

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y
CONSUMO DEL VAPOR EN EL HOSPITAL REGIONAL “ELEAZAR
GUZMAN BARRÓN” – NUEVO CHIMBOTE”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

TESISTA:

Bachiller: Luis David Aaron Horna Paredes

ASESOR:

Ing. Nelver Javier Escalante Espinoza

Chimbote – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente Informe de Tesis titulado **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DEL VAPOR EN EL HOSPITAL REGIONAL “ELEAZAR GUZMAN BARRÓN” – NUEVO CHIMBOTE”** elaborado por el bachiller **LUIS DAVID AARON HORNA PAREDES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.

.....
Ing. Nelver Javier Escalante Espinoza
Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

El presente Informe de Tesis titulado **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DEL VAPOR EN EL HOSPITAL REGIONAL “ELEAZAR GUZMAN BARRÓN” – NUEVO CHIMBOTE”** elaborado por el bachiller **LUIS DAVID AARON HORNA PAREDES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, fue revisado y aprobado por el siguiente Jurado Evaluador:

.....
Mg. Leonidas Yauri García
Presidente

.....
MSc. Arquímedes Iparraguirre Lozano
Secretario

.....
Ing. Nelver Javier Escalante Espinoza
Integrante

Dedicatoria

A Jehová en quien he puesto mi fe y esperanza.

A mi familia porque sin su ayuda no habría podido estudiar esta hermosa carrera.

A la Universidad Nacional del Santa por acogerme en sus aulas.

Agradecimiento

Un agradecimiento especial a mi amada Alma Mater la Universidad Nacional del Santa (UNS), por haberme acogido durante estos años de estudio y haberme formado como profesional útil a la sociedad.

También quiero expresar un sentido agradecimiento a mi asesor el Ing. Nelver Escalante Espinoza por sus valiosos aportes, apoyo y tiempo incondicional sin los cuales no habría podido finalizar este ansiado proyecto.

Al Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón” por permitirme el acceso a sus instalaciones, manuales de sus equipos y brindarme todas las facilidades para la elaboración de mi tesis.

ÍNDICE

Resumen	xi
Abstract	xii
I: INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Formulación del problema.....	14
1.3 Objetivos.....	14
1.4 Hipótesis	15
1.5 Justificación	15
II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. Sistema para generación de vapor	16
2.2 Unidad generadora de vapor.....	16
2.3. Red de vapor.....	18
2.4. Accesorios principales en una red de vapor.....	21
2.5. Transferencia de calor.....	22
2.6. Áreas de consumo de vapor en el hospital	23
2.7. Aislamientos térmicos	24
2.8. Vapor Flash	25
2.9. Análisis económico financiero del proyecto.....	26
III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Materiales	28
3.2. Método.....	30
3.2.1 Metodología para el análisis en calderas	30

3.2.2. Metodología en las líneas de distribución de vapor.....	34
3.2.3. Metodología del espesor óptimo	37
3.2.4. Metodología para el vapor Flash	38
IV: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	42
4. 1. Eficiencia en las calderas.....	42
4.2. Pérdida de calor en las líneas de vapor y condensado	43
4.3. Mejoras propuestas al Hospital Regional	56
4.3.1. Ahorro económico como beneficio de las mejoras.....	74
4.3.2. Evaluación económica.	76
V: RESULTADOS Y DISCUSIONES	80
5.1. Calderas pirotubulares del Hospital Regional de Chimbote.....	80
5.2. Pérdidas de calor en la red de vapor y condensado	80
5.3. Mejoras de la red de vapor y condensado.....	81
5.4. Sistema de recuperación de calor mixto.	81
5.5. Discusión.	82
VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
6.1. Conclusiones.....	84
6.2 Recomendaciones	85
VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	86

VIII: ANEXOS.....	88
Anexo 1: Gasto de combustible de las calderas de 50 BHP y 70 BHP	88
Anexo 2: Costo de combustible de las calderas de 50 BHP y 70 BHP	90
Anexo 3: Cálculos realizados para determinar la eficiencia de las calderas	91
Anexo 4: Recopilación de datos en las redes de vapor y condensado.....	97
Anexo 5: Cálculo Termodinámico de la perdidas de calor en las redes	101
Anexo 6: Análisis de Cálculo para el Espesor Óptimo.....	106
Anexo 7: Voucher del análisis de las calderas Pirotubulares.....	115
Anexo 8: Cálculos Termodinámicos para el sistema de recuperación de calor	116
Anexo 9: Memoria fotográfica del estudio.....	124
Anexo 10: Planos.....	126

Lista de Figuras

Figura N° 1: Cabezal de vapor. Adaptado del Catálogo Técnico de Spirax Sarco (2010).	19
Figura N° 2: Modo Correcto de Ejecutar una Derivación.	20
Figura N° 3: Sistema típico de recuperación de vapor a partir de purgas de nivel.	25
Figura N° 4: Instrumentación utilizada para la toma de datos.	29
Figura N° 5: Toma de temperaturas en la red de vapor	29
Figura N° 6: Circuito térmico de la tubería sin aislar.	34
Figura N° 7: Circuito térmico de una tubería aislada.	36
Figura N° 8: Pérdidas de energía en las calderas de 50 BHP y 70 BHP.	42
Figura N° 9: Pérdidas de calor por año en la red de vapor y condensado	55
Figura N° 10: Porcentaje de pérdidas al año en las áreas de servicio	55
Figura N° 11: Determinación del espesor del aislante para la línea de esterilización.	65
Figura N° 12: Determinación del espesor del aislante para la línea lavandería.	69
Figura N° 13: Determinación del espesor del aislante para la línea de cocina.	71
Figura N° 14: Resultados del analizador de gases de combustión	115
Figura N° 15: Grafico usado para la selección del tanque flash e intercambiador.	121
Figura N° 16: Tanque de revaporización Spirax Sarco, modelo FV6.	122
Figura N° 17: Intercambiador de Placas ,tipo M3 -8.	122
Figura N° 18: Selección del Intercambiador de Placas M3 FG	123
Figura N° 19: Calderas pirotubulares del Hospital Regional.	124
Figura N° 20: Levantamiento de datos en las instalaciones del hospital regional.	124
Figura N° 21: Deterioros en las redes de vapor.	125
Figura N° 22: Deterioros en la red de retorno de condensado.	125

Lista de Cuadros

Cuadro N° 1: Ecuaciones de las pérdidas de calor	31
Cuadro N° 2: Resultados de la eficiencia en las Calderas de 50 BHP y 70 BHP	42
Cuadro N° 3: Pérdidas de calor en tuberías principales de vapor sin aislar	43
Cuadro N° 4: Pérdidas de calor en tuberías principales de vapor aisladas.....	44
Cuadro N° 5: Perdidas de calor por año en la red de vapor	44
Cuadro N° 6: Pérdidas de calor en tuberías principales de condensado sin aislar	45
Cuadro N° 7: Pérdidas de calor en tuberías principales de condensado aisladas.....	49
Cuadro N° 8: Pérdidas de calor por año en la red de condensado.....	52
Cuadro N° 9: Perdidas de calor total en la red de vapor y condensado.....	54
Cuadro N° 10: Resultados de recuperar la energía de las purgas de las calderas.....	57
Cuadro N° 11: Equipos y accesorios necesarios para la mejora.....	58
Cuadro N° 12: Materiales y accesorios necesarios para renovar las redes	59
Cuadro N° 13: Recurso de mano de obra para el cambio de las redes	60
Cuadro N° 14: Evaluación del espesor del aislante óptimo para las líneas	61
Cuadro N° 15: Relación del espesor en relación de los costos para la línea de esterilización..	64
Cuadro N° 16: Evaluación del espesor del aislante óptimo para línea de lavandería	66
Cuadro N° 17: Relación del espesor en relación de los costos para la línea de lavandería.....	69
Cuadro N° 18: Evaluación del espesor del aislante óptimo para línea de cocina.....	70
Cuadro N° 19: Relación del espesor en relación de los costos para la línea de cocina.....	71
Cuadro N° 20: Aislante y plancha de aluminio necesario para renovar las redes	72
Cuadro N° 21: Recurso de mano de obra para cambio del aislante y plancha de aluminio	73
Cuadro N° 22: Ahorro Económico en las Líneas de Vapor	74
Cuadro N° 23: Ahorro Económico en Redes de Condensado	74
Cuadro N° 24: Resumen del ahorro económico	76
Cuadro N° 25: Inversión Inicial para ejecutar las mejoras.....	77
Cuadro N° 26: Costo de mantenimiento.....	78
Cuadro N° 27: Eficiencia Térmica de las calderas de 50 BHP y 70 BHP del H. R.....	80
Cuadro N° 28: Pérdidas de calor en las red de vapor y condensado	80
Cuadro N° 29: Espesor de lana mineral, plancha de aluminio y tuberías	81
Cuadro N° 30: Sistema de recuperación de calor a implementar en el Hospital Regional	81

Resumen

El presente estudio para optar el título profesional de Ingeniería Mecánica consiste en una evaluación del sistema de vapor del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón “ que involucra a las calderas pirotubulares y las redes de distribución del vapor y condensado de las áreas de lavandería ,cocina y esterilización.

Mediante la metodología de la Norma Técnica Peruana NTP 350.300: 2001 se determinó que la caldera Pirotubular de 50 BHP tiene una eficiencia térmica de 82.66 % y la caldera Pirotubular de 70 BHP una eficiencia de 85.48%. Además se determinó que las pérdidas de calor en la red de vapor es de 347.98 MJ/ año y en la red de retorno de condensado estas pérdidas de calor son de 123.52 MJ/año.

Como propuestas de mejora se contempla implementar un sistema de recuperación de calor a partir de las purgas de las calderas, renovar completamente las tuberías y el aislante del sistema de vapor.

Mediante el análisis económico realizado se estima una inversión de S/ 200 ,046. 60 para el conjunto de mejoras ya antes mencionadas. VAN de S/. 32, 812.56 TIR de 15 % y PAY BACK de 4.47 años.

Palabras clave: Calderas pirotubulares, redes de vapor, perdidas de calor, aislamiento térmico, transferencia de calor.

Abstract

The present study to choose the professional title of Mechanical Engineering consists of an evaluation of the steam system of the Regional Hospital "Eleazar Guzmán Barrón" that involves the pirotubular boilers and the steam and condensate distribution networks of laundry, cooking and sterilization.

Using the methodology of Peruvian Technical Standard NTP 350.300: 2001 it was determined that the Pirotubular boiler of 50 BHP has a thermal efficiency of 82.66% and the Pirotubular boiler of 70 BHP an efficiency of 85.48%. In addition it was determined that the heat losses in the steam network is 347.98 MJ / year and the condensate return network is 123.52 MJ / year.

As improvement measures, it is contemplated to implement a heat recovery system from the purges of the boilers and also to completely change the pipes and the mineral wool insulation of the steam system.

The economic analysis carried out estimates an investment of S / 200, 046. 60 for the set of improvements already mentioned. VAN of S /. 32, 812.56 and TIR of 15% and PAY BACK of 4.47 years.

Key words: Pirotubular boilers, steam networks, heat losses, thermal insulation, heat transfer.

I: INTRODUCCIÓN

El papel que juega el vapor en las diversas industrias es de vital importancia. Gracias a ello se puede dar energía a diversos equipos. Es por ello que su ahorro y uso adecuado es de vital importancia para controlar los costos dentro de una planta industrial o de cualquier institución que ha aproveche el vapor, también hay que recordar que el uso de mayor volumen de vapor involucra usar más combustible lo cual desde la perspectiva medio ambiental es totalmente criticable.

Diversos estudios de organismos de reputación mencionan la relación directa que existe entre las pérdidas de calor en tuberías no aisladas y las pérdidas económicas que se producen por ello. Pero lo alarmante de esta problemática es que existe un desconocimiento por parte del personal técnico respecto a las pérdidas de energía que se dan en las redes de vapor y condensado.

Los aislantes térmicos cumplen una función fundamental en la reducción de las pérdidas de calor pero estos materiales son de una determinada vida útil y luego se saturan y su composición se altera y ya no cumplen su función de aislar el calor, además si estos materiales están mal instalados dentro de la tubería, se han movido o las chaquetas están aplastadas el aislante no va a funcionar correctamente.

1.1 Antecedentes

El Comité Técnico de Normalización (2009) elaboro la Norma Técnica Peruana NTP 350.301:2009: Calderas Industriales. Estándares de eficiencia térmica (combustible/vapor) y en ella indica que la eficiencia mínima estándar para calderas 10 a 1 200 BHP a temperatura de 25 °C y 101.32 KPa debe ser mayor de 78 %.

La importancia que tiene el vapor en procesos productivos ha permitido realizar varios estudios orientados a reducir la pérdida de la energía del vapor en las instalaciones. La Asociación de Fabricantes Españoles de Lana Mineral (2016) indicó que el uso de aislamiento térmico reduce las perdidas energéticas de tal modo que estas pueden llegar a ser un 2 % - 3 % de las pérdidas energéticas de las tuberías sin aislar.

Diversos estudios se han desarrollado con el objetivo de aprovechar la energía de subproductos propios del proceso de generación de vapor. Custodio y Solís (2017) realizaron un estudio como trabajo de tesis para la Pesquera Austral Group SAA orientado a aprovechar la energía de las purgas de fondo y nivel de 7 calderas pirotubulares y determinaron que debido a la recuperación de las purgas a una presión de 7.5 PSI se obtiene 1206.01 Kg de vapor flash/hora lo cual equivale a un ahorro de 54, 631.56 Soles / año. Y el ahorro de recuperar el calor del flujo de purgado no convertido en vapor es de 43, 407.92 soles/ año.

Álvaro (2016) realizo un estudio para un hospital de área construida 15,200 m², capacidad de 350 camas , atención diaria de 100 pacientes con área de lavandería, cocina y esterilización y determinó que en 7,000 horas anuales de operación las pérdidas de energía en el total de redes de distribución de vapor y de condensado es de 779'110,798 BTU /año que equivalen a la pérdida de 5,890 galones / año pero que utilizando lana de vidrio como aislante para forrar las tuberías de

vapor y condensado se observa que las pérdidas se reducen a un 50 % equivalente a 2, 945 galones / año y que en términos de ahorro económico equivalen a 4, 974.45 US \$/ año.

1.2 Formulación del problema

¿En qué porcentaje se reducirá el gasto de combustible como beneficio de la evaluación del Sistema de Generación, Distribución Consumo del vapor en el Hospital Regional?

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Evaluar el Sistema de Generación, Distribución y Consumo del vapor para reducir el gasto de combustible en el Hospital Regional “E.G.B.”

Objetivos Específicos:

1. Determinar la eficiencia térmica de las calderas pirotubulares de 50 y 70 BHP respectivamente de la sala de fuerza del Hospital Regional.
2. Determinar las pérdidas de calor en las líneas de distribución de vapor y en las líneas de retorno de condensado de las instalaciones del Hospital Regional.
3. Proponer las mejoras técnico / económicas necesarias al departamento de mantenimiento del hospital regional que podrían permitir una reducción del gasto del combustible en un 20 %.

1.4 Hipótesis

La Evaluación del Sistema de Generación, Distribución y Consumo del vapor permitiría identificar las oportunidades de mejora necesarias que podrían permitir una reducción del gasto del combustible en un 20%.

1.5 Justificación

El actual escenario sobre el medio ambiente es alarmante lo cual nos debe llevar a pensar en reducir el consumo de combustibles o en mejor caso buscar reemplazarlos por fuentes energéticas amigables con el medio ambiente, en el caso en particular la relación del vapor y el gasto de combustible Diésel es directa ya que a mayor producción de vapor para suministrar a las áreas más gasto de galones de combustible Diésel. El combustible Diesel según el Ministerio del Ambiente emite niveles muy superiores de dióxido de nitrógeno (NO₂) y partículas en suspensión, dos de los principales contaminantes del aire.

Este proyecto no solo tiene una ventaja ambiental sino también económica ya que el menor gasto de vapor está ligado a comprar menos galones de Combustible Diesel lo cual es un ahorro de la partida presupuestaria del área de mantenimiento, este dinero con una buena gestión puede usarse en mejorar las instalaciones o financiar la compra de equipos modernos.

II: MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema para generación de vapor

Un sistema típico de vapor está constituido por cuatro etapas, las cuales conforman un ciclo. Armstrong (1997) refiere que la primera etapa corresponde a la Generación. Durante esta etapa, en la caldera, se aplica calor al agua de alimentación para elevar su temperatura. Después de que el agua se ha evaporado, el vapor resultante pasa a la etapa de Distribución. Esto es simplemente el movimiento del vapor de agua en un sistema cerrado a su punto de consumo. El uso del vapor cualquiera que sea se denomina Transferencia de calor. Esta es la tercera etapa. Finalmente la cuarta y última etapa que completa el ciclo de vapor es el Retorno del condensado.

Una vez que el vapor fue utilizado, se forma el condensado, el cual es retirado y colectado mediante una línea de retorno, que llega a un tanque de condensado y es bombeado al tanque de agua de alimentación de la caldera. El agua de reposición proviene de un sistema de tratamiento llamado ablandador.

2.2 Unidad generadora de vapor

Según Spirax-Sarco (1999) refiere una caldera puede definirse como un recipiente en el que se transfiere la energía de calorífica de un combustible a un líquido. La transferencia de calor se efectúa mediante un proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando progresivamente su presión y temperatura.

2.2.1 Clasificación de los generadores de vapor.

Existen diversas clasificaciones de generadores de vapor según sus diferentes características de trabajo. La más común es de acuerdo a la disposición de los fluidos dentro de sus tuberías.

- **Calderas Pirotubulares**

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

- **Calderas Acuotubulares.**

De gran importancia en las grandes plantas de producción por su gran capacidad operativa.

Uceda (2012) refiere que calderas Acuotubulares son en las que el fluido de trabajo se desplaza por el interior de tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. Cuando se requiere una presión de trabajo mayor de los 22 bar.

2.2.2 Sistemas principales que componen el generador

A.- Conjunto del Quemador: Al accionar un interruptor eléctrico (prender el equipo), este dispositivo hace que se produzca una chispa entre los electrodos originada por el alto voltaje que produce un transformador (mismo fenómeno que produce el rayo atmosférico).

B.- Control de nivel del agua: Verifica que el nivel del agua dentro de la caldera sea un nivel adecuado y seguro para que ésta encienda.

C.- Cuerpo de la caldera: En el interior de la caldera se encuentra el hogar (espacio donde se lleva a cabo la combustión) y los tubos fluxes, donde se lleva a cabo el calentamiento del agua, ya sea interior o exteriormente, y tiene un aislamiento interior y exterior para evitar pérdidas de calor y quemaduras al personal.

D.- Sistema de combustible: Este sistema mantiene la alimentación de combustible adecuada para la combustión que se realiza en el hogar de la caldera.

E.- Sistema de aire: Este sistema es el elemento primordial para mantener una combustión.

2.3. Red de vapor

Una red de distribución de vapor, en principio está compuesta, al igual que cualquier red de distribución de un fluido, por tuberías y accesorios de tubería.

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

- Los cabezales (Distribuidores de vapor).
- Las tuberías principales.
- Ramales de vapor.

A. Cabezal de vapor: Spirax – Sarco (2014) refiere que un cabezal de vapor es una clase especial de tubería de distribución 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.

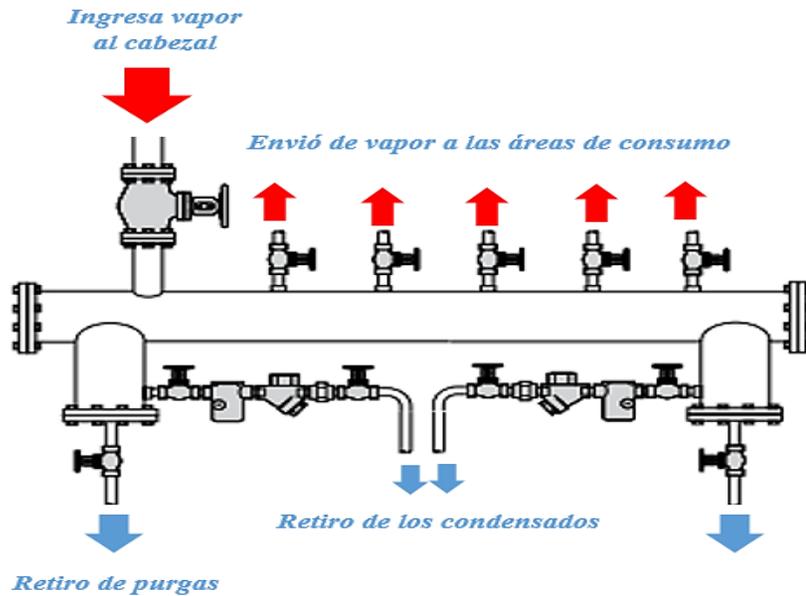


Figura N° 1: Cabezal de vapor. Adaptado del Catálogo Técnico de Spirax Sarco (2010).

B. Tuberías principales.

Las tuberías principales transportan el vapor desde el cabezal hasta una sección o sitio de la planta en donde se divide en tuberías secundarias que abastecen a equipos consumidores.

C. Ramales de tubería

Spirax – Sarco (2014) refiere que el dimensionado de las derivaciones basándose en una caída de presión dada es, en consecuencia, menos recomendable en tuberías de poca longitud. Con una tubería principal de 250 m de longitud, una caída de presión limitada a 0,5 bar puede ser perfectamente válida, aunque conduzca a adoptar velocidades inferiores a las esperadas.

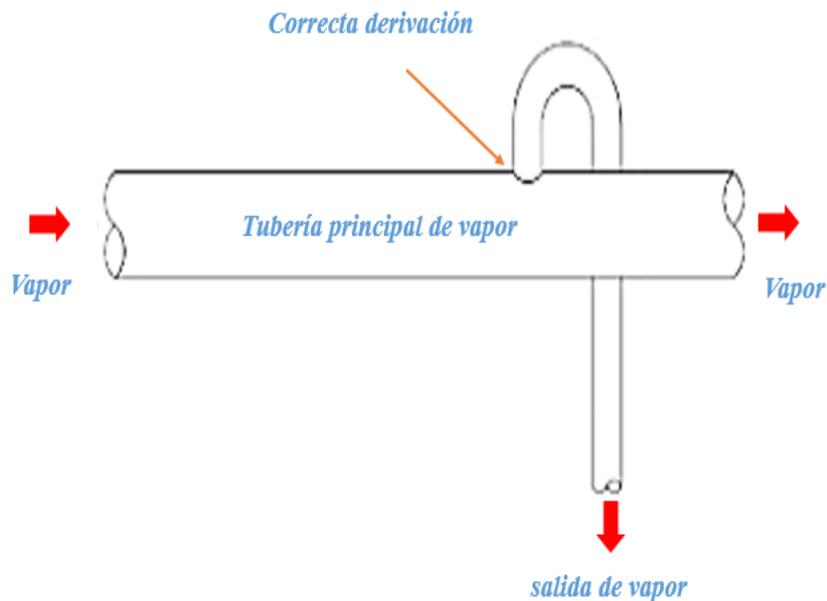


Figura N° 2: Modo Correcto de Ejecutar una Derivación.
Adaptado de Junta Castilla de León. Diseño y Cálculos de Redes de Vapor (2010)

D. Estación reductora de presión.

Las estaciones reductoras de presión son aquellas que se utilizan para disminuir la presión de un fluido transportado por medio de una tubería en un proceso de una etapa a otra, esto permite mantener la presión del fluido en rangos que las tuberías soporten y no estallen si la presión llegase a superar los límites establecidos.

2.4. Accesorios principales en una red de vapor

Castilla y León (2010) mencionan que existen dos hechos que obligan al empleo de accesorios específicos en las redes de vapor: Presencia de aire y presencia de condensados. La presencia de aire mezclado con el vapor es una situación indeseable debido a la pérdida de eficiencia. El aire, debido a su bajo calor específico y mala transmisión térmica, rebaja notablemente la eficiencia de intercambio del vapor. Esta situación obliga al empleo de separadores o purgadores de aire en las redes de vapor que garanticen la ausencia de aire mezclado con el vapor.

A. Separadores de gotas

Castilla y León (2010) refieren que son accesorios de tubería que provocan, por su geometría, la deposición de las gotas que arrastra el vapor. Suelen tener una geometría laberíntica. Al final del recorrido y en su parte más baja, están dotados de una salida para el líquido separado del vapor.

B. Filtro

Castilla y León (2010) afirman hay que tener en cuenta que en toda tubería por la que circula un fluido, éste arrastra consigo partículas de todo tipo:

- En el caso de tuberías nuevas, estas partículas pueden proceder de fragmentos de arena de la fundición, del embalaje, varilla de soldar, tuercas y tornillos de montaje.
- En el caso de tuberías viejas tendremos óxido, y en zonas de aguas duras, depósitos de carbonatos.

Por lo tanto, lo más conveniente es montar un simple filtro en la tubería delante de cada purgador.

2.5. Transferencia de calor

2.4.1. Conducción.

La conducción se refiere al transporte de energía en un medio debido a un gradiente de temperatura, y el mecanismo físico es el de la actividad aleatoria atómica o molecular (Incropera, 1999).

2.4.2. Convección.

Incropera (1999) refiere que el termino convección se utiliza para describir la transferencia de energía entre una superficie y un fluido que se mueve sobre esta. En general, el coeficiente de transferencia de calor por convección varía a lo largo de la dirección del flujo.

Yunus (2007) menciona en su obra que la ley de enfriamiento por convección de Newton es la siguiente:

$$\dot{q} = h (T_S - T_{\infty}) \quad (1)$$

Donde:

h : Es el coeficiente convectivo de transferencia de calor

T_s : Temperatura de la superficie [°C].

T_{∞} : Temperatura del medio [°C]

2.4.3. Radiación

El análisis del intercambio por radiación entre superficies es complicado debido a la reflexión: un haz de radiación que sale de una superficie puede ser reflejado varias veces, teniéndose reflexión parcial en cada superficie, antes de que sea absorbido por completo.

Yunus (2007) indica que la Ley de Stefan - Boltzman es:

$$\dot{q} = \varepsilon\sigma(T_S^4 - T_\infty^4) \quad (2)$$

Donde:

ε : Emisividad

T_S : Temperatura superficial [°K]

T_∞ : Temperatura del medio [°K]

Yunus, (2007) refiere que la transferencia de calor por radiación se define de la siguiente manera:

$$\dot{q}_r = \varepsilon\pi D\sigma(T_S^4 - T_\infty^4) \quad (3)$$

2.6. Áreas de consumo de vapor en el hospital

- Lavandería

La lavandería del hospital es del tipo institucional y recibe vapor desde las 05 am hasta las 11 am a una presión de 100 PSI de forma continua. Los equipos que consumen el vapor son lavadoras, secadoras y planchadoras.

- Esterilización

Área los materiales quirúrgicos y de cirugía con contaminantes patógenos se esterilizan por medio de autoclaves que reciben el vapor de la casa de fuerza a una presión de 50 PSI desde las 10: 00 am hasta la 01: 00 pm.

- Cocina

Área encargada de la preparación de los alimentos en marmitas de acero inoxidable que reciben el vapor a una presión de 25 PSI. Se cuenta con 4 marmitas independientes y 1 trilliza.

Para mayor detalle de la ubicación de las áreas de Lavandería, cocina y esterilización dentro del Hospital Regional se puede revisar el plano PL -01.

2.7. Aislamientos térmicos

La Asociación de fabricantes españoles de lana mineral (2016) refiere que el aislamiento térmico es el método donde se recubre una superficie con materiales aislantes con la finalidad de proporcionar resistencia al flujo de calor y reducir la transferencia del mismo.

- Aumentar la eficiencia del sistema.
- Protección personal, de equipos y estructuras.
- Mantener y controlar la temperatura de procesos.
- Prevención de la condensación y la corrosión.
- Protección contra incendios y congelación.

2.8. Vapor Flash

Spirax Sarco S.A (2011) refiere que las calderas de vapor necesitan realizar purgas para controlar el nivel de los sólidos disueltos totales (TDS) en el agua de la caldera. El mejor medio para lograrlo es un sistema de control de los TDS que abra una válvula permitiendo purgar la caldera cuando el nivel de los TDS rebase el límite preestablecido.

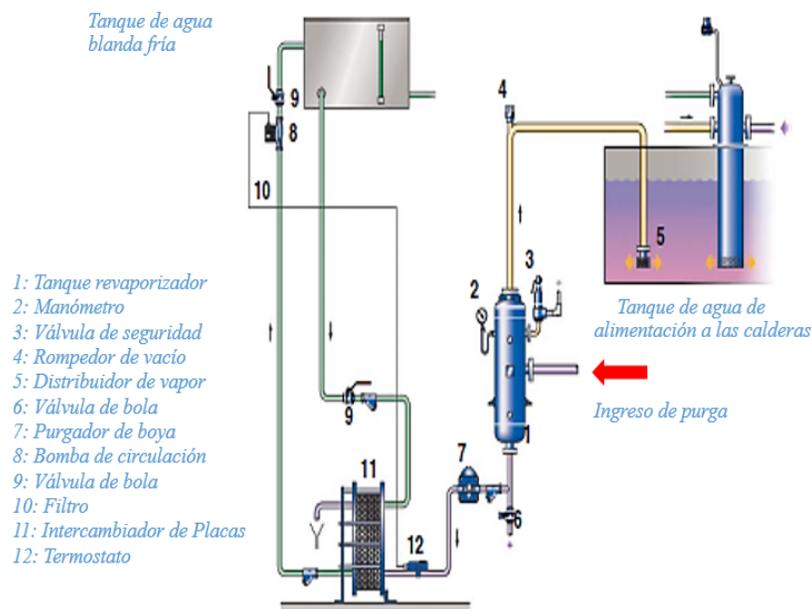


Figura N° 3: Sistema típico de recuperación de vapor a partir de purgas de nivel. Adaptado de Spirax Sarco, Recuperación de calor de purgas de caldera (2011).

Spirax Sarco (2011) afirma que hasta un 80% del calor del agua de purga puede ser recuperado con un sistema de recuperación de calor adecuadamente diseñado.

2.9. Análisis económico financiero del proyecto

La ingeniería económica es la aplicación de factores y criterios económicos para evaluar alternativas que consideran el valor del dinero en el tiempo al calcular una medida de valor económica específica de flujos de efectivo estimados durante un periodo de tiempo específico.

A. Valor actual neto

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

El VAN se aplica durante un ciclo de vida, bajo el supuesto de que todos los flujos de efectivo tendrán los mismos valores calculados para cada ciclo de vida.

Tarquin & Blank (2000) refiere que matemáticamente el VAN se puede calcular de la siguiente manera:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} \quad (4)$$

Donde:

I : Es el desembolso inicial de la inversión

i : Es la tasa de interés del proyecto.

n : Tiempo de vida a evaluar, generalmente en años.

V_t : Representa los flujos de caja para cada periodo de análisis.

$$V_t = A_t - CO_t \quad (5)$$

B. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR), es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. (Tarquin & Blank, 2000, p. 28)

- Cuando la TIR > tasa de descuento (i): El proyecto es aceptable.
- Cuando la TIR = i: El proyecto es postergado.
- Cuando la TIR < tasa de descuento (i): El proyecto no es aceptable.

Tarquin & Blank (2000) indican que matemáticamente el VAN se evalúa a de la siguiente ecuación:

$$VAN = 0 = -I \left[\frac{TIR(1 + TIR)^n}{(1 + TIR)^n - 1} \right] + V_t \quad (6)$$

C. Periodo de retorno de la inversión o playback

Este Indicador de Rentabilidad de un Proyecto permite conocer el periodo en que la Inversión puede ser recuperada, sin considerar la actualización del dinero. Tarquin & Blank (2000) indican que el Perido de Rentabilidad (P) se determina de la siguiente manera:

$$P = \frac{I}{V_t} \quad (7)$$

Donde:

I = Desembolso inicial de la inversión.

III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

A. Pirómetro infrarrojo center 350

Instrumento de infrarrojos o termómetro sin contacto (término que ilustra su capacidad para medir la temperatura a distancia), es un medidor de temperatura través de un láser que incide en la superficie del objeto a analizar.

B. Analizador de gases de combustión testo 320 m/xl

Equipo portátil para el análisis de eficiencia en calderas y el control de las emisiones gaseosas en procesos industriales. Muy útil para poder conocer las pérdidas de calor en la chimenea.

C. Flexómetro

El flexómetro es un instrumento de medición el cual es conocido con el nombre de cinta métrica.

D. Anemómetro EXTECH

El anemómetro EXTECH es un instrumento de medición de uso variado.

Características

- 0.4 – 30 m/s

- Función MAX MIN Hold



Figura N° 4: Instrumentación utilizada para la toma de datos. Arriba izq: Pirometro center 350. Derecha: Flexometro. Inf: Anemometro EXTECH.

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 5: Toma de temperaturas en la red de vapor usando el pirómetro center 350.

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 7 se muestra mayor registro fotográfico de la recopilación de datos en campo.

3.2. Método.

3.2.1 Metodología para el análisis en calderas

Método indirecto:

La Norma Técnica Peruana NTP 350.300: 2001 (2001) indica que el cálculo de la eficiencia térmica del caldero por el método indirecto se obtiene de la siguiente manera:

$$\eta = 100 - \left(\sum \% \text{Pérdidas} \right) \quad (8)$$

Cuadro N° 1: Ecuaciones de las pérdidas de calor

SIMBOLO	DENOMINACIÓN	ECUACIONES	
P_1	Pérdida por entalpía de los gases de escape secos	$P_1 = K x \left(\frac{T_g - T_a}{CO_2} \right)$	
		Valores tipicos de la constante de Siegert, K	
		COMBUSTIBLE	K
		Residuales	0.53
		Diesel 2	0.49
	GLP	0.4	
	Gas Natural	0.35	
P_2	Pérdida por la entalpía del vapor de agua en los gases	$P_2 = ([H_2O] + 9x[H]) x (210 - 4.2 x T_a + 2.1x T_g) / PCS$ <p>Contenido de humedad del combustible [H₂O] % Contenido de hidrogeno en el combustible [H] % Temperatura ambiente T_a °C Temperatura de los gases T_g °C Poder calorifico superior PCS KJ/Kg Diesel 2: H2O = 0.00 % ; PCS = 45 329 KJ/Kg</p>	
P_3	Pérdidas por inquemados gaseosos	$P_3 = K_1 x \left(\frac{[CO]}{[CO_2 + [CO]]} \right)$ <p>Constante K₁ de Diesel 2 = 53 CO₂; CO indicados en %</p>	
P_4	Perdida por inquemados sólidos	$P_4 = 0.14 x B^2 + 0.08x B + 0.07$ <p>Indice de Bacharach B 1 Excelente (poco o nada de hollín) 2 Bueno (ligeramente de hollín) 3 Regular (hollin algo considerable) 4 Pobre (limite aceptable de hollín) 5 Muy pobre (abundante hollín, puede requerir varias limpiezas) 6 Extremadamente pobre (Puede haber daño en el control de chimenea)</p>	
P_5	Pérdida por Convección	$P_5 = 80 x \left(\frac{Q_{P5}}{W_C} \right)$ $Q_{P5} = h_{cf} x A_f x (T_{sf} - T_a) + h_{cg} x A_g x (T_{sg} - T_a)$ $h_c = 1.973 x 10^{-3} x (T_s - T_a)^{0.25} x ((2.857xv + 1)^{0.5})$ $W_C = 9.81x BHP (KW)$ <p>Q_{P5} en KW BHP : Potencia Nominal de la Caldera</p>	
P_6	Pérdida por Radiación	$P_6 = 80 x \left(\frac{Q_{P6}}{W_C} \right)$ $Q_{P6} = (qrf x Af) + (qrf x Ag)$ $q_r = 5.763 x 10^{-11} x \epsilon x (T_s - 273)^4 - (T_a - 273)^4$ Q_{P6} en KW BHP: Potencia Nominal de la Caldera ϵ : Emisividad del acero inoxidable 316 0.08 - 0.26	

Fuente: Norma Técnica Peruana 350.300.2001 (2001)

Donde:

- h_{cf} : Coeficiente de convección sobre la superficie del fluido [Kw/ m2 °C]
- A_f : Área de la superficie sobre el fluido [m2]
- T_{sf} : Temperatura superficial sobre el fluido [°C]
- h_{cg} : Coeficiente de convección sobre la superficie de los gases [kW/m2° C]
- A_g : Área de la superficie sobre los gases [°C]
- T_{sg} : Temperatura de la superficie sobre los gases [°C].
- q_{rf} : Coeficiente de radiación sobre el fluido [kW/m2].
- q_{rg} : Coeficiente de radiación sobre sobre los gases [kW/m2].

➤ **Determinación de la producción de vapor de los generadores**

Molina & Alonso (1996) en su obra indican que la producción de vapor se estima mediante la siguiente ecuación.

$$PVG = \frac{\eta_G \times F \times PCI}{h_2 - h_1} \quad (9)$$

Donde:

- $\dot{m}_v = PVG$: Producción de vapor a presión de trabajo [kgv/h].
- η_G : Eficiencia del generador de vapor pirotubular.
- F : Flujo másico de consumo de combustible [kg.comb./h].
- PCI : Poder Calorífico inferior del combustible Diesel 2 [kJ/kg].
- h_2 : Entalpia final vapor a presión de operación del caldero [kJ/kg].

- h_1 : Entalpía agua de alimentación a la temperatura de ingreso [Kj/kg].
- h_2, h_1 Se determina a la presión de operación del caldero y a la temperatura del agua de alimentación respectivamente.

Consideraciones:

- Para el cálculo se usó el dato del consumo de combustible mensual que se gasta y está registrado en los archivos de mantenimiento.
- Presión de trabajo constante de 100 Psig
- Temperatura de agua de alimentación de los calderos es 65 ° C.

Determinación del factor de carga de las calderas

Molina & Alonso (1996) indican en su obra que este parámetro permite comparar la capacidad de producción de vapor en BHP y se obtiene de la siguiente manera:

$$F.C = \frac{BHP \text{ operación}}{BHP \text{ nominal}} \times 100\% \quad (10)$$

$$BHP \text{ operación} = \frac{PVG \times (h_2 - h_1)}{8437} \quad (11)$$

Indicador de producción

Molina & Alonso (1996) indican que es un parámetro que permite comparar el flujo de vapor generado por unidad de combustible consumido y se determina mediante la ecuación.

$$IP = \frac{\dot{m}_v}{F} \left(\frac{\text{kilogramo de vapor saturado}}{\text{galon de diesel 2}} \right) \quad (12)$$

$$IP = \frac{PGV}{F} \left(\frac{kgv}{\text{Galon diesel 2}} \right) \quad (13)$$

3.2.2. Metodología en las líneas de distribución de vapor.

A. Tuberías ubicadas en el exterior e interior del edificio sin y con aislamiento

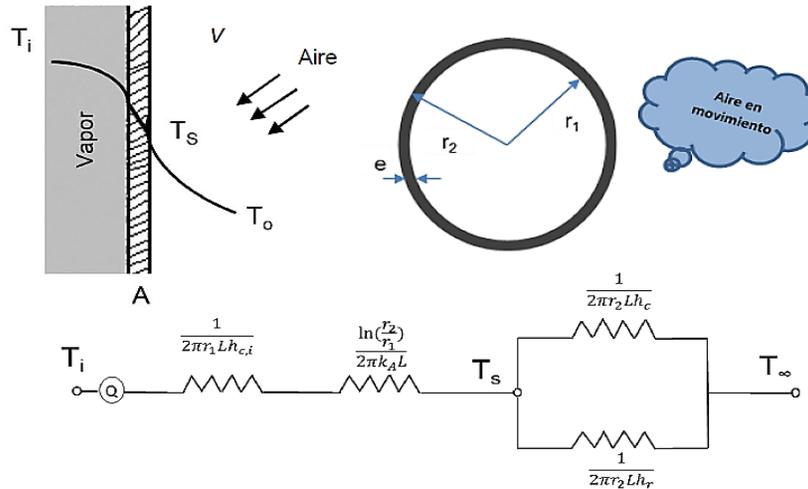


Figura N° 6: Circuito térmico de la tubería sin aislar. Adaptado de Yunus C. (2007).

Consideraciones:

- Velocidad viento promedio de la ciudad de Nuevo Chimbote 2.1 m/s.
- Transferencia unidimensional de calor en la dirección radial (cilíndrica).
- Tubería en recinto abierto expuesto al viento atmosférico por lo que se usaran correlaciones por convección forzada.

Incropera (1999) en su obra indica las ecuaciones matemáticas del Coeficiente Global de Transferencia de calor (U) y la pérdida de calor (\dot{q}) los cuales son:

$$U = \frac{1}{\frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{r_2} \left(\frac{1}{h_r}\right)} \quad (14)$$

$$\dot{q} = \left(\frac{1}{\frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{r_2} \left(\frac{1}{h_r}\right)} \right) \times 2 \pi x r_1 x Lx (T_i - T_\infty) \quad (15)$$

Donde:

- \dot{q} : Pérdida de calor a través del sistema [W].
- U : Coeficiente global de transferencia de calor [W/m² °K].
- r_1 : Radio interior de la tubería [m].
- r_2 : Radio exterior de la tubería [m].
- K_A : Conductividad térmica del acero [58 W/m°K].
- h : Coeficiente de transferencia de calor por convección [W/m²°K].
- h_r : Coeficiente de transferencia de calor por radiación [W/m²°K].

B. Tuberías ubicadas en el exterior del edificio con aislamiento.

Consideraciones.

Propiedades constantes para el aislante. Las demás consideraciones son las mismas que para las tuberías desnudas en recinto abierto.

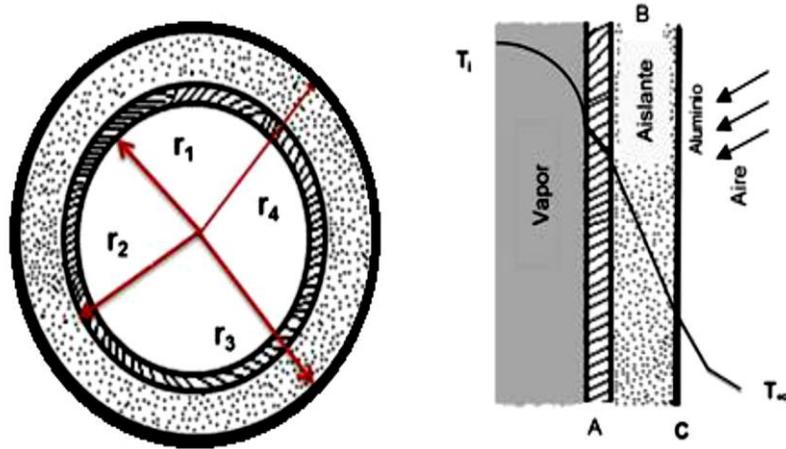


Figura N° 7: Circuito térmico de una tubería aislada. Adaptado de Yunus C. (2007)

Incropera (1999) en su obra indica que el coeficiente global de transferencia de calor en tuberías externas con aislamiento se calcula de la siguiente manera:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{2\pi r_1 L h_{c,i}} + \frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{K_B} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{r_1}{K_C} \ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + \frac{r_1}{r_4} \frac{1}{(h_c + h_r)} \right)} \quad (16)$$

Donde:

- r_1 : Radio interno del tubo [m].
- r_2 : Radio exterior del tubo [m].
- r_3 : Radio exterior del aislante térmico B [m].

Yunus C. (2007) indica en su trabajo que la pérdida de calor en una pared compuesta queda expresada de la siguiente manera:

$$\dot{q} = U \cdot 2\pi \cdot r_1 \cdot (T_i - T_\infty) \quad (17)$$

3.2.3. Metodología del espesor óptimo

Yunus (2007) en su obra nos presenta el procedimiento para determinar el espesor del aislante óptimo el cual es:

1. e : Espesor de aislamiento [m]: Se evaluara con diferentes espesores.
2. q : Pérdidas de energía para cada espesor de aislamiento y por unidad de superficie [W/m].
3. Valor de pérdidas de energía, a partir de (2).

$$(2) \quad xE \times Z \frac{S/}{m^2 \cdot \text{año}} \quad (18)$$

Donde:

- E : Coste de la energía $\left[\frac{S/}{W \times h} \right]$
- Z : N° de horas de funcionamiento al año [3600 h/año].

4. Valor actualizado de las pérdidas para todo el período, a partir de (3).

$$(3) \quad x \text{ Coef. VAN } \frac{S/}{m} \quad (19)$$

5. Incremento del Ahorro entre dos espesores consecutivos, a partir de (4) :

$$\text{Valor (4) para espesor } e_i - \text{Valor (4) para espesor } e_{i+1}$$

6. I : Incremento de Inversión del aislamiento entre dos espesores consecutivos:

$$I_{i+1} - I_i \frac{S_i}{m} \quad (20)$$

7. Diferencias entre (5) y (6)

$$(5) - (6) \frac{S_i}{m} \quad (21)$$

3.2.4. Metodología para el vapor Flash

A.- Cálculo del flujo másico de condensado de purgas de nivel

Spirax Sarco (2011) indica que el flujo de condensado puede calcularse de saber cuál es el nivel máximo de SDT tanto para la caldera como para el tanque de alimentación de las calderas.

Matemáticamente se determina como:

$$m_{cp} = \frac{ppm_{aa} \times m_{pv}}{ppm_{pv} - ppm_{aa}} \quad (22)$$

Donde:

- ppm_{aa} : STD agua de alimentación
- ppm_{pv} : STD deseados en la caldera
- m_{pv} : Flujo másico de producción de vapor.

B.- Cálculo del vapor flash producido

Spirax Sarco (2011) presenta en su trabajo la ecuación matemática para determinar el flujo de purga de la caldera:

$$\dot{m}_{cp} = \dot{m}_{vf} + \dot{m}_{cf} \quad (23)$$

$$\dot{m}_{cp} \times hf1 = \dot{m}_{vf} \times hg2 + \dot{m}_{cf} \times hf2 \quad (24)$$

\dot{m}_{cp} : Condensado de purgas de caldera.

h_{f1} : Entalpia del purgado a presión de líquido saturado

h_{g2} : Entalpia del vapor saturado a presión baja

h_{f2} : Entalpia del condensado a baja presión

\dot{m}_{vf} Flujo másico del vapor flash

\dot{m}_{cf} : Flujo másico del condensado

Ahorro de energía por producción de vapor flash

Incropera (1999) presenta en su trabajo la ecuación matemática para determinar el flujo de combustible en función de la eficiencia de la caldera. El cual es:

$$\dot{m}_{DIESEL} = \frac{\dot{m}_{vf} \times (hg2 - hf2)}{\eta \times PCI} \quad (25)$$

- η : Eficiencia de caldera por el método indirecto
- \dot{m}_{vf} : Flujo másico de vapor flash generado
- PCI : Poder Calorífico Inferior del Diesel 2

Cálculos en el Intercambiador de placas

Incropera (1999) presenta en su obra la ecuación matemática para determinar el flujo de diesel en función del calor transferido en el intercambiador. Se expresa como:

$$m_{DIESEL} = \frac{Q}{\eta \times PCI} \quad (26)$$

η : Eficiencia de la caldera por el Método Indirecto

Q : Calor transferido del condensado al agua blanda

Ahorro energético y económico

- Generadores de vapor

Molina & Alonso (1996) presentan en su obra la ecuación para determinar el costo de generación de vapor. Se expresa como:

$$CV = \frac{F \times PC}{Z \times PGV} \quad (27)$$

Donde:

- CV : Costo de generación vapor [S. /kgv].
- F : Consumo de combustible [Gal/día].
- PC : Precio del combustible Diesel 2
- Z : Horas de Operación del Caldero [h/día].
- PGV : Producción de vapor del generador [Kgv/h].

Así mismo cabe indicar que solo opera un caldero por día, un promedio de 10 horas por día durante todo el año.

Molina & Alonso (1996) presenta la ecuación para determinar el costo del vapor en unidades de energía. Se expresa de la siguiente manera:

$$CEV = \frac{CGV}{h_2} \quad (28)$$

Donde:

- *CEV*: Costo de Energía Vapor [S/. /KJ].
- *h₂*: Entalpia final del vapor saturado a la presión operación del caldero [KJ/kgv].

Molina & Alonso (1996) en su obra indica que el costo de energía expresada en S/. / W.h es de la siguiente forma:

$$CEV' = \frac{CEW}{0.000278} \quad (29)$$

Molina & Alonso (1996) presenta en obra el ahorro de consumo de combustible con la propuesta de mejora. Matemáticamente se expresa como:

$$ACGV = CGVSM - CGVCM \quad (30)$$

Donde:

- *ACGV*: Ahorro combustible generación de vapor [Glms. Diesel 2/h].
- *CGVSM*: Consumo generador de vapor sin mejora [Glms. Diesel 2/h].
- *CGVCM*: Consumo generador de vapor con mejora [Glms. Diesel 2/h].

IV: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

4.1. Eficiencia en las calderas

Haciendo uso de metodología del apartado 3.2.1 que se basa en la PNTP 350.300: 2001 junto con la información recolectada se logra determinar las pérdidas de cada tipo.

Las ecuaciones de los cálculos se muestran en el anexo 3.

Cuadro N° 2: Evaluación de la eficiencia en las Calderas de 50 BHP y 70 BHP

Descripción	Caldero 50 BHP [%]	Caldero 70 BHP [%]
Pérdida por entalpia de los gases escape secos [P1]	7.74	5.35
Pérdida por entalpia de vapor de agua en gases [P2]	1.34	0.73
Pérdida por inquemados gaseosos [P3]	0.13	0.18
Pérdida por inquemados sólidos [P4]	1.57	0.79
Pérdida por convección [P5]	2.75	3.58
Pérdida por radiación [P6]	3.79	3.88
Σ Pérdidas	17.32	14.51
Eficiencia [η]	82.68	85.49

Fuente: Elaboración propia

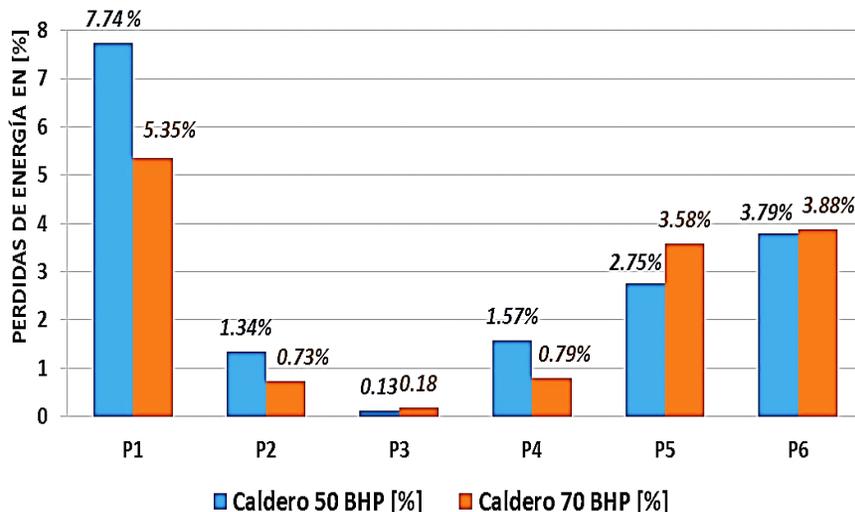


Figura N° 8: Pérdidas de energía en las calderas de 50 BHP y 70 BHP.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Pérdida de calor en las líneas de vapor y condensado

4.2.1. Líneas de vapor

Según la metodología del apartado 3.2.2 y la información que se muestra en el anexo 4 se obtienen los cuadros 3 y 4.

Cuadro N° 3: Pérdidas de calor en tuberías principales de vapor sin aislar

		COCINA	LAVANDERIA	ESTERILIZACIÓN
MEDIDA DE TUBERIA	DN (Pulg)	2 1/2	2	2 1/2
TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIDA EN LA CHAPA DE ALUMINIO	T_s [°C]	101.5	138.43	123.08
	T_p [°K]	374.65	411.58	396.23
TEMPERATURA DE PELICULA	T_p [°C]	63.75	82.21	74.54
	T_p [°K]	336.9	355.36	347.69
NÚMEROS ADIMENSIONALES	Ra	7806.55	5891.87	7415.73
	Nu	46.64	39.99	45.3
COEFICIENTE DE CONVECCIÓN Y RADIACIÓN	h_c [w/m ² .°K]	18.53	19.89	18.62
	h_r [w/m ² .°K]	7.48	8.86	8.25
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	U [w/m ² .°K]	32.08	35.12	33.23
PERDIDA DE CALOR	q/L [W/m]	558.8	760.2	705.99

Fuente: Elaboración propia

En el anexo N° 5 se presenta los cálculos termodinámicos del cuadro N° 3.

Cuadro N° 4: Pérdidas de calor en tuberías principales de vapor aisladas

		COCINA	LAVANDERIA	ESTERILIZACIÓN
MEDIDA DE TUBERIA	DN (Pulg)	2.5	2	2.5
TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIDA EN LA CHAPA DE ALUMINIO	T_p [°C]	30.5	35	31.5
	T_p [°K]	30	34.2	30.4
TEMPERATURA DE PELICULA	T_p [°C]	28.223	29.007	28.648
	T_p [°K]	301.373	302.157	301.798
NÚMEROS ADIMENSIONALES	Ra	19911.639	18457.93	20158.455
	Nu	78.974	75.64	79.583
COEFICIENTE DE CONVECCIÓN Y RADIACIÓN	h_c [w/m ² .°K]	13.828	13.899	13.419
	h_r [w/m ² .°K]	0.311	0.312	0.311
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	U [w/m ² .°K]	1.663	1.749	1.66
PERDIDA DE CALOR	q/L [W/m]	29.268	37.882	35.383

Fuente: Elaboración propia

En el anexo N° 5 se presenta los cálculos realizados para el cuadro N° 4. Con la información de los cuadros 3 y 4 se elaboró el cuadro 5, el cual analiza las pérdidas de calor con respecto a la presencia del aislante térmico en la red de vapor.

Cuadro N° 5: Perdidas de calor por año en la red de vapor

	Sin Aislante [W/m]	Con Aislante Viejo [W/m]	Tramo [m]	Total [W/m]	Porc. Reduc del calor en 1 m de tramo	MJ/año
Cocina	558.8	29.268	100	588.068	5.24%	76.214
Lavandería	760.2	37.882	50	798.082	4.98%	206.863
Esterilización	705.99	35.383	148	741.373	5.01%	64.920
Total	2,024.99	102.533	298	2,127.52	5.06%	92.526

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Líneas de condensado

Siguiendo la metodología del apartado 3.2.2 y usando la información del anexo 4 se obtienen los cuadros 6 y 7.

Cuadro N° 6: Pérdidas de calor en tuberías principales de condensado sin aislar

		LAVANDERIA	COCINA	ESTERILIZACIÓN	
DIAMETRO NOMINAL	DN (Pulg)	1 1/4	1	1 1/2	Dato
TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIDA	T_s [°C]	112	71	96.2	Dato Anexo N° 4
	T_p [°K]	384.75	344.05	369.33	
TEMPERATURA DE PELICULA	T_p [°C]	68.8	48.45	61.09	Calculado
	T_p [°K]	341.95	321.6	334.24	
COEFICIENTE DE CONVECCIÓN Y RADIACIÓN	h_c [w/m ² .°K]	23.9	26.83	22.47	Calculado
	h_r [w/m ² .°K]	7.82	6.44	7.27	
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	U [w/m ² .°K]	38.08	41.61	35.05	Calculado
PERDIDA DE CALOR	q/L [W/m]	205.07	215.91	365.51	Calculado

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de explicar los resultados del cuadro N° 6 se procederá a presentar de manera didáctica y detallada el análisis de cálculo realizado para el área de lavandería.

Área de Lavandería

- **Diámetro Nominal:** Este valor se obtuvo de recabar información en las mismas instalaciones del Hospital Regional en las líneas de condensado.

$$\text{Dia.}_{\text{NOMINAL}} = 1 \frac{1}{4} \text{ pulg.}$$

- **Temperatura Superficial:** Este valor se obtuvo de tomar temperaturas en la línea de condensado del área de lavandería con el Pirómetro center 350 debidamente calibrado en zonas donde no hay presencia de aislante térmico. En el Anexo N° 4 se presentan las plantillas de los datos de las temperaturas recolectadas en todas las líneas.

$$T_{\text{Superficial}} = 112^{\circ} C = 384.75^{\circ} K$$

- **Temperatura de Película:** Se obtuvo por procedimiento de cálculo de saber la temperatura superficial de la tubería sin aislar ($T_{\text{Sup.}} = 112^{\circ} C$) y la temperatura del ambiente ($T_{\text{Amb.}} = 25.6^{\circ} C$).

$$T_{\text{Película}} = \frac{T_{\text{Sup.}} + T_{\text{Amb.}}}{2} = \frac{112 + 25.6}{2} = 68.8^{\circ} C = 341.95^{\circ} K$$

$$T_{\text{Película}} = 68.8^{\circ} C = 341.95^{\circ} K$$

- **Coefficiente de Convección y Radiación:** Estos valores se obtienen de considerar a la tubería sin aislar.

$$h_r = \varepsilon \times \sigma \times (T_s + T_\infty)(T_s^2 + T_\infty^2)$$

$$\sigma : \text{Coef. de Stefan - Boltzman } (\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4})$$

$$\varepsilon : \text{Emisividad del acero a } 112 \text{ }^\circ\text{C } (\varepsilon = 0.08)$$

$$h_r = (5.67 \times 10^{-8})(0.08)(384.75 + 298.75)(384.75^2 + 298.75^2)$$

$$h_r = 7.82 \frac{W}{m^2 K}$$

$$h_{conv.} = \frac{q_{conv.}}{\pi D(T_s - T_\infty)} = \frac{205.07}{\pi \times 42.2 \times 10^{-3} (384.75 - 298.75)}$$

D: Diametro Ext. de tuberia de DN 1.25 '' (D = 42.2 mm)

$$h_{conv.} = 23.9 \frac{W}{m^2 K}$$

- **Coefficiente Global de Transferencia de calor**

$$U = \frac{1}{\frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{r_2} \left(\frac{1}{h_{rad} + h_{conv}}\right)}$$

K_A : Coeficiente de conductividad termica del acero ($K_A = 55 \text{ W/m K}$)

r_1 : Radio interior de tuberia 1.25 '' de cedula 40 ($r_1 = 17.54 \text{ mm}$)

r_2 : Radio Exterior de tuberia 1.25 '' de cedula 40 ($r_2 = 42.2 \text{ mm}$)

$$U = \frac{1}{\frac{0.01754}{55} \ln\left(\frac{0.0422}{0.01754}\right) + \frac{0.01754}{0.0422} (7.82 + 23.9)}$$

$$U = 38.08 [W/m^2K]$$

- **Pérdida de Calor**

Usando las ecuaciones (14) y (15) de la Sección III correspondiente a Materiales y Métodos.

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

Como ya se determinó el valor de U solo se procede a reemplazar valores

$$U = 38.08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$r_1 = \left(\frac{42.2}{2}\right) - 3.56 = 17.54 \text{ mm} = 17.54 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 42.2 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 112^\circ\text{C}, T_\infty = 25.6^\circ\text{C}, U = 38.08 [W/m^2K]$$

$$\dot{q} = 38.08 \times 2\pi \times 17.54 \times 10^{-3} \times 1 \times (112 - 25.6)$$

$$\dot{q} = 205.07 [W/m]$$

El proceso de cálculo para las áreas de cocina y esterilización se muestran en el anexo N° 5.

Cuadro N° 7: Pérdidas de calor en tuberías principales de condensado aisladas

		LAVANDERÍA	COCINA	ESTERILIZACIÓN	
DIAMETRO NOMINAL	DN (Pulg)	1 1/4	1	1 1/2	Dato
TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIDO EN LA CHAPA DE ALUMINIO	T_s [°C]	36.83	28.56	29.96	Dato Anexo N° 4
	T_p [°K]	309.98	301.71	303.11	
TEMPERATURA DE PELICULA	T_p [°C]	31.41	27.28	27.98	Calculado
	T_p [°K]	304.56	300.43	301.13	
COEFICIENTE DE CONVECCIÓN Y RADIACIÓN	hc [w/m ² .°K]	4.17	17.71	16.48	Calculado
	hr [w/m ² .°K]	0.327	0.307	0.309	
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	U [w/m ² .°K]	2.25	1.93	2.46	Calculado
PERDIDA DE CALOR	q/L [W/m]	23.69	15.34	25.63	Calculado

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se presenta el análisis de cálculo realizado para el cuadro N° 7.

Área de Lavandería

- **Diámetro Nominal:** Este valor se obtuvo de recabar información en las mismas instalaciones del Hospital Regional en las líneas de condensado.

$$Dia_{\text{NOMINAL}} = 1 \frac{1}{4} \text{ pulg.}$$

- **Temperatura Superficial:** Este valor se obtuvo de tomar temperaturas en la línea de condensado del área de lavandería con el Pirómetro center 350 debidamente calibrado en zonas donde hay aislante térmico.

$$T_{\text{Superficial}} = 36.83 \text{ } ^\circ C = 309.98 \text{ } ^\circ K$$

- **Temperatura de Película:** Se obtuvo por procedimiento de cálculo de saber la temperatura superficial de la tubería sin aislar ($T_{Sup.} = 36.83 \text{ } ^\circ C$) y la temperatura del ambiente ($T_{Amb.} = 25.6 \text{ } ^\circ C$).

$$T_{Pelicula} = \frac{T_{Sup.} + T_{Amb.}}{2} = \frac{36.83 + 25.6}{2} = 31.41 \text{ } ^\circ C = 304.56 \text{ } ^\circ K$$

$$T_{Pelicula} = 31.41 \text{ } ^\circ C = 304.56 \text{ } ^\circ K$$

- **Coefficiente de Convección y Radiación:** Estos valores se obtienen de considerar a la tubería aislada.

$$h_r = \varepsilon \times \sigma \times (T_s + T_\infty)(T_s^2 + T_\infty^2)$$

$$\sigma : \text{Coef. de Stefan - Boltzman } (\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4})$$

$$\varepsilon : \text{Emisividad del acero a } 36.83 \text{ } ^\circ C (\varepsilon = 0.06)$$

$$h_r = (5.67 \times 10^{-8})(0.06)(309.98 + 298.75)(309.98^2 + 298.75^2)$$

$$h_r = 0.327 \frac{W}{m^2 K}$$

$$h_{conv.} = \frac{q_{conv.}}{\pi D(T_s - T_\infty)} = \frac{23.69}{\pi \times 42.2 \times 10^{-3} (309.98 - 298.75)}$$

D: Diametro Ext. de tuberia de DN 1.25 '' (D = 42.2 mm)

$$h_{conv.} = 4.17, \frac{W}{m^2 K}$$

- **Coefficiente Global de Transferencia de calor**

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{2\pi r_1 L h_{c,i}} + \frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{K_B} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{r_1}{K_C} \ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + \frac{r_1}{r_4} \left(\frac{1}{h_{rad} + h_{conv}}\right)\right)}$$

K_A : Coeficiente de conductividad termica del acero ($K_A = 55 \text{ W/m K}$)

r_1 : Radio interior de tubería 1.25 '' de cedula 40 ($r_1 = 17.54 \text{ mm}$)

r_2 : Radio Exterior incluido aislante ($r_2 = 70 \text{ mm}$)

$$U = 2.25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

- **Pérdida de Calor**

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

$$r_1 = \left(\frac{42.2}{2}\right) - 3.56 = 17.54 \text{ mm} = 17.54 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 70 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 36.83^\circ\text{C}, T_\infty = 25.6^\circ\text{C}, U = 2.25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$\dot{q} = 38.08 \times 2\pi \times 17.54 \times 10^{-3} \times 1 \times (36.83 - 25.6)$$

$$\dot{q} = 23.69 \text{ [W/m]}$$

De igual manera se realizó el cálculo para las áreas de cocina y esterilización y se presentan en el anexo N° 5.

En el plano Isométrico P – 1 se pueden observar la distribución de las redes de vapor y condensado del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón” según los centros de consumo de vapor. El cuadro N° 8 reúne los valores de las pérdidas de calor de los cuadros N° 6 y N° 7.

Cuadro N° 8: Pérdidas de calor por año en la red de condensado

	Sin Aislante [W/m]	Con Aislante Viejo [W/m]	Tramo [m]	Total [W/m]	Porc. Reduc del calor en 1 m de tramo	MJ/año
Cocina	205.07	23.69	100	228.76	11.55%	29.647
Lavandería	215.91	15.34	50	231.25	7.10%	59.940
Esterilización	365.51	25.63	148	391.14	7.01%	34.251
Total	786.49	64.66	298	851.15	8.22%	37.016

Fuente: Elaboración propia

Para mayor comprensión se presenta el detalle del cálculo realizado para el área de Cocina en la red de condensado.

Área de Cocina / Red de condensado

- **Calor perdido en red sin aislar:** Valor tomado del cuadro N° 6 según el cálculo realizado anteriormente.

$$Q_{PER.SIN AISLAR} = 205.07 \text{ W/m}$$

- **Calor perdido en red con aislante deteriorado:** Valor tomado del cuadro N° 7 según el cálculo realizado anteriormente.

$$Q_{PER.AIS.DET.} = 23.69 \text{ W/m}$$

- **Porcentaje de pérdida de calor:** Este valor se estima para saber el estado actual de la instalación de la red aislada.

$$\text{Porc. de Calor} = \frac{23.69}{205.09} \times 100 \% = 11.55 \%$$

$$\text{Porc. de Calor} = 11.55 \%$$

- **Pérdida de energía al año:** Para saber cuál es la pérdida de energía en la red al año se hace el siguiente cálculo matemático.

$$Q_{\text{AÑO}} = \frac{Q_{\text{TOTAL}} \times \text{HORAS}_{\text{TRAB. AÑO}} \times \text{HORAS}_{\text{OPER. DIARIO}} \times \text{DÍAS}_{\text{TRAB. ANUAL}}}{\text{Medida de la Red}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 228.76 \text{ W/m} , \text{HORAS}_{\text{OPER. DIARIO}} = 10 \text{ hrs} , \text{Medida} = 100 \text{ m}$$

$$Q_{\text{AÑO}} = \frac{\left(\frac{228.76 \times 3600 \times 10 \times 360}{100} \right)}{10^6} = 29.64 \text{ MJ/año}$$

$$Q_{\text{AÑO}} = 29.64 \text{ MJ/año}$$

Cuadro N° 9: Perdidas de calor total en la red de vapor y condensado

	PERDIDAS DE CALOR [MJ/año]			TOTAL
	COCINA	LAVANDERÍA	ESTERILIZACIÓN	
Línea de vapor	76.21	206.86	64.91	347.98
Línea de condensado	29.97	59.29	34.25	123.52
Perdida de calor por Área	106.18	266.16	99.16	471.50
Porcentaje de perdida por área	22.52%	56.45%	21.03%	1.00

Fuente: Elaboración propia

El cuadro N° 9 reúne el global de los cuadros N° 3, N° 4, N° 6 y N° 7 que trata las líneas de vapor y condensado.

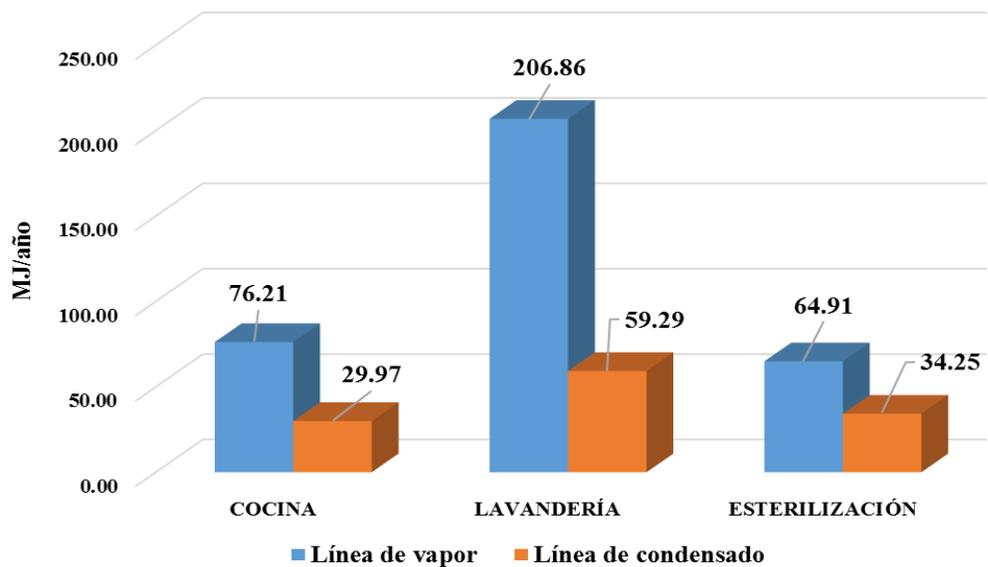


Figura N° 9: Pérdidas de calor por año en la red de vapor y condensado según las áreas de servicio.

Fuente: Elaboración propia

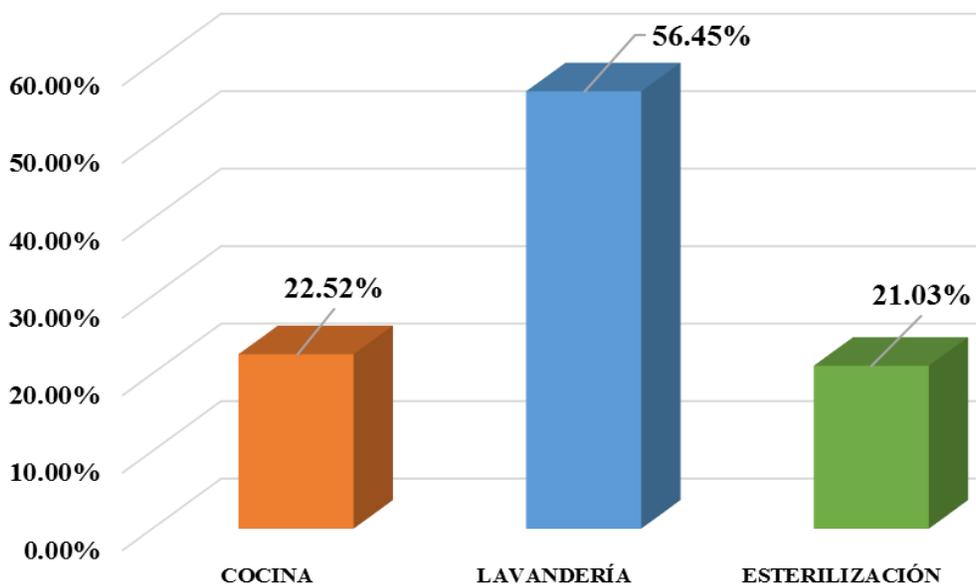


Figura N° 10: Porcentaje de pérdidas al año en las redes de cocina, lavandería y esterilización.

Fuente: Elaboración propia

4.3. Mejoras propuestas al Hospital Regional

Según los resultados obtenidos de la evaluación de las calderas pirotubulares y de las redes de vapor – condensado se plantea al área de mantenimiento del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón” realizar las siguientes mejoras:

- a.- Implementar un sistema de recuperación de calor de las purgas de las calderas.
- b.- Restablecer íntegramente el estado físico operacional de las la redes de vapor y condensado.

A.- Implementar un sistema recuperador de calor de las purgas de las calderas

La mejora implica instalar un tanque revaporizador Spirax Sarco y emplear un intercambiador de placas Alfa Laval para recuperar el calor. Por ello se procede a determinar los parámetros de operación de los equipos.

Según las ecuaciones del apartado 3.2.4 y los valores iniciales se obtuvo los parámetros de operación que se presenta en el cuadro 10. Las ecuaciones de los cálculos termodinámicos que permitieron obtener los resultados antes mencionados se muestran en el anexo N° 6. Los datos iniciales fueron:

$$P_{\text{purgado}} = 7.9 \text{ barg}, \quad h_{f1} = 720.86 \text{ KJ/kg}, \quad m_{\text{purgado}} = 878 \text{ kg/hr}$$

Cuadro N° 10: Resultados de recuperar la energía de las purgas de las calderas

TANQUE FLASH		Pcon. = P vap.	h_{f2}	h_{g2}	A	$m_{vap.}$	m_{DIESEL}	m_{DIESEL}	Ahorro
		[bar]	[KJ/kg]	[KJ/kg]		[kg/hr]	[kg/hr]	[Galon/año]	[Soles/ año]
		1.63	467.13	2693.1	0.1140	100.080	6.663	2,643.18	S/ 27,224.75

INTERC. DE PLACAS	ENTRADA COND.	$m_{con.}$	PRESIÓN	h_{f2}	T	QTRANSF.	QTRANSF.	m_{DIESEL}	Ahorro
		[kg/hr]	[bar]	[kg/hr]	[°C]	[KJ/hr]	[KW]	[Galon/año]	[Soles/ año]
			777.920	1.63	476.89	113.6	273,174.41	75.882	2,177.52
	SALIDA COND.		PRESIÓN	h_{f3}	T				
			[bar]	[kg/hr]	[°C]				
			0.0424	125.73	30				

Fuente: Elaboración propia

Los equipos necesarios que se determinó que se debería instalar según los cálculos termodinámicos, los gráficos y tablas de Spirax Sarco y Alfa Laval revisadas se muestran en el cuadro 11. En el anexo 6 se muestra el gráfico de selección de los equipos

Cuadro N° 11: Equipos y accesorios necesarios para la mejora

Mejora
<i>Recuperar calor de las purgas de nivel de las calderas</i>
Instalación de tuberías, accesorios y equipos
Tanque Flash Spirax Sarco / Modelo: FVS6
Intercambiador de calor a placas Alfa Laval /Modelo: M3 FG
Tablero de control metálico
Control de nivel modulante
Control de Temperatura
Control de Presión
Accesorios para el sistema de recuperación

Fuente: Elaboración propia

Los precios de los equipos se consideraron para hallar el VAN del proyecto.

La distribución de los equipos y accesorios dentro del sistema se muestran en el plano P- 3.

B.- Renovar íntegramente el estado físico operacional de las la redes de vapor y Condensado.

Se propone cambiar íntegramente las redes de vapor y condensado tanto las tuberías, accesorios, aislante térmico y el enchaquetado de aluminio.

Cuadro N° 12: Materiales y accesorios necesarios para renovar las redes de vapor y condensado

DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
TUBERIA NPS 2.5" SCH 40 - 6000 mm	ASTM A-106. Grado B	60
TUBERIA NPS 2" SCH 40 - 6000 mm	ASTM A-106. Grado B	17
TUBERIA NPS 1" SCH 40 - 6000 mm	ASTM A-106. Grado B	25
TUBERIA NPS 1.25" SCH 40 - 6000 mm	ASTM A-106. Grado B	20
TUBERIA NPS 1.5" SCH 40 - 6000 mm	ASTM A-106. Grado B	42
CODO NPS 2.5" SCH 40 - 90°	ASTM A-106. Grado B	10
CODO NPS 2" SCH 40 - 90°	ASTM A-106. Grado B	8
CODO NPS 1" SCH 40 - 90°	ASTM A-106. Grado B	5
CODO NPS 1.25" SCH 40 - 90°	ASTM A-106. Grado B	7
CODO NPS 1.5" SCH 40 - 90°	ASTM A-106. Grado B	7
VALVULA BOLA 2"	Hierro Fundido	1
VALVULA BOLA 2.5"	Hierro Fundido	1
VALVULA BOLA 1"	Hierro Fundido	1
TRAMPA TIPO DISCO 2"	Hierro Fundido	1
TRAMPA TIPO DISCO 2.5"	Hierro Fundido	2
FILTRO CANASTILLA 2.5"	Hierro Fundido	2
FILTRO CANASTILLA 2"	Hierro Fundido	1
VAL.REG.PRESIÓN 2.5" 150 - 50	Hierro Fundido	2
VAL.REG.PRESIÓN 2" 150 - 50	Hierro Fundido	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 13: Recurso de mano de obra para el cambio de las redes de vapor y condensado

		Área	Tubería (in)	Tiempo (hr)	Longitud (m)
1 Operario 1 Oficial	Red de vapor	Lavandería	1.25	30	50
		Cocina	1	36	100
		Esterilización	1.5	40	148
	Red de condensado	Lavandería	2	36	50
		Cocina	2.5	40	100
		Esterilización	2.5	50	148

Fuente: Elaboración propia

- **Cambio del aislante de las tuberías de vapor y condensado**

El aislante actual está deteriorado por ello se procede a determinar el espesor óptimo del aislante nuevo.

Siguiendo la metodología del apartado 3.2.3 es posible obtener los resultados que se presentan en los cuadros 14, 16 y 18.

Cuadro N° 14: Evaluación del espesor del aislante óptimo para línea principal de condensado del área de esterilización

SERVICIO DE ESTERILIZACIÓN DN 1.5 PUIE	ESP.	DIÁMETRO AISLADO	TEM. SUP. AISLAMIENTO CALCULADA	TEM. DE PELICULA	COEF. GLOBAL TRANSFERENCIA DE CALOR	PERDIDA DE CALOR	(2)	3)	4)	5)	(6)	(7)
	e [cm]	D _{aislado} [m]	T _s [°C]	T _{ca} [°C]	U [W/m ² .°K]	q/L [W/m]	Pérdidas Energía [W/m]	Valor de (2) [\$/m ² .año]	Valor de (3) en Período [\$/m]	Incremento de Ahorro [\$/m]	Incremento Inversiones [\$/m]	Diferencia (5) - (6) [\$/m]
	2	0.09	34.35	30.18	2.85	43.6	43.93	40.56	558.79			
	3	0.11	32.21	29.11	2.18	33.4	33.66	31.08	428.16	130.63	6	124.7
	4	0.13	31.04	28.52	1.83	27.9	28.18	26.02	358.45	69.71	6.1	63.7
	5	0.15	30.3	28.15	1.6	24.5	24.73	22.83	314.58	43.86	5.6	38.3
	6	0.17	29.54	27.77	1.45	22.2	22.39	20.68	284.85	29.73	6.5	23.3
	7	0.19	29.2	27.6	1.34	20.4	20.62	19.03	262.24	22.61	21.3	1.3
	8	0.21	28.94	27.47	1.25	19.1	19.24	17.77	244.76	17.48	24.5	-7
	9	0.23	28.73	27.37	1.18	18	18.14	16.75	230.78	13.98	29.4	-15.4

Fuente: Elaboración propia

Para complementar la información presentada en el cuadro N° 14 se brinda la operación de cálculo realizada para el espesor de aislante 7 cm.

Espesor 7 cm

- **Pérdida de Energía [2]**

$$\dot{q} = [2] = U \times 2\pi \times r_1 \times (T_s - T_\infty)$$

Datos:

$$U = 1.34 \text{ W/m}^2\text{K}, T_s = 29.2 \text{ °C}, r_1 = 0.08 \text{ m}$$

$$\dot{q} = 1.34 \times 2\pi \times 0.08 \times (29.2 - 25.2)$$

$\dot{q} = [2] = 20.62 \text{ W/m}$

- **Valor de las pérdidas en términos monetarios al año [3]**

$$[3] = [2] \times E \times Z = 20.62 \times 3600 \times 2.137 \times 10^{-4}$$

Z : Horas de operación (Z = 3600 hr)

E: Coste de la energía (E = 2.137x 10⁻⁴ S/Wh)

$[3] = 19.03 \text{ [S/ /m año]}$

- **Costo de Pérdida de dinero por metro [4]**

$$[4] = [3] \times \text{Coef VAN}$$

$$\text{Coef.VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

b: Aumento previsible del coste de la energía (%) [*b* = 4%]

i : Interes anual del dinero (%) [*i* = 12 %]

c: Tasa de inflación prevista (%) [*c* = 4 %]

n : Años previstos para el proyecto [*n* = 20 años]

$$t = \frac{1 + 0.01 \times b}{1 + 0.01 \times r} = \frac{1 + 0.01 \times 0.04}{1 + 0.01 \times 0.08} = 0.99$$

$$r = i - c = 0.12 - 0.04 = 0.08$$

$[4] = 19.03 \times 18.02 = 262.24 \text{ [S/m]}$

- **Incremento de Ahorro [5]:** La columna (5) es el Incremento del Ahorro (A), lo cual es el beneficio del forrado de las líneas; es decir se está gastando menos para producir la misma cantidad de vapor. Se realiza el análisis para dos espesores continuos. Para el ejemplo de $e = 7 \text{ cm}$ se tiene que $A = 22.61 \text{ S/m}$. Se obtuvo de saber:

$$A = 284.85 - 262.24 = 22.61 \text{ S//m}$$

$[5] = A_{(e=7 \text{ cm})} = 22.61 \text{ S//m}$

- **Incremento de Inversiones [6]:** Como ya se mencionó antes en el análisis del espesor óptimo se tiene en cuenta el precio del aislante. Por ello la columna (6) es el Incremento de Inversiones. Lo cual se obtuvo de:

$$I_{(e=7 \text{ cm})} = 80.02 - 58.728 = 21.3 \text{ (S//m)}$$

$(6) \dots I_{(e=7 \text{ cm})} = 21.3 \text{ (S//m)}$

e (cm)	Precio de Mercado (S//m)	Incremento de Inversión (S// m)
2	28.528	
3	34.528	6
4	40.528	6.1
5	46.628	5.6
6	52.228	6.5
7	58.728	21.3
8	80.028	24.5

- **Mínimo margen de Ganancia [7]:** La columna (7) es la diferencia de las columnas (5) y (6). Para el ejemplo que se está desarrollando se tiene:

$$(7) \dots A - I = 1.3 \text{ S//m}$$

$(7) \dots \dots A - I = 22.61 - 21.3 = 1.3 \text{ S//m}$

Cuadro N° 15: Relación de los costos y el espesor del aislante para la línea de condensado del área de esterilización

e [m]	Cos. Per. [Soles/m]	Inv. [Soles/m]	Cost. To. [Soles/m]	Aho.-Inv. [Soles/m]
0.02	558		558	
0.03	428.16	6	434.16	124.7
0.04	358.45	6.1	364.55	63.7
0.05	314.58	5.6	320.18	38.3
0.06	284.85	6.5	291.35	23.3
0.07	262.24	21.3	283.54	1.3
0.08	244.76	24.5	269.26	-7
0.09	230.78	29.4	260.18	-15.4

Fuente: Elaboración propia

Las ecuaciones matemáticas realizadas para el cuadro N° 14 se presentan en el Anexo N° 6.

El cuadro N° 15 muestra las cuatro columnas finales del cuadro N°14 y cuyos valores son usados para elaborar las gráficas de la figura N° 11.

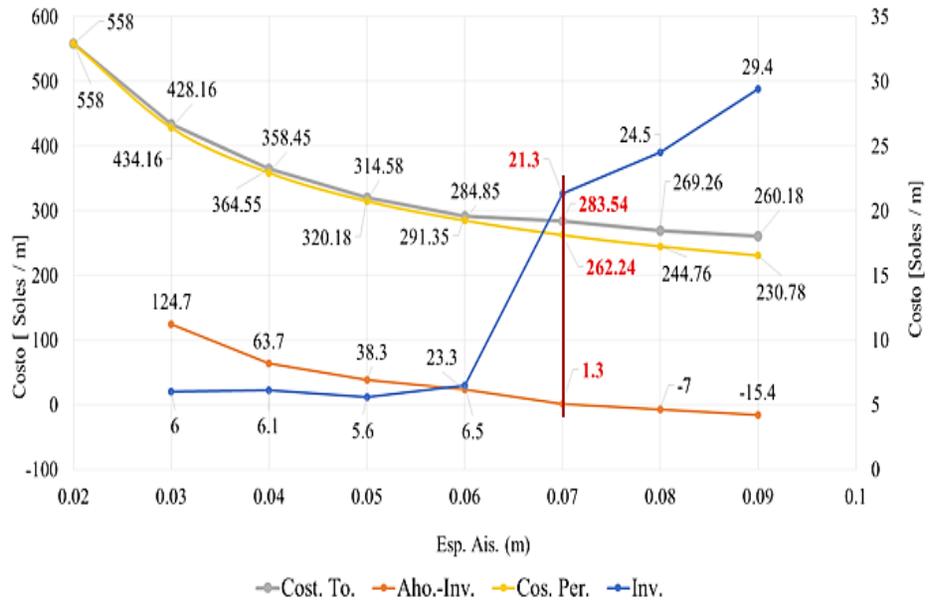


Figura N° 11: Determinación del espesor del aislante en relación de los costos para la línea de condensado del área de esterilización.
Fuente: Elaboración propia

- Línea de Costo de Pérdida (Línea Amarilla):** Indica el comportamiento del Costo de Pérdida de la energía en función del espesor del aislante; por ejemplo se tiene que para un espesor de 2 cm se incurre en un costo de 558 S/ m y que para un espesor de 9 cm se tiene costo de pérdida de 230 S/ m.
- Línea de Inversión (Línea Azul):** Muestra que el costo del aislante aumenta con el espesor del mismo, por ejemplo se puede ver que para un espesor de 3 cm se tiene un precio de 6 S/m y para un espesor de 9 cm se tiene un precio de 29.4 S/ m.
- Línea Ahorro – Inversión (Línea Naranja):** Indica continuamente la relación del ahorro de la energía y la inversión realizada en función del espesor del aislante. Por ello se sabe que para el espesor de 7 cm se tiene la mínima ganancia de 1.3 S/ m.

Cuadro N° 16: Evaluación del espesor del aislante óptimo para línea principal de vapor del área de lavandería

SERVICIO DE LAVANDERÍA [DN 2 PujB]	ESP.	DIÁMETRO AISLADO	TEM. SUP. AISLAMIENTO CALCULADA	TEM. DE PELICULA	COEF. GLOBAL TRANSFERENCIA DE CALOR	PERDIDA DE CALOR	(2) Pérdidas de Energía [W/m]	3) Valor de (2) [S./m ² .año]	4) Valor de (3) en Período [S./m]	5) Incremento de Ahorro [S./m]	(6) Incremento de Inversiones [S./m]	(7) Diferencia (5) - (6) [S./m]
	e [cm]	D _{aislado} [m]	T _s [°C]	T _{sk} [°C]	U [W/m ² .K]	q/L [W/m]	Energía [W/m]	[S./m ² .año]	[S./m]	[S./m]	[S./m]	[S./m]
	2	0.1	36.92	31.46	2.61	61.17	61.17	56.47	778.02			
	3	0.12	33.98	29.99	1.98	46.34	46.34	42.79	589.47	188.55	0	188.55
	4	0.14	32.38	29.19	1.64	38.45	38.45	35.49	489.01	100.46	6.4	94.07
	5	0.16	30.99	28.49	1.43	33.6	33.6	31.02	427.32	61.69	6.9	54.79
	6	0.18	30.36	28.18	1.29	30.15	30.15	27.83	383.47	43.85	7.45	36.4
	7	0.2	29.9	27.95	1.18	27.61	27.61	25.49	351.19	32.27	21.93	10.34
	8	0.22	29.55	27.77	1.1	25.66	25.66	23.69	326.32	24.87	26.32	-1.44
	9	0.24	29.28	27.64	1.03	24.1	24.1	22.25	306.49	19.83	31.58	-11.74

Fuente: Elaboración propia

Se presenta el procedimiento de cálculo para el espesor de 8 cm

Espesor 8 cm

- Pérdida de Energía [2]

$$\dot{q} = [2] = U \times 2\pi \times r_1 \times (T_s - T_\infty)$$

Datos:

$$U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}, T_s = 29.55 \text{ }^\circ\text{C}, r_1 = 0.11 \text{ m}$$

$$\dot{q} = 1.1 \times 2\pi \times 0.11 \times (29.5 - 25.2)$$

$$\dot{q} = [2] = 25.66 \text{ W/m}$$

- **Valor de las pérdidas en términos monetarios al año [3]**

$$[3] = [2] \times E \times Z = 25.66 \times 3600 \times 2.137 \times 10^{-4}$$

Z : Horas de operación (Z = 3600 hr)

E: Coste de la energía (E = 2.137x 10⁻⁴ S/Wh)

$[3] = 23.69 [S /m \text{ año}]$

- **Costo de Pérdida de dinero por metro [4]**

$$[4] = [3] \times \text{Coef VAN}$$

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

b: Aumento previsible del coste de la energía (%) [b = 4%]

i : Interes anual del dinero (%) [i = 12 %]

c: Tasa de inflación prevista (%) [c = 4 %]

n : Años previstos para el proyecto [n = 20 años]

$$t = \frac{1 + 0.01 \times b}{1 + 0.01 \times r} = \frac{1 + 0.01 \times 0.04}{1 + 0.01 \times 0.08} = 0.99$$

$$r = i - c = 0.12 - 0.04 = 0.08$$

$[4] = 23.69 \times 18.02 = 326.32 [S/m]$

- **Incremento de Ahorro [5]:** Es el beneficio del forrado de las líneas. Se realiza el análisis para dos espesores continuos. Para el ejemplo de $e = 8 \text{ cm}$ se tiene que $A = 24.87 \text{ S / m}$.

Se obtuvo de saber:

$$A = 351.19 - 326.32 = 24.87 \text{ S/m}$$

$[5] = A_{(e=7 \text{ cm})} = 24.87 \text{ S/m}$
--

- **Incremento de Inversiones [6]:** Cantidad de dinero que se desembolsa para forrar las líneas con el aislante térmico. Lo cual se obtuvo de:

$$I_{(e=8 \text{ cm})} = 106.34 - 80.02 = 26.32 \text{ (S//m)}$$

$(6) \dots I_{(e=8 \text{ cm})} = 26.32 \text{ (S//m)}$

- **Mínimo margen de Ganancia [7]:** La columna (7) es la diferencia de las columnas (5) y (6). Para el ejemplo que se está desarrollando se tiene:

$$(7) \dots A - I = 10.34 \text{ S//m}$$

$(7) \dots \dots A - I = 32.27 - 21.93 = 10.34 \text{ S/m}$

Cuadro N° 17: Relación del espesor del aislante en relación de los costos para la línea de vapor de lavandería

e [m]	Cos. Per. [Soles/m]	Inv. [Soles/m]	Cost. To. [Soles/m]	Aho.-Inv. [Soles/m]
0.02	778		778	
0.03	589.47	3	592.47	188.5
0.04	489.01	6.4	495.41	94.07
0.05	427.32	6.9	434.22	54.79
0.06	383.47	7.45	390.92	36.4
0.07	351.19	21.93	373.12	10.34
0.08	326.32	26.32	352.64	-1.44
0.09	306.49	31.58	338.07	-11.74

Fuente:Elaboración propia

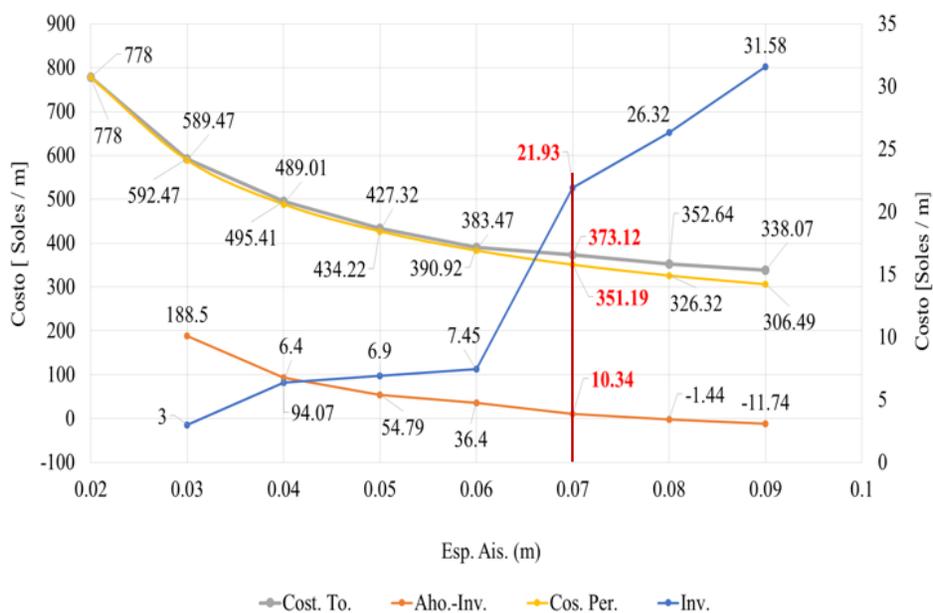


Figura N° 12: Determinación del espesor del aislante en función de los costos para la línea de vapor del área de lavandería.

Fuente: Elaboración propia.

- ✚ **Línea de Costo de Pérdida (Línea Amarilla):** Muestra el comportamiento del Costo de Pérdida de la energía en función del espesor del aislante ; por ejemplo se tiene que para un espesor de 2 cm se incurre en un costo de 778 S/ m y que para un espesor de 9 cm se tiene costo de pérdida de 306.49 S/ m.
- ✚ **Línea de Incremento de Inversión (Línea Azul):** Muestra que el costo del aislante aumenta con el espesor del mismo, por ejemplo se puede ver que para un espesor de 5 cm se tiene un incremento del precio en de 6.9 S/m y para un espesor de 8 cm se tiene un incremento de 26.32 S/ m.
- ✚ **Línea Ahorro – Inversión (Línea Naranja):** Indica continuamente la relación del ahorro de la energía y la inversión realizada en función del espesor del aislante. Se puede saber que para un espesor de 7 cm se tiene la mínima ganancia de 10.34 S/m.

Cuadro N° 18: Evaluación del espesor del aislante óptimo para línea principal de vapor del área de cocina

SERVICIO DE COCINA [DN 2.5 Pulg]	ESP.	DIÁMETRO AISLADO	TEM. SUP. AISLAMIENTO CALCULADA	TEM. DE PELICULA	COEF. GLOBAL TRANSFERENCIA DE CALOR	PERDIDA DE CALOR	(2) Pérdidas de Energía [W/m]	3) Valor de (2) [S./m ² .año]	4) Valor de (3) en Período [S./m]	5) Incremento de Ahorro [S./m]	(6) Incremento de Inversiones [S./m]	(7) Diferencia (5) - (6) [S./m]
	e [cm]	D _{AISLADO} [m]	T _S [°C]	T _R [°C]	U [W/m ² .°K]	q/L [W/m]						
	2	0.02	34.1	30.05	2.53	49.3	49.31	45.52	627.2			
	3	0.03	32.06	29.03	1.9	37	37.02	34.18	470.88	156.32	9.99	146.33
	4	0.04	30.93	28.47	1.56	30.5	30.48	28.14	387.67	83.21	6.97	76.24
	5	0.05	30.21	28.11	1.35	26.4	26.38	24.36	335.58	52.08	7.52	44.56
	6	0.06	29.46	27.73	1.21	23.6	23.63	21.82	300.56	35.03	8.12	26.9
	7	0.07	29.13	27.56	1.11	21.5	21.54	19.89	274.01	26.55	23.9	2.65
	8	0.08	28.87	27.44	1.02	19.9	19.94	18.41	253.6	20.41	28.68	-8.28
	9	0.09	28.67	27.34	0.96	18.7	18.66	17.23	237.36	16.24	34.42	-18.19

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 19: Relación del espesor del aislante en relación de los costos para la línea de vapor del área de cocina

e [m]	Cos. Per. [Soles/m]	Inv. [Soles/m]	Cost. To. [Soles/m]	Aho.-Inv. [Soles/m]
0.02	627.2		627.2	
0.03	470.88	9.99	480.87	146.33
0.04	387.67	6.97	394.64	76.24
0.05	335.58	7.52	343.1	44.56
0.06	300.56	8.12	308.68	26.9
0.07	274.01	23.9	297.91	2.65
0.08	253.6	28.68	282.28	-8.28
0.09	237.36	34.42	271.78	-18.19

Fuente:Elaboración propia

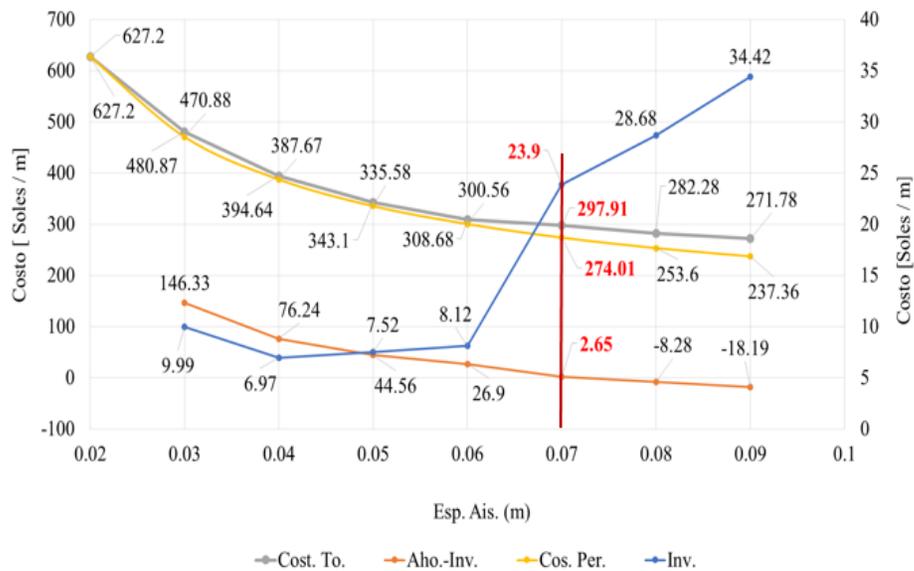


Figura N° 13: Determinación del espesor del aislante en función de los costos para la línea de vapor del área de cocina.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 20: Aislante y plancha de aluminio necesario para renovar las redes de vapor y condensado

	Área de servicio	Espesor Aislante (mm)	Dia. Int. Ais (mm)	Longitud (m)
Lana Mineral	Lavandería	70	60.3	50
	Cocina	70	73	100
	Esterilización	70	73	148
	Lavandería	70	42	50
	Cocina	70	33	100
	Esterilización	70	48	148

	Área de servicio	DN (in)	Esp. Placha (mm)	Área a Cubrir (m ²)
Plancha de Aluminio	Lavandería	2	60.00	31.4
	Cocina	2.5	60	67.196
	Esterilización	2.5	60	99.45008
	Lavandería	1.25	60.00	14.287
	Cocina	1	60	27.632
	Esterilización	1.5	60	43.68368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 21: Recurso de mano de obra para cambio del aislante y plancha de aluminio

	Área de servicio	Tubería (in)	Tiempo (hr)	Longitud (m)
Operario	Lavandería	2	15	50
	Cocina	2.5	18.4	100
	Esterilización	2.5	18	148
	Lavandería	1.25	17	50
	Cocina	1	15	100
	Esterilización	1.5	15	148

	Área de servicio	Tubería (in)	Tiempo (hr)	Longitud (m)
Oficial	Lavandería	2	18	50
	Cocina	2.5	15	100
	Esterilización	2.5	18	148
	Lavandería	1.25	17	50
	Cocina	1	18	100
	Esterilización	1.5	15	148

Fuente: Elaboración propia

Los montos de todos los recursos materiales y mano de obra se tomaron en cuenta para determinar el VAN del proyecto de mejora.

4.3.1. Ahorro económico como beneficio de las mejoras

A. Líneas de distribución de vapor, retorno de condensado

Siguiendo la ecuación 27 del apartado 3 se logra determinar los resultados que se presentan en los cuadros 22 y 23.

Cuadro N° 22: Ahorro Económico en las Líneas de Vapor

	Sin mejora		Con mejora		Ahorro [S/año]
	m [Galon/año]	Pérdida [S/año]	m [Galon/año]	Pérdida [S/año]	
Cocina	280.44	2888.56	245.95	773.87	3,662.43
Lavandería	146.19	1505.72	128.21	704.4	2,210.12
Esterilización	269.53	2776.15	236.38	706.32	3,482.47
TOTAL	696.16	7170.43	610.53	2184.59	9,355.02

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23: Ahorro Económico en Redes de Condensado

	Sin mejora		Con mejora		Ahorro [S/año]
	m [Galon/año]	Pérdida [S/año]	m [Galon/año]	Pérdida [S/año]	
Cocina	318.37	3279.25	279.21	98.38	3,180.87
Lavandería	113.94	1173.55	99.93	35.21	1,138.34
Esterilización	377.82	3891.56	331.35	116.75	3,774.81
TOTAL	810.13	8344.36	710.49	250.34	8,594.69

Fuente: Elaboración propia

La comparación del antes y después de las mejoras a las línea de vapor y condensado se muestran en los cuadros N° 22 y N° 23 y debido a ello es posible determinar el porcentaje de reducción del gasto del Combustible Diesel 2 anual producto de las mejoras implementadas al sistema.

❖ **Determinación de la reducción del gasto combustible anual**

Antes:

$$\text{Gasto de Combustible}_{\text{ANTES}} = 696.16 + 810.13 = 1,506.29 \text{ Galones/año}$$

Después:

$$\text{Gasto de Combustible}_{\text{DESPUES}} = 610.53 + 710.49 = 1,321.02 \text{ Galones/año}$$

$$\text{Reduc. de Combustible} = \frac{(1,506.29 - 1,321.02) \text{ galones/año}}{1,506.29 \text{ galones/año}} \times 100 \% = 12.3 \%$$

Se redujo el gasto del Combustible Diesel Anual en un 12.3 %.

4.3.2. Evaluación económica.

Para tomar la decisión de la ejecución del proyecto se debe de tomar en cuenta algunas pautas como:

- Ahorro producto de las mejoras
- Inversión Inicial
- Costo de Mantenimiento

Cuadro N° 24: Resumen del ahorro económico

	Mejora	Ahorro [Soles/ año]
Recuperación de energía de las purgas de nivel de las calderas	Ahorro de combustible por recuperar vapor del flujo purgado a baja presión	27,224.75
	Ahorro de combustible por recuperar energía del flujo de purga caliente	22,428.44
Cambio de las redes de vapor y condensado	Ahorro de combustible por reducir las pérdidas de calor en la red de vapor	9,355.02
	Ahorro de combustible por reducir las pérdidas de calor en la red de condensado	8,593.45
Total		67,601.66

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Inversión Inicial para ejecutar las mejoras

Concepto de gastos	Costo + IGV [\$]
<i>Vapor Flash</i>	
Instalación de tuberías, accesorios y equipos	3,882.50
Tanque Flash Spirax Sarco / Modelo: FVS6	2,130.00
Intercambiador de calor a placas Alfa Laval /Modelo: M3 FG	2,513.60
Tablero de control metálico	1,115.10
Control de nivel modulante	2,169.60
Control de Temperatura	2,766.60
Control de Presión	2,887.50
Accesorios para el sistema de recuperación	5,735.90
<i>Redes de vapor y condensado</i>	
Compra de materiales para cambio de redes de vapor y condensado	6,991.24
Mano de obra para retiro y montaje nuevo de las redes	3,676.64
Compra de aislamiento para las redes de vapor y condensado	20,462.55
Mano de obra para cambio e instalación de aislante	6,105.81
Total	\$ 60,437.04

Fuente: Elaboración propia

Tipo de cambio 1USD = S/. 3.31 consultado el 27/03/2019, fuente SUNAT.

Realizando la conversión de dólares a soles resulta S/ 200,046.60

❖ **Costo de mantenimiento.**

Para mantener las instalaciones en óptimas condiciones se está considerando un costo para el mantenimiento. Este mantenimiento lo harán los técnicos propios del hospital y si requiere el caso personal externo.

Cuadro N° 26: Costo de mantenimiento

Costos de Mantenimiento	Costo + IGV [\$/año]
Vapor Flash	4,130.00
Red de vapor y condensado	2,500.00
Total	6,630.00
Costo [S/ año]	21,945.30

Fuente: Elaboración propia

❖ **El valor anual neto (VAN)**

Para el proyecto se considerara un interés anual $i = 12\%$ con un horizonte de $n = 12$ años.

$$S/ 67,601.66 - S/ 21,945.30 = S/ 45,656.36$$

$$VAN = -45,656.36 + \sum_{t=1}^{12} \frac{45,656.36}{(1 + 0.12)^t}$$

$$VAN = S/ 32,812.56 > 0$$

❖ **La tasa de retorno**

La tasa interna de retorno (TIR) debe ser mayor a su tasa de interés para que el proyecto sea económicamente viable. Considerando el VAN = 0. Se tiene:

$$VAN = 0 = -250,000.00 \times \left[\frac{TIR \times (1 + TIR)^{12}}{(1 + TIR)^{12} - 1} \right] + 45,656.36$$

$$TIR = 15 \%$$

❖ **Determinación de la rentabilidad del proyecto**

La determinación de la rentabilidad de la inversión se calcula de la siguiente manera:

$$Pay\ Back = \frac{200,046.60}{45,656.36} = 5.47 \text{ años}$$

V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Calderas pirotubulares del Hospital Regional de Chimbote

Cuadro N° 27: Eficiencia Térmica de las calderas de 50 BHP y 70 BHP del Hospital Regional

Descripción	Caldero 50 BHP [%]	Caldero 70 BHP [%]
Pérdida por entalpía de los gases escape secos [P1]	7.74	5.35
Pérdida por entalpía de vapor de agua en gases [P2]	1.34	0.73
Pérdida por quemados gaseosos [P3]	0.13	0.18
Pérdida por quemados sólidos [P4]	1.57	0.79
Pérdida por convección [P5]	2.75	3.58
Pérdida por radiación [P6]	3.79	3.88
Σ Pérdidas	17.32	14.51
Eficiencia [η]	82.68	85.49

Fuente: Elaboración propia

5.2. Pérdidas de calor en la red de vapor y condensado

Cuadro N° 28: Pérdidas de calor en las red de vapor y condensado

	PÉRDIDAS DE CALOR [MJ/año]			
	COCINA	LAVANDERÍA	ESTERILIZACIÓN	TOTAL
LÍNEA DE VAPOR	76.21	206.86	64.91	347.98
LÍNEA DE CONDENSADO	29.97	59.29	34.25	123.51
TOTAL	106.18	266.15	99.16	471.49
POR. DE CALOR POR ÁREA	22.52%	56.45%	21.03%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

5.3. Mejoras de la red de vapor y condensado

Cuadro N° 29: Espesor de lana mineral, plancha de aluminio y tuberías

	COCINA	LAVANDERÍA	ESTERILIZACIÓN	
Espesor optimo de lana mineral	70	70	70	mm
Espesor de plancha de aluminio	60	60	60	mm
Diametro Nominal de tubería : Linea de vapor ASTM A 106 B	2	2	2.5	Pulgada
Diametro Nominal de tubería: Linea de condensado ASTM A 106 B	1	1	1.5	Pulgada
Valvula de Bola - Línea de vapor	2	2	2.5	Pulgada

Fuente: Elaboración propia

5.4. Sistema de recuperación de calor mixto.

Cuadro N° 30: Sistema de recuperación de calor a implementar en el Hospital Regional

TANQUE FLASH		
Marca	Spirax Sarco	
Modelo	FVS6	
Presión en los purgadores	7.9	bar
Presión del revaporizado	1.63	bar
Altura del tanque flash	1200	mm
Diametro del tanque	168	mm
Material de la carcaza	ASTM A 106B	
INTERCAMBIADOR DE PLACAS		
Marca	Alfa Laval	
Modelo	M3 FG	
Altura	480	mm
Anchura	180	mm
Máximo caudal	2	kg/s
Máxima temperatura	150	°C
Principio de flujo	Paralelo	

Fuente: Elaboración propia

5.5. Discusión.

- 5.5.1** Como resultado de la metodología de cálculo según la NTP 350.302:2009 se logró determinar que la caldera de 50 BHP tiene una eficiencia térmica de 82.66 % y la caldera de 70 BHP tiene 85.49 % como se puede apreciar ambos valores son mayores a la eficiencia estándar mínima que es de 78 % - 80 % (categoría C) según la referida norma. Es decir los valores obtenidos corresponden a calderas de la categoría A denominadas como de muy alta eficiencia y cuyos valores son mayores de 82 %
- 5.5.2** Las pérdidas de calor en la red de vapor con el aislante actual se ven reducidas en un 5.06 % en relación a las pérdidas en tuberías sin aislar, mientras que en la red de condensado las pérdidas se reducen en 8.22 %. Pero según la Asociación de fabricantes españoles de lana mineral el aislante puede llegar a reducir de un 2% a 3 % las pérdidas de calor. Como se puede observar el porcentaje de reducción del calor tanto de la línea de vapor como de la línea de condensado están fuera del rango indicado por los fabricantes.
- 5.5.3** El ahorro obtenido de implementar el sistema de recuperación de calor mixto es de S/ 49,653.19 Soles/año para un flujo purgado de 878 kg/hr a una presión de 100 PSIG. Si estos valores lo contrastamos por los obtenidos por Custodio y Solís en “Evaluación del sistema de recuperación de puergas de fondo y nivel de las calderas pirotubulares en la Empresa Pesquera Austral Group S.A.A – Coishco” se puede observar que el margen de beneficio es aun rentable ya que ellos

obtienen 98,039.48 Soles/año pero su flujo de purgado es de 9, 617 kg/ hr a una presión de 120 PSIG. Por otro lado se observa que a mayor tiempo de operación el sistema resulta más rentable en este caso el hospital presta servicios todos los días del año y las calderas generan vapor 10 hr/ día caso contrario para la empresa pesquera que solo trabajara 450 horas del año por periodo de pesca. La reducción del gasto del combustible anual a 12.3 % está por debajo del valor hipotético (20 %) uno de los motivos podría deberse a que el volumen de purgado de las calderas no es lo suficiente para obtener mejores resultados.

El beneficio obtenido de renovar 596 m de redes de vapor y condensado para las áreas de lavandería, cocina y esterilización con un total de horas de operación de 3,600 hr/año es de 17, 948 .47 Soles /año este monto está por encima al que obtuvo el ingeniero de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Alvaro M. el cual relata en su tesis que el beneficio de aislar con fibra de vidrio 430 m le permitió un beneficio de 12,845 Soles/año para un total de horas de operación de 7, 000 hr / año.

VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- 6.1.1 Siguiendo los lineamientos de la NTP 350.300:2008 para determinar la eficiencia de las calderas del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón” por el Método Indirecto se concluye que la Caldera Pirotubular de 50 BHP – Espalda Seca, marca ATTU de fabricación española tiene una eficiencia de 82.66 % y que la caldera Pirotubular de 70 BHP – Espalda Húmeda, marca INTESA de fabricación nacional tiene una eficiencia de 85.48 %.
- 6.1.2 De acuerdo a los principios y leyes de la transferencia de calor se determina que la pérdida de calor total de las líneas principales de vapor para las áreas de lavandería, cocina y esterilización es de 347.98 MJ/ año y que la pérdida de calor total en la línea de retorno de condensado de las áreas es de 123.52 MJ/año.
- 6.1.3 Según las evaluaciones técnicas realizadas a las calderas pirotubulares, a la red de vapor y a la red de condensado se concluye hacer las siguientes mejoras: Implementar un sistema de recuperación de calor de las purgas de las calderas y renovar íntegramente las líneas de vapor y condensado de las áreas de servicio. Además de ello se determinó que la implantación de las mejoras antes mencionadas permitirá reducir el consumo de combustible de galones Diesel por año en un 12.3 %.
- La evaluación económica para determinar la viabilidad económica arroja un valor actual neto (VAN) igual a S/. 32, 812.56, una tasa interna de retorno (TIR) de 15 % y un periodo de recuperación de la inversión (Pay Back) de 4.47 años.

6.2 Recomendaciones

El sistema de recuperación de calor debe tener un programa de mantenimiento para revisar los parámetros de operación de los equipos de forma continua y programada. En este programa se debe contemplar los servicios de personal externo especialista en el mantenimiento de Intercambiadores de Placa.

El estado de las redes del sistema de vapor debe de ser inspeccionado de forma programada, revisar el estado del enchaquetado, el estado del aislante térmico de Lana Mineral, posibles fugas de vapor y sobre todo revisar el Ph del condensado para descartar corrosión en los accesorios.

VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- Alvaro, M. (2016). *Plan de Ahorro de Energía en Instalaciones Hospitalarias (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- American Psychological Association. (2010). Manual de publicaciones de la American Psychological Association.
- Armstrong International, Inc. (Noviembre de 1997). Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage. *Armstrong, Handbook N-101*, 10.
- Asociación de fabricantes españoles de lana mineral. (2016). *Guía de buenas practicas en el aislamiento industrial*. Obtenido de <https://afelma.org/>
- Asociación Española de Normalización. (2017). *Productos aislantes termicos para equipos en edificación e instalaciones industriales productos manufacturados de lana mineral*. Obtenido de <https://www.une.org/>
- Comisión nacional para el ahorro de energía de la secretaria de la energía. (28 de septiembre de 1995). Norma Oficial Mexicana NOM - 002 -ENER- 1995 Eficiencia Termica de Calderas Paquete Especificaciones y Metodos de Prueba. *Diario Oficial de la Federación*, pág. p.6.
- Comité Técnico de Normalización. (6 de Diciembre de 2009). Norma Técnica Peruana NTP 350.300:2001 Procedimiento para la determinación de la eficiencia termica en calderas industriales. *El peruano*, pág. 17.
- Custodio, J., & Solís, E. (2017). *Evaluación del sistema de recuperación de puergas de fondo y nivel de las calderas pirotubulares en la Empresa Pesquera Austral Group S.A.A - Coishco*. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote Perú.
- Incropera, F. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Juarez, Mexico: Pearson Educación.

- Junta de Castilla y León. (2010). Diseño y calculo de redes de vapor. *Eficiencia energetica en redes de vapor*, 14.
- Molina, L., & Alonso, J.M. (1996). *Calderas de vapor en la Industria*. Bilbao, Portugal: Cadem-Eve.
- Spirax Sarco S.A. (2011). Recuperación de calor de purgas de caldera. *Spirax Sarco*(AB Issue 1). doi:SB-P404-11
- Spirax -Sarco S.A. (2014). Distribución del vapor. *Guía de referencia tecnica - Spirax Sarco*, 18. doi:TR-GCM-03
- Spirax-Sarco S.A. (1999). Calderas y accesorios. *Guia de referencia tecnica Spirax-Sarco*(CM Issue 2), 4. doi:TR-GCM-04
- Tarquin, A., & Blank, L. (2000). *Ingeniería Económica*. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Uceda, J. (10 de 2012). Calderas. *Calderas Industriales Eficientes*, 71-72.
- Yunus, A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Mexico D.F., Mexico: The McGraw-Hill Companies.

VIII: ANEXOS

Anexo 1: Gasto de combustible de las calderas de 50 BHP y 70 BHP

FECHA	GENERADOR DE VAPOR	HORAS DE OPERACIÓN	COMBUSTIBLE	CONSUMO (GLNS)	CONSUMO M3	GLNS/HR	M3/HR	DENSIDA D kg/m ³	kg/hr	TURNO	OPERADOR CALDERISTA
01/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	83	0.314191619	8.3	0.03141916	848.4	26.656	M/T	DAVILA
02/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	N	DIESTRA
03/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	99	0.374758678	9.9	0.03747587	848.4	31.7945	M/T	MARDONIO
04/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	104	0.393685884	10.4	0.03936859	848.4	33.4003	N	LEÓN
05/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	105	0.397471325	10.5	0.03974713	848.4	33.7215	M/T	CARBAJAL
06/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	92	0.34826059	9.2	0.03482606	848.4	29.5464	N	DIESTRA
07/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	103	0.389900443	10.3	0.03899004	848.4	33.0792	M/T	LEÓN
08/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	86	0.325547943	8.6	0.03255479	848.4	27.6195	N	MARDONIO
09/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	110	0.416398531	11	0.04163985	848.4	35.3273	M/T	DIETRA
10/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	111	0.420183972	11.1	0.0420184	848.4	35.6484	N	LEÓN
11/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	M/T	LEÓN
12/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	103	0.389900443	10.3	0.03899004	848.4	33.0792	N	MARDONIO
13/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	105	0.397471325	10.5	0.03974713	848.4	33.7215	M/T	DIESTRA
14/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	107	0.405042208	10.7	0.04050422	848.4	34.3638	N	MARDONIO
15/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	M/T	MARDONIO
16/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	N	CARBAJAL
17/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	110	0.416398531	11	0.04163985	848.4	35.3273	M/T	DAVILA
18/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	107	0.405042208	10.7	0.04050422	848.4	34.3638	N	LEON
19/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	112	0.423969414	11.2	0.04239694	848.4	35.9696	M/T	CARBAJAL
20/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	105	0.397471325	10.5	0.03974713	848.4	33.7215	N	CARBAJAL
21/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	M/T	DIESTRA
22/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	102	0.386115002	10.2	0.0386115	848.4	32.758	N	DIESTRA
23/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	120	0.454252943	12	0.04542529	848.4	38.5388	M/T	LEON
24/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	100	0.378544119	10	0.03785441	848.4	32.1157	N	LEÓN
25/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	M/T	MARDONIO
26/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	111	0.420183972	11.1	0.0420184	848.4	35.6484	N	DIESTRA
27/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	M/T	MARDONIO
28/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	N	MARDONIO
29/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	83	0.314191619	8.3	0.03141916	848.4	26.656	M/T	CARBAJAL
30/11/2016	CAL. PIR. ATTSU 50 BHP	10	DIESEL 2	107	0.405042208	10.7	0.04050422	848.4	34.3638	N	DAVILA
PROMEDIO						10.45			33.5609		

Fuente: Área de mantenimiento del Hospital Regional “E.G.B.”

FECHA	GENERADOR DE VAPOR	HORAS DE OPERACIÓN	COMBUSTIBLE	CONSUMO GALONES	CONSUMO M3	GLNS/HR	M3/HR	DENSIDA D kg/m3	kg/HR	TURNO	OPERADOR CALDERISTA
01/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	MT	DAVILA
02/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	112	0.423969414	11.2	0.04239694	848.4	35.9696	N	DIESTRA
03/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	MT	MARDONIO
04/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	104	0.393685884	10.4	0.03936859	848.4	33.4003	N	LEÓN
05/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	MT	CARBAJAL
06/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	107	0.405042208	10.7	0.04050422	848.4	34.3638	N	DIESTRA
07/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	106	0.401256766	10.6	0.04012568	848.4	34.0426	MT	LEÓN
08/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	112	0.423969414	11.2	0.04239694	848.4	35.9696	N	MARDONIO
09/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	116	0.439111178	11.6	0.04391112	848.4	37.2542	MT	DIETRA
10/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	N	LEÓN
11/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	MT	LEÓN
12/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	106	0.401256766	10.6	0.04012568	848.4	34.0426	N	MARDONIO
13/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	MT	DIESTRA
14/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	110	0.416398531	11	0.04163985	848.4	35.3273	N	MARDONIO
15/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	114	0.431540296	11.4	0.04315403	848.4	36.6119	MT	MARDONIO
16/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	114	0.431540296	11.4	0.04315403	848.4	36.6119	N	CARBAJAL
17/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	MT	DAVILA
18/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	93	0.352046031	9.3	0.0352046	848.4	29.8676	N	LEON
19/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	112	0.423969414	11.2	0.04239694	848.4	35.9696	MT	CARBAJAL
20/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	108	0.408827649	10.8	0.04088276	848.4	34.6849	N	CARBAJAL
21/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	115	0.435325737	11.5	0.04353257	848.4	36.933	MT	DIESTRA
22/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	118	0.446682061	11.8	0.04466821	848.4	37.8965	N	DIESTRA
23/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	116	0.439111178	11.6	0.04391112	848.4	37.2542	MT	LEON
24/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	109	0.41261309	10.9	0.04126131	848.4	35.0061	N	LEÓN
25/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	102	0.386115002	10.2	0.0386115	848.4	32.758	MT	MARDONIO
26/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	113	0.427754855	11.3	0.04277549	848.4	36.2907	N	DIESTRA
27/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	112	0.423969414	11.2	0.04239694	848.4	35.9696	MT	MARDONIO
28/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	115	0.435325737	11.5	0.04353257	848.4	36.933	N	MARDONIO
29/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	112	0.423969414	11.2	0.04239694	848.4	35.9696	MT	CARBAJAL
30/12/2016	CAL. PIR. INTESA 70 BHP	10	DIESEL 2	110	0.416398531	11	0.04163985	848.4	35.3273	N	DAVILA
			PROMEDIO			10.97666667					

Fuente: Área de mantenimiento del Hospital Regional “E.G.B.”

Anexo 2: Costo de combustible de las calderas de 50 BHP y 70 BHP



UNIDAD EJECUTORA: HOSPITAL REGIONAL ELEAZAR GUZMAN BARRÓN
CENTRO DE COSTO: UNIDAD DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO
JUSTIFICACIÓN: PARA USO DE LOS CALDEROS EN CASA DE FUERZA



FECHA	N°	CODIGO	ARTICULOS SOLICITADOS			MARCA	ORDEN DE DESPACHO		
			CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA		CANTIDAD	VALOR	
								P.U.	TOTALS/
16/03/2015	1	201070384	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.59	S/. 21,175.80
30/03/2015	1	201070567	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.59	S/. 21,175.80
16/04/2015	1	201070750	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.22	S/. 20,441.20
29/04/2015	1	201070933	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.22	S/. 20,441.20
12/05/2015	1	201071116	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.30	S/. 20,602.20
25/05/2015	1	201071299	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.30	S/. 20,602.20
07/06/2015	1	201071482	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.37	S/. 20,738.80
30/06/2015	1	201071665	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.37	S/. 20,738.80
14/07/2015	1	201071848	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.37	S/. 20,738.80
31/07/2015	1	201072031	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 10.37	S/. 20,738.80
17/08/2015	1	201072214	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.78	S/. 19,562.40
30/08/2015	1	201072397	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.78	S/. 19,562.40
12/09/2015	1	201072580	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.70	S/. 19,402.40
25/09/2015	1	201072763	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.70	S/. 19,402.40
15/10/2015	1	201072946	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.68	S/. 19,356.92
29/10/2015	1	201073129	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.68	S/. 19,356.92
18/11/2015	1	201073312	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.48	S/. 18,962.80
30/11/2015	1	201073495	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 9.48	S/. 18,962.80
12/12/2015	1	201073678	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 8.34	S/. 16,685.60
24/12/2015	1	201073861	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 8.34	S/. 16,685.60
05/01/2016	1	201074044	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 8.13	S/. 16,251.20
17/01/2016	1	201074227	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 8.13	S/. 16,251.20
16/02/2016	1	201074410	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 7.98	S/. 15,962.89
29/02/2016	1	201074593	2000	DIESEL B5	GALON	SIN MARCA	2000	S/. 7.98	S/. 15,962.89

TOTAL DE GASTO ANUAL EN COMBUSTIBLE DIESEL B5

S/. 459,762.01

Fuente: Área de mantenimiento del Hospital Regional “E.G.B.”

Anexo 3: Cálculos realizados para determinar la eficiencia de las calderas

➤ BALANCE DE ENERGÍA EN CALDERA 50 BHP

$$P_1 = k \left(\frac{T_g - T_a}{CO_2} \right)$$

DATOS:

- $K = 0.49$
- $T_g = 270.5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_a = 27.6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $CO_2 = 15.37$

$$P_1 = 0.49 \times \left(\frac{270.5 - 27.60}{15.37} \right)$$

$$P_1 = 7.743 \%$$

$$P_2 = ([H_2O] + 9 [H]) \times \frac{(210 - 4.2 \times T_a + 2.1 \times T_g)}{PCS}$$

DATOS:

- $[H_2O] = 2 \%$ en peso
- $[H] = 9.2 \%$ en peso
- $T_a = 27.6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_g = 270.5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $PCS = 41\,860 \text{ KJ/kg}$

$$P_2 = (2 + 9 \times 9.2) \times \frac{(210 - 4.2 \times 27.6 + 2.1 \times 270.5)}{41\,860}$$

$$P_2 = 1.34 \%$$

$$P_3 = K_1 \times \left(\frac{[CO]}{[CO] + [CO_2]} \right)$$

DATOS

- $K_{1-DIESEL} = 53$
- $[CO] = 0.04 \%$
- $[CO_2] = 15.37 \%$

$$53 \times \left(\frac{0.04}{0.04 + 15.37} \right)$$

$$P_3 = 0.137 \%$$

$$P_4 = 0.14 \times B^2 + 0.08 \times B + 0.07$$

De la observación en el hospital se pudo apreciar poca cantidad Hollín en la caldera de 50 BHP.

$$B = 3$$

$$P_4 = 0.14 \times 3^2 + 0.08 \times 3 + 0.07$$

$$P_4 = 1.57 \%$$

$$P_5 = 80 \times \frac{Q_{P5}}{W_c}$$

$$Q_{P5} = h_{cf} \times A_f \times (T_{sf} - T_a) + h_{cg} \times A_g \times (T_{sg} - T_a)$$

$$Q_{P5} = 8.4508 \times 10^{-3} \times 7.84 \times (65 - 27.6) + 0.0115 \times 8.8 \times (170 - 27.6) = 16.888 \text{ KW}$$

- $A_f = 7.84 \text{ m}^2$
- $A_g = 8.8 \text{ m}^2$
- $T_{sf} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{sg} = 170 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_a = 27.6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $v = 0.7 \text{ m/s}$

$$h_{cf} = 1.973 \times 10^{-3} \times (65 - 27.6)^{0.25} \times ((2.857 \times 0.7 + 1)^{0.5}) = 8.4508 \times 10^{-3}$$

$$h_{cg} = 1.973 \times 10^{-3} \times (170 - 27.6)^{0.25} \times ((2.857 \times 0.7 + 1)^{0.5}) = 0.01180$$

$$W_C = 9.81 \times 50 \text{ BHP} = 490.5 \text{ KW}$$

$$P_5 = 80 \times \frac{16.888}{490.5} = 2.7545$$

$$P_5 = 2.7545 \%$$

$$P_6 = 80 \times \frac{Q_{P6}}{W_C}$$

- $T_{sf} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{sg} = 170 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_a = 27.6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $A_f = 7.84 \text{ m}^2$
- $A_g = 8.8 \text{ m}^2$
- $\varepsilon = 0.1$

$$Q_{P6} = (q_{rf} \times A_f) + (q_{rg} \times A_g)$$

$$q_{rf} = 5.763 \times 10^{-11} \times \varepsilon \times (T_{sf} - 273)^4 - (T_a - 273)^4$$

$$q_{rf} = 5.763 \times 10^{-11} \times 0.1 \times (65 - 273)^4 - (27.6 - 273)^4 = 1.4001$$

$$q_{rg} = 5.763 \times 10^{-11} \times \varepsilon \times (T_{sg} - 273)^4 - (T_a - 273)^4$$

$$q_{rg} = 5.763 \times 10^{-11} \times 0.1 \times (170 - 273)^4 - (27.6 - 273)^4 = 1.4001$$

$$Q_{P6} = (1.4001 \times 7.84) + (1.4001 \times 8.8) = 23.2987$$

$$W_C = 9.81 \times 50 \text{ BHP} = 490.5 \text{ KW}$$

ε : Emisividad del acero Inoxidable 316 : 0.08 – 0.26

$$P_6 = 80 \times \frac{23.2987}{490.5} = 3.79$$

$$P_6 = 3.79 \%$$

❖ De manera análoga se hacen los cálculos para la caldera de 70 BHP.

INDICADORES ENERGÉTICOS DE LAS CALDERAS PIROTUBULARES

❖ CALDERA DE 50 BHP

• FACTOR DE CARGA (F.C)

$$PVG = \frac{\eta_G \times F \times PCI}{h_2 - h_1}$$

PARAMETRO	VALOR
F	33.56 kg Combustible / hr
η_G	82.66%
PCI (DIESEL N° 2)	39 765 KJ/kg
h_1 ($T_1 = 65$ °C)	272.06 KJ/ kg
h_2 ($T_2 = 170$ °C)	2 768.7 KJ/kg

$$PVG = \frac{0.8266 \times 33.560 \times 39765}{2768.7 - 272.06} = 441.83 \text{ kg vapor /hr}$$

$$PVG = 441.83 \text{ kg vapor /hr}$$

$$BHP \text{ operación} = \frac{PVG \times (h_2 - h_1)}{8437}$$

$$BHP \text{ operación} = \frac{441.83 \times (2768.7 - 2346.2)}{8437} = 22.125$$

$$BHP \text{ oper.} = 22.125 \text{ BHP}$$

$$F.C = \frac{BHP \text{ operación}}{BHP \text{ nominal}} \times 100\%$$

$$F.C = \frac{22.125}{50} \times 100\% = 44.25 \%$$

$$F.C = 0.44$$

❖ **INDICADOR DE PRODUCCIÓN**

$$IP = \frac{\dot{m}_v}{F} \left(\frac{\text{kilogramo de vapor saturado}}{\text{galon de diesel 2}} \right)$$

$$IP = \frac{441.83}{10.45} = 42.280 \text{ kg vapor / galon de Diesel N}^\circ 2$$

$$\mathbf{I.P = 42.280 \text{ kg vapor /galon de Diesel N}^\circ 2}$$

❖ De manera análoga se hacen los cálculos para la caldera de 70 BHP.

Anexo 4: Recopilación de datos en las redes de vapor y condensado

TUBERIA PRINCIPAL DE VAPOR AISLADA

LÍNEA PARA LAVANDERÍA (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DELAVANDERIA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VIE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuerza	1	6.3	2	L. Mineral	30	0.5	53	36.1	35.6	35.3	34.6	35.8	34.2	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	53	36.1	37.180
	2	1.45	2	L. Mineral	30	0.5	33.5	32.3	31.7	32	32.3	32.6	32.9	33.5	32.3	31.7	32	32.3	32.6	32.9	33.5	32.540
	3	2.5	2	L. Mineral	30	0.5	42.8	38.4	37.4	35.4	33.3	32.9	33.1	33.9	33.4	34	34.6	35.2	35.8	36.4	37	35.573
Azotea	4	19.38	2	L. Mineral	30	13	36.5	46.9	40.3	34.2	34	32.4	33.3	31.7	32.9	32.8	33.1	32.2	30.5	33.7	32.5	34.467
	5	1	2	L. Mineral	30	13	35.1	33.4	43.9	46.7	43.2	40.8	37.6	42.9	35.1	33.4	43.9	46.7	43.2	40.8	37.6	40.287
	6	4.8	2	L. Mineral	30	13	38	33.1	32.8	35.6	34.7	39.5	34.4	36.9	37.6	38	38.4	38.8	38	33.1	32.8	36.113
	7	1.4	2	L. Mineral	30	13	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
Lavandería	8	0.4	2	L. Mineral	30	13	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	44.660
	9	2.2	2	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	32.947
	10	2.2	2	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	33.6	34.6	35.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	32.6	33.227
35.020																						

LÍNEA PARA COCINA (CAS. FUERZA- AZOTEA - SOTANA DE COCINA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VIE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuerza	1	0.8	2.5	L. Mineral	30	0.5	30.8	30.2	39.2	29.5	30.4	30.2	30.7	31.2	31.7	32.2	33.2	31.3	30.4	30.2	30.7	31.460
	2	0.65	2.5	L. Mineral	30	0.5	38	33.1	32.8	35.6	34.7	39.5	34.4	36.9	37.6	38	38.4	38.8	38	33.1	32.8	36.113
	3	2.7	2.5	L. Mineral	30	0.5	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
	4	1.35	2.5	L. Mineral	30	0.5	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	44.660
	5	0.8	2.5	L. Mineral	30	0.5	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	32.947
Azotea	6	7.75	2.5	L. Mineral	30	13	42.8	38.4	37.4	35.4	33.3	32.9	33.1	33.9	33.4	34	34.6	35.2	35.8	36.4	37	35.573
	7	12.5	2.5	L. Mineral	30	13	36.5	46.9	40.3	34.2	34	32.4	33.3	31.7	32.9	32.8	33.1	32.2	30.5	33.7	32.5	34.467
	8	3.5	2.5	L. Mineral	30	13	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
	9	12.3	2.5	L. Mineral	30	13	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	44.660
Sotano de cocina	10	1.85	2.5	L. Mineral	30	0.3	38.2	36.7	34.7	40.6	37	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	34.547
	11	7.4	2.5	L. Mineral	30	0.3	33.9	30.9	33.4	31	31.8	30.9	31.7	32.3	30.5	29.8	31.4	30.7	31.5	33.2	33.4	31.760
	12	4.2	2.5	L. Mineral	30	0.3	33.6	33.2	31.3	30.8	30.2	39.2	29.5	30.4	30.2	30.7	32.3	32.2	33.4	30.7	30.4	31.873
	13	0.65	2.5	L. Mineral	30	0.3	33.1	32.7	31.2	30.7	30.4	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	32.607
	14	7	2.5	L. Mineral	30	0.3	30.8	30.2	39.2	29.5	30.4	30.2	30.7	31.2	31.7	32.2	33.2	31.3	30.4	30.2	30.7	31.460
	15	14.1	2.5	L. Mineral	30	0.3	38	33.1	32.8	35.6	34.7	39.5	34.4	36.9	37.6	38	38.4	38.8	38	33.1	32.8	36.113
	16	14.32	2.5	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
	17	0.5	2.5	L. Mineral	30	0.3	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	44.660
	18	0.5	2.5	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	32.947
30.5																						

LÍNEA DE ESTERILIZACIÓN (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DE CENTRAL)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VIE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.	
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15		
4° Piso	1	1.95	2.5	L. Mineral	30	0	32.12	33.3	33.2	34.9	33.1	32	33.8	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	36.7	33.5	31.060	
	2	3.2	2.5	L. Mineral	30	0	40.4	45.9	42.8	44.9	45.3	46.1	44.5	40.7	41.5	49.7	43.2	45.9	42.8	44.9	47	40.918	
	3	7.24	2.5	L. Mineral	30	6.4	41	37.2	38	40.7	41.3	40.6	41.4	36.5	33.9	33.9	41.3	40.6	41.4	36.5	33.9	36.153	
Azotea	4	12	2.5	L. Mineral	30	2.8	33.3	32.6	31.5	33.3	33.2	34.9	33.1	32	33.8	32.3	32.5	37	36.6	35.2	33.5	31.624	
	5	1	2.5	L. Mineral	30	13	40.4	37	36.6	35.2	31.5	33.3	33.2	34.9	33.1	32	30.43	28.98	27.53	35.2	31.5	31.991	
	6	3.62	2.5	L. Mineral	30	13	33.8	33.5	33.2	33.5	33.8	31.6	33	33.2	33.4	34.2	34.76	35.32	35.88	33.2	33.5	32.286	
	7	17.5	2.5	L. Mineral	30	13	38.8	36.7	33.5	30.3	27.1	23.9	33.3	33.2	34.9	33.1	32	32.8	33	33.2	33.4	31.306	
	8	0.67	2.5	L. Mineral	30	13	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	31.306	
	9	2.65	2.5	L. Mineral	30	13	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.1	43.7	44.4	44.3	44.6	44.9	45.2	41.935	
	10	15.4	2.5	L. Mineral	30	13	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	31.600	
	11	1	2.5	L. Mineral	30	13	32.8	33	33.2	33.4	31.5	33.3	33.2	34.9	33.1	32	30.43	28.98	33.1	32	32.3	31.189	
	12	11	2.5	L. Mineral	30	13	33.3	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.1	32	33.8	32.3	32.5	37	36.6	35.2	33.5	32.224
	13	4	2.5	L. Mineral	30	13	40.4	37	36.6	35.2	31.5	33.3	33.2	34.9	33.1	32	30.43	28.98	27.53	35.2	31.5	31.991	
	14	74	2.5	L. Mineral	30	13	33.8	33.5	33.2	33.5	33.8	31.6	33	33.2	33.4	34.2	34.76	35.32	35.88	33.2	33.5	32.286	
	15	2.95	2.5	L. Mineral	30	13	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	31.306	
	31.5																						

Fuente: Elaboración propia

TUBERIA PRINCIPAL DE VAPOR SIN AISLAR

LÍNEA PARA LAVANDERÍA (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DELAVANDERIA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuerza	1	2.5	2	L. Mineral	30	0.5	155.47	138.57	138.07	137.77	137.07	138.27	136.67	135.97	136.17	136.37	136.57	136.77	136.97	155.47	138.57	139.650
	2	3	2	L. Mineral	30	0.5	135.97	134.77	134.17	134.47	134.77	135.07	135.37	135.97	134.77	134.17	134.47	134.77	135.07	135.37	135.97	135.010
	3	1.5	2	L. Mineral	30	0.5	145.27	140.87	139.87	137.87	135.77	135.37	135.57	136.37	135.87	136.47	137.07	137.67	138.27	138.87	139.47	138.043
Azotea	4	5	2	L. Mineral	30	13	138.97	149.37	142.77	136.67	136.47	134.87	135.77	134.17	135.37	135.27	135.57	134.67	132.97	136.17	134.97	136.937
	5	4	2	L. Mineral	30	13	137.57	135.87	146.37	149.17	145.67	143.27	140.07	145.37	137.57	135.87	146.37	149.17	145.67	143.27	140.07	142.757
	6	7	2	L. Mineral	30	13	140.47	135.57	135.27	138.07	137.17	141.97	136.87	139.37	140.07	140.47	140.87	141.27	140.47	135.57	135.27	138.583
	7	4.2	2	L. Mineral	30	13	134.07	135.07	135.57	134.47	134.77	135.07	135.37	135.67	135.97	136.27	134.07	135.07	135.57	134.47	134.77	135.083
	8	2.8	2	L. Mineral	30	13	147.57	146.17	146.87	146.77	147.07	147.37	147.67	147.97	147.57	146.17	146.87	146.77	147.07	147.37	147.67	147.130
Lavandería	9	9	2	L. Mineral	30	0.3	134.07	135.07	135.27	135.47	135.67	135.87	136.07	136.27	134.07	135.07	135.27	135.47	135.67	135.87	136.07	135.417
	10	6.4	2	L. Mineral	30	0.3	134.07	135.07	136.07	137.07	138.07	136.27	134.07	135.07	135.27	135.47	135.67	135.87	136.07	136.27	135.07	135.697
138.431																						

LÍNEA PARA COCINA (CAS. FUERZA- AZOTEA - SOTANA DE COCINA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuerza	1	1	2.5	L. Mineral	30	0.5	97.1	96.5	105.5	95.8	96.7	96.5	97	97.5	98	98.5	99.5	97.6	96.7	96.5	97	97.760
	2	0.5	2.5	L. Mineral	30	0.5	104.3	99.4	99.1	101.9	101	105.8	100.7	103.2	103.9	104.3	104.7	105.1	104.3	99.4	99.1	102.413
	3	1.4	2.5	L. Mineral	30	0.5	97.9	98.9	99.4	98.3	98.6	98.9	99.2	99.5	99.8	100.1	97.9	98.9	99.4	98.3	98.6	98.913
	4	2	2.5	L. Mineral	30	0.5	111.4	110	110.7	110.6	110.9	111.2	111.5	111.8	111.4	110	110.7	110.6	110.9	111.2	111.5	110.960
	5	0.8	2.5	L. Mineral	30	0.5	97.9	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9	100.1	97.9	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9	99.247
Azotea	6	2.6	2.5	L. Mineral	30	13	109.1	104.7	103.7	101.7	99.6	99.2	99.4	100.2	99.7	100.3	100.9	101.5	102.1	102.7	103.3	101.873
	7	2.5	2.5	L. Mineral	30	13	102.8	113.2	106.6	100.5	100.3	98.7	99.6	98	99.2	99.1	99.4	98.5	96.8	100	98.8	100.767
	8	3.5	2.5	L. Mineral	30	13	97.9	98.9	99.4	98.3	98.6	98.9	99.2	99.5	99.8	100.1	97.9	98.9	99.4	98.3	98.6	98.913
	9	0.85	2.5	L. Mineral	30	13	111.4	110	110.7	110.6	110.9	111.2	111.5	111.8	111.4	110	110.7	110.6	110.9	111.2	111.5	110.960
Sotano de cocina	10	1.85	2.5	L. Mineral	30	0.3	104.5	103	101	106.9	103.3	99.7	99.9	100.1	97.9	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9	100.847
	11	2.12	2.5	L. Mineral	30	0.3	100.2	97.2	99.7	97.3	98.1	97.2	98	98.6	96.8	96.1	97.7	97	97.8	99.5	99.7	98.060
	12	4.2	2.5	L. Mineral	30	0.3	99.9	99.5	97.6	97.1	96.5	105.5	95.8	96.7	96.5	97	98.6	98.5	99.7	97	96.7	98.173
	13	0.65	2.5	L. Mineral	30	0.3	99.4	99	97.5	97	96.7	99.7	99.9	100.1	97.9	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9	98.907
	14	0.23	2.5	L. Mineral	30	0.3	97.1	96.5	105.5	95.8	96.7	96.5	97	97.5	98	98.5	99.5	97.6	96.7	96.5	97	97.760
	15	1.4	2.5	L. Mineral	30	0.3	104.3	99.4	99.1	101.9	101	105.8	100.7	103.2	103.9	104.3	104.7	105.1	104.3	99.4	99.1	102.413
	16	2.2	2.5	L. Mineral	30	0.3	97.9	98.9	99.4	98.3	98.6	98.9	99.2	99.5	99.8	100.1	97.9	98.9	99.4	98.3	98.6	98.913
	17	0.5	2.5	L. Mineral	30	0.3	111.4	110	110.7	110.6	110.9	111.2	111.5	111.8	111.4	110	110.7	110.6	110.9	111.2	111.5	110.960
	18	0.5	2.5	L. Mineral	30	0.3	97.9	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9	100.1	97.9	98.9	99.1	99.3	99.5	99.7	99.9	99.247
101.505																						

LÍNEA DE ESTERILIZACIÓN (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DE CENTRAL)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.	
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15		
4° Piso	1	0.34	2.5	L. Mineral	30	0	120.12	121.3	121.2	122.9	121.1	120	121.8	121.8	119.6	120.6	121.1	120	120.3	124.7	121.5	121.20133	
	2	3.2	2.5	L. Mineral	30	0	128.4	133.9	130.8	132.9	133.3	134.1	132.5	128.7	129.5	137.7	131.2	133.9	130.8	132.9	135	132.37333	
Azotea	3	0.67	2.5	L. Mineral	30	6.4	129	125.2	126	128.7	129.3	128.6	129.4	124.5	121.9	121.9	129.3	128.6	129.4	124.5	121.9	126.54667	
	4	0.4	2.5	L. Mineral	30	2.8	121.3	120.6	119.5	121.3	121.2	122.9	121.1	120	121.8	120.3	120.5	125	124.6	123.2	121.5	121.65333	
	5	1	2.5	L. Mineral	30	13	128.4	125	124.6	123.2	119.5	121.3	121.2	122.9	121.1	120	118.433	116.983	115.533	123.2	119.5	121.39	
	6	3.62	2.5	L. Mineral	30	13	121.8	121.5	121.2	121.5	121.8	119.6	121	121.2	121.4	122.2	122.76	123.32	123.88	121.2	121.5	121.724	
	7	2.45	2.5	L. Mineral	30	13	126.8	124.7	121.5	118.3	115.1	111.9	121.3	121.2	122.9	121.1	120	120.8	121	121.2	121.4	120.61333	
	8	0.67	2.5	L. Mineral	30	13	119.6	120.6	121.1	120	120.3	120.6	120.9	121.2	121.5	121.8	119.6	120.6	120.6	121.1	120	120.3	120.61333
	9	2.65	2.5	L. Mineral	30	13	133.1	131.7	132.4	132.3	132.6	132.9	133.2	133.5	133.1	131.7	132.4	132.3	132.6	132.9	133.2	132.66	
	10	0.56	2.5	L. Mineral	30	13	119.6	120.6	120.8	121	121.2	121.4	121.6	121.8	119.6	120.6	120.8	121	121.2	121.4	121.6	120.94667	
	11	1	2.5	L. Mineral	30	13	120.8	121	121.2	121.4	119.5	121.3	121.2	122.9	121.1	120	118.433	116.983	121.1	120	120.3	120.48111	
	12	1.8	2.5	L. Mineral	30	13	121.3	120.6	119.5	121.3	121.2	122.9	121.1	120	121.8	120.3	120.5	125	124.6	123.2	121.5	121.65333	
	13	1	2.5	L. Mineral	30	13	128.4	125	124.6	123.2	119.5	121.3	121.2	122.9	121.1	120	118.433	116.983	115.533	123.2	119.5	121.39	
	14	0.9	2.5	L. Mineral	30	13	121.8	121.5	121.2	121.5	121.8	119.6	121	121.2	121.4	122.2	122.76	123.32	123.88	121.2	121.5	121.724	
	15	0.8	2.5	L. Mineral	30	13	119.6	120.6	121.1	120	120.3	120.6	120.9	121.2	121.5	121.8	119.6	120.6	120.6	121.1	120	120.3	120.61333
	123.0389																						

Fuente: Elaboración propia

TUBERIA PRINCIPAL DE CONDENSADO AISLADO

CONDENSADO DELAVANDERÍA (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DELAVANDERÍA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} (m)	Ø _{TUB.} (in)	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VEH.} (KM/H)	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuera	1	12	1.25	L. Mineral	30	0.5	38.2	36.1	35.6	35.3	34.6	35.8	34.2	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	33	36.1	36.193
	2	10	1.25	L. Mineral	30	0.5	33.5	32.3	32	32	32.3	32.6	32.9	33.5	32.3	33	32	32.3	32.6	32.9	33.5	32.647
	3	11	1.25	L. Mineral	30	0.5	42.8	38.4	37.4	35.4	33.3	32.9	33.1	33.9	33.4	34	34.6	35.2	35.8	36.4	37	35.573
Azotea	4	5	1.25	L. Mineral	30	13	36.5	46.9	40.3	34.2	34	32.4	33.3	31.7	32.9	32.8	33.1	32.2	30.5	33.7	32.5	34.467
	5	7	1.25	L. Mineral	30	13	35.1	33.4	43.9	46.7	43.2	40.8	37.6	42.9	35.1	33.4	43.9	46.7	43.2	40.8	37.6	40.287
	6	8.34	1.25	L. Mineral	30	13	38	33.1	32.8	35.6	34.7	39.5	34.4	36.9	37.6	38	38.4	38.8	38	33.1	32.8	36.113
Lavandería	7	22	1.25	L. Mineral	30	0.3	33	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.040
	8	21	1.25	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	33.6	34.6	35.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	33.8	32.6	33.227
																					36.830	

CONDENSADO DE COCINA (CAS. FUERZA- AZOTEA - SOTANA DE COCINA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} (m)	Ø _{TUB.} (in)	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VEH.} (KM/H)	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuera	1	11	1	L. Mineral	30	0.5	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.900
	2	10	1	L. Mineral	30	0.5	33.6	33.2	31.3	30.8	30.2	39.2	29.5	30.4	30.2	30.7	32.3	32.2	33.4	30.7	30.4	31.873
	3	15.3	1	L. Mineral	30	0.5	33.1	32.7	31.2	30.7	30.4	33.4	33.6	33.8	31.6	32.6	32.8	33	33.2	33.4	33.6	32.607
	4	11	1	L. Mineral	30	0.5	30.8	30.2	39.2	29.5	30.4	30.2	30.7	31.2	31.7	32.2	33.2	31.3	30.4	30.2	30.7	31.460
	5	10	1	L. Mineral	30	0.5	38	33.1	32.8	35.6	34.7	39.5	34.4	36.9	37.6	38	38.4	38.8	38	33.1	32.8	36.113
Azotea	6	9	1	L. Mineral	30	13	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
	7	5	1	L. Mineral	30	13	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.100
	8	7	1	L. Mineral	30	13	25.1	24.7	23.2	22.7	22.4	25.4	25.6	25.8	23.6	24.6	24.8	25	25.2	25.4	25.6	24.607
	9	8.45	1	L. Mineral	30	13	22.8	22.2	31.2	21.5	22.4	22.2	22.7	23.2	23.7	24.2	25.2	23.3	22.4	22.2	22.7	23.460
	10	9.23	1	L. Mineral	30	0.3	42.8	38.4	37.4	35.4	33.3	32.9	33.1	33.9	33.4	34	34.6	35.2	35.8	36.4	37	35.573
	11	20	1	L. Mineral	30	0.3	36.5	46.9	40.3	34.2	34	32.4	33.3	31.7	32.9	32.8	33.1	32.2	30.5	33.7	32.5	34.467
Sotano de cocina	12	22	1	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
	13	18	1	L. Mineral	30	0.3	25.1	23.7	24.4	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.1	23.7	24.4	24.3	24.6	24.9	25.2	24.660
	14	25	1	L. Mineral	30	0.3	30	33.1	32.8	35.6	34.7	39.5	34.4	36.9	37.6	38	38.4	38.8	38	33.1	32.8	35.580
	15	14.1	1	L. Mineral	30	0.3	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	31.6	32.6	33.1	32	32.3	32.613
																					28.560	

CONDENSADO DE ESTERILIZACIÓN (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DE CENTRAL)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} (m)	Ø _{TUB.} (in)	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VEH.} (KM/H)	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
4° Piso	1	1.95	1.5	L. Mineral	30	0	32	28.2	29	31.7	32.3	31.6	32.4	27.5	24.9	24.9	32.3	31.6	32.4	27.5	24.9	29.547
	2	3.2	1.5	L. Mineral	30	0	24.3	23.6	22.5	24.3	24.2	25.9	24.1	23	24.8	23.3	23.5	28	27.6	26.2	24.5	24.653
	3	7.24	1.5	L. Mineral	30	6.4	31.4	28	27.6	26.2	22.5	24.3	24.2	25.9	24.1	23	21.4	20.0	18.5	26.2	22.5	24.390
	4	12	1.5	L. Mineral	30	2.8	24.8	24.5	24.2	24.5	24.8	22.6	24	24.2	24.4	25.2	25.8	26.3	26.9	24.2	24.5	24.724
	5	1	1.5	L. Mineral	30	13	29.8	27.7	24.5	21.3	18.1	14.9	24.3	24.2	25.9	24.1	23.0	23.8	24.0	24.2	24.4	23.613
	6	3.62	1.5	L. Mineral	30	13	22.6	23.6	24.1	23	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	22.6	23.6	24.1	23	23.3	23.613
Azotea	7	17.5	1.5	L. Mineral	30	13	36.1	34.7	35.4	35.3	35.6	35.9	36.2	36.5	36.1	34.7	35.4	35.3	35.6	35.9	36.2	35.660
	8	0.67	1.5	L. Mineral	30	13	22.6	23.6	23.8	24	24.2	24.4	24.6	24.8	22.6	23.6	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6	23.947
	9	2.65	1.5	L. Mineral	30	13	23.8	24	24.2	24.4	22.5	24.3	24.2	25.9	24.1	23	21.4	20.0	24.1	23	23.3	23.481
	10	15.4	1.5	L. Mineral	30	13	24.3	23.6	22.5	24.3	24.2	25.9	24.1	23	24.8	23.3	23.5	28.0	27.6	26.2	24.5	24.653
	11	1	1.5	L. Mineral	30	13	31.4	28	27.6	26.2	22.5	24.3	24.2	25.9	24.1	23	21.4	20.0	18.5	26.2	22.5	24.390
	12	11	1.5	L. Mineral	30	13	24.8	24.5	24.2	24.5	24.8	22.6	24	24.2	24.4	25.2	25.76	26.32	26.88	24.2	24.5	24.724
	13	4	1.5	L. Mineral	30	13	22.6	23.6	24.1	23	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	22.6	23.6	24.1	23	23.3	23.613
	14	74	1.5	L. Mineral	30	13	36	32.2	33	35.7	36.3	35.6	36.4	31.5	28.9	28.9	36.3	35.6	36.4	31.5	28.9	33.547
	15	2.95	1.5	L. Mineral	30	13	28.3	27.6	26.5	28.3	28.2	29.9	28.1	27	28.8	27.3	27.5	32	31.6	30.2	28.5	28.653
																					29.96	

Fuente: Elaboración propia

TUBERIA PRINCIPAL DE CONDENSADO SIN AISLAR

CONDENSADO DELAVANDERÍA (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DELAVANDERIA)

17

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuerza	1	0.3	1.25	L. Mineral	30	0.5	138.47	121.57	121.07	120.77	120.07	121.27	119.67	118.97	119.17	119.37	119.57	119.77	119.97	138.47	121.57	122.650
	2	1.3	1.25	L. Mineral	30	0.5	118.97	117.77	117.17	117.47	117.77	118.07	118.37	118.97	117.77	117.17	117.47	117.77	118.07	118.37	118.97	118.010
	3	11	1.25	L. Mineral	30	0.5	128.27	123.87	122.87	120.87	118.77	118.37	118.57	119.37	118.87	119.47	120.07	120.67	121.27	121.87	122.47	121.043
Azotea	4	5	1.25	L. Mineral	30	13	121.97	132.37	125.77	119.67	119.47	117.87	118.77	117.17	118.37	118.27	118.57	117.67	115.97	119.17	117.97	119.937
	5	7	1.25	L. Mineral	30	13	120.57	118.87	129.37	132.17	128.67	126.27	123.07	128.37	120.57	118.87	129.37	132.17	128.67	126.27	123.07	125.757
	6	8.34	1.25	L. Mineral	30	13	123.47	118.57	118.27	121.07	120.17	124.97	119.87	122.37	123.07	123.47	123.87	124.27	123.47	118.57	118.27	121.583
Lavandería	7	22	1.25	L. Mineral	30	0.3	117.07	118.07	118.57	117.47	117.77	118.07	118.37	118.67	118.97	119.27	117.07	118.07	118.57	117.47	117.77	118.083
	8	21	1.25	L. Mineral	30	0.3	130.57	129.17	129.87	129.77	130.07	130.37	130.67	130.97	130.57	129.17	129.87	129.77	130.07	130.37	130.67	130.130
																						112.669

CONDENSADO DE COCINA (CAS. FUERZA- AZOTEA - SOTANA DE COCINA)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
Casa Fuerza	1	11	1	L. Mineral	30	0.5	67.1	66.5	75.5	65.8	66.7	66.5	67	67.5	68	68.5	69.5	67.6	66.7	66.5	67	67.760
	2	10	1	L. Mineral	30	0.5	74.3	69.4	69.1	71.9	71	75.8	70.7	73.2	73.9	74.3	74.7	75.1	74.3	69.4	69.1	72.413
	3	15.3	1	L. Mineral	30	0.5	67.9	68.9	69.4	68.3	68.6	68.9	69.2	69.5	69.8	70.1	67.9	68.9	69.4	68.3	68.6	68.913
	4	11	1	L. Mineral	30	0.5	81.4	80	80.7	80.6	80.9	81.2	81.5	81.8	81.4	80	80.7	80.6	80.9	81.2	81.5	80.960
	5	10	1	L. Mineral	30	0.5	67.9	68.9	69.1	69.3	69.5	69.7	69.9	70.1	67.9	68.9	69.1	69.3	69.5	69.7	69.9	69.247
Azotea	6	9	1	L. Mineral	30	13	79.1	74.7	73.7	71.7	69.6	69.2	69.4	70.2	69.7	70.3	70.9	71.5	72.1	72.7	73.3	71.873
	7	5	1	L. Mineral	30	13	72.8	83.2	76.6	70.5	70.3	68.7	69.6	68	69.2	69.1	69.4	68.5	66.8	70	68.8	70.767
	8	7	1	L. Mineral	30	13	67.9	68.9	69.4	68.3	68.6	68.9	69.2	69.5	69.8	70.1	67.9	68.9	69.4	68.3	68.6	68.913
	9	8.45	1	L. Mineral	30	13	81.4	80	80.7	80.6	80.9	81.2	81.5	81.8	81.4	80	80.7	80.6	80.9	81.2	81.5	80.960
	10	9.23	1	L. Mineral	30	0.3	74.5	73	71	76.9	73.3	69.7	69.9	70.1	67.9	68.9	69.1	69.3	69.5	69.7	69.9	70.847
	11	20	1	L. Mineral	30	0.3	70.2	67.2	69.7	67.3	68.1	67.2	68	68.6	66.8	66.1	67.7	67	67.8	69.5	69.7	68.060
Sotano de cocina	12	22	1	L. Mineral	30	0.3	69.9	69.5	67.6	67.1	66.5	75.5	65.8	66.7	66.5	67	68.6	68.5	69.7	67	66.7	68.173
	13	18	1	L. Mineral	30	0.3	69.4	69	67.5	67	66.7	69.7	69.9	70.1	67.9	68.9	69.1	69.3	69.5	69.7	69.9	68.907
	14	25	1	L. Mineral	30	0.3	67.1	66.5	75.5	65.8	66.7	66.5	67	67.5	68	68.5	69.5	67.6	66.7	66.5	67	67.760
	15	14.1	1	L. Mineral	30	0.3	74.3	69.4	69.1	71.9	71	75.8	70.7	73.2	73.9	74.3	74.7	75.1	74.3	69.4	69.1	72.413
																						71.198

CONDENSADO DE ESTERILIZACIÓN (CAS. FUERZA- AZOTEA - CUA. DE CENTRAL)

LUGAR	TRAMO	L _{TOTAL} [m]	Ø _{TUB.} [in]	AISLANTE	T _{AMB.} [°C]	V _{VE.} [KMH]	TEMPERATURA SUPERFICIAL															Prom.
							1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9	10	11	12	13	14	15	
4° Piso	1	1.95	1.5	L. Mineral	30	0	93.92	95.1	95	96.7	94.9	93.8	95.6	95.6	93.4	94.4	94.9	93.8	94.1	98.5	95.3	95.001
	2	3.2	1.5	L. Mineral	30	0	102.2	107.7	104.6	106.7	107.1	107.9	106.3	102.5	103.3	111.5	105	107.7	104.6	106.7	108.8	106.173
	3	7.24	1.5	L. Mineral	30	6.4	102.8	99	99.8	102.5	103.1	102.4	103.2	98.3	95.7	95.7	103.1	102.4	103.2	98.3	95.7	100.347
	4	12	1.5	L. Mineral	30	2.8	95.1	94.4	93.3	95.1	95	96.7	94.9	93.8	95.6	94.1	94.3	98.8	98.4	97	95.3	95.453
	5	1	1.5	L. Mineral	30	13	102.2	98.8	98.4	97	93.3	95.1	95	96.7	94.9	93.8	92.2333	90.7833	89.3333	97	93.3	95.190
	6	3.62	1.5	L. Mineral	30	13	95.6	95.3	95	95.3	95.6	93.4	94.8	95	95.2	96	96.56	97.12	97.68	95	95.3	95.524
Azotea	7	17.5	1.5	L. Mineral	30	13	100.6	98.5	95.3	92.1	88.9	85.7	95.1	95	96.7	94.9	93.8	94.6	94.8	95	95.2	94.413
	8	0.67	1.5	L. Mineral	30	13	93.4	94.4	94.9	93.8	94.1	94.4	94.7	95	95.3	95.6	93.4	94.4	94.9	93.8	94.1	94.413
	9	2.65	1.5	L. Mineral	30	13	106.9	105.5	106.2	106.1	106.4	106.7	107	107.3	106.9	105.5	106.2	106.1	106.4	106.7	107	106.460
	10	15.4	1.5	L. Mineral	30	13	93.4	94.4	94.6	94.8	95	95.2	95.4	95.6	93.4	94.4	94.6	94.8	95	95.2	95.4	94.747
	11	1	1.5	L. Mineral	30	13	94.6	94.8	95	95.2	93.3	95.1	95	96.7	94.9	93.8	92.2333	90.7833	94.9	93.8	94.1	94.281
	12	11	1.5	L. Mineral	30	13	95.1	94.4	93.3	95.1	95	96.7	94.9	93.8	95.6	94.1	94.3	98.8	98.4	97	95.3	95.453
	13	4	1.5	L. Mineral	30	13	102.2	98.8	98.4	97	93.3	95.1	95	96.7	94.9	93.8	92.2333	90.7833	89.3333	97	93.3	95.190
	14	74	1.5	L. Mineral	30	13	95.6	95.3	95	95.3	95.6	93.4	94.8	95	95.2	96	96.56	97.12	97.68	95	95.3	95.524
	15	2.95	1.5	L. Mineral	30	13	93.4	94.4	94.9	93.8	94.1	94.4	94.7	95	95.3	95.6	93.4	94.4	94.9	93.8	94.1	85.835
																						96.267

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Cálculo Termodinámico de la pérdidas de calor en las redes

Los cálculos de transferencia de calor aquí presentados fueron usados para elaborar los Cuadro N° 3, N°4, N°6 y N° 7.

- **Red de vapor - tuberías sin aislar (CuadroN°3)**

Área de Cocina

Usando las ecuaciones (14) y (15) se obtiene lo siguiente:

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

$$U = \frac{1}{\frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{r_2} \left(\frac{1}{h_{rad} + h_{conv}}\right)}$$

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
pulg.	pulg.	m.m.	n°	m.m.	Kg/m	lb/pulg.2	Kg/cm2
2 1/2	2,875	73,0	40	5,16	8,63	2500	175,0
			80	7,01	11,41	2500	175,0

$$r_1 = \left(\frac{73}{2}\right) - 5.16 = 31.34 \text{ mm} = 31.34 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 73 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 170^\circ\text{C}, T_\infty = 30^\circ\text{C}, U = 32.08 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$\dot{q} = 32.08 \times 2\pi \times 31.34 \times 10^{-3} \times 1 \times (170 - 30)$$

$$Q_{COCINA} = 558.8 \text{ [W/m]}$$

Área de Lavandería

En esta área la tubería es de 2'' y cedula 40 pero los demás parámetros se mantienen igual.

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
	pula.	m.m.				n°	m.m.
2	2,375	60,3	40	3,91	5,44	2500	175,0
			80	5,54	7,48	2500	175,0
			160	8,74	11,11	2500	175,0

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

$$r_1 = \left(\frac{60.3}{2}\right) - 3.91 = 26.24 \text{ mm} = 26.24 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 60.3 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 170^\circ\text{C}, T_\infty = 30^\circ\text{C}, U = 35.12 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$\dot{q} = 35.12 \times 2\pi \times 26.24 \times 10^{-3} \times 1 \times (170 - 30)$$

$$Q_{LAVANDERÍA} = 760.2 \text{ [W/m]}$$

De manera análoga se calcula la pérdida de calor para el área de esterilización.

$$Q_{ESTERILIZACIÓN} = 705.99 \text{ [W/m]}$$

- **Red de vapor - tuberías aisladas (Cuadro N°4)**

Área de cocina

Para este cálculo se hace uso de las ecuaciones (16) y (17).

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{2\pi r_1 L h_{c,i}} + \frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{K_B} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{r_1}{K_C} \ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + \frac{r_1}{r_4} \left(\frac{1}{h_{rad}} + h_{conv} \right) \right)}$$

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

$$r_1 = 31.34 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 73 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 36.83^\circ\text{C}, T_\infty = 25.6^\circ\text{C}, U = 1.663 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$\dot{q} = 1.66 \times 2\pi \times 31.34 \times 10^{-3} \times 1 \times (36.83 - 25.6)$$

$$\dot{Q}_{\text{COCINA}} = 29.26 \text{ [W/m]}$$

De manera similar se desarrolla para las áreas de lavandería y esterilización

$$\dot{Q}_{\text{LAVANDERÍA}} = 37.88 \text{ [W/m]}$$

$$\dot{Q}_{\text{ESTERILIZACIÓN}} = 35.38 \text{ [W/m]}$$

- **Red del condensado - tuberías sin aislar (Cuadro N°6)**

Área de Cocina

Usando las ecuaciones (14) y (15) se obtiene lo siguiente:

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

$$U = \frac{1}{\frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{r_2} \left(\frac{1}{h_{rad} + h_{conv}}\right)}$$

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
	pula.	m.m.				n°	m.m.
1	1,315	33,4	40	3,38	2,50	700	49,2
			80	4,55	3,24	850	60,0

$$r_1 = \left(\frac{33.4}{2}\right) - 3.38 = 13.32 \text{ mm} = 13.32 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 33.4 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 112^\circ\text{C}, T_\infty = 30^\circ\text{C}, U = 41.61 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$\dot{q} = 41.61 \times 2\pi \times 13.32 \times 10^{-3} \times 1 \times (112 - 30)$$

$$Q_{COCINA} = 215.91 \text{ [W/m]}$$

De manera similar se desarrolla para el área de esterilización

$$Q_{ESTERILIZACIÓN} = 365.51 \text{ [W/m]}$$

- Red de condensado - tuberías aisladas (Cuadro N°7)

Área de cocina

Para este cálculo se hace uso de las ecuaciones (16) y (17).

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{2\pi r_1 L h_{c,i}} + \frac{r_1}{K_A} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{K_B} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{r_1}{K_C} \ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + \frac{r_1}{r_4} \left(\frac{1}{h_{rad} + h_{conv}} \right) \right)}$$

$$\dot{q} = U \times 2\pi \times r_1 \times L \times (T_i - T_\infty)$$

$$r_1 = 13.32 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_2 = 33.4 \text{ mm}, K_A = 58 \text{ W/m}^\circ\text{K}, T_i = 112^\circ\text{C}, T_\infty = 30^\circ\text{C}, U = 1.93 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$\dot{q} = 1.93 \times 2\pi \times 13.32 \times 10^{-3} \times 1 \times (36.83 - 25.6)$$

$$Q_{COCINA} = 29.26 \text{ [W/m]}$$

De manera similar se desarrolla para el área de esterilización

$$Q_{ESTERILIZACIÓN} = 25.63 \text{ [W/m]}$$

Anexo 6: Análisis de Cálculo para el Espesor Óptimo

Se muestra las ecuaciones matemáticas presentadas en el cuadro N° 14.

Espesor 3 cm

De recabar ya información anterior se sabe que:

$$(2) = \text{Perdidas de energía} = 33.66 \text{ [W/m]}$$

$$(3) \dots (2) \times E \times Z = 33.66 \times 3600 \times 2.137 \times 10^{-4} = 31.08 \text{ [S/ /m}^2 \text{ año]}$$

- Z : Horas de operación (Z = 3600 hr)
- E: Coste de la energía (E = 2.137x 10⁻⁴ S/Wh)

$$(4) \dots (3) \times \text{Coef VAN}$$

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$t = \frac{1 + 0.01 \times b}{1 + 0.01 \times r} = \frac{1 + 0.01 \times 0.04}{1 + 0.01 \times 0.08} = 0.99$$

$$r = i - c = 0.12 - 0.04 = 0.08$$

$$(4) = 31.08 \times 18.02 = 428.16 \text{ [S/m]}$$

Para el ejemplo de $e = 3$ cm se tiene que $A = 130.63$ S / m. Se obtuvo de saber:

$$A = 558.79 - 428.16 = 130.63 \text{ S//m}$$

(5) ... $A_{(e=3 \text{ cm})} = 130.63 \text{ S//m}$

La columna (6) es el Incremento de Inversiones. Lo cual se obtuvo de:

$$I_{(e=7 \text{ cm})} = 40.52 - 34.52 = 6 \text{ (S//m)}$$

(6) ... $I_{(e=3 \text{ cm})} = 6 \text{ (S//m)}$

e (cm)	Precio de Mercado (S//m)	Incremento de Inversión (S// m)
2	28.528	
3	34.528	6
4	40.528	6.1
5	46.628	5.6
6	52.228	6.5
7	58.728	21.3
8	80.028	24.5

La columna (7) es la diferencia de las columnas (5) y (6). Para el ejemplo que se está desarrollando se tiene:

$$(7) \dots A - I = 124.7 \text{ S//m}$$

(7) $A - I = 130.63 - 6 = 124.7 \text{ S//m}$

Espesor 4 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 28.18 [W/m]
- (3) = (2) $\times E \times Z$ = 28.18 $\times 3600 \times 2.137 \times 10^{-4}$ = 26.02 [S/ /m² año]

- (4)(3) \times Coef VAN

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 26.02 \times 18.02 = 358.45 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 428.16 – 358.45 = 69.71 S//m

$$(5) \dots A_{(e=4 \text{ cm})} = 69.71 \text{ S//m}$$

- [6] = $I_{(e=2 \text{ cm})}$ = 46.62 – 40.52 = 6.1 (S//m)

$$(6) \dots I_{(e=4 \text{ cm})} = 6.1 \text{ (S//m)}$$

- (7) $A - I$ = 69.71 – 6.1 = 63.7 S//m

Espesor 5 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 24.73 [W/m]
- (3) = (2) $\times E \times Z$ = 24.73 \times 3600 \times 2.137 $\times 10^{-4}$ = 22.83 [S/ /m² año]

- (4)(3) \times *Coef VAN*

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 22.83 \times 18.02 = 314.58 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 358.45 – 314.58 = 43.86 S//m
- [6] = $I_{(e=5 \text{ cm})} = 52.22 - 46.62 = 5.6 \text{ (S//m)}$
- (7) $A - I = 43.86 - 5.6 = 38.3 \text{ S//m}$

Espesor 6 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 22.39 [W/m]
- (3) = (2) $\times E \times Z$ = 22.39 $\times 3600 \times 2.137 \times 10^{-4}$ = 20.68 [S/ /m² año]

- (4)(3) \times Coef VAN

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 20.68 \times 18.02 = 284.85 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 314.58 - 284.85 = 29.73 S//m
- [6] = $I_{(e=6 \text{ cm})} = 58.72 - 52.22 = 6.5 \text{ (S//m)}$
- (7) $A - I = 29.73 - 6.5 = 23.3 \text{ S//m}$

Espesor 8 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 19.24 [W/m]
- (3) = (2) $\times E \times Z$ = 19.24 \times 3600 \times 2.137 $\times 10^{-4}$ = 17.77 [S/ /m² año]

- (4)(3) \times Coef VAN

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 17.77 \times 18.02 = 244.76 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 262.24 - 244.76 = 17.48 S//m
- [6] = $I_{(e=6 \text{ cm})} = 24.5 \text{ (S//m)}$
- (7) $A - I = 17.48 - 24.5 = -7 \text{ S//m}$

Espesor 9 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 18.14 [W/m]
- (3) = (2) $\times E \times Z$ = 18.14 $\times 3600 \times 2.137 \times 10^{-4}$ = 16.75 [S/ /m² año]

- (4)(3) \times *Coef VAN*

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 16.75 \times 18.02 = 230.78 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 244.76 - 230.78 = 13.98 S//m
- [6] = $I_{(e=6 \text{ cm})} = 29.4 \text{ (S//m)}$
- (7) $A - I = 13.98 - 29.4 = -15.4 \text{ S//m}$

Se muestra la continuación de los demás espesores de aislante del cuadro N° 16.

Espesor 4 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 38.45 [W/m]
- (3) = (2) × E × Z = 38.45 × 3600 × 2.137 × 10⁻⁴ = 35.49 [S/ /m² año]
- (4)(3) × *Coef VAN*

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 35.49 \times 18.02 = 489.01 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 589.47 - 489.01 = 100.46 S//m
- [6] = $I_{(e=4 \text{ cm})} = 46.92 - 40.52 = 6.4 \text{ (S//m)}$
- (7) A - I = 100.46 - 6.4 = 94.07 S//m

Espesor 6 cm

- (2) = *Perdidas de energía* = 30.15 [W/m]
- (3) = (2) $\times E \times Z$ = 30.15 \times 3600 \times 2.137 $\times 10^{-4}$ = 27.83 [S/ /m² año]

- (4)(3) \times *Coef VAN*

$$\text{Coef. VAN} = \frac{t \times (t^n - 1)}{t - 1} = \frac{0.99 \times (0.99^{20} - 1)}{0.99 - 1} = 18.02$$

$$(4) = 27.83 \times 18.02 = 383.47 \text{ [S/m]}$$

- [5] = 427.32 - 383.47 = 43.85 S//m
- [6] = $I_{(e=6 \text{ cm})} = 52.22 - 44.77 = 7.45 \text{ (S//m)}$
- (7) $A - I = 43.85 - 7.45 = 36.4 \text{ S//m}$

Anexo 7: Voucher del análisis de las calderas Piro tubulares.

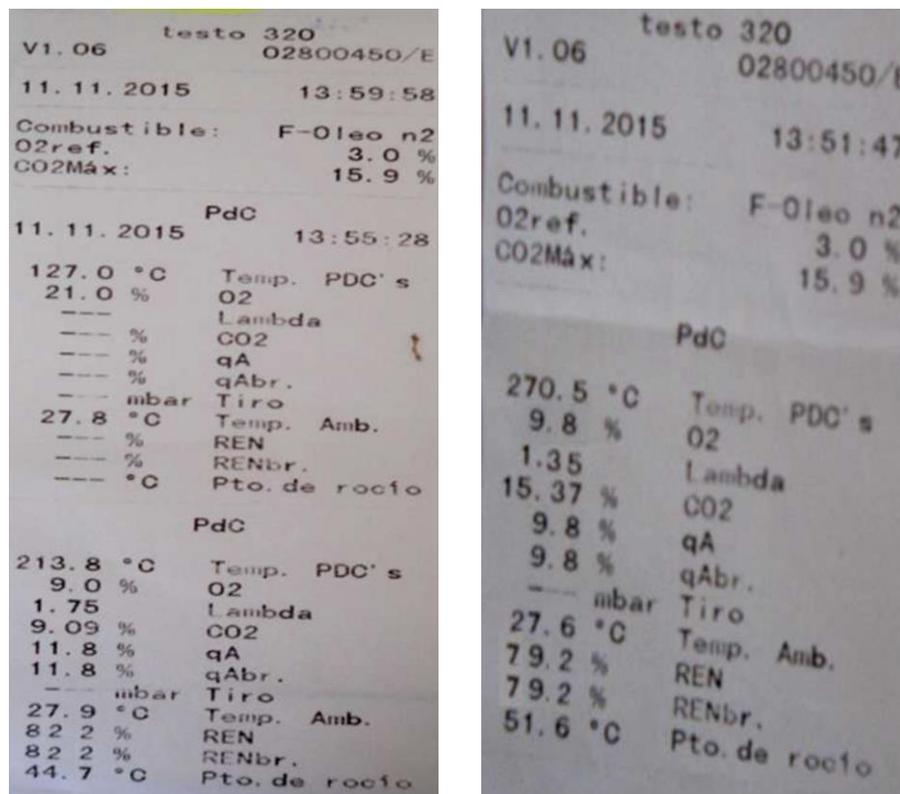


Figura N° 14: Resultados del analizador de gases de combustión Isz. Voucher de la caldera de 70 BHP. Der. Voucher de la caldera de 50 BHP.

Fuente: Área de mantenimiento del Hospital Regional

Anexo 8: Cálculos Termodinámicos para el sistema de recuperación de calor de las purgas

FLUJO DE PURGADO	Ppur.	h_{f1}	$m_{pur.}$
	[bar]	[KJ/kg]	[kg/hr]
	7.9	720.86	878

TANQUE FLASH	Pcon. = P vap.	h_{f2}	h_{g2}	A	$m_{vap.}$	m_{DIESEL}	m_{DIESEL}	m_{DIESEL}	Ahorro
	[bar]	[KJ/kg]	[KJ/kg]						
	1.63	467.13	2693.1	0.1140	100.079938	6.663	1.813	6,526.67	S/ 67,224.75

INTERC. DE PLACAS	ENTRADA COND.	$m_{con.}$	PRESIÓN	h_{f2}	T	QTRANSF.	QTRANSF.	m_{DIESEL}	m_{DIESEL}	Ahorro
		[kg/hr]	[bar]	[kg/hr]	[°C]	[KJ/hr]	[KW]	[kg/hr]	[Galon/año]	
			777.920	1.63	476.89	113.6	273,174.41	75.882	8.169	8,002.76
	SALIDA COND.		PRESIÓN	h_{f3}	T					
			[bar]	[kg/hr]	[°C]					
			0.0424	125.73	30					

$$A = \frac{(h_{f1} - h_{f2})}{(h_{g2} - h_{f2})}$$

$$m_{vap.} = A * m_{pur.}$$

$$m_{DIESEL2} = \frac{m_{vap} \times (h_{g2} - h_{f2})}{\eta \times PCI_{DIESEL2}}$$

$$Q = \dot{m} \times (h_{f2} - h_{f3})$$

$n_{caldera}$	84.09%
PCI DIESEL	39 765 KJ/kg

Horas Serv./ día	10	PREC. GALÓN	S/ 10.30
horas Serv./ año	3600		

DETERMINANDO LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA BLANDA

$$T_{SAL. AGUA BLANDA} = T_{SAL. AGUA COND.} + \frac{m_{COND.} \times Cp_{COND.} \times (T_{ING. COND.} - T_{SAL. COND.})}{m_{AGUA BLANDA} \times Cp_{AGUA BLANDA}}$$

$m_{con.}$ [kg/hr]	$Cp_{COND.}$ [KJ/kg °C]	$T_{ING.}$ [°C]	T_{SAL} [°C]
777.92006	4.18	113.3	30

$M_{AGUA BLAN.}$ [kg/hr]	$Cp_{AGUA BLAN}$ [KJ/kg °C]	$T_{ING.}$ [°C]
10,000.00	4.179	25

$T_{SAL. AGUA BLANDA}$ [°C]
52.0980341

DETERMINANDO LA TEMPERATURA MEDIA LOGARITMICA

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]
61.202	5

$\Delta T_{MEDIA LOG.}$ [°C]
22.438

DETERMINAR EL NÚMERO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA "NUT"

$$NUT = \frac{T_1 - T_2}{\Delta T_{ml}}$$

$$NUT_{COND.} = 3.712$$

$$NUT_{AGUA BLAND.} = 1.208$$

$$NUT_{TOTAL} = 4.920$$

DETERMINAR EL ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR A₀

$$q = U A \Delta T_{ml}$$

U _{AGUA} [W/m ² ° C]	3190
QTRANSF. [KW]	75.882
LOG. [°C]	22.438

ÁREA [m ²]	1.060128
---------------------------	----------

DETERMINAR EL NÚMERO DE PLACAS TÉRMICAS SUPUESTO

$$N_{ps} = \frac{A_0}{A_p}$$

A _{LAT.}	0.1062
PLA.FABR.	
ÁREA [m ²]	1.06012778

$$N^{\circ}_{PLA} = 9.982370806 = 10$$

EL NÚMERO TOTAL DE CANALES “ Nc” Y CANALES PARALELOS POR PASO “ np”

$$N^{\circ} \text{ can.} = 11$$

$$n_p = \frac{V}{v}$$

El número total de canales paralelos por paso

MAGUA BLAN. [m ³ /hr]	v [kg/hr]
10	3

2.2–3.5 Rango de diseño para Intercambiadores de calor

$$n_p = 3.333 \text{ canales/ paso}$$

DETERMINAR EL NÚMERO DE PASOS DE UN INTERCAMBIADOR DE PLACAS "N"

$$n = \frac{N_c}{2n_p}$$

$$n = .65 \approx 2$$

DETERMINAR EL NÚMERO DE PLACAS TÉRMICAS REQUERIDAS "N_{pr}"

$$N_{pr} = (n * (n_p - 1) + n * n_p) - 1$$

$$N_{pr} 10.33333333 = 10.33$$

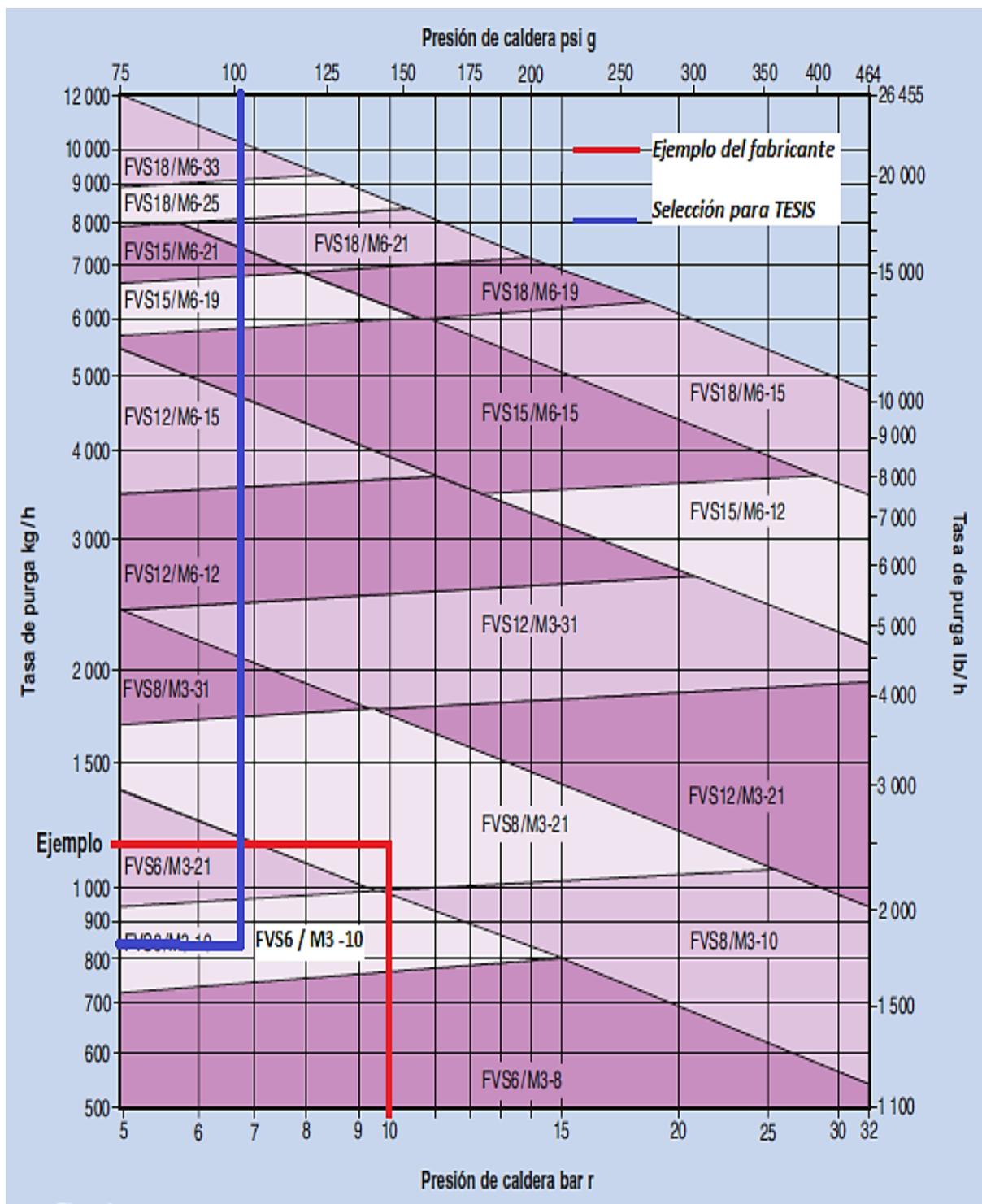


Figura N° 15: Grafico usado para la selección del tanque de vapor flash e intercambiador de placas.

Fuente: Spirax Sarco (2007)

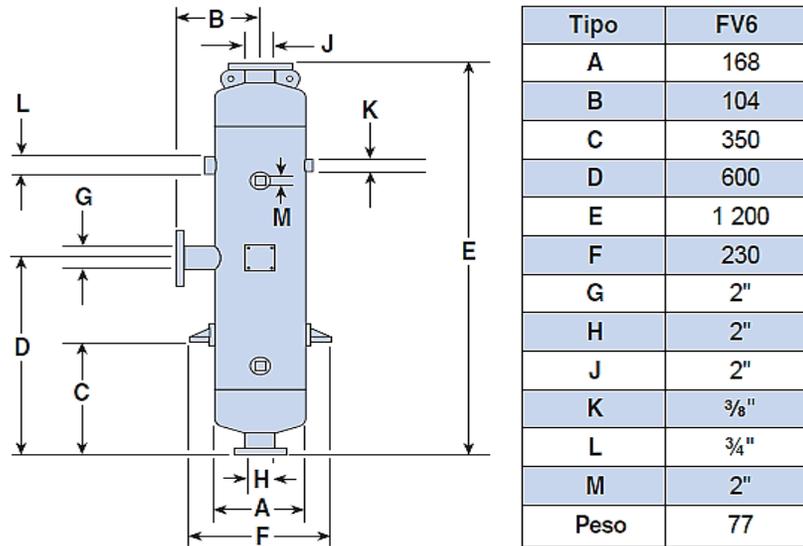


Figura N° 16: Tanque de revaporización Spirax Sarco, modelo FV6. Rescatado de Spirax Sarco (2007)

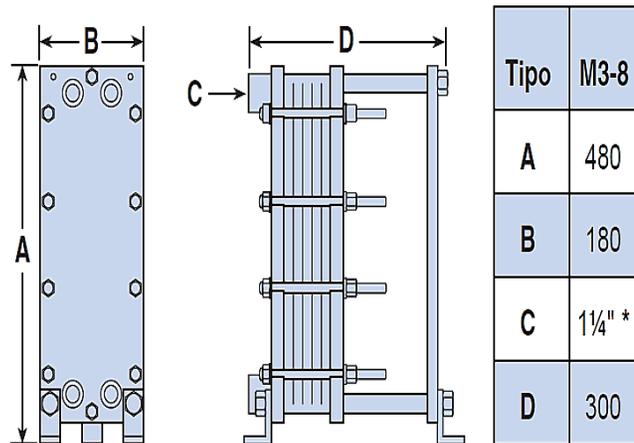


Figura N° 17: Intercambiador de Placas ,tipo M3 -8. Rescatado de Spirax Sarco (2007)

Modelo, bastidor	T2BFG	M3FG
Altura, H, (mm)	380	480
Anchura, W, (mm)	140	180
Conexión vertical dist., VC, (mm)	298	357
Conexión horizontal dist., HC, (mm)	50	60
Tamaño de conexión, conducto (pulgada)	¾"	1¼"
Tamaño de conexión, brida (mm)	-	-
Máximo caudal, (kg/s)	2	3.9
Máxima temperatura, (°C)	150	140
Máxima presión, (barg)	16	16
Principio de flujo	Paralelo	Paralelo

Figura N° 18: Selección del Intercambiador de Placas M3 FG según la condiciones de operación. Rescatado de Intercambiadores de Placa de Alfa Laval (2007).

Anexo 9: Memoria fotográfica del estudio



Figura N° 19: Calderas pirotubulares del Hospital Regional.

Fuente: Hospital Regional



Figura N° 20: Levantamiento de datos en las instalaciones del hospital regional.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 21: Deterioros en las redes de vapor.

Fuente: Elaboración propia

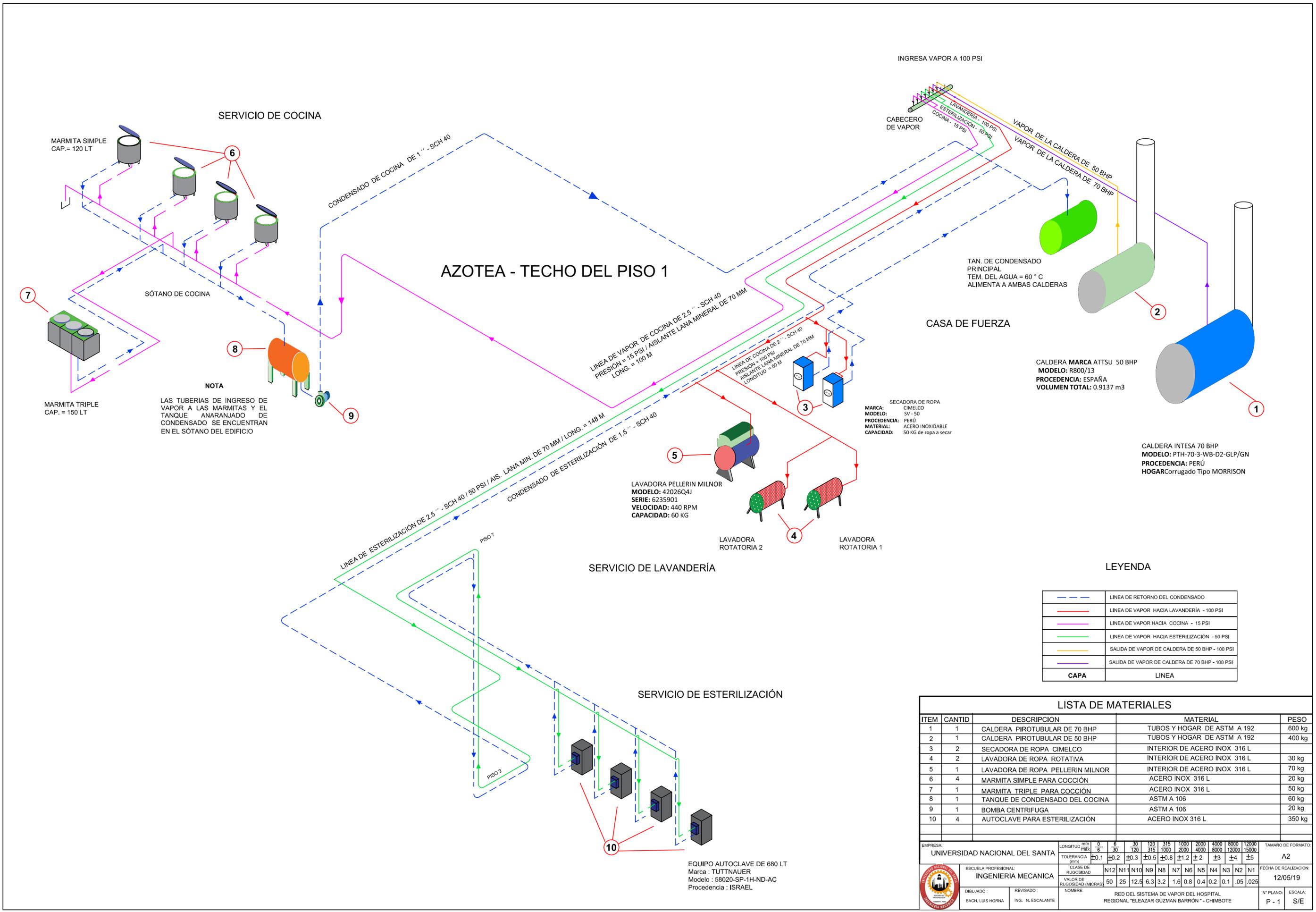


Figura N° 22: Deterioros en la red de retorno de condensado.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Planos

- Plano Isométrico de las red de vapor P -1
- Plano de distribución de vapor P -2
- Plano del sistema de recuperación de calor de las purgas de las calderas P-3



NOTA
 LAS TUBERIAS DE INGRESO DE VAPOR A LAS MARMITAS Y EL TANQUE ANARANJADO DE CONDENSADO SE ENCUENTRAN EN EL SÓTANO DEL EDIFICIO

SECADORA DE ROPA
 MARCA: CIMELCO
 MODELO: SV-50
 PROCEDENCIA: PERÚ
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
 CAPACIDAD: 50 KG de ropa a secar

CALDERA MARCA ATTSU 50 BHP
 MODELO: R800/13
 PROCEDENCIA: ESPAÑA
 VOLUMEN TOTAL: 0.9137 m³

CALDERA INTESA 70 BHP
 MODELO: PTH-70-3-WB-D2-GLP/GN
 PROCEDENCIA: PERÚ
 HOGAR Corrugado Tipo MORRISON

LAVADORA PELLERIN MILNOR
 MODELO: 42026Q4J
 SERIE: 6235901
 VELOCIDAD: 440 RPM
 CAPACIDAD: 60 KG

LAVADORA ROTATORIA 2
 LAVADORA ROTATORIA 1

EQUIPO AUTOCLAVE DE 680 LT
 Marca : TUTTNAUER
 Modelo : 58020-SP-1H-ND-AC
 Procedencia : ISRAEL

LEYENDA

---	LINEA DE RETORNO DEL CONDENSADO
---	LINEA DE VAPOR HACIA LAVANDERÍA - 100 PSI
---	LINEA DE VAPOR HACIA COCINA - 15 PSI
---	LINEA DE VAPOR HACIA ESTERILIZACIÓN - 50 PSI
---	SALIDA DE VAPOR DE CALDERA DE 50 BHP - 100 PSI
---	SALIDA DE VAPOR DE CALDERA DE 70 BHP - 100 PSI
CAPA	LINEA

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANTID	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO
1	1	CALDERA PIROTUBULAR DE 70 BHP	TUBOS Y HOGAR DE ASTM A 192	600 kg
2	1	CALDERA PIROTUBULAR DE 50 BHP	TUBOS Y HOGAR DE ASTM A 192	400 kg
3	2	SECADORA DE ROPA CIMELCO	INTERIOR DE ACERO INOX 316 L	
4	2	LAVADORA DE ROPA ROTATIVA	INTERIOR DE ACERO INOX 316 L	30 kg
5	1	LAVADORA DE ROPA PELLERIN MILNOR	INTERIOR DE ACERO INOX 316 L	70 kg
6	4	MARMITA SIMPLE PARA COCCIÓN	ACERO INOX 316 L	20 kg
7	1	MARMITA TRIPLE PARA COCCIÓN	ACERO INOX 316 L	50 kg
8	1	TANQUE DE CONDENSADO DEL COCINA	ASTM A 106	60 kg
9	1	BOMBA CENTRIFUGA	ASTM A 106	20 kg
10	4	AUTOCLAVE PARA ESTERILIZACIÓN	ACERO INOX 316 L	350 kg

EMPRESA: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERIA MECANICA

DIBUJADO: BACH, LUIS HORNA

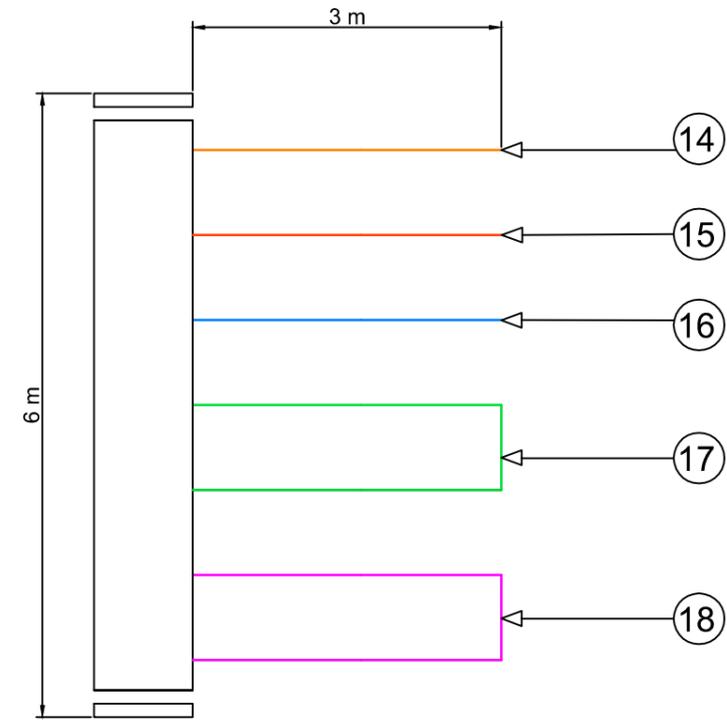
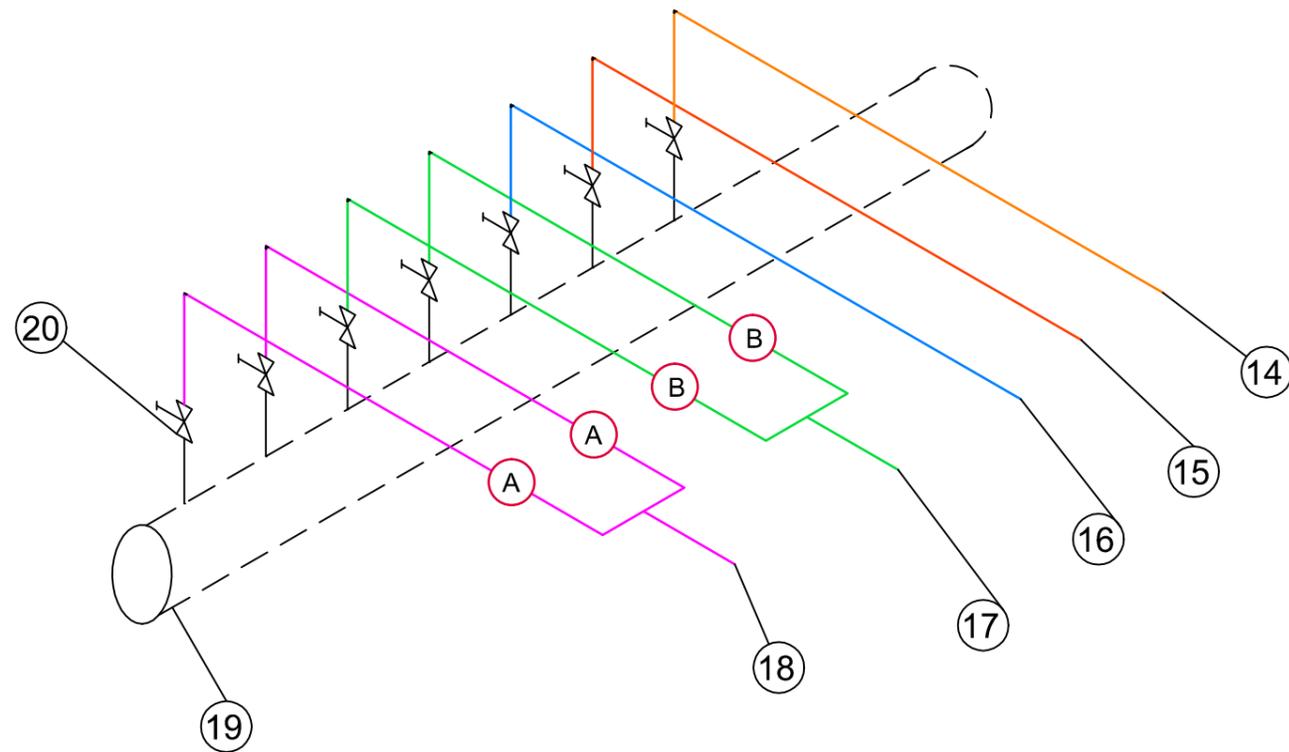
REVISADO: ING. N. ESCALANTE

FECHA DE REALIZACION: 12/05/19

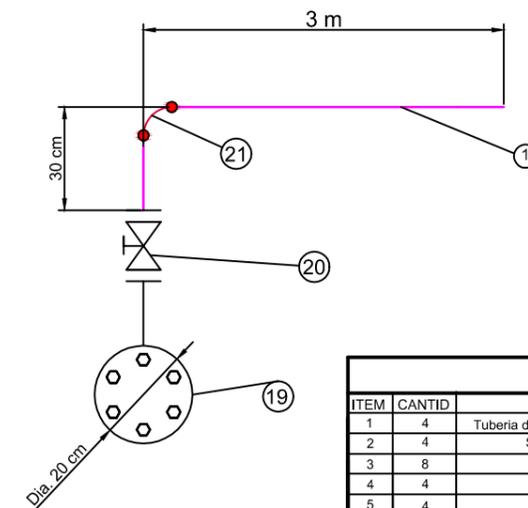
N° PLANO: P - 1

ESCALA: S/E

RED DEL SISTEMA DE VAPOR DEL HOSPITAL REGIONAL "ELEAZAR GUZMAN BARRÓN" - CHIMBOTE

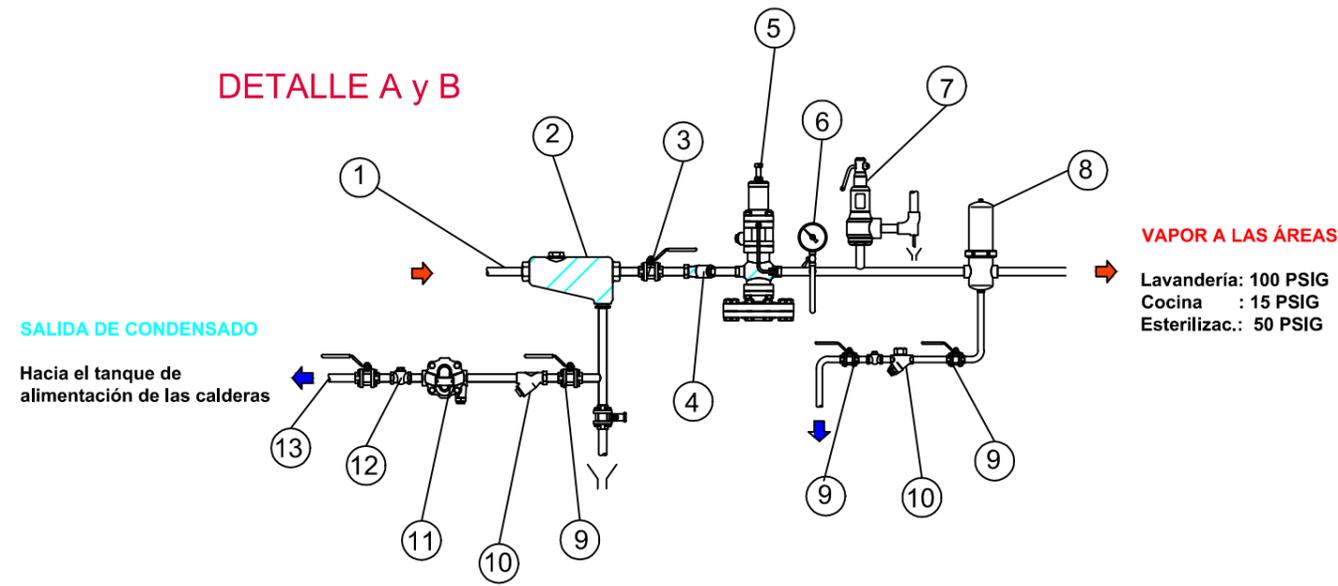


VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL

DETALLE A y B

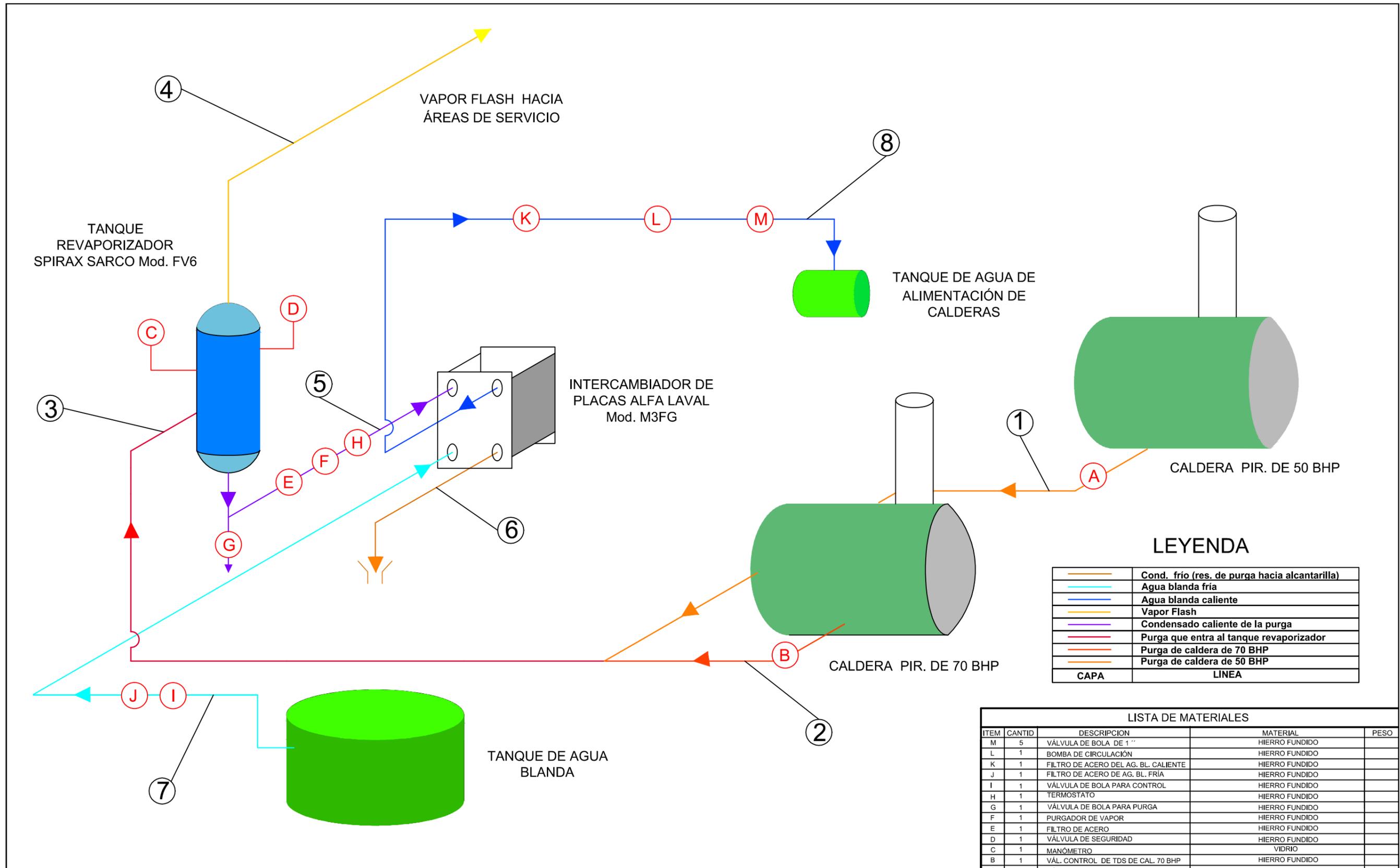


ESTACIÓN REDUCTORA DE PRESIÓN

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANTID	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO
1	4	Tubería de 2" en Esterilización / cocina	ASTM A - 106	
2	4	Separador de Gota S2 - 2"	Hierro Fundido ASTM A 126	
3	8	Válvula de Bola - 2"	Hierro Fundido ASTM A 126	
4	4	Filtro de acero 14 HP - 2"	Tamiz de acero Inoxidable	
5	4	Válvula Reductora DP - 2"	Hierro Fundido ASTM A 126	
6	2	Válvula de seguridad SV 615	Cuerpo de Bronce	
7	2	Manometro	Para vapor	
8	4	Trampa de Vapor	Hierro Fundido ASTM A 126	
9	8	Válvula de Bola - 1.5"	ASTM A - 106	
10	4	Filtro de acero 14 HP - 1.5"	ASTM A - 106	
11	2	Purgador de Boya Cerrada - 1.5"	Fundición NODULAR GG40	
12	4	Mirilla de condensado	Hie. Fun. ASTM A 126	
13	4	Tubería de condensado - 1.5"	ASTM A - 106	
14	1	Tubería de vapor - caldera 70 BHP	ASTM A - 106	
15	1	Tubería de vapor - caldera 50 BHP	ASTM A - 106	
16	1	Tub. vapor Lavandería 2"	ASTM A - 106	
17	2	Tub. vapor cocina 2"	ASTM A - 106	
18	2	Tub. vapor esterilización 2"	ASTM A - 106	
19	1	Cabecero de distribución de vapor	ASTM A - 106	
20	7	Válvula de Globo 2"	Hie. Fun. ASTM A 126	
21	7	Codo Extr. Soldado 2"	ASTM A - 106	

EMPRESA: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	LONGITUD: mm 0 6 30 120 315 1000 2000 4000 8000 12000	TAMANO DE FORMATO: A3
ESUELA PROFESIONAL: INGENIERIA MECANICA	TOLERANCIA: ±0.1 ±0.2 ±0.3 ±0.5 ±0.8 ±1.2 ±2 ±3 ±4 ±5	FECHA DE REALIZACION: 12/05/19
DIBUJADO: BACH. LUIS HORVIA	REVISADO: ING. N. ESCALANTE	Nº PLANO: ESCALA: P - 2 S/E
NOMBRE: TRAMPEO DE VAPOR DE LA RED DE DISTRIBUCION		



	1	2	3	4	5	6	7	8
Líquido	Purga 1	Purga 2	Purga tot.	Vapor fla	Cond. Cal.	Cond. Fr.	Agua Fr.	Agua Cal.
T (°C)	169.75	169.75	169.75	113.6	113.6	30	25	52.08
P (bar)	7.9	7.9	7.9	1.63	1.63	0.0424		
m (kg/hr)	439	439	878	100.89	777.1	777.1	2,000.0	2,000.0
h (KJ/ kg)	720.86	720.86	720.86	2693.1	467.13	125.73		

LEYENDA

	Cond. frío (res. de purga hacia alcantarilla)
	Agua blanda fría
	Agua blanda caliente
	Vapor Flash
	Condensado caliente de la purga
	Purga que entra al tanque revaporizador
	Purga de caldera de 70 BHP
	Purga de caldera de 50 BHP
CAPA	LINEA

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANTID	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO
M	5	VÁLVULA DE BOLA DE 1"	HIERRO FUNDIDO	
L	1	BOMBA DE CIRCULACIÓN	HIERRO FUNDIDO	
K	1	FILTRO DE ACERO DEL AG. BL. CALIENTE	HIERRO FUNDIDO	
J	1	FILTRO DE ACERO DE AG. BL. FRÍA	HIERRO FUNDIDO	
I	1	VÁLVULA DE BOLA PARA CONTROL	HIERRO FUNDIDO	
H	1	TERMOSTATO	HIERRO FUNDIDO	
G	1	VÁLVULA DE BOLA PARA PURGA	HIERRO FUNDIDO	
F	1	PURGADOR DE VAPOR	HIERRO FUNDIDO	
E	1	FILTRO DE ACERO	HIERRO FUNDIDO	
D	1	VÁLVULA DE SEGURIDAD	HIERRO FUNDIDO	
C	1	MANÓMETRO	VIDRIO	
B	1	VÁL. CONTROL DE TDS DE CAL. 70 BHP	HIERRO FUNDIDO	
A	1	VÁL. CONTROL DE TDS DE CAL. 50 BHP	HIERRO FUNDIDO	

EMPRESA:	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	LONGITUD: mm	0	6	30	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	TAMAÑO DE FORMATO:	A3		
		TOLERANCIA	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4	±5	FECHA DE REALIZACIÓN:	12/05/19		
ESCUELA PROFESIONAL:	INGENIERIA MECANICA	CLASE DE RUGOSIDAD	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1		
		VALOR DE RUGOSIDAD (MICRAS)	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	.05	.025		
DIBUJADO:	BACH. LUIS HORVA	REVISADO:	ING. N. ESCALANTE	NOMBRE:	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CALOR DE LAS PURGAS DE LAS CALDERAS DEL HOSPITAL REGIONAL "ELEAZAR GUZMAN BARRÓN" - CHIMBOTE								N° PLANO:	P - 3	ESCALA:	S/E