



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE INGENIERÍA
ESPECIALIDAD AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA TÉRMICA

“ANÁLISIS DE UN SISTEMA TÉRMICO EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE
TELAS”

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

P R E S E N T A:

ING. JOSE LUIS GONZALEZ ESCOBAR

DIRECTOR DE TESINA: DR. RODOLFO ALBERTO HERRERA TOLEDO

MÉXICO, D.F.

Diciembre 2017

Contenido

Contenido	2
Indice de Tablas	4
Indice de Ilustraciones	5
Tabla de acrónimos	6
Agradecimientos	7
Planteamiento del problema y justificación	8
Objetivos.....	8
General.....	8
Particulares.....	8
Resumen	9
Introducción.....	10
CAPÍTULO 1	13
Conceptos claves para el análisis energético de calderas	13
1.1 Definición de Caldera	13
1.2 Tipos de calderas	14
1.2.1 Calderas pirotubulares.....	14
1.2.2 Calderas Acotubulares	15
1.3 Definición de Combustión.....	15
1.4 Tipos de combustión	15
1.5Componentes de los gases de combustión	16
1.5 Analisis de combustión	17
1.5.1Métodos para determinar la eficiencia de una caldera	18
Método Indirecto:.....	19
CAPÍTULO 2	21
Descripción pyme productora de telas	21
2.1 Produccion de telas hilo sintetico y algodón.....	21
2.2 Descripción de la situacion y justificación	24
2.3 Usos de la energía	24
2.4 Revisión energética	27
CAPÍTULO 3	31

Plan de medición y análisis de caldera	31
3.1 Acciones a realizar en campo	31
3.2 Revisión de la caldera y análisis termográfico	32
3.3 Mediciones de combustión de caldera	38
Sistema de mantenimiento para la caldera.....	40
CAPÍTULO 4	47
Resultados y recomendaciones.....	47
4.1 Calor aprovechado	47
4.2 Aislamiento en las redes de vapor	49
Cálculo de aislante en la tubería.....	49
4.3 Pérdida de calor	51
4.3.1 Engomador.	51
4.3.2 Jigger.....	52
4.4 Control del sistema de generación de vapor.....	53
4.5 Mantenimiento en la caldera.....	54
4.6 Variables relevantes.....	55
4.7 Funciones de influencia en la empresa	56
4.8 Mecanismos de mejora continua	57
Sistemas de seguridad de llama y relación de Aire/combustión	59
4.8 Línea base	59
4.9 Indicadores	60
4.10 Oportunidades de mejora.....	61
4.11 Análisis económico	64
Conclusiones y recomendaciones.....	65
Referencias	67
Anexos	68

Indice de Tablas

Tabla 1 Proceso con hilo sintético	22
Tabla 2 Proceso con algodón	23
Tabla 3 Características de la Caldera	25
Tabla 4 Consumos eléctricos y térmicos	29
Tabla 5 Emisiones de CO ₂	30
Tabla 6 Tiempo de operación de la caldera	33
Tabla 7 Mediciones de combustión	38
Tabla 8 Datos térmicos tomados para el balance.	40
Tabla 9 Exceso de aire para diferentes combustibles	43
Tabla 10 Tabla de operación de los equipos térmicos de la empresa.	50
Tabla 11 Velocidades de vapor recomendables. Cálculo hidráulico de redes de vapor.	52
Tabla 12 Variables de influencia para los USE's.	56
Tabla 13 Funciones de influencia.	56
Tabla 14 Indicador mensual kWh/ metro de tela procesado en la rama.	60
Tabla 15 Oportunidades de mejora	61
Tabla 16 Oportunidades de mejor sin Inversión	62
Tabla 17 Análisis económico de las propuestas de mejora.	64

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Vista satelital de Industrias Hermes	21
Ilustración 2 . Distribución de la empresa Hermes.....	21
Ilustración 3 Retos para la mejora del sistema energético	24
Ilustración 4 Diagrama de Proceso de vapor.....	25
Ilustración 6. Máquina engomadora	26
Ilustración 5. Proceso de engomado	26
Ilustración 8. Inyección de vapor.....	26
Ilustración 7. Proceso de Engomado	26
Ilustración 9 Proceso de teñido	26
Ilustración 10 Jigger.....	26
Ilustración 11 Jigger sin mantenimiento	27
Ilustración 12 Tanque de alimentación de agua.....	32
Ilustración 13 Fuga en la tubería.....	32
Ilustración 14 Hogar de la caldera	33
Ilustración 15 Variación de temperatura en el hogar.....	33
Ilustración 16 Chimenea de gases de combustión	35
Ilustración 17 Variación de temperatura en la chimenea	35
Ilustración 18 Hogar de la caldera	36
Ilustración 20 Aumento de temperatura en los soportes	36
Ilustración 19 Válvula de seguridad.....	36
Ilustración 21 Motor del quemador	37
Ilustración 22 Termografía del quemador	37
Ilustración 23 Aislante de tuberías ineficiente	37
Ilustración 24 9 Termografía del aislante	37
Ilustración 25 Línea de distribución de vapor	38
Ilustración 26 Partes de la tubería sin aislante.....	38
Ilustración 27 Desgaste en las Válvulas	48
Ilustración 28 Fugas de vapor.....	48
Ilustración 29 Engomado de telas	51
Ilustración 30 Control Aire- combustible.....	53
Ilustración 31 de Seguridad de Llama y relación Aire/Combustión	54

Indice de Gráficas

Gráfica 1 Consumo total de energía por año	27
Gráfica 2 Estructura térmica general de la planta	28
Gráfica 3 Gráfica de consumos de enero 2014 a diciembre 2015	29
Gráfica 4 Consumo de energía térmica en la producción de telas.2.5 Emisiones de co2	30
Gráfica 5 Línea Base de la empresa	60
Gráfica 6 Indicador energético.	61

Tabla de acrónimos

AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
CDD	Cooling Degree Days
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía
EnPI	Energy Performance Indicador
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
HDD	Heating Degree Days
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
ISO	International Standardization Organization
IVA	Importe al Valor Agregado
kW	kilo Watt
kWh	kilo Watt hora
NOM-ENER	Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética
NOMs	Normas Oficiales Mexicanas
NOM-STPS	Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social
SEDEMA	Secretaría del Medio Ambiente
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
STPS	Secretaria del Trabajo y Previsión Social
USEs	Usos Significativos de la Energía
TIR	Tasa Interna de Retorno
USEs	Usos Significativos de la Energía
VPN	Valor Presente Neto
WRI	World Resource Institute

Agradecimientos

Doy gracias a mi madre Rosa Escobar Rangel y a mi padre José de Jesús González Martínez por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de este camino el cual ha tenido momentos buenos y malos. Así como también agradezco a mi hermana Roció González Escobar el haber sido una excelente guía ingenieril. Agradezco los consejos de Rodrigo Carlos Islas Avendaño por sus palabras y ayudarme a seguir en el camino de la especialidad.

Gracias al Dr Rodolfo Alberto Toledo Herrera por el apoyo en ECOVES y en los comentarios que me hizo en diciembre del 2016 los cuales me ayudaron a reflexionar para continuar y culminar esta etapa.

Maestra Verónica Flores García muchas gracias por creer en mí y apoyarme todo este tiempo, a veces las palabras se quedan cortas para expresar el sentir de una persona y aunque existan momentos de decepción se trabajó en muchas áreas todo este tiempo. Las cuales se dio el más grande esfuerzo.

Gracias por la segunda oportunidad que la Mi Judith Navarro me brindó en los momentos más complicados de esta etapa, admiro su tenacidad y el carácter que tiene el cuál la hace ser una excelente persona.

Gracias al MI Guillermo Sánchez Lievano por todos esos consejos teóricos y prácticos que me brindó, la experiencia que compartió conmigo es algo que no olvidaré.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento al proyecto de formación de recursos humanos para la sustentabilidad energética en la Facultad de Ingeniería de la UNAM (Proyecto Conacyt No. 246077) ya que con su apoyo se logró cumplir el objetivo de culminar la tesina.

Planteamiento del problema y justificación

Actualmente Industria Hermes SA de CV es una empresa mexicana que utilizan como materia prima hilo de polipropileno, poliéster y algodón. Tienen los procesos para las fibras sintéticas de urdido, tejido plano y de Jacquard, revisado, aplicación de backing, y empacado. En el caso del algodón el proceso es de urdido, engomado, tejido plano, revisado, teñido, secado y empacado. La empresa utiliza vapor para dar tratamiento térmico a la tela para adherir una masa y así dar una dureza a la misma. Utilizan el vapor para calentar agua la cual se utiliza para el proceso de teñido.

Se busca promover el desarrollo eficiente de la industria, garantizando la continuidad de los servicios, aprovechando el conocimiento de los sistemas de todo el personal de la organización., a través de la aportación de sugerencias e ideas

Apoyando la adquisición de los recursos eficientes en el uso de la energía con una adecuada relación costo-beneficio.

Objetivos

General

- Mejorar el indicador de desempeño energético de la industria de producción de telas, a través de incrementar la eficiencia energética en el sistema de generación y distribución de vapor. Sentando las bases para desarrollar un proceso de mejora continua que contribuya a la disminución de los impactos al medio ambiente debido a los GEI.

Particulares

- Identificación de las variables relevantes para los usos de energía
- Identificación de las funciones de influencia sobre los usos significativos de energía.
- Identificación de potenciales oportunidades de mejora, enfocadas en la mejora de la productividad, control operacional, uso de calor residual y optimización de procesos
- Evaluar económicamente la prefactibilidad de las propuestas

Resumen

Los usos significativos de la energía de acuerdo a los criterios establecidos en la auditoria y al análisis realizado, parten de la producción de vapor la cual se realiza con una caldera para los servicios de Secado, Teñido y Acabado Revisado, punzonado, máquinas de Urdido, Tejido, Rama (acabado).

Las variables relevantes identificadas por la empresa fueron la materia prima, la humedad interior del recinto y la temperatura exterior.

Entre las funciones de influencia más significativas están el Ingeniero de operación, el supervisor y compras, quienes determinan los parámetros de operación y toman las decisiones de compra.

Las oportunidades de mejora obtenidas de la auditoría energética, están enfocadas a la eficiencia energética de las operaciones unitarias y por lo tanto a mejorar su productividad.

Algunas de ellas son:

- Adecuar cajas de combustión para aprovechar mejor los quemadores.
- Recubrir los metros de tuberia de vapor con aislante
- Dar mantenimiento correctivo a la caldera
- Carburar los dos quemadores de la Rama
- Corregir fugas de vapor de las válvulas rotativas del engomador
- Corregir fugas de vapor de los Jigger I y II

Introducción

Las calderas forman parte de los equipos más utilizados por la industria y, junto con los hornos industriales, son los responsables del mayor porcentaje de consumo de combustibles en este sector; por lo tanto, el mantenerlas trabajando con una buena eficiencia reditúa beneficios importantes para las empresas.¹

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA) y con base en un estudio de sistemas de energía industrial a nivel mundial los sistemas de vapor son responsables por aproximadamente 38% del uso total de energía de sistemas industriales.²

El IEA menciona que la eficiencia energética global de la producción de vapor puede incrementarse en por los menos 10% por lo que en México una mejora de ese nivel puede reducir el uso de energía para procesos industriales aproximadamente en 31 PJ por año.³

Las mejoras no solo se pueden dar en el ahorro de energía si no en la disminución de GEI. En México se busca reducir los GEI mediante la eficiencia de calderas en todo el país de un modo integral, consistente, transparente, preciso y conservador.

El uso de la energía eficiente a través de los años va fortaleciendo reduciendo costos de energía y haciendo eficiente empresas, comercios e industrias.

Uno de los objetivos primordiales a nivel mundial es desvincular el crecimiento económico con el uso no sustentable de los recursos y su impacto negativo sobre el medio ambiente, con esta visión en México desde hace más de 10 años a la fecha, se han realizado diversas estrategias gubernamentales para incentivar en los usuarios intensivos de la energía. La incorporación de medidas para el uso eficiente y el ahorro de energía; como la creación del FIDE y algunos programas de apoyo para la inclusión y cambio de tecnologías más eficientes tanto en el sector industrial como comercial y residencial.

La auditoría energética, es el elemento que brinda la información necesaria sobre el cómo se encuentra actualmente el desempeño energético de la organización, lo cual representa la base para establecer las medidas mediante las cuales no solo se puede mejorar el desempeño energético si no mantener y mejorar continuamente.

¹ CONUEE. (2009). Eficiencia en calderas y combustión. 15/06/2016, de CONUEE Sitio web: http://www.conuee.gob.mx/pdfs/pymes/Calderas_02.pdf

² IEA2007

³ Ibid

No basta simplemente con realizar la cobertura de la demanda térmica, existen factores como el costo económico creciente de las fuentes de energías, sus existencias finitas y el interés de que el impacto de las actividades industriales sea el menor razonablemente posible, hace que se deba conocer adecuadamente este proceso, para ejecutarlo con la mayor eficiencia posible y con los combustibles más adecuados.

Al respecto, la gestión energética se practica desde hace más de 50 años alrededor del mundo y desde hace aproximadamente 20 años han surgido diversos estándares como la norma UNE 216501:2009 – Auditorías energéticas y la norma UNE-EN 16001:2006- Sistemas de gestión energética. Dichos estándares fueron la base del diseño y redacción de la norma de referencia para los actuales sistemas de gestión de la energía, la ISO 50001:2011. Esta norma parte de la metodología ISO que a partir del ciclo Demming lleva a la mejora continua.

Sin embargo, a diferencia de otras normas ISO, no solo contempla la mejora continua del aspecto organizacional si no que hace relevante la importancia de la mejora del desempeño energético, lo cual involucra los factores de importancia para cualquier organización: Eficiencia energética, ahorro de energía, disminución de costos, aumento de la productividad y competitividad con el valor agregado de ser una empresa sustentable.

Los datos obtenidos en la auditoria son útiles para diversos fines:

- Control de la operación del generador.
- Definición de puntos básicos para el mantenimiento.
- Determinación de puntos sobre los que se debe actuar para reducir el consumo, así como una buena indicación para fijar las prioridades.
- Posibles mejoras.

La forma de realizar la auditoria energética es variada dependiendo de diversos factores como los procesos y usos significativos de energía, tanto de la empresa donde se realiza. En general, pueden seguirse dos procedimientos distintos: la auditoría contable, que es la más extendida y sencilla y la auditoría técnica, que requiere una elaboración más cuidadosa.

Actualmente existen dos organizaciones a nivel mundial que desarrollan los principales estándares:

ASME, fundada en 1880 como la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, es una organización profesional que posibilita la colaboración, el intercambio de conocimiento, el desarrollo de todas las disciplinas de ingeniería y la promoción del rol esencial del ingeniero en la sociedad.

ASME PTC 4 2008 Fired Steam Generators es un código que establece las normas e instrucciones para la realización de las pruebas de rendimiento de generadores de vapor, en donde se incluyen los combustibles como carbón, petróleo y gas, así como otros tipos de hidrocarburos. Este código no establece procedimientos para determinar las propiedades físicas o químicas de un combustible. El estándar se refiere específicamente a los equipos utilizados para la generación de vapor, aunque puede ser extensible a otros fluidos de trabajo.

EN 12952-15 water-tube boilers and auxiliary installations- PArt 15: Acceptance test es una norma que abarca calderas de vapor por combustión directa y generadores de agua caliente.

CAPÍTULO 1

Conceptos claves para el análisis energético de calderas

Los generadores de vapor son diseñados para transmitir calor de una fuente externa (combustión, generalmente) hacia un fluido interno (agua), que está contenida dentro del sistema; de manera tal que si el fluido es otro que no sea agua (por ejemplo, aceite térmico o mercurio), la unidad será clasificada como un vaporizador o un calentador (para este caso, de aceite térmico o mercurio) ⁴

Siempre el fluido debe estar circulando dentro de la caldera, de una forma segura que garantice la operación. El vapor deberá ser manejado en las condiciones deseadas de operación (presión, temperatura, calidad y flujo deseado). Desde el punto de vista económico, el calor generado dentro del sistema deberá ser aprovechado por el agua con una cantidad mínima de pérdidas.

1.1 Definición de Caldera

Es un intercambiador de calor en el que la energía química se aporta generalmente por un proceso de combustión, o también por el calor contenido en un gas, que circula a través de ella a presión constante ⁵.

Una caldera incluye, técnicamente, el recipiente y las superficies de calentamiento por convección, sin contar las paredes del hogar enfriadas con agua, sobrecalentadores, precalentadores de aire y economizadores que se utilicen dentro del sistema de generación de vapor ⁶.

La caldera tiene como mecanismos básicos de transmisión de calor la conducción, se da cuando el calor pasa de una parte a la otra de la pared del hogar, o de los tubos de humos; la convección, cuando los tubos de humos se calientan al contacto con los productos de combustión y, por último, la radiación se produce cuando hay un intercambio de calor de la llama a las paredes del hogar ⁷

El vapor de salida del generador depende de los siguientes factores:

⁴ Curso oportunidades en el uso óptimo del vapor industrial, ATPAE

⁵ (Escobar, 2012)

⁶ Curso oportunidades en el uso óptimo del vapor industrial, ATPAE

⁷ (Cleaver Brooks, Selmecc S.A. de C.V., 2008)

1. Extensión o grado de combustión que se presente en el quemador.
2. Superficie de calefacción
3. Distribución de esta superficie de calefacción en las zonas de radiación y convección.
4. Circulación de vapor o del agua y de los productos de la combustión.

Para mantener la reacción de combustión es necesario adicionar una determinada cantidad de aire y remover los productos de la combustión por medio de un “tiro”. Cuando el tiro natural (dado por la altura de la chimenea) no es suficiente para eliminar los gases de combustión, deberá proveerse de un ventilador de tiro forzado y/o uno de tiro inducido de tal manera que haga esta remoción efectiva⁸.

1.2 Tipos de calderas

Actualmente en la industria se utilizan calderas para diferentes procesos, en su mayoría la utilizan para generar vapor y calentar algún fluido. Una caldera funciona de la siguiente forma:

Un quemador junto con un intercambiador de calor genera calor. Esto significa que los residuos gaseosos calientes que produce la llama del quemador calientan el agua de un circuito, que circula a través de tuberías como un “transporte de calor” (fluido transmisor de calor) hasta los “consumidores” (ej. radiadores).⁹

La clasificación más importante que se considerará para este trabajo, es la que se realiza según por donde discurran los humos de combustión y por dónde lo haga el agua; por lo que, las calderas se clasifican en:

1.2.1 Calderas pirotubulares

Son aquellas calderas en las que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el fluido por el exterior de los mismos.¹⁰

- Los componentes que forman las calderas pirotubulares son las siguientes:
- Envoltente exterior

⁸ Curso oportunidades en el uso óptimo del vapor industrial, ATPAE

⁹ Tecnología de medición en calderas, TESTO

¹⁰ Guía de Calderas Industriales Principales, VIESSMANN

- Elemento de forma cilíndrica que se encarga de contener los fluidos (agua/vapor) evitando que salgan al exterior.
- Cámara de combustión/ hogas de combustión

Es cilíndrico de forma horizontal por lo general hay dos formas en que se fabrican, ya sea lisa u ondulada esto en función del tamaño y la presión de trabajo. Se encarga de contener la llama del quemador e iniciar el intercambio de energía por radiación ¹¹

1.2.2 Calderas Acotubulares

Son aquellas calderas en las que el fluido se desplaza por el interior de los tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. ¹²

1.3 Definición de Combustión

Combustión es el conjunto de procesos físico-químicos en los que un elemento combustible se combina con otro elemento comburente (generalmente oxígeno en forma de O₂ gaseoso), desprendiendo luz, calor y productos químicos resultantes de la reacción (oxidación). Como consecuencia de la reacción de combustión se tiene la formación de una llama la cual es una masa gaseosa incandescente que emite luz y calor¹³.

1.4 Tipos de combustión

El incremento de todo tipo de combustión es un agente contaminante del ambiente con concentraciones siempre mayores. La formación de humos, la lluvia ácida y el aumento del número de alergias son consecuencias directas de este desarrollo. La solución para una producción de energía que no perjudique el medio ambiente debe, por lo tanto, suponer una reducción de las emisiones contaminantes. Los contaminantes en los gases de combustión sólo pueden reducirse eficazmente si las plantas existentes operan con el máximo rendimiento posible o si se cierran las calderas nocivas. El análisis de los gases de la combustión ofrece un medio para determinar las concentraciones de contaminantes y para ajustar al máximo rendimiento las instalaciones de calor. ¹⁴.

Es de vital importancia comprender la operación conceptual del equipo de generación de vapor, la transformación de energía que en él se realizan y la forma en la que fluye la energía hacia los puntos de utilización y pérdida, con ello se podrán identificar de manera

¹¹ Tecnología de medición en calderas, TESTO

¹² Guía de Calderas Industriales Principales, VIESSMANN

¹³ Tecnología de medición en calderas, TESTO

¹⁴ Tecnología de medición en calderas, TESTO

clara las oportunidades de mejora en eficiencia y ahorro energético, mediante la reducción de energía no útil.

1.5 Componentes de los gases de combustión

Nitrógeno (N₂)

El nitrógeno (N₂) es el principal componente (79% en vol.) del aire que respiramos. Este gas incoloro, inodoro y sin sabor no interviene en la combustión. Entra en la caldera como un lastre, se calienta y sale por la chimenea.

Valores típicos en los gases de combustión: Calderas gasoil/gas: 78 % - 80 %¹⁵

Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro con un ligero sabor agrio. Bajo la influencia de la luz solar y el verde de las hojas, la clorofila, las plantas convierten el dióxido de carbono (CO₂) en oxígeno (O₂). La respiración humana y animal convierte el oxígeno (O₂) otra vez en dióxido de carbono (CO₂). Esto crea un equilibrio que los productos gaseosos de la combustión distorsionan. Esta distorsión acelera el efecto invernadero. El valor límite de efecto es de 5000 ppm. A concentraciones superiores al 15% en volumen (150.000 ppm) en la respiración, se produce una inmediata pérdida de consciencia.

Valores típicos en los gases de combustión: Calderas de gasoil: 12,5 % - 14 %

Calderas de gas: 8 % - 11 %

Vapor de agua (humedad)

El hidrógeno contenido en el combustible se combina con el oxígeno para formar agua (H₂O). Esta agua sale del combustible y del aire combustionado, dependiendo de la temperatura de los gases de combustión (TH), en forma de humedad del gas de combustión (a una temperatura de los gases de combustión TH elevada) o como condensado (a una baja temperatura de los gases de combustión).

Oxígeno (O₂)

El oxígeno restante no utilizado en la combustión en el caso de utilizar aire en exceso aparece como componente de los gases de combustión y se utiliza para medir el rendimiento de la

¹⁵ Tecnología de medición en calderas, TESTO

combustión. Se utiliza para determinar las pérdidas por chimenea y el contenido de dióxido de carbono.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas venenoso al respirar, incoloro, inodoro y es el producto de una combustión incompleta. En concentración demasiado alta, no permite que la sangre absorba oxígeno. Si, por ejemplo, el aire de una habitación es de 700 ppm de CO, una persona respirándolo durante 3 horas morirá. El valor límite es de 50 ppm.

Valores típicos en los gases de combustión: Calderas de gasoil: 80 ppm - 150 ppm

Calderas de gas: 80 ppm - 100 ppm

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

A altas temperaturas (combustión), el nitrógeno (N₂) presente en el combustible y en el aire ambiente se combina con el oxígeno del aire

(O₂) y forma el monóxido de nitrógeno (NO). Después de algún tiempo, este gas incoloro se oxida en combinación con el oxígeno (O₂) para formar dióxido de nitrógeno (NO₂). El NO₂ es soluble en agua, tóxico si se respira (produce daños irreversibles en el pulmón) y contribuye a la formación del ozono en combinación con la radiación ultravioleta (luz solar). El NO y NO₂ en conjunto se llama óxidos de nitrógeno (NO_x).

Valores típicos en los gases de combustión: Calderas de gasoil/gas: 50 ppm - 100 ppm

Dióxido de azufre (SO₂)

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas tóxico incoloro con un olor fuerte. Se forma a partir del azufre del combustible. El valor límite es de 5 ppm. El ácido sulfúrico (H₂SO₄) se forma en combinación con agua (H₂O) o condensados.

Valores típicos en los gases de combustión: Calderas de gasoil: 180 ppm - 220 ppm

1.5 Analisis de combustión

Para obtener el poder calorífico de un combustible es necesario que todo el carbono (C) se oxide en forma completa pasando a CO₂.

1.5.51 Métodos para determinar la eficiencia de una caldera

“La eficiencia de una caldera, dicho de manera simple, corresponde a la razón entre el calor absorbido (por el agua, vapor, fluido térmico, etc.) y el calor liberado en el equipo. La diferencia entre el calor liberado y el calor absorbido corresponderá a las pérdidas de calor de la caldera.”¹⁶

Método directo

También denominado como método de entrada y salida, se basa en la relación de la energía que la caldera entrega y la que esta recibe para su transformación y se determina como el cociente del primer término entre el segundo (ambas en las mismas unidades térmicas) y multiplicando el resultado por cien, para obtener el porcentaje (%); en otras palabras en este método se mide el calor absorbido por el agua y el vapor generado o de salida y se compara con la energía total de entrada, dada por el poder calorífico superior del combustible de entrada y el consumo de combustible¹⁷. En ecuaciones:

$$\eta = \frac{\text{calor aprovechado}}{\text{calor suministrado}} \cdot 100\% \quad \text{ó} \quad \eta = \frac{\text{energía salida}}{\text{energía entrada}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{W(H_v - H_1)}{P_c \cdot C_c} \cdot 100\%$$

Dónde:

η = Eficiencia del generador de vapor

W = Peso del vapor producido por hora

H_v = Entalpía del vapor a la salida

H_1 = Entalpía del agua a la entrada

¹⁶THERMAL. (2011). ARTÍCULO TÉCNICO ANÁLISIS DE EFICIENCIA EN CALDERAS. 18/06/2016, de THERMAL ENGINEERING LTDA. Sitio web: http://www.thermal.cl/prontus_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo_eficiencia_en_calderas.pdf

P_c = Poder calorífico del combustible

C_c = Cantidad del combustible quemado por hora, en peso

VARIABLES A MEDIR PARA ESTE MÉTODO

- a. Poder calorífico inferior del combustible
- b. Flujo del combustible
- c. Humedad del combustible
- d. Flujo de aire para la combustión
- e. Temperatura del aire para la combustión
- f. Flujo de vapor generado
- g. Temperatura del vapor generado

- h. Presión del vapor generado
- i. Calidad del vapor generado
- j. Flujo del agua de alimentación
- k. Temperatura del agua de alimentación
- l. Presión del agua de alimentación
- m. Temperatura de los gases de chimenea

Método Indirecto:

➤ Definición:

También denominado como método de las pérdidas de calor, se basa en la determinación de la eficiencia a través de la resta de las pérdidas individuales unitarias de energía, para obtener el porcentaje de eficiencia.

$$\eta = \frac{\text{calor suministrado} - \text{calor perdido}}{\text{calor suministrado}} \cdot 100\% \quad \text{ó} \quad \eta = \frac{\text{entrada} - \text{pérdidas} + \text{créditos}}{\text{entrada}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 1 - \frac{(\text{pérdidas} - \text{créditos})}{\text{entrada}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{Q_s - Q_p}{Q_s} \cdot 100\%$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_p}{Q_s} \cdot 100\%$$

Donde:

$Q_s = \text{Calor suministrado}$

$Q_p = \text{Calor perdido}$

Variables a medir para la aplicación del método:

- Poder calorífico superior del combustible
- Flujo del combustible
- Temperatura del combustible
- Análisis elemental del combustible
- Flujo presión y temperatura del vapor de atomización
- Flujo de aire para la combustión
- Temperatura del aire para la combustión
- Humedad del aire para la combustión
- Flujo del vapor generado
- Temperatura del vapor generado
- Presión del vapor generado
- Flujo del agua de alimentación
- Temperatura del agua de alimentación
- Presión del agua de alimentación
- Flujo, presión y temperatura del agua de atemperación
- Análisis de los gases de combustión
- Temperatura de los gases de combustión
- Combustibles si quemar arrastrados en los gases de combustión
- Combustibles si quemar arrastrados en colectores de polvo
- Combustibles si quemar arrastrados en escorias
- Combustible rechazado en el pulverizador de carbón
- Temperatura, presión y flujo de vapor para operar auxiliares
- Potencia eléctrica para operar auxiliares

CAPÍTULO 2

Descripción pyme productora de telas

Industria Hermes es una Empresa 100% mexicana, líder en el mercado en la producción de telas importan telas y junto con la producción nacional las comercializan a nivel nacional y a Centroamérica. Se ubican en Circuito de la Industria Oriente 36 y 38. Lerma de Villada. Estado de México



Ilustración 1: Vista satelital de Industrias Hermes

Industrias Hermes tiene una superficie construida de 7800 m² los cuales gran parte se dedica a la producción y comercialización de telas de algodón y polietileno

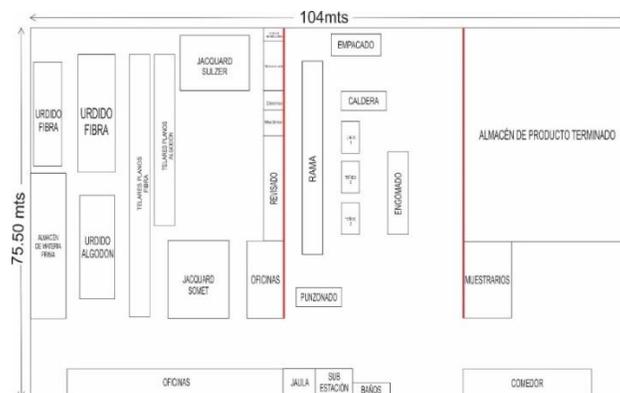


Ilustración 2 . Distribución de la empresa Hermes

2.1 Producción de telas hilo sintético y algodón

La producción de telas se divide en dos, dependiendo del tipo de materia prima. A continuación, se enlista las materias primas.

Tabla 1 Proceso con hilo sintético

PROCESO	DESCRIPCION
<p>Urdido Directo</p>	<p>Los carretes de hilo se pasan a otros carretes para el tejido. Este proceso tiene el objetivo de reunir en un carrete una longitud y número determinado de hilos.</p> <p>Se emplea para urdimbres de gran longitud y de un solo color</p> <p>La velocidad es mayor</p> <p>Los hilos de urdimbre que provienen de la fileta se depositan directamente en los cilindros plegadores</p>
<p>Tejido</p> <p>Tejido plano</p> <p>Tejido Jacquard</p>	<p>El tejido es un proceso continuo que se divide en dos categorías: tejido plano y tejido Jacquard</p> <p>Se llama así a aquellos tejidos que poseen en su estructura dos series de hilos, una longitudinal URDIMBRE y otra transversal llama TRAMA. Ambas series de hilos se entrecruzan en un ángulo de 90° formando el tejido. Las unidades de URDIMBRE son llamadas hilos y están ubicadas longitudinalmente y las de TRAMA pasadas ubicadas horizontalmente y la forma en que estas unidades se enlazan se denomina ligamento.</p> <p>Es un tejido de urdimbre y trama, solo que en este caso los hilos son movidos por una máquina llamada Jacquard que permite el movimiento de forma individual de cada uno de los hilos, aunque este movimiento individual de hilos es limitado, permite la fabricación de telas con diseños muy complejos que con el tejido plano sería imposible realizar.</p>
<p>Revisado</p>	<p>En esta etapa del proceso se revisa la calidad de la tela referente a la resistencia física a factores externos, resistencia física a la deformación estructural por estiramiento y por encogimiento.</p>
<p>Punzonado</p>	<p>Las telas son tomadas por agujas que van engancho las fibras mientras el sustrato pasa sobre una placa que se desliza por rodillos mientras las agujas van penetrando la tela.</p>
<p>Backing</p>	<p>Nombre con el que se conoce al acabado textil que le proporciona a la tela un apresto, generalmente elaborado con resina acrílica, que se aplica por el revés de la tela, esto con la finalidad de darle cierta rigidez y consistencia que permita un mejor manejo del textil en los procesos de la confección del</p>

	producto final y un menor deslizamiento de los hilos que conforman la tela.
Empacado	Se van embolviendo las telas por tipo y acabado.
Almacen	Se van juntando las telas en grandes pacas para poder trasportarlas.Y posteriormente distribuidas

Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa

Tabla 2 Proceso con algodón

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Urdido	Los carretes de algodón pasan por otros carretes para el tejido. Su objetivo es reunir varios metros de hilos.
Engomado	Proceso que adhiere a la tela una goma compuesta por ciertos componentes químicos para endurecer la tela y evitar que se deshile.
Tejido	Los hilos están sujetos a esfuerzos de tracción flexión y abrasión por diferentes elementos y órganos del telar
Revisado	Se analiza la calidad de las telas. Se realizan las pruebas de manera manual. El primero, de resistencia física a factores externos como las fuerzas de tracción, a la presión que se le aplique, al desgarre, la rotura por abrasión y a la formación de pilling por abrasión. El segundo de resistencia física a la deformación estructural por estiramiento y por encogimiento.
Secado	El agua dispersa en un material textil por procesos físico – químicos generalmente se elimina mediante la acción de aire caliente, que hace que el agua evapore: durante el proceso de secado, es muy importante considerar cuidadosamente la manera en que se dirige el calor sobre el tejido. El proceso de secado se lleva por diferentes maneras pero en el caso de la empresa se lleva a cabo por convección de calor, la cual se lleva a cabo mediante aire caliente que circula dentro de la unidad de secado.
Empacado	Se van embolviendo las telas por tipo y acabado.
Almacen	Se van juntando las telas en grandes pacas para poder trasportarlas.Y

posteriormente distribuidas

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

2.2 Descripción de la situación y justificación

Gran parte de los sistemas en la producción de telas de algodón requieren de agua caliente, no vapor, sin embargo, se genera vapor a través de la única caldera para cubrir todos los servicios de energía térmica. Se tratará de brindar y evaluar propuestas para disminuir el consumo de energía térmica, y como consecuencia disminuir la facturación de gas natural, manteniendo normalizados los niveles de producción de telas.

Se busca promover el desarrollo eficiente de la industria, garantizando la continuidad de los servicios, aprovechando el conocimiento de los sistemas de todo el personal de la organización., a través de la aportación de sugerencias e ideas, así como las medidas de seguridad y cuidado de los sistemas térmicos.

Apoyando la adquisición de los recursos eficientes en el uso de la energía con una adecuada relación costo-beneficio.

La mayoría de las empresas pyme no lleva un control adecuado sobre sus calderas control, además de no conocer a importancia que tiene en la facturación energética el mantener los equipos cercanos a su eficiencia nominal.



Ilustración 3 Retos para la mejora del sistema energético

2.3 Usos de la energía

El uso de la energía en Industrias Hermes está acotado a Urdido, Tejido, Rama (acabado), Secado, Teñido, Revisado, Punzonado. Ver Figuras 13 y 14.

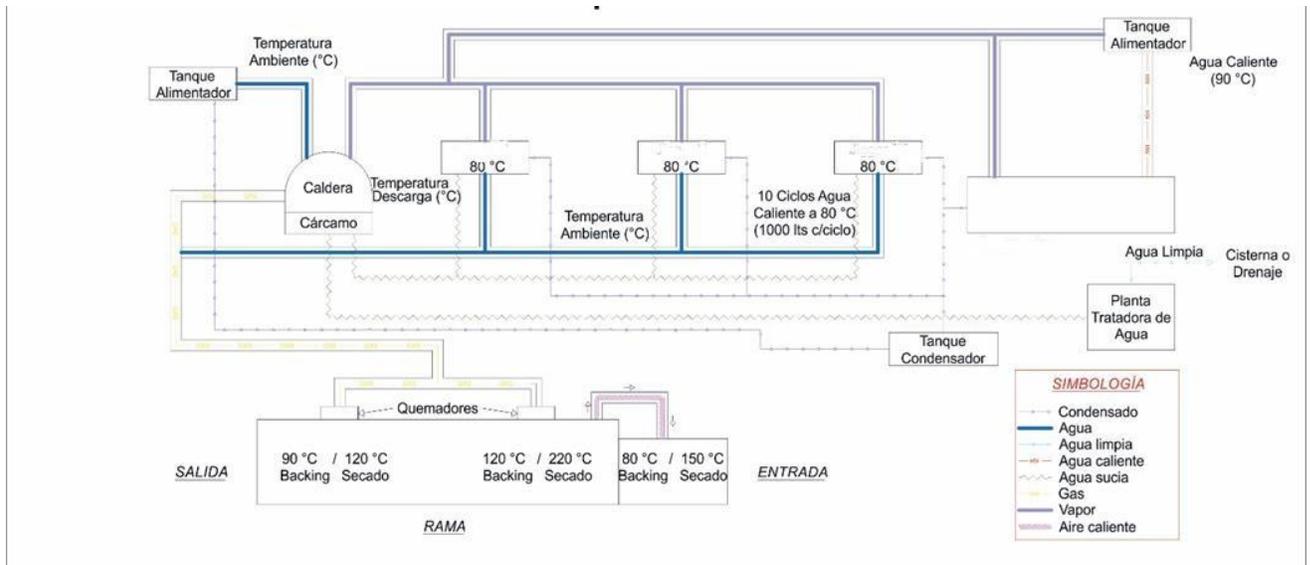


Ilustración 4 Diagrama de Proceso de vapor.

Tabla 3 Características de la Caldera

MARCA	Cleaver Brooks
Año de fabricación	1972
Tipo	Pirotubular
Presión de diseño	10.5 Kg/cm ²
Superficie de calentamiento	10.775 m ²
Combustible	Gas natural
Generación	150
Capacidad	2352 kg v/h
Motor ventilador	7.5 hp
Combustible	177 m ³

En las imágenes 5,6,7 y 8 se muestran las máquinas engomadoras las cuales presentan una antigüedad de 10 años. Unos de los problemas principales es la pérdida de calor que se presenta en los rodillos de los engomadores ya que todo el vapor se va al ambiente y no se recupera en forma de condensado. Los rodillos por los que pasa la tela para que se lleve a cabo el tratamiento tienen una longitud de 6.8 metros de largo. Este proceso dura aproximadamente 40 min en un periodo de 3 a 5 turnos por día.



Ilustración 6. Proceso de engomado



Ilustración 5. Máquina engomadora



Ilustración 8. Proceso de Engomado



Ilustración 7. Inyección de vapor

En el proceso de teñido se tienen maquinas viejas las cuales no se les ha dado el mantenimiento adecuado en mucho tiempo como se puede apreciar en la Ilustración 9 , se puede apreciar que ciertas zonas de la maquina tienen una ligera oxidación Ilustración 10 ya que utilizan el vapor para calentar el agua que se utiliza en el proceso.



Ilustración 9 Proceso de teñido



Ilustración 10 Jigger



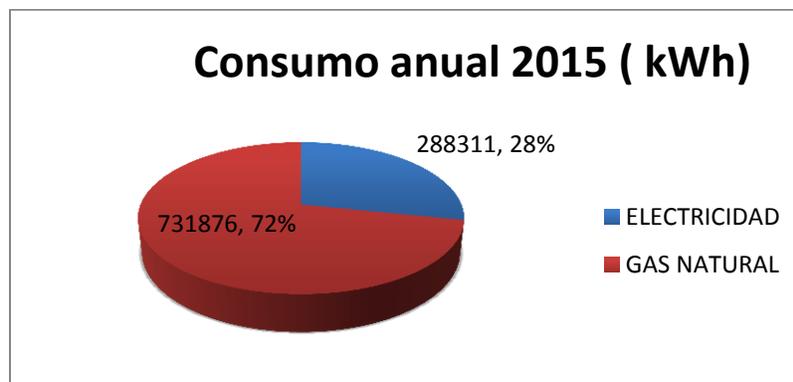
Ilustración 11 Jigger sin mantenimiento

2.4 Revisión energética

El consumo general de energía, en la planta se tiene desglosada por consumo eléctrico y consumo térmico, en diferentes porcentajes, un 72% corresponde al consumo de energía térmica que va directamente al proceso, en relación con el consumo de electricidad, el cual es del 28% el cual no solamente va al proceso sino también a suministrar los sistemas auxiliares y oficinas.

Para realizar un análisis más detallado de la parte térmica se deben considerar ciertos factores como lo son:

- ✓ Fugas de vapor de los Jigger I y II
- ✓ El aislamiento en las bridas y válvulas de vapor
- ✓ Efectividad de la Caldera
- ✓ Los carburadores de la rama
- ✓ Válvulas rotativas del engomador

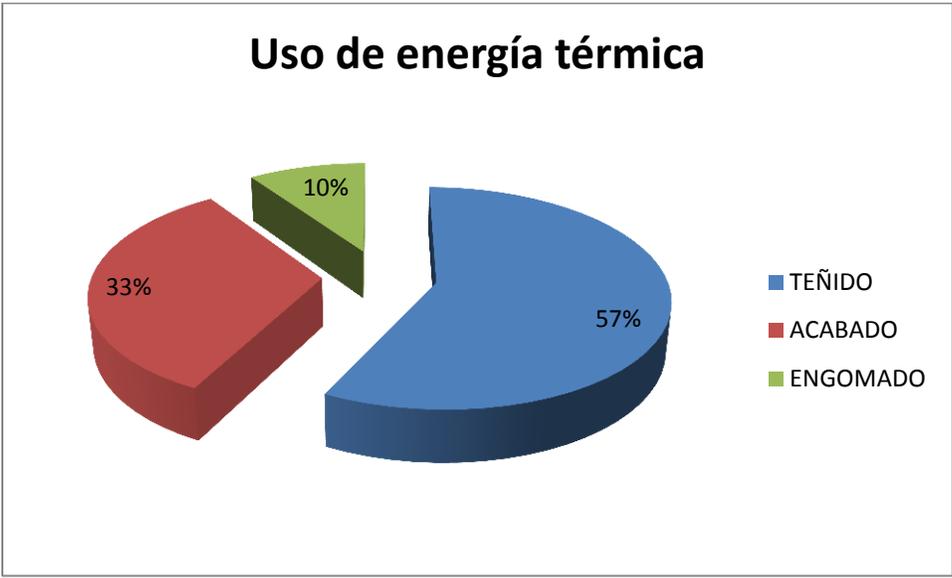


Gráfica 1 Consumo total de energía por año

El mapeo que se maneja en este trabajo en lo que se refiere a la energía térmica, debe indicar inicialmente que no existe un control de los consumos de salida de vapor ya que la planta no cuenta con medidores de vapor bridados, tampoco existe un control completo de las temperaturas de salida de los equipos o de los diferentes cabezales de la instalación, en las áreas en donde se utiliza el vapor, esto es parte de las acciones que deben realizarse como parte de las oportunidades de mejora.

Durante el recorrido realizaron algunas mediciones para saber las temperaturas de la caldera, gases de combustión, así como de temperaturas superficiales del engomador y los Jigger, para tratar de estimar algunas pérdidas de los equipos por radiación. En la mayoría de los casos el vapor que va a los procesos no se recupera, el cual prácticamente va al ambiente.

En cuanto a las áreas de mayor consumo por proceso se tiene que el teñido se lleva la mayor cantidad con un 57% para el teñido, 33% para el acabado y un 10% para el engomado.



Gráfica 2 Estructura térmica general de la planta.

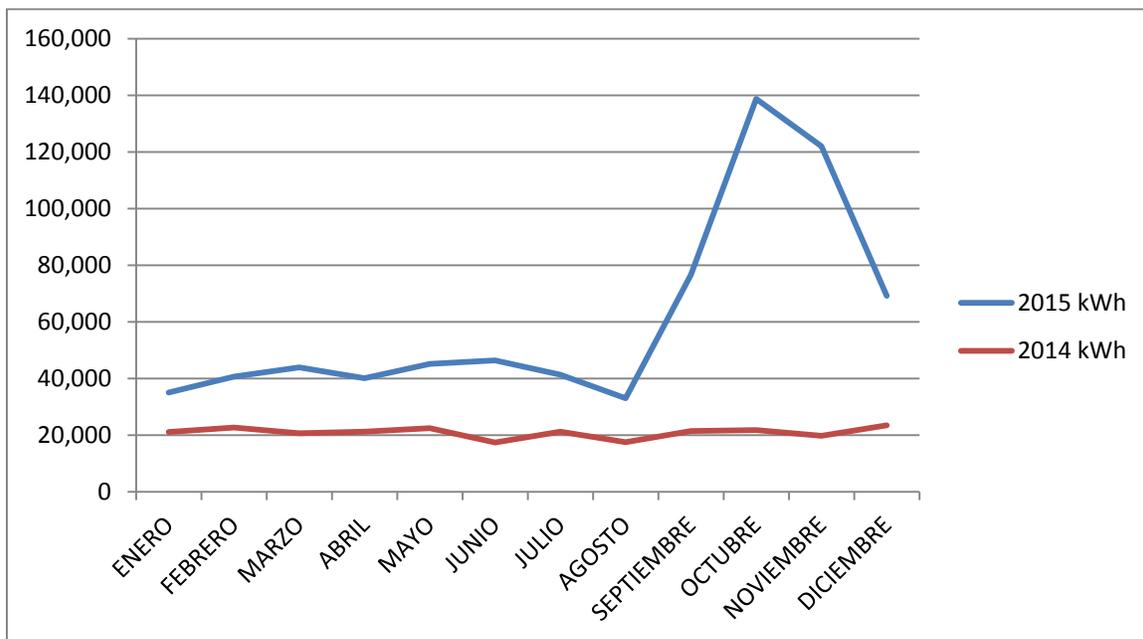
A continuación se presentan las siguientes tablas, las cuales muestran el desarrollo y evolución de los consumos energéticos totales de la planta de las principales fuentes de energía, desglosando el consumo de electricidad y de gas natural, los cuales a modo de comparación entre el año 2013 y 2014 ha aumentado y la tendencia para el 2015 muestra

un aumento a pesar de solo considerar la mitad del año, de seguir esta tendencia en 2015, seguirá el incremento de energía total utilizada para los próximos años.

Tabla 4 Consumos eléctricos y térmicos

Año	2014	2015
Consumo	kWh	kWh
Energía Eléctrica	232,893	288,311
Energía Térmica	250,421	731,876
Total	483314	1020187

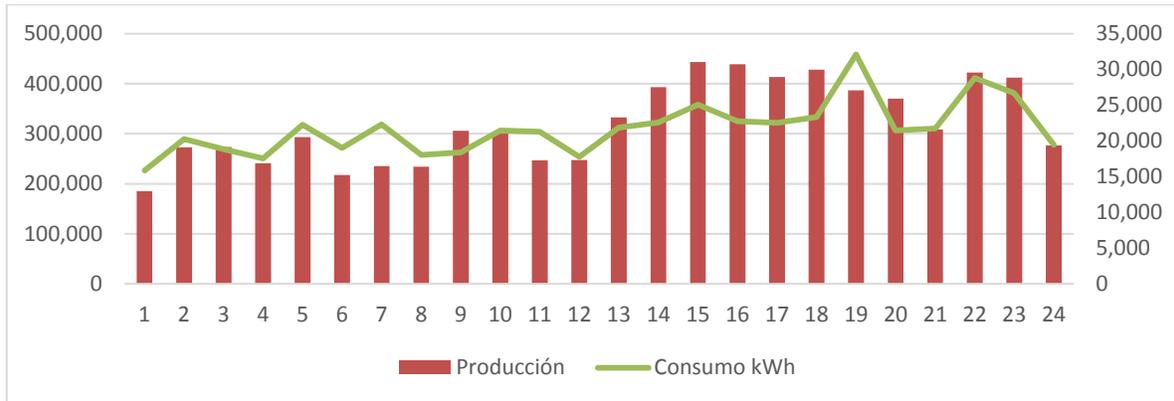
De manera general, dentro de la planta, se tiene cierta incertidumbre, debido a que no se tiene un control sobre todos los equipos que tienen un consumo térmico.



Gráfica 3 Gráfica de consumos de enero 2014 a diciembre 2015

En el caso de los consumos históricos, contra la producción por año, puede observarse que, para mayo, junio y julio, la producción en magnitud fue similar; aunque para un consumo superior en el 2015. Lo que nos indica un posible potencial de ahorro, es decir se

puede producir lo mismo con menor consumo eléctrico. Para octubre del 2014 la producción fue mayor que para mayo del 2014 con el mismo consumo eléctrico



Gráfica 4 Consumo de energía térmica en la producción de telas.2.5 Emisiones de co2

México ha comprometido una reducción del 20% de las emisiones de GEI para el año 2020 y de 50% para el año 2050.

A continuación se presenta una tabla con las emisiones generadas en el 2014 y 2015

Tabla 5 Emisiones de CO2.

TON DE CO2		
MES	2014	2015
ENERO	4245.34118	7052.52845
FEBRERO	4559.72832	8189.67341
MARZO	4169.53152	8854.12282
ABRIL	4267.63814	8087.57563
MAYO	4524.05318	9106.07846
JUNIO	3498.39302	9355.80442
JULIO	4278.78662	8323.45517
AGOSTO	3534.06816	6644.49408
SEPTIEMBRE	4316.69146	15438.4151
OCTUBRE	4392.50112	27955.9284
NOVIEMBRE	3968.85888	24598.0063
DICIEMBRE	4729.18522	13940.0594
TOTAL	50484.7768	147546.142

CAPÍTULO 3

Plan de medición y análisis de caldera

El plan de medición servirá como guía para realizar el censo térmico, a continuación, se enlista el equipo de medición que se utilizó.

- 1 escalera para almacén de 2.3 m
- Cámara termográfica
- Analizador de gases de combustión PCA3 275
- Medidor de flujo ultrasonico
- Termometro infrarrojo
- Distanciometro
- Chaleco
- Zapatos tipo industriales
- Guantes térmicos

3.1 Acciones a realizar en campo

- Revisar la bitácora de funcionamiento de la caldera para conocer los tiempos de operación a plena carga y en piloto. De no ser así se necesitaria medir con un cronometro los cilos de la caldera.
- Revisar y anotar todos los datos de la placa de la caldera. De no ser visible se tendrá que pedir la ficha tecnica al encargado de mantemnimiento.
- El operario encenderá la caldera en un periodo de 15 a 20 minutos en fuego bajo para estabilizar y lograr la presión de trabajo.
- Hablar con el operador para realizar 3 mediciones tanto para llama baja, media y alta. (Debido a que el proceso lo demanda solo se pudo hacer las mediciones en flama baja) .
- Medir el flujo de agua entrante en la caldera.
- Revisar la presión a la que trabaja la caldera y la presión a la que llegue para ser distribuida.
- Verificar los tiempos de purga de la caldera para poder hacer las mediciones. Los tiempos varía dependiendo del proceso. En esté caso solo se realiza una purga al final del proceso aproximadamente de 10 litros.
- Verificar que las válvulas de: purga de fondo, purga de columna de agua, alimentador de agua del inyector, entrada de vapor al inyector, entrada de agua al inyector desde el tanque elevado y de la red, estén cerradas.

- Verificar que las válvulas de: purga alta de columna de agua, entrada de agua al tanque de alimentación de la caldera, entrada de agua a la caldera a través de la bomba de alimentación, estén abiertas
- Revisar el nivel de agua de la caldera abriendo las válvulas de purga de limpieza, posteriormente se tiene que cerrar las válvulas
- Comprobar el nivel de condensado.



Ilustración 12 Tanque de alimentación de agua



Ilustración 13 Fuga en la tubería.

3.2 Revisión de la caldera y análisis termográfico

La empresa cuenta con diferentes zonas las cuáles son significativas para el desempeño energético. Entre ellas está el sistema de caldera el cual cuenta con una caldera tipo piro tubular que trabaja a 175°C a una presión de 7.5 kg/cm². Un ciclo de trabajo de caldera dura entre 4.5 y 5 min, con un tiempo de flama de 2.5 min. El operario estabiliza la caldera y la tiene trabajando alrededor de 5 a 6 horas al día dependiendo de la producción.

Una visión amplia de la caldera puede mostrar rápidamente las zonas en las que existen mayor incremento de temperatura no deseadas, en la imagen se puede observar las paredes de la caldera comienzan a tener desgaste a causa de una mala combustión.



Ilustración 14 Hogar de la caldera

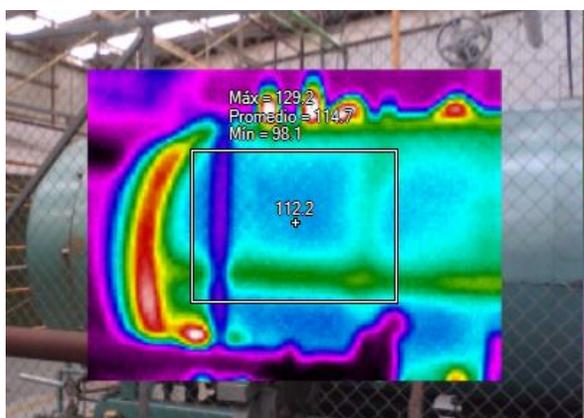


Ilustración 15 Variación de temperatura en el hogar

Tabla 6 Tiempo de operación de la caldera

Cantidad	8	Veces por hora
Duración	5	Minutos
Total	40	Minutos/hora

Tomando en consideración las 6 horas de trabajo se tiene un total de 240 minutos al día a plena carga.

Considerando que la otra parte del tiempo se encuentra en standby (piloto) también hay un gasto de combustible, trabaja alrededor de 18 minutos considerando que el gasto de combustible es del 15%. Sumando esto a los minutos a plena carga se tiene que son 258 minutos lo cual equivale a 4.3 h.

El gasto de combustible aproximadamente es de 22,642,000 litros al año, tomando en consideración los días laborables en la empresa de 254 se tiene un consumo de 18.01 l/h. Utilizando la densidad del gas natural de 0.61 kg/l se tienen 18.98 kg/l de gas natural.

Respecto al flujo de agua se realizó un cálculo aproximado con base en la facturación de agua mensualmente y el tiempo que de operación, se calculó que se tiene un flujo de 1.89 kg/s y en hora 6804 kg/h.

Para obtener los kg de combustible se multiplica los litros por la densidad del gas natural que es de 0.61 kg/l, lo que nos da como resultado 13811620 kg. La masa del vapor será la masa de agua de alimentación menos la masa de purga. Tomando en consideración que la purga es de 5 kg al día y los kg de agua de alimentación por hora son aproximadamente de 6.8 kg v/h, tomando en consideración que se tiene 2,348 Kg v / hr como capacidad evaporativa nominal .

Considerando las toneladas de vapor y el combustible se tiene 0.13 ton de vapor/kg combustible.

La capacidad de la caldera es de 150 cc

Respecto a la parte de la chimenea se puede apreciar que se tiene una variación de temperatura de 18 °C con respecto a varias zonas a lo largo de la chimenea.

La chimenea presenta ya una ligera corrosión por oxígeno o "pitting" a causa del exceso de oxígeno, esto se observa por la formación de barros e incrustaciones de color negro a lo largo de la chimenea.

Las características de la chimenea son las siguientes:

- Diámetro de salida 406 mm .
- Altura de la chimenea: 6 metros.
- El calibre de la lámina es 12 curvada con lámina gris con pintura anti corrosiva.
- El colector de hollín y puerto de muestreo.



Ilustración 16 Chimenea de gases de combustión

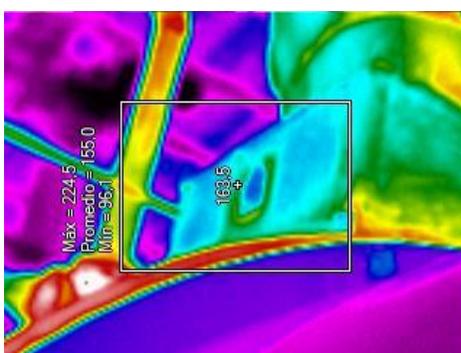


Ilustración 17 Variación de temperatura en la chimenea

En la parte lateral del hogar se puede apreciar que comienza a generarse corrosión debido a diversos factores como lo puede ser la acidez del agua, la cual debe de ser arriba de 7 pH la cual es neutra o alcalina¹⁸. En este caso no se midió el pH. Puesto que la caldera no tiene habilitado el tanque de condensados, ni los filtros de agua. Es importante mantener un pH fuertemente alcalino o pH elevado en el interior de las calderas de vapor ya que el hierro y otros metales se disuelven más rápidamente en el agua cuanto más bajo sea el valor del pH o más acida sea el agua¹⁹.

¹⁸ Aguas de Alimentación de Calderas, Walter Dummer Oswald

¹⁹ Guía básica de Calderas Industriales Eficientes, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid



Ilustración 18 Hogar de la caldera

Los cables del motor no presentan obstrucción, pero se identificó que el motor comienza a tener vibraciones en la carcasa, eso genera que la eficiencia disminuya y puede llegar a presentar problemas en rodamientos, para hacer este análisis se tendría que tener un analizador de motores energizados y hacer el análisis en frecuencia, voltaje y corriente, generando que el oxígeno no se regule correctamente y afecte la combustión como lo apreciamos en las mediciones de gases de combustión generando mayor cantidad de monóxido de carbón lo cual no es bueno para el proceso de combustión.



Ilustración 20 Aumento de temperatura en los soportes



Ilustración 19 Válvula de seguridad.

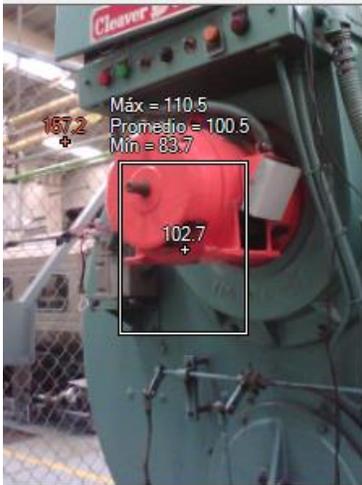


Ilustración 21 Motor del quemador

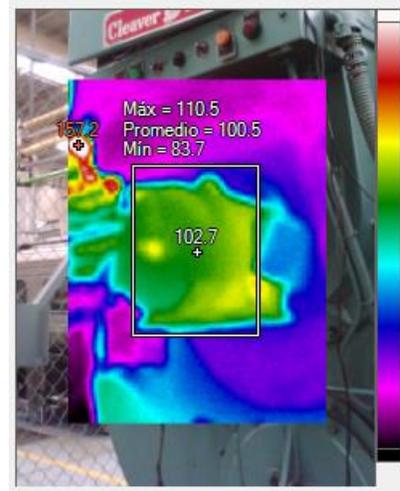


Ilustración 22 Termografía del quemador

Figura 7 Motor para producción de oxígeno Figura 8 Temperatura del motor

Tanto la válvula de purga como las paredes de la caldera presentan cierto calentamiento a pesar de que la emisividad es del 0.95 se puede apreciar que esa temperatura es un poco más elevada a lo usual dentro de lo establecido.

Las tuberías no cuentan con el aislante indicado como lo especifica la NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ENER-2014, Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales por lo tanto se puede presentar una pérdida de calor considerable. Aproximadamente son 60 metros de tubería de vapor, de los cuales un 20% de la tubería tiene problemas con el aislante.



Ilustración 23 Aislante de tuberías ineficiente



Ilustración 24 Termografía del aislante



Ilustración 26 Partes de la tubería sin aislante



Ilustración 25 Línea de distribución de vapor

En la revisión energética se encontraron los siguientes problemas debido a un mal mantenimiento la caldera presenta los siguientes problemas

- Aumento de temperatura en las válvulas de seguridad,
- Sistema de combustión ajustado,
- Cableado de potencia de el motor de la bomba golpeado,
- Descarga de gases de combustión parcialmente obstruido por la generación de hollin ,
- Valvula de seguridad atascada,
- La válvula de seguridad presenta un calentamiento el cual es normal debido a la generación de CO .

3.3 Mediciones de combustión de caldera

Con el analizador de gases de combustión PCA 3 275 se realizó las mediciones de los gases de combustión en la chimenea de la caldera. La medición arrojó los siguientes resultados:

Tabla 7 Mediciones de combustión

Mediciones de combustión	
Día 1	Día 2
O ₂ = 8.6 %	O ₂ = 8.6 %
CO= 27 ppm	CO= 27 ppm
Effcomb= 81.8 %	Eff= 82.3 %
CO ₂ = 7.0%	CO ₂ = 6.9%
T-Stk= 173 °C	T-Stk= 165 °C
EA= 61.8%	EA= 62.6%
CO(O) =45 ppm	CO(O) 47 ppm

NO= 40 ppm	NO= 42 ppm
NO ₂ =---	NO ₂ =---
NO _x = 42 ppm	NO _x = 45 ppm
SO ₂ = 2 ppm	SO ₂ = 3 ppm
NO(O)=67 ppm	NO(O)=72 ppm
NO ₂ (O)=-----	NO ₂ (O)=-----
NO _x (O)= 71 ppm	NO _x (O)= 76 ppm
SO ₂ (O)= 4 ppm	SO ₂ (O)= 5 ppm
T-Air= 26.7 °C	T-Air= 26.9 °C
Lectura de tiro	Lectura del tiro
-0.39 mB	-0.41 Mb

La presencia de monóxido de carbono en el análisis de los gases de combustión indica que la combustión es incompleta, por lo que debe suministrarse más aire a la llama.

Se puede apreciar que la combustión está generando NO_x el cual es dañino para el medio ambiente, así como para las personas. Es una sustancia corrosiva para la piel y el tracto respiratorio, provocando enrojecimiento y quemaduras cutáneas graves.

Cuando el combustible no se inflama por estar a temperaturas menores a la de inflamación. Según la viscosidad del combustible, se diseñará un equipo atomizador con una determinada presión y temperatura. · La combustión requiere control de la relación aire-combustible. El combustible se regula por válvulas y el caudal del aire se regula por medio de ventiladores.

La inhalación en elevadas concentraciones y durante un corto periodo de tiempo, puede originar un edema pulmonar cuyos efectos no se observan hasta pasadas unas horas, agravándose con el esfuerzo físico. Una exposición prolongada puede afectar al sistema inmune y al pulmón, dando lugar a una menor resistencia frente a infecciones y causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar.

Análisis por el método directo

Reducción de las emisiones de NO_x

Es importante reducir los gases contaminantes en una combustión. La caldera presentó 45 ppm por lo que es importante regular la temperatura de combustión para así limitar estas emisiones nocivas de óxidos de nitrógeno.

El proceso de producción de vapor comprende el área de Jigger teniendo una temperatura de salida de 90°C en esta área se presenta una perdida térmica considerable. Por lo que se propone poner un sistema de cogeneración pequeño

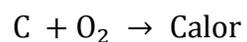
Sistema de mantenimiento para la caldera.



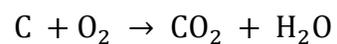
Tabla 8 Datos térmicos tomados para el balance.

Presión del Caldera	7.5 kg/cm2
T° ambiente	26.7 °C
T° Agua de alimentación	27.5 °C
T° de Combustible	24 °C
Potencia de la Caldera	150 cc

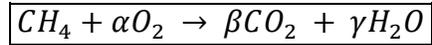
Periodo de prueba: 2 horas



- C: Combustible orgánico
- O₂: Oxidante (Oxígeno presente en el aire)



- CO₂: Dióxido de Carbono
- H₂O: Agua



C	$1 = \beta$	$\beta = 1$
H	$4 = 2\gamma$	$\gamma = 2$
O	$2\alpha = 2\beta + \gamma$	$\alpha = 2$
N	$\delta = 79(\alpha) \div 21$	$\delta = 7.52$



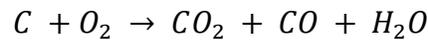
Relación aire/combustible teórica:

$$m_{aire} = (7.5 \times 2 \times 16) + (7.52 \times 2)(14) = 450.56 \text{ kg aire}$$

$$m_{combustible} = (12 \times 4) + (1 \times 15) = 63 \text{ kg combustible}$$

$$\frac{m_a}{m_c} = \frac{450.56}{63} = 7.151 \text{ kg aire / kg combustible}$$

COMBUSTIÓN REAL



- C: Combustible orgánico
- O₂: Oxidante
- CO₂: Dióxido de Carbono
- CO: Monóxido de Carbono
- H₂O: Agua



Datos obtenidos para los gases de escape:

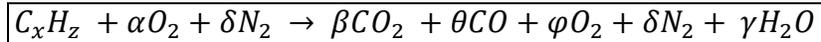
O_2 : 8,6%

CO_2 : 7%

CO : 0.027%

N_2 : $(100 - 8.6 - 7 - 0.027)\% = 84.37\%$

Por las pruebas obtenidas, la ecuación real sería:



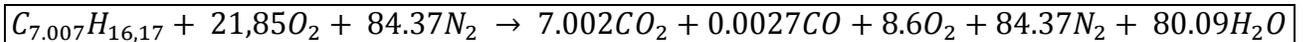
$$\varphi = 8,6$$

$$\beta = 7$$

$$\theta = 0.0027$$

$$\delta = 84.37$$

C	$x = \beta + \theta$	$x = 7 + 0,027$	$x = 7.0027$
H	$z = 2\gamma$	$z = 2\gamma$	$z = 16.1718$
O	$2\alpha = 2\beta + \theta + 2\varphi + \gamma$	$2\alpha = 2(7) + 0.027 + 2(8.6) + \gamma$	$\gamma = 12.4688$
N	$\delta = 79(\alpha) \div 21$	$82,19 = 79(\alpha) \div 21$	$\alpha = 21,8479$



$7.0027(12) + 16,17(1)$ $+ (21,84 \times 2)(16)$ $+ (84.37 \times 2)(14)$ 3161.44	$7.0027(12) + (7.0025 \times 2)(16) + 0,0027(12 + 16)$ $+ (8,6 \times 2)(16) + (84.37 \times 2)(14)$ $+ (8,09)(2 + 16)$ 3161.44
--	--

Relación aire/combustible real:

$$m_{aire} = (21.84 \times 2 \times 16) + (84.37 \times 2)(14) = 3061.24 \text{ kg aire}$$

$$m_{combustible} = (12 \times 7.002) + (1 \times 16.17) = 100.194 \text{ kg combustible}$$

$$\frac{m_a}{m_c} = \frac{3061.24}{100.194} = 30.5531 \text{ kg aire/kg combustible}$$

BALANCE DE MATERIA

Aire

$$\begin{array}{l} O_2 \rightarrow 21\% \rightarrow \alpha \\ N_2 \rightarrow 79\% \rightarrow \delta \end{array} \quad \gg \delta = (\alpha) \frac{79}{21}$$

El exceso de aire tiene relación con con la cantidad de aire para la combustión que debe de ser entregado por sobre el estequiometrico, para lograr una buena mezcla aire/combustible y con ello una buena combustión. La magnitud del exceso de aire requerido en una caldera varia principalmente de acuerdo al timpo de combustible y a la tecnología del quemador. En la siguiente tabla se pueden apreciar valores referenciales para diferentes tipos de combustibles y quemadores.

Tabla 9 Exceso de aire para diferentes combustibles

Combustible	Tipo de quemador	Exceso de aire mínimo
Gas natural	Atmosférico	65%
	Tipo anilo	45%
	Boquillas	10%
	Bajo exceso de aire	1%
Petróleo	Atomizado por presión	15%
	Copa rotativa	22-35%
	Atomizado con vapor o aire	8-15%
Carbón	Parrilla movil	36%
	Parrilla fija	36%
	Pulverizado	8%

EXCESO DE AIRE calculado por el Bacharach

$$|\%e| = 61.8\%$$

Caldera

Consumo: $5514.43 \text{ m}^3/\text{mes}$

Sabemos que la caldera trabaja 22 días/mes y 5h/día

$$5514.43 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{5 \text{ horas}} = 50.131 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$50.131 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{0.743 \text{ g}}{1 \text{ m}^3 \text{ de gas natural}} = 37.24 \text{ kg}$$

- *Potencia de la caldera: 150 cc*
- *Evaporación: 1 c. c $\xrightarrow{\text{evapora}}$ 15,65 kg/h agua*
- *Q necesaria para evaporar 1 kg de agua: 2257 kJ/kg =*

539.2039 kcal/kg

- *Q necesaria para evaporar 1 kg de agua :*

$$\left(15,65 \text{ kg/h}\right) \left(539,2039 \text{ kcal/kg}\right) = 8438,54 \text{ kcal/kg}$$

Poder calorífico del combustible (inferior) = 39900 KJ/kg

$$= 10420.65 \text{ Kcal/kg de combustible}$$

- *Hallando la masa del vapor (m_v):*

$$\boxed{BHP = \frac{m_v(h_g - h_f)}{Q}}$$

Por tablas:

$$H_2O_{alim}: h_{f_{28^\circ C - 0,2538 kg/cm^2}} = 28.059 \text{ Kcal/kg}$$

$$Vapor: h_{g_{120^\circ C - 6 kg/cm^2}} = 632.88 \text{ Kcal/kg}$$

$$150 = \frac{m_v(632.88 - 28.059)}{8438.54}$$

$$m_v = 2092.81 \text{ kg/h}$$

Q₁: CALOR ÚTIL (por kg de combustible consumido)

$$Q_1 = \frac{m_v}{m_c} \Delta H$$

$$Q_1 = \frac{2092.81}{37.24} (632.88 - 28.059)$$

$$Q_1 = 33989.6733 \text{ Kcal/kg combustible}$$

CALOR PERDIDO EN LOS GASES DE ESCAPE (por kg de combustible consumido)

$$Q_2 = \frac{m_{gas}}{m_c} C_{p_{gas}} \Delta T$$

$$C_p = 0.5 \text{ KJ/kg}^\circ K$$

Composición del combustible { 85% C
15% H

$$m_{gas} \begin{cases} CO_2 \\ CO \\ N_2 \\ O_2 \end{cases} \gg (44 \times 0,092) + \left(28 \times \frac{0,01}{100}\right) + (28 \times 0,8219) + (32 \times 0,086)$$

$$= 29,8 \text{ kg}$$

$$\gg \frac{29,8 \text{ kg gas}}{(0,0921 \times 12) \text{ kg C}} \times \frac{0,85 \text{ kg C}}{1 \text{ kg combustible}} = 22,932 \text{ kg gas/kg combustible}$$

$$Q_2 = 22,932(1,361)(192 - 24)$$

$$Q_2 = 5243,35 \text{ KJ/kg} = 1252,65 \text{ Kcal/kg combustible}$$

Las pérdidas por la presencia de inquemados en los gases de combustión se evalúan abajo. Estos son los productos que no alcanzan el grado máximo de combustión.

$$PIQ = 60 * \frac{\%CO}{\%CO + \%CO_2}$$

Tomando en consideración
10 000 ppm = 1 %

$$PIQ = 60 * \frac{0.0045}{0.0045+7} = 0.0231$$

$$PIQ = K * \frac{(T_G - T_A)}{CO_2 + CO}$$

$$PIQ = 0.58 * \frac{(173-25)}{7+0.0045} = 12.25$$

K – Coeficiente HASSISTEIN depende del tipo de combustible.

T_G – temperatura de los gases de salida

T_A – temperatura ambiente.

CO₂ – porcentaje volumétrico de CO₂ en los gases.

CO – porcentaje volumétrico de CO en los gases.

Eficiencia

$$E = \frac{m_v(h_g - h_f)}{m_{combustible} \times PCI} \times 100$$

Por lo tanto, se tiene la eficiencia de:

$$E = 74\%$$

Este porcentaje está 11% debajo de la eficiencia nominal de la caldera, siendo esto razonable por el tiempo que se tiene en operación.

CAPÍTULO 4

Resultados y recomendaciones

El vapor se va a distribuir a los jiggers, engomado y al secado. Se necesita saber la cantidad de vapor que va para estos 3 lados por lo que se toma a consideración el siguiente cálculo.

- Area de los rodillos de los engomadores
- Humedad relativa en la zona de los engomadores es de 50 a 70%
- Humedad en el hilo despues de engomador

4.1 Calor aprovechado

$$Q_{aprovechado} = Q_{va} + Q_{vm} + Q_{vb}$$

$$Q_{aprovechado} = \text{Calor aprovechado kJ/s}$$

$$Q_{va} = \text{Calor de vapor de alta presión kJ/s}$$

$$Q_{vm} = \text{Calor de vapor de media presión kJ/s}$$

$$Q_{vb} = \text{Calor de vapor de baja presión kJ/s}$$

$Q_{aprovechada}$ = Calor aprovechado, kJ/s

Q_{va} = Calor del vapor de alta presión, kJ/s

Q_{vm} = Calor del vapor de media presión, kJ/s

Q_{vb} = Calor del vapor de alta presión, kJ/s

Precauciones: asegurarse de que no existan fugas en las líneas, bloqueos o cualquier otro flujo secundario que pueda causar errores en las mediciones de flujo. No deben realizarse purgas o desmineralizaciones durante la prueba; de no poder ser esto así se deberá compensar: determinar el flujo de agua de purga y el calor absorbido por esta deberá agregarse a la salida efectiva del evaporador

Los errores probables de medición y errores resultantes en cálculos de eficiencia, se muestran en la imagen abajo se puede observar que los valores recomendado son relativamente bajos, además de que dan cuenta de los factores indirectos que infieren en la determinación de la eficiencia de la caldera independientemente del diseño y/o capacidad de ésta.

Tanto la válvula Walworth que es la principal de vapor y la válvula de indicador de nivel tienen un deterioro el cual se aprecia con la oxidación en el material.



Ilustración 28 Fugas de vapor



Ilustración 27 Desgaste en las Válvulas

Es importante que el aire de combustión sea suficiente pero no excesivo para así no generar moléculas de CO.

Mejorar la mezcla de gas natural con oxígeno dentro del rango de inflamabilidad.

Revisar que el tiempo (corto periodo de tiempo), temperatura (alta temperatura) y turbulencia (llama muy turbulenta) estén lo mejor posible para así tener una combustión ideal y evitar las pérdidas energéticas.

Se propone que la purga de la caldera se de cada 2 horas, para eliminar el exceso de agua que se llegase a presentar

Si aumentamos el porcentaje de exceso de aire la temperatura de llama se reduce, la velocidad de transferencia de calor en la caldera se reduce y por tanto la temperatura de salida de los gases aumenta.

La cantidad de exceso de aire requerida puede depender de los siguientes factores.

- El tipo de combustible
- Diseño del quemador
- Características del combustible y preparación

- Carga como porcentaje de la carga máxima
- La velocidad de infiltración de aire
- Las condiciones ambientales

Para calcular la cantidad de calor que se ocupa en la caldera es necesario tomar en consideración la temperatura ambiente, así como la temperatura a la que sale el vapor

$$Q_1 = \frac{458.3 L}{h} \left| \frac{1 \text{ kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right| (80 - 25) ^\circ\text{C} = 25,206.5 \text{ kcal/h}$$

4.2 Aislamiento en las redes de vapor

La tubería tiene un aislamiento marca Fiberglas, no toda la longitud de tubería tiene aislamiento, la empresa está poniendo gradualmente el aislante en los tramos de tuberías faltantes los cuales son alrededor de 20 metros.

El aislamiento para tubería con y sin recubrimiento que funciona con temperaturas de -18 °C a 454 °C. Las líneas de vapor presentan las siguientes características.

Cálculo de aislante en la tubería

Una red de vapor no se considera un sistema aislado ya que interactúa con el sistema exterior que lo rodea. Se pueden dar 3 tipos de pérdidas fundamentales

Pérdidas internas debidas a la fricción (pérdidas de presión a lo largo de la red de distribución)

$$Q_{perd} = hA(T_{tubo} - T_{amb})$$

$$Q = w/m^2K$$

$$Q_{perd} = 763.2 * (T_{tubo} - T_{amb})$$

Las dimensiones de las líneas de vapor son de 50 m por todo el proceso de vapor. El tipo de tubería es de 2 pulgadas.

Se requiere recubrir con aislante de lana de roca 35 m de tubería cuyo diámetro exterior es de 0.0603 m e interior de 0.0597 m con un espesor de pared de 0.036 m ²⁰ considerando una conductividad térmica de $0.031 \text{ W/m}^2\text{K}$, con un coeficiente total de transferencia de calor superficial de $5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Para calcular el radio crítico se tiene:

$$r_{mx} = \frac{0.031}{5} = 0.062 \text{ m} = 6.2 \text{ cm}$$

$$e = 0.062 - 0.036 = 0.026 \text{ m}$$

Características de las tuberías:

Diámetro: 0.0508 m

$$\text{superficie de intercambio} = \pi r^2$$

$$\text{Superficie de intercambio} = \pi(0.0508)^2 = 0.0081 \text{ m}^2$$

$$Q_{perd} = 1700 * (T_{tubo} - T_{amb})$$

$$Q_{perd} = 1700 * 0.0081(-298.15 \text{ K}) = 13.77 * (425.15 \text{ K}) = 5854.24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_{rad} = \tau * \varepsilon * A(T_{tubo}^4 - T_{amb}^4)$$

$$A = (\pi r^2 - T_{amb})$$

$$\tau = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

Mediante los datos de temperatura y presión del vapor en cada proceso se elaboró la siguiente tabla.

Tabla 10 Tabla de operación de los equipos térmicos de la empresa.

Líneas de vapor	T(°C)	P(kPa)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	P(kg/cm ²)
Engomado	80	735.49875	2643.0	7.61	7.5
Jigger	110	490.3325	2691.1	7.24	5
Secado	100	519.75245	2766.79293	6.68279264	6.5

²⁰ Catalogo técnico Tubo de acero al carbón en (DIN), Grupo ALMESA.

4.3 Pérdida de calor

Se evaluarán las pérdidas de calor en los procesos que ocupan la energía térmica para poder mapear cual es el equipo con mayor desgaste.

4.3.1 Engomador.

La empresa tiene una máquina engomadora la cual cuenta con 5 rodillos para la inyección de la goma a la tela.



Ilustración 29 Engomado de telas

- Las características de los rodillos son las siguientes:
- Características de los engomadores:
- Diámetro de engomadores = 1.25 m
- Largo del engomado= 3 metros

$$Q_{conv} = \tau * \varepsilon * A(T_{sup}^4 - T_{pared}^4)$$

$$\frac{\pi D^2}{4} * l = V$$

$$\frac{(\pi)(1.25)^2}{(4)} * (2.7) = 3.313m^3$$

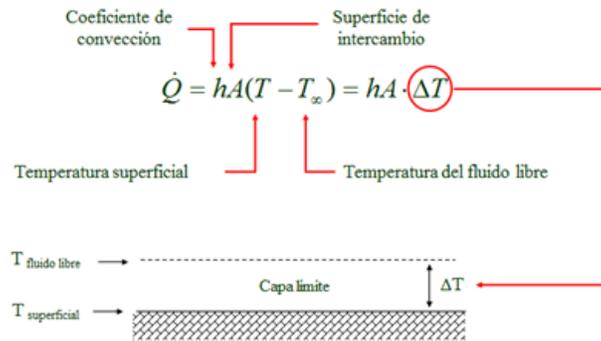
$$Q_{conv} = \tau * \varepsilon * V(T_{sup}^4 - T_{pared}^4)$$

$$Q_{conv} = (1700) * (5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4) * (3.313 \text{ m}^3) (353.15^4 - 297.15^4 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{conv} = 2477201.862$$

4.3.2 Jigger

Pérdidas debidas al intercambio de calor con el ambiente exterior



Para calcular la pérdida de calor en los dos Jigger se necesita obtener el volumen

El vapor que se utiliza es vapor saturado y dado que no se puede conectar un medidor de flujo debido a las condiciones de las líneas de vapor se va a calcular con la tabla de velocidades máximas recomendables para tener un estimado.

Tabla 11 Velocidades de vapor recomendables. Cálculo hidráulico de redes de vapor.

Presión	Velocidad Máxima recomendable	
Bar	m/s	
	SATURADO	RECALENTADO
< 2	30	35
2-5	35	45
5-10	40	50
10-25	50	60
25-100	60	75

El contador de gas natural mide el consumo del suministro en **metros cúbicos (m3)** y esta información se transmitirá directamente a la comercializadora de gas, ella se encargará de convertir el consumo realizado por el cliente en kWh para reflejarle el importe que tendrá

que pagar en la factura del gas. El cliente debe tener en cuenta que un metro cúbico de este suministro equivale a 11,70 kWh debido a su poder calorífico inferior (PCI).

En las líneas de distribución de vapor se propone rediseñar las líneas de vapor dependiendo del proceso que se esté.

La empresa cuenta con un tanque de condensados el cual lleva más de 4 años fuera de operación debido a problemas con el filtro. Falta de mantenimiento

4.4 Control del sistema de generación de vapor

La caldera cuenta con un controlador de flama es de la gama Honeywell Serie 7800. Entre las funciones que debería de cumplir un sistema de llama son las siguientes:

- Proveer seguridad tanto en el arranque como en el paro del quemador.
- Arrancar el quemador en una secuencia apropiada y supervisar la llama durante la operación.
- Resguardar al sistema de condiciones de presiones y temperaturas excesivas.



Ilustración 30 Control Aire- combustible

Funciones de los Controles Primarios y Programados serie 7800

En términos generales podemos ver a un control primario o programado como un dispositivo que tiene una serie de entradas y salidas, como entrada recibe una señal por parte de los controles de operación y seguridad para saber si se requiere encender el quemador y que además existen las condiciones de seguridad para el arranque del mismo, adicionalmente recibe la señal del detector de flama que le indicará si hay una condición de flama presente o ausente. En función de estas entradas el control primario o programado mandará a abrir las válvulas de piloto y principal de combustible, igualmente encenderá un transformador de ignición para generar una chispa que se requiere para

encender la flama, y algunos controles también energizan un motor para inyectar el aire requerido para la combustión y el barrido de gases.



Ilustración 31 de Seguridad de Llama y relación Aire/Combustión

Otro módulo requerido para la mayoría de los controles primarios o programados serie 7800 es la tarjeta de tiempo de purga o barrido ST7800, la cual definirá el tiempo que se mantendrá encendido el motor del quemador antes de realizar el proceso de ignición para eliminar el remanente de combustible que puede existir dentro de la cámara de combustión, evitando una condición que puede provocar una explosión por acumulación de combustible.

Existen modelos de tarjeta de purga con tiempos desde 2 segundos hasta 30 min, la selección del tiempo de purga dependerá del diseño del quemador, esta información puede ser consultada con el fabricante del mismo.

El proceso de purga consiste en eliminar el remanente de combustible que puede existir dentro de la cámara de combustión, esto accionando el motor del quemador durante un periodo de tiempo justo antes de realizar el proceso de ignición.

4.5 Mantenimiento en la caldera

- 1.-Revisar el funcionamiento del quemador por medio de la observación de la llama (continuamente).
- 2.-Verificar la presión del combustible (continuamente).
- 3.-Limpiar los filtros y boquillas cada vez que sea necesario.
- 4.-Inspeccionar las uniones flexibles.

5.-Inspeccionar visualmente el funcionamiento del ventilador, mantenerlo completamente limpio y notificar de inmediato cualquier anomalía que se observe.

6.-Constatar diariamente que los controles de nivel funcionan adecuadamente, en caso de la apagar la caldera y avisar inmediatamente al jefe de mantenimiento.

7.-Deberá revisar el sistema de alarma y desconexión por bajo nivel de agua, al menos una vez a la semana en condiciones de trabajo normal.

9.-Debe asegurarse que todos los accesorios están bien lubricados.

10.- En general debe verificarse continuamente que el equipo está funcionando en condiciones normales y cualquier anomalía debe ser notificada inmediatamente al Jefe de Mantenimiento.

11.- Llevar hoja de control de encendido y purga diaria.

Este mantenimiento es responsabilidad del operador y electricista:

1 Limpieza de boquillas del quemador debería de tomarse especial cuidado cuando se efectúe la limpieza, utilizar un solvente apropiado y tener cuidado de no dañarlas.

2.-El conjunto del quemador se debe sacar de la cámara de aire, desarmarlo y limpiarlo perfectamente.

3.-Inspeccionar las puntas de los electrodos y ajustarlas de ser necesario, para tal efecto siga las recomendaciones del fabricante.

4,-Verificar que las terminales de los cables de encendido estén suficientemente apretadas.

5.-Verifíquese la condición de la porcelana de los electrodos, en caso de estar dañados, sustitúyase.

6.-En las unidades equipadas con encendido a gas, es necesario desarmar el mezclador de gas-aire y limpiar los conductos internos.

4.6 Variables relevantes

Las variables de influencia se muestran en la tabla

Esto debido a que si la materia prima contiene mucha humedad afecta directamente al secador, de igual forma la humedad en el ambiente ya que el equipo tiene que trabajar más horas.

Tabla 12 Variables de influencia para los USE's.

Variables de Influencia	Temperatura exterior	Composición de la producción	Grado de utilización (del USE)	Humedad ambiente	Justificación
USE					
Aire acondicionado	<i>alta</i>	<i>baja</i>	<i>alta</i>	<i>alta</i>	Utilización por usuario
Calefacción	<i>alta</i>	<i>baja</i>	<i>alta</i>	<i>mediana</i>	Utilización por usuario
	<i>alta</i>	<i>mediana</i>	<i>alta</i>	<i>alta</i>	Tecnología
Servidor	<i>alta</i>	<i>baja</i>	<i>alta</i>	<i>baja</i>	Tecnología

4.7 Funciones de influencia en la empresa

Industrias Hermes ha identificado de acuerdo al personal que colabora en la empresa, las funciones que presentan una influencia importante en el desempeño energético de sus usos significativos de la energía, estas se muestran en la Tabla 13.

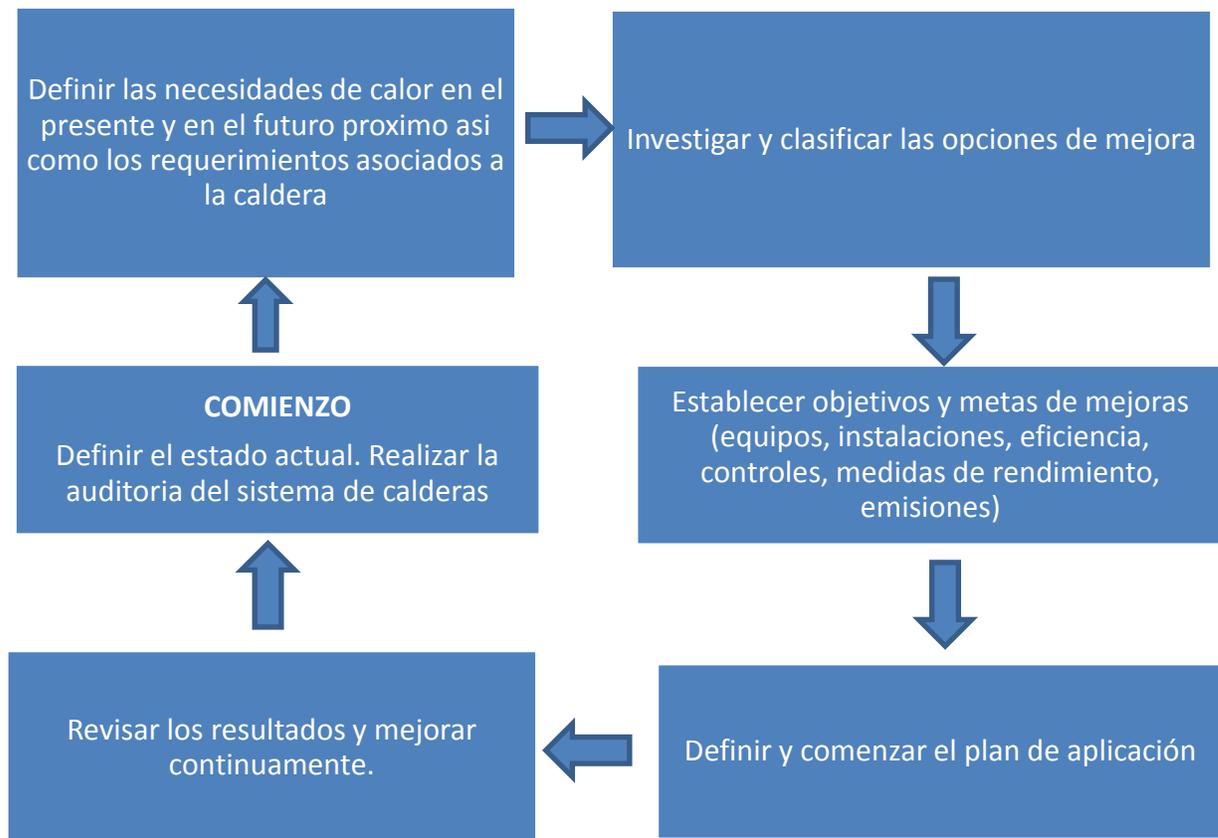
Tabla 13 Funciones de influencia.

Área	Función	USE afectado	Justificación
Teñido	Fogonero	Caldera	Proceso productivo
Teñido	Operarios	Jiggers	Proceso productivo
Acabado	Operario	Rama	Proceso productivo
Mantenimiento Eléctrico	Encargado	Máquinas de producción e iluminación	Mantenimiento correctivo y preventivo
Mantenimiento Mecánico	Encargado	Máquinas de producción	Mantenimiento correctivo y preventivo
General	Encargados de área	Luces prendidas sin uso	Proceso productivo

4.8 Mecanismos de mejora continua

Como mecanismos de mejora continua es importante tener un programa para mejorar el desempeño de la empresa. Se recomienda instruir un Sistema de Gestión de energía

Programa de mejora para para la eficiencia en caldera.



Se recomienda realizar un plan de gestión de la energía, donde mediante un comité energético se realice un programa para la implementación de las mejoras propuestas, y se les dé seguimiento.

1) Política energética

- a) Debería desarrollarse e implementarse una política energética que establezca las intenciones de la institución en cuanto a los usos y consumo de la energía y su eficiencia.
- b) La política debería revisarse de forma constante para adaptarse a las condiciones externas e internas en cuanto al uso y consumo de la energía de la institución.

2) Comité de gestión de la energía

- a) El comité debería estar conformado por personal clave y con capacidad de toma de decisiones sobre los usos de la energía.
- b) El comité debería tener acceso a información clave sobre el uso y consumo de la energía.
- c) El comité debería tener sesiones periódicas para determinar el estado del edificio en cuanto a los usos y consumo de la energía.

3) Conciencia sobre los usos y consumo de la energía

- a) Los programas de inducción institucionales deberían de incluir las metas y objetivos en
 - b) ergéticos determinados con base en una planeación anual sobre los usos y consumo de la energía.
 - c) Deberían programarse capacitaciones es usos y consumo de la energía para el personal operativo que pueda incidir de manera significativa en la eficiencia energética.
 - d) Deberían crearse incentivos para las áreas y/o personal que sean clave en los usos y consumos de la energía el edificio.

4) Reconocimiento de los Usos significativos de energía por parte del comité de la energía.

- a) Programar revisiones energéticas regulares que permitan determinar cambios e identificar los Usos significativos de Energía.
- b) Deberían llevarse registros de las revisiones energéticas realizadas y los resultados y análisis realizados.
- c) La planeación debería basarse en los resultados obtenidos de las revisiones energéticas.

5) Planeación de acciones de acuerdo a las oportunidades de mejora detectadas.

- a) Deberían establecerse criterios para la priorización de las oportunidades de mejora.
- b) Debería establecerse un plan de acción por cada una de las oportunidades de mejora para su ejecución y seguimiento.

6) Instalación de sistemas de monitoreo para los indicadores de desempeño de los USEs.

- a) Deberían utilizarse sistemas de monitoreo para las variables relevantes y los indicadores de desempeño energético de los USEs.
- b) Debería establecerse un plan de seguimiento de los indicadores de desempeño y su comparación con la línea base.
- c) Deberían realizarse reuniones para la presentación de resultados del desempeño energético del inmueble.

7) Nuevas tecnologías

- a) Deberían establecerse mecanismos para que la institución revise a periodos programados las tecnologías emergentes en eficiencia energética, energías renovables, desarrollo de sistemas automatizados y cómo estos elementos pueden integrarse a su gestión de la energía.
- b) Deberían establecerse criterios para la selección y evaluación de las nuevas tecnologías y los beneficios en los usos y consumo de la energía del edificio, estos criterios deben de incluir siempre el cumplimiento con las regulaciones nacionales, regionales y/o internacionales pertinentes en cuanto a uso, seguridad y desempeño.

Sistemas de seguridad de llama y relación de Aire/combustión

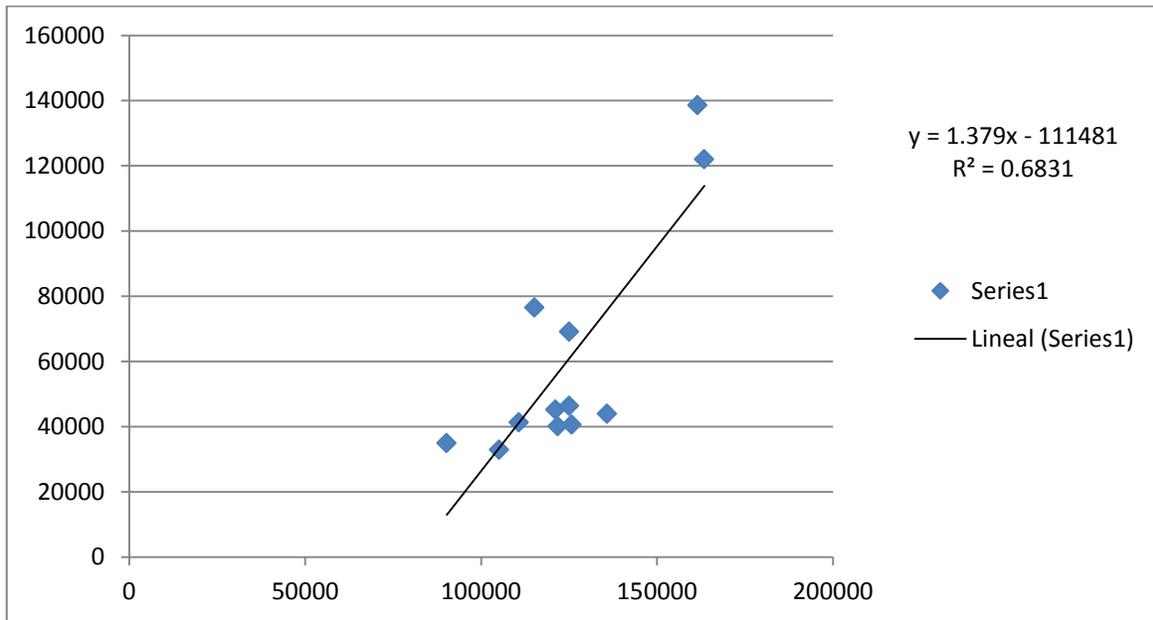
Es importante proveer la seguridad tanto en el arranque como en el paro del quemador. Arrancar el quemador en una secuencia apropiada y supervisar la llama durante la operación.

- Se debe de resguardar el sistema de condiciones de presiones y temperaturas excesivas.
- La tarjeta de purga se debe de. A continuación se enlistan las ventajas de tener un sistema de control:
 - Sistema de relación aire-combustible O₂
 - Reduce el consumo de combustible y energía eléctrica
 - Incrementa la eficiencia del quemador y aumenta el turn-down del quemador
 - Reduce las emisiones de combustible de CO₂, CO
 - Reducción de costos de energía eléctrica del ventilador entre 30-60%

4.8 Línea base

De acuerdo a los datos de producción y consumo energético registrados en el año 2015 se determinó que el consumo energético anual es de 731,876 kWh en promedio.

Se muestra se muestra la línea base de producción y consumo energético, donde el valor correlación (R²) indica que el 68.31% de la variación de consumo energético se debe directamente a la variación de la producción. Por otra parte, la ordenada al origen representa el valor de energía no asociada a la producción total de telas, es este caso, el valor de 111,481 kWh..



Gráfica 5 Línea Base de la empresa

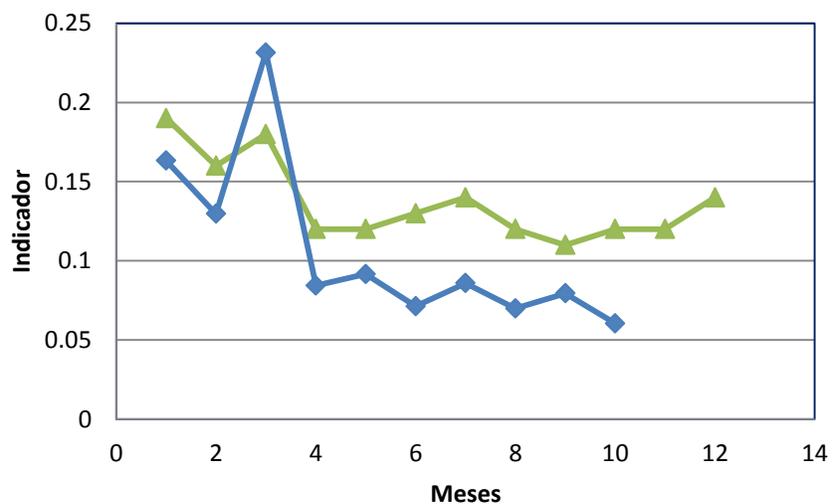
4.9 Indicadores

Tabla 14 Indicador mensual KWh/ metro de tela procesado en la rama.

Enero	0.44828611
Febrero	0.339121373
Marzo	0.365371162
Abril	0.295678968
Mayo	0.286544596
Junio	0.295091317
Julio	0.363669917
Agosto	0.318156409
Septiembre	0.30938851
Octubre	0.315163525
Noviembre	0.311317741
Diciembre	0.41758509

Indicador anual KWh/metro de tela procesado en la rama

AÑO 2015	4.065374718
----------	-------------



Gráfica 6 Indicador energético.

4.10 Oportunidades de mejora

En la siguiente tabla se enlistan las oportunidades de mejora con inversión.

Tabla 15 Oportunidades de mejora

ID	Área de oportunidad	Descripción	Oportunidad de mejora
1	AISLANTE EN LA TUBERIA	35m de tubería no tienen aislante o está en mal estado	Se recomienda cubrir con aislante los 60 metros de tubería para evitar la transferencia de calor con el ambiente y que pierda la temperatura deseada para el proceso.
2	TANQUE DE CONDENSADOS	El tanque de condensados no está habilitado y todo el	Añadir un tanque de condensados con filtros para tener un

		condensado se va a la cañería.	precalentado de agua y así evitar que se ocupe mayor energía para la producción de vapor.
3	Mantenimiento correctivo a la caldera	La caldera nunca ha tenido un mantenimiento en los 20 años que tiene de operación las válvulas de vapor presentan pequeñas fugas, y parte del hogar comienza a tener pequeñas áreas corroídas.	Carburar la caldera para mejorar el quemado de combustible. Ponerle un termómetro en la chimenea para censar la temperatura de gases de combustión. Limpiar y darle mantenimiento al refractario ya que presenta una variación de temperatura del 30%.

Tabla 16 Oportunidades de mejor sin Inversión

ID	Área de oportunidad	Descripción	Oportunidad de mejora
1	Sistema generador de vapor	No se lleva una bitácora de operación	Sensibilización del personal de la empresa a la cultura de ahorro de energía.
		El tanque de condensados no está habilitado y todo el condensado se va a la cañería.	Añadir un tanque de condensados con filtros para tener un precalentado de agua y así evitar que se ocupe mayor energía para la producción de vapor.
3	Mantenimiento correctivo	La caldera nunca ha tenido un mantenimiento en los 20 años que la tienen, las válvulas de vapor presentan pequeñas fugas, y parte del hogar comienza a tener pequeñas áreas corroídas.	Carburar la caldera para mejorar el quemado de combustible. Ponerle un termómetro en la chimenea para censar la temperatura de gases de combustión. Limpiar y darle mantenimiento al refractario ya que presenta una variación de temperatura del 30%.

Tanque de condensados

Tanque de condensado, fabricado en acero al carbón de tapas planas, con las siguientes medidas aproximadas: diámetro 970 mm, largo 1830 mm

Características:

- Puerto de reposadero de $\frac{3}{4}$
- puerto para alimentación de agua con flotador de $\frac{1}{2}$ "
- puerto de descarga
- puerto para drenado, puerto de retorno de condensado
- puerto para venteo de $1 \frac{1}{4}$ "

Incluye:

Termómetro de 3" acero inoxidable, conexiones para venteo, indicador de nivel con válvulas y cristal, refuerzos en unión cuerpo-base, válvula flotador de latón con flotador de 4", válvula de esfera 1".



Características de la caldera

Modelo del Equipo Cotizado CB-100-150-150st

Capacidad Evaporativa Nominal desde y a 100°C 2,348 Kg v / hr

Caballos Caldera Nominales 150 C.C.

Caldera Paquete Tipo Horizontal Tubos de Fuego

Combustible Diesel

Superficie de Calefacción 89.75 m^2

Presión de Diseño 10.5 kg/cm^2

Presión Máxima de Operación 8.0 kg/cm^2

Ajuste Válvulas de Seguridad 10.5 kg/cm^2

Quemador Marca CLEAVER BROOKS

Tipo Cuatro Pasos, Tubos de CALDERA AZTECA 30 C.C., 3 pasos de combustión, con chimenea, Gas L.P. Excelentes condiciones, poco uso, cumple con la NOM STPS 020, todos los mantenimientos, válvula de seguridad calibrada.

- Potencia en salida 253,083 K Cal/H
- Capacidad de evaporación 470 Kg. /H
- Superficie de calefacción 15 Mts.2
- Presión de diseño 10.5 kg. /cm²
- Presión de trabajo 7 kg. P/ Cm²
- Eficiencia mínima 85 %
- Consumo de combustible 44 Lts. / hr

4.11 Análisis económico

Se propusieron diversas oportunidades de mejora de las cuales se seleccionaron las 3 primeras que impactan más en el consumo de energía en la generación de vapor

La siguiente tabla contiene en análisis económico de las oportunidades de mejora

Tabla 17 Análisis económico de las propuestas de mejora.

Propuestas				
	Periodo(años)	AISLANTE DE TUBERIAS	TANQUE DE CONDENSADOS	CALDERA
Inversión	0	-11030.20	-\$ 35,317.36	-\$ 407,160.00
Flujos de efectivo (anual)	1	2245	4000	50000
	2	2245	4000	50000
	3	2245	4000	50000
	4	2245	4000	50000
	5	2245	4000	50000
	6	2245	4000	50000
	7	2245	4000	50000
	8	2245	4000	50000
	9	2245	4000	50000
	10	2245	4000	50000
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			

	20			
	VPN	1654.554299	-12716.46789	-\$ 124,648.85
	TIR	16%	0.023302378%	4%
	Payback	4.913227795	8.82934	8.1432
	TREMA	12%	12%	12%
	IR	0.150002252	-0.36006281	-0.306142176

Conclusiones y recomendaciones

La eficiencia de la caldera ha disminuido un 11% en 20 años esto nos dice que el equipo se ha ido deteriorando por diversos factores, entre ellos la escasa cultura de mantenimiento

Existe un aire teórico, el cual es el ideal para realizar la combustión, pero hablando certeramente tal caudal de aire no es suficiente ya que debido a la imperfecta reacción del aire con el combustible se producirían pérdidas por inquemados elevadas. Para evitar este inconveniente, se suministra más aire del necesario para conseguir eliminarlos.

Con base al análisis termográfico en los diferentes casos se evaluó el desgaste de los equipos y las líneas de distribución de vapor logrando determinar las causas que conlleva un mal mantenimiento. Las mediciones de gases de combustión arrojaron datos muy interesantes referentes a las eficiencias de combustión. En la industria de telas se tiene una eficiencia de combustión de 81.8%, sin embargo, se presenta generación de SO₂ lo que representa que vaya desgastando el aislante del equipo generando también problemas con el medio ambiente..

De las malas prácticas aquí evaluadas se da cuenta la importancia de generar una mayor cultura en lo que respecta al mantenimiento, para ello se requiere diseñar programas de capacitación específicos en cuanto al uso de la energía térmica y un mayor conocimiento de la operación de los sistemas de generación de vapor, no menos relevante es la evaluación detallada de los requerimientos de vapor en los procesos.

La disminución de los consumos de energía se traducirá en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que conlleva a la mejora en el medio ambiente, así como la inclusión de proyectos de ahorro de energía.

Se recomienda a la empresa habilitar el tanque de condensados y cubrir con aislante térmico los metros de tubería de vapor que faltan por aislar. Esta medida permitirá un ahorro de combustible y energía del 12%.

También se recomienda realizar una carburación anual la cual ayudará a mejorar la combustión y por ende el quemado de combustible, puesto que la chimenea tiene indicios de corrosión y hollín. El cambio de quemador es una medida que también se podría realizar puesto que los quemadores atmosféricos no tienen control sobre el exceso de aire que se maneja produciendo pérdidas de calor en la chimenea a la salida del equipo en especial cuando está apagada. Un quemador a presión ayudarían a controlar el exceso de aire y las pérdidas en la chimenea.

Es importante que se realice un diagnostico energético por lo menos cada año para ir monitoreando el desempeño energético de los equipos y evaluar la factibilidad técnica.

Referencias

Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (diciembre de 27 de 2011). NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.

Diario Oficial de la Federación. SEGOB. (02 de febrero de 2012). NORMA Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (16 de julio de 1996). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-012-ENER-1996, Eficiencia térmica de calderas de baja capacidad. Especificaciones y método de prueba.

Diario Oficial de la Federación, SEGOB. (14 de junio de 2002). NORMA Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de.

CONUEE. (2009). EFICIENCIA EN CALDERAS Y COMBUSTION. 15/06/2016, de CONUEE Sitio web: http://www.conuee.gob.mx/pdfs/pymes/Calderas_02.pdf

Aislamiento térmico Recuperado el 18 de junio de 2016, del sitio web Instalaciones y Eficiencia Térmica.

<http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/ahorro-energetico-con-aislamiento-termico-para-tuberias/>

THERMAL. (2011). ARTÍCULO TÉCNICO ANÁLISIS DE EFICIENCIA EN CALDERAS. 18/06/2016, de THERMAL ENGINEERING LTDA. Sitio web: http://www.thermal.cl/prontus_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo_eficiencia_en_calderas.pdf

Plauchú Alcántara, J., & Plauchú Lima, A. (2006). *Código de Pruebas de Potencia ASME PTC 4.1 para Generadores de Vapor*. Morelia: Plauchu Consultores.

Calderas Powermaster. (2009). *ASME Data Report*. Obtenido de <http://www.powermaster.com.mx/www/informacion/asme.html>

Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2012). *Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes*. Madrid, España.

Gómez Clerencia, J., Vakklainen, E., & Royo Herrero, J. (2011). Comparación de dos Métodos para el cálculo de redimiento de calderas: Código ASME PTC-4 y Estándar EN-12952-15. Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.

Anexos

Especificaciones Técnicas de Aislamiento

Color **Negro**

Artículo **Aislamiento de Tuberías**

Factor "R" Aprox. **3.9**

Rango de Temperatura-**160 Degrees a 200 Degrees F**

Tipo de Aislamiento **Pre Cortado, Pre Adherido**

Material **Polietileno**

Normas **ASTM C 1427**

Grosor de Pared **3/4"**

Atributo Green para el Medio Ambiente **Contribuye a la Reducción del Consumo de Energía**

D.I. Nominal de Aislamiento **2"**

Para Tubería de Hierro de Tamaño **1-1/2"**

Certificación Green u Otro Reconocimiento **Certificado GREENGUARD**

Longitud **6 pies**

Material del Cuerpo de Aislamiento **Polietileno**

Grosor Máx. de Aislamiento **3/4"**

Rango de Temp. de Aislamiento-**160 Degrees a 200 Degrees F**

Longitud de Aislamiento **6 pies**

Valor R Apróx. de Aislamiento **3.90**

Artículo de Aislamiento de Tubería **Aislamiento de Tuberías**

Tipo - Aislamiento de Tubería **Precortado/Pre-Pegado**



FIGHA TÉCNICA	150 BHP
----------------------	----------------

Tabla 1 Caldera de vapor Modelo: CB/LE -Datos generales			
--	--	--	--

Capacidad Nominal de evaporación:	5175	[lb/hr (@212°F)]	2347.50	[Kg/hr (@100°C)]
Energía de salida:	5021.25	[1000 Btu/hr]	5298.42	[MJ/hr]
Superficie de calefacción nominal ¹ :	750	[ft ²]	69.68	[mts ²]
Volumen del vapor ² :	30.70	[ft ³]	8.71	[mts ³]

¹ Lado Fuego
² En base a presión de diseño: 150 [psi]

Tabla 2 Presiones de diseño.			
-------------------------------------	--	--	--

Uso:	Sección código ASME:	[lb/in ²]	[Kg/cm ²]
Vapor saturado "STM"	I	150, 200, 250 y 300	10.5, 14.1, 17.6 y 21.1
Agua Caliente de alta temperatura "HTHW"	I	150	10.5
Agua caliente (250°F ; 121°C) "HW"	IV	30 y 125	2.1 y 8.8
Vapor a baja presión (15 lb/in ² ; 1.05 Kg/cm ²)	IV	15	1.05

Tabla 3 Requerimientos Eléctricos.		
---	--	--

Altitud de operación ¹ :	0	[ft] SNM ²
Motor-ventilador:	7.5	[hp]
Motor-Motocompresor ³ :	3	[hp]
Motor-Bomba combustible diésel:	3/4	[hp]
Moto-Bomba combustible combustóleo:	3/4	[hp]
Pre calentador –Combustóleo:	5	[KW]

¹ Para altitudes mayores, consultar a su asesor de ventas.
² SNM: Sobre el nivel del mar.
³ Aplica para diésel y combustóleo.

Tabla 4 Válvulas de Seguridad ^{1,2}					
---	--	--	--	--	--

Modelo:	Tamaño [in]:	Orificio:	Área [in ²]	Capacidad [lb/hr]	Calibración ¹ :
KUNKLE 6010GFE	1-1/4" X 1-1/2"	G	0.55	4234	150 [psi]
KUNKLE 6010GFE	1-1/4" X 1-1/2"	G	0.55	4234	150 [psi]

¹ En base a la calibración de las válvulas.
² Para otras calibraciones no especificadas, consultar a su asesor de ventas.

Tabla 5 Consumo de combustible¹				
---	--	--	--	--

Gas Natural:	177.85	[m ³ /hr]	6280	[ft ³ /hr]
Diésel ² :	170.33	[l/hr]	45.00	[gph]
Combustóleo ³ :	158.97	[l/hr]	42	[gph]

Notas:
A. Basado en 140,000 Btu/gal
B. Basado en 150,000 Btu/gal

Tabla 6 Presiones mínimas de gas¹						
---	--	--	--	--	--	--

Tipo de Tren	Diámetro		Presiones			
	[in]	[mm]	Presión Min.	[mbar]	[in WC]	[Oz/in ²]
FM	2.5	63.5	Presión Min.	21.18	8.5	4.92
IRI	2.5	63.5	Presión Min.	23.67	9.5	5.50
Piloto	1/2	13	Presión Min.	12.5	5	2.89
			Presión Max.	12.5	5	2.89

Notas:
1.-Sin HTD

Tabla 6a Factor de corrección para presión mínima de gas¹.

Altitud:		Factor de Corrección	Altitud:		Factor de Corrección
[ft]	[mts]		[ft]	[mts]	
1000	309	1.04	6000	1524	1.21
2000	610	1.07	7000	2134	1.3
3000	914	1.11	8000	2438	1.35
5000	1219	1.16	9000	2743	1.4

Notas:

1.- Con el factor de corrección puede ajustarse la presión mínima de gas a suministrar, si es diferente la altitud a la mostrada se debe interpolar para obtener el valor adecuado, posteriormente con el valor obtenido multiplicarlo por la presión mínima listada en la Tabla 6, según el tipo de tren (FM, FR).

Tabla 7 Eficiencias Combustible-Vapor.

150 [hp]	Presión de Operación ¹ 25[psig]			
Carga:	25%	50%	75%	100%
Gas Natural [%]:	81.50	82.00	82.00	82.10
Diésel [%]:	84.80	85.30	85.30	85.40
Combustóleo [%]:	85.30	85.80	85.80	85.80

Notas:

1.- Las eficiencias están en base al poder calorífico mostrados en la Tabla 8

Tabla 8 Poder calorífico superior.

Gas Natural:	8898	[Kcal/m ³]	1000	[Btu/ft ³]	
Diésel:	9321	[Kcal/l]	140,000	[Btu/gal]	
Combustóleo:	9987	[Kcal/l]	150,000	[Btu/gal]	

Tabla 9 Contaminantes.

Contaminante:	Estimado de Emisiones Contaminantes			Nivel de sonido	
	Gas Natural:	Diésel:	Combustóleo:	Modulación:	DbA
CO ppm ¹	200	90	95	Fuego alto (gas):	80
NOx ppm ¹	100	185	502	Fuego bajo (gas):	77
SOx ppm ¹	1	278.00	278	Fuego alto (diésel):	83
HV/VOCs ppm ¹	40	50	70	Fuego bajo (diésel):	82

Notas:

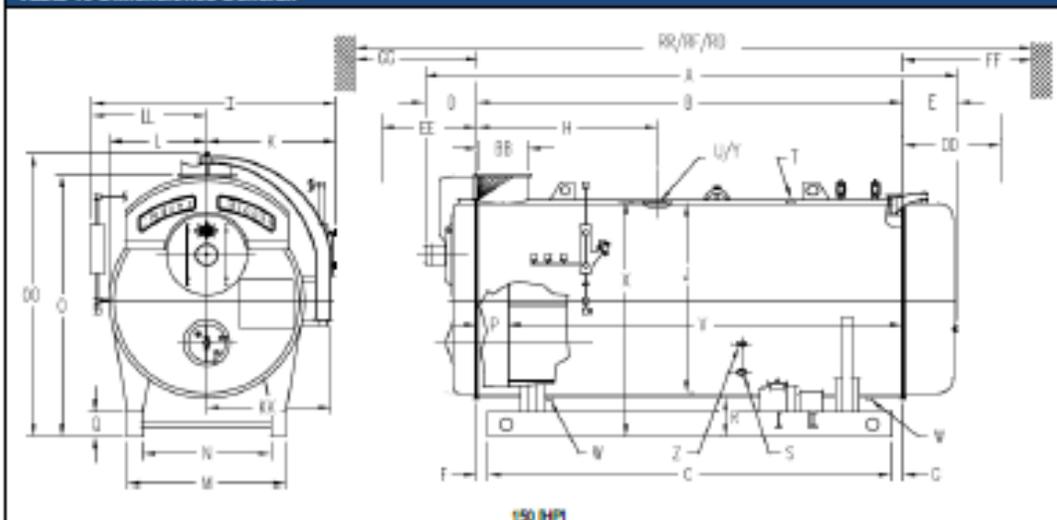
1.- Los niveles de emisiones están corregidos al 3% de O₂.

2.- Los niveles de sonido son en función a los motores estándar y altitud al nivel de mar.

3.- Los métodos de medición y comprobación de los niveles de sonido se manejan en relación a la ASMA y cumplen con la Norma ANSI S1.4 Tipo I.

4.- Los valores de los contaminantes son aproximados y pueden variar en función del contenido de nitrógeno, azufre, cenizas, etc.



Tabla 10 Dimensiones General.


150 (HP)

Longitudes

Descripción	Partida	Dimensión	
		[in]	[mm]
Longitud total:	A	196.5	4991.10
Longitud recipiente a presión (Exterior):	B	149	3784.60
Longitud Base-Riel:	C	148	3759.20
Longitud Extensión tapa frontal:	D	28	711.20
Longitud Extensión tapa posterior:	E	19.5	495.30
Longitud Aro-Brida frontal del recipiente a centro de boquilla:	H	66	1676.40
Longitud Aro-Brida frontal del recipiente a base-riel:	F	0.5	12.70
Longitud al exterior de espejo-espejo:	V	137	3479.80
Longitud Extensión de envolvente	P	12	304.80

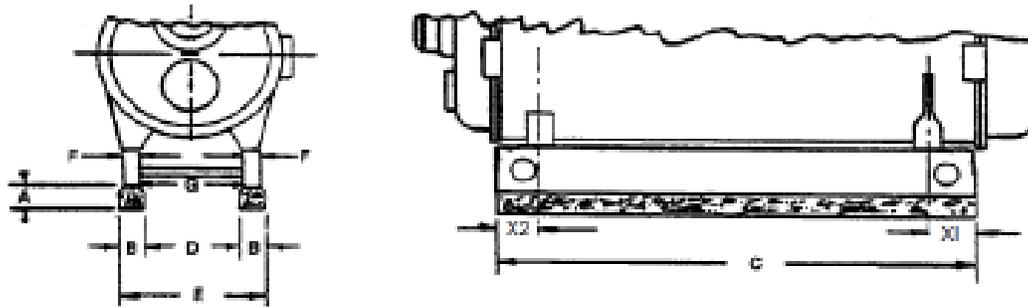
Anchuras

Anchura total:	I	85	2159.00
Diámetro interior de envolvente:	J	60	1524.00
Centro de la caldera a columna de nivel:	K	45	1143.00
Centro de la caldera a exterior brazo frontal:	KK	35	889.00
Centro de la caldera a forno:	L	33	838.20
Centro de la caldera a columna auxiliar:	LL	40	1016.00
Anchura exterior de bases:	M	52.5	1333.50
Anchura interior de bases:	N	44.5	1130.30

Alturas

Altura base a boquilla salida de vapor:	X	82.375	2092.32
Altura total:	OO	86	2184.40
Altura base a ducto salida de gases de combustión:	O	85	2159.00
Altura de base-riel:	Q	12	304.80
Altura base a parte interior de la caldera:	R	16	406.40



Tabla 11 Dimensiones Bases de cimentación.


Descripción	Partida	Caldera: 150 [HP]	
		Dimensión	
		[in]	[mm]
Altura Base de cimentación:	A	6	152.40
Anchura Base de cimentación:	B	9	228.60
Longitud Base de cimentación:	C	148	3759.20
Longitud interna base de cimentación:	D	36.5	927.10
Longitud externa base de cimentación:	E	54.5	1384.30
Anchura Base-Riel de la caldera:	F	4	101.60
Longitud interna Bases de la caldera:	G	44.5	1130.30
Longitud Base de cimentación a centro de soporte (lado posterior):	X1	9.375	238.13
Longitud Base de cimentación a centro de soporte (lado frontal):	X2	9.75	247.65

Notas:

1.-Se recomienda 6 [in] (152.4 [mm]) de altura en las base de cimentación para usar debajo de las base-riel de la caldera.

Tabla 12 Dimensiones Recipiente a presión.

Envoltante				
Diámetro interior:	60	[in]	1524.00	[mm]
Longitud total:	148	[in]	3759.20	[mm]
Presión D.	150#ST		200#ST	
	[in]	[mm]	[in]	[mm]
Espesor:	0.375	9.53	0.375	9.53
Hogar:				
Diámetro exterior:	24	[in]	609.60	[mm]
Longitud total:	138	[in]	3505.20	[mm]
Presión D.	150#ST		200#ST	
Tipo:	Liso			
Espesor:	0.50 [in]	12.70[mm]	0.63	15.88

Notas:

1.- Para otras presiones de diseño no especificadas, consultar a su asesor de ventas.

AISLANTE DE TUBERIAS DE VAPOR				
Unidad	Descripción	Cantidad	Costo	Importe
	Materiales			
m	Aislante de lana de roca para tubería, de 17 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, con un corte longitudinal para facilitar su montaje, con uso en instalaciones químicas, petroquímicas y todas aquellas donde se requieren altas prestaciones técnicas.	72.800	74.44	5419.23
		Subtotal materiales:		5419.23
	Mano de obra			
h	Oficial colocador de aislantes.	24.000	54.43	1306.32
h	Ayudante colocador de aislantes.	24.000	27.69	664.56
		Subtotal mano de obra:		1970.88
	Herramienta menor			
%	Herramienta menor	2.000	7390.11	147.80
		SUBTOTAL		9508.79
		TOTAL		11030.1964

Caldera

caldera 1	
Materiales	Costo
CALDERA AZTECA 30 C.C., 3 pasos de combustión, con chimenea, Gas L.P. Excelentes condiciones, poco uso, cumple con la NOM STPS 020, todos los mantenimientos, válvula de seguridad calibrada. Potencia en salida 253,083 K Cal/H Capacidad de evaporación 470 kg /H Superficie de calefacción 15 Mts.2 Presión de diseño 10.5 kg/cm2 Presión de trabajo 7 kg. P/ Cm2 Eficiencia mínima 85 % Consumo de combustible 44 Lts./ hr	\$ 270,000.00
costo por instalación, mano de obra conexión y cableado	\$ 81,000.00

SUBTOTAL		\$ 351,000.00
IVA		1.16
TOTAL		\$ 407,160.00
TANQUE DE CONDENSADOS		
MATERIALES Y MANO DE OBRA	COSTO	
Tanque de condensado, fabricado en acero al carbón de tapas planas, con las siguientes medidas aproximadas: diámetro 970 mm, largo 1830 mm	\$ 23,420.00	
costo por instalación, mano de obra conexión y cableado	\$ 7,026.00	
SUBTOTAL	\$ 30,446.00	
IVA		1.16
TOTAL	\$ 35,317.36	