

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

TEMA:

**EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA PLANTA DE VAPOR DEL
HOSPITAL MANUEL YGNACIO MONTEROS DEL INSTITUTO
ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL IESS DE LOJA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN
DIPLOMADO SUPERIOR EN
GESTIÓN ENERGÉTICA**

AUTORES :

Milton Gualberto Blacio Aguilar

Thuesman Estuardo Montaña Peralta

LOJA-ECUADOR

2009

CERTIFICACION

Ing. Mg. Sc. Daniel Enrique Mahauad Ortega
DOCENTE DEL AREA DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Haber dirigido, corregido y revisado en todas sus partes, el desarrollo de la Tesis de Diplomado en Gestión Energética, titulada "EVALUACION TERMICA DE LA PLANTA DE VAPOR DEL HOSPITAL MANUEL YGNACIO MONTEROS DEL INSTITUTO ECUATORIANO SEGURIDAD SOCIAL IESS de LOJA". Con autoría de los Ingenieros Thuesman Estuardo Montaña Peralta y Milton Gualberto Blacio Aguilar. En razón de que la misma reúne a satisfacción los requisitos de forma y fondo, exigidos para una investigación de este nivel, autorizo su presentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.

Loja, Abril del 2010

Ing. Mg. Sc. Daniel Enrique Mahauad Ortega
DIRECTOR

DECLARACION DE AUTORIA

Las ideas, hechos, principios, conceptos y resultados vertidos en el presente proyecto de Tesis, son de exclusiva responsabilidad de los autores que firman a continuación.

Ing. Thuesman Estuardo Montaña Peralta

Ing. Milton Gualberto Blacio Aguilar

RESUMEN

Los hospitales son consumidores de importante cantidad de energía, por lo que el desarrollar un programa de uso eficiente de energía ayudará a preparar una estrategia para racionalizar la demanda y optimizar la distribución, y a su vez disponer de mejor modo los excedentes.

El Hospital del IESS es una institución cuyo objetivo es brindar una cobertura de Salud a sus afiliados, dispone de 120 camas y su edificación cuenta con 20 años de funcionamiento. Los costos para mantenerse con este propósito son altos y preocupan a las autoridades de la Casa de Salud sobre los gastos que se realizan en especial los de electricidad, combustibles y agua.

Del análisis de consumo en función de los portadores energéticos se determinó que el diésel 2 es el mayor consumidor con 63%, y está sobre el de electricidad (32%) y gasolina con un 5%. La planta de vapor utiliza en el caldero este combustible que sirve para la combustión y por ende para la generación de vapor por medio de intercambio térmico, donde se pudo apreciar que las instalaciones de transporte adolecen de fallas como tuberías no aisladas, y lo que es más grave aislamientos en mal estado, esto se traduce en el consumo desmedido que no se relaciona con la demanda de pacientes atendidos y camas utilizadas por mes.

De la evaluación de pérdidas a las instalaciones de vapor, se determinó que estas alcanzan un valor de 576,41 USD por mes o 6.916,92 USD anual que bien pueden ser eliminadas realizando cambios en las instalaciones cuya inversión está alrededor de los 50.000 USD, lo cual también incidiría en el aporte a la descontaminación ambiental por el excedente de trabajo que tiene la caldera para cubrir la demanda de vapor, contaminación debido a las emanaciones de CO₂ por la chimenea de esta máquina generadora de vapor. La recuperación de la inversión se efectuaría a los 7 años, en función de una TIR de 37%.

Es necesario adoptar un sistema que conlleve a un manejo racional de vapor como la automatización de purgas así como una adecuada instrumentación que incidirá en el mejor control de la planta de vapor.

SUMMARY

The hospitals are consumers of important quantity of energy, for what developing a program of efficient use of energy will help to prepare a strategy to rationalize the demand and to optimize the distribution, and in turn to have better way the surpluses.

The Hospital of IESS is an institution whose objective is to offer a covering of Health to its members, it has 120 beds and its construction has 20 years of operation. The costs to stay with this purpose are high and they worry to the authorities of the House of Health on the expenses that are carried out those of electricity especially, fuels and it dilutes.

Of the consumption analysis in the energy payees' function was determined that the diesel 2 is the biggest consumer with 63%, and it is on that of electricity (32%) and gasoline with 5%. The plant of vapor uses in the boiler this fuel that is good for the combustion and therefore for the generation of vapor by means of thermal exchange, where you could appreciate that the facilities of transport suffer of flaws as non isolated pipes, and what is more serious isolations in not well state, this is translated in the limitless consumption that is not related with the demand of assisted patients and beds used per month.

Of the evaluation of losses to the facilities of vapor, it was determined that these they reach a value of 576,41 USD for month or 6.916,92 annual USD that well they can be eliminated carrying out changes in the facilities whose investment this around 50.000 USD, that which would also impact in the contribution to the environmental against contamination for the work surplus that has the boiler to cover the demand of vapor, contamination due to the emanations of CO₂ for the chimney of this generating machine of vapor. The recovery of the investment would be made to the 7 years, in function of a TIR of 37%.

It is necessary to adopt a system that bears to a rational handling of vapor like the automation of purges as well as an appropriate instrumentation that will impact in the best control in the plant of vapor.



TESIS DE GESTION ENERGETICA

**NOMBRES: MILTON BLACIO
THUESMAN MONTAÑO**

1.- TITULO:

Evaluación térmica de la Planta de vapor del Hospital del IESS

2.- SITUACION PROBLEMÁTICA

ANTECEDENTES

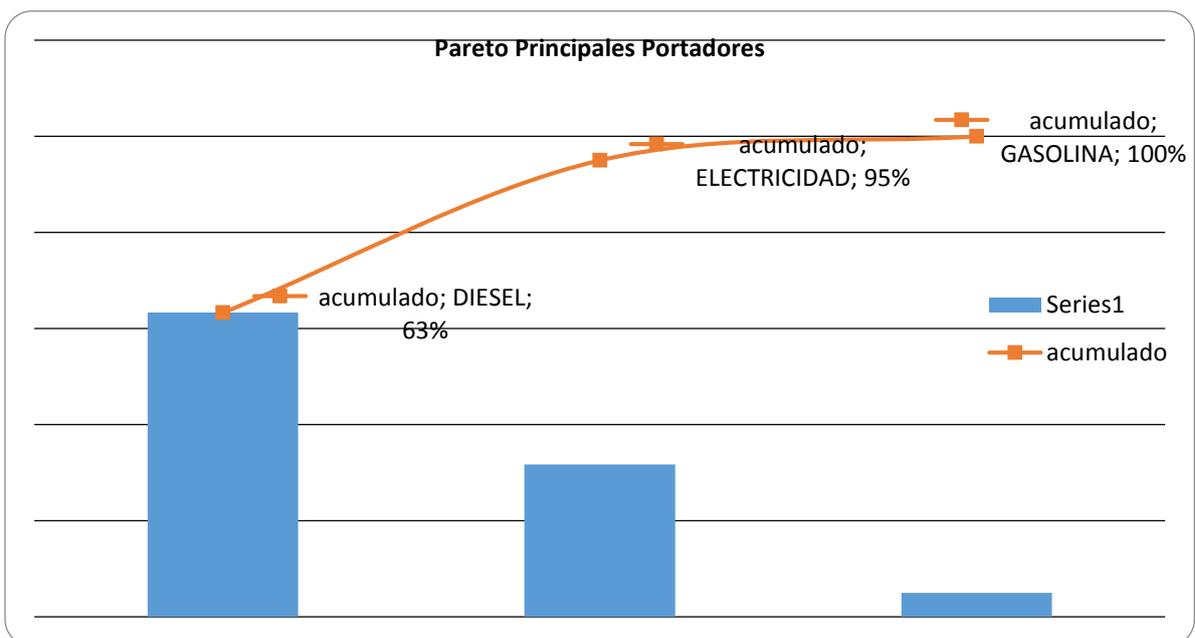
Los hospitales son consumidores de importante cantidad de energía, por lo que el desarrollar un programa de uso eficiente de energía ayudará a preparar una estrategia para racionalizar la demanda y optimizar la distribución, y a su vez disponer de mejor modo los excedentes.

El Hospital del IESS es una institución cuyo objetivo es brindar una cobertura de Salud a sus afiliados, dispone de 120 camas y su edificación cuenta con 20 años de funcionamiento. Los costos para mantenerse con este propósito son altos y preocupan a las autoridades de la Casa de Salud sobre los gastos que se realizan en especial los de electricidad, combustibles y agua.

En la siguiente tabla se presentan los mayores portadores energéticos expresados en TCC/año.

Portador	CONSUMO	TCC/ AÑO	%	Acumulado
DIESEL	29000 GLS	89,5884977	63%	63%
ELECTRICIDAD	521055 KW	44,8005254	32%	95%
GASOLINA	2290 GLS	7,07300693	5%	100%
TOTAL		141,46203		

Con el uso de Pareto se establece que el principal portador energético es el diésel 2 que se utiliza en la generación de vapor en las calderas de 100 BHP para dotar de calor a los equipos instalados en los servicios de cocina, lavandería, central de esterilización y calentador de agua.



SITUACION PROBLEMÁTICA

La planta de vapor adolece de una serie de fugas, aislamientos deteriorados, tramos sin aislar, equipos en mal estado, etc., que inciden en que el consumo de combustible sea alto, pero no ha sido posible cuantificar las pérdidas económicas de tal manera que permita visualizar en forma explícita los gastos, como tampoco se ha planteado una metodología de ahorro energético, que faculte la inversión por parte de las autoridades de la institución. La última evaluación de la eficiencia del caldero Piro-tubular en el año 2006 fue de 78%, de ahí a la fecha no ha existido otro análisis.

En la instalación de la red de vapor se ha evidenciado que hay tramos que no están aislados y en otros se detecta que están hinchados lo que demuestra que el aislamiento no está en buen estado.

Problema General de Investigación (Enunciado Problemático)

No existe un modelo matemático que permita cuantificar las pérdidas por fugas, aislamientos, etc., en el sistema de distribución así como disponer de un método de manejo racional del vapor.

Problemas específicos de investigación

- No existe un análisis técnico de la planta de vapor, ni planos desde la caldera a los diferentes consumidores.
- No hay registro de consumo de combustible
- Inexistencia de una metodología para evaluar las pérdidas térmicas, y un plan de manejo racional de vapor.

3.- JUSTIFICACION

La realización de la investigación contribuirá a determinar los modos para evaluar la instalación, recopilando los últimos adelantos de la tecnología en el campo del vapor, lo que incidirá en determinar un modelo matemático para cuantificar las pérdidas económicas para la institución así como preservar el medio ambiente

evitando la polución y ayudando a mejorar la calidad de vida de las futuras generaciones.

FACTIBILIDAD

Desde el punto de vista de relevancia social, el proyecto es viable y factible de realizarlo puesto existe el apoyo de las autoridades del Hospital, así como también se dispone de la instrumentación necesaria, además del aporte de la empresa “La Llave” para evaluar la eficiencia del combustible y generador de vapor que servirá de apoyo para determinar la metodología que permitirá confrontar las pérdidas energéticas con las económicas

4.- OBJETIVO GENERAL

Determinar las pérdidas térmicas en la planta de vapor y establecer una metodología para un manejo adecuado del vapor a fin de ahorrar energía.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Levantar un registro de consumo de vapor y de combustible.
- Realizar un levantamiento de la red desde el caldero a los diferentes consumidores. Efectuar un análisis sobre el tipo de fugas en la planta de vapor.
- Plantear la metodología y calcular los costos: por transmisión y fugas.

HIPOTESIS

Si se establece una metodología adecuada y se realizan las mediciones necesarias es posible determinar las pérdidas térmicas en la planta de vapor

5.- MARCO TEORICO

SISTEMA CATEGORIAL

5.1.- INTRODUCCION

5.1.1. Circuito de vapor

Los dos equipos de combustión de mayor uso en las instalaciones hospitalarias son los calderos de: vapor y agua caliente. Estos son usados para transferir energía de un combustible a un fluido que transporta calor a diferentes temperaturas ya sea para ser usados en el proceso o para un calentamiento en diferentes formas.

El transporte del fluido se hace normalmente por tuberías desde la caldera hasta el punto de consumo, que es una clase de equipo térmico, y luego desde éste hasta la caldera pero con un menor contenido energético. En lo que respecta al transporte de vapor en la planta del hospital se determina que la trampa de vapor que se ubica bajo el colector de vapor, trabaja continuamente y elimina una gran cantidad de condensado, lo que evidencia que los aislamientos no están en buenas condiciones.

La experiencia ha demostrado que la gran mayoría de las calderas trabajan con eficiencias térmicas menores a la máxima alcanzable.

Por otro lado, en los sistemas de distribución de vapor o agua caliente, también se presentan deficiencias que se traducen en pérdidas de energía que a su vez implican mayor consumo de combustible en la caldera para compensar dichas pérdidas.

En un sistema de generación-distribución en conjunto, el uso ineficiente de la energía puede significar un aprovechamiento tan bajo como del 30% de la energía aportada al sistema por el combustible de la caldera (sistema de vapor), en lugar de un 70% como podría ser en el caso de un sistema optimizado. Los calderos York Shipley de 80 HP no operan satisfactoriamente, existe carbonización de lado del fuego, hay fuga por las empaquetaduras en la tapa del refractario.

Por otro lado, la ineficiencia de las calderas y sistemas de distribución, además de implicar mayor consumo de combustible, implican también un incremento proporcional de las emisiones de gases de combustión.

Gracias a las propiedades sobresalientes de transferencia de calor, el vapor es ampliamente usado como un medio de energía. Varios métodos y procesos son usados para la generación de vapor con las propiedades requeridas por los consumidores individuales en sus sistemas específicos. Es importante diseñar circuitos de vapor eficiente que eviten desperdicios de vapor y condensado y la energía contenida en él, para lo cual es importante la selección adecuada de los diferentes componentes y accesorios del sistema. Debemos considerar el recuperar el 100% del vapor y condensado de la línea mediante un buen diseño del sistema de recuperación de condensado y vapor flash.

5.1.2. Calderas

Las máquinas de combustión de mayor uso en instalaciones hospitalarias son las calderas de vapor. Estas son usadas para transferir energía de un combustible a un fluido que transporta calor a diferentes temperaturas, ya sea para proceso o calentamiento en diferentes formas.

La experiencia ha demostrado que la gran mayoría de calderas trabajan con eficiencias térmicas menores a la máxima alcanzable, que según el estado de la tecnología en Latinoamérica y del tipo de combustible utilizado, es más o menos la siguiente:

- Calderas pirotubulares estándar de 3 pasos: 80 -83%
- Calderas Acuotubulares sin recuperador de calor: 78 – 80%

Las calderas pirotubulares son las más utilizadas y son conocidas como calderas de tubos de humo.

Su nombre deriva del hecho que en calderas de este tipo todo el trabajo o la mayor parte del mismo es realizado por la transferencia de calor desde los productos de combustible caliente, los cuales fluyen por el interior de los tubos, mientras que el agua se encuentra rodeando a dichos tubos.

En estas calderas el agua y el vapor se encuentran contenidos en una simple carcasa o envolvente, incluyendo los elementos para producir vapor. Aunque la

forma ideal para resistir presiones internas es una esfera, sin embargo, por consideraciones prácticas se ha optado por construirlas básicamente en carcasas cilíndricas. Secciones no cilíndricas y ciertas superficies planas han sido añadidas con el fin de proporcionar resistencia a presiones internas por varios medios tales como: tirantes diagonales, pernos continuos o tubos tirantes.

5.1.3. Tuberías de distribución y Reducción de pérdidas de calor

Aun cuando el vapor esta recalentado, este podría condensarse por intercambio debido a la radiación. El condensando dependerá de la temperatura del vapor, la temperatura ambiental, y la eficiencia del aislamiento de la tubería.

Para que un sistema de distribución de vapor sea eficiente se deben tomar en cuenta los pasos apropiados, para asegurar que las pérdidas de calor sean reducidas al mínimo. El espesor más económico de aislamiento dependerá de algunos factores como:

- El costo de la instalación.
- El calor llevado por el vapor.
- Tamaño de la tubería.
- Temperatura de la tubería.

Cuando se desea aislar el exterior de la tubería, se debe tomar en cuenta la humedad y velocidad del viento.

La eficiencia de la mayoría de los materiales aislantes depende de las celdas de aire que son sujetadas en una matriz del material inerte como lana de mineral, fibra de vidrio o silicato de calcio. Las típicas instalaciones usan fibra de vidrio revestida de aluminio o lana mineral revestida de silicato de calcio. Es importante que no sea aplastado o que permita la humedad. Es esencial la suficiente protección mecánica e impermeabilización, especialmente en lugares al aire libre.

La pérdida de calor desde agua a una tubería de vapor, o con aislamiento mojado, puede ser 50 veces mayor que del mismo tubo a aire libre. Se debe tener un especial cuidado para proteger las líneas de vapor, instaladas por tierra, o en conductos, que pueden ser sujetos a la inundación. Lo mismo se aplica para

proteger cubiertas de escaleras de mano etc. Para evitar los ingresos de agua de lluvia.

Es importante aislar todas las partes del sistema con la excepción de válvulas de seguridad. Esto incluye todas las bridas sobre las tuberías principales, también las válvulas y otros accesorios.

Anteriormente era, común cortar el aislamiento en cada lado de la brida, dejando el acceso para pernos a propósito de mantenimiento. Esto es equivalente a dejar aproximadamente 0.5 m de tubo desnudo.

Afortunadamente, están extensamente disponibles en el mercado nacional aislantes prefabricados para cubrir las bridas y las válvulas. Estos son suministrados con pasadores generalmente con el propósito que puedan separarse fácilmente para suministrar el acceso a propósito de mantenimiento.

5.1.4. Sistema de reducción de presión

El control de presión del actuador se realiza a través de una válvula de control especial, por ejemplo, la válvula reductora de presión, conocida como reductor de presión. Esta válvula se clasifica en el grupo de reguladores sin energía auxiliar, es decir un actuador. Para operar un reductor de presión en una instalación de vapor es necesario una cantidad de válvulas auxiliares y de monitoreo. El término “Estación Reductora de Presión de Vapor” incorpora todos los componentes necesarios así como el sistema de tubería.

Dos ramales de tubería son incorporados es decir, la línea principal, dividida en la línea de presión de entrada y la línea de presión de salida así como una línea de bypass, la misma que está en mal estado.

El vapor fluye a través de la válvula de compuerta y el filtro en la línea de presión de entrada antes que llegue al componente principal, el reductor de presión. La siguiente reducción es el reductor de presión, que fluye a través de válvula de compuerta posterior en la línea de presión de salida a la estación de salida con la válvula de seguridad conectada directamente a esta sección. Debido a la baja

densidad del vapor, el diámetro nominal de salida del reductor de presión debe ser mayor que el de entrada, lo que contrasta con la instalación actual cuyos diámetros de entrada y salida son iguales.

Para obtener una ejecución de control efectivo el reductor de presión es siempre diseñado con un diámetro menor que aquel de la línea de presión de entrada. La línea de control debe ser conectada a un punto de la línea de presión de salida donde el flujo esté quieto, es decir no debe haber válvulas o codos dentro de una distancia mínima de 1 m. desde el punto de toma. Además, la línea de control y el sello de agua deben ser llenados con agua. De esta manera, el diafragma del reductor de presión que está instalado colgando hacia abajo junto con el actuador, es protegido contra las altas temperaturas del vapor. La línea del bypass sirve para facilitar una operación manual continua de las partes subsecuentes del sistema, mientras se lleva a cabo el mantenimiento del filtro y el reductor de presión. Para ello, las válvulas de entrada y salida del reductor de presión son cerradas y la válvula de control localizada en la válvula bypass abierta. Hay que estar pendiente del medidor de presión, cuando la operación es manual, mientras se realiza el mantenimiento de la línea de reducción de presión. Durante la operación de vapor el condensado se forma constantemente en las líneas requiriendo ser drenadas por medio de la trampa de vapor.

5.1.5. Separadores de Humedad

Para asegurar que la calidad del vapor sea seco, cuando se utiliza vapor saturado se hace uso del separador de humedad, que es un equipo que cumple esta función mediante una articulación de bafles que direccionan las gotas de agua hacia una línea de salida de condensado. Es importante acoplar este tipo de separador a fin de garantizar que el vapor sea seco antes de ingresar a equipos como autoclaves, calentadores de agua, marmitas y secadoras.

5.1.6. Recuperación de condensado

En todas las líneas y equipos de vapor siempre hay condensación debido al gradiente térmico existente entre sus paredes interiores, en contacto con el vapor

y sus paredes exteriores que están a temperatura ambiente (tengan aislamiento o no).

Mediante un sistema de recuperación de condensado se intenta recuperar no solo la masa de agua tratada sino también la energía térmica contenida en ella.

Perjuicios del condensado

- 1.- Corrosión de superficies metálicas.
- 2.- Disminuye el coeficiente de transmisión de calor.
- 3.- Golpe de Ariete, el condensado es recogido por el flujo de vapor en forma de partículas que pueden alcanzar velocidades altísimas hasta de 45 m / seg.

Función básica de la trampa de vapor

- 1.- Evacuación del condensado, sin pérdida de vapor.
- 2.- Purgar el aire del sistema

Vapor Flash

Al descargar el condensado de un nivel de presión P1 a otro menor P2, en el tanque de descarga a P2 se produce una re-evaporación del condensado espontáneamente, a esto se le denomina vapor Flash.

- El condensado del vapor de agua es agua tratada que ha sido filtrada, desmineralizada, desionizada y desareada, por consiguiente la pérdida de agua en el circuito del vapor condensado significa económicamente un desperdicio de dinero y técnicamente un desperdicio de energía.
- El agua para ser convertida en vapor en las calderas, requiere de características especiales, de no ser así, esta agua puede provocar problemas de incrustación y corrosión en los equipos generadores de vapor, equipos de control y medición en los equipos consumidores de vapor.

5. 2.- EVALUACION DE PÉRDIDAS

5.2.1. Eficiencia de la caldera

La eficiencia con que trabaja un generador de vapor, es desde el punto de vista económico el parámetro más importante, pues caracteriza con qué efectividad el equipo capta, para la generación de vapor, el calor liberado por el combustible. Como mencionamos anteriormente la eficiencia del caldero York Shipley está fuera del rango normal por lo que es necesario realizar otra medición, ya que esta debe ser utilizada en el proceso de cuantificar las pérdidas energéticas y económicas. Para la determinación de su eficiencia necesariamente se debe realizar un balance térmico.

El objetivo es realizar el diagnóstico del sistema de generación de vapor, a partir del balance térmico y exergetico.

Los instrumentos de medición, parámetros que se registran y las correspondientes características técnicas de los instrumentos, se detallan a continuación:

- Termorresistencia PT 100: Esta se utiliza para medir la temperatura de los gases de salida, posee convertidor incorporado, señal de salida, estándar de 4 a 20 miliampere.
 - Rango de medición 0 – 500 °C
- Transmisor de presión diferencial SITRANS P (modelo 4432 SMAR): Se emplea para medir la presión del vapor; posee indicación digital y señal de salida de 4 – 20 miliampere.
 - Rango de medición: hasta 60 Mbar
- Analizador de oxígeno ABB: Con él se mide el % de oxígeno en los productos de la combustión.
- Generalizador de CO₂ infrarrojo: Como su nombre lo indica se utiliza para determinar el % de CO₂ en los productos de la combustión, y es del tipo Ultramar.

5.2.2. Pérdidas en tuberías

Cualquier fuga de vapor en tuberías, equipos o accesorios, representan una pérdida de energía.

En la siguiente tabla se muestra cómo son las pérdidas de vapor en función a la longitud de la tubería de vapor, así como en función del tamaño del orificio a través del cual se produce la fuga.

Según longitud de tubería de vapor		Según el tamaño del orificio (vapor a 100 PSI)	
Longitud (m)	kg/h	Orificio (pulg)	kg/h
0.50	6	1/8	21
0.75	11	3/16	48
1.00	16	¼	77
1.25	26	3/8	186
1.50	38	½	318
1.75	66		
2.00	104		
2.25	161		

En el hospital, no se le presta la debida atención, ni se le da la importancia que realmente tiene. Es necesario establecer un programa de reducción de fugas, para evitarlas cuanto antes e incluso no esperar a que el hospital tenga que prescindir del vapor. Se ha considerado que al aislar debidamente las tuberías de vapor el ahorro potencial de energía puede estar en el orden de un 5 a 10% y el potencial al evitar fugas de vapor puede ser de un 3 a 5%.

Según Spirax Sarco en un sistema que opera 6000 horas por año, a una presión de 7 bares a través de un orificio de 3.2 mm se desperdician 30 kg/h de vapor. Si se aísla la tubería de vapor se reduce la pérdida en un 90%.

Las pérdidas en las tuberías por aislamientos en mal estado o a su vez por no estar debidamente aislados se lo pueden determinar en función de la siguiente fórmula:

$$m = \frac{Q \times L \times 3.6}{h_{fg}} \times F$$

Dónde:

m = Tasa de condensación (kg / h)

Q = Emisión de calor (W / m) (de la Tabla 1 de Anexos)

L = longitud de la tubería, considerando las bridas y accesorios (m)

H_{fg} = entalpía específica de evaporación (kJ / kg)

F = factor de aislamiento. Ej.: 1 para tuberías desnudas, 0,1 para buen aislamiento

Para realizar el cálculo de las pérdidas energéticas se tiene que saber las equivalencias de los accesorios en longitudes de tubería existentes en el tramo a estudiar

Longitudes equivalentes de accesorios:

Par de bridas 0,5 m

Válvula de 1,0 m

Codos 0,4 m

También puede hacerse uso de software que nos determinen los W/m que se pierden a través de la tubería y correlacionarlos con las libras o Kilogramos por hora. El software que nos ayuda a aquello es el Isover Induver mostrado en anexos.

5.2.3. Pérdidas por fugas en orificios

Para determinar las pérdidas de vapor que existe en los orificios en la tubería se procede de la siguiente manera:

$$M_L = 0.53 \times d^2 \times p^{0.8}$$

Dónde:

M_L = masa del vapor (Kg/h)

d = diámetro del orificio (mm)

p = presión del vapor (bar)

5.3. Valoración económica de las pérdidas

En primer lugar hay que determinar con qué combustible se está trabajando y a partir de allí, valorar el costo del combustible por cada 1000 libras de producción, tomando en cuenta la temperatura de agua de alimentación a la caldera, y la eficiencia del combustible proporcionado por la Dirección de Hidrocarburos, de esta manera una fórmula simplificada puede ser la siguiente:

$$\text{Costo del Vapor en } \frac{\text{USD}}{1000\text{lib}} = \frac{\text{Costo/gal}}{PC \frac{\text{BTU}}{\text{gal}}} * 1000 * L \frac{\text{BTU}}{\text{Lib}} * \frac{100}{\text{Eff comb}}$$

PC: Poder Calorífico del combustible

L: Calor Latente total del vapor a la presión de trabajo, menos la energía contenida en el agua de alimentación en BTU/Lib

Eff: Eficiencia de combustión del caldero York Shipley 80 BHP

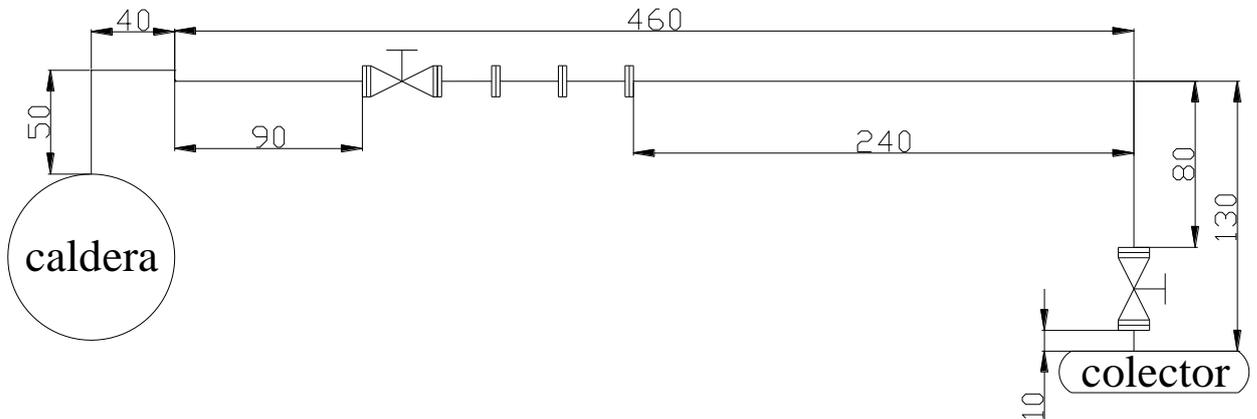
De esta manera con el costo de combustible por cada 1000 libras de producción de vapor se multiplica por el tiempo de funcionamiento de los equipos y por las libras por hora que se pierden por transmisión de calor a través de la tubería como también por las fugas existentes mediante orificios así como trampas defectuosas.

6.- CALCULO DE PERDIDAS ENERGETICAS

Para el cálculo se secciona por líneas de distribución, esto es la línea que alimenta desde el caldero de 80 HP hasta el colector, y desde el colector en 3 redes que distribuyen el vapor hacia Cocina, Lavandería y Central de Esterilización. Hay que recalcar que la línea que muestra agujeros en la tubería es la de Central de Esterilización y Lavandería o sea aquella en las cuales las pérdidas son mayormente representativas y estas se ubican en el subsuelo. En los planos están representadas las distribuciones de las tuberías así como los tramos que nos ha permitido realizar una evaluación pormenorizado del estado en que se encuentran cada una de ellas.

6.1.- Pérdidas en la red Caldero 80 BHP – Colector

Longitudes dadas en (cm)



$$P_{cald} = 100 \text{ PSI}$$

$$D_{tub} = 75 \text{ mm}$$

$$L_{aisl} = 5.4 \text{ m}$$

Accesorios

Perdidas en longitud:

Bridas: 7 \rightarrow 1.75 m

Codos: 3 \rightarrow 1.2 m

Válvulas de compuerta: 2 \rightarrow 2 m

Trampa de vapor: 1 \rightarrow 0.5 m

Total de pérdidas en longitud de los accesorios:

$$L_{accs} = 1.75 + 1.2 + 2 + 0.5 = 5.45 \text{ m}$$

Temperaturas:

$$T_{vap} = 170 \text{ °C} \rightarrow 338 \text{ °F}$$

$$T_{amb} = 25 \text{ °C} \rightarrow 77 \text{ °F}$$

El incremento de temperatura:

$$\Delta T = T_{vap} - T_{amb} = 145 \text{ °C}$$

De la tabla 1 (Anexos) tomamos el inmediato superior del ΔT y del D_{tub} :

$$Q = 615 \text{ W/m}$$

Tomamos de la tabla de propiedades de vapor saturado (H₂O)

$$h_{fg} = 2048 \frac{KJ}{Kg}$$

Calculamos la tasa de condensación:

$$m = \frac{Q \times L \times 3.6}{h_{fg}} \times F$$

Dónde:

m = Tasa de condensación (kg / h)

Q = Emisión de calor (W / m)

L = longitud de la tubería, considerando las bridas y accesorios (m)

Hfg = entalpía específica de evaporación (kJ / kg)

F = factor de aislamiento. 1 para tuberías desnudas, 0,1 para buen aislamiento.

En nuestro caso tomamos 0.3 por ser aislamientos que no se encuentran en buenas condiciones:

Tubería aislada:

$$m = \frac{615 \text{ W/m} \times 5.4 \text{ m} \times 3.6}{2048 \frac{KJ}{Kg}} \times 0.3 = 1.75 \text{ Kg/h}$$

Accesorios:

$$m = \frac{615 \text{ W/m} \times 5.45 \text{ m} \times 3.6}{2048 \frac{KJ}{Kg}} \times 1 = 5.89 \text{ Kg/h}$$

Total de la tasa de condensación:

$$m_T = 1.75 + 5.89 = 7,64 \frac{Kg}{h} = 16,80 \text{ lib/h}$$

6.2.- Pérdidas en la red Colector – Central de Esterilización

Sin aislamiento Vapor Saturado a 7 bar (100 PSI):

$$D_{tub} = 40 \text{ mm}$$

Tramo 1 de longitud de 1.10 m: Longitud equivalente de accesorios

2 codos, 1 válvula (0.8 m + 1.0 m = 1.8 m de tubería)

Diferencia de Temperatura (Tubería a temperatura ambiente) 170 °C -25 °C=145 °

Entalpia de evaporación (hfg) 2048 kJ/kg

Pérdidas de calor por metro para tubería de 40 mm 347 W/m

$$m = \frac{347 \times (1.1 + 1.8) \times 3.6}{2048} \times 1$$

$$m = 1.76 \text{Kg/h}$$

Tramo 3: de longitud de 0.06 m:

La presión 100 PSI es la misma que para el tramo 1 por tanto son las mismas consideraciones de trabajo

$$m = \frac{347 \times (0.06) \times 3.6}{2048} \times 1$$

$$m = 0.036 \text{Kg/h}$$

Tramo 6: 100 PSI: de longitud de 1.90 m: Longitud equivalente de accesorios

2 pares de bridas: 1m de tubería

$$m = \frac{347 \times (1.9 + 1) \times 3.6}{2048} \times 1$$

$$m = 1.76 \text{Kg/h}$$

Tramo 8: 100 PSI: de longitud de 5.15 m: Longitud equivalente de accesorios

1 pares de bridas: 0.5 m. de tubería, 1codo: 0.4 m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (5.15 + 0.9) \times 3.6}{2048} \times 1$$

$$m = 3.69 \text{Kg/h}$$

Tramo 20: de longitud de 3 m: Longitud equivalente de accesorios

Vapor Saturado a 5 bar (72.5 PSI):

$$D_{tub} = 25 \text{ mm}$$

5 pares de bridas: 2.5m. de tubería, 5 válvulas: 5m. de tubería

2 m de otros accesorios.

Temperatura de Vapor 160 °C

Diferencia de Temperatura (Tubería a temperatura ambiente) 160 °C -25 °C=135

Entalpia de evaporación (hfg) 2098 kJ/kg

Pérdidas de calor por metro para tubería de 25 mm 247 W/m

$$m = \frac{247 \times (3 + 9.5) \times 3.6}{2098} \times 1$$

$$m = 5.29 \text{ Kg/h}$$

Pérdidas de la tubería sin aislamiento:

$$P_{t1} = 1.76 + 0.036 + 1.76 + 3.69 + 5.29$$

$$P_{t1} = 12.53 \text{ Kg/h} = 27, 56 \text{ lib/h}$$

Con aislamiento

$$D_{tub} = 40 \text{ mm}$$

Tubería Aislada, pero sin aislamiento en válvulas y bridas. Vapor Saturado a 7 bar (100 PSI):

Las pérdidas en las tuberías se calcularon juntamente con los accesorios incluidos.

Tramo 2: longitud de 4.43 m: Longitud equivalente de accesorios

2 pares de bridas, 1 codo

$$1.0 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 1.4 \text{ m de tubería}$$

$$m = \frac{347 \times (4.43 + 1.4) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.35 \text{ Kg/h}$$

Tramo 4: 100 PSI: longitud de 2.23 m: Longitud equivalente de accesorios

1 codo equivale a 0.4 m de tubería

$$m = \frac{347 \times (2.23 + 0.4) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.16 \text{ Kg/h}$$

Tramo 5: 100 PSI: longitud de 1.40 m: Longitud equivalente de accesorios

1 codo equivale a 0.4 m de tubería

$$m = \frac{347 \times (1.4 + 0.4) \times 3.6}{2048} \times 0.3$$

$$m = 0.33 \text{ Kg/h}$$

Tramo 7: 100 PSI: longitud de 2.40 m: Longitud equivalente de accesorios

1 par de bridas equivale a 0.5 m de tubería

$$m = \frac{347 \times (2.4 + 0.5) \times 3.6}{2048} \times 0.3$$

$$m = 0.53 \text{ Kg/h}$$

Tramo 9: 100 PSI: longitud de 10 m: Longitud equivalente de accesorios

1 par de bridas equivale a 0.5 m de tubería

$$m = \frac{347 \times (10 + 0.5) \times 3.6}{2048} \times 0.3$$

$$m = 1.92Kg/h$$

Tramo 10: 100 PSI: longitud de 8 m: Longitud equivalente de accesorios

1 par de bridas equivale a 0.5 m de tubería

$$m = \frac{347 \times (8 + 0.5) \times 3.6}{2048} \times 0.25$$

$$m = 1.29Kg/h$$

Tramo 11: 100 PSI de longitud de 19 m: Longitud equivalente de accesorios

4 pares de bridas equivalen a 2 m de tubería

$$m = \frac{347 \times (19 + 2) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 1.28Kg/h$$

Tramo 12: 100 PSI: longitud de 15.13 m: Longitud equivalente de accesorios

3 pares de bridas equivale a 1.5 m de tubería

1 codo: 0.4m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (15.13 + 1.9) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 1.03Kg/h$$

Tramo 13: 100 PSI: longitud de 1.2 m: Longitud equivalente de accesorios

2 pares de bridas equivalen a 1 m de tubería

1 codo: 0.4m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (1.2 + 1.4) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.16Kg/h$$

Tramo 14: 100 PSI: longitud de 5 m: Longitud equivalente de accesorios

1 codo: 0.4m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (5 + 0.4) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.32Kg/h$$

Tramo 15: 100 PSI longitud de 14.70 m: Longitud equivalente de accesorios

3 pares de bridas: 1.5m. de tubería

2 codos: 0.8m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (14.7 + 2.3) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 1.03Kg/h$$

Tramo 16: 100 PSI: longitud de 3.4 m:

$$m = \frac{347 \times (3.4) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.20 \text{Kg/h}$$

Tramo 17: 100 PSI longitud de 13.80 m: Longitud equivalente de accesorios

3 pares de bridas: 1.5m. de tubería

1 codo: 0.4m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (13.8 + 1.9) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.95 \text{Kg/h}$$

Tramo 18: 100PSI: longitud de 9 m: Longitud equivalente de accesorios

1 par de bridas: 0.5m. de tubería, 1 codo: 0.4m., tubería

$$m = \frac{347 \times (9 + 0.9) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.60 \text{ Kg/h}$$

Tramo 19: 100PSI: longitud de 7 m: Longitud equivalente de accesorios

1 par de bridas: 0.5m. de tubería, 2 codos: 0.8m. de tubería

$$m = \frac{347 \times (7 + 1.3) \times 3.6}{2048} \times 0.1$$

$$m = 0.50 \text{Kg/h}$$

Pérdidas de la tubería con aislamiento:

$$P_{t2} = 10.65 = 23,43 \text{ lib/h}$$

En la siguiente tabla se resume las pérdidas en las tuberías por los tramos correspondientes:

TABLA DE RESULTADOS				
Tramo No	Longitud de la tubería (m)	Longitud equivalente de accesorios (m)	Con aislamiento	Perdidas (kg/h)
1	1.10	1.80		1.76
2	4.43	1.40	x	0.35
3	0.06	0.00		0.036
4	2.23	0.40	x	0.16
5	1.40	0.40	x	0.33
6	1.90	1.00		1.76
7	2.40	0.50	x	0.53
8	5.15	0.90		3.69
9	10.00	0.50	x	1.92
10	8.00	0.50	x	1.29

11	19.00	2.00	x	1.28
12	15.13	1.90	x	1.03
13	1.20	1.40	x	0.16
14	5.00	0.40	x	0.32
15	14.70	2.30	x	1.03
16	3.40	0.00	x	0.20
17	13.8	1.90	x	0.95
18	9.00	0.90	x	0.60
19	7.00	1.30	x	0.50
20	3.00	9.50		5.29

Pérdidas por fugas en orificios

Existen 3 orificios, uno de 1 mm y dos de 3 mm, por tanto el cálculo es el que a continuación se detalla:

Cálculo de la primera fuga con un orificio de 1mm de diámetro.

$$M_L = 0.53 \times d^2 \times p^{0.8}$$

$$M_L = 0.53 \times (1)^2 \times (7)^{0.8}$$

$$M_L = 2.48 \text{Kg/h} = 5,45 \text{ lib/h}$$

Existen 2 fugas del mismo valor cuyo diámetro es de 2 mm

$$M_L = 0.53 \times d^2 \times p^{0.8}$$

$$M_L = 0.53 \times (2)^2 \times (6.89)^{0.8}$$

$$M_L = 10.05 \text{Kg/h} \times 2 = 20,10 \text{ Kg/h} = 44,22 \text{ lib/h}$$

6.3.- Pérdidas en Colector – Cocina (Marmitas)

Para el cálculo se dividió en 2 tramos:

Long. Tubería = 60,25 m

Diámetro = 40mm o 1 1/2

Long. Sin Aislar = 3,5m

Temp. Ambiente = 25°C

Temp. Del vapor = 170°C

Longitud equivalente de los accesorios.

2 pares de bridas: 1m, 1 válvula: 1m, 2 codos de 45°=1,4m, 7 codos de

90°=9,24m

3 uniones = 0,15m

TRAMO 1

1 Tubería Sin aislar.

$$m_1 = \frac{Q * L * 3,6}{hfg} * F = \frac{347 \frac{W}{m} * 3,5m * 3,6}{2048 \frac{KJ}{Kg}} * 1 = 2,13 \frac{Kg}{h}$$

2 Tubería con aislamiento.

$$m_2 = \frac{Q * L * 3,6}{hfg} * F = \frac{347 \frac{W}{m} * 56,75m * 3,6}{2048 \frac{KJ}{Kg}} * 0,3 = 10,38 \frac{Kg}{h}$$

3 Accesorios sin aislamiento.

$$m_3 = \frac{Q * L * 3,6}{hfg} * F = \frac{347 \frac{W}{m} * 12,79m * 3,6}{2048 \frac{KJ}{Kg}} * 1 = 7,80 \frac{Kg}{h}$$

Tasa de condensación total tramo 1. $m_T = m_1 + m_2 + m_3$

$$m_T = 2,13 \frac{Kg}{h} + 10,38 \frac{Kg}{h} + 7,80 \frac{Kg}{h} = 20,31 \frac{Kg}{h} = 44,68 \frac{Lib}{h}$$

TRAMO 2

RAMAL 1

$$P_{tub} = 100 \text{ PSI}$$

$$D_{tub} = 31,8 \text{ mm} = 1,25 \text{ pulg}$$

$$L_{aisl} = 3 \text{ m}$$

$$L_{acc} = 6,7 \text{ m}$$

$$m = \frac{347 \text{ w/m}(3m + 6,7m)(3,6)}{2048 \text{ KJ/kg}} * 0,3 = 1,95 \frac{Kg}{h} = 4,29 \text{ lib/h}$$

RAMAL 2

$$P_{tub} = 25 \text{ PSI} = 130,5 \text{ }^\circ\text{C}, T_{amb} = 25^\circ\text{C} \quad \Delta T = 105,5^\circ\text{C}$$

$$D_{tub} = 50 \text{ mm} = 2 \text{ pulg}$$

$$L_{aisl} = 4,8 \text{ m}$$

$$L_{acc} = 2,7 \text{ m}$$

$$hfg = 934 \frac{BTU}{lb} * 2,2 (1,055) = 2167,8 \text{ KJ/kg}$$

$$m = \frac{287 \text{ W/m}(4,8m + 2,7m)(3,6)}{2167,8 \text{ KJ/kg}} * 0,3 = 1,07 \frac{Kg}{h} = 2,35 \text{ lib/h}$$

RAMAL 3

$$P = 25 \text{ PSI } T = 130,5 \text{ }^\circ\text{C}, T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}, \Delta T = 105,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\emptyset = 1,5 \text{ pulg.} = 38,1 \text{ mm} \quad Q = 219 \text{ W/m}, \quad hfg = 2167,8 \text{ KJ/Kg}$$

$$L_{tub} = 4 \text{ m}$$

$$L_{acc} = 2 \text{ m}$$

$$m = \frac{219 \text{ W/m}(4\text{m} + 2\text{m})(3,6)}{2167,8 \text{ KJ/kg}} * 0,3 = 0,65 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 1,43 \text{ lib/h}$$

RAMAL 4

P= 25 PSI T= 130,5 °C, T_{amb}= 25 °C, ΔT= 105,5 °C

Ø = 1,5 pulg. = 38,1 mm Q= 219 W/m, h_{fg}= 2167, 8 KJ/Kg

$$L_{tub} = 3,5 \text{ m}$$

$$m = \frac{219 \text{ W/m}(3,5\text{m})(3,6)}{2167,8 \text{ KJ/kg}} * 0,3 = 0,38 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 0,83 \text{ lib/h}$$

RAMAL 5

P= 25 PSI T= 130,5 °C, T_{amb}= 25 °C, ΔT= 105,5 °C

Ø = 0,5 pulg. = 12,5 mm Q= 108 W/m, h_{fg}= 2167, 8 KJ/Kg

$$L_{tub} = 4,7 \text{ m}$$

$$L_{acc} = 1,5 \text{ m}$$

$$m = \frac{108 \text{ W/m}(4,7 + 1,5\text{m})(3,6)}{2167,8 \text{ KJ/kg}} * 1 = 1,11 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 2,22 \text{ lib/h}$$

2,22 x 5 marmitas= 11,1 lib/h

6.4. Pérdidas Colector – Lavandería

Tramo 1

El tramo 1 comprende desde la salida del colector hasta donde la tubería cambia de diámetro de 2½" a 2" tomando en cuenta que la tubería está aislada menos en los accesorios.

Presión de trabajo = 100 PSI, 170 °C

T ambiente = 25°C

Diámetro = 62,5 mm= 2.5"

Longitud tubería = 57,7 m

De la tabla de emisión de calor de las tuberías Q = 533 W/m

L = 57,7 m

L_{acc}= 8,2 m

Tubería aislada

$$m = \frac{(533 \text{ W/m})(57,7\text{m})(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 0,2$$

$$m = 10,81 \text{ Kg/h} = 23,78 \text{ lib/h}$$

Accesorios:

$$L_{acc} = 8,2 \text{ m}$$

$$m_{acc} = \frac{(533 \text{ w/m})(8,2\text{m})(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 1$$

$$m_{acc} = 7,68 \text{ Kg/h} = 16,89 \text{ lib/h}$$

Tramo 2

El tramo 2 comprende desde el cambio de diámetro de la tubería hasta la tubería de entrada a la planchadora, tomando en cuenta que toda la tubería en este tramo está sin aislar.

$$\text{Presión de trabajo} = 100 \text{ PSI}$$

$$\text{Diámetro} = 50,8 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud tubería} = 24,4 \text{ m}$$

$$Q = 514 \text{ w/m}$$

$$m = \frac{(464 \text{ w/m})(24,4\text{m})(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 1$$

$$m = 19,90 \text{ Kg/h} = 43,78 \text{ Lib/h}$$

Accesorios:

$$L_{acc} = 3,4 \text{ m}$$

$$m_{acc} = \frac{(464 \text{ w/m})(3,4\text{m})(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 1$$

$$m_{acc} = 2,77 \text{ Kg/h} = 6,09 \text{ lib/h}$$

Tramo 3

El tramo 3 comprende la tubería de 2" aislada hasta el final de la Lavandería.

$$\text{Presión de trabajo} = 100 \text{ PSI}$$

$$\text{Diámetro} = 50,8 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud tubería} = 27,5 \text{ m}$$

$$Q = 514 \text{ w/m}$$

$$m = \frac{(514 \text{ w/m})(27,5\text{m})(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 0,2$$

$$m = 4,96 \text{ Kg/h} = 10,91 \text{ lib/h}$$

Accesorios:

$$L_{acc} = 9,3 \text{ m}$$

$$m_{acc} = \frac{(514 \text{ w/m})(9,3\text{m})(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 1$$

$$m_{acc} = 8,40 \text{ Kg/h} = 18,48 \text{ lib/h}$$

Tramo 4

El tramo 4 comprende la tubería de 1" de diámetro de la tubería principal a la planchadora.

Datos:

$$\text{Presión de trabajo} = 100 \text{ PSI}$$

$$T_v = 338^\circ\text{F} = 170^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ambiente}} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Diámetro} = 25 \text{ mm} = 1''$$

$$\text{Longitud tubería} = 4,2 \text{ m}$$

$$\Delta t = 145^\circ\text{C}$$

$$Q = 276 \text{ W/m}$$

$$H_{fg} = 2048 \text{ KJ/Kg}$$

Accesorios:

$$L_{acc} = 3,2 \text{ m}$$

$$m = \frac{(276 \text{ w/m})(4,2\text{m} + 3,2)(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 1$$

$$m = 3,59 \text{ Kg/h} = 7,89 \text{ lib/h}$$

Tramo 5

El tramo 5 comprende la alimentación de las secadoras de ropa.

$$\text{Presión de trabajo} = 100 \text{ PSI}$$

$$T_v = 338^\circ\text{F} = 170^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ambiente}} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Diámetro} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud tubería} = 2,8 \text{ m}$$

Accesorios:

Lacc = 4,4 m

$$m = \frac{(276 \text{ w/m})(2,8\text{m} + 4,4)(3,6)}{2048 \text{ KJ/Kg}} \times 1$$

m = 3,49 Kg/h = 7,68 lib/h

Fugas de vapor.

Masa de vapor (Kg/h), en función de la longitud de la pluma visible.

De acuerdo a las perdidas teniendo una longitud de 1 mm

$$M_L = 0.53 \times d^2 \times p^{0.8}$$

$$M_L = 0.53 \times (1)^2 \times (7)^{0.8}$$

$M_L = 2.48\text{Kg/h} = 5,45 \text{ lib/h}$

Con la fuga de 2 mm

$$M_L = 0.53 \times d^2 \times p^{0.8}$$

$$M_L = 0.53 \times (2)^2 \times (7)^{0.8}$$

$M_L = 10,05\text{Kg/h} = 22,11 \text{ lib/h}$

Resumen de pérdidas totales lib/h

RED	Pérdidas de calor por tuberías con aislamientos defectuosos y sin aislamientos	Pérdidas por fugas en orificios	TOTAL lib/h
Caldero - Colector	16,80		16,80
Colector – C. Esterilización	50,99	49,67	100,66
Colector - Alimentación	64,68		64,68
Colector - Lavandería	135,5	27,56	163,06

6.5.- Costo del vapor con referencia al combustible utilizado

Combustible: Diésel 2

Precio \$=0.9185 por Galón

Poder calorífico 10700 Kcal/Kg ó 138700 BTU/Gal

Eficiencia de combustión= 84,6%

Temperatura del agua de alimentación a la caldera: 88 °C ó 190.4 F

Calor latente total a 100 PSI= 1189 BTU/lib

Cantidad de energía neta contenida en el agua de alimentación: 158,4° F

Vapor neto: 1189 BTU/lib - 158,4 Btu/lib = 1030,06 Btu/lib

$$\text{Costo del vapor (a 100 PSI)} = \frac{\$0,9185/\text{Gal}}{138700 \text{ BTU}/\text{Gal}} \times 1000 \times 1030,06 \text{ Btu}/\text{lib} \times \frac{100}{84,6}$$

Costo del vapor (a 100 PSI) = \$ 8,063/1000Lib

6.6.- Costo de pérdidas en USD

Red Caldero - colector (16.80 lib/h)

$$P_{\text{red}} = \frac{16,80 \text{ lib}}{h} \times 13 \text{ h} = 218,4 \text{ lib}/\text{día} \times 8,063\text{USD}/1000 \text{ lib} = 1,76 \text{ USD}/\text{día} \times 30 \text{ días} =$$

52,80 USD/mes

Red Colector – Central de Esterilización (100.66 lib/h)

$$P_{\text{red}} = \frac{100,66 \text{ lib}}{h} \times 10 \text{ h} = 1000 \text{ lib}/\text{día} \times 8,063\text{USD}/1000 \text{ lib} = 8,06 \text{ USD}/\text{día} \times 30 \text{ días} =$$

241,80 USD/mes

Red Colector – Alimentación (64.88 lib/h)

$$P_{\text{red}} = \frac{64,88 \text{ lib}}{h} \times 6\text{h}30 = 408,74 \text{ lib}/\text{día} \times 8,063\text{USD}/1000 \text{ lib} = 3,29 \text{ USD}/\text{día} \times 30$$

días= 98,7 USD/mes

Red Colector – Lavandería (163.06 lib/h)

$$P_{\text{red}} = \frac{163,06 \text{ lib}}{h} \times 8 \text{ h} = 1304 \text{ lib}/\text{día} \times 8,063\text{USD}/1000 \text{ lib} = 10,51 \text{ USD}/\text{día} \times 30 \text{ días} =$$

315,30 USD/mes

Resumen de pérdidas en USD

RED	Pérdidas de calor en lib/h	Costo mensual USD
Caldero - Colector	16,80	52,80
Colector – C. Esterilización	100,66	241,80
Colector - Alimentación	64,88	98,70

Colector - Lavandería	163,06	315,30
TOTAL	345,94	708,60

6.7.- Análisis de pérdidas de las instalaciones si estuvieran debidamente aisladas

Si las tuberías que transportan el vapor estuvieran debidamente aisladas, ya que no hay el aislamiento ciento por ciento perfecto, las pérdidas serían las que a continuación se detallan:

RED	TUBERIAS lib/h	ACCESORIOS lib/h	TOTAL lib/h	TOTAL USD/MES
Caldero - Colector	1,27	1,30	2,57	8,08
Colector – C. Esterilización	17,0	3,45	20,45	49,46
Colector - Alimentación	10,45	3,32	13,77	21,65
Colector - Lavandería	22,44	4,95	27,39	53,00
TOTAL				132,19

En definitiva el ahorro real que se puede lograr en las instalaciones de vapor sería $708,60 - 132,19 = 576,41$ USD por mes o 6.916,92 USD anual.

7.- METODOLOGIA PARA UN MANEJO RACIONAL DEL VAPOR

7.1.- Purgas en la caldera

A medida que el agua se evapora en la caldera, los sólidos se concentran. Los sólidos totales forman lodos o sedimentos en la caldera, degradando la transferencia de calor. Los Sólidos disueltos totales facilitan la espumación y el arrastre de agua, la purga de fondo se usa para reducir los niveles de sólidos suspendidos, una purga en exceso desperdicia agua y químicos, por ello actualmente se utilizan los controles automáticos los cuales aseguran el nivel correcto de purgas, dejando de lado el control manual.

Las purgas típicamente están entre un 4 a 8% del agua de alimentación, pero pueden llegar al 10% cuando el agua de reposición tenga altos contenidos de SDT.

Está comprobado que un 2% en la reducción de purga representa un 0,25% de ahorro de combustible.

7.2.- Condensados

El vapor generado por una caldera contiene calor que es liberado en calentamiento, aplicaciones de proceso, o como pérdidas de radiación en tuberías, y cuando esto ocurre, regresa a su estado líquido como agua o condensado. Si éste no es trapeado o drenado inmediatamente del sistema, reduce la eficiencia de operación retardando el proceso de transferencia de calor y puede provocar daños físicos a través del fenómeno conocido como “golpe de ariete”, donde en sistemas de baja o alta presión debido a que es función de la velocidad del vapor, ocasionando daños a la tubería, codos, válvulas, etc.

Un buen drenaje de condensado es por lo general, la clave del buen funcionamiento de la mayoría de las aplicaciones de vapor, por esta razón la adecuada selección y el mantenimiento de trampas debe estar presentes.

7.3.- Vapor húmedo

Si el vapor tiene alto contenido de humedad, no se puede asegurar que el mismo tenga una buena calidad y mejor eficiencia del sistema, por ello es imprescindible utilizar separadores de humedad que pueden estar instalados antes de las válvulas reductoras o las salidas de las calderas.

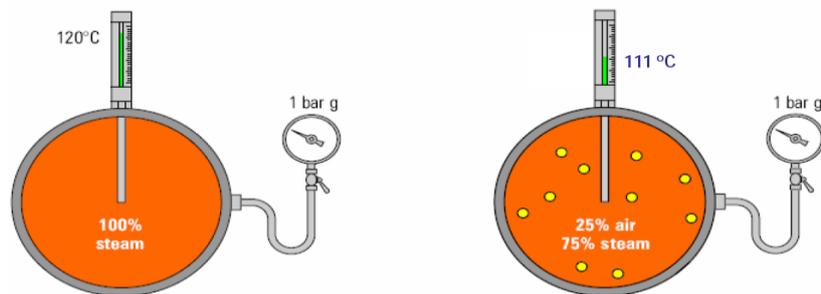
Las consecuencias del vapor húmedo pueden ser: golpe de ariete, sistemas inseguros, fugas, fallas prematuras en el sistema.

Como beneficios se tiene que mejora la calidad del vapor, reduce costos de mantenimiento y tiempos muertos, incrementa la vida útil de la planta y válvulas.

7.4.- Venteadores de aire

Uno de los grandes inconvenientes en una instalación de vapor es el no uso de Venteadores de aire, que permiten la eliminación de aire y gases no condensables, son válvulas automáticas que abren en presencia de aire y cierra en presencia de vapor. Pues como se conoce el aire es un mal conductor del calor y se puede asegurar que una película de aire de 1 mm de espesor produce la misma resistencia a la transferencia de calor que una película de agua de 25

mm o una pared de hierro de 1700 mm o una pared de cobre de 13 metros. Los Venteadores se ubican en el extremo de una tubería.



8.- VALORACION ECONOMICA

Las pérdidas de calor que a la final se traducen en galones de combustible y por ende en dinero, constituyen un alto valor de lo que verdaderamente debe consumir el hospital, ya que si consideramos la norma ISO 010 artículo 13 literal f, donde contempla que el consumo térmico debe estar alrededor de los 13.3 MW/cama x año, lo que representa 5,4 lib/h x cama y si consideramos que el hospital tiene una capacidad de 120 camas y una media de trabajo de 12 horas, así como el costo de combustible de 8.063 por cada 1000 libras de producción, el hospital debería gastar por rubro de combustible aproximadamente los 2300 USD/mes (2518 galones) y no alrededor de 2755 USD o lo que es lo mismo 3000 galones mensuales. Bajo esta consideración existe una correlación con lo calculado, que representa aproximadamente los **627 galones o los 576 USD** de pérdidas por mes, que deben ser corregidas por la institución.

El costo de reemplazar las redes detalladas en el presente estudio por nuevas líneas de distribución, puede estar alrededor de los 50.000 USD, lo que significa que solo por ahorro se puede recuperar la inversión en unos 7 años acorde a un TIR de 37% y un VAN de 18% (desglose mostrado en anexos), aparte del apoyo que se realiza a la contaminación ambiental por el exceso de consumo de combustible.

9.- IMPACTO AMBIENTAL

No hay proyecto en el cual no se haga un análisis del impacto ambiental que ocasiona cualquier proyecto. Si bien el consumo de los 29000 galones que

realiza anualmente la institución representa una contaminación al ambiente de 70,41 toneladas de CO₂, que bien pueden reducirse a unas 55,80 TCO₂ que representa un gran aporte, si se toma en cuenta que este es derivado de una sola máquina.

CONCLUSIONES

- El diagnóstico permitió establecer el consumo de vapor en cada servicio y determinar que el consumo de 3000 galones de diésel mensuales no guarda coherencia con la capacidad instalada y con el tiempo de funcionamiento de los equipos consumidores de vapor.
- La evaluación de las instalaciones de vapor conlleva a valorar que los aislamientos están deteriorados en su mayor parte y que muchos tramos están sin aislar lo que origina pérdidas por transferencia de calor y que hay orificios que ocasionan pérdidas por fugas. Las pérdidas por transmisión de calor en las tuberías es de 268,17 lib/h y por fugas 77,23 lib/h lo que representa aproximadamente un 22,3% del total de pérdidas, valor alto si se toma en cuenta que son solamente 5 fugas de 1 y 2mm comparadas con la tubería que alcanza los 251,25 metros de longitud. Es importante destacar la importancia que reviste aislar los accesorios ya que representa el 58% bajo las mismas condiciones de presión de la tubería instalada con un buen aislamiento.
- Las pérdidas representa en dólares el valor de 576 USD por mes para el caso del Hospital Manuel Ygnacio Monteros, pero esta metodología permite determinar las pérdidas por transferencia de calor en las tuberías o por fugas en orificios, los mismos que pueden ser aplicados a cualquier instalación, donde los parámetros que se deben tomar en cuenta son: Presión de trabajo y su correspondiente temperatura del vapor, temperatura ambiente, diámetros y longitud de tubería, valoración de las condiciones de aislamientos y medidas de los agujeros.

RECOMENDACIONES

- Es fundamental que la Gerencia de la Institución, realice el cambio de la red de vapor, pero por otros sectores de tal manera que permita el mantenimiento, ya que la ubicación actual (subsuelo) no es apropiado y no da las facilidades para el mantenimiento.
- Es necesario que se instale un sistema de purgas automatizado cuyo costo está alrededor de los 3000 USD lo que permitirá un manejo racional del vapor.
- Recomendable es la instalación de contómetros con software para descarga de la información y llevar un verdadero registro de consumo diario de combustible, cuya inversión estará alrededor de los 3700 USD.

BIBLIOGRAFÍA.

- ISMM. Diagnóstico de un sistema de generación de vapor. Moa – Cuba. 2006
- Fabricio Roldán Erazo. Diseño y selección de un sistema de generación y transporte de vapor, para el Hospital Julius Doepfner de la ciudad de Zamora... Loja, 2007. UNL.
- Gamma Ingenieros. Chile Alimentos. Ejemplos de Acciones más rentables de Eficiencia Energética. Santiago de Chile. 2007.
- OGP. Manual de eficiencia energética para Hospitales. Lima – Perú. 2004
- Rob Harrison. Peter Houdijk. Manejo racional de vapor para ahorrar energía. 2007.
- Vargas Zúñiga, Ángel. Calderas Industriales y Marinas. Editorial VZ. Guayaquil 1998, 14pag.
- Vargas Zúñiga, Ángel. Montaje de Maquinaria Industrial. Series VZ. Guayaquil 1982. 34 pág. 134 - 159 pág. 101 – 201
- www.la-llave.com. Spirax Sarco. Uso eficiente del vapor