANO.

De manera que la caldera VULCANO-SADECA modelo DDH-20 después de veinticuatro años de vida útil, requirió ser reemplazada por otro generador de vapor con especificaciones técnicas similares. Realizándose el proceso de adquisición, suministro, instalación y capacitación de la

caldera pirotubular marca Sincal tipo HD-160, la que opera con combustible tipo diésel, por lo que en la sala de máquinas funciona de forma alterna con la caldera CleaverBrooks CB 600-150ST.

Tabla 1*Beneficios de actualización de maquinaria en el sistema de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios*

Sistema de Vapor		Beneficios obtenidos en la actualización		
Enfoque tradicional (caldera anterior)	Enfoque actual (caldera vigente)	Ambiental	Optimización de recursos	Costos
El uso de combustible para el manejo de la caldera era fuel oíl 6 (Bunker)	El combustible utilizado es Diesel	Disminuyen las emisiones, puesto que el Bunker produce altos grados de Mercurio, CO2, plomo, ácido sulfúrico entre otros. Los cuales además de contaminar el aire, provoca enfermedades en la salud humana debido a su exposición.	-Con el uso de combustible Diesel, existen menos residuos y emisiones. -El proceso resulta ser más ágil, debido a que el proceso anterior con Bunker necesitaba un precalentamiento.	-Minimización de costos de materia prima debido a que el combustible Diesel resulta más económico que el Bunker. -El proceso de calentamiento del Bunker conlleva un costo adicional y el diésel no lleva ese proceso. -Disminución de costos de Mantto, ya que el diésel provoca menor cantidad de humo. Esto facilita enormemente la limpieza de la caldera y el mantenimiento del quemador.

El uso de resistencias eléctricas para el calentamiento de bunker.	Actualmente la caldera no utiliza resistencias.	la utiliza	Disminución de consumo de energía eléctrica. Con el aumento de consumo incrementa la contaminación de aguas, suelo, explotación de yacimientos que implican la erosión del suelo, la pérdida de vegetación y quema de combustibles fósiles para su generación.	-Erradicación de cuellos de botella. -Agilización de procesos. -Reducción de riesgos laborales.	- Notablemente ahorro de dinero en la factura eléctrica. -Menor costo de paro y Mantto.
--	---	------------	--	---	--

Fuente: Equipo de investigación

La tabla anterior se basa en el desempeño de las calderas pirotubulares SADECA DDH-20 la cual contaba con un mecanismo tradicional poco amigable con el medio ambiente, ya que su combustible principal es el bunker. En comparación con la caldera pirotubular SINCAL tipo HD160 diseñada para una mejor eficiencia de operación, con el propósito de reducir costes, optimizar recursos, energía y combustible. Ubicadas en el área de mantenimiento y generación de vapor del hospital escuela San Juan de Dios de Estelí.



Ilustración 2 Instalación de Caldera VULCANO-SADECA modelo DDH-20

Fuente: Fotografía 2020, Departamento de mantenimiento del HESJDE



Ilustración 3 Instalación de la Caldera SINCAL tipo HD160

Fuente: Fotografía 2020, Departamento de mantenimiento del HESJDE

Los principales ejes conceptuales referenciales que componen este estudio son los siguientes: confiabilidad y fiabilidad (curva de la bañera) vida útil de los equipos; Elementos fundamentales como, agua y sus propiedades utilizadas, vapor saturado, combustión y sistema de dimensionamiento, generación y distribución de vapor.

El marco teórico es la recopilación de los conceptos de mayor importancia mediante la documentación de libros, páginas web, entre otros. Según el libro de Metodología de la investigación de Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010) lo define como:

El marco teórico o la perspectiva teórica se integra con las teorías, los enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general, que se refieran al problema de investigación; para elaborar el marco teórico es necesario detectar, obtener y consultar la literatura, y otros documentos pertinentes para el problema de investigación, así como extraer y recopilar de ellos la información de interés.

2.2.1 Calor

El calor (representado con la letra Q) es la energía transferida de un sistema a otro (o de un sistema a sus alrededores) debido en general a una diferencia de temperatura entre ellos. El calor que absorbe o cede un sistema termodinámico depende normalmente del tipo de transformación que ha experimentado dicho sistema, así lo describe Martín Balss & Serrano Fernández (2014).

2.2.1.1 Conducción

Existe transferencia de calor por conducción en un material debido a la presencia de diferencias de temperatura dentro del material. Si bien es frecuente en sólidos, también se puede dar en líquidos y gases. La teoría de la conducción del calor puede basarse en una hipótesis sugerida por el siguiente experimento: tomemos una placa de algún sólido limitada por dos superficies planas paralelas de una extensión tal que, desde el punto de vista de las partes entre los dos planos, así lo plantea Corace (2009).

2.2.1.2 Convección

El documento de mecanismo de transferencia de calor elaborado por Corace (2009), expresa que el fluido que está en contacto con la superficie del sólido puede estar en movimiento laminar, o en movimiento turbulento, este movimiento puede ser causado por fuerzas externas, es decir, ser convección forzada; o por gradientes de densidad inducidos por las diferencias de temperatura, y será convección natural. Además, puede estar cambiando de fase (ebullición o condensación).

2.2.1.3 Radiación

Todo cuerpo a una temperatura absoluta finita emite radiación electromagnética. Esta radiación, cuando está en el rango de longitud de onda comprendido entre los 0.2 y los 100 μm se denomina térmica. Corace (2009), sostiene que la radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones.

2.2.1 El agua

El agua dulce es el recurso más importante para la humanidad, al tratarse de un bien transversal a todas las actividades sociales, económicas y ambientales, es requisito 'sine qua non' para la vida humana y la vida en la Tierra, según considera la Organización de Naciones Unidas (ONU), que declaró en 2010 el acceso a este compuesto, resultado de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), y al saneamiento como un Derecho Humano a preservar, porque es esencial para la realización de todos los derechos humanos, descrito por Herrero Gonzáles (2015).

2.2.1.1 Agua en la industria

De acuerdo con la página web Aguamarket (2020) los usos principales del agua en la industria son:

- Sanitario: Emplean en inodoros, duchas e instalaciones que garanticen la higiene personal.
- Transmisión de calor o refrigeración: Es, como mucho, el uso industrial que más cantidad de agua emplea. Aproximadamente el 80 % del agua industrial corresponde a esta aplicación, siendo las centrales térmicas y nucleares las instalaciones que más agua necesitan.
- Producción de vapor: Suele estar dirigida a la obtención de un medio de calentamiento del producto que se desea elaborar.

- Materia prima: El agua puede ser incorporada al producto final, como en el caso de la producción de bebidas, o puede suministrar un medio adecuado a determinadas reacciones químicas.
- Utilización como disolvente en los diferentes procesos productivos.
- Labores de limpieza de las instalaciones.
- Obtención de energía: Referido a las centrales hidroeléctricas y - a las actividades que usan vapor de agua para el movimiento de turbinas.

2.2.1.2 Características del agua utilizada

La pureza del agua para la alimentación de la caldera depende directamente del nivel tanto de la cantidad de impurezas como de la naturaleza de las mismas. En la actualidad se están poniendo en práctica diversos tratamientos químicos dentro del generador para evitar problemas como: desgastes, corrosión, obstrucción de tuberías, etc. Estos tratamientos pueden ser externos y/o internos, todo esto para producir el vapor lo más puro posible.

El tratamiento externo consiste en la reducción y eliminación de impurezas del agua en la parte externa de la caldera. Por lo general, se emplea tratamiento externo cuando la cantidad de una o varias impurezas del agua es demasiado elevada como para ser tolerada por la caldera en cuestión. El tratamiento interno consiste en el acondicionamiento de impurezas dentro del sistema de la caldera. Las reacciones ocurren tanto en las líneas de alimentación como en la misma caldera, según el sitio web LENNTECH (1998-2020).

Las tablas que hay a continuación son un extracto de los valores recomendados por APAVE (Asociación de propietarios de unidades eléctricas y de vapor) para generadores de hasta 100 bar y grado medio de generación de vapor y para volúmenes de agua dentro de la cámara de tal forma que sea posible controlar las posibles caídas de nivel de la misma, y por ABMA (Asociación de Fabricantes de Generadores americanos) para los estándares de calidad de pureza del vapor, como expresan Josward Acevedo Juarez, Carlos Rodríguez Sevilla, & Lester Moises Flores Tinoco (2016).

Tabla 2

Requerimiento de agua alimentación generador de vapor según BS 2486

Parámetro	Valor requerido
-----------	-----------------

Dureza total	< 2ppm
Contenido de oxígeno	<8ppb
Dióxido de carbono	<25 mg/l
Contenido total de hierro	<0.05 mg/l
Contenido total de cobre	6<0.01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
PH a 25 grados Celsius	8.5-9.5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Fuente: (LENNTECH, 1998-2020)

Como señala Josward Acevedo Juarez, Carlos Rodríguez Sevilla, & Lester Moises Flores Tinoco, (2016) los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- **pH.** El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- **Dureza.** La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de un generador.
- **Oxígeno.** El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de un generador. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- **Hierro y cobre.** El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- **Dióxido de carbono.** El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorece la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno.
- **La corrosión.** En las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La

corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.

- **Aceite.** El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- **Alcalinidad.** Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación.

Tabla 3

Consecuencias de un mal tratamiento de agua

Efectos	Descripción	Imagen
<p>Incrustaciones</p>	<p>Ensuciamiento de los tubos internamente, debido a la dureza del agua por presencia de sales de magnesio y calcio. Estas incrustaciones evitan la transferencia de calor de los gases a través de los tubos hacia el agua, generando disminución en la eficiencia del equipo y pérdidas de energía. La presencia de incrustaciones de 1/16” en una caldera pirotubular produce un incremento de 6,4% en el consumo de combustible.</p>	
<p>Pitting o Picadura</p>	<p>La picadura es un ataque localizado en la tubería por presencia de oxígeno en el agua. Para evitar la presencia de este elemento en el agua de alimentación es necesario buscar la poca solubilidad del oxígeno en el</p>	

Efectos	Descripción	Imagen
	<p>agua aumentando presión o temperatura. Puede usarse un aireador o químicos a base de sulfito o cromato de sodio.</p>	
Corrosión	<p>Ataque general y no localizado, causado por bajos valores de PH El valor de esta variable del agua debe estar entre 10,5-11,5. Para neutralizar los ácidos se utilizan soluciones básicas.</p>	
Sedimentación	<p>Presencia de sólidos disueltos o en suspensión los cuales causan taponamiento de elementos de monitoreo, tales como el visor de nivel o dañar equipos de control. Para evitar la sedimentación pueden emplearse la purga continua y de fondo de la caldera y utilizar químicos a base de sulfito o cromato de sodio</p>	

Fuente (Fierro Fierro, 2018):

2.2.2 Vapor de agua

El vapor de agua es el estado de agregación del agua una vez que (mediante un cambio de fase) pasa del estado líquido al estado gaseoso. Para que esto suceda debe estar expuesta a una temperatura cercana al punto de ebullición. El vapor es incoloro e inodoro, aunque suele adquirir una apariencia blanca y turbia cuando se intercala con pequeñas gotas de agua en estado líquido, según Raffino (2020).



Ilustración 4 Vapor de agua

Fuente: Equipo de investigación

Así mismo, YUNUS A. ÇENGEL & MICHAEL A. BOLES, (2015) en el libro de termodinámica en su octava edición afirma que:

“El vapor de agua es el fluido de trabajo usado más comúnmente en ciclos de potencia de vapor debido a sus muchas y atractivas características, como bajo costo, disponibilidad y alta entalpía de vaporización.”

2.2.2.1 Tipos de vapor de agua

Si se aplica cierta temperatura al agua sobre su punto de ebullición, se convierte en gas o vapor de agua, ALBERTO SAN MILLÁN & JAVIER HUALDE (2020) menciona que: “No todo el vapor es el mismo, las propiedades del vapor variarán según la presión y temperatura, pudiendo encontrárnoslo de forma saturada, o sobrecalentada.”

2.2.2.1.1 Vapor saturado

Cuando calentamos el agua lo que hacemos es ascender en la gráfica hasta la curva de vapor saturado. El vapor saturado se presenta cuando la presión y la temperatura son tales que permiten que el gas y el líquido coexistan, ej.: agua de la ducha.

2.2.2.1.2 Vapor sobrecalentado

El vapor sobrecalentado se crea por el sobrecalentamiento del vapor saturado. El uso de este vapor requiere de sistemas para eliminar o reducir el condensado, además de equipos más robustos para aguantar la alta temperatura y presión.

El gráfico siguiente representa los resultados del vapor seco (saturado) en el momento en que al agua se le aplica temperatura hasta llegar al punto de ebullición (calor sensible), para luego ser evaporada con más energía (calor latente). Si este vapor más adelante es calentado sobre el punto de saturación, se transforma en vapor sobrecalentado (calor sensible).

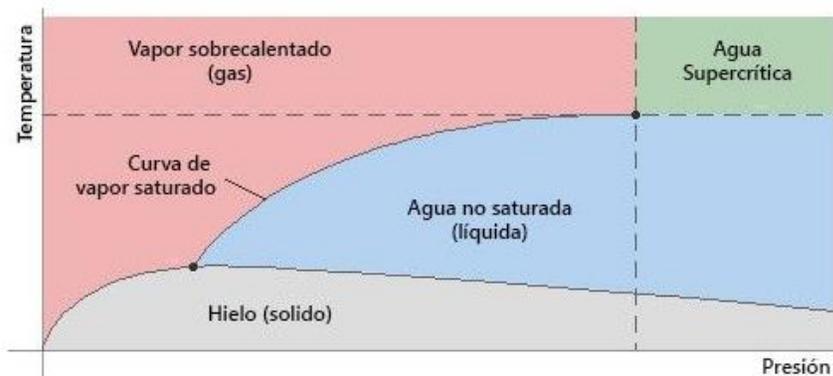


Gráfico 1 Relación temperatura presión del agua y vapor

Fuente: Página web Sincal calderas industriales

2.2.3 ¿Cómo leer una tabla de vapor?

En el siguiente párrafo se explica con detalle uno de los tipos de vapor más utilizados en la industria, mencionando los diversos elementos y propiedades encontrados en él, para esto, si se posee un sistema de vapor y se quiere una operación adecuada y óptima, es fundamental que el operador aprenda a leer estas tablas de vapor.

Las tablas de vapor son utilizadas para determinar la temperatura de saturación del vapor a partir de la presión del vapor o viceversa, presión a partir de la temperatura de saturación del vapor. Al

igual que las variables, presión y temperatura, estas tablas comúnmente llevan otros valores relacionados como la entalpía específica (h) y el volumen específico (v).

Los datos que se muestran en la tabla siguiente describe al vapor en un punto de saturación particular, también conocido como punto de ebullición. En este punto es en donde el agua (liquido) y el vapor (gas) conviven en la misma presión y temperatura. Puesto que el agua puede ser líquida o gas en este punto de saturación, se requieren dos conjuntos de datos:

- Datos para el agua saturada (liquido), se señalan comúnmente utilizando una “f” como subíndice.
- Datos para el vapor saturado (gas), se les señalan habitualmente utilizando una “g” como subíndice.

Presión (Absoluta) kPa	Temp. °C	Volumen Específico m ³ /kg		Entalpía Específica kJ / kg		
		Vf	Vg	hf	hg	hfg
1.0	6.970	0.00100014	129.183	29.30	2513.68	2484.38
2.0	17.495	0.00100136	66.9896	73.43	2532.91	2459.48
4.0	28.962	0.00100410	34.7925	121.40	2553.71	2432.31
6.0	36.160	0.00100645	23.7342	151.49	2566.67	2415.17
				173.85	2576.24	2402.39
200	120.21	0.00106052	0.885735	504.68	2706.24	2201.56
300	133.53	0.00107318	0.605785	561.46	2724.89	2163.44
400	143.61	0.00108356	0.462392	604.72	2738.06	2133.33
500	151.84	0.00109256	0.374804	640.19	2748.11	2107.92
600	158.83	0.00110061	0.315575	670.50	2756.14	2085.64
700	164.95	0.00110797	0.272764	697.14	2762.75	2065.61
800	170.41	0.00111479	0.240328	721.02	2768.30	2047.28
900	175.36	0.00112118	0.214874	742.72	2773.04	2030.31
1000	179.89	0.00112723	0.194349	762.68	2777.12	2014.44
1100	184.07	0.00113299	0.177436	781.20	2780.67	1999.47

Ilustración 5 Ejemplo de tabla de vapor saturado

Fuente: www.tlv.com/tabla/vapor/saturado/

Lo que quiere decir la ilustración 1-14 es que la entalpía específica del agua es de 721,02 kJ/kg a una presión absoluta de 800 KPa.

Para esto, es necesario interpretar lo que significa cada sigla de la tabla.

- P = Presión del vapor/agua
- T = Punto de saturación del vapor/agua (punto de ebullición)
- Vf = Volumen Específico del agua saturada (líquido)

- V_g = Volumen Específico del vapor saturado (gas)
- H_f = Entalpía Específica del agua saturada (energía requerida para calentar agua de 0°C (32°F) al punto de ebullición)
- H_{fg} = Calor latente de evaporación (energía requerida para transformar agua saturada en vapor saturado seco)
- H_g = Entalpía específica del vapor saturado (energía total requerida para generar vapor de agua a 0°C (32°F)).

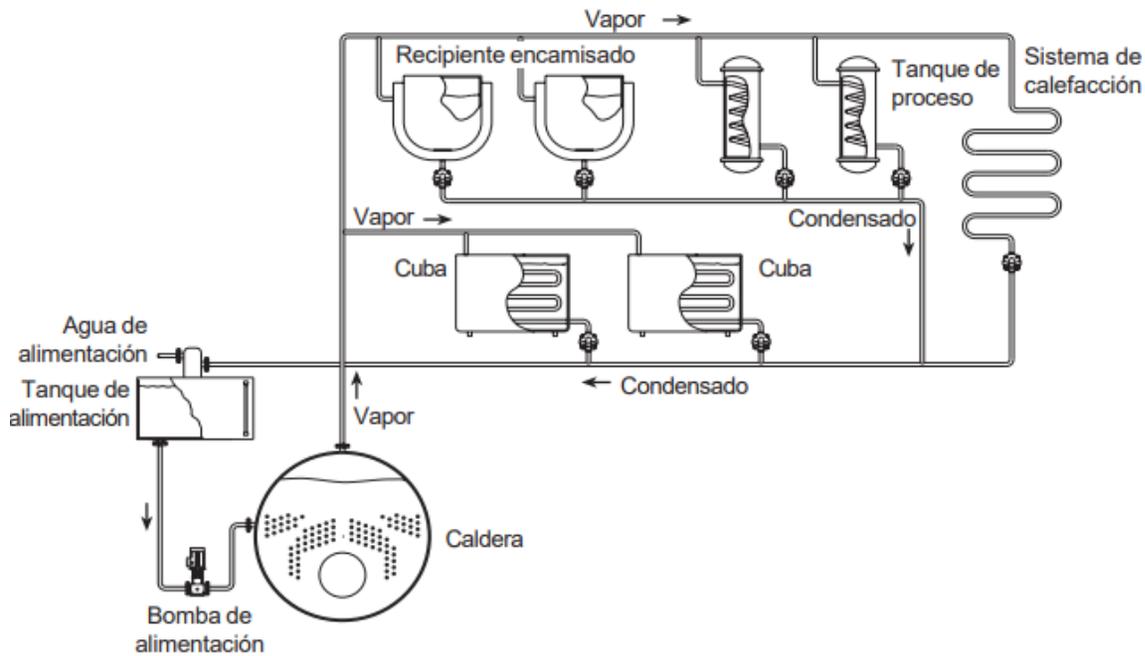
Desde el punto de vista de Fierro (2018), generalmente los procesos que utilizan el vapor como fuente de calentamiento, usan el calor latente de evaporación (H_{fg}). Como se ha observado en la tabla, el calor latente de evaporaciones es mayor a bajas presiones. En tanto la presión del vapor saturado aumenta, el calor latente de evaporación disminuye progresivamente hasta alcanzar 0 en una presión súper crítica, esto es 22.06 MPa (3200 psi).

2.2.4 Definición de generador de vapor

Se entiende por generador de vapor a un recipiente cerrado que genera vapor de agua a presiones superiores a la atmosfera absorbiendo parte del calor que desarrolla con la combustión en el hogar y transmitiéndolo a través de sus paredes metálicas al agua.

En la opinión de Josward Acevedo Juarez, Carlos Rodríguez Sevilla, & Lester Moises Flores Tinoco (2016). Los generadores se construyen en una amplia variedad de tamaño disposiciones capacidades, presiones y para aplicaciones muy variadas sin embargo la tendencia es la de normalizar lo que se refiere a tamaño disposiciones capacidades, presiones y temperaturas.

A continuación, se muestra una imagen de un sistema básico de generación de vapor.



Fuente:
Manual
Técnico
Spirax
Sarco

Ilustración 6 Un circuito de vapor típico.

2.2.5 Tipos de generadores de vapor

De acuerdo con la realidad actual industrial que existe en nuestro país, especificaremos dos tipos de calderas a continuación y se dará una breve descripción de las calderas más utilizadas en Nicaragua:

2.2.5.1 Calderas pirotubulares o de tubos de humo.

La caldera de vapor pirotubular, está formada por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, compuesta en su interior por un conjunto de múltiples tubos de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor, el hogar y los tubos están completamente rodeados de agua, la llama se forma en el hogar pasando los humos por el interior de los tubos de los pasos siguientes para finalmente ser conducidos hacia la chimenea, una de sus desventajas es que presentan una elevada pérdida de carga en los humos.



Ilustración 7 Caldera Pirotubular SINICAL

Fuente:
Equipo

de investigación

2.2.5.2 Tubos de agua o acuotubulares

En las calderas acuotubulares el agua se encuentra dentro de los tubos, de esta manera se capta el calor de los gases calientes que pasan por el exterior. Este tipo de calderas son apropiadas cuando la demanda de vapor es alta, estas son más seguras y se usan generalmente para presiones altas.

De acuerdo con Jessi (2015), los métodos de circulación de agua, las calderas acuotubulares se clasifican en calderas de circulación natural y calderas de circulación forzada.

En la circulación natural, la circulación de agua de la caldera es causada por la diferencia entre la densidad del agua y la de la mezcla de vapor y agua. En las calderas de circulación forzada, el agua de la caldera se hace circular mediante el uso de bombas de circulación. Este método es adecuado para las calderas de alta presión donde la circulación natural se vuelve difícil debido a la pequeña diferencia entre las densidades del agua saturada y vapor saturado.



Ilustración 8 Caldera acuotubular

Fuente: (JessiDUC, 2015)

Tabla 4

Ventajas y desventajas de calderas acuotubular y pirotubulares.

Pirotubulares		Acuotubular	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Es de diseño simple en comparación con las calderas acuotubular de igual capacidad, por ende, tiene un menor costo inicial.	Es de mayor tamaño y peso que las acuotubular de igual capacidad.	Tienen un menor peso por unidad de potencia generada.	Tienen un costo elevado.
Tienen un gran volumen de agua que permite absorber fácilmente las fluctuaciones de la demanda, por lo tanto, tienen mayor flexibilidad de operación.	Tienen un mayor tiempo para subir la presión y entrar en funcionamiento.	Pueden ser puestas en marcha rápidamente, debido a tener un pequeño volumen de agua en relación con su capacidad de evaporación.	Tienen que ser alimentadas con agua de gran pureza, ya que las incrustaciones en el interior de los tubos son, a veces inaccesibles y pueden provocar roturas de estos
Tienen menores exigencias de pureza en el agua de alimentación, ya que las incrustaciones formadas en el exterior de los tubos son fáciles de atacar y son eliminadas por las purgas.	Son de gran peligro en caso de ruptura o exposición, debido al gran volumen de agua almacenado.	Mayor eficiencia.	Le es más difícil ajustarse a las grandes variaciones del consumo de vapor, debido al pequeño volumen de agua, por lo que es necesario hacerlas funcionar a mayor presión de la requerida.
Facilidad de inspección, reparación y limpieza.	No se pueden emplear para altas presiones.	Mayor seguridad para altas presiones. Son inexplorativas.	

Fuente: Fuente de investigación

2.2.6 Partes principales de las calderas piro-tubulares

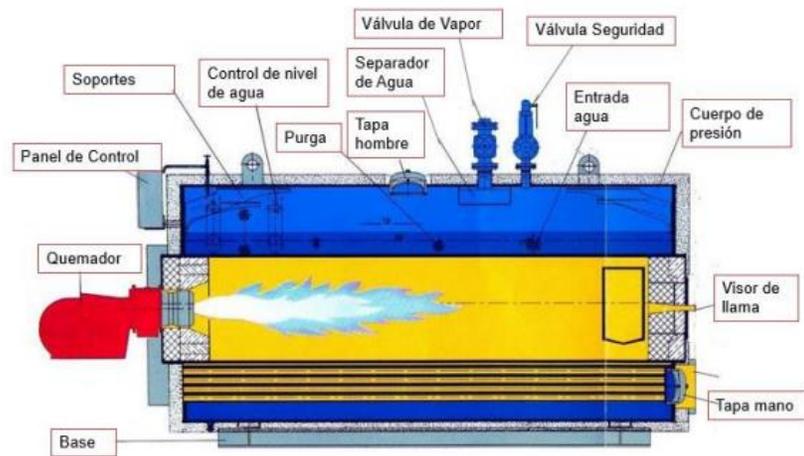


Ilustración 9 Partes principales de una caldera

Fuente: (Trujillo, 2014)

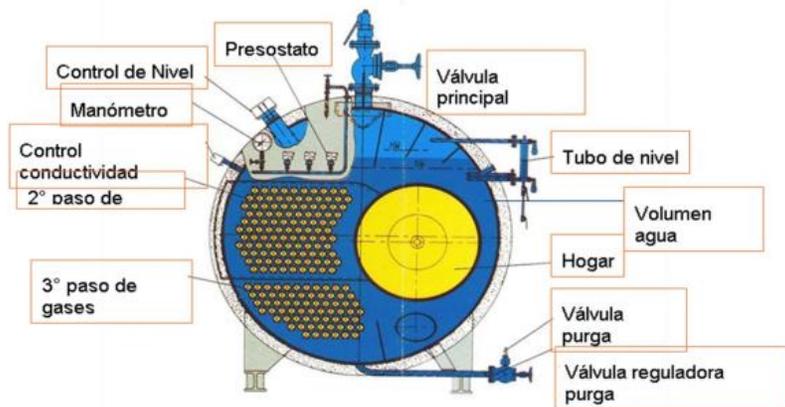


Ilustración 10 Partes principales de una caldera

Fuente: (Trujillo, 2014)

2.2.7 Combustión en la generación de vapor

Un generador de vapor convencional se constituye por un sistema de superficies de calentamiento cuyo propósito es la producción de vapor a partir del agua de alimentación que se le suministra, por medio de la utilización del calor liberado en la combustión de un combustible, el que se suministra al horno en conjunto del aire necesario para su combustión.

En el libro de Combustión y Generación de vapor, Borroto Nordelo & Rubio González (2007) afirma que: la fuente de calor del generador de vapor es la reacción de combustión entre una sustancia combustible y el aire, portador del oxígeno, que es el comburente.

La energía requerida para la generación de vapor en las calderas convencionales procede de la energía química del combustible, la cual se libera en el proceso de combustión. La combustión es un proceso físico-químico en el cual intervienen los siguientes elementos:

El **combustible**, que representa la energía potencial.

El **aire**, que suministra el oxígeno como comburente para la reacción de combustión de los elementos combustibles de combustible.

El **horno**, donde se desarrolla el proceso de combustión.

Los **sistemas auxiliares**, que garantizan la preparación adecuada del combustible y favorecen la mezcla del aire con el combustible.

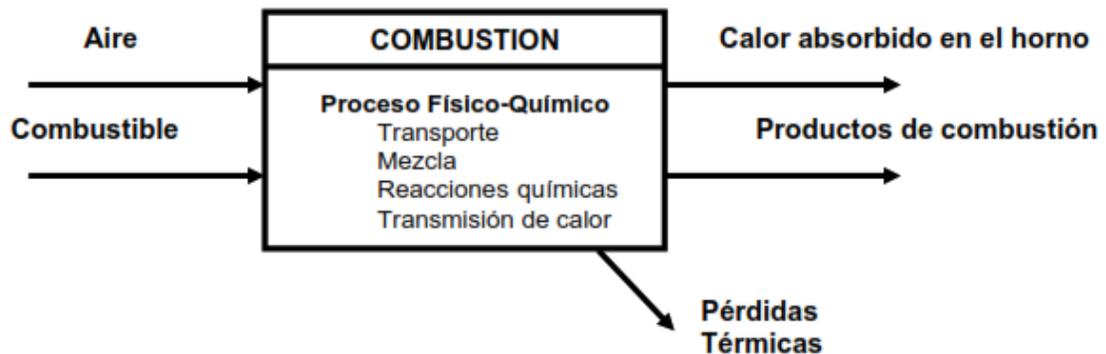


Ilustración 11 Combustión en generación de vapor

Fuente: (Borroto Nordelo & Rubio González, 2007)

La reacción de combustión es una reacción química de oxidación rápida del combustible y reducción del comburente, acompañada de la liberación de una determinada cantidad de calor (reacción exotérmica).

2.2.8 Mantenimiento de calderas

Puesto que las calderas están sometidas a altas presiones constantes, estas son vulnerables a diversos problemas tanto de desgastes como pérdida de calor. Como todo equipo industrial las calderas requieren mantenimiento e inspecciones periódicas para asegurar un correcto, seguro y eficiente funcionamiento, el Departamento Técnico SRL (2012), propone que para que una caldera industrial siga siendo segura, eficiente y confiable se deben llevar a cabo las siguientes actividades de mantenimiento:

- Inspección interna del cuerpo de presión, placas, hogar y haz tubular para controlar la formación de incrustaciones o corrosión de los materiales constructivos. Es importante que se tomen fotografías del estado para tener un registro histórico de la caldera. En muchas oportunidades es importante tener esta información para volver a una condición anterior favorable.
- Hidro lavado de lodos depositados en el fondo del cuerpo en caso de que existieran.
- Cambio de juntas de puertas de inspección, instalar siempre materiales de junta nuevos y revisar asientos de tapas.
- Medición de espesores de chapa en placas, hogar y cuerpo cilíndrico por ultrasonido, registrar también estos valores. Puede resultar necesario recalcular la presión de trabajo máxima si están reducidos estos espesores.
- Desarmado de elementos de seguridad por bajo nivel. En el caso de los controles de nivel electromagnéticos revisar flotantes, botellones, verificar juego en mecanismos, controlar la integridad de las ampollas de mercurio y controlar que la aislación de los cables no se encuentre deteriorada. Para los electrodos las tareas son de limpieza partes en contacto con el agua, verificación de alineación, aislación y sellos.
- Prueba hidráulica del equipo a presión de trabajo. Se realiza para verificar que no existan fugas previas al mantenimiento o bien posteriores (juntas de puertas de inspección, bridas, roscas, etc.). Mantener presurizado el recipiente durante 15 min es suficiente.
- Verificación de apertura de válvulas de seguridad a la presión regulada. Si es posible, retirarlas para su timbrado en banco de pruebas.

- Inspección del estado de refractarios en quemador o fondos secos. Rellenar grietas si existieran o reemplazar las piezas dañadas con los materiales adecuados y teniendo en cuenta los tiempos de fragüe.
- Verificación del estado interno del quemador y limpieza del mismo. Verificar el estado de cables y fichas de conexión.
- Simulación de condiciones de falla del quemador.
- Puesta en marcha del equipo donde se comprobará el funcionamiento de los elementos de control y seguridad.
- Prueba de presostatos de seguridad eliminando eléctricamente al de corte normal.
- Hacer mantenimiento de la pintura de la caldera y accesorios.
- Análisis de gases y regulación de combustión. Mediante este proceso se determinará el porcentaje de los siguientes gases: O₂, CO₂ y CO. Además, se medirá la temperatura de los gases en la chimenea y el rendimiento térmico de la caldera.
- Elaboración de un informe técnico con los resultados obtenidos en la medición de eficiencia de combustión y sobre el estado general del equipo, manteniendo un historial.
- Elaboración de un informe técnico con los resultados obtenidos en la medición de eficiencia de combustión y sobre el estado general del equipo, manteniendo un historial.



Ilustración 12 Mantenimiento de calderas

Fuente: (Departamento Técnico SRL, 2012)



Ilustración 13 Mantenimiento de calderas

Fuente: **(Departamento Técnico SRL, 2012)**

2.2.9 Componentes principales del generador

2.2.11.1 Quemador

El quemador en las calderas industriales, según Sanchis (2017) el quemador es un dispositivo que permite introducir diferentes tipos de combustibles dentro del hogar, en las proporciones de velocidad y turbulencias que se deseen. El objetivo es establecer y mantener tanto la ignición como la combustión de manera apropiada con la supervisión del operador de calderas.



Ilustración 14 Quemador

Fuente: Equipo de investigación

2.2.11.2 Ventilador

El ventilador es el encargado de proporcionar el aire directamente al hogar, creando altas presiones de aire para la combustión, así también, de impulsar los gases y sobrepresión desde el hogar hacia la chimenea del generador.



Ilustración 15 Ventilador o compresor

Fuente: Equipo de investigación

2.2.11.3 Tanque de condensado

Como expresa PRODINCO (2011), el tanque de condensados sirve para suministrar el agua de alimentación al generador de vapor. El agua de aportación del sistema se añade al tanque de condensados donde se precalienta y se mezcla con los productos de tratamiento químico.



Ilustración 16 Tanque de condensado

Fuente: Equipo de investigación

2.2.11.4 Ablandadores de agua

Las funciones principales de los ablandadores de agua es eliminar los iones de Ca y Mg que conforman la dureza del agua, material soluble entre otros gases que favorecen la formación de incrustaciones en una caldera.

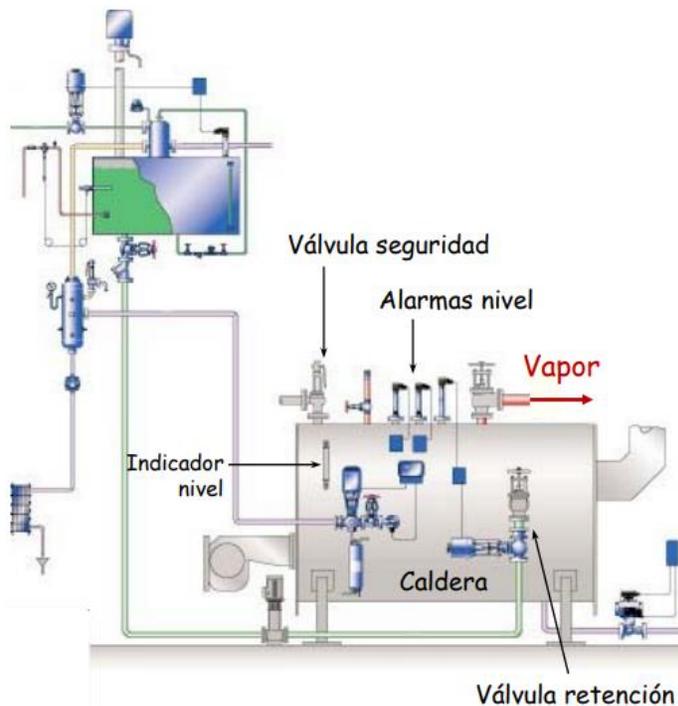


Ilustración 17 Tanque de condensado

Fuente: Equipo de investigación

2.2.10 Dispositivos de seguridad del generador

Es de suma importancia que todo generador de vapor tenga dispositivos de seguridad para un adecuado funcionamiento y ofrecer un alto nivel de eficiencia, el operador de caldera esta comprometido a realizar las comprobaciones adecuadas y una supervisión continua para asegurar un buen estado y funcionamiento del sistema.



- Indicadores de nivel
- Manómetro
- Alarmas de nivel
- Válvula de retención
- Válvula de seguridad

Ilustración 18 Dispositivos de seguridad

Fuente: (Santamaría, 2019) Sistemas de control en calderas

2.2.12.1 Indicadores de nivel

El sistema de vapor posee indicadores de nivel, los cuales determinan con certeza el nivel de agua, gases y otros fluidos. Reflejan la lectura del nivel en tanques a presión, calderas, entre otros depósitos. Como afirma la empresa distribuidora de insumos industriales HARDVAL S.A (2017), se emplean dos tipos de indicadores de nivel: el de cristal tubular y el de cristal plano.

- Plano: Los cristales planos son ensamblados entre una pieza central (cámara de líquido) y una tapa, mediante abulonado, formando un conjunto que se une rígidamente a las válvulas.

- Réflex (simple visión): Utilizado para medir nivel aplicando los diferentes índices de refracción entre líquidos y gases, en particular vapor y agua. Los mismos deberán ser limpios y de viscosidad menor a 25°API.
- Transparentes (doble visión): Utilizado para la indicación de nivel de interfase entre líquidos o fluidos de viscosidad mayor a 25°API, crudos y residuales, líquidos que contengan goma, sedimentos u otros materiales solidos; los cuales pueden recubrir el estriado de un nivel tipo réflex, así como también condensado de vapor de más de 35 kg/cm (500 PSI).
- Cámara ancha (simple y doble visión): Empleados cuando el fluido a medir tenga bajo punto de ebullición, y se encuentre parcialmente vaporizado en el interior del instrumento o para inusuales condiciones tales como intermitencias, espumosasidades, etc.
- Cristales tubulares: El cristal tubular es conectado a las válvulas por medio de empaquetaduras. Se usan para presiones que no superen los 20 kg/cm de vapor, siempre y cuando se encuentren cuidadosamente montados en válvulas rígidas e instalaciones sin vibraciones. El rango de presión que soportan, desciende a medida que aumenta el largo del cristal.



Ilustración 19 Indicador de nivel de combustible de caldera

Fuente: Equipo de investigación



Ilustración 20 Indicador de nivel de agua del generador de vapor

Fuente: Equipo de investigación

2.2.12.2 Manómetros

Permiten tomar lecturas de la presión del agua de alimentación, combustible y vapor en la caldera. El rango de lectura en los manómetros se puede encontrar en psi (libras por pulgada cuadrada) o en bar, 1 bar=14.7 psi. Estos manómetros deben estar capacitados para medir, como mínimo 75 psi más que la presión de trabajo, dicho en palabras de Romero, (2012).



Ilustración 21 Manómetro

Fuente: Equipo de investigación

2.2.12.3 Alarma

Es de vital importancia que el sistema de control de seguridad en el circuito de vapor cuente con alarmas para proteger la caldera y alertar al operador sobre los niveles altos y/o bajos ya establecidos de vapor y agua, manteniendo de esta manera un correcto funcionamiento. El monitoreo de alarmas funciona por medio de sondas de conductividad y controladores electrónicos.

En la revista Controladores electrónicos para calderas de vapor de la compañía SpiraxSarco (2020), sobre controles y alarmas de nivel, indica que el sistema de control realiza una autocomprobación para comprobar la integridad de la sonda y su cableado, haciendo que el controlador active una alarma en condiciones de circuito abierto como cortocircuito en el cable o sonda.

2.2.12.4 Disposición de trampas de vapor y de purga

Citando a Romero (2012), Las trampas de vapor son equipos auxiliares en líneas o equipos de calentamiento de vapor, la función principal consiste en drenar el condensado que se forma de la condensación del vapor en sistemas de calentamiento, sin permitir fuga de vapor, para así asegurar que la temperatura deseada del proceso no varíe. Adicionalmente, una buena trampa debe ser capaz de descargar el aire y gases no condensables atrapados en el sistema.

Ya que existe la necesidad de eliminar las concentraciones de sales y otras impurezas para evitar suciedad en válvulas existentes, obstrucción y corrosión en tuberías y por ende un deterioro en el generador y líneas de vapor. Se lleva a cabo la acción de purga, en donde por medio de turbulencias también se expulsa el exceso de agua de retorno en conjunto con residuos sólidos para un correcto funcionamiento de la unidad.

De acuerdo con la guía de referencia técnica de distribución de vapor de la empresa Spirax-Sarco (2020) , se debe prever la purga del condensado. Puesto que, si esto no se realiza de forma efectiva, aparecerán problemas de corrosión y golpe de ariete, que se verán más adelante. Además, el vapor se volverá húmedo, pues éste recoge gotitas de agua, reduciendo así su potencial de transferencia de calor.

2.2.11 Sistema de alimentación de agua

Puesto que el agua contiene diversas impurezas no solo sólidas sino químicas, todas con características de dureza altas que perjudican tanto a la red de vapor como el interior de la caldera, a esta se le debe aplicar un tratamiento previo al ingreso de la caldera por medio de ablandadores de agua. Así también, es de suma importancia que el sistema de generación de vapor posea sistemas independientes de alimentación de agua, debido a que es necesario considerar el reemplazo del agua que se evapora en el generador para mantener así un nivel adecuado de operación.

2.2.12 Equipos que utilizan vapor

El vapor de agua es muy utilizado en las de industrias, las aplicaciones más frecuentes para el vapor son, por ejemplo: procesos calentados por vapor en fábricas y plantas, turbinas impulsadas por vapor en plantas eléctricas, sin embargo, el uso del vapor en la industria se extiende más allá de las antes mencionadas.

Entre los equipos que utilizan vapor en el H.E.S.J.D.E se pueden mencionar las unidades utilizadas en la planta las cuales son: lavadoras, secadoras, autoclaves y marmitas. Dispositivos indispensables para brindar un buen servicio en este centro asistencial.



Ilustración 22 Lavadora industrial

Fuente: Equipo de investigación



Ilustración 23 Secadora Industrial

Fuente: Equipo de investigación



Ilustración 24 Marmita

Fuente: Equipo de investigación



Ilustración 25 Autoclave

Fuente: Equipo de investigación

2.2.13 Tuberías y dimensionamiento

Generalmente existe la tendencia de que cuando se seleccionan los tamaños de tuberías, se tiende a guiar por el tamaño de las conexiones del equipo a las que se van a conectar. Si la tubería se dimensiona del modo señalado, es probable que no se pueda alcanzar el caudal volumétrico deseado. Como solución a esto se puede utilizar reductores concéntricos y excéntricos para corregir y dimensionar de una forma correcta.

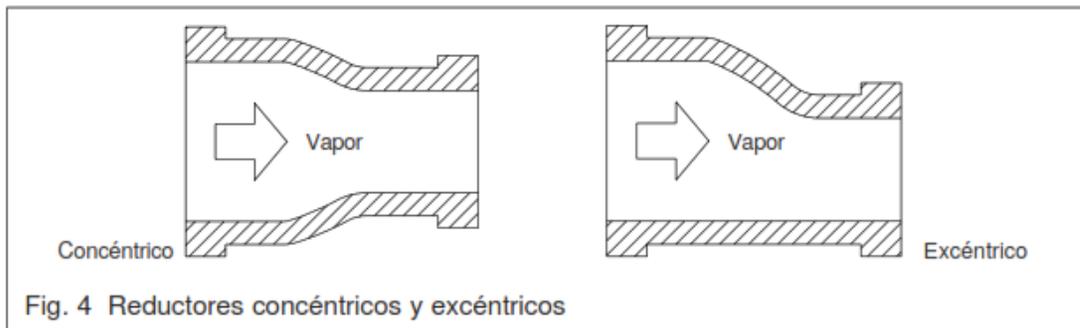


Ilustración 26 Reductores concéntricos excéntricos

Fuente: Spirax Sarco.

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

1. Velocidad del fluido.
2. Caída de presión.

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

2.2.15.1 Dimensionado de tuberías, basado en la caída de presión.

Para conocer los parámetros que nos evidencian el buen funcionamiento del sistema de generación y distribución de vapor, valoramos primeramente el dimensionado de las tuberías, basándonos en la caída de presión de las mismas, la dilatación y el soporte de estas.

Según con la guía de referencia técnica de distribución de vapor de la empresa Spirax-Sarco (2020), manifiesta que a veces es esencial que la presión del vapor que alimenta un determinado equipo no caiga por debajo de un mínimo especificado, con el fin de mantener la temperatura, y de este modo asegurar que los factores de intercambio de calor de la planta mantengan las condiciones de plena carga. En estos casos, es apropiado dimensionar la tubería con el método de la “caída de presión“, utilizando la presión conocida en el extremo de alimentación de la tubería y la presión requerida en el punto de utilización.

Un método alternativo rápido para dimensionar tuberías basándose en la caída de presión, es el uso de la figura siguiente, si se conocen las variables; temperatura del vapor, presión, caudal y caída de presión.

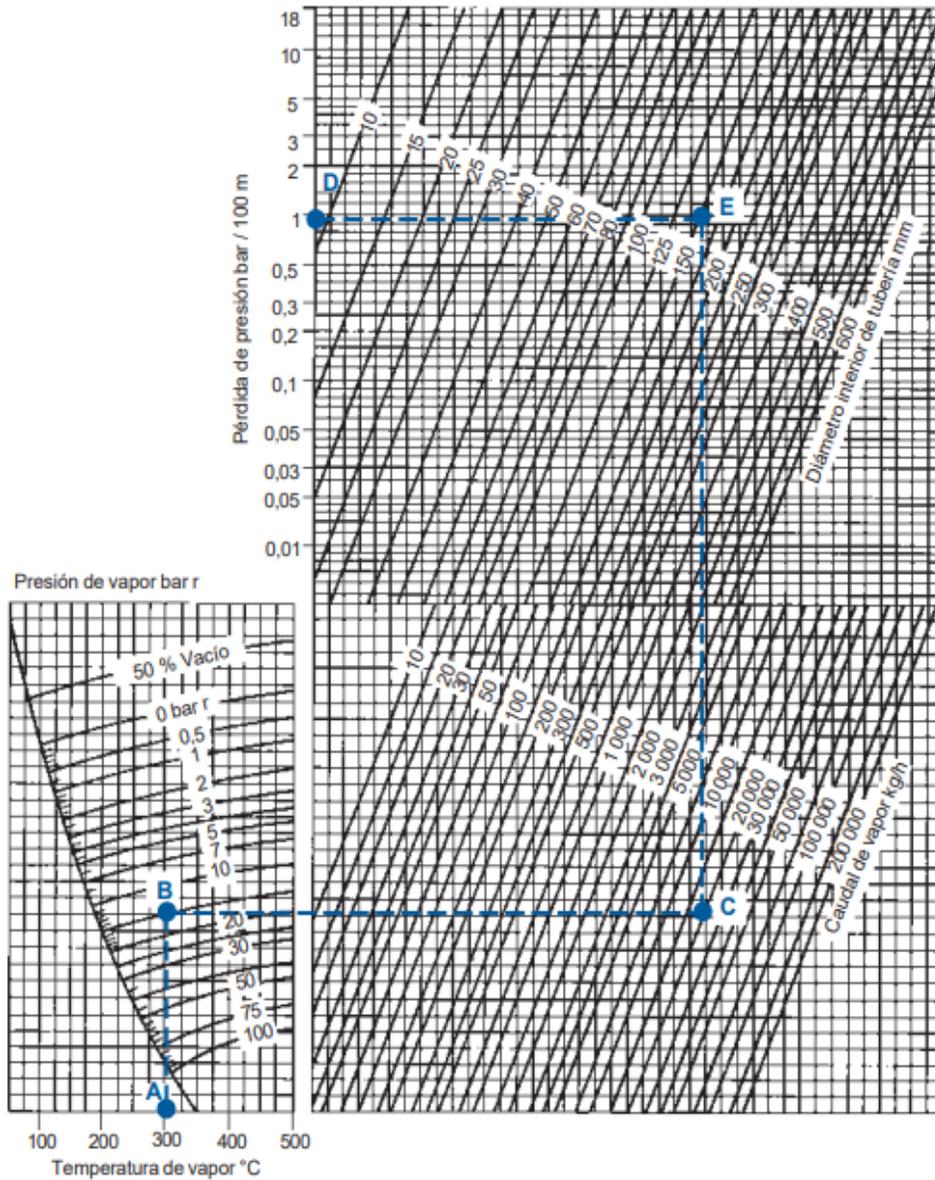


Ilustración 27 Dimensionado de tuberías de vapor (método de la caída de presión).

Fuente: (Spirax-Sarco, 2020)

Nota: Las líneas de color azul son referencias de un ejemplo.

2.2.15.2 Dimensionado de tuberías, basado en la velocidad del fluido.

Si se dimensiona la tubería en función de la velocidad, entonces los cálculos se basan en el volumen de vapor que se transporta con relación a la sección de la tubería.

Para tuberías de distribución de vapor saturado seco, la experiencia demuestra que son razonables las velocidades entre 25 - 40 m/s, pero deben considerarse como el máximo sobre la cual aparecen el ruido y la erosión, particularmente si el vapor es húmedo. Incluso estas velocidades pueden ser altas en cuanto a sus efectos sobre la caída de presión. En líneas de suministro de longitudes considerables, es frecuentemente necesario restringir las velocidades a 15 m/s si se quieren evitar grandes caídas de presión.

Alternativamente puede calcularse el tamaño de tubería siguiendo el proceso matemático expuesto más abajo. Para hacerlo, necesitamos la siguiente información:

- Velocidad del flujo (m/s) C
- Volumen específico (m^3/kg) v
- Caudal másico (kg/s) m
- Caudal volumétrico (m^3/s) $V = m(\text{kg}/\text{s}) \times v(\text{m}^3/\text{kg})$

Teniendo esta información se puede calcular la sección de tubería.

La tabla de la ilustración siguiente puede ser utilizado como guía, puesto que es posible seleccionar las medidas de tubería a partir de la presión de vapor, velocidad y caudal.

Presión bar	Velocidad		kg/h												
	m/s		15mm	20mm	25mm	32mm	40mm	50mm	65mm	80mm	100mm	125mm	150mm		
0,4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917			
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1 457			
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1 037	1 670	2 303			
0,7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1 006			
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1 145	1 575			
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1 108	1 712	2 417			
1,0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1 020			
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1 160	1 660			
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1 150	1 800	2 500			
2,0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1 125	1 580			
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1 215	1 755	2 520			
	40	30	64	115	178	275	475	745	1 010	1 895	2 925	4 175			
3,0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1 505	2 040			
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1 580	2 480	3 440			
	40	41	87	157	250	375	595	1 025	1 460	2 540	4 050	5 940			
4,0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1 166	1 685	2 460			
	25	30	63	115	180	270	450	742	1 080	1 980	2 925	4 225			
	40	49	116	197	295	456	796	1 247	1 825	3 120	4 940	7 050			
5,0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1 295	2 105	2 835			
	25	36	81	135	211	308	548	885	1 265	2 110	3 540	5 150			
	40	59	131	225	338	495	855	1 350	1 890	3 510	5 400	7 870			
6,0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1 555	2 525	3 400			
	25	43	97	162	253	370	658	1 065	1 520	2 530	4 250	6 175			
	40	71	157	270	405	595	1 025	1 620	2 270	4 210	6 475	9 445			
7,0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1 815	2 765	3 990			
	25	49	114	190	288	450	785	1 205	1 750	3 025	4 815	6 900			
	40	76	177	303	455	690	1 210	1 865	2 520	4 585	7 560	10 880			
8,0	15	32	70	126	190	285	475	800	1 125	1 990	3 025	4 540			
	25	54	122	205	320	465	810	1 260	1 870	3 240	5 220	7 120			
	40	84	192	327	510	730	1 370	2 065	3 120	5 135	8 395	12 470			
10,0	15	41	95	155	250	372	626	1 012	1 465	2 495	3 995	5 860			
	25	66	145	257	405	562	990	1 530	2 205	3 825	6 295	8 995			
	40	104	216	408	615	910	1 635	2 545	3 600	6 230	9 880	14 390			
14,0	15	50	121	205	310	465	810	1 270	1 870	3 220	5 215	7 390			
	25	85	195	331	520	740	1 375	2 080	3 120	5 200	8 500	12 560			
	40	126	305	555	825	1 210	2 195	3 425	4 735	8 510	13 050	18 630			

Ilustración 28 Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas

Fuente: (Spirax-Sarco, 2020)

2.2.14 Códigos y normas para tuberías

Como señala el Gobierno de México (2018), El Instituto Mexicano de Seguro Social IMSS, es la institución con mayor presencia en la atención a la salud y en la protección social de los mexicanos desde su fundación en 1943, para ello, combina la investigación y la práctica médica, con la administración de los recursos para el retiro de sus asegurados, para brindar tranquilidad y estabilidad a los trabajadores y sus familias ante cualquiera de los riesgos especificados en la Ley del Seguro Social.

Las normas del Instituto Mexicano del Seguro Social conocida por su siglas como IMSS (2004), son un conjunto de reglas que tienen por objetivo sentar las bases técnicas a las que deberán regirse las obras de construcción de instalaciones hidráulicas, sanitarias y especiales en México. El propósito principal de esta norma es la planeación, coordinación, revisión en la construcción; Orientar y simplificar las guías técnicas de construcción.

En Nicaragua se aprueban y adoptan los parámetros establecidos por estas normas para el reforzamiento de conocimientos sobre nuevas técnicas, materiales y procedimientos de construcción, que se van incorporando mediante el transcurso del tiempo y avances tecnológicos.

A) Tuberías

- Las tuberías para vapor en diámetros de 10 a 50 mm serán de hierro negro para roscar céd. 40 norma "A" hasta de 10.5 kg/cm²).
- Las tuberías de 64 mm de diámetro y mayores serán de acero sin costura de extremos lisos para soldar céd. 40 hasta 10.5 kg/cm² (150 lb /pulg²). El uso de tubería para roscar o soldar de céd. 80 queda a criterio del Instituto y únicamente se utilizará cuando se Indique en el proyecto u ordene el Instituto. (150 lb/pulg²)
- Normas de referencia y marcas La tubería de fierro negro para roscar de fabricación nacional debe cumplir con la norma DGN B10 1957 tipo A C-40 para presiones mayores hasta 17.6 kg/cm² (250 lb/pulg²) Marcas que cumplen esta norma: Tuna, Alfa, TAMSA, Monterrey.

B) Conexiones

- En diámetros de 10 a 50 mm se usarán conexiones de hierro negro reforzadas para roscar.
- Para diámetro de 64 mm y mayores, las conexiones serán de hierro forjado para soldar pared normal.
- Las bridas serán de acero forjado para una presión de trabajo de 10.5 kg/cm².
- Las conexiones de fierro negro para roscar de fabricación nacional deben cumplir con la Norma DGN B44-1951 y con la Norma NOM-B-44-1959, ANSI B-16.3. Las marcas de conexiones que cumplen con las mencionadas Normas son: N.M. CIFUNSA, TAMSA.

C) Materiales de unión

- Para la unión de conexiones roscables en tubería hasta de 50 mm, se usará cinta de teflón de 13 mm de ancho en rollos de 30 m de longitud. En ningún caso se hará uso de materiales de unión tales como pintura, compuestos o selladores líquidos o pastosos.
- Para unir bridas, conexiones y válvulas bridadas, utilizar tornillos marquinados de acero al carbono, con cabeza y tuerca hexagonal y empaques de asbesto con espesor de 3.175 mm.

2.2.15 Dilatación y soporte de tuberías

Las tuberías siempre se instalan a temperatura ambiente. Cuando transportan fluidos calientes, como agua o vapor, funcionan a temperaturas superiores y, por lo tanto, se expanden especialmente en longitud, al pasar de temperatura ambiente a temperatura de trabajo, esto creará tensiones en ciertas zonas del sistema de distribución, como la junta de las tuberías, que pueden llegar a romperse.

Material	Rango de temperatura °C							
	< 0	0 - 100	0 - 200	0 - 315	0 - 400	0 - 485	0 - 600	0 - 700
Acero suave 0,1-0,2 % C	12,8	14,0	15,0	15,6	16,2	17,8	17,5	-
Acero aleado 1 % Cr 0,5 % Mo	13,8	14,4	15,1	15,8	16,6	17,3	17,6	-
Acero inoxidable 18 % Cr 8 % Ni	9,4	20,0	20,9	21,2	21,8	22,3	22,7	23,0

Ilustración 29 Coeficiente de dilatación

Fuente: (Spirax-Sarco, 2020)

2.2.16 Transferencia de calor en tuberías

Una de las maneras más sencillas de calcular la pérdida de calor en una tubería es a través de la siguiente tabla y una ecuación. La tabla supone condiciones ambientales entre 10 y 21 °C y considera las pérdidas de calor en tuberías horizontales de distintos tamaños a varias presiones.

Diferencia de temperatura entre vapor y aire °C	Tamaño do tubería									
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	150 mm
	W/m									
56	54	65	79	103	108	132	155	188	233	324
67	68	82	100	122	136	168	198	236	296	410
78	83	100	122	149	166	203	241	298	360	500
89	99	120	146	179	205	246	289	346	434	601
100	116	140	169	208	234	285	337	400	501	696
111	134	164	198	241	271	334	392	469	598	816
125	159	191	233	285	285	394	464	555	698	969
139	184	224	272	333	333	458	540	622	815	1 133
153	210	255	312	382	382	528	623	747	939	1 305
167	241	292	357	437	437	602	713	838	1 093	1 492
180	274	329	408	494	494	676	808	959	1 190	1 660
194	309	372	461	566	566	758	909	1 080	1 303	1 852

Nota: Emisión de calor en tuberías horizontales sin protección con temperatura ambiente entre 10°C y 21°C y aire en calma.

Ilustración 30 Emisiones de calor en tuberías

Fuente: (Spirax-Sarco, 2020)

2.2.17 Aislamiento térmico en tuberías

Los aislamientos térmicos son fabricados en una variedad de formas de acuerdo a las aplicaciones y funciones específicas que se requieran. Estos elementos constructivos, cuya función en las líneas de agua caliente, agua helada, vapor y retornos es la de mantener la temperatura requerida y de proyecto, protegiendo a las del medio ambiente para cada caso.

El instituto mexicano del seguro social (2004), sugiere especificaciones técnicas y materiales para el aislamiento en tuberías las cuales se mencionan a continuación.

Especificaciones

- Aislamiento preformado para tuberías:
- ASTM C-547
- NOM-C-230-85
- Clase I y II respectivamente
- Marca que cumple con esta Norma: Vitro-fibras, S.A.

Materiales

- Cañas de fibra de vidrio
- Manta
- Sellador

Las tuberías de agua caliente y retorno de agua helada y retorno de vapor deben aislarse térmicamente empleando tubos preformados en dos medias cañas, de fibra de vidrio, según lo indique el proyecto. Los tubos preformados de fibra de vidrio deberán cumplir las siguientes características físicas:

- Conductividad térmica: 0.278 k cal. m/m² h. °C a 24 grados centígrados de temperatura promedio
- Densidad: 80 Kg/m³
- Absorción de humedad: 0.2% por volumen en 96 h, a 48.88 °C (120 °F) y 95% H. R. - 85% H.R. (*)

El aislamiento de las tuberías instaladas en lugares donde puedan estar sujetas a abuso mecánico o bien instaladas a intemperie, deberá protegerse mediante un envolvente de lámina de aluminio lisa de 0.718 mm de espesor, fijándose con remaches a cada 30 cm.

2.2.18 Tipos de válvulas utilizadas en los sistemas de vapor

Una válvula es un dispositivo que puede iniciar, detener o regular el paso de un fluido, mediante una pieza móvil que abre u obstruye uno o más orificios o conductos. Las válvulas son unos de los instrumentos más esenciales en la industria, debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de fluidos, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Según la empresa distribuidora de accesorios de línea de vapor Vpica se puede decir entonces que las válvulas para vapor son aquellas que; abren, cierran o regulan el paso de vapor en un proceso productivo. Existe una gran variedad de diseños y materiales apropiados de acuerdo a su uso y aplicación particular. (Ing. Andrea Gomez, 2018)

La tarea de especificar una válvula para un uso particular, implica determinar su tipo y diseño de acuerdo a las necesidades y características de la instalación, fijar sus dimensiones de acuerdo a la presión de trabajo, elegir el tipo de conexión a la tubería de acuerdo a la facilidad de montaje y servicio o la menor posibilidad de fugas, puntos de corrosión u otros problemas y elegir los materiales de los diversos componentes (cuerpo y partes móviles), de acuerdo a la agresividad (corrosión u abrasión) del fluido, bajo las condiciones de temperatura y presión de operación.

Válvulas de Corte:

Existen muchos tipos de válvulas, pero las válvulas manuales usualmente utilizadas en sistemas de vapor son las de globo, bola, compuerta y mariposa.

2.2.20.1 Válvula de compuerta:

Este tipo de válvula es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Este tipo de válvulas suele utilizarse en sistemas de vapor para cortar el paso de vapor en los arreglos de regulación, control, entre otros. Es estimada a operar totalmente abierta o totalmente cerrada y no introduce caída de presión en la línea. Para la instalación y mantenimiento de

válvulas de alta sustentación y alta rigurosidad, se necesita espacio libre en la parte superior. Las aplicaciones para sólidos gruesos en suspensión podrían ser problemática, ya que puede causar desgaste del asiento y problemas de cierre. El vástago externo evita el contacto constante con el fluido, permite la fácil lubricación e indica claramente el estado cerrado o abierto.

Usos:

En Sistemas de vapor, este tipo de válvula es muy utilizada para cortar o abrir el paso de vapor en las líneas, ya sea principales o líneas de distribución.



Ilustración 31 Válvula de compuerta

Fuente: [Las válvulas de vapor | vpica](#)

2.2.20.2 Válvula de bola:

Las válvulas de bola son de ¼ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto. Es de operación muy rápida y se utiliza para abrir o cerrar el paso de fluido. Logra un buen sello de la bola con el asiento (anillo de goma sintética, TFE, RTFE, Nylon y otros) sin depender del torque externo. Es la elección para una operación de abrir y cerrar muy frecuente. No se utiliza para regular flujos ya que, en posición semicerrada, los asientos se resienten. Su operación puede ser fácilmente automatizada.



Ilustración 32 Válvula de bola

Fuente: [Las válvulas de vapor | vpica](#)

2.2.20.3 Válvula de globo:

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería. Es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado (On-Off).

Usos:

Este tipo de válvula se usa en las líneas de bypass de los arreglos de vapor en la industria. La misma actúa como reemplazo de la válvula Reguladora o de Control cuando hay que realizar el mantenimiento de estos equipos, ya que su configuración interna permite tener un control más o menos estable del vapor, sin sufrir tanto desgaste interno.



Ilustración 33 Válvula de globo

Fuente: [Las válvulas de vapor | vpica](#)

2.2.20.4 Válvula mariposa:

La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación. Está destinada fundamentalmente a regular flujos (con mínima resistencia y caída de presión) aunque puede, en ocasiones, ser usada para abrir y cerrar. Formada por un disco que pivotea en un eje o semi-ejes, con un recorrido de 90° . Es de relativamente bajo costo, fácil de instalar y de operar. Se conecta a la tubería, usualmente mediante flanges. Los diseños más usuales son tipo Wafer (sólo dos perforaciones para alinear) y tipo Lug (con ocho o más perforaciones).

Una amplia selección de materiales de cuerpo y disco se encuentra disponible con recubrimientos que abarcan desde goma natural hasta PTFE. Excelente para sistemas que requieren una unidad compacta y liviana que sea igualmente buena, en términos generales, para trabajos de regulación y apertura y cierre. Deben evitarse las aplicaciones con sólidos de gran tamaño o gruesos, como también la operación de disco demasiado rápida ya que existe la posibilidad de inducir un aumento de presión y golpes de agua.



Ilustración 34 Válvula de mariposa

Fuente: [Las válvulas de vapor | vpica](#)

2.2.20.5 Válvulas de seguridad:

En la industria al utilizar sistemas que operan a presión, como en nuestro caso las calderas, el sistema puede verse sometido a presiones superiores a la de diseño, con el riesgo de explosión, pudiendo causar graves consecuencias tanto para las personas como para las instalaciones cercanas. Para prevenir este riesgo se instalan en estos equipos válvulas de seguridad, que permitan por medio de la descarga del fluido contenido, aliviar el exceso de presión. Así, las válvulas de seguridad constituyen un elemento clave de seguridad utilizado ampliamente en la industria y exigido según las normas, por lo que es importante entender adecuadamente su funcionamiento y sus limitaciones.

Las válvulas de seguridad para vapor, además de utilizarse en las calderas, se emplean también luego de un proceso de regulación o control, para proteger a los equipos aguas abajo de un aumento de presión.



Ilustración 35 Válvula de seguridad

Fuente: [Las válvulas de vapor | vpica](#)

2.2.20.6 Válvula check

Una válvula check es un tipo de válvula que permite al fluido fluir en una dirección, pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo).

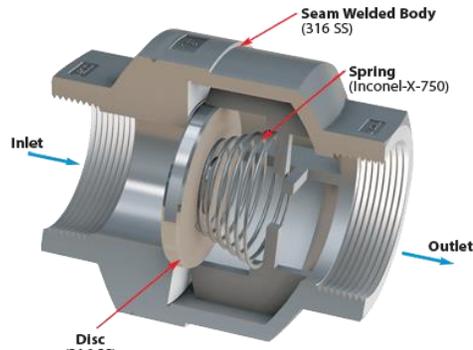


Ilustración 36 Válvula check

Fuente: Las válvulas de vapor | vptica

2.2.19 Recuperación de condensados y purgas

Las líneas de retorno de condensados, permiten la recolección del agua residual en tuberías en un tanque de almacenamiento que alimenta nuevamente al generador, cerrando así el circuito del sistema. En dicho tanque, el agua se encuentra a una temperatura de 85 °C, de esta manera el generador no sufrirá un choque térmico o un cambio de temperatura brusco al momento de reponer el agua que se haya evaporado.

Las ventajas de elegir el tipo de purgador más apropiado para una determinada aplicación serán en vano si el condensado no puede encontrar fácilmente el camino hacia el purgador. Por esta razón debe considerarse cuidadosamente el tamaño y la situación del punto de purga. Debe considerarse también qué le ocurre al condensado en una tubería de vapor cuando se produce una parada y todo el flujo cesa. Este circulará en la dirección descendente de la tubería por efecto de la fuerza de la gravedad, y se acumulará en los puntos bajos del sistema. Los purgadores deberán, por tanto, montarse en esos puntos bajos. (Spirax-Sarco, 2020)

2.3 HIPÓTESIS

La falta de una evaluación en el sistema de generación de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, impide tener la información necesaria para conocer el estado actual, el cual puede estar consumiendo más recursos económicos que la media en este tipo de sistema.

Variable independiente: Evaluación.

Variable dependiente: Estado actual del sistema de generación de vapor.

Tabla 5

Tabla de operacionalización de las variables

Variable	Concepto	Indicador	Fuente
Evaluación	María Rosales en su informe sobre la evaluación sumativa y formativa (2014) define. La evaluación como "el proceso de recogida y tratamiento de informaciones pertinentes, válidas y fiables para permitir, a los actores interesados, tomar las decisiones que se impongan para mejorar las acciones y los resultados." (pag.3).	<ul style="list-style-type: none">• Fiabilidad del funcionamiento.• Buena capacidad de producción de vapor.• Estado de operación actual.• Estabilidad de trabajo.	<ul style="list-style-type: none">• Entrevista• Observación directa• Encuesta semi estructura

<p>Estado actual del sistema de generación de vapor.</p>	<p>Spirax Sarco en su guía de referencia técnica sobre distribución de vapor, (2020) plantea. Un sistema de generación de vapor es un enlace importante entre la fuente generadora de vapor y el usuario. La fuente generadora de vapor puede ser una caldera o una planta de cogeneración. Esta, debe proporcionar vapor de buena calidad en las condiciones de caudal y presión requeridas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento. • Estado de operación. • Diseño. • Capacidad instalada. • Capacidad de abastecimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación directa y datos estadísticos. • Cálculos y mediciones.
--	---	--	---

CAPITULO III

3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Hospital Escuela San Juan de Dios, ubicado en la salida sur de la ciudad de Estelí, cabecera del departamento de Estelí, en el km 139 sobre la carretera panamericana.

Las coordenadas del Hospital Escuela San Juan de Dios, está entre los $13^{\circ}03'58.2''N$ latitud norte y $86^{\circ}20'57.8''W$ latitud oeste, con una ubicación sobre el nivel del mar correspondiente de 881 m.s.n.m.

Micro localización (HESJDE)



Ilustración 37 Ubicación del área de estudio

Fuente:

Sistema de generación de vapor del Hospital Escuela San Juan De Dios, Estelí.	Coordenadas	Altura
Entrada principal al Hospital escuela San Juan de Dios.	$13^{\circ}03'58.2''N$	881m
Área de sistema de generación de vapor.	$86^{\circ}20'57.8''W$	

<https://n9.cl/obkdz>

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según las características de la investigación y debido a los métodos, es de enfoque cuali-cuantitativo, es decir de tipo (mixta). De acuerdo con Roberto Hernández Sampieri en su libro de metodología de investigación (2003), define que, “este modelo mixto representa el más alto grado de integración y combinación entre los enfoques cualitativos y cuantitativos, (pag.21).

Se define como cualitativa debido a que se basó en la aplicación de instrumentos de recolección de datos, entre ellos, observación participante y entrevista libre, realizadas a tipo de conversación, a su vez, como se menciona anteriormente la investigación es también de enfoque cuantitativo, es decir se realiza la evaluación a través de cálculos financieros y de operación, de igual forma, a través de la aplicación de encuestas semiestructuradas y guía de observación.

La investigación es del tipo aplicada, dado que busca la resolución de problemas prácticos y concretos de forma sintética, busca confrontar la teoría con la realidad, dependen de descubrimientos y avances.

Conforme al diseño de la investigación es de tipo no experimental, debido a que como investigadores no atenuamos cambios intencionales en las variables estudiadas, es decir no modificamos o alteramos los parámetros de operación del sistema para realizar la evaluación.

Con base al alcance temporal de la investigación, es de tipo transversal, dado que se condujo en un periodo de tiempo determinado.

De acuerdo con el alcance de la investigación, es de tipo exploratorio con un diagnóstico descriptivo, exploratorio porque permite examinar un tema poco estudiado, dado que nuestra problemática se basa en la falta de estudios relacionados con el funcionamiento del sistema de generación y distribución de vapor, cabe mencionar que lo consideramos exploratorio específicamente para el HESJDE, tomando en cuenta el problema actual; descriptivo porque nos permite recolectar datos, identificar los problemas actuales, a su vez medir y evaluar la forma de operación del sistema de redes de vapor, describiendo los parámetros a investigar.

3.3 UNIVERSO DE ESTUDIO

En el informe sobre metodología de la investigación de Jacqueline Wigodski (2010), define al universo de estudio como un “conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado.”

Concierne a las instituciones de salud pública del departamento de Estelí, correspondientes a los municipios de, Estelí; Hospital Escuela San Juan de Dios, la Trinidad; Hospital Pedro Altamirano, Condega; Hospital primario Ada María López, Pueblo nuevo; Hospital primario Monseñor Julio Videau y el centro de salud del municipio de Estelí; Leonel Rugama, tomando como única referencia al Hospital Escuela San Juan de Dios, por su mayor nivel de resolución, tomando en cuenta que es el único hospital que posee un sistema de generación y distribución de vapor completo, puesto que el tema de estudio se basa específicamente en la evaluación de este sistema.

3.4 MUESTRA

Al centrarnos en el tipo de universo/población correspondiente al estudio, se estableció como referencia para nuestro universo, principalmente a las instalaciones del Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, así mismo, se determinó la muestra, la cual abarca a las personas encargadas tanto del área de mantenimiento como a los operarios de las áreas que se abastecen del sistema de generación de vapor, concluyendo así con una muestra equivalente a 17 personas distribuidas por área, por consiguiente siendo a quienes se les aplicará la encuesta semiestructurada.

Tabla 6

Ecuación para determinar la muestra con población finita

Datos a utilizar
(N) Población o universo = 17
(P) Estimación proporcional = 0.5
(Q) Diferencia de la estimación proporcional (1-P) = 0.5
(e) Margen de error = 5%
(Nc) Nivel de confianza = 95%
(Z) Valor del estadístico z = 1.96

Fuente: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com>

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * P * Q}$$

$$n = \frac{17*(1.96)^2*0.5*0.5}{(17-1)*0.05+(196^2)*0.5*0.5} = 17 \text{ personas}$$

Se empleo la ecuación para calcular la muestra con población finita, como un comprobante de que la cantidad anteriormente elegida equivalente a 17 personas, resultan obligatoriamente necesarias para la aplicación de las encuestas semiestructuradas, dado que es una cantidad excesivamente pequeña.

3.4.1 Tipo de muestreo

El tipo de muestreo correspondiente al estudio en cuestión, es de tipo no probabilístico, desde el punto de vista de Marcelino Cuesta y Fco. J. Herrero (2009) ,”el muestreo no probabilístico es una técnica, dónde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados”.

Se seleccionan a las personas siguiendo determinados criterios, en este caso por intencionalidad según las áreas en que trabajan y la labor que cada uno desempeña; el uso de este método nos resulta más efectivo ya que contamos con un número limitado de personas que pueden participar en la investigación.

3.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

De acuerdo con Roberto Hernández Sampieri (2003) , define las técnicas de recolección de datos “como un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente”.

Las técnicas de recolección de datos nos ayudaron a obtener y estudiar la información necesaria para realizar la evaluación en el sistema de generación de vapor.

- Observación directa:

Como señala Dania Orellana López (2006), Las técnicas de recolección de datos basadas en la observación y participación, practicadas en entornos convencionales, consisten en la observación que realiza el investigador de la situación social en estudio, procurando para ello un análisis de forma directa, entera y en el momento en que dicha situación se lleva a cabo, en donde su participación varía según el propósito y el diseño de investigación previstos.

Mediante la aplicación de este método, nos permite a través de un formato específico, la recolección de datos para conocer el estado de cada una de las partes del sistema de generación de vapor.

- Entrevista libre o no estructurada:

Esta técnica se realiza a través de preguntas abiertas para la obtención de información mediante una conversación entre el entrevistador y el entrevistado, la cual se hará específicamente a los colaboradores del área de mantenimiento en donde se encuentra ubicado el sistema de generación de vapor, esto con el propósito de obtener información más detallada acerca del mismo, este método consiste en que el individuo entrevistado responde con sus propias palabras y según su punto de vista las interrogantes basadas en su experiencia.

- Entrevista:

De acuerdo con Hernández Sampieri en su libro de metodología de investigación (2003) establece. “Las entrevistas implican que una persona calificada (entrevistador) aplica el cuestionario a los participantes; el primero hace las preguntas a cada entrevistado y anota las respuestas”.

Su papel es crucial. Este tipo de técnica utilizada consiste en establecer preguntas elaboradas a profundidad dirigidas directamente al personal encargado del manejo y mantenimiento del sistema de generación de vapor, de tal manera que aborde la temática con un enfoque más técnico para adquirir datos detallados sobre los parámetros de operación de dicho sistema, el instrumento utilizado en este método es una guía de entrevista realizada con anticipación para cada uno de los colaboradores.

- Encuesta semiestructura:

Según Casas Antigua, Repullo Labrador, & Donado Campos define a la encuesta como “una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procesos estandarizados” (2003, págs. 143-162).

La encuesta nos ayuda a corroborar aspectos clave sobre el sistema de generación de vapor, a su vez enriquecer las respuestas dirigidas a la consecución de los objetivos propuestos.

3.6 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presenta etapas en sus diferentes fases de desarrollo que están relacionadas de forma coherente y ajustables según el avance del mismo estudio.

Etapas I. Investigación documental

Para llevar a cabo la evaluación del sistema de generación de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, se realizó un proceso de indagación relacionada con la investigación, se consultó en diferentes fuentes de referencia como; libros de metodología, documentos afines a la temática, estudios anteriormente realizados y páginas web.

Este proceso se ejecutó durante el transcurso de toda la investigación, el cual nos permitió desarrollar nuevos conocimientos y obtener explicaciones sobre el tema en cuestión, así mismo ayudó a concretar la idea general del estudio, fortaleciendo el enfoque teórico y científico que se involucra de manera primordial en la evaluación.

Etapas II. Diseño de los instrumentos

Para poder conocer a profundidad la problemática que presenta el sistema de generación de vapor, realizamos algunos instrumentos que nos ayudarán a investigar aspectos específicos de su funcionamiento y posibles fallas, estas técnicas serán la entrevista libre y semiestructurada, guía de observación y encuestas que nos permiten una comunicación más eficiente con el ingeniero, obreros encargado del sistema y colaboradores de las áreas de abastecimiento, quienes están más relacionados con el tema en cuestión.

Primeramente, abarcaremos la guía de observación, la cual permite detectar o tomar registros de determinados hechos notables en el funcionamiento y el estado del sistema de generación de vapor, de esta manera mediante la toma de datos en guía, ayuda a comprender la verdadera problemática que presenta. La observación es uno de los métodos más importantes y utilizados en las investigaciones enfocándonos en la importancia de ver los hechos de manera presencial. (Anexo N° 1).

Otro de los instrumentos utilizados fue la entrevista libre o no estructurada, esta técnica se realiza a todos los colaboradores del área de mantenimiento, con el objetivo de obtener conocimientos básicos sobre la forma de operación del sistema; la entrevista libre se trabaja con preguntas abiertas sin un orden preestablecido, adquiriendo características de una conversación, en este tipo de instrumento como entrevistadores solo se tiene una idea aproximada de lo que se preguntara.

La siguiente técnica elaborada es la entrevista, la cual se ejecuta al ingeniero encargado del área de mantenimiento y al obrero que opera en la zona donde se ubica el sistema de generación de vapor, con el propósito de indagar sobre la forma de operación, conocer la frecuencia con la que ocurren fallos; por esta razón se emplea dicho instrumento, el cual contiene preguntas anticipadamente elaboradas para enfocarnos en detalles tanto generales como específicos sobre la capacidad con la que cuenta el sistema actualmente. (Anexo N° 2)

Por último, llevaremos a cabo una encuesta semiestructurada con el propósito de conocer aspectos claves y necesarios, que nos permitan llegar a posibles resultados basados en los objetivos formulados. Este instrumento se realizará específicamente a los colaboradores de las áreas de abastecimiento y a los operarios del sistema de generación y distribución de vapor. (Anexo n°3)

Etapas III. Trabajo de Campo.

Una vez diseñados los instrumentos de recolección de datos, se comenzó el proceso de trabajo de campo con el permiso del encargado del área de mantenimiento quien nos permitió el enlace con los trabajadores, que a su vez accedieron a colaborar con responder nuestras preguntas y aclarar dudas. La forma de llevar a cabo esta etapa es mediante la aplicación de los instrumentos anteriormente mencionados y mediciones que nos permiten valorar cuan eficiente está trabajando el sistema.

Para llevar a cabo la evaluación fue necesario analizar las respuestas recopiladas por nuestros instrumentos, identificar qué factores son de suma importancia para los resultados. Así mismo realizamos medidas en toda el área de mantenimiento, abarcando las áreas que son abastecidas por el sistema de generación de vapor, con el fin de conocer su diseño e identificar qué tan eficiente fueron ubicadas las redes de distribución; para ello se realizó un plano de toda el área con ayuda del aplicativo informático AutoCAD de manera que una vez plasmado se pueda hacer un mejor análisis sobre el mismo.

Para recopilar datos en esta etapa no solo fueron utilizados los instrumentos que se mencionan anteriormente, si no también hicimos uso de mediciones y cálculos que nos permiten saber con mejor exactitud el trabajo de operación que actualmente ejerce el sistema.

Para realizar los cálculos en conjunto con el análisis de los mismos, obligatoriamente se toman en cuenta partes fundamentales del sistema de generación de vapor como la caldera, que tiene como función distribuir el vapor hacia las áreas de abastecimiento, las tuberías principales, ramales de vapor, entre otros que serán especificados más adelante.

Etapa IV. Ordenamiento de la información.

Esta etapa consiste en almacenar y ordenar toda la información obtenida gracias a las técnicas de recolección de datos. Los apuntes recopilados en los cuestionarios se insertaron en el programa estadístico SPSS, el proceso se realizó a través de estadística descriptiva, es decir gráficos de barras, a su vez pruebas no paramétricas para medir el grado de relación entre las variables de más interés con el uso de la prueba de correlación Tau c de Kendall, de igual forma los datos de las entrevistas y demás métodos aplicados se mostraron en el capítulo de resultados, como también las medidas adquiridas en trabajo de campo las cuales se mostraron a través de un plano elaborado en el aplicativo informático AutoCAD como elementos cruciales para darle salida a nuestros objetivos a través de Microsoft Office Word.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente etapa, se desarrollan los resultados obtenidos del trabajo de investigación, llevado a cabo en el sistema de generación y distribución de vapor del HESJDE, con la finalidad de concretar la información para un mejor análisis y cumplimiento de los objetivos propuestos.

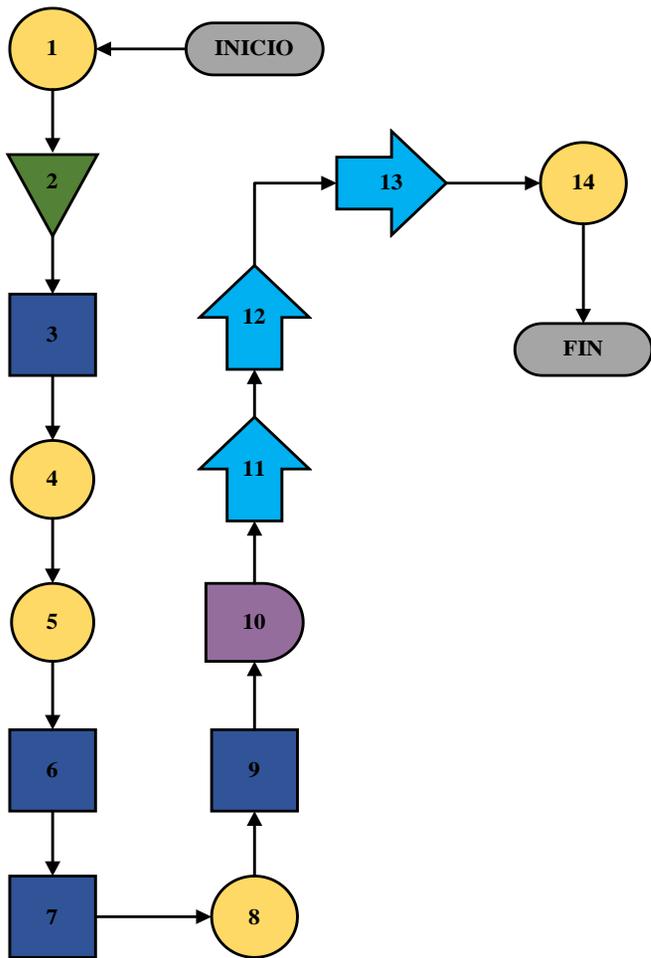
De manera que el estudio desarrollado permitió definir aquellos aspectos planteados como temas centrales u objetivos trazados de manera previa en este estudio.

4.1 Diagnóstico del funcionamiento del sistema de generación de vapor.

En referencia al cumplimiento de este objetivo, enfocados en el funcionamiento actual del sistema de generación de vapor, los instrumentos empleados para la realización de dicho diagnóstico se encuentran: la guía de observación, entrevista libre y entrevista semi estructurada, así como, la encuesta semi estructurada y la observación directa.

Cabe recalcar que el método que permitió corroborar la información sobre el funcionamiento del sistema desde su generación hasta su distribución en las estaciones de demanda, fue la observación directa y la entrevista libre que se llevó a cabo con los operarios del área de mantenimiento.

La importancia de haber utilizado los dos métodos anteriormente mencionados, es para poder presenciar factores relevantes en el funcionamiento del sistema, por consiguiente, la información brindada por los operarios es precisamente comprobada por el equipo de investigación. Por lo tanto, en resultado de la aplicación del siguiente diagrama de flujo se refleja las operaciones del sistema de generación y retorno de vapor, mostrando su respectiva señalización a cada operación.



- 1.Recepción de materia prima
2. Almacenamiento materia prima
3. Operación segura
4. Suministro de materia prima
5. Ablandamiento del agua
6. Control de alimentación de agua
7. Combustión Segura
8. Puesta en Marcha
9. Equipos auxiliares
10. Cambio de estado
11. Distribución de vapor
12. Estaciones de demanda de vapor.
13. Retorno de condensado
14. Purgas
15. Inspección continua



Figura 1 Diagrama esquemático de flujo

Fuente: Equipo de investigación.

Las ventajas de realizar este tipo de diagrama, es que se aborda de manera específica el proceso de funcionamiento del sistema, ya que en este se encuentran las actividades fundamentales.

Otro factor importante a considerar es la ejecución de una **entrevista**, la cual se elaboró con el propósito de ser aplicadas a las personas que más intervienen en el funcionamiento del sistema de generación y distribución de vapor.

Una vez elaborada se evaluó la confiabilidad con base a la coherencia de las preguntas, de esta manera logramos obtener respuestas más concretas para llegar a un análisis específico, las preguntas fueron verificadas por un Ingeniero Mecánico experto en el tema.

Este instrumento consta de preguntas diferentes para cada persona, específicas y directas sobre el tema a abordar.

La primera entrevista fue aplicada al Ingeniero Mecánico Allan Fuentes Peralta, jefe del departamento de Ingeniería y mantenimiento del HESJDE, quién afirmó la relevancia de realizar el estudio en cuestión tomando en cuenta las ventajas que conlleva, como identificar fallos y evaluar la calidad de funcionamiento del sistema.

Entre sus respuestas recalcó los aspectos que le traerían beneficios, como el evaluar la eficiencia y proponer mejoras en las áreas que se identifican como principal problema, siendo él, responsable del área de Ingeniería y mantenimiento. Es decir, el tema de estudio no solo beneficia a las personas que se abastecen del sistema de generación y distribución de vapor, sino también a los colaboradores encargados del manejo del mismo.

Una de las preguntas realizadas al Ingeniero fue sobre las mejoras recientemente llevadas a cabo en el sistema, esto con el propósito de tomar en cuenta la cantidad de veces que han renovado o reparado algunas partes del mismo, siendo la respuesta sumamente positiva, únicamente se realizó cambio de equipos por nuevas tecnologías, considerando la vida útil de los equipos sustituidos.

El ingeniero Allan mencionó los fallos más comunes en el sistema de generación de vapor, siendo estos las pérdidas por fugas en las tuberías de la red de vapor y pérdidas de energía por falta de aislamiento, considerándolos como aspectos relevantes e importantes para nuestra propuesta de alternativas de mejoras. A su vez reconoció la dedicación de los operarios a su cargo en cuanto a la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema.

La segunda entrevista realizada fue al operario de calderas, Marco Antonio Rivas con una experiencia laboral de 36 años considerando que su principal labor ha sido el control y manejo de sistemas de generación de vapor.

El señor Marco Antonio tiene amplio conocimiento en calderas como se mencionó anteriormente es el encargado de operación del sistema, a su vez ejerce la labor de esterilizar los equipos quirúrgicos.

Al responder una de las preguntas de entrevista, ¿Si se realizará una rehabilitación del sistema de generación y redes de vapor, que aspectos le gustaría se mejoraran?

Manifestó que los principales aspectos a tomar en cuenta, desde su punto de vista es el aislamiento de tuberías y la ubicación de algunos equipos de esterilización.

El realizar entrevistas a las dos personas con más conocimiento sobre el sistema de generación y distribución de vapor, nos benefició en gran manera, tomando en cuenta los fallos más comunes mencionados por ambos, a su vez los aspectos que les gustaría se tomaran en cuenta al mejorar o hacer un cambio en el área de mantenimiento y el sistema, de esta manera influyen para una propuesta de mejora más detallada y completa.

Posteriormente se presentan los gráficos que reflejan los resultados de las **encuestas** realizadas con el análisis correspondiente. Siendo esta la segunda etapa que complementa el diagnóstico del sistema de generación y distribución de vapor.

Aspecto No. 1 Género

Muestra la cantidad en porcentaje de mujeres y varones encuestados, tomando en cuenta a las 17 personas equivalentes a un 100%, es decir el 70.59% de encuestados fueron varones y el 29.41 mujeres, mostrando que la mayor cantidad de personas colaboradoras en esta área son varones, dicho de otra manera, quienes mayormente conocen este tipo de sistemas son hombres.

Aspecto No. 2 Área Laboral

Se identifican las áreas laborales de cada uno de los trabajadores, tomando en cuenta que no solo se abarcó mantenimiento como tal, a su vez todas las áreas que son abastecidas por el sistema de

generación de vapor; en las que se muestran las cantidades de trabajadores por área, representadas en porcentaje.

El 41.18 % representa el área de mantenimiento, el 17.65 % lavandería, 23.53% equivalente a cocina y por último las áreas de central de equipos, sala de máquinas y H.E.S.J.D.E cuentan con un porcentaje de 5.88%. Como resultado la mayor cantidad de trabajadores pertenece al área de mantenimiento.

Aspecto No. 3 Nivel Académico.

El cual refleja el nivel de estudio de cada uno de los encuestados de las diferentes áreas, esto con el propósito de conocer si las personas que más dominan el funcionamiento del sistema están guiadas por la experiencia o estudios anteriormente realizados.

El 47.06 % representa a educación secundaria, el 23.53% a educación primaria, 11.76% hasta el sexto grado de primaria y las últimas 3 categorías representan el 5.88% cada una, como Técnicos, Universitarios y tercer año de secundaria. Haciendo énfasis en que la mayoría de los colaboradores no tienen una educación universitaria es decir están preparados a base de la experiencia.

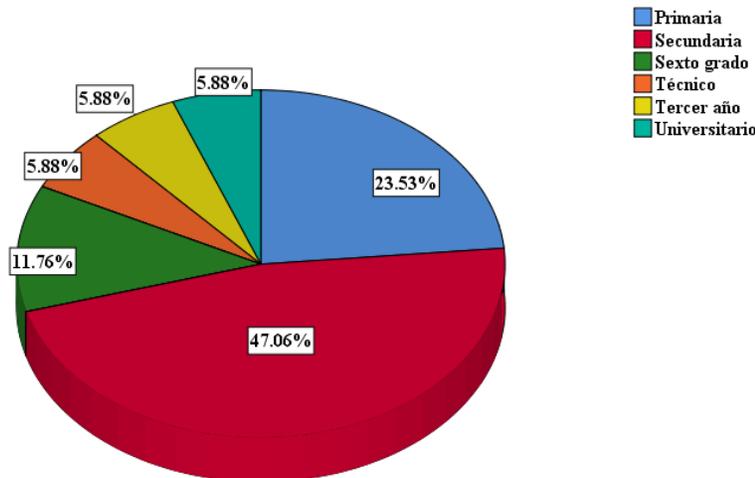


Gráfico 1 Nivel académico de los encuestados

Fuente: Equipo de investigación

Aspecto No. 4 Puesto laboral

En esta parte se muestra el puesto de trabajo de cada colaborador en sus respectivas áreas, concluyendo con un 41.18 % siendo técnicos de mantenimiento, un 17.65 % colaboradores del área de cocina, el 11.76 % operarios del área de lavandería, el resto de puestos laborales como, responsables de las áreas de mantenimiento, cocina, lavandería, central de esterilización y operario de calderas cuentan con un porcentaje equivalente a 5.88%. La mayor cantidad de colaboradores son técnicos de mantenimiento, dicho dato coincide con los porcentajes del área laboral anteriormente mencionada.

Pregunta No. 1 ¿Cuántas horas de abastecimiento de vapor necesita en el área en que labora?

En las opciones de respuestas en las que se les consultó sobre las horas de abastecimiento a dicha pregunta fueron las siguientes; de 1-3 h, 3-6 h, 6-9 h y 12 h, en el siguiente gráfico se muestran únicamente el porcentaje de 3 de las opciones, debido a que ninguno de los encuestados marcó la primera opción.

Un 40% de los encuestados necesitan de 3-6 h de abastecimiento de vapor en el área que laboran, el otro 40% ocupa de 6-9 h en sus áreas y el 20% se abastecen 12 h del sistema.

Cabe mencionar que nuestro 100% para esta pregunta equivale únicamente a 10 personas por la razón de que 7 de los encuestados no podían marcarla, puesto que no permanecen en un área en específico todo el tiempo.

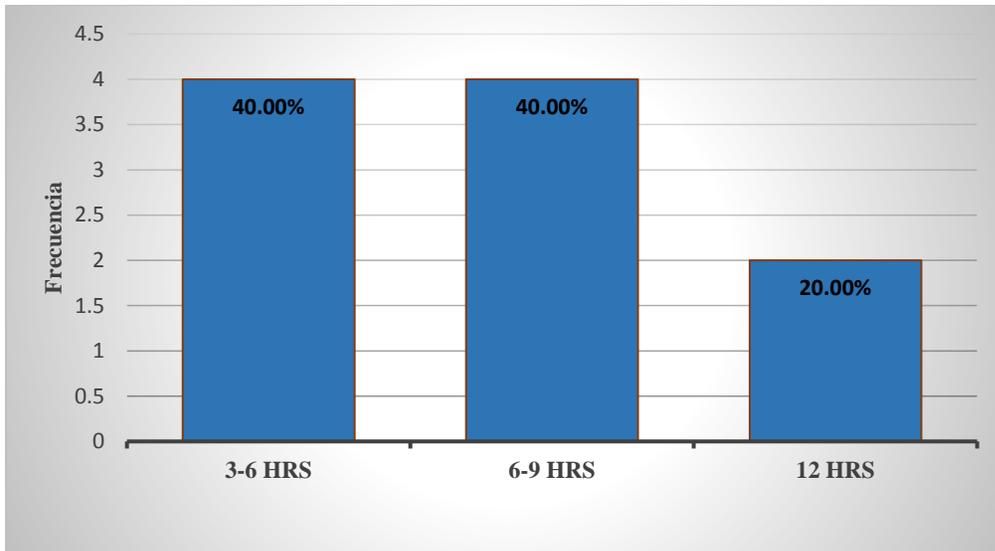


Gráfico 2 Horas de abastecimiento de vapor

Fuente: Equipo de investigación

Pregunta No. 2 ¿A quién recurre de primera instancia cuando ocurre un fallo en el sistema de generación de vapor?

Las opciones de respuesta a la pregunta son; Su superior inmediato, Dto. de mantenimiento, su experiencia, sus compañeros y manuales técnicos o de usuario, a la cual respondieron solamente a 3 de ellas, el 52.94 % recurren a su superior inmediato, el 41.18 % a departamento de mantenimiento y el 5.88% a sus compañeros de trabajo.

Villanueva y Enrique Dounce en su libro sobre la productividad en el mantenimiento industrial (2014) , define una falla como una desviación a una situación esperada; se reconoce una falla por medio de la comparación de lo que está sucediendo con lo que debería suceder. Cuanto mejor conozca el diagnosticador cómo deben trabajar las máquinas a su cargo, así como todas y cada una de sus partes, más fácilmente reconoce una falla cuando ésta se suscita, aun en forma no muy evidente.

De esta manera se llega a la conclusión de quienes tienen la mayor responsabilidad al ocurrir un fallo en el sistema, son los encargados de cada área de abastecimiento.

Pregunta No. 3, 4 y 5

- ¿Cree que, en términos generales, el estudio es relevante e importante?

-Interrupción de trabajo a causa de fallas en el sistema.

-Conocimiento de funcionamiento básico o partes del sistema de generación.

Cada una de las preguntas tienen las mismas opciones de respuestas las cuales concluyen en Si y No, es por ello que se tomó la decisión de reflejarlas en un mismo gráfico, es decir los porcentajes mostrados llegan a la sumatoria de 100 % tomando en cuenta las 3 preguntas.

El 34.48 % del gráfico representa el 58.82% de su 100% tomando como propia la respuesta sobre conocimiento del funcionamiento básico del sistema de generación, el 6.90 % representa el 11.76% de la respuesta particular a la interrupción de trabajo a causa de fallas en el sistema y el 58.62% es el 100% de la respuesta individual a la importancia del estudio en cuestión.

Cabe destacar que los porcentajes mostrados son representativos de las respuestas, “Si”.

Se debe mencionar el análisis positivo de las respuestas recopiladas, todas las personas encuestadas consideran importante la ejecución del estudio en cuestión, de igual manera más de la mitad conocen el funcionamiento del sistema de generación de vapor y muy pocas veces el sistema ha interrumpido las labores de las áreas de abastecimiento.

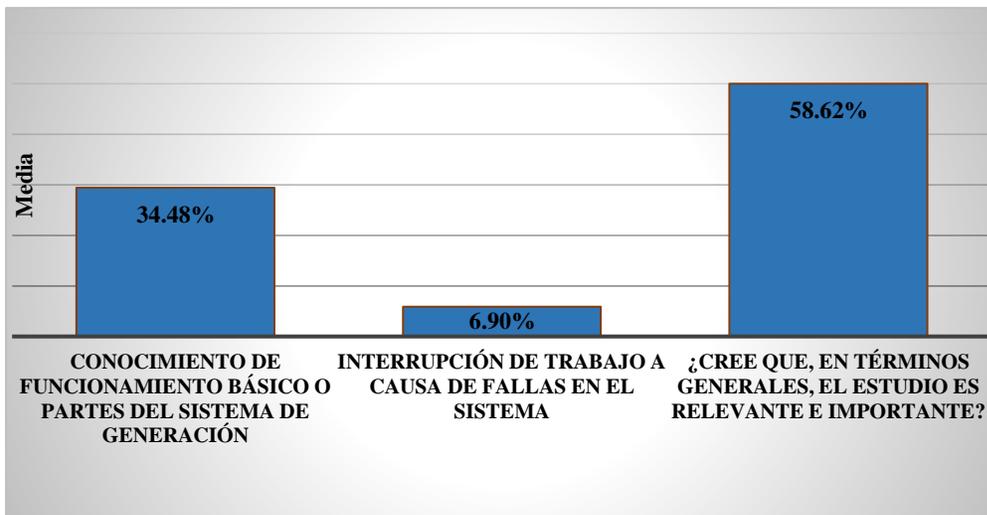


Gráfico 3 Importancia del estudio, interrupción de trabajo y conocimientos sobre funcionamiento básico

Fuente: Equipo de investigación

Pregunta N0. 6. Compromiso con la labor que ejercen los colaboradores, valoración de 0 a 10.

Las respuestas a la siguiente pregunta son valoraciones del 0 al 10, dentro de las respuestas solo se marcaron dos opciones, 8 y 10.

El 11.76% se siente comprometidos a un 8 y el 88.24% un 10 completamente comprometidos. Concluyendo con respuestas positivas tomando en cuenta que la mayor parte de los colaboradores de estas áreas están muy comprometidos con su labor.

Pregunta No. 7 Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda

Tiene 4 opciones de respuestas las cuales son; sumamente efectivo, muy efectivo, poco efectivo y nada efectivo. En el siguiente gráfico se muestran las dos opciones que marcaron los encuestados. El 66.67 % considera que el suministro de vapor en sus áreas es muy efectivo y el 33.33% lo marca como poco efectivo. Es importante mencionar que el 100% de esta pregunta equivale a 9 personas, es decir 8 de las personas encuestadas no podían responderla debido a que no permanecen en una sola área.

Ser eficiente y eficaz es igual a ser efectivo. La efectividad de suministro de vapor se relaciona con la capacidad que tiene el sistema de ejercer su trabajo y cumplir con el objetivo propuesto.

Puede concluirse que los resultados obtenidos reflejan datos positivos basados en la buena efectividad de suministro, claramente se muestra que la mayoría de los encuestados consideran que, el suministro de vapor es muy efectivo.

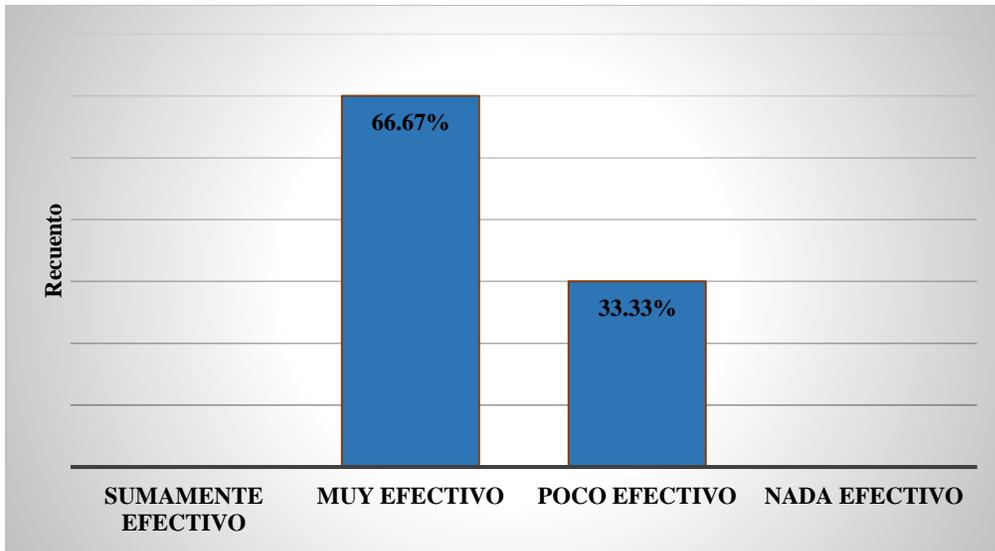


Gráfico 4 Efectividad de suministro

Fuente: Equipo de investigación

Pregunta No. 8 ¿El mal estado de los dispositivos de distribución, fugas de vapor y pérdidas de calor afectan las condiciones de operación del sistema?

El 47.06 % cree que definitivamente si afecta el mal estado de dichos dispositivos en las condiciones del sistema, el otro 47.06 % considera que probablemente si afecte y el 5.88% no esta seguro. Las dems opciones de respuestas no se reflejan debido a que no fueron marcadas por los encuestados.

De esta manera, según las respuestas de los encuestados es muy probable que el mal estado de dispositivos de distribución, pérdidas de calor y fugas de vapor afecten el funcionamiento del sistema de generación y distribución de vapor.

Pregunta No. 9 ¿En que medida cree importante hacer cambios o mejoras en el sistema de generación?

El 58.82% considera muy importante el realizar mejoras o cambios en sistema, las 3 opciones siguientes como; importante, medianamente importante y poco importante tienen un porcentaje de 11.76% cada una y por último el 5.88% considera muy poco importante el realizar mejoras en el sistema.

Consideramos las mejoras como el perfeccionamiento del sistema en general o de algunos de los dispositivos que lo componen, es decir progresar en cuanto a la labor del mismo.

Analizando las respuestas de los encuestados, demostramos que el estudio en cuestión es beneficioso según los colaboradores de las áreas relacionadas, ya que la mayoría considera importante el realizar mejoras en el sistema.

Pregunta No. 10

Aspectos notables y generales enfocados al sistema de vapor, valoración donde 10 significa “me preocupa muchísimo” y 0 “no me preocupa en lo absoluto”.

➤ Capacitación sobre el sistema de generación y distribución de vapor.

Al 70.59 % de los encuestados le preocupa mucho el tema sobre recibir capacitaciones enfocadas en el funcionamiento del sistema de generación de vapor, el 17.65% considera que le preocupa un 9 y un 11.76% expresa su preocupación con un 5.

Las capacitaciones son establecidas como el medio para lograr que los colaboradores conozcan aspectos básicos y necesarios sobre el sistema de generación y distribución de vapor.

Tomando en cuenta que la mitad de los encuestados conocen el funcionamiento del sistema, el mayor porcentaje releja con sus respuestas que si les preocupa poder optar por recibir capacitaciones.

➤ Disponibilidad de dispositivos de seguridad para los operarios del sistema.

Al 88.25% le preocupa mucho la disponibilidad de dispositivos de seguridad, un 5.88% de los encuestados expresa su preocupación con un 8 y el otro 5.88% con un 5.

Los dispositivos de seguridad los definimos como todo aquel artefacto que utilizan los operarios para su protección física al ejercer una labor que pueda generar algún riesgo.

La mayoría de las personas consideran importante el portar con dispositivos de seguridad para manipular el sistema en cualquiera de las áreas debido a su alto nivel de riesgo.

➤ **Realizar mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en el sistema.**

El mayor porcentaje de encuestados equivalentes a 76.47% reflejaron que, si les preocupa mucho que se realicen mantenimientos en el sistema, el resto de las valoraciones marcadas; 9, 8, 7, 5 son señaladas cada una por un 5.88%.

Según Villanueva y Enrique Dounce en el libro de mantenimiento industrial deduce al “mantenimiento como el cuidado que se le da a las máquinas para que éstas funcionen adecuadamente” (Villanueva, 2014, pág. 3).

Basándonos en el resultado concluimos que el realizar mantenimiento en el sistema es de gran importancia para los trabajadores que laboran en las áreas relacionadas con el sistema de generación y distribución de vapor.

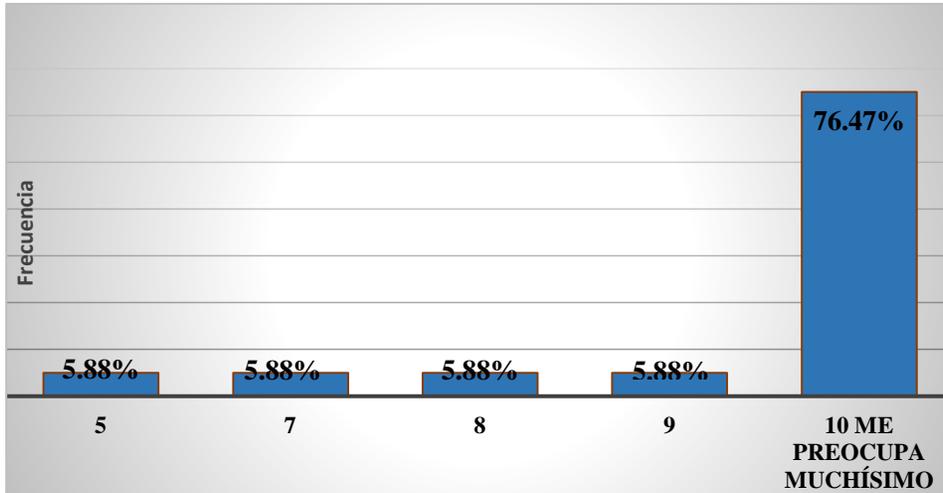


Gráfico 5 Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Suministro de químicos para tratamiento de agua en el área de calderas.**

Al 100% de los encuestados les preocupa el suministro de químicos para el tratamiento de agua en las calderas, este 100% es equivalente a 10 personas, puesto que los demás encuestados no tienen conocimiento de este aspecto, decidieron no marcarlo.

El resultado es congruente, dado que es vital el tratamiento adecuado de las aguas que se suministran al generador de vapor, debido a que si los parámetros físicos y químicos están fuera de rango o no son los adecuados provocan daños al sistema y de forma directa a los generadores de vapor, por lo tanto, se debe tener un control de los parámetros para evitar mantenimientos correctivos recurrentes de los equipos.

➤ **Aislamiento térmico en tuberías en las redes de vapor.**

El 100% de los encuestados consideran que les preocupa muchísimo el aislamiento en las redes de vapor.

Los aislamientos térmicos son fabricados en una variedad de materiales de acuerdo a las aplicaciones requeridas, la función principal de dichos elementos constructivos en las líneas de agua caliente, agua helada, vapor y retornos es la de mantener la temperatura requerida evitando pérdidas excesivas de calor por unidades de longitud.

Esto nos muestra que el aislamiento es uno de los factores que más se toman en cuenta por el personal colaborador.

➤ **Reparación de fugas en la red de vapor.**

Al 71.43% de los encuestados les preocupa que se hagan reparaciones en las fugas de la red de vapor, un 14.29 % lo considera como un 9 y el otro 14.29 lo expresa como un 8.

El 100% de esta pregunta es equivalente a 14 personas, debido a que 3 de los encuestados no tienen noción sobre este aspecto y tomaron la decisión de no tomarla en cuenta.

Dicho de otra manera, el resultado es de interés dado que muestra al mayor porcentaje de encuestados quienes consideran muy importante la reparación de estas.

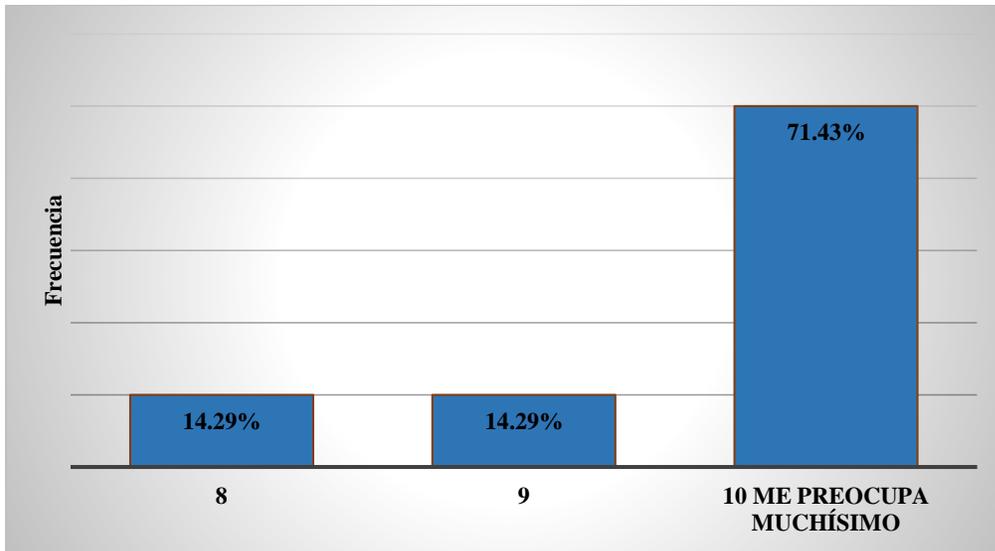


Gráfico 6 Reparación de fugas

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Cambios de dispositivos de control y distribución (válvulas) de la red de vapor.**

El 54.55% expresa su preocupación por el cambio de dispositivos de control y distribución de la red con un 10 es decir, les preocupa muchísimo, el 45.45% lo refleja cómo un 9; en esta pregunta el 100% equivale a 11 personas, a causa de que 6 de los encuestados no tienen conocimiento de los dispositivos de control y distribución.

Dado que la mayoría de las personas encuestadas y que respondieron a esta pregunta consideran que les preocupa muchísimo el cambio de los dispositivos de control y distribución, llegamos a la conclusión de que algunos de dichos dispositivos no se encuentran en el mejor estado posible.

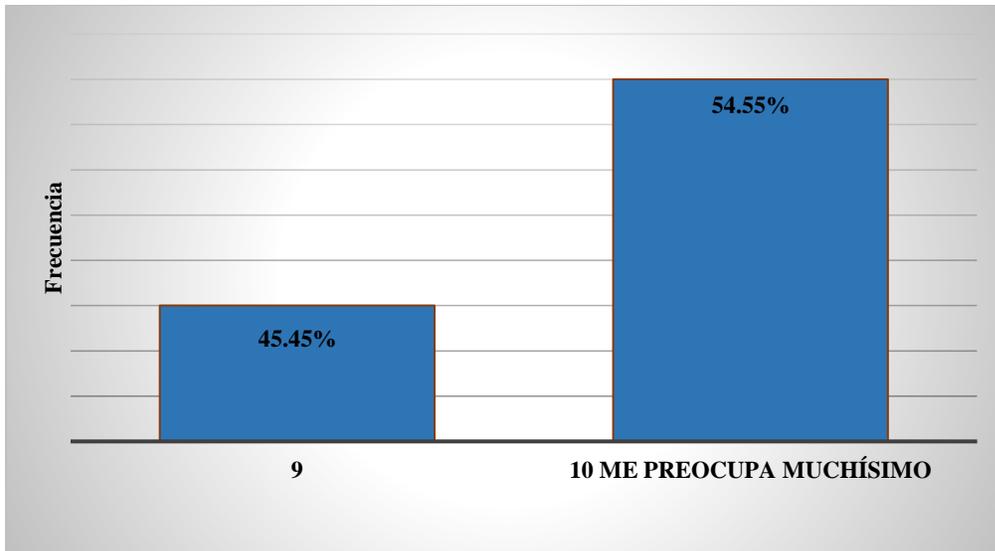


Gráfico 7 Cambio de dispositivos de control y distribución

Fuente: Equipo de investigación

Pregunta 11 Estado de los sistemas.

Las opciones de respuesta a cada pregunta son; Muy mal estado, Mal estado, Regular estado, Buen estado y Muy buen estado.

➤ **Generadores de vapor.**

El 60 % considera que los generadores de vapor están en muy buen estado y el 40% establece que se encuentran en buen estado.

El 100% de esta pregunta corresponde a 10 personas, razón por la cual 7 de los encuestados no podían responderla debido a que no manejan el funcionamiento del sistema.

Concluimos con resultados positivos debido a que según los porcentajes obtenidos establecen que el generador de vapor de manera general se encuentra en buen estado.

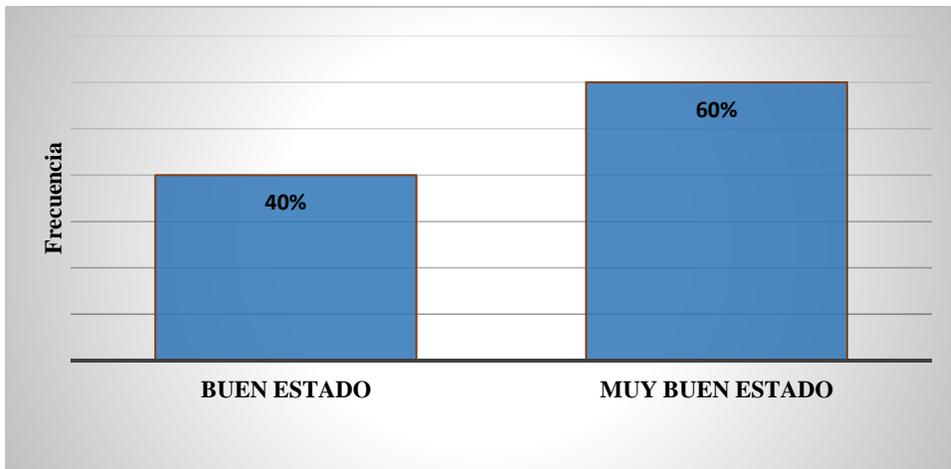


Gráfico 8 Estado actual de los generadores de vapor

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Manifold de vapor.**

El 90 % de quienes respondieron a esta pregunta afirma que el manifold de vapor se encuentra en muy buen estado y el 10% lo consideran en buen estado, de manera general se llega a la conclusión de que dicho dispositivo esta correctamente funcionando.

Es importante mencionar sobre las 7 personas del total de encuestados que no respondieron a esta pregunta, puesto que no conocen el funcionamiento del sistema.

Los resultados positivos se verifican gracias al gráfico que muestra los porcentajes altos en cuanto al buen estado del manifold.

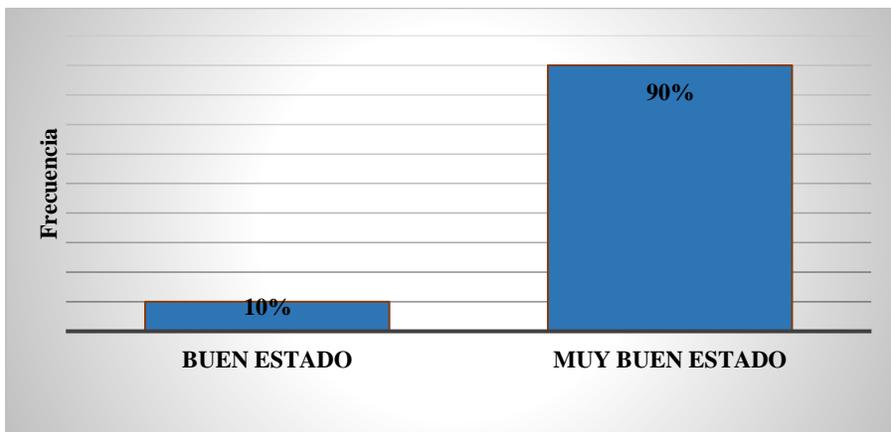


Gráfico 9 Estado actual del manifold de vapor

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Válvulas de distribución del manifold.**

El 80% de los encuestados que respondieron a esta pregunta, establece que las válvulas de distribución del manifold se encuentran en muy buen estado, el 20% consideran que se encuentran en buen estado, tomando en cuenta que el 100% corresponde a 10 personas, el restante de encuestados no conoce sobre el funcionamiento de este sistema, es por ello no marcaron ninguna opción de respuesta.

Se toma como referencia que las válvulas de distribución del manifold se encuentran funcionando de manera correcta.

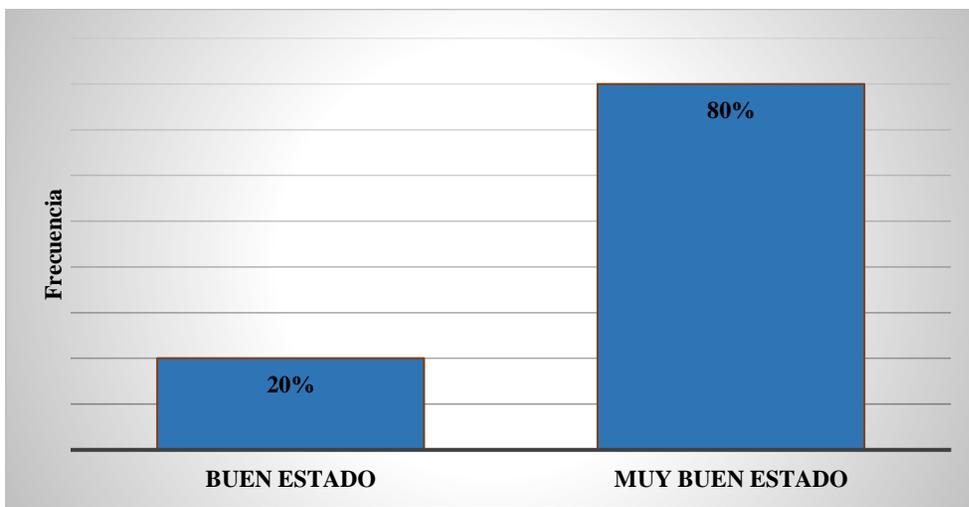


Gráfico 10 Estado actual de las válvulas de distribución del manifold

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Válvulas de distribución en la red y manómetros, válvulas de seguridad y válvulas reductoras de presión.**

El 58.82% de los encuestados consideran que las válvulas de distribución, de seguridad, reductoras de presión y manómetros se encuentran en estado regular, el 35.29% establece que están en buen estado y el 5.88 % afirma que permanecen en muy buen estado.

Considerándola como una respuesta negativa, puesto que la mayoría de las personas lo consideran a los dispositivos mencionados como estado regular.

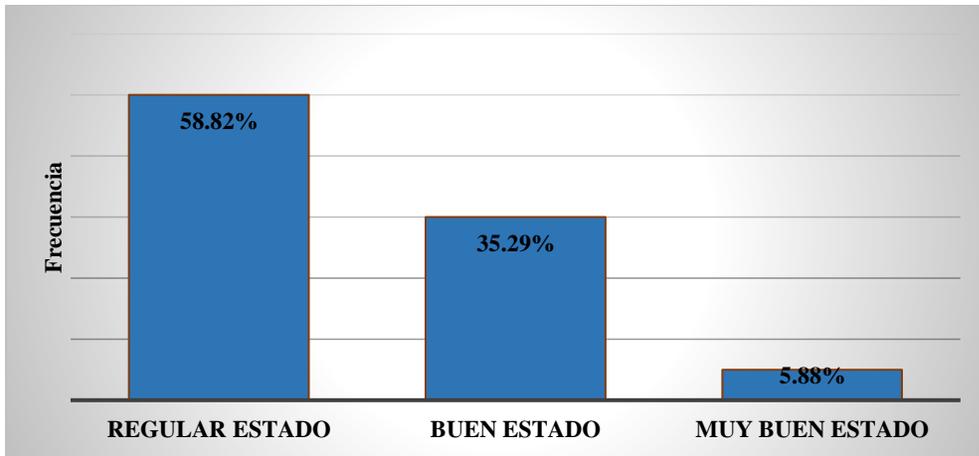


Gráfico 11 Estado actual de válvulas de distribución en la red

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Aislamiento de tuberías y anclajes en la red de vapor.**

Un 64.71 % de los encuestados considera que el aislamiento de tuberías y anclajes de vapor se encuentra en regular estado, el 23.53% lo considera como un mal estado y el 11.76% establece que se encuentra en buen estado.

Con una respuesta claramente negativa el mayor porcentaje afirma que el aislamiento no se encuentra como debería.

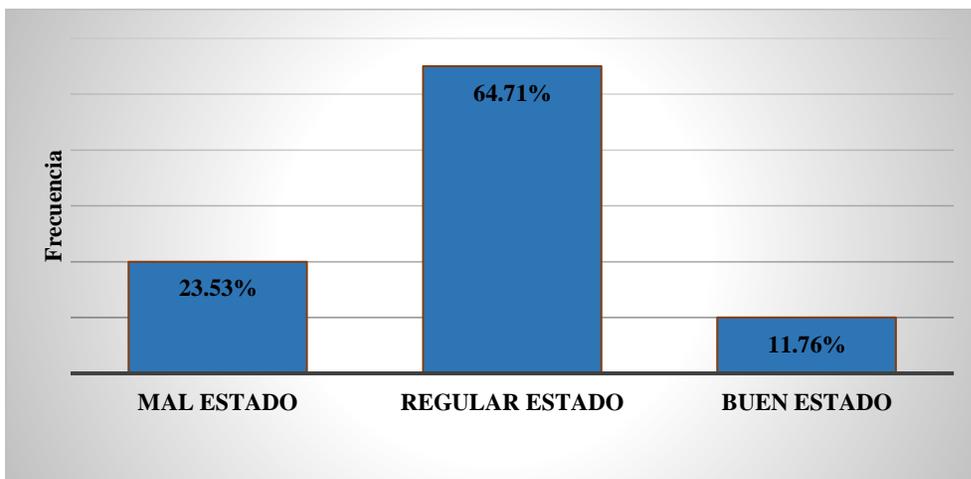


Gráfico 12 Estado actual del aislamiento de tuberías y anclajes de vapor

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Sistema de purgas.**

El 70.59 % de los encuestados afirma que el sistema de purgas se encuentra en regular estado y el 29.41% en un buen estado.

Se determina al sistema de purgas como en estado regular con referencia a los resultados obtenidos en la encuesta.

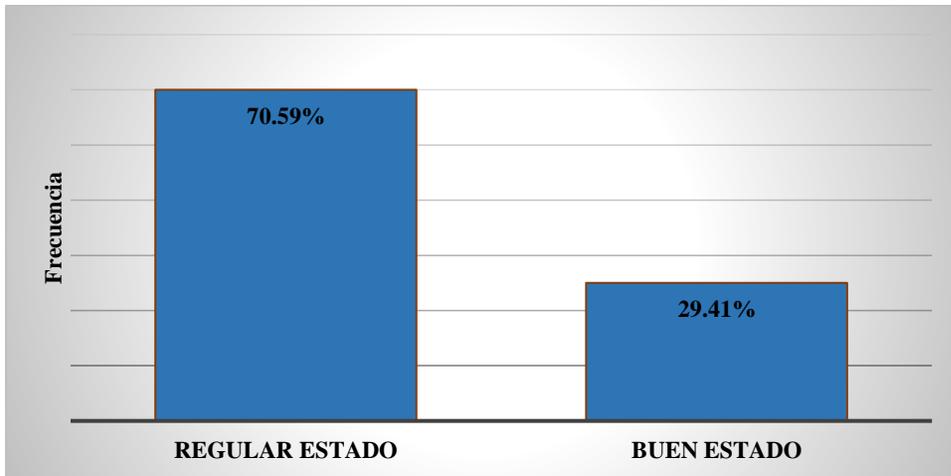


Gráfico 13 Estado actual del sistema de purgas

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Tanque de condensado.**

El 50 % de los encuestados que respondieron esta pregunta afirman que el tanque de condensado se encuentra en buen estado y el otro 50% como un muy buen estado.

El resto de encuestados que no respondieron a esta pregunta equivale a 7 personas que no conocen sobre el sistema de generación de vapor, es decir el 100% lo representan 10 personas.

En términos generales el tanque de condensado está cumpliendo con su trabajo de operación.



Gráfico 14 Estado actual del tanque de condensado

Fuente: Equipo de investigación

➤ **Tratamiento de agua de alimentación de calderas.**

El 70% de las personas que respondieron esta pregunta consideran que el tratamiento de agua de alimentación de calderas se encuentra en muy buen estado, el 20% lo establece como un buen estado y el 10 % afirma que está en estado regular.

El 100% en este apartado equivale a 10 personas, el resto de encuestados por razones de conocimiento decidieron no contestar la pregunta.

De manera general se determina que el tratamiento de agua para la alimentación de caldera se está operando de manera correcta, según los resultados de encuesta.

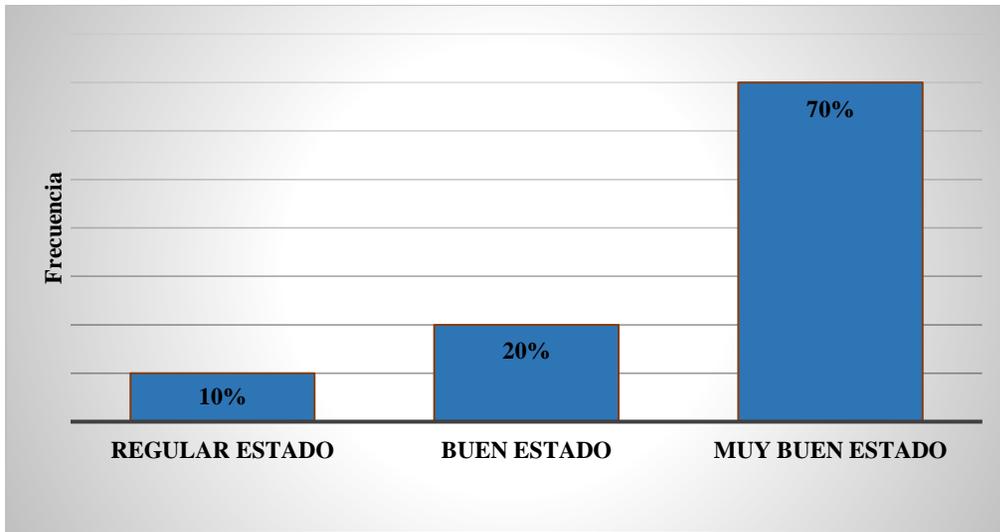


Gráfico 15 Estado actual del tratamiento de aguas de alimentación de calderas

Fuente: Equipo de investigación

Pregunta No. 13 ¿Qué otros dispositivos creen usted deberían ser considerados para mejorar el desempeño del sistema de generación y distribución de vapor del hospital?

Las respuestas más frecuentes fueron sobre la mejora de distribución de planta, cambio de posición de algunos dispositivos, mejoramiento de aislamiento y eliminar fugas en algunos accesorios, por ende, cada uno de los aspectos mencionados por los colaboradores serán tomados en cuenta para nuestra propuesta de mejoras en el sistema.

Pruebas de Correlación Tau c de Kendall

Tabla 7

Prueba de correlación Tau c de Kendall 1

Recuento		Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda		
		Poco efectivo	Muy efectivo	Total
¿Cómo considera usted el estado del aislamiento de tuberías y anclajes de la red de vapor?	Mal estado	4	0	4
	Regular estado	2	2	4
	Buen estado	0	1	1
Total		6	3	9

Tabla 8

Medidas simétricas, prueba de correlación 1

		Medidas simétricas			
		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Ordinal por ordinal	Tau-c de Kendall	.691	.215	3.221	.001
N de casos válidos		9			

P= Según el valor de significancia $0.001 < 0.05$ y el tamaño de correlación .691, indican que, si existe una relación entre variables, es decir el estado del aislamiento de tuberías y anclajes de vapor si afecta la efectividad de suministro en los equipos de demanda.

Tabla 9*Prueba de correlación Tau c de Kendall 2*

Tabla cruzada ¿Cómo considera usted el estado de los sistemas de purgas en los equipos de demanda de vapor? “Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda”			
Recuento	Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda		Total
	Poco efectivo	Muy efectivo	
	¿Cómo considera usted el estado de los sistemas de purgas en los equipos de demanda de vapor?	Regular estado	Buen estado
	4	3	7
	2	0	2
Total	6	3	9

Tabla 10*Medidas simétricas, prueba de correlación 2*

Medidas simétricas					
		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Ordinal por ordinal	Tau-c de Kendall	-.296	.185	-1.604	.109
N de casos válidos		9			

Fuente: Equipo de investigación

P= Basados en el valor de significación aproximada $0.109 > 0.05$ no hay relación entre las variables, lo que queda evidenciado con el tamaño de correlación -0.296 , se determina una correlación negativa baja.

Tabla 11*Prueba de correlación Tau c de Kendall 3*

Recuento		Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda		
		Poco efectivo	Muy efectivo	Total
		¿El mal estado de los dispositivos afectan las condiciones de operación del sistema?	Definitivamente si	3
Probablemente si	2		0	2
No estoy seguro	1		0	1
Total		6	3	9

Tabla 12*Medidas simétricas, prueba de correlación 3*

Medidas simétricas					
		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Ordinal por ordinal	Tau-c de Kendall	-.444	.210	-2.121	.034
N de casos válidos		9			

Fuente: Equipo de investigación

P= Con el valor de significación aproximada $0.034 < 0.05$, se establece que, si existe relación entre las variables, tomando como evidencia una correlación negativa media con el valor de -0.444 , es decir mientras el mal estado de los dispositivos de distribución aumenta, disminuye la efectividad de suministro de vapor en las estaciones de demanda.

Tabla 13*Prueba de correlación Tau c de Kendall 4*

Tabla cruzada ¿Cómo considera usted el estado de las válvulas de distribución en la red? “Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda”				
Recuento		Efectividad de suministro de vapor para satisfacer la demanda		
		Poco efectivo	Muy efectivo	Total
¿Cómo considera usted el estado de las válvulas de distribución en la red?	Regular estado	4	3	7
	Buen estado	1	0	1
	Muy buen estado	1	0	1
Total		6	3	9

Tabla 14*Medidas simétricas, prueba de correlación 4*

Medidas simétricas					
		Valor	Error estándar asintótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Ordinal por ordinal	Tau-c de Kendall	-.296	.185	-1.604	.109
N de casos válidos		9			

Fuente: Equipo de investigación

P= De acuerdo con el resultado de significación $0.109 > 0.05$, no existe relación entre las variables, tomando guía del valor de correlación que indica una correlación negativa baja, puesto que cada variable actúa de manera individual.

Las tablas anteriormente reflejadas conciernen al análisis de correlación entre variables, realizadas a través de la prueba no paramétrica Tau c de Kendall la cual se realizó con los datos obtenidos de las encuestas ingresadas en el programa estadístico SPSS, alcanzando como resultado la existencia de relación entre algunas de las variables utilizadas, es decir el estudio en cuestión tiene gran relevancia puesto que la mayoría de dispositivos que componen el sistema influyen tanto positiva como negativamente en el funcionamiento del mismo, esto dependerá del estado en que se encuentren, tomando en cuenta que el realizar una evaluación en el sistema identifica problemas vigentes y a su vez propone alternativas de mejoras para el mismo.

Para realizar la prueba Tau c de Kendall se tomó en cuenta la variable más influyente en el estudio; la efectividad de suministro de vapor en las estaciones de demanda la cual fue correlacionada con algunos de los factores que se consideran, cuentan con mayores defectos actualmente, esto con el propósito de conocer si el mal estado de los dichos dispositivos influye en la efectividad de suministro de vapor.

En lo que refiere al análisis profundo del sistema de generación y distribución de vapor, la **observación directa** a través de plantillas estructuradas de manera detallada, fue uno de los instrumentos clave para identificar el estado actual de cada una de las partes del sistema.

Este instrumento fue aplicado a las dos calderas que operan actualmente en el área de mantenimiento del HESJDE, de manera que logramos identificar individualmente los problemas vigentes en cada uno de los generadores.

La primera lista de observación se realizó en la caldera pirotubular CleaverBrooks, con una presión máxima de trabajo de 150 Psi equivalente a 10.34 bar de presión la cual funciona con combustible diésel y gas butano.



Ilustración 38 Generador pirotubular CleaverBrooks

Fuente: Equipo de investigación

Luego de realizar el análisis sobre los resultados de la lista de observación aplicada al generador CleaverBrooks, es importante dejar claro que el generador como tal no ha tenido fallas hasta el momento, es decir está operando de manera correcta, sin embargo los problemas encontrados y que contienen un alto riesgo para los operarios y demás personas que laboran alrededor de todo el sistema desde generación hasta abastecimiento, son algunos relacionados principalmente con la falta de aislamiento en las tuberías de distribución. (Anexo 1).

La segunda lista de observación se llevó a cabo con el generador Sincal, el más actualizado que contiene el área de mantenimiento del HESJDE, consta con una superficie de calefacción de 25,96 m², presión máxima de trabajo de 11 bar y el combustible que utiliza es diésel.

Como se mencionó al inicio, las calderas pirotubulares que están ubicadas en el área de mantenimiento del hospital, son recientes, es decir no han presentado falla alguna, por lo tanto, donde más se presentan problemas, según el estudio y análisis de las listas de observación, es en las tuberías principales y ramales de vapor, incluyendo el mal estado de algunas válvulas de purgas. (Anexo 1).



Ilustración 39 Caldera pirotubular Sincal

Fuente: Equipo de investigación

Todo lo planteado hasta ahora concluye de manera general a los problemas más comunes que presenta el sistema, las listas de observación, entrevistas semiestructuras nos ayudaron a corroborar aspectos de suma importancia para el estudio en cuestión, cabe destacar que las entrevistas libres que se realizaron a forma de conversación con los operarios del sistema y demás personas del área, también nos sirvió de ayuda para tomar en cuenta factores que necesitan ser mejorados, esto será plasmado en nuestras propuestas de mejoras para el mismo.

4.2 Determinación del dimensionado de la capacidad instalada del sistema de generación y distribución de vapor.

Lo primero que debe tomarse en cuenta para determinar la capacidad del generador de vapor, es precisamente, la demanda de vapor existente en el proceso, teniendo presente que la selección de un generador de vapor con capacidad excesiva con respecto a la demanda resultaría antieconómica; así mismo, si la capacidad del generador de vapor es menor que la requerida, nunca se llegaría a cubrir la demanda y por lo tanto serviría solamente de una forma parcial.

En el hospital escuela San Juan de Dios existen diversos equipos térmicos y áreas que necesitan ser abastecidas de vapor, estos son:

Tabla 15

Áreas de servicios y equipos

ÁREAS DE SERVICIOS	EQUIPOS
Lavandería	Lavadora Secadoras
Cocina	Marmitas
Central de equipos	Autoclave manual Autoclave automática
Calderas	Autoclave Manual

Fuente: Equipo de investigación.

Balance de cargas térmicas

El balance térmico se refiere a la determinación de las cargas caloríficas existentes en el proceso, expresadas en unidades de potencia (Kcal/h o caballos caldera BHP) o su equivalente en cantidad de unidades (kg/h o lb/h).

Las pérdidas de energía por conducción, convección y radiación de estos equipos son difíciles determinar, pero como regla general según la guía de referencia técnica de distribución del vapor de Spirax Sarco S.A, (2020), puede estimarse que éstas son del 15% de la carga térmica de cada equipo cuando éstos se encuentran aislados correctamente.

Como en toda industria, se tiene por objetivo operar con bajos costos operativos, su principal interés es ahorrar evitando pérdidas de energía innecesarias en los equipos; por lo tanto, se va a considerar que estos equipos se encuentran aislados correctamente y que las pérdidas de calor por conducción, convección y radiación serán del 15% de la carga térmica que demande.

Representación del sistema de generación, distribución y demanda de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí.

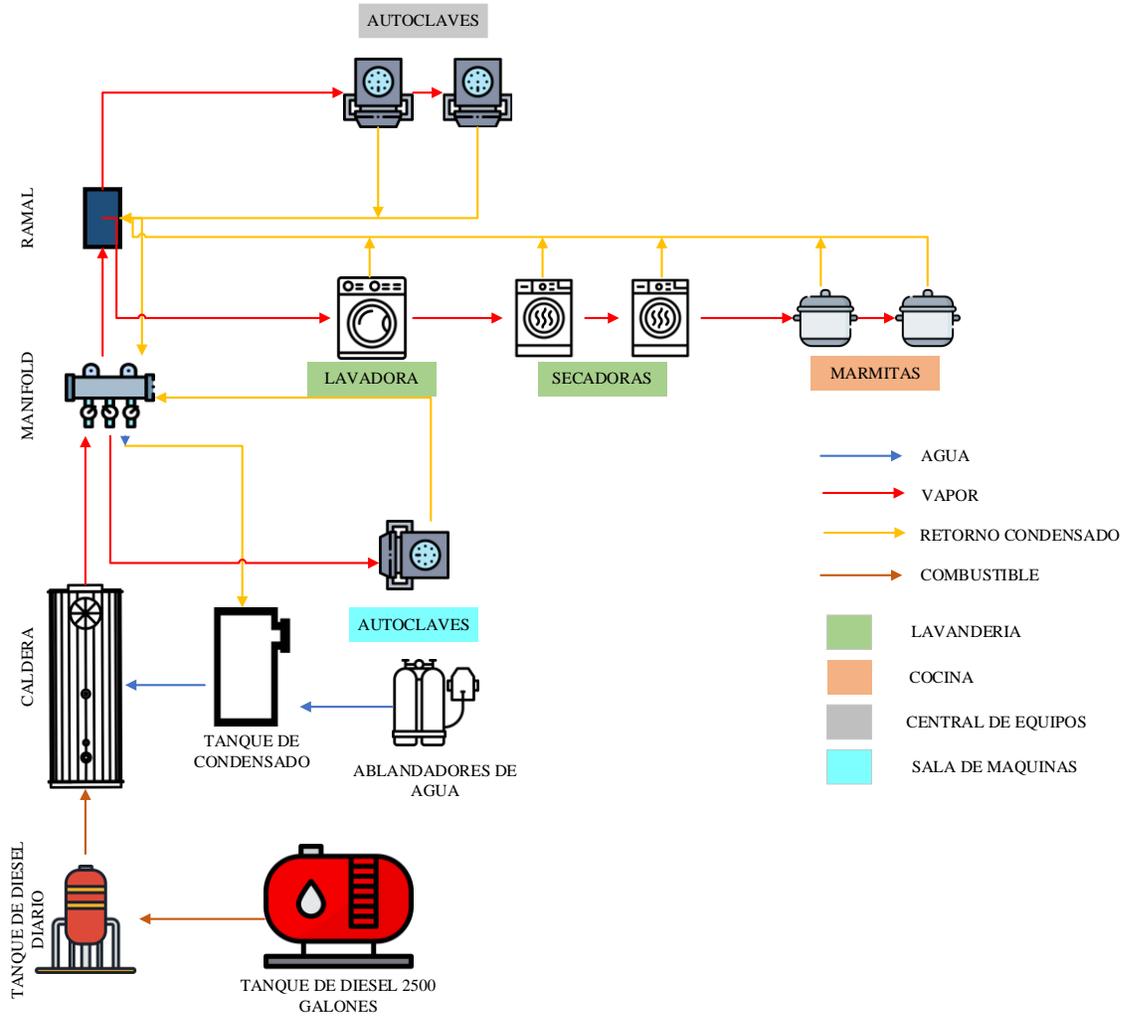


Figura 2 Representación de distribución y demanda de vapor HESJDE

Fuente: Equipo de investigación.

Demanda de vapor del hospital escuela San Juan de Dios Estelí.

La demanda de vapor actual en el hospital se obtuvo mediante las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos, la cual nos dice el consumo máximo de vapor de cada dispositivo.

A continuación, se muestra la tabla de demanda de vapor en el hospital escuela San Juan de Dios Estelí, se divide por estación y los equipos que existen en cada una de ellas.

Tabla 16

Demanda de vapor

ESTACIÓN	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO (Kg/h)	CONSUMO TOTAL(Kg/h)
Lavandería	Lavadora	1	180	180
	Secadora	2	142.72	285.44
Cocina	Marmitas	2	120	240
Central de equipos	Autoclave manual	1	45.45	45.45
	Autoclave automática	1	45.45	45.45
Calderas	Autoclave manual	1	45.45	45.45
TOTAL		8		841.79

Fuente: Equipo de investigación

Estimando pérdidas de energía conducción, convección y radiación natural en un 15% resulta:

$$\text{Demanda de vapor real} = 1.15 \cdot (841.79 \text{ kg/h}) = 968.05 \text{ kg/h}$$

Para esta aplicación no se tomó en cuenta el factor de 25% para futuras ampliaciones, debido a que en el hospital existen dos calderas actualmente y solo se realizaron los cálculos para conocer la demanda actual de generación de vapor.

Comercialmente, las calderas son proporcionadas por los caballos caldera (BHP) que puede desarrollar. Y un BHP es equivalente a 15.7 kg/h entonces tenemos que:

$$\text{Demanda de vapor} = (968.05 / 15.7)$$

$$\text{Demanda de vapor} = 61.65 \text{ BHP}$$

Calderas instaladas en el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí

Actualmente en existen dos calderas instaladas en el hospital, una que funciona durante el día y otra de respaldo porque hay actividades que por su naturaleza no se pueden detener, a continuación, se detallan las calderas colocadas:

Tabla 17

Especificaciones técnicas caldera Sincal

Marca	Sincal
Tipo	HD 160
Presión máxima admisible	11 bar
Temperatura máxima admisible TS	183 °C
Superficie de calefacción	25,96 m ²
Volumen total	2,056 m ³
Potencia calorífica nominal	1165 KW
Producción de vapor	1725 kg/h
Combustible	Diesel

Fuente: Equipo de investigación.



Ilustración 40 Caldera Sincal HD 160 instalada en el HESJDE

Fuente: Equipo de investigación.

Tabla 18

Especificaciones técnicas caldera Cleaverbrooks

Marca	Cleaverbrooks
Modelo	CB 600- 100- 150ST
Presión máxima admisible	10.34 bar
Temperatura máxima admisible TS	183 °C
Superficie de calefacción	25,96 m ²
Volumen total	2,056 m ³
Potencia calorífica nominal	981.2 KW
Combustible	Diesel y gas

Fuente: Equipo de investigación.



Ilustración 41 Caldera Cleaverbrooks CB 600 instalada en el HESJDE

Fuente: Equipo de investigación

Las calderas instaladas en el Hospital Escuela San Juan de Dios, tienen las características técnicas necesarias para satisfacer la demanda estimada en los puntos de máximo consumo de vapor, la cual se estima en 968.05 kg/h.

La caldera marca Sincal HD 160, funciona durante todo el día y según datos del fabricante tiene la capacidad nominal de producir 1725 kg/h lo que significa que, la demanda actual está usando un 56.11% de la capacidad de la caldera.

Demanda de combustible del generador

La demanda de combustible en el generador de vapor depende principalmente, de la temperatura de entrada del agua de alimentación y de la cantidad de vapor que requiera el proceso industrial. El consumo máximo de combustible de una caldera resulta al dividir la potencia nominal entre el poder calorífico del combustible.

Como se conoce la capacidad nominal de la caldera, la cual es de 109 BHP, que es equivalente a 3,648,382.96 Btu/h, esta energía total tiene que ser suministrada por el combustible, para este caso es gasóleo (diésel), el cual entrega aproximadamente 138.000 Btu/gal de poder calorífico. Entonces, el caudal de combustible es calculado con la siguiente relación:

$Q_{\text{combustible}} = \text{capacidad de la caldera} / \text{poder calorífico del combustible}$

$Q_{\text{combustible}} = (3,648,382.96 \text{ Btu/h}) / (138,000 \text{ Btu/gal})$

$Q_{\text{combustible}} = 26.43 \text{ gal/h}$

Considerando una eficiencia del generador de vapor del 80%, se tiene finalmente una demanda de combustible de:

$Q_{\text{combustible}} = 26.43 \text{ gal/h} / 0,80$

$Q_{\text{combustible}} = 33.03 \text{ gal/h}$

El consumo expresado anteriormente hace referencia al consumo, si la caldera estuviese trabajando a su máximo de capacidad

Según datos del departamento de mantenimiento del HESJDE, la caldera realiza 25 ciclos al día y cada ciclo dura alrededor de 10 minutos, lo que nos da que el trabajo real de la caldera son 4h, y existe un consumo diario de 50 galones por día.

Según lo anteriormente planteado indica que aproximadamente en el régimen de operación actual del equipo el consumo de combustible gasoil (diésel) es de 4.12 gal/h.

Tanque de combustible.

Los tanques de combustible usados en las plantas industriales que operan con generadores de vapor pueden clasificarse de dos maneras:

Según su forma

- o Cilíndricos verticales
- o Cilíndricos horizontales
- o Rectangulares

Según su ubicación

- o Sobre el piso
- o Subterráneos

El material de estos tanques es de acero, pueden ser instalados a una altura superior a la que se encuentren los quemadores de vapor, y éstos son denominados tanques de gravedad. El número de tanques y la capacidad de los mismos dependen del consumo de combustible y del número de calderas existentes en la planta. Además del tanque de servicio diario, es recomendable tener un tanque principal.

Los tanques recomendados para este generador son clasificados según su forma cilíndricos horizontales y, según su ubicación el tanque de servicio diario será ubicado sobre el piso y el tanque principal será ubicado de forma subterránea, ésta es sólo una recomendación, debido a que el tanque puede funcionar de igual manera dependiendo de factores como el espacio y el diseño la planta. El tanque de servicio diario tendrá una capacidad mínima de almacenamiento, que el combustible pueda durar 12 horas (tiempo de trabajo diario) de operación de la caldera.

Fuera del área de generación de vapor, existe un tanque de acero destinado al almacenamiento de combustible (diésel) con capacidad de 2500 galones que abastece al tanque de servicio diario de 311 galones el cual suministra el combustible que demande el generador, ambos tanques están debidamente certificados por la norma Nton 14 024- 14:1 norma técnica obligatoria nicaragüense extendida por el ministerio de energía y minas.



Ilustración 42 Tanque principal 2500 Galones

Fuente: Equipo de investigación.



Ilustración 43 Tanque de servicio diario 311 galones

Fuente: Equipo de investigación.

Bomba de combustible y quemadores.

En este sistema de generación de vapor existe instalada una caldera Sincal HD 160 de 109 bhp, ésta viene con su quemador típico, que es un quemador construido integralmente por atomización de aire. El quemador es de tipo modulante, es decir, que no es necesario encender y apagar la caldera cuando hay variación en la demanda de vapor, este quemador puede pasar de fuego bajo a fuego medio, y a su vez de fuego alto dependiendo la necesidad de vapor.

Es decir, al seleccionar la caldera automáticamente se está seleccionando el quemador requerido, actualmente, los fabricantes incluyen los quemadores y su bomba de combustible, así como algunos accesorios.

Cálculo del agua de alimentación del generador

La materia prima para la generación de vapor es el agua de alimentación, por lo tanto, este recurso debe ser suministrado ininterrumpidamente a la caldera a fin de mantener una generación constante de vapor. Los componentes básicos de un sistema de agua de alimentación son:

- Tanque de agua de alimentación
- Bomba de agua de alimentación
- Equipo de control

Demanda de agua del generador

La demanda de agua de alimentación en la caldera depende directamente de la demanda de vapor. Se sabe que para satisfacer la demanda de un caballo caldera se requiere 0,07 galones americanos de agua por minuto (GPM), ósea 0.265 l/min, como el generador de vapor que está instalado tiene una capacidad de 109 BHP, la demanda se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{agua}} = (109 \text{ BHP}) * (0.07 \text{ GMP/BHP})$$

$$Q_{\text{agua}} = 7.63 \text{ GPM}$$

Tanque de alimentación de agua (condensado)

El tanque de almacenamiento de agua de alimentación recibirá el condensado que se forma después de que el vapor haya transferido calor en los diferentes procesos térmicos para los cuales fue destinado.

Como la generación de vapor de una caldera depende de la cantidad que se suministra a ésta, es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque de alimentación, una mínima cantidad de agua suficiente para sostener la evaporación de la caldera, por lo menos durante un promedio de 30 min, entonces se tiene:

$$V_{\text{agua}} = (7.63 \text{ GPM}) (30 \text{ min})$$

$$V_{\text{agua}} = 228.9$$

Además, el tanque de almacenamiento de agua de alimentación no deberá estar nunca al 100%, sino que es recomendable que éste se encuentre solamente con un nivel de agua que cubra un 70% de la capacidad del tanque, por lo tanto:

$$V_{\text{tanque}} = V_{\text{agua}} / 0.70$$

$$V_{\text{tanque}} = 228.9 \text{ gal} / 0.70$$

$$V_{\text{tanque}} = 327$$

En el Hospital Escuela San Juan de Dios está instalado un tanque de condensado que tiene la capacidad de 492.85 galones, con un máximo de temperatura admisible de 100°C, fabricado con acero inoxidable austenítico (AISI 304) marca Sincal, tipo D-1150.

De manera que, el tanque tiene el volumen adecuado para suplir la demanda de agua requerida por el generador de vapor.



Ilustración 45 Tanque de condensado instalado en H.E.S.J.D.E

Fuente: Equipo de investigación.



Ilustración 44 Especificaciones técnicas tanque de condensado instalado en HESJDE

Bomba de agua de alimentación

La función de la bomba de agua es de succionar agua tratada del tanque y llevarla hasta la caldera para generar vapor. Para generadores de vapor de tubos de fuego, la operación de la bomba de agua de alimentación es, en la mayoría de los casos intermitente, arrancando y parando dependiendo del nivel del agua.

La presión de descarga de la bomba de agua de alimentación es siempre mayor que la presión de operación del generador de vapor, esta presión debe ser superior en 2 kg/cm^2 (1.93 bar) con respecto a la presión de trabajo de la caldera la cual es de 11 bar (presión máxima a utilizar en los equipos, la de trabajo será de 12.93 bar) más los 1.93 bar recomendados, se obtiene una presión de 14.86 bar.

La bomba instalada en el tanque de condensado del generador de vapor instalado en el HESJDE tiene las siguientes características técnicas:

Tabla 19

Especificaciones técnicas bombas de alimentación

HP	3
RPM	3452
GPM	15.41
Presión máxima (bar)	25.028

Fuente: Elaboración propia.

Existen dos bombas instaladas en el tanque de condensado, por la caldera de respaldo marca Cleaverbrooks. Con la tabla 3 se muestra que las bombas tienen la capacidad de suplir la demanda de agua de la caldera, tanto en presión como en galones por minuto.



Ilustración 46 Bomba de alimentación de agua

Fuente: Equipo de investigación.

Ablandador de agua de alimentación

El tratamiento del agua por ablandador, consiste en eliminar las impurezas conocidas con el nombre de durezas y reemplazarlas por otras impurezas que no revisten este carácter (sodio soluble). Este tratamiento se efectúa por medio de reacciones del tipo químico. El dispositivo frecuentemente usado para el ablandamiento de agua de caldera es el intercambiador iónico ciclo sódico.

El ablandador instalado en el HESJDE cuenta con certificado en su válvula NFS y es una válvula inteligente y minimiza el consumo de sal asegurando la máxima protección de los equipos, además, cuenta con un segundo retro lavado que evita la fuga de dureza.

Características técnicas:

Válvula: Clack WS1CI

Conexiones: 1” con bypass

Presión de servicio mínima: 1 BAR.

Presión de servicio máxima: 10 BAR.

Presión de prueba: 15 BAR.

Temperatura máxima de operación: 40 oct.

Válvula de comando: automática, diferentes configuraciones y capacidades

Tabla 20

Rendimiento ablandador de agua

Modelo	Tipo de estanque	Consumo de sal por regeneración Kg	Q máximo peak m3/h	Rendimiento de agua a 200ppm de dureza como CaCo3M3	Litros de resina
OAB-16-A	1665	18,98	5	25,6	125

Fuente: Ablandador Voens con Válvula Clack - VOENS



Ilustración 47 Ablandadores de agua Voens

Fuente: Equipo de investigación

Distribución de vapor

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

Los tres componentes principales de un sistema de distribución de vapor son:

Manifold (Distribuidor de vapor)

Las tuberías principales

Los ramales de vapor.

Conexión de caldera a manifold.

Las calderas instaladas corresponden a las marcas Sincal y CleaverBrooks, poseen una conexión de tuberías de acero al carbono Schedule 80, hacia el manifold que se detalla a continuación

Tabla 21

Tramos de tubería

Caldera	Tramo	Longitud	Caudal	Diámetro de tubería
Sincal	A manifold	2.80m	1725 kg/h	3"
Cleaverbrooks	A manifold	7.20m	1570 kg/h	4"

Fuente: Equipo de investigación

Manifold.

Un Manifold denominado así en el argot popular de diferentes plantas industriales, no es otra cosa sino una tubería madre de distribución de vapor porque puede recibir vapor de una o varias calderas al mismo tiempo.

Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior y al mismo tiempo se alimentan las tuberías principales de distribución.

Es importante trampear el cabezal de forma correcta para asegurarse que cualquier sustancia indeseable (agua de la caldera y/o partículas) sea removida del vapor antes de su distribución.

En la siguiente ilustración se detalla el Manifold instalado en el hospital escuela San Juan de Dios.

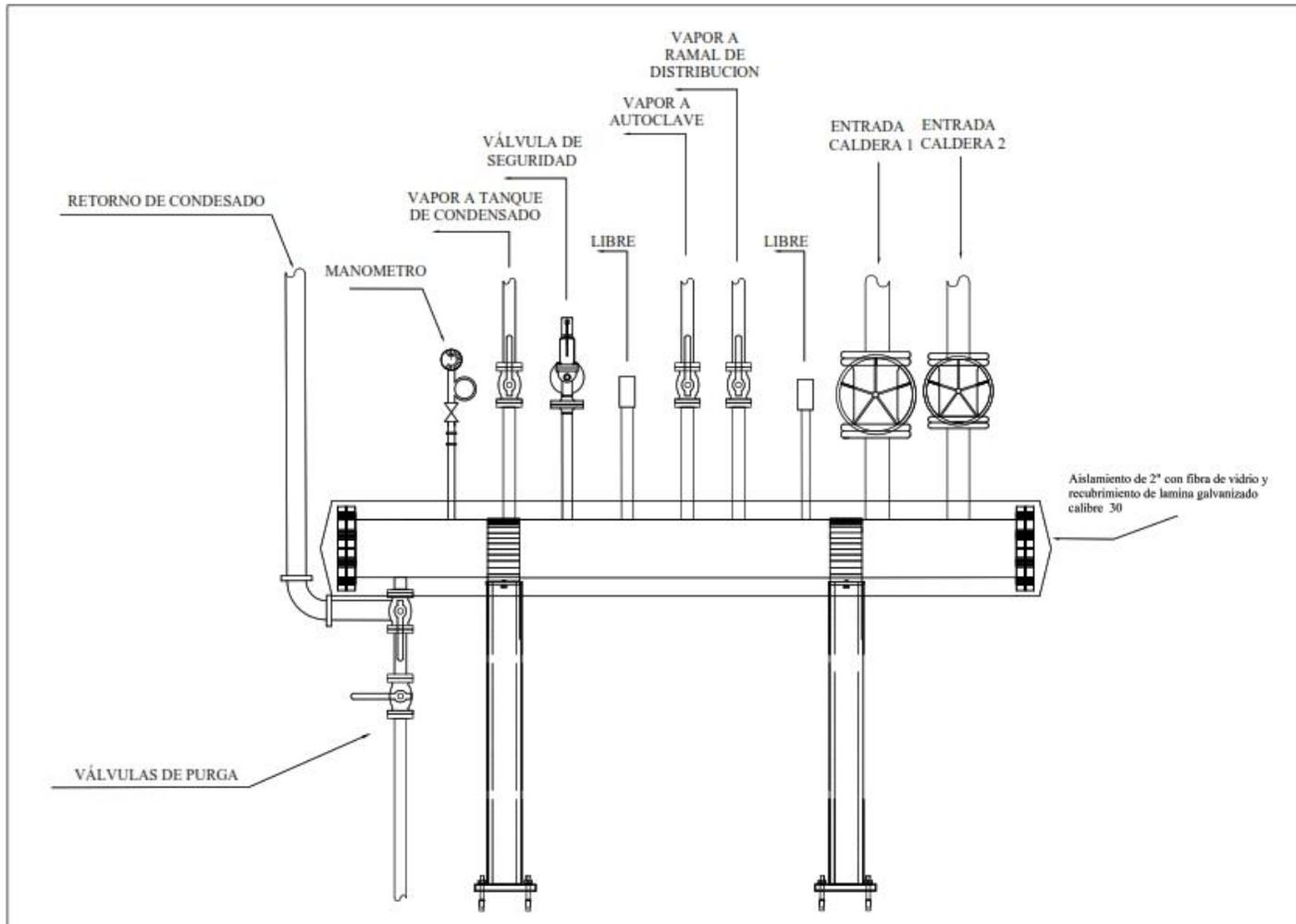


Ilustración 48 Manifold de vapor

Fuente: Equipo de investigación

Tuberías principales de vapor.

La red de distribución de vapor, constituye la parte central de una instalación para la generación de vapor; es la encargada precisamente de conducir el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial.

La tubería principal instalada en el HESJDE, posee un diámetro de 3” pulgadas y se encuentra soterrada, existen 43 metros de distancia de la sala de máquinas hasta el área denominada “cuarto de válvulas” donde se encuentra el ramal para su derivación.

Cuarto de válvulas.



Ilustración 49 Ramal de vapor HESJDE

Fuente: Equipo de investigación.

Ramales de vapor.

En la siguiente tabla se exponen los principales datos de los tramos de tuberías por donde circula el vapor de agua en el hospital, en cuanto a longitudes, diámetros y configuración.

Toda la tubería instalada es de acero al carbono Schedule 40.

En el HESJDE las líneas de distribución de vapor están instaladas de la siguiente forma:

Tabla 22

Tramos de tubería de distribución de vapor

Tramo	Longitud (m)	Caudal (kg/h)	Diámetro (in)
Manifold- Autoclave	4.52	45.45	½"
Ramal – Lavadora	27.5	180	1 ¼"
Ramal- Secadoras	28	285.44	1 ¼"
Ramal- Marmitas	56	240	½"
Ramal – Autoclaves CE	44.52	91	½"

Fuente: Equipo de investigación.

Retorno de condensado.

El retorno del condensado es un proceso productivo, cuando el vapor transfiere su calor a través de intercambiadores de calor o calefacción, éste cambia a la fase líquida, lo cual constituye lo que comúnmente se llama condensado.

Durante los procesos de transferencia de calor a partir de vapor saturado, éste entrega su calor latente (entalpía de la evaporación), que representa la mayor proporción del calor total que el vapor contiene.

Un sistema térmico de generación de vapor eficiente reutiliza el condensado. El desechar o botar el condensado es pérdidas de recursos financieros, y malas prácticas técnicas y medioambientales, por lo cual una de las acciones importantes para mejorar la eficiencia energética, es aprovechar la energía contenida en el condensado, el modo de utilizarlo es haciéndolo retornar al sistema de la caldera.

Junto a lo anterior, el condensado, además de contener energía térmica, es básicamente agua destilada, siendo ideal su uso como agua de alimentación para la caldera. Un sistema de vapor eficiente siempre recolectará este condensado y utilizará su calor. Ya sea que lo devuelva a un desaireador, o al tanque de alimentación del agua de la caldera, o lo use en otro proceso, o como agua en proceso caliente, o bien que pase por un intercambiador de calor, donde su contenido energético puede ser recuperado para otro proceso.

En el HESJDE el retorno de vapor está instalado con tubería Schedule 80 de 2 pulgadas.



Ilustración 50 Tuberías sistema de distribución de vapor HESJDE

Fuente: Equipo de investigación.

Para concluir este análisis de capacidad instalada con los equipos e instalaciones actuales se satisface la demanda de vapor, pero esto no significa que está consumiendo los recursos óptimos, más adelante en este estudio se realizará un análisis detallado, para comprobar y crear propuestas de alternativas de mejora.

4.3 Trazado mediante aplicativo informático el sistema completo de generación, distribución y retorno de vapor.

Para desarrollar un proyecto de construcción es necesario contar con un plano donde se muestre la ubicación, el diseño y las dimensiones con precisión, así como la interrelación de todos los elementos del proyecto.

Entendemos por plano a la representación gráfica, sobre papel o a través de software especializado, de un terreno, de una superficie, de una parte, de una construcción, entre otros.

Un plano arquitectónico debería considerar:

Deben expresar claramente los factores que pudieran condicionar el proyecto.

Deben tener en consideración las condiciones del área que rodea al proyecto y expresarlas claramente.

Expresar gráficamente las transformaciones y adecuaciones que contendrá el proyecto de construcción.

Debe ser un auxiliar para medir y presupuestar los costos de llevar a cabo el proyecto.

En el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí no se contaba con un plano arquitectónico actual del área de sala de máquinas y distribución de vapor.

Es por eso que cómo equipo de investigación se procedió a la elaboración de dichos planos que se detallaran a continuación, cabe destacar que el jefe de ingeniería y mantenimiento del hospital HESJDE nos brindó el plano general de todas las instalaciones del hospital.

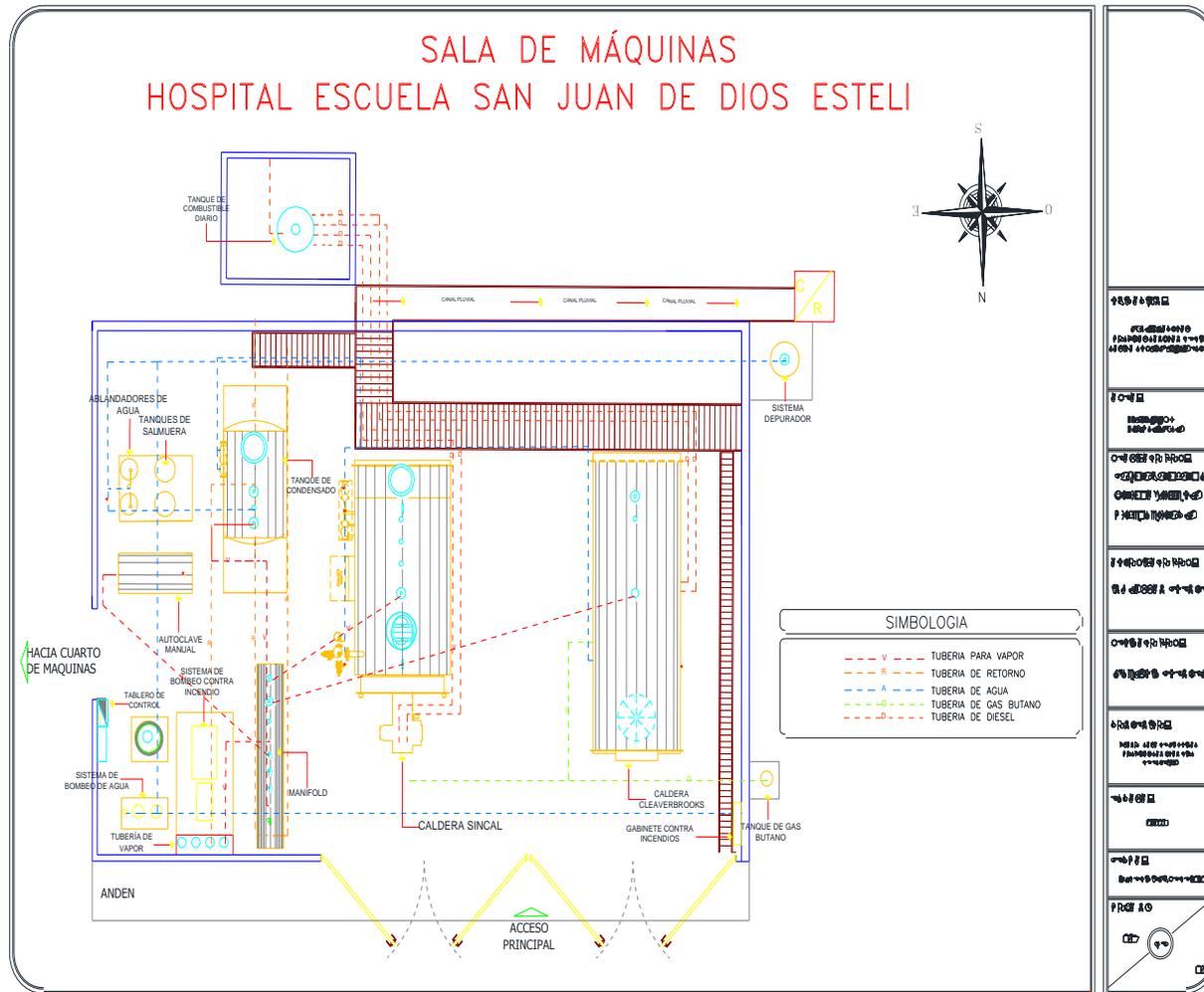
Los planos que se elaboraron son, plano general del hospital con sala de máquinas actualizada, distribución de planta de sala de máquinas y distribución de vapor. Estos contribuirán y será sumamente efectivo para el desarrollo de formulación de un nuevo proyecto o futuras ampliaciones que se deseen realizar, siendo un insumo de muchísima importancia.

Los planos se desarrollaron en el aplicativo informático AUTOCAD 2021.



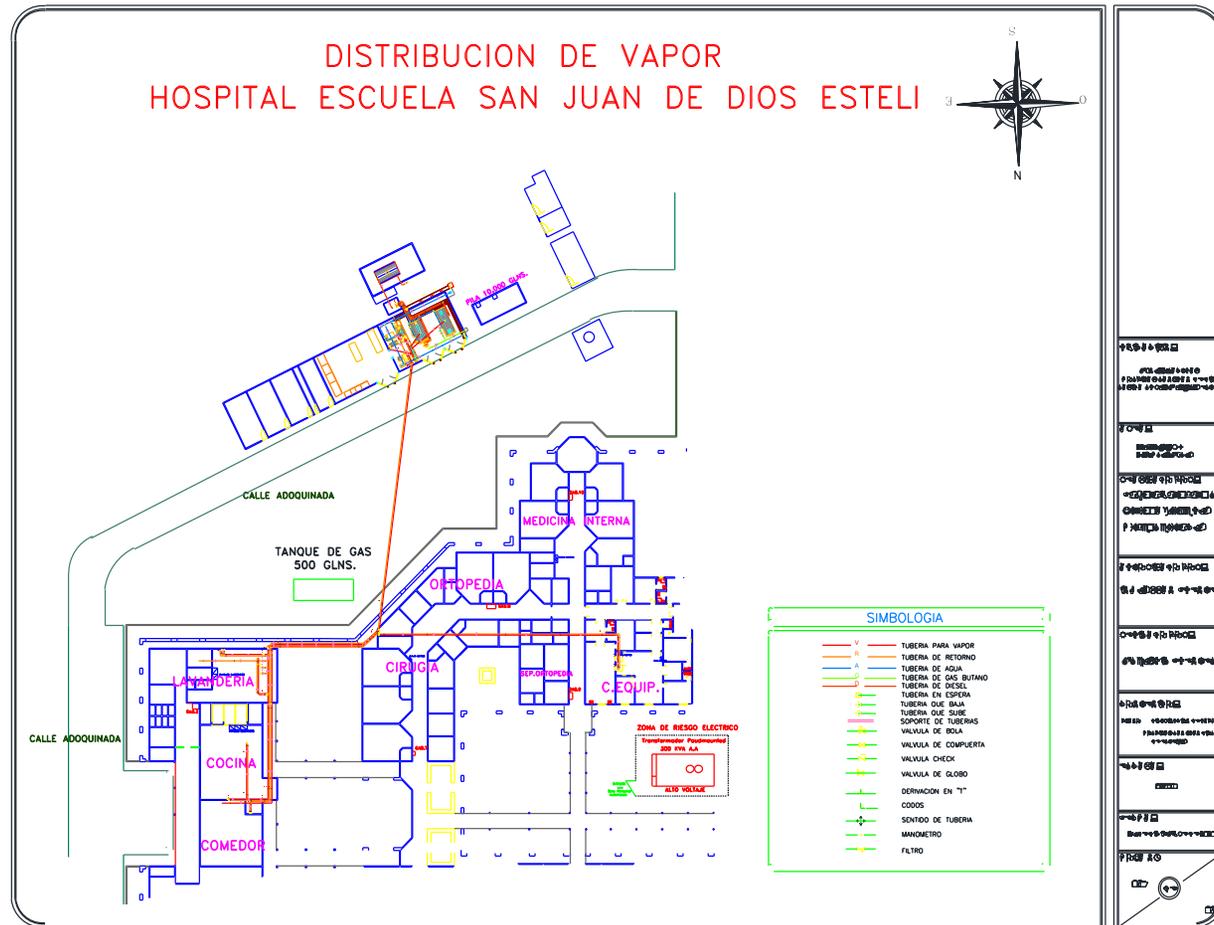
Plano 1 Hospital Escuela San Juan de Dios

Fuente: Equipo de investigación.



Plano 2 Distribución de Planta Sala de Máquinas HESJDE.

Fuente: Equipo de investigación.



Fuente: Equipo de investigación.

Plano 3 Distribución de vapor HESJDE.

A continuación, se detallarán los puntos más importantes de la distribución de vapor.

SIMBOLOGIA			
---	V	---	TUBERIA PARA VAPOR
---	R	---	TUBERIA DE RETORNO
---	A	---	TUBERIA DE AGUA
---	G	---	TUBERIA DE GAS BUTANO
---	D	---	TUBERIA DE DIESEL
□			TUBERIA EN ESPERA
G			TUBERIA QUE BAJA
G			TUBERIA QUE SUBE
---			SOPORTE DE TUBERIAS
X			VALVULA DE BOLA
X			VALVULA DE COMPUERTA
Z			VALVULA CHECK
X			VALVULA DE GLOBO
+			DERIVACION EN "T"
L			CODOS
↔			SENTIDO DE TUBERIA
○			MANOMETRO
▽			FILTRO

Ilustración 51 Simbología utilizada en el plano de distribución de vapor.

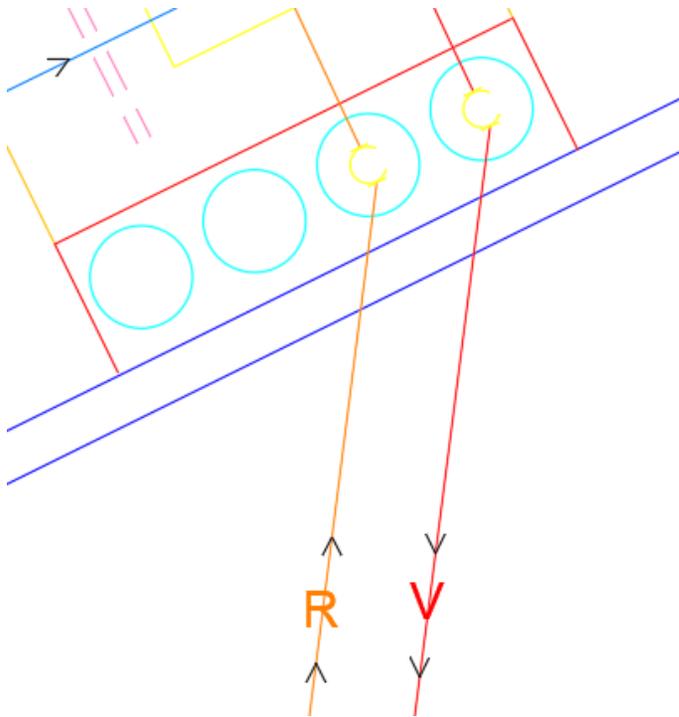


Ilustración 52 Salida de sala de máquinas a ramal de distribución

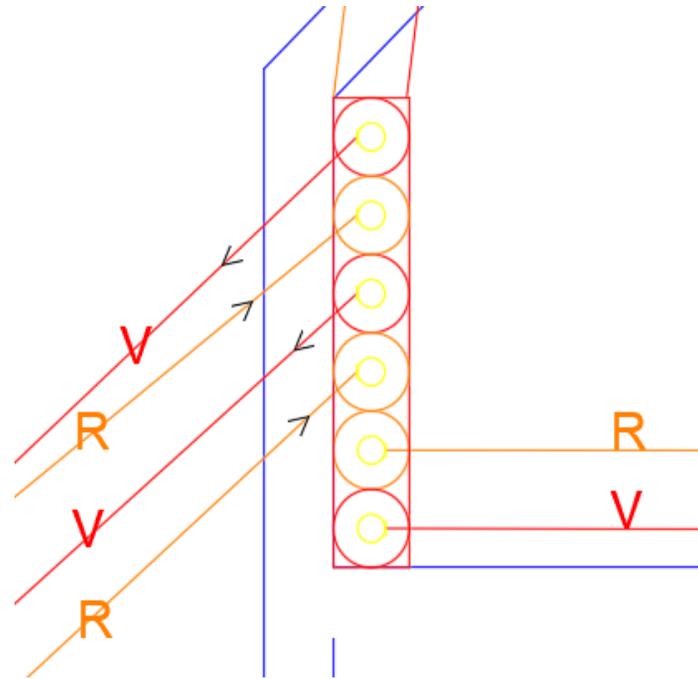


Ilustración 53 Ramal de distribución de vapor HESJDE

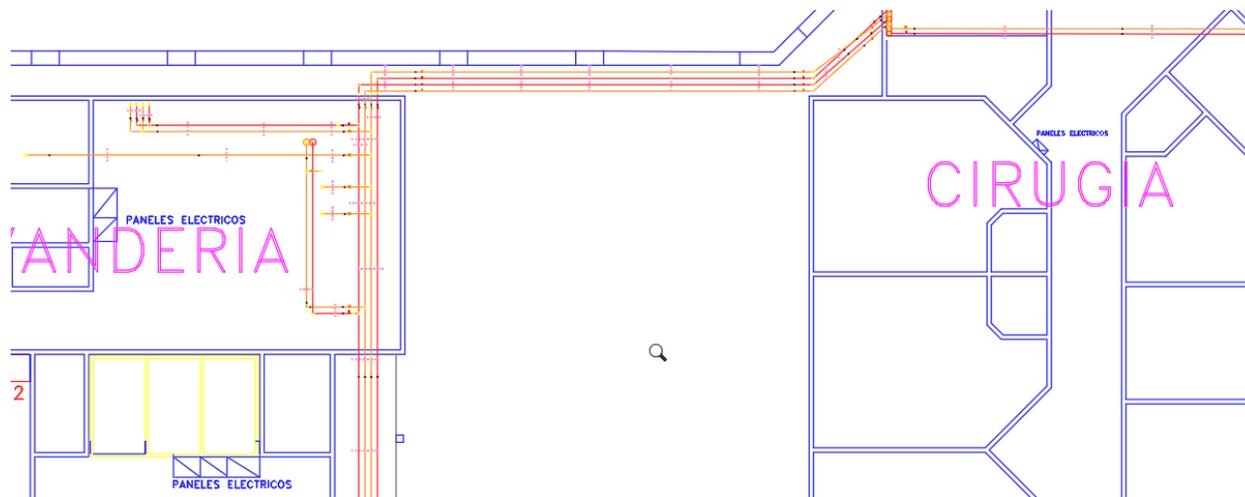


Ilustración 54 Distribución de vapor ramal- Lavandería

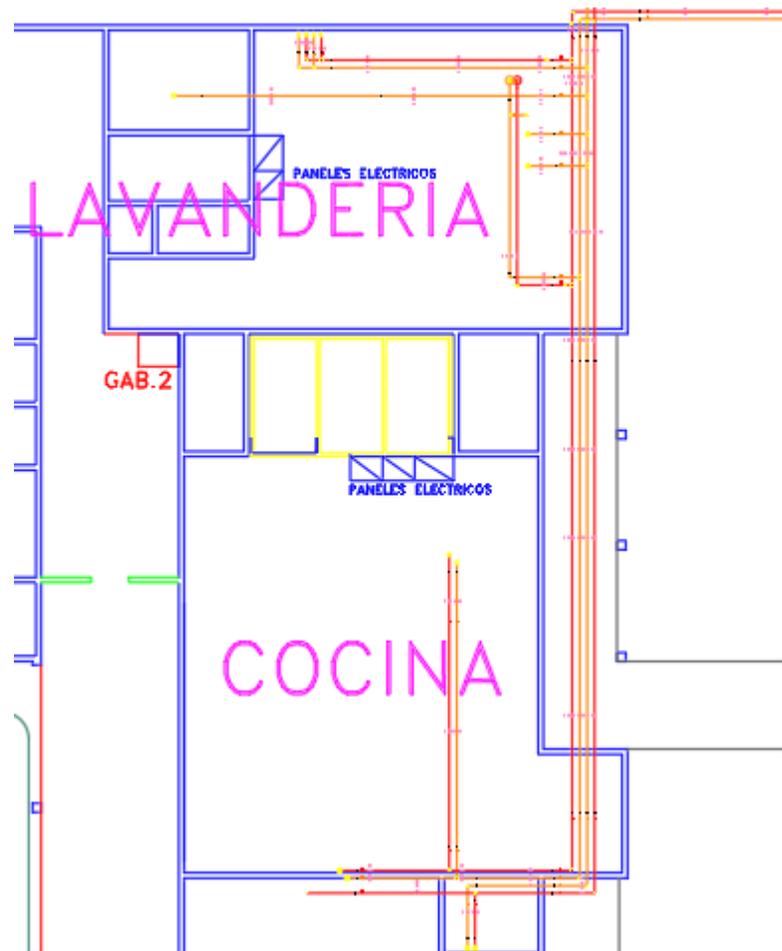


Ilustración 55 Distribución de vapor Ramal- Lavandería y Cocina

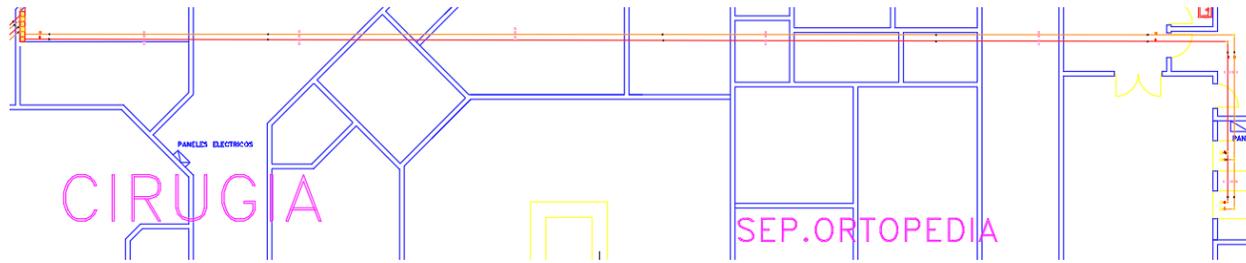


Ilustración 56 Distribución de vapor Ramal- Central de equipos.

4.4 Propuestas de alternativas de mejoras para el funcionamiento óptimo del sistema de generación de vapor.

Mediante el proceso investigativo realizado y con los resultados obtenidos gracias a los instrumentos de investigación, consideramos que actualmente la sala de máquinas del Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí se encuentra en buen estado, con problemas menores que se mencionan más adelante, esto es debido a una reciente actualización de equipos, más no se realizó una actualización en las redes de vapor en la cual si se encuentran problemas a los que se les dará una propuesta de mejora para su óptimo funcionamiento.

Propuesta para mejorar el aislamiento térmico

El aislamiento térmico tiene como función principal, la conservación de energía mediante la utilización del mismo material aislante. Dicho material se utiliza para proveer resistencia al flujo de calor, reduciendo estas pérdidas en los elementos que integran el sistema de vapor, tales como calderas, tuberías, accesorios, tanques y marmitas.

Anteriormente, la utilidad del aislamiento era únicamente para proveer protección al personal de planta y prevenir la condensación y congelación del fluido. Actualmente la situación es diferente, ya que el costo del combustible y el equipo de generación de vapor y de transporte es elevado. Debido a esta situación se ha definido el espesor óptimo de aislamiento puesto que, a medida que el espesor aumenta, los costos de las pérdidas de calor disminuyen, a su vez los costos de aislamiento incrementan.

Material propuesto: El material a utilizar como aislamiento de la tubería del sistema de generación de vapor y retorno de condensado propuesto es la fibra de vidrio con espesor de 2in, debido a que ésta es utilizada comúnmente para sistemas de vapor de bajas y medianas presiones, el sistema de la empresa trabaja a una presión máxima de 7 bar. Además, soporta temperaturas de hasta 482 grados celcius.

Como plantea Yunus A. Çengel, en el libro de transferencia de calor y masa (2007) , se puede calcular la pérdida de calor de un tubo aislado de vapor de agua. (pág. 155-156).

En este caso los datos serán:

Tabla 23

Tubería sin aislamiento

Datos tubería (cm)	
Diámetro interior (D1)	4.92
Diámetro exterior (D2)	5

Coeficiente de conductividad térmica (W/m*°C)	
Hierro fundido	80
Fibra de vidrio	0

Temperatura (°C)	
Temperatura del vapor (T1)	138
Temperatura ambiente (T2) C y R	28

Tipo de aislamiento, espesor (cm)	
Fibra de vidrio	0

Coeficiente de transferencia de calor (W/m^2*°C)	
Coeficiente combinado C y R (h2)	18
Coeficiente dentro del tubo (h1)	60

Longitud de tubería (m)	1
-------------------------	---

Tabla 24*Cálculos de pérdida de calor en tuberías sin aislar*

Cálculos		
Áreas de las superficies expuestas a convección (m ²)		π 3.1416
A1	$A_1 = 2\pi r_1 L$	0.15456672
A3	$A_3 = 2\pi r_3 L$	0.345576
Resistencias térmicas (°C/W)		
Ri=	R conv, 1=	0.1078 $R_i = R_{\text{conv}, 1} = \frac{1}{h_1 A} =$
R1=	R tubo=	0.0000 $R_1 = R_{\text{tubo}} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_1 L} =$
R2=	R Aislamiento=	0.1255 $R_2 = R_{\text{aislamiento}} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_2 L} =$
R0=	R conv, 2=	0.1608 $R_o = R_{\text{conv}, 2} = \frac{1}{h_2 A_3} =$
Resistencia total en serie (°C/W)		
R total=	Ri+R1+R2+R0=	0.39
Razón estacionaria de pérdida de calor (W) por m de L del tubo		
Q=	T1-T2/R total=	279.1104781

Tabla 25*Tubería aislada*

Datos tubería (cm)	
Diámetro interior (D1)	4.92
Diámetro exterior (D2)	5
Coeficiente de conductividad térmica (W/m*°C)	
Hierro fundido	80
Fibra de vidrio	0.05
Temperatura (°C)	
Temperatura del vapor (T1)	138
Temperatura ambiente (T2) C y R	28
Tipo de aislamiento, espesor (cm)	
Fibra de vidrio	5

Coeficiente de transferencia de calor (W/m ² *°C)	
Coeficiente combinado C y R (h2)	18
Coeficiente dentro del tubo (h1)	60
Longitud de tubería (m)	
	1

Tabla 26

Cálculos de pérdidas de calor en tuberías aisladas

Cálculos		
Áreas de las superficies expuestas a convección (m ²)		π 3.1416
A1	$A_1 = 2\pi r_1 L$	0.15456672
A3	$A_3 = 2\pi r_3 L$	0.345576
Resistencias térmicas (°C/W)		$R_i = R_{conv, 1} = \frac{1}{h_1 A} =$
Ri=	R conv, 1=	0.1078
R1=	R tubo=	0.0000
R2=	R Aislamiento=	2.5097
R0=	R conv, 2=	0.1608
Resistencia total en serie (°C/W)		$R_1 = R_{tubo} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_1 L} =$
R total=	Ri+R1+R2+R0=	2.78
Resistencia total en serie (°C/W)		$R_2 = R_{aislamiento} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_2 L} =$
Resistencia total en serie (°C/W)		$R_o = R_{conv, 2} = \frac{1}{h_2 A_3} =$
Razón estacionaria de perdida de calor (W) por m de L del tubo		
Q=	T1-T2/R total=	39.59178083

Como vemos el coeficiente de razón estacionaria de perdida de calor, es mucho mayor para la tubería que se encuentra sin aislar, esto significa que la caldera estará activándose

Sin aislar: 279W/m

Aislada: 40W/m

Cabe aclarar con estos datos, que se puede determinar la pérdida de calor para una longitud dada de tubo multiplicando esta última cantidad por la longitud L de ese tubo.

En el hospital, existen alrededor de 65m de tramos de tubería sin aislar y según mediciones de los técnicos del departamento de ingeniería y mantenimiento, la caldera piro-tubular SINCAL realiza 25 ciclos de trabajo, si se perfeccionaran estos aspectos habría una reducción de estos ciclos y pérdidas de calor.



Ilustración 57 Tubería sin aislar

Fuente: Equipo de investigación



Ilustración 58 Tubería sin aislar

Fuente: Equipo de investigación

Cálculos monetarios sobre la pérdida de energía y combustible por falta de aislamiento en la tubería

Puesto que permanentemente se pierden 40W por metro de tubería aun contando con su debido aislante térmico y 279W metros por toda la tubería en general, esto tomando en cuenta que existe tubería aislada y no aislada, restamos 40W/m a los 279W/m para obtener el valor real sobre la tubería sin aislamiento, por consiguiente, equivale a 239W/m.

$$1W \quad \text{_____} \quad 3.41214 \text{ Btu/h/m}$$

$$239W \quad \text{_____} \quad X$$

$$X = 815.50146 \text{ Btu/h/m}$$

Luego los Btu/h/m se multiplican por las 12 horas que opera el sistema diariamente.

$$815.50146 \text{ Btu/h/m} * 12\text{h} = 9,786.01752 \text{ Btu/día}$$

Para ello se calcula la cantidad de combustible correspondiente a los Btu/día

(9,786.01752).

$$Q_{\text{combustible}} = 9,786.01752 \text{ Btu/día} / 138,000 \text{ Btu/gal}$$

$$Q_{\text{combustible}} = 0.07091 \text{ gal/día}$$

Considerando una eficiencia del generador de vapor del 80%, se obtiene una demanda de combustible de:

$$Q_{\text{combustible}} = 0.07091 \text{ gal/día} / 0.80$$

$$Q_{\text{combustible}} = 0.0886375 \text{ gal/día}$$

Una vez calculada la cantidad de galones de combustible que se necesita para la operación diaria, se multiplica por el precio vigente del combustible tipo diésel brindado por el Instituto Nicaragüense de Energía (2021) mediante un monitoreo realizado en la ciudad capital Managua, donde indica que el precio promedio es de 28.18 córdobas por litro, equivalente 106.6613 córdobas por galón.

$$0.0886375 \text{ gal/día} * \text{C\$ } 106.6613 = \text{C\$ } 9.4541$$

Lo que simboliza un consumo de combustible de C\$ 9.4541 al día por cada metro de tubería sin aislamiento.

El sistema de generación y distribución de vapor actualmente cuenta con 65m de tubería sin aislamiento.

$65m * 9.4541 = C\$ 614.5165$ diarios

El sistema pierde C\$ 614.5165 al día por falta de aislamiento térmico y, por ende, esto representa una pérdida mensual de C\$ 18,435.495.

Lo anteriormente reflejado muestra la pérdida de energía del sistema de generación y distribución de vapor, el cual cuenta con 65m de tubería sin aislamiento, el número de Btu equivalente a 239W que pierde la tubería sin aislar se convierte a cantidad de combustible, esto con el propósito de conocer cuántos galones de diésel se pierden al día.

El objetivo de realizar este análisis se basa en conocer a través de la evaluación del sistema, cuánto dinero se pierde actualmente al no contar con la cantidad necesaria de aislamiento para todos los metros de tubería del sistema.

Cálculo de la cantidad de fugas de vapor por orificios en las tuberías.

Actualmente existe una fuga crítica en el HESJDE que se muestra a continuación



Ilustración 59 Fuga existente en línea de vapor

Fuente: Equipo de investigación

$$\text{Fuga de vapor (kg/h)} = A^2 \times B \times C = 3\text{mm}^2 * 4 * 7 = 256 \text{ kg/h}$$

A = Tamaño del orificio (mm)

B = 4 (Constante)

C = Presión de vapor absoluta (bar)

A pesar de que se le realizó un mantenimiento, la tubería sigue fugando condensado y esto representa una pérdida de energía térmica por ende mayor consumo de combustible y esta necesita ser reemplazada por una tubería del mismo diámetro que es de 2 in.

- **Descripción de cuarto de válvulas (modificación).**

El cuarto de válvulas del HESJDE posee un área muy pequeña, lo cual dificulta el acceso para realizar operaciones de mantenimiento o reparaciones, como se muestra en la siguiente imagen.



Ilustración 60 Cuarto de válvulas

Fuente: Equipo de investigación

Como se menciona anteriormente, la sala de máquinas se encuentra en buen estado por una reciente actualización en donde se sustituyó uno de los generadores de vapor, las propuestas de mejora de menor impacto se detallan a continuación.

- Instalación de una válvula de seguridad del tramo caldera Sincal- manifold de distribución de vapor.

Teniendo en cuenta que, en la industria cuando los sistemas operan a presión, la maquinaria puede verse sometida a presiones superiores a la cual fueron diseñadas. Por consiguiente, los generadores y el sistema de vapor presentan el riesgo latente de explosión. De tal manera que, puede causar graves consecuencias tanto para los operarios como al personal de instalaciones

cercanas. Para prevenir este riesgo se instalan en estos equipos válvulas de seguridad, que permitan por medio de la descarga del fluido contenido, aliviar el exceso de presión.

- Reubicación de la autoclave instalada en la sala de máquinas.

Por motivos de orden de los equipos, facilitar el acceso y la libre circulación, es necesario la reubicación del equipo de esterilización (autoclave). Además, tomando en cuenta la congestión de maquinaria y la distancia entre ellas por la seguridad y comodidad del operador de calderas Marcos Antonio Ruiz, es de suma importancia que se realice un pronto reordenamiento del área en cuestión. A su vez, es indispensable la inocuidad en el proceso de esterilización, puesto que esta actividad requiere del mayor cuidado posible en su manipulación para evitar que el material estéril adquiera nuevamente cualquier tipo de gérmenes, bacterias o cualquier otro microorganismo patógeno.



Foto 1 Autoclave de sala de máquinas

Fuente: Equipo de investigación

- **Propuesta en área de cocina y lavandería.**

En palabras de los encuestados, “es necesario la pronta sustitución de los equipos”, puesto que estos equipos de consumo instalados actualmente en el área de lavandería, están prácticamente obsoletos, en lo que abarca la lavadora y las secadoras.

En el área de cocina, la propuesta es reinstalar la línea de retorno de condensado, debido a que no está habilitada. Un sistema térmico de generación de vapor eficiente reutiliza el condensado. Al desechar y desaprovechar el condensado se producen cuantiosas pérdidas de recursos financieros e hídricos, Las malas prácticas y técnicas medioambientales favorecen negativamente al deterioro del sistema, por lo cual una de las acciones importantes para mejorar la eficiencia energética, es aprovechar la energía contenida en el condensado, el modo de adecuado de reutilizarlo es haciéndolo retornar al tanque de condensados.



Ilustración 61 Marmitas área de cocina HESJDE

Fuente: Equipo de investigación

Tabla 27*Presupuesto de materiales para las propuestas de mejora*

					COSTOS ESTIMADOS		
HOSPITAL ESCUELA SAN JUAN DE DIOS DE ESTELÍ							
PRESUPUESTO DE MATERIALES PARA LA PROPUESTA DE MEJORA							
CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	C/U DÓLARES	5%	SUBTOTAL DÓLARES	TOTAL, DÓLARES	
1/4	Gal	Pegamento 5000	\$ 27.00	1.00	\$6.75	\$7.75	
1	Ud.	Cepillo cilindro de 2"	\$ 27.00	1.00	\$27.00	\$28.00	
4	Ud.	Válvula de media vuelta 3/4 150 Psi bronce roscado	\$ 33.75	0.46	\$135.00	\$135.46	
1	Ud.	Válvula de media vuelta 1" 150 Psi bronce roscado	\$ 33.75	1.25	\$33.75	\$35.00	
5	Ud.	Manómetro de 0-160 Psi de 1/4" x 2,5"	\$ 40.50	1.25	\$202.50	\$203.75	
2	Ud.	Juego de válvula de nivel de 1/2" broce roscado	\$ 72.90	2.70	\$145.80	\$148.50	
4	Pie ²	Empaque en lámina de asbesto grafitado con malla metálica de 2"	\$ 174.15	6.45	\$696.60	\$703.05	
1	Ud.	Válvula de seguridad de 3" x 3" 150 Psi	\$ 675.00	23.05	\$675.00	\$698.05	
2	Ud.	Tubo HN de 1" x 20"	\$ 40.50	1.15	\$81.00	\$82.15	
30	Ud.	Fibra de vidrio tipo cañuela de 2" x 1 m	\$ 27.00	0.50	\$810.00	\$810.50	
15	Ud.	Cañuela fibra de vidrio de 3/4"	\$ 20.25	0.50	\$303.75	\$304.25	
20	Ud.	Fibra de vidrio tipo cañuela de 1/2"	\$ 13.50	0.41	\$270.00	\$270.41	
1	Ud.	Cinta Adhesiva para alta temperatura de aluminio	\$ 33.75	1.25	\$33.75	\$35.00	
5	Lb	Soldadura 6011 1/8"	\$ 4.05	0.12	\$20.25	\$20.37	

2	Ud.	Disco para cortar de 4"	\$	5.40	0.13	\$10.80	\$10.93
2	Ud.	Disco para pulir de 4"	\$	5.40	0.13	\$10.80	\$10.93
2	Ud.	Brocha de 3"	\$	2.00	0.08	\$4.00	\$4.08
1/2	Gal	Pintura anticorrosiva negra	\$	32.40	1.20	\$16.20	\$17.40
2	Gal	Zener	\$	10.80	0.10	\$21.60	\$21.70
20	Ud.	Pernos de 3/8" x 2" con tuercas y arandela	\$	2.00	0.05	\$40.00	\$40.05
1	Ud.	Penetrante Espray	\$	8.20	0.20	\$8.20	\$8.40
1	Ud.	Limpia contacto Spray	\$	8.20	0.25	\$8.20	\$8.45
10	Ud.	Lija # 120	\$	2.00	0.65	\$20.00	\$20.65
1	Ud.	Tubo HN de 2" x 20ft	\$	47.25	1.15	\$47.25	\$48.40
1	Ud.	Tubo HN de 3/4" x 20ft	\$	40.50	1.13	\$40.50	\$41.63
1	Ud.	Tubo HN de 1/2" x 20"	\$	27.00	0.90	\$27.00	\$27.90
Costos de M. O						\$3,695.70	\$3,742.75
Costo de M. P	%	Total M. O					
\$3,742.75	30			\$1,122.82	Total, M y M. O		\$4,865.57

Fuente: Equipo de investigación

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

En virtud de los resultados, no cabe dudas que el vapor de agua es de suma importancia en la industria, en este caso es un respaldo indispensable en el centro asistencial Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, para brindar la atención adecuada bajo las condiciones apropiadas de acuerdo a las necesidades de sus pacientes, en donde se llevó a cabo la presente evaluación en la operación del sistema de generación de vapor.

Se desarrolló este diagnóstico durante la operación del sistema de generación de vapor a través de la observación directa al igual que la entrevista libre, aplicada a forma de conversación al personal directamente involucrado. Dichos métodos que permitieron conocer eventualmente los fundamentos tanto en la generación y calidad del vapor de uso industrial, como del funcionamiento de la maquinaria instalada y el estado actual de la red de distribución del sistema. También, revelaron datos esenciales que se ordenaron y recopilaron, lo que incidió en la formulación de propuestas para el mejoramiento en el sistema.

Por medio de este estudio se consiguió comprobar el volumen máximo de producción de vapor, el cual es distribuido por medio de tuberías instaladas bajo los parámetros establecidos por las guías de referencia técnicas de distribución de vapor. Esta cantidad de vapor obtenida gracias a los generadores, son suficientes para abastecer las áreas de consumo, puesto que tienen la capacidad de producir por encima de la demanda. Sin embargo, debido a las fugas en tuberías, falta de aislamiento en las líneas de vapor y derivaciones, equipos de consumo en mal estado y la falta de mantenimiento. El sistema de generación de vapor está consumiendo más recursos de lo establecido.

Se realizó el trazado de planos arquitectónicos en primera instancia de la distribución actual de la planta en la sala de máquinas y otro plano directamente ligado al recorrido de tuberías de alimentación de agua y combustible; vapor y retornos de condensados, los cuales van desde el manifold hasta las áreas de consumo. Ambos constan con su debida señalización y componentes como soportes y válvulas. Sin lugar a dudas todo esto ayuda a perfeccionar y actualizar las instalaciones, líneas de distribución y a proyectar futuras ampliaciones si el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí decide optar por aplicar las alternativas de mejoras al sistema de vapor.

5.2 RECOMENDACIONES

- Ante la vulnerabilidad inminente del personal involucrado directa e indirectamente a un sin número de riesgos por las altas temperaturas, desde la generación, distribución y abastecimiento del vapor, es una necesidad la capacitación y el entrenamiento de estos colaboradores para evitar riesgos y puedan manejar cualquier situación imprevista.
- Gestionar fondos ante la administración competente, tomando en cuenta las alternativas de mejora brindadas por esta investigación.
- Restringir el acceso y operación del personal o cualquier otro individuo que no porte los debidos equipos de protección en la sala de máquinas, para evitar todo tipo de incidente debido a las altas temperaturas, al igual que las altas presiones.
- Por motivos de inspección continua y aportación al funcionamiento adecuado del sistema de vapor, es indispensable asignar tareas específicas al operador de calderas. Ya que, realiza múltiples actividades ajenas a las de operación del sistema, lo que implica un descuido parcial de su labor principal fatigando al trabajador en sus jornadas diarias. Por lo tanto, se recomienda reclutar personal capacitado y definir tareas precisas.
- Se debe establecer una distribución de planta con su debida señalización, puesto que en la sala que se encuentran los generadores de vapor, siendo más específicos en el área donde se localizan: el manifold, la caldera SINCAL y tanque de condensados; hay una falta de distanciamiento entre maquinaria, lo que dificulta la libre circulación del operador y lo deja en contacto bajo roces con el material de aislamiento y la tubería sin aislar.
- Como una medida preventiva al momento de un percance, es indispensable habilitar una entrada independiente, así como una salida las cuales sean libres y de acceso directo. A su vez, una debida señalización en la sala de máquinas con el propósito de informar a los operarios y personal externo; de recomendaciones, rutas permitidas, restringidas y del uso en general de las instalaciones y maquinaria de este sitio.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Aguamarket. (2020). *Aguamarket*. Obtenido de Usos del agua en las industrias: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3051&termino=usos+del+agua+en+las+industrias>
- ALBERTO SAN MILLÁN, & JAVIER HUALDE. (17 de Junio de 2020). *SUMELEC*. Obtenido de Tipos de vapor de agua: <https://blog.sumelec.es/medicion-e-importancia-del-uso-del-vapor-en-procesos-industriales/>
- Armstrong. (2005). Calculo de trampas de vapor. *Soluciones para sistema de vapor*, 37.
- Borroto Nordelo, A., & Rubio González, A. (2007). *Combustión y Generación de Vapor*. Cuba: Universo Sur.
- Casas Antigua, J., Repullo Labrador, J., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. *Investigación*, 143-162.
- Çengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. DF Mexico : Mc Graw-Hill.
- Concepto de marco teórico. (2010). En R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, & M. d. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación* (págs. 73-656). México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Corace, J. (2009). *Mecanismo de transferencia de calor*. Obtenido de <http://ing.unne.edu.ar/pub/fisica2/U05.pdf>
- Dania M^a Orellana López, M. C. (2006). *Revista de Investigación Educativa*. *RIE*, 211.
- Departamento Técnico SRL, A. y. (12 de Enero de 2012). *Mantenimiento de calderas*. Obtenido de Engormix/ Balanceados-Pienso: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/mantenimiento-de-calderas-t29356.htm>
- Dr. Roberto Hernández Sampieri, D. C. (2003). *Metodología de la investigación 6ta edición*. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.

- Fierro Fierro, F. B. (2018). *Peumo Repositorio Digital USM*. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl>
- Gobierno de México. (07 de Julio de 2018). *Normas IMSS*. Obtenido de IMSS: <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss>
- HARDVAL S.A. (2017). *Indicadores de nivel*. Obtenido de HARDVAL: <https://www.hardval.com.ar/indicadores.html>
- Hernández, S., & Hernández Sampieri, R. (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana. Mexico. D.F, 2003.
- Herrero Gonzáles, E. (27 de Julio de 2015). *Agua en la industria*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/noticias/eva-gonzalez-herrero/15/07/27/agua-industria-crece-demanda-frente-recurso-mas-escaso#:~:text=El%20agua%20dulce%20es%20el,en%202010%20el%20acceso%20a>
- Ing. Andrea Gomez. (1 de Octubre de 2018). *Vpica*. Obtenido de <http://vpica.com/las-valvulas-de-vapor/>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2004). *Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Especiales*. Distrito Federal: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Instituto Nicaragüense de Energía . (01 de febrero de 2021). *Instituto Nicaragüense de Energía, Dirección General de Hidrocarburos*. Obtenido de Instituto Nicaragüense de Energía : https://www.ine.gob.ni/DGH/monitoreos/2021/RES_monitoreo.pdf
- JessiDUC. (25 de 11 de 2015). *Calderas acuatubulares*. Obtenido de Blogger: <http://sistemadeaguasdecalders.blogspot.com/2015/11/tratamiento-de-agua-yquimicos-para.html>
- Josward Acevedo Juarez, Carlos Rodríguez Sevilla, & Lester Moises Flores Tinoco. (Noviembre de 2016). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el generador de vapor del hospital escuela San Juan de Dios de la ciudad de Estelí*. Esteli. Recuperado el 2020

- LENNTECH. (1998-2020). *Características del agua para alimentación de calderas*. Obtenido de LENNTECH: <https://www.lenntech.es/aplicaciones/proceso/caldera/tratamiento-de-agua-de-calderas.htm>
- Lucas, D. A. (2004). *Estudio y propuesta del mejoramiento del sistema de generacion de vapor de la empresa Maderas Milpas Altas, S.A.* Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Marcelino Cuesta, F. J. (2009). Introducción al muestreo. *Universidad Andres Bello, facultad de educación, escuela de educación*, 5- 9.
- Martín Balss, T., & Serrano Fernández, A. (octubre de 2014). *Calor*. Obtenido de Termodinámica: <http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfísica/termo1p/calor.html>
- Mejía, M. M., & Rosales Mejía , M. M. (2014). Proceso evaluativo: evaluación sumativa, evaluación formativa. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*, 3. Obtenido de [file:///C:/Users/Fabiola%20Baltodano/Downloads/662%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Fabiola%20Baltodano/Downloads/662%20(2).pdf)
- PRODINCO S.A. (2011). *Ventiladores Industriales*. Obtenido de Promotores de ingeniería y comercio: http://www.prodinco.es/index.php?option=com_content&view=article&id=34&Itemid=139&lang=es
- Raffino, M. E. (09 de Septiembre de 2020). *Vapor de Agua*. Obtenido de Concepto.de: <https://concepto.de/vapor-de-agua/>
- Romero, J. R. (2012). *CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- S.A, S. S. (2020). Distribucion de vapor. *Guía de referencia Técnica de distribución de vapor*, pag 2.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investifación 6ta edición* . Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Sanchis, J. C. (25 de agosto de 2017). *Quemador de calderas industriales*. Obtenido de Julio C. Sanchis Calderas Industriales: <https://www.calderasformacion.com/quemador-en-las-calderas-industriales/>
- Santamaría, S. G. (19 de Mayo de 2019). *Equipos de seguridad en calderas/ SpiraxSarco*. Obtenido de Fenercom: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/10/2019-06-19-Sistemas-de-control-en-calderas-SPIRAXSARCO-fenercom.pdf>
- SpiraxSarco. (2020). Controladores electrónicos para calderas de vapor. *Controladores electrónicos para calderas de vapor. Control de nivel, purga de sales y de fondo de calderas*, 9-15.
- Spirax-Sarco. (2020). *Guía de referencia técnica de distribución de vapor*. Buenos Aires-Argentina: Spirax-Sarco S.A.
- Trujillo, U. N. (25 de Abril de 2014). *Partes de calderas*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/ceciliasv25/eficiencia-en-calderos>
- Villanueva, E. D. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*. México: GRUPO EDITORIAL PATRIA S.A, DE C.V .
- Wigodski, S. J. (14 de julio de 2010). *Metodología de la investigación*. Obtenido de Metodología de la investigación: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>
- YUNUS A. ÇENGEL, & MICHAEL A. BOLES. (2015). *Termodinámica octava edición*. México: Mc. Graw Hill Education.

5.4 ANEXOS

Anexo 1 Guía de Observación de Generadores

GENERADOR DE VAPOR	LISTA DE VERIFICACIÓN SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	VALORACIÓN DEL RIESGO VR				
Instalación	Sala de máquinas Hospital escuela San Juan de Dios, Estelí	Muy bajo				
Propietario	Hospital San Juan de Dios, Estelí	Bajo				
Fabricante	Cleaver Brooks	Medio				
Superficie de calefacción		Alto				
Presión máxima de trabajo	150 Psi - 10.34 bar	Muy alto				
Tipo de combustible utilizado	Diésel, gas butano					
RESPONSABLE DEL ÁREA INSPECCIONADA:						
ÍTEM	SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
I. SISTEMAS TÉRMICOS – CALDERAS DE VAPOR						

A. DE LA MANIPULACION O MANEJO DE LOS GENERADORES DE VAPOR						
1.	El generador de vapor tiene un operador calificado que acredite su idoneidad por medio de un certificado otorgado por el servicio de salud de correspondiente.	X				
2.	En cada turno de trabajo el personal verifica al menos una vez el funcionamiento de todos los dispositivos de alimentación de agua.	X				
3.	En cada turno de trabajo el personal verifica al menos una vez el funcionamiento de las válvulas de seguridad.	X				
4.	En cada turno de trabajo el personal realiza proceso de purga de los accesorios indicadores del nivel de agua	X				
5.	Existe procedimiento de emergencia escrito que indique que hacer en caso de que el nivel de agua baje más allá del límite inferior de visibilidad del tubo de nivel.	X				

B. DE LA INDIVIDUALIZACIÓN Y REGISTRO DE CALDERAS		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	La caldera se dispone de un libro de vida al día, en el que se anotan los datos y observaciones acerca de su funcionamiento	X					
2.	La caldera tiene adosada en su cuerpo principal la placa de fábrica que indica las características originales, como el número de fábrica, año de fabricación, superficie de calefacción y la presión máxima de trabajo para la cual fue construida	X					
C. DE LAS CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Si el generador tiene una superficie de calefacción igual o superior a 5 m ² y cuya presión excede de 2.5	X					

	kg/m ² ¿Está instalada en un recinto de material incombustible y cubierta de techo liviano?					
2.	La sala de caldera cuenta con una buena iluminación y ventilación	X				
3.	La distancia mínima entre la caldera y las paredes del recinto es de 1m, así como entre cualquier otro equipo de la instalación.	X				
4.	La sala de caldera dispone a lo menos con dos puertas de direcciones diferentes y libres de obstáculos	X				
5.	Los conductos de humo o de gases de combustión, incluso los empleados como vías de emergencia, están contruidos de manera que no permiten la acumulación de gases combustibles y asegurando su arrastre hacia la salida o chimenea	X				
6.	El operador tiene acceso seguro y expedito a los dispositivos de mando y accesorios más elevados.	X				Expedido por el ministerio de energía y minas

7.	Los estanques de almacenamiento de combustible líquidos disponen con la autorización superintendencia de electricidad y combustibles.	X					
8.	Las tuberías y cañerías se encuentran adecuadamente señalizadas (vapor, agua y combustibles)	X					
9.	La sala de calderas se encuentra adecuadamente señalizada (salidas de emergencias, rutas de evacuación, válvulas de corte de combustible y tableros eléctricos)	X					
10.	La red de suministro de vapor se encuentra aislada y no presenta riesgo para el operador.			X	Alto	Algunas líneas de vapor tienen fugas. Algunas tuberías no están debidamente aisladas.	Reparación Aislamiento.
11.	La red de suministro de vapor cuenta con manómetros en sus salidas.		X		Bajo	Algunas salidas no cuentan con manómetro	

12.	Las tuberías auxiliares están bien sujetas para evitar vibraciones y desprendimientos.	X					
13.	Existen fugas en la red de distribución de vapor	X			Media		
D. DE LA ALIMENTACIÓN DE AGUA		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Se dispone de sistema de tratamiento de agua que permita eliminar o reducir la dureza del agua con el fin de eliminar incrustaciones.	X					
2.	Se realiza comprobación diaria de los indicadores de nivel de agua	X					
3.	La bomba de alimentación de agua tiene una capacidad del 25% más que la presión máxima de trabajo	X					
4.	Se efectúa diariamente purgas en la caldera con el fin de eliminar lodos	X					
E. DE LOS ACCESORIOS DE LAS CALDERAS		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES

1.	La caldera esta provista de a lo menos dos indicadores de nivel de agua.	X					
2.	La caldera cuenta con uno o más manómetros con escala que indique a lo menos 1,5 veces la presión máxima de trabajo y con un diámetro de esfera de 100mm, como mínimo.	X					
3.	El manómetro está ubicado en una parte visible y está indicada con línea roja la presión máxima de trabajo sobre la esfera del manómetro.	X					
4.	El manómetro cuenta con la instalación del sello de agua (cola de chanco).		X		Bajo		
F. VÁLVULAS DE SEGURIDAD		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	La caldera se dispone de una o más válvulas de seguridad con capacidad para evacuar todo el vapor producido por la caldera.	X					
H. SISTEMAS DE ALARMA		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES

1.	La caldera cuenta con sistema de alarma acústica o visual cuando el nivel de agua alcance el mínimo o el máximo; deteniendo el sistema de funcionamiento de combustible cuando alcance el nivel mínimo de agua.	X					
I. PUERTAS DE EXPLOSIÓN		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Si la caldera usa combustible o gaseoso dispone de uno o más dispositivos de sello o compuertas para alivio de sobrepresión en el hogar. Se excluye aquellos sistemas automáticos que eliminan el riesgo de explosión.	X					
J. DISPOSICIONES GENERALES DE LA REVISIÓN INTERNA Y EXTERNA		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	El generador de vapor cuenta con certificados de revisiones y pruebas vigente.	X					
2.	Se realiza limpieza periódica por el lado del fuego (tubos de humos y ceniceros).	X					

3.	Se realizan inspecciones periódicas por el lado del agua con el fin de detectar incrustaciones y corrosión.	X					
4.	Se encuentra disponible manual de operación y mantenimiento.	X					
5.	Existe y se mantiene registro fotográfico del estado de los tubos de humos pacientes.	X					
K. DEL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Se cumple con la normativa vigente en relación a emisiones de material particulado y gases.	X					

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LOS ITEMS		CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
Nivel de riesgo muy bajo		
Nivel de riesgo bajo	2	
Nivel de riesgo medio	1	
Nivel de riesgo alto	1	
Nivel de riesgo muy alto		
EVALUADOR DEL RIESGO		
NOMBRE: _____		FIRMA: _____
FECHA: 13 / 11		

GENERADOR DE VAPOR	LISTA DE VERIFICACIÓN SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR					VALORACIÓN DEL RIESGO VR	
Instalación	Sala de máquinas Hospital escuela San Juan de Dios, Estelí					Muy bajo	
Propietario	Hospital escuela San Juan de Dios, Estelí					Bajo	
Fabricante	Sincal					Medio	
Superficie de calefacción	25,96 m ²					Alto	
Presión máxima de trabajo	11 bar					Muy alto	
Tipo de combustible utilizado	Diésel						
RESPONSABLE DEL ÁREA INSPECCIONADA:							
ÍTEM		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
I. SISTEMAS TÉRMICOS – CALDERAS DE VAPOR							
A. DE LA MANIPULACIÓN O MANEJO DE LOS GENERADORES DE VAPOR							
1.	El generador de vapor tiene un operador calificado que acredite su idoneidad por medio de un certificado otorgado por el servicio de salud de correspondiente.	X					

2.	En cada turno de trabajo el personal verifica al menos una vez el funcionamiento de todos los dispositivos de alimentación de agua.	X					
3.	En cada turno de trabajo el personal verifica al menos una vez el funcionamiento de las válvulas de seguridad.	X			Bajo		Agregar válvula de seguridad de la caldera a manifold
4.	En cada turno de trabajo el personal realiza proceso de purga de los accesorios indicadores del nivel de agua	X					
5.	Existe procedimiento de emergencia escrito que indique que hacer en caso de que el nivel de agua baje más allá del límite inferior de visibilidad del tubo de nivel.	X					
B. DE LA INDIVIDUALIZACIÓN Y REGISTRO DE CALDERAS		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	La caldera se dispone de un libro de vida al día, en el que se anotan los datos y observaciones acerca de su funcionamiento	X					

2.	La caldera tiene adosada en su cuerpo principal la placa de fábrica que indica las características originales, como el número de fábrica, año de fabricación, superficie de calefacción y la presión máxima de trabajo para la cual fue construida	X					
C. DE LAS CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Si el generador tiene una superficie de calefacción igual o superior a 5m ² y cuya presión excede de 2.5 kg/m ² ¿Está instalada en un recinto de material incombustible y cubierta de techo liviano?	X					
2.	La sala de caldera cuenta con una buena iluminación y ventilación	X					
3.	La distancia mínima entre la caldera y las paredes del recinto es de 1m, así como entre cualquier otro equipo de la instalación.	X					
4.	La sala de caldera dispone a lo menos con dos puertas de direcciones diferentes y libres de obstáculos	X					

5.	Los conductos de humo o de gases de combustión, incluso los empleados como vías de emergencia, están contruidos de manera que no permiten la acumulación de gases combustibles y asegurando su arrastre hacia la salida o chimenea	X					
6.	El operador tiene acceso seguro y expedito a los dispositivos de mando y accesorios más elevados.	X					
7.	Los estanques de almacenamiento de combustible líquidos disponen con la autorización superintendencia de electricidad y combustibles.	X				Expedido por el ministerio de energía y minas	
8.	Las tuberías y cañerías se encuentran adecuadamente señalizadas (vapor, agua y combustibles)	X					
9.	La sala de calderas se encuentra adecuadamente señalizada (salidas de emergencias, rutas de evacuación, válvulas de corte de combustible y tableros eléctricos)	X					
10.	La red de suministro de vapor se encuentra aislada y no presenta riesgo para el operador.			X	Alto	Algunas se encuentran aisladas.	Instalación de aislamiento

						Algunas no se encuentran aisladas	
11.	La red de suministro de vapor cuenta con manómetros en sus salidas.			X	Bajo		
12.	Existen fugas en la red de distribución de vapor.	X			media		
13.	Las tuberías auxiliares están bien sujetas para evitar vibraciones y desprendimientos.	X					
D. DE LA ALIMENTACIÓN DE AGUA		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Se dispone de sistema de tratamiento de agua que permita eliminar o reducir la dureza del agua con el fin de eliminar incrustaciones.	X					
2.	Se realiza comprobación diaria de los indicadores de nivel de agua	X					
3.	La bomba de alimentación de agua tiene una capacidad del 25% más que la presión máxima de trabajo	X					

4.	Se efectúa diariamente purgas en la caldera con el fin de eliminar lodos	X					
E. DE LOS ACCESORIOS DE LAS CALDERAS		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	La caldera esta provista de a lo menos dos indicadores de nivel de agua.	X					
2.	La caldera cuenta con uno o más manómetros con escala que indique a lo menos 1,5 veces la presión máxima de trabajo y con un diámetro de esfera de 100mm, como mínimo.	X					
3.	El manómetro está ubicado en una parte visible y está indicada con línea roja la presión máxima de trabajo sobre la esfera del manómetro.	X					
4.	El manómetro cuenta con la instalación del sello de agua (cola de chanco).	X					
F. VÁLVULAS DE SEGURIDAD		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	La caldera se dispone de una o más válvulas de seguridad con capacidad para evacuar todo el vapor producido por la caldera.	X					
H. SISTEMAS DE ALARMA		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES

1.	La caldera cuenta con sistema de alarma acústica o visual cuando el nivel de agua alcance el mínimo o el máximo; deteniendo el sistema de funcionamiento de combustible cuando alcance el nivel mínimo de agua.	X					
I. PUERTAS DE EXPLOSIÓN		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Si la caldera usa combustible o gaseoso dispone de uno o más dispositivos de sello o compuertas para alivio de sobrepresión en el hogar. Se excluye aquellos sistemas automáticos que eliminan el riesgo de explosión.	X					
J. DISPOSICIONES GENERALES DE LA REVISIÓN INTERNA Y EXTERNA		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	El generador de vapor cuenta con certificados de revisiones y pruebas vigente.	X					
2.	Se realiza limpieza periódica por el lado del fuego (tubos de humos y ceniceros).	X					
3.	Se realizan inspecciones periódicas por el lado del agua con el fin de detectar incrustaciones y corrosión.	X					

4.	Se encuentra disponible manual de operación y mantenimiento.	X					
5.	Existe y se mantiene registro fotográfico del estado de los tubos de humos pacientes.	X					
K. DEL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN		SI	NO	N/C	VR	OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
1.	Se cumple con la normativa vigente en relación a emisiones de material particulado y gases.	X					
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LOS ITEMS							CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
Nivel de riesgo muy bajo							
Nivel de riesgo bajo		2					
Nivel de riesgo medio		1					
Nivel de riesgo alto		1					

Nivel de riesgo muy alto		
EVALUADOR DEL RIESGO		
NOMBRE: _____		FIRMA: _____
FECHA: 13 / 11		



FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, ESTELÍ

FAREM-ESTELÍ

Entrevista

Buenos días (tardes):

Estamos trabajando en un estudio que servirá para elaborar una tesis profesional enfocada en la evaluación del sistema de generación de vapor del hospital escuela San Juan de Dios de Estelí.

Nuestro objetivo es conocer aspectos relevantes que nos ayudarán a encontrar posibles resultados para nuestros objetivos propuestos.

Necesitamos de su ayuda para que responda las preguntas que no llevarán mucho tiempo. De ante mano agradeciendo su colaboración.

Datos generales del Entrevistado

Nombre y Apellidos:

Allan Fuentes Peralta.

Sexo: Masculino

Formación profesional:

Ingeniero Mecánico

Cargo actual: jefe de departamento de Ingeniería y
Mantenimiento de H.S.J.D.E.

Tiempo de laborar en esta área:

18 años

Guía de entrevista

1. ¿Considera usted importante que se realice un estudio sobre la evaluación del sistema de generación y de redes de vapor de este centro hospitalario? ¿Por qué?

- Si, evaluar el sistema permite identificar fallos en el sistema y valorar el funcionamiento.

2. ¿Usted como responsable de ingeniería y mantenimiento que tipos de beneficios podría obtener con la realización de este estudio?

- Permite evaluar la eficiencia del sistema y proponer mejoras en las áreas que se identifican como principal problema.

3. ¿Sabe usted cuantos años de funcionamiento tiene el sistema de redes de vapor del hospital?

- 22 años

4. Durante el tiempo que usted ha estado como responsable podría mencionar que tipos de trabajos de mejoras se han realizado en el sistema de generación y redes de vapor.

- Cambio de 2 generadores de vapor y todos sus componentes

De dónde ha surgido esta iniciativa:

- Plan de sustitución de los equipos por nuevas tecnologías considerando la vida útil de los equipos sustituidos.

5. ¿Podría usted mencionar en orden de importancia, actualmente cuales son los problemas existentes en el sistema de generación y redes de vapor del hospital San Juan de Dios?

- Pérdidas por fugas en las tuberías de la red de vapor.
- Pérdidas de energía por falta de aislamiento.

6. ¿Considera usted que el personal a su cargo se integra con compromiso a las tareas que se le asignan para solventar alguna falla relacionada con el sistema de vapor del hospital?

- Por supuesto, tanto en la operación como en los mantenimientos preventivos y correctivos.

7. ¿Cree usted importante la elaboración del plano correspondiente a sala de máquinas y redes de distribución de vapor?

Si es importante, existió un conjunto de planos los cuales fueron entregados cuando se instalaron por primera vez los equipos, por diferentes razones dichos planos se perdieron y no se cuenta actualmente con planos del sistema.

¡Gracias por su colaboración!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, ESTELÍ

FAREM-ESTELÍ

Entrevista

Buenos días (tardes):

Estamos trabajando en un estudio que servirá para elaborar una tesis profesional enfocada en la evaluación del sistema de generación de vapor del hospital escuela San Juan de Dios de Estelí.

Nuestro objetivo es conocer aspectos relevantes que nos ayudarán a encontrar posibles resultados para nuestros objetivos propuestos.

Quisiéramos pedir su ayuda para que responda las preguntas que no llevaran mucho tiempo. De ante mano agradeciendo su colaboración.

Datos generales del entrevistado

Nombre y Apellidos: Marco Antonio Rivas.

Edad: 54

Nivel académico: Primer año (secundaria)

Experiencia laboral (Años): 36 años

Cargo actual: Operario de calderas

Cargo para el que fue contratado: Operario de calderas

Guía de entrevista

1 ¿Cuándo sucede un fallo en el sistema de generación de vapor, a quien recurre?

- Ingeniero Allan fuentes (jefe de mantenimiento).

2 ¿Ocurren con frecuencia los problemas en el sistema?

- No

3 ¿Si se realizara una rehabilitación del sistema de generación y redes de vapor, que aspectos le gustaría se mejoraran?

- Aislamiento, Ubicación de algunas autoclaves.

4 ¿El mal estado de los dispositivos de distribución, fugas en el sistema y las pérdidas de calor en el sistema, cree usted afectan de forma directa las condiciones de operación de los equipos de las áreas de servicios?

- Si, por que se enfrían las máquinas y se pierde calor en el vapor saturado.

¡Gracias por su colaboración!



FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, ESTELÍ

FAREM-ESTELÍ

Encuesta

Buenos días (tardes):

Estamos en el proceso de elaboración de nuestra tesis, basada en la evaluación del sistema de generación de vapor, para optar al título profesional de Ingeniero(a) Industrial.

Necesitamos de su apoyo para que conteste algunas preguntas de suma importancia para la elaboración de nuestro estudio. No hay preguntas comprometedoras y no llevará mucho tiempo responderlas.

Las personas fueron escogidas tomando en cuenta las áreas de suministro y las que se abastecen del sistema de generación de vapor.

Lea cuidadosamente las instrucciones ya que hay preguntas en las que se marcan varias opciones y otras en las que solo se debe marcar una.

Instrucciones

Emplee un lápiz para rellenar el cuestionario. Al hacerlo piense en los aspectos relacionados a su entorno laboral.

Lea detenidamente las preguntas, en algunas solo marcará una opción y en otras las marcará todas dependiendo el grado de importancia de la respuesta.

Si no puede responder la pregunta o no tiene sentido para usted, preguntar a la persona que le entrego el cuestionario para que brevemente le explique el contexto.

¡De ante mano muchas gracias por su colaboración!

Datos generales del encuestado

Sexo: M F

Área de trabajo:

Nivel de estudio alcanzado:

Guía de encuesta

1. ¿Cuál es el puesto que ocupa usted en la empresa?

Técnicos de Mantenimiento Operario de Calderas

Responsable de área de cocina Responsable de área de lavandería

Responsable de área central de esterilización

2. Nuestro estudio está enfocado en realizar una evaluación en el sistema de generación y distribución de vapor. ¿Cree que, en términos generales, el estudio es relevante e importante?

Si No

¿Por qué?

3. ¿Qué tan comprometido(a) está con la labor que ejerce actualmente? Del 0 al 10.

10 completamente comprometido

9 4

8 3

7 2

6 1

5 0 Nada comprometido

4. Aproximadamente. ¿Cuántas horas de abastecimiento del sistema de generación de vapor necesita el área en la que labora?

1-3 3-6 6-9

5. ¿Qué tan efectivo cree usted es el suministro de vapor para satisfacer la demanda del área donde usted labora?

Sumamente efectivo Muy efectivo Poco efectivo Nada efectivo

6. ¿Alguna vez su trabajo ha sido interrumpido por algún tipo falla en el sistema de generación de vapor?

Si No No estoy seguro

7. ¿Conoce usted el funcionamiento básico y algunas partes del sistema de vapor del hospital?

Si No

¿Qué partes conoce?

8. ¿A quién recurre usted de primera instancia cuando ocurre un fallo en el sistema de generación de vapor?

Su superior inmediato Dpto. de Mantenimiento Su experiencia

Sus compañeros Los manuales técnicos o de usuario

9. ¿El mal estado de los dispositivos de distribución, fugas de vapor y pérdidas de calor en el sistema, cree usted afectan de forma directa las condiciones de operación de los equipos de las áreas de servicios?

Definitivamente si Probablemente si No estoy seguro

Probablemente no Definitivamente no

10. ¿En qué medida cree usted es importante hacer cambios o mejoras en el sistema de generación y distribución de vapor?

Muy poco importante Poco Importante Medianamente Importante

Importante Muy importante

¿Por qué?

11. A continuación, se muestran aspectos notables y generales enfocados al sistema de vapor, le pediría que en cada caso me dijera, ¿Que tanto le preocupa a usted cada uno de ellos? Donde 10 significa “me preocupa muchísimo” y 0 “no me preocupa en lo absoluto”.

_____ Capacitación sobre el sistema de generación y distribución de vapor.

_____ Disponibilidad de dispositivos de seguridad para los operarios del sistema.

_____ Realizar mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en el sistema.

_____ Suministro de químicos para tratamiento de agua en el área de calderas.

_____ Aislamiento en las redes de vapor.

_____ Reparación de fugas en la red de vapor.

_____ Cambios de dispositivos de control y distribución (válvulas) de la red de vapor

12. Estados de los sistemas

¿Cómo considera usted se encuentra actualmente el estado actual de los dispositivos que componen el sistema de vapor del hospital?

Generadores de vapor:

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado

Muy buen estado

• Manifold de Vapor:

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado

Muy buen estado

• Válvulas de Distribución en el manifold:

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado

Muy buen estado

• Válvulas de distribución en la red y Manómetros, válvulas de seguridad, válvulas reductoras de presión.

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado

Muy buen estado

• Aislamiento de tuberías y anclajes de red de vapor

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado

Muy buen estado

• Sistemas de purgas

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado

Muy buen estado

• Tanque de condensado

Muy mal estado Mal estado Regular estado Buen estado
Muy buen estado

• **Tratamiento de aguas de alimentación de calderas**

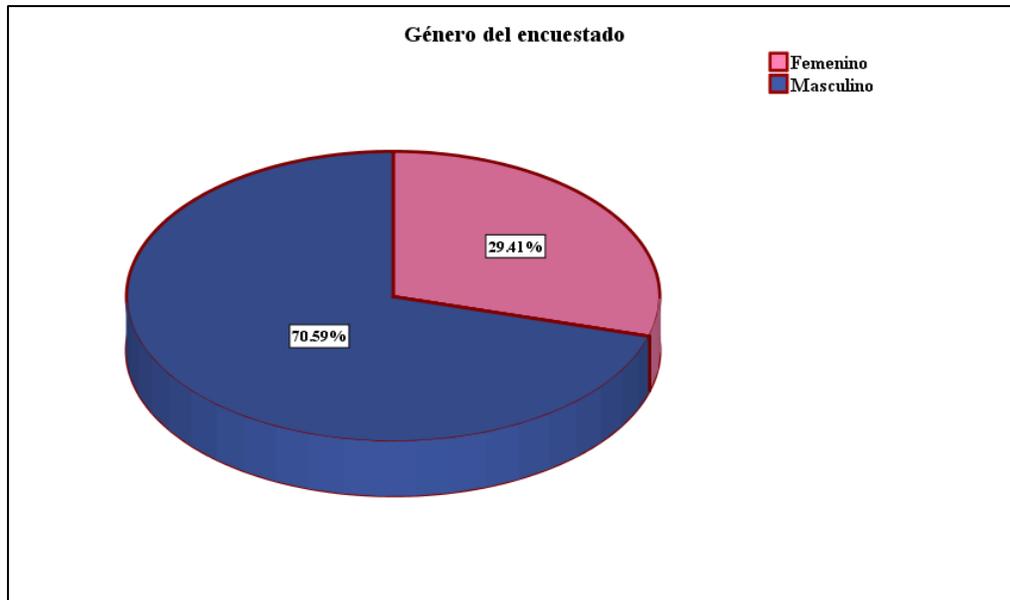
Muy mal estado estado Regular estado Buen estado
Muy buen estado

13. ¿Qué otros dispositivos creen usted deberían ser considerados para mejorar el desempeño del sistema de generación y distribución de vapor del hospital?

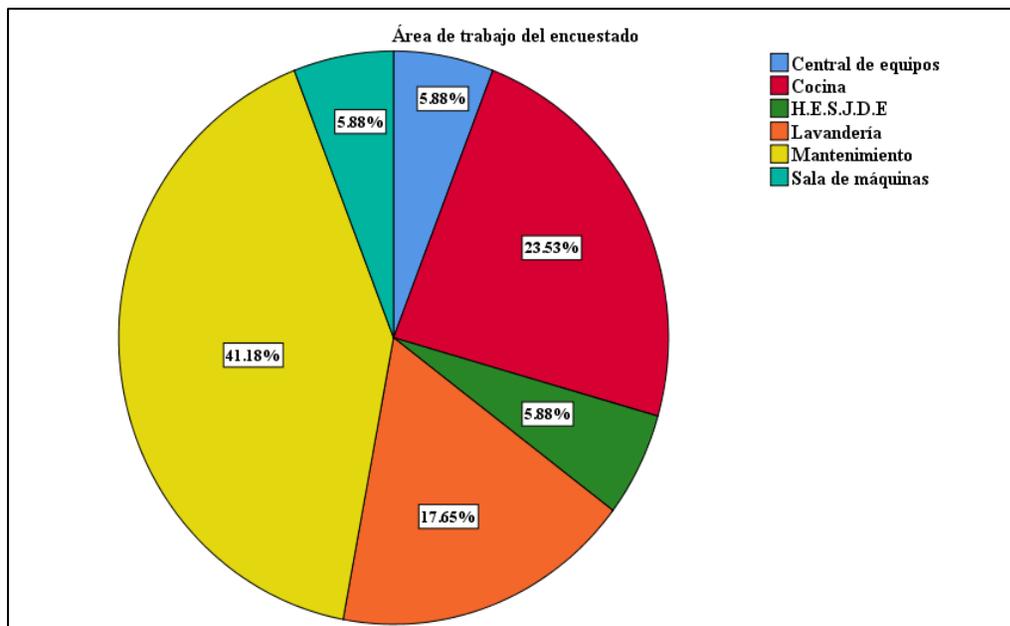
¡Muchas Gracias!

Gráficos de encuesta

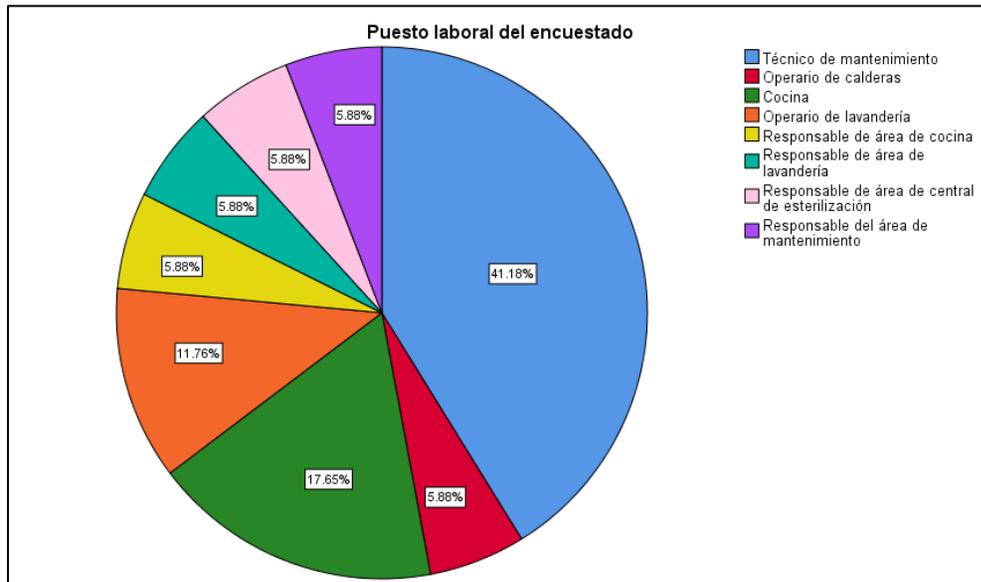
Género



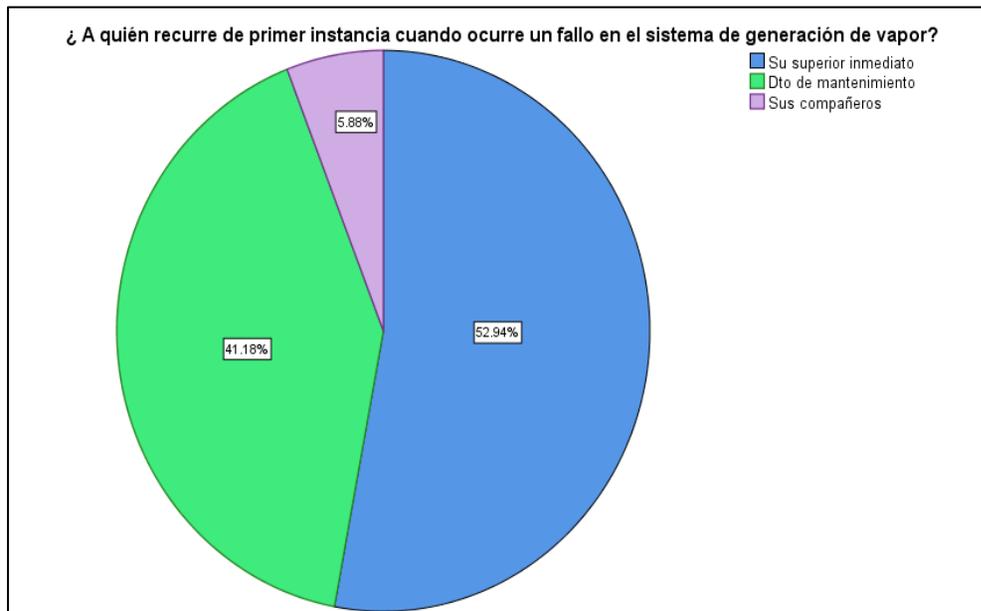
Área laboral



Puesto Laboral



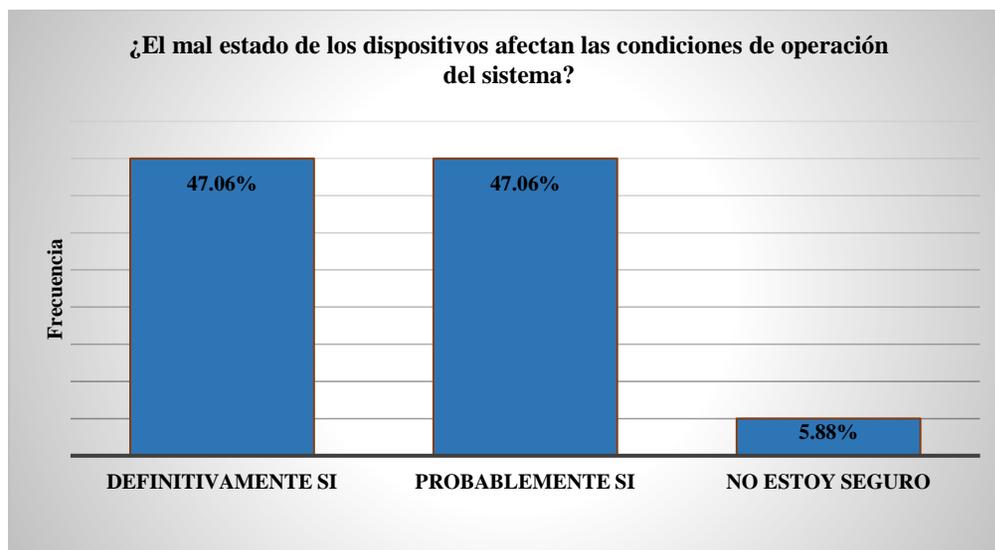
¿A quién recurre al ocurrir fallos en el sistema?



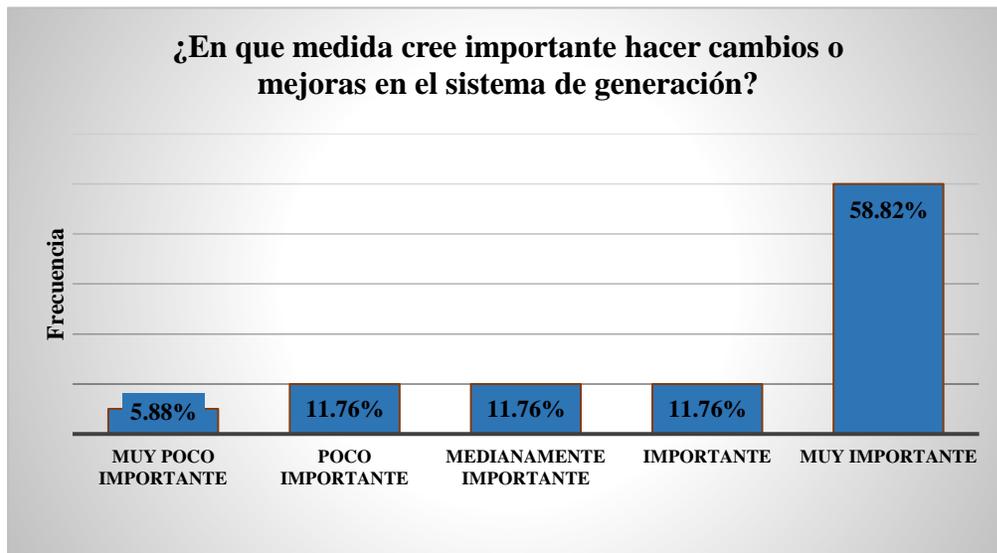
Compromiso laboral



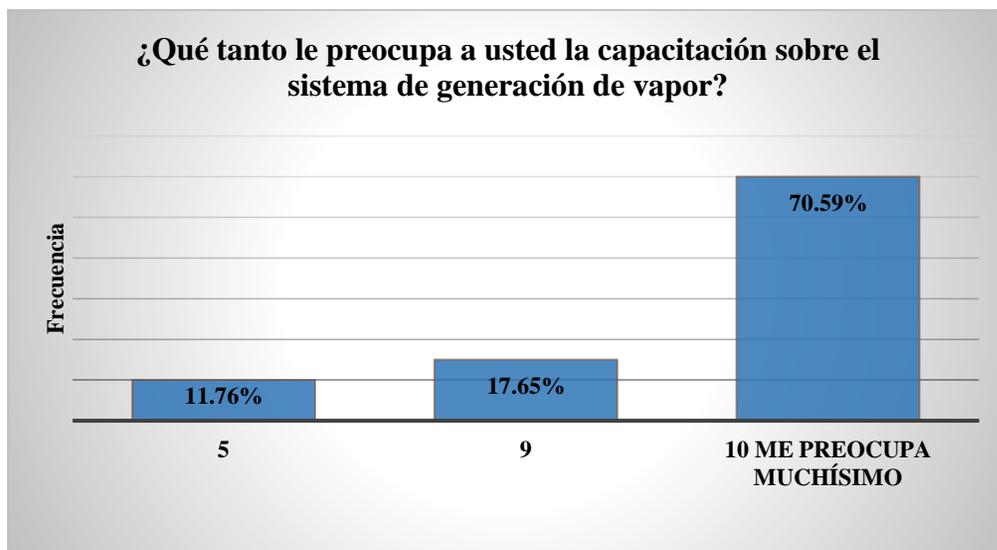
Afectación a las condiciones de operación



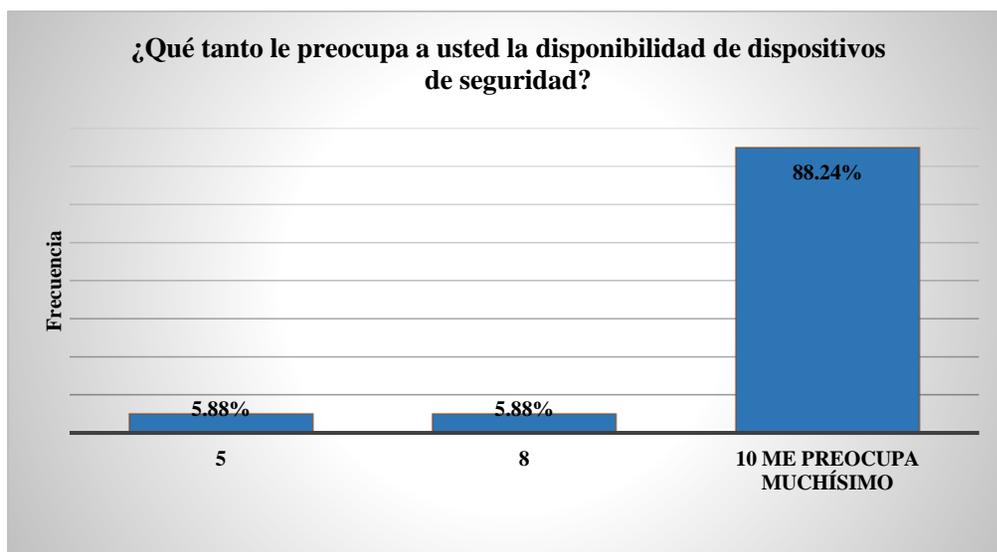
Mejoras en el sistema



Capacitación



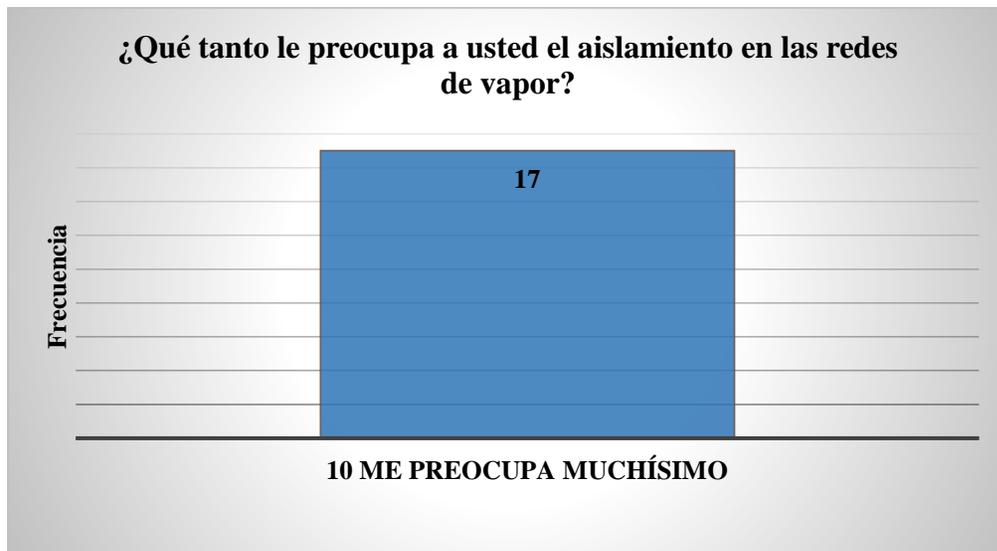
Disponibilidad de dispositivos



Suministro de químicos



Aislamiento térmico



Anexo 5

Equipo de investigación en trabajo de campo.



