 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Auditoria energética en calderas de la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S con propuestas de mejora en eficiencia y disminución del impacto ambiental.

Jorge Mario Correa.

Cristhyan Ávila Valencia.


Carlos Andrés Román.

Ingeniería Electromecánica

Director del Proyecto: M. Ing. Luis Fernando Cardona

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


RESUMEN

Este proyecto tiene como propósito realizar una auditoría energética basada en la norma internacional ISO 50002, para las calderas de la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S. La caldera de la planta de beneficio del municipio de Caldas Antioquia suministra el 100% del vapor para los diferentes procesos rutinarios y productivos de la empresa, generando un costo adicional en la productividad, elevando los gastos de transformación por la compra de combustibles. Con el ánimo de aumentar la eficiencia energética de estos equipos se realizaron estudios iniciales por medio de cálculos matemáticos, tomados en tiempo real, que demuestran el margen de ineficiencia actual y se proponen soluciones que optimicen la eficiencia, disminuyendo costos en combustible y mantenimiento.

Las entidades gubernamentales regulan la industria bajo decretos de ley, ya que estas fuentes fijas de contaminación atmosférica generan impacto ambiental. Por tal motivo se buscó que las propuestas tengan resultado positivo con el medio ambiente a la vez que optimizan la eficiencia de las máquinas.

Según la investigación realizada, los resultados en cuanto a eficiencia de la caldera de 60 BHP arroja un 79% de eficiencia, resultado que está dentro de los parámetros establecidos por el ministerio de minas como un equipo eficiente, tal y como lo argumenta en su página de la UPME. Las emisiones de gases contaminantes expuestos a la atmósfera están dentro de los parámetros normales exigidos por el ministerio de minas para fuentes fijas. Finalmente, se proponen dos cambios para aumentar el porcentaje de eficiencia, hasta en un 10.8%, con el aprovechamiento de temperaturas en chimenea para obtener una disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Palabras claves: auditoria, caldera, balance de energía, contaminación ambiental, recuperación de calor, ahorro energético.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ACRÓNIMOS

ISO International Organization for Standardization.

S.A.S Sociedad por Acciones Simplificada.

ACPM Aceite Combustible Para Motores.

ENB Espacios de Natura Balear.

IEVA Instrumento Europeo de Vecindad y Asociación.

CO₂ Dióxido de Carbono.

SO₂ Anhídrido Sulfuroso.

C Hollin.

ITC Instrucción Técnica Complementaria.

HP Horse Power, caballos de potencia

BHP Boiler Horse Power, Caballos de potencia de caldera.

RPM Revoluciones por minuto.

V Voltaje.

A Amperaje.

C° Grados Celsius.

G Galones

ASME American Society of Mechanical Engineers.

kJ Kilo Joule

BTU British Thermal Unit, Unidades térmicas británicas

EES Engineering Equation Solver



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
	OBJETIVOS	7
	GENERAL.....	7
	ESPECÍFICOS	7
2.	MARCO TEORICO	8
	AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	8
	OPERADORA AVICOLA COLOMBIA S.A.S	9
	IMPACTO AMBIENTAL	10
	EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA.....	11
	EFECTOS GLOBALES.....	13
2.4.	CALDERAS.....	14
	EVALUACIÓN DE UN PROYECTO	19
	SEGÚN SU NIVEL DE GESTIÓN	19
	SEGÚN LA NATURALEZA DE SU GESTION Y MOMENTO DE EJECUCIÓN.....	19
	CRITERIOS BASICOS PARA LA EVALUACION DE UN PROYECTOS.....	20
3.	METODOLOGÍA.....	22
	DATOS DE CAMPO	22
	CÁLCULO DE BALANCES.....	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
	TABLA DE VARIABLES CON EL EQUIPO EN VACÍO	27
	TABLA DE VARIABLES CON EL EQUIPO EN CARGA	28
	CÁLCULO DE EFICIENCIA TÉRMICA DE LA CALDERA.....	28
	BALANCE DE MASA.....	33
	BALANCE DE ENERGÍA	33
	PROPUESTAS DE MEJORA	34
	RESULTADOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL EQUIPO AUDITADO	39
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	40

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

REFERENCIAS 42

ANEXO: RESULTADOS MUESTREO ISOCINÉTICO EN LA CALDERA..... 43

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1. INTRODUCCIÓN


Para la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S, uno de los principales equipos que generan gastos significativos fijos mensuales es la caldera, equipo que trabaja con combustible ACPM el cual tiene un consumo mensual aproximado de 6000 galones, con un costo neto de \$7.073 por galón, generando un total aproximado de \$42.438.000 mensuales, esto sin contar el mantenimiento y tratamientos químicos del agua.

Este costo elevado puede ir ligado a la ineficiencia de la máquina, de tal manera que es deseable cuantificar si el valor del costo total mensual puede disminuir o no de acuerdo con los resultados obtenidos con la ejecución de una auditoría basada en la norma ISO 50002 (ISO, 2014). Esta norma específica los requisitos del proceso de realización de una auditoría energética, las cuales son aplicables a todo tipo de establecimiento y todas las formas de uso de la energía.

Por otro lado, un equipo ineficiente puede incrementar los niveles de contaminación atmosférica exponiendo la compañía a una sanción económica, ya que el ministerio de ambiente y vivienda bajo la resolución 909 del 2008 (Ministerio de Ambiente, 2010) y el artículo 137 del decreto 948 de 1995, establece las normas y estándares de emisiones de contaminantes a la atmósfera para fuentes fijas que se deben cumplir. Teniendo en cuenta estas posibles ineficiencias, verificaremos un posible incremento de contaminación en el equipo.



Figura 1. Caldera pirotubular. Tomado de: <http://www.calderasnaves.com/>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


OBJETIVOS

GENERAL

Realizar una auditoría energética de las calderas de la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S, proponiendo soluciones que apunten a mejorar la eficiencia, sobrecostos, e impacto ambiental de los equipos.

ESPECÍFICOS

- Realizar auditoria basados en la norma ISO 50002, con la cual se obtendrán resultados de qué tan eficiente o ineficiente son las máquinas de esta empresa y así transformar estos resultados en propuestas de mejora donde se discriminará el ahorro energético que se puede conseguir totalizado en pesos para disminuir gastos en esta industria.
- Revisar el consumo de combustible (acpm) de las calderas-equipos al finalizar la auditoría energética, con el fin de determinar el impacto ambiental que se genera al hacer que los equipos trabajen de manera eficiente energéticamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2. MARCO TEÓRICO

AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades con el objetivo de reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida.

Hasta hace muy poco tiempo realizar un estudio detallado de los costos no era prioridad para las empresas, pero en los últimos años debido al incremento de los costos energético, la gestión de los recursos energéticos se convirtió en un tema relevante.

“Las auditorías energéticas son una herramienta para reducir el consumo de energía y encontrar una solución a largo plazo”, explica KIT OUNG, el líder del proyecto que desarrolló la norma ISO 50002, “ayudan a identificar y priorizar las oportunidades para mejorar el rendimiento energético, reducir el desperdicio de energía y la obtención recursos de naturaleza medioambiental”.


La nueva norma establece los principios y los requisitos para la realización de auditorías energéticas y la armonización de los procesos de auditoría comunes básicos. Además, este enfoque común permite a las organizaciones comparar resultados a través de sitios similares (Ingenieros.es, 2015).

Esta norma ha sido diseñada para complementar la norma ISO 50001, que se centra en el desarrollo de un sistema de gestión de la energía. Otras normas a tener en cuenta en el futuro incluyen:

- ISO 50003 sobre requisitos para los organismos que realizan la auditoría y certificación de sistemas de gestión energética.
- ISO 50004 sobre las directrices para la implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión energética.
- ISO 50006 sobre medición del rendimiento energético utilizando las líneas de base de energía (ENB) y los indicadores de rendimiento energético (IEVA).
- ISO 50015 sobre la medición y verificación de la eficiencia energética en las organizaciones.

A nivel industrial existen varios ejemplos de auditorías energéticas exitosas:

- **Auditoria energética de una planta industrial de corte y preparación de goma espuma:** Esta auditoría parte de una situación actual; una instalación industrial la cual refleja unos costos de usos muy altos, con esta auditoría se pretende detectar donde se encuentra el mayor desperdicio de energía. Inicialmente, se realizó un inventario de equipos en planta para poder determinar concretamente cuales de estos eran los más o menos eficientes y posteriormente un análisis del consumo en diferentes horas de producción para evaluar los topes máximos y mínimos de trabajo. Esto dejó ver que cambiando los horarios de producción y compensando los consumos habría un ahorro considerable, además

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

cambiando cierta maquinaria y sustituyendo algunas partes de iluminación de la planta (Martínez-Mingote, 2014).

- **Auditoria energética de una planta de tratamiento de agua potable:** Esta auditoría se realizó con el fin de obtener, no solo un ahorro económico, sino también una reducción de las emisiones de CO₂, ya que en dicha planta se encuentran comprometidos con el medio ambiente y tienen la idea de que a futuro contribuirán a la evolución del modelo de desarrollo global más sostenible y competitivo, basado en bajas emisiones de carbono (Díaz Álvarez & Folgueras Díaz, 2012).


OPERADORA AVICOLA COLOMBIA S.A.S

Operadora avícola nace en el año 2011 de la unión de tres empresas: FRIKO, SUPERPOLLO y PIMPOLLO. Está dedicada al sector avícola tanto como a la incubación, levante, sacrificio y comercialización de pollo fresco y congelado, con plantas en diferentes departamentos del país con sus marcas propias de las empresas integradas FRIKO, SUPERPOLLO y PIMPOLLO. El grupo Operador está posicionado en el mercado caracterizándose por su competencia en precios y calidad.

FRIKO es una marca con más de 39 años, fundada en 1979 la cual ha estado vinculada a la producción, procesamiento de pollo y de carnes frías, cuenta con granjas de alta tecnología desde la incubación, el levante, el sacrificio, el empaque y la distribución al cliente final. En el mercado ha sido reconocida por sus innovadores productos de calidad, lo cual la hace una de las plantas más completas de la compañía OPERADORA AVICOLA, al ser auto sostenible y no depender de las demás plantas para sus procesos en ninguna de sus etapas.

La planta de FRIKO ubicada en el municipio de Caldas en la vereda la miel km 2, es el lugar donde realizaremos la auditoría energética con el aval de la gerencia de operaciones a cargo del Doctor Juan Fernando Mesa Posada, quien nos demostró su interés por conocer y determinar qué tan eficiente es su máquina -en este caso la caldera- para el proceso actual de esta planta.

Para nuestra auditoria tenemos una caldera pirotubular de 60 BHP marca CONTINENTAL modelo F72C60 fabricada en el año 1978 de dos pasos o etapas, la cual tiene una longitud de 3912mm, consta de una chimenea de 12" de diámetro la cual se encuentra situada en el ingreso de la portería # 1 de la planta de sacrificio. De esta caldera podemos decir también que funciona con

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

combustible ACPM, y dentro de su labor principal está la generación de vapor para poder así calentar agua entre 53 y 63 grados centígrados la cual está dispuesta en tanques con especificaciones reguladas para el proceso de escaldado. Este proceso consiste en sumergir las aves recién desangradas y ya sacrificadas, para facilitar posteriormente el proceso del desplumado que es otra de sus etapas productivas.

Otro de sus usos secundarios es la mezcla de vapor con agua para calentarla a una temperatura establecida por el personal del aseo, para realizar labores de enjuague, desengrase y desinfección junto a otros componentes químicos. Esta labor secundaria se realiza generalmente en las noches y se debe a que, para el nuevo arranque de todo el proceso, todas las zonas y maquinaria deben estar en perfectas condiciones de limpieza. Esto es verificado por un representante de la entidad gubernamental INVIMA el cual libera la zona luego de una rigurosa inspección.



Figura 2. Imagen Corporativa. Tomado de página web empresarial OPAV. Disponible en: <http://www.opav.co/>

IMPACTO AMBIENTAL

Uno de los principales objetivos de las industrias es lograr disminuir el impacto ambiental y potencializar la sostenibilidad de sus procesos productivos. Para poder llegar a este objetivo, es fundamental el uso eficiente de la energía, el cual se puede alcanzar a través de auditorías energéticas de los procesos en instalaciones. Estas auditorías ayudan a comprobar si se están utilizando las mejores técnicas y si el consumo de agua es responsable, realizando un control periódico y cuestionando como se puede reducir el consumo. La reducción de CO2 es uno de los factores que también se debe evaluar, ya que su incidencia ambiental es alta porque se considera una emisión de gas de efecto invernadero.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27




Figura 3. Emisiones contaminantes. Tomado de: El mundo.com Disponible en: <http://www.elmundo.com/portal/pagina.general.impresion.php?idx=210617>

EFFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Según el Médico y cirujano de Tórax José D. Cardona, existe una relación inmediata entre la contaminación atmosférica y las enfermedades respiratorias: “El ambiente se ha visto más comprometido con el progreso industrial, proveniente de chimeneas y fábricas, incendios forestales, sustancias irritantes como disolventes, pinturas y resinas que aumentan la concentración de partículas y gases tóxicos como el dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, lo que afecta directamente las vías respiratorias” (Contaminación Ambiental y Enfermedad Respiratoria, 2017).

Se ha observado igualmente, que cuando las concentraciones tanto de SO₂ como de partículas en suspensión superan los 500 microgramos/metro cúbico de aire, en un promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares. Con promedios diarios de 250 microgramos/metro cúbico de SO₂ en los humos, se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares.

Es de destacar que las concentraciones de partículas en suspensión y de SO₂ que pueden provocar la aparición de efectos sobre la salud, pueden variar de un lugar a otro según cuáles sean las características físicas y químicas de las partículas, y en función de la presencia en el aire de otros contaminantes que puedan producir efectos sinérgicos con aquellos (Ministerio de Ambiente, 2010).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Efectos de los Contaminantes Comunes del Aire

EFFECTOS RESPIRATORIOS

EFFECTOS CARDIOVASCULARES



Síntomas

- Tos
- Respiración sibilante
- Flama
- Falta de aire
- Oprisión en el pecho

Aumento de enfermedades y muerte prematura causado por:

- Asma
- Bronquitis (aguda o crónica)
- Enfisema
- Neumonía

Desarrollo de otras enfermedades

- Bronquitis crónica
- Envejecimiento prematuro de los pulmones



Síntomas:

- Oprisión en el pecho
- Dolor de pecho (angina de pecho)
- Palpitaciones
- Falta de aire
- Fatiga inusual

Aumento de enfermedades y muerte prematura causado por:

- Enfermedad de las arterias coronarias
- Ritmos cardíacos anormales
- Insuficiencia cardíaca congestiva



Cómo los contaminantes causan síntomas



Efectos en la función pulmonar

- Estrechamiento de las vías respiratorias (broncoconstricción)
- Reducción del flujo de aire

Inflamación de las vías respiratorias

- Afluencia de glóbulos blancos
- Producción anormal de mucosidad
- Acumulación de líquido e hinchazón (edema)
- Muerte y eliminación de las células que revisten las vías respiratorias

Mayor susceptibilidad a infección respiratoria



Cómo los contaminantes pueden causar síntomas



Efectos en la función cardiovascular


- Baja oxigenación de los glóbulos rojos
- Ritmos cardíacos anormales
- Alteración de la actividad cardíaca controlada por el sistema nervioso autónomo

Inflamación vascular

- Mayor riesgo de formación de coágulos
- Estrechamiento de los vasos sanguíneos (vasoconstricción)
- Mayor riesgo de ruptura de la placa ateroesclerótica



Figura 4. Efectos sobre la salud. Tomado de sitio web calidad del aire y salud. Disponible en: <http://ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176117/Impactos-sobre-la-salud-de-la-contaminacion-atmosferica>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

EFFECTOS GLOBALES

Cada vez está más admitida la necesidad de realizar estudios sobre los posibles efectos que a largo plazo puede producir la contaminación atmosférica sobre los distintos ecosistemas, sobre el clima y sobre la estratosfera. Tanto las modificaciones de las características de los suelos, debidas al lavado de los elementos del mismo por las lluvias ácidas, como los cambios producidos en las grandes masas de agua por el aumento de la concentración de metales tóxicos, pueden tener consecuencias ecológicas irreversibles.

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) y de otros contaminantes en la atmósfera puede dar lugar a una elevación general de la temperatura del globo terráqueo, el llamado “efecto invernadero”, que modificaría el régimen de lluvias, lo que produciría alteraciones sobre las tierras cultivables y la extensión de los desiertos. Por otra parte, los sulfatos y las partículas finas que disminuyen la visibilidad, como el hollín (C) y las cenizas, puede igualmente reducir la intensidad de la radiación solar.

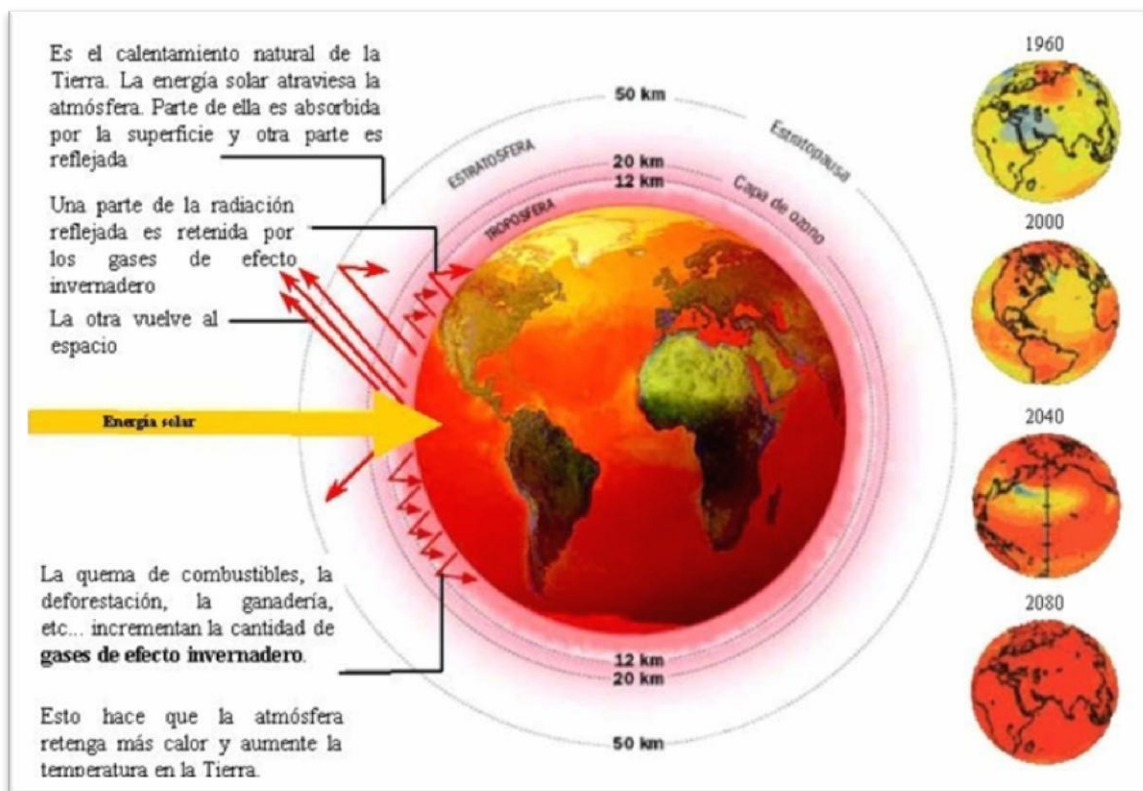



Figura 5. Efectos Globales. Tomado de la página <http://habitat.aq.upm.es/>

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.4. CALDERAS

La caldera en la industria, es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado. Según la ITC-MIE-AP01, caldera es todo aparato de presión donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

La caldera es un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas un set de intercambiadores de calor, en la cual se produce un cambio de fase. Además, es recipiente de presión, por lo cual es construida en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

En la industria moderna existen tres tipos de calderas:

- **Acuotubular:** En estas calderas circula agua o vapor por sus tubos, los gases calientes se encuentran en contacto con las caras exteriores de ellos. Son de pequeño volumen de agua por lo general y se emplean en su mayoría de veces cuando se pretende obtener un alto rendimiento y presiones elevadas debido a que los esfuerzos de tracción en toda su extensión.

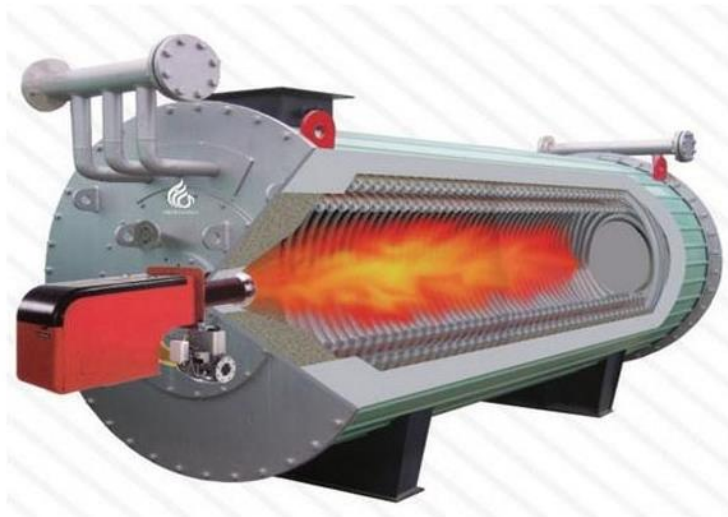



Figura 6. Caldera Acuotubular. Tomado del sitio web Global Energía. Disponible en: <http://www.globalenergiame.com/industries.html>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Pirotubular:** Esta caldera el humo y los gases calientes circulan por el interior de los tubos y el agua se encuentra por el exterior y se caracteriza por disponer de una caja de fuego donde va montado el hogar, un cuerpo cilíndrico atravesado y una caja de humos, este tipo de calderas puede producir agua caliente o vapor saturado.

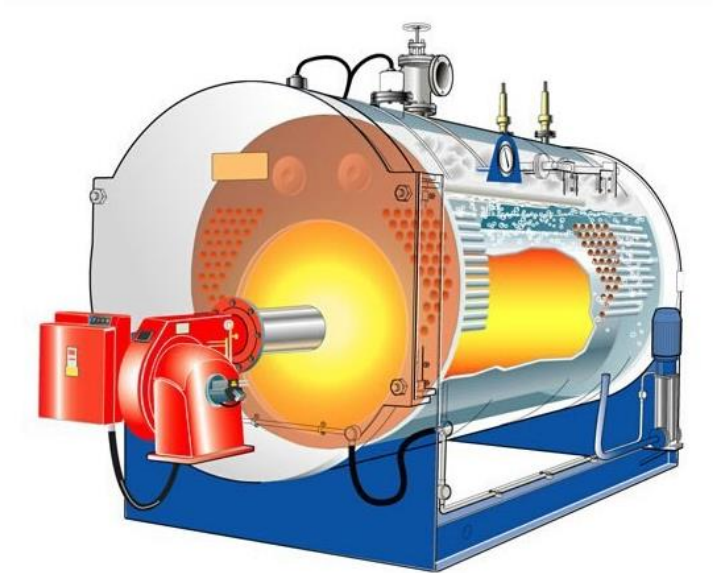


Figura 7. Caldera Pirotubular. Tomado de: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/diesel-fired-eps-steam-boiler-eps-machine-steam-boiler-60588442121.html>

- Fundición Seccional:** La caldera se compone de secciones huecas dentro de las cuales circula el agua.

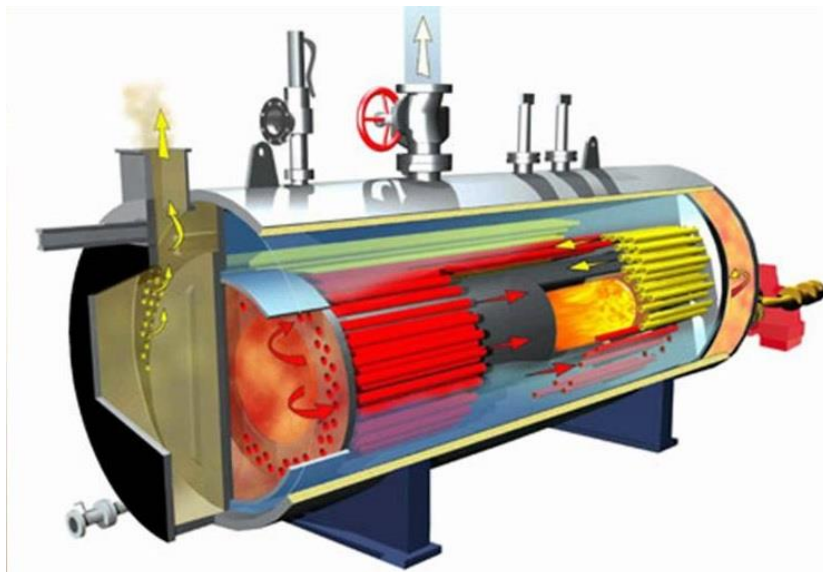



Figura 8. Caldera seccional. Tomado de: <http://atena80.blogspot.com.co/2015/10/generadores-de-vapor-o-calderas.html>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Las calderas son altamente empleadas en plantas de proceso como medio de calentamiento de fluidos o de aire, vaporización, trazado de vapor, de aireación del agua, generaciones de vacío, generadoras de potencia en turbinas, limpieza y mantenimiento de equipos de proceso.

Las calderas cuentan con unos componentes básicos mínimos que deben tener para que se cumpla su funcionalidad, entre ellos podemos encontrar:

- **Quemador:** consta de una boquilla aspersora, en nuestro caso de ACPM (el combustible que se trabaje) la cual lo expulsa a alta presión y lo quema para el primer paso de la generación.
- **Hogar:** alberga el quemador en su interior y en su interior se realiza la combustión del combustible utilizado y la generación de los gases calientes.
- **Válvula de seguridad:** la válvula de seguridad es la encargada de controlar y monitorear en todo momento la presión interna de la caldera para evitar una explosión y así ocasionar un desastre. Esta debe ser periódicamente revisada para garantizar que se encuentra en buenas condiciones.
- **Tubos de intercambio de calor:** el flujo de calor desde los gases hasta el agua se efectúa a través de su superficie y se da por medio de transferencia de calor por convección y radiación. También se generan burbujas de vapor, siendo una parte bastante importante del proceso.
- **Separador líquido-vapor:** es necesario para separar las gotas de agua líquida con los gases aún calientes, antes de alimentarla a la caldera.
- **Chimenea:** es un tubo ubicado en la parte superior de la caldera y es la vía de escape de los humos y gases de combustión al ambiente después de haber cedido calor al fluido. Esta emisión debe ser controlada, con determinado grado de contaminación admisible.
- **Carcasa:** contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor. Estos tubos deben estar todos en perfectas condiciones.
- **Retorno de condensados:** El condensado se genera cuando el vapor pasa de fase gas a líquida, en un proceso de calentamiento el condensado es vapor que transfirió su energía calorífica conocida como calor latente al producto, línea o equipo que requiere ser calentado.

En Operadora Avícola se cuenta con 2 calderas, una de 60 BHP y otra de 30 BHP, sin embargo, la de 30 está fuera de servicio y está pensada como caldera de soporte ante una eventualidad. Como la caldera de 60 BHP funciona continuamente será en la que se enfoque este trabajo. Los datos técnicos de dicha caldera se presentan en la Tabla 1.


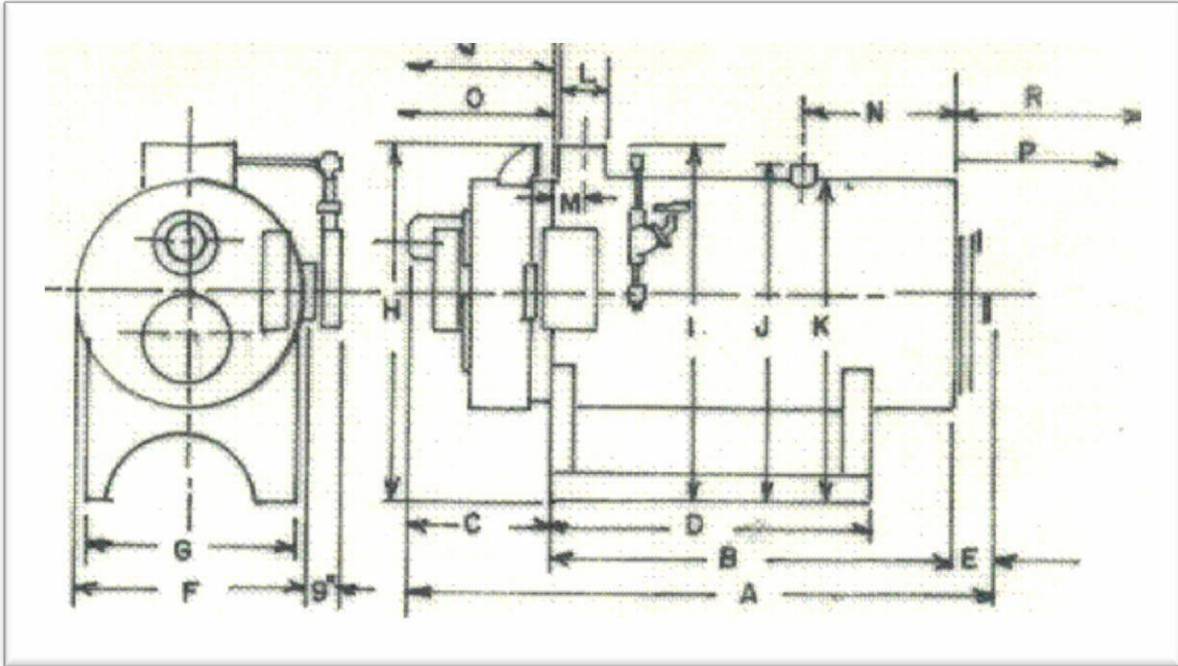

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

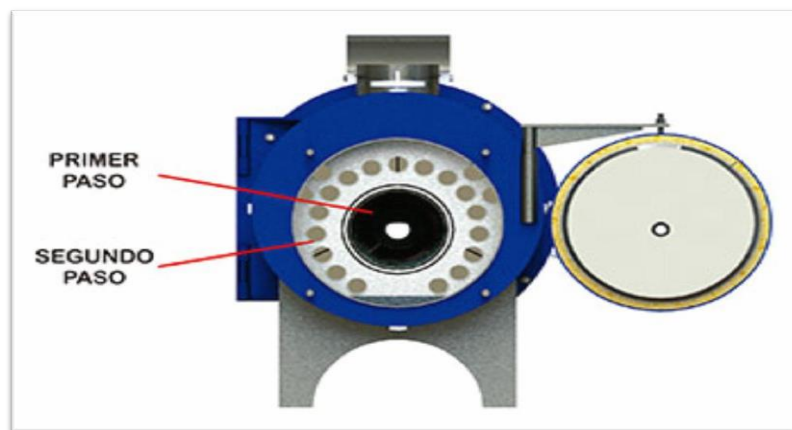
Tabla # 1. Ficha técnica de caldera 60 BHP Modelo F72C60 tomada de la página Web Calderas Continental.




Modelo	F72C60	
Caballos de vapor (BHP)		60
Longitud Total (mm)	A	3912
Vaso de Presión (PSI)	B	3048
Base a Frente (mm)	C	737
Base (mm)	D	2388
Puerta Trasera (mm)	E	178
Ancho En Camisa (mm)	F	1194
Base (mm)	G	965
Altura Total (mm)	H	1626
Piso a Chimenea (mm)	I	1600
Piso a Brida (mm)	J	1600
Piso a Camisa (mm)	K	1499
Chimenea Medidas en Pulgadas	L	12"
Localización (mm)	M	152
Salida de Vapor (mm)	N	914
Tamaño PSI. FL. 150 # Medidas en Pulgadas		6" FLGD
Tamaño PSI. FL. 300 # Medidas en Pulgadas		3" NPT
Agua Caliente Localización (mm)	N1	1270
Localización Salida (mm)	N2	914

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tamaño Salida Entrada 150 # Medidas en Pulgadas		4" FLGD
Recorrido Puerta delantera (mm)	O	1397
Recorrido Puerta trasera (mm)	P	660
Cambio Frontal de tubos (mm)	Q	2469
Cambio Trasera de tubos (mm)	R	2388
Longitud Mínima del cuarto de calderas y cambio de tubos		
Por delante (mm)		6172
Por detrás (mm)		6833
Conexiones Agua de alimentación Medidas en pulgadas		1 1/4"
Purga (7.03-14.06 KG/CM2 (100-200 PSI.) pulgadas		1 1/2"
Orificio de inspección Pulgadas		6'
Hueco Hombre (Alta presión UNI.)		-
Entrada y salida Combustible # 2 Pulgadas		3/4 - 1/2"
Entrada y salida Combustible # 6 Pulgadas		1 - 3/4"
Motor HP Soplador		2
Bomba de combustible		1/3"
Superficie de calentamiento FT2 (Lado de fuego)		300
Vapor (libra Hora) a 220 Grados Fahrenheit		2070
BTU salida (BTU/HORA)		2009
EDR VAPOR (FT2 BRUTOS)		8371
EDR VAPOR (FT2 NETO M.C.A.)		6695
BTU SALIDA AGUA (1000 BTU/HR NETO M.C.A.)		1605
Contenido Normal de agua (NIVEL NORMAL) (LBS)		2920
Combustible Liviano (ACPM) G.P.H.		18



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

EVALUACIÓN DE UN PROYECTO


En la evaluación de un proyecto se establecen los cambios generados comparando el estado inicial y el estado final tras la aplicación del mismo. De esta manera se intenta conocer si el proyecto logró sus objetivos o si tiene potencial para cumplirlos a futuro.

SEGÚN SU NIVEL DE GESTIÓN

- **Política Estratégica:** esta es medida por su capacidad de permanecer durante determinado tiempo y asegura que sea de una forma equitativa.
- **Administrativa:** su principal fin es la racionalización de los recursos, el cumplimiento de las metas, objetivos, actividades y programas planteados, pretende tener como lineamiento la eficiencia en su mayor expresión.
- **Técnica:** es una fusión de los dos ítems anteriores, se generan avances en los descubrimientos, rapidez, mediciones y precisión, dependiendo del enfoque que se le dé, sea científico o técnico.

SEGÚN LA NATURALEZA DE SU GESTIÓN Y MOMENTO DE EJECUCIÓN

- **Evaluación Privada:** es cuando se realiza con capital propio y no se busca ninguna fuente de financiación externa.
- **Evaluación Social:** en esta se evalúan los beneficios y costos para que sean más eficientes, ya que deben dar como resultado bienes y servicios reales que sean producidos por el proyecto.
- **Evaluación Supervisada:** esta se evalúa antes de realizar el proyecto para determinar si es viable o determina cuál es la mejor forma de hacerlo al menor costo posible, además prevé la incorporación de ajustes en el diseño del proyecto al igual que la importancia de los objetivos planteados y el presupuesto.
- **Evaluación de Proceso Operativo de medio término o continuo:** en esa evaluación se revisa el desarrollo sobre la marcha del proyecto verificando que los objetivos y tiempos de ejecución se estén llevado a cabalidad, esto busca una vez más el perfeccionamiento del proyecto, las fuentes financieras también exigen este tipo de evaluación al momento de realizar los desembolsos parciales para poder validar que efectivamente se esté utilizando el recurso adecuadamente.
- **Evaluación ex post, de resultados o de fin de proyecto:** se realiza cuando finaliza un proyecto y esta evaluación se enfoca en juzgar directamente los objetivos planeados

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Inicialmente, además indaga acerca de los cambios realizados en el desarrollo del proyecto tanto en los cambios positivos como en los cambios negativos.

- **Evaluación de Impacto:** esta evaluación principalmente se ve enfocada en los cambios permanentes y mejoras de la calidad de vida al igual que la sostenibilidad del proyecto luego de su culminación se considera un tiempo prudente para realizar esta evaluación entre un lapso de 5 años luego de culminado el proyecto.


CRITERIOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN DE UN PROYECTO

Existen 5 criterios básicos para la evaluación de proyectos los cuales nos permiten establecer sus conclusiones en función de la empresa o campo donde se esté realizando, cabe anotar que no existen criterios únicos ya que dependiendo de la naturaleza de cada proyecto van surgiendo algunos nuevos.

- **Criterio de pertinencia:** Observa congruencia entre las necesidades identificadas y los preparativos del proyecto.
- **Criterio de eficacia:** Es la medida en la que se lograron los objetivos planteados inicialmente en el proyecto tomando en cuenta su valor o importancia.
- **Criterio de eficiencia:** Medida en la cual los recursos, fondos y todo lo invertido en el proyecto se ha convertido en algo tangible y da como resultado el proyecto en sí, se podría describir como un análisis -costo – beneficio.
- **Criterio de impacto:** ese es basado tanto en los efectos positivos y negativos que a largo plazo son producidos durante el desarrollo del proyecto ya sean causados intencional o no.
- **Criterio de sostenibilidad:** este criterio nos mide que los cambios realizados durante el proyecto, garantizando que el resultado final perdure durante el tiempo a favor de la institución o población para la que fue desarrollada, suele evaluarse también en el criterio de impacto.

Los requisitos que se deben cumplir para una buena evaluación de un proyecto deben garantizar que esta pueda ser usada para la toma de decisiones, por lo cual todo proceso de evaluación deberá ser de la siguiente manera:

- **Objetivo:** analizar los hechos definidos tal como se presentan.
- **Imparcial:** las conclusiones deben ser neutrales, transparentes los que realizan la evaluación no pueden tener intereses personales o de conflicto con la parte que realiza el proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- **Válido:** donde se mide lo planificado respetando las definiciones establecidas con anterioridad.
- **Confiable:** las mediciones deben ser tomadas adecuadamente, recurriendo a verificaciones si es necesario.
- **Creíble:** donde todas las partes involucradas deben tener confianza en la capacidad de los responsables de la evaluación los cuales deben ser muy profesionales en su trabajo.
- **Oportuno:** se realizan en el momento adecuado para evitar resultados negativos con el factor del paso del tiempo.
- **Útil:** el cuál debe ser claro y conciso para que sea entendible para todas las persona que quieran acceder a la información tomada independiente si es personal técnico o administrativo, esto habla de la legibilidad de dicha evaluación.
- **Participativo:** todos los involucrados en el proyecto tienen derecho a reflejar sus experiencias, necesidades y percepciones.
- **Retroalimentado:** una evaluación debe asegurarse de que la diseminación de hallazgos y su asimilación por parte de todos los involucrados como lo son los beneficiados y los que financiaron el proyecto para así crecer y fortalecer el aprendizaje institucional.
- **Costo/eficaz:** debe establecer la relación positiva entre la inversión de tiempo dinero y demás recursos con respecto a la contribución de valor agregado para la experiencia de los ejecutores del proyecto.

Diversas son las dificultades que se pueden encontrar a la hora de realizar la evaluación de un proyecto, muchas de estas apuntan a un orden metodológico, pero también existen de orden político:

- Falta de disponibilidad de información.
- Tener capacitación o experiencia suficiente por parte del personal seleccionado para realizar la evaluación.
- Falta de un sistema confiable en la evaluación y monitorización por lo que no se conoce el proceso de desarrollo.
- Oposición por parte de los beneficiarios o la comunidad a la que va dirigida el proyecto por anteriores fracasos o por incumplimiento de proyectos anteriores, ya sea por parte política o por parte del sector privado.

3. METODOLOGÍA

DATOS DE CAMPO

Se realizó la toma de datos en las instalaciones de la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S, en los cuales se midieron las variables para realizar el balance energético y determinar eficiencia del equipo. A continuación, se describen las principales medidas tomadas:

Diagrama PID para identificación puntos de tomas de variables.

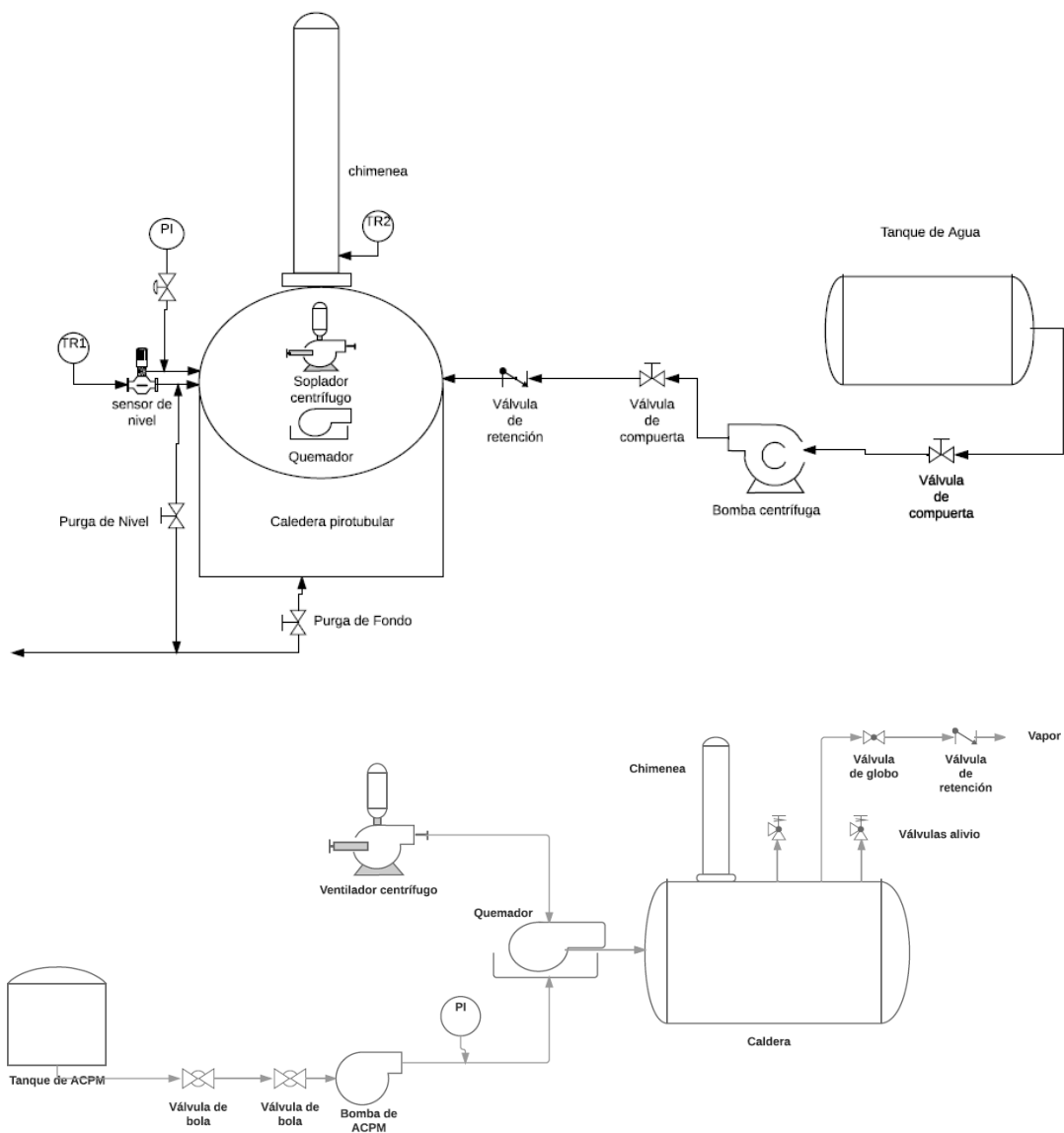



Figura 9. Vista frontal y lateral del diagrama de instrumentación y proceso (P&ID)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- **Temperatura de agua y ACPM:** Variable medida con termómetro FLUKE 51 II con termopar tipo K, certificado por Metrología (figura 10).




Figura 10. Dato de Temperatura acpm. Fotografía tomada por los autores.

- **Presión:** Variable medida con manómetro en seco, toma vertical de $\frac{1}{4}$ y caratula de 4" instalado en la caldera piro-tubular de 60 BHP de la planta de procesos, operadora avícola Colombia (figura 11).



Figura 11. Dato de presión. Fotografía tomada por los autores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- **Caudal:** Variable tomada del contador de agua instalado en la entrada agua caldera (figura 12).



Figura 12. Dato de Caudal. Fotografía tomada por los autores.

- **Temperatura salida de vapor:** Valor tomado del termómetro en seco, toma vertical de 3/8 caratula de 4" instalado en la salida de la caldera (figura 13).



Figura 13. Dato de Temperatura Vapor. Fotografía tomada por los autores.

- **Temperatura salida humos (chimenea):** Valor tomado del termómetro en seco, toma vertical de 3/8 caratula de 4" instalado en la salida de la chimenea caldera (figura14)


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27




Figura 14. Dato de Temperatura Chimenea. Fotografía tomada por los autores.

- **Datos técnicos aspa ventilador:** Para la toma del diámetro exterior, número de aletas y espesor del ventilador, utilizamos el flexómetro (figura 15).




Figura 15. Diámetro ventilador. Fotografía tomada por los autores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- **Diámetro tubos internos caldera:** El diámetro interno de los tubos fue medido con un calibrador pie de rey MITUTOYO (figura 16).




Figura 16. Diámetro tubería interna. Fotografía tomada por los autores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

CÁLCULO DE BALANCES

Se desarrollan balances de masa y energía, en los cuales se ven reflejadas las condiciones de trabajo actual y cálculos de eficiencia para determinar qué tanta energía se está desperdiciando. Estos cálculos se desarrollaron utilizando ecuaciones simples de termodinámica. Al desarrollar este balance de masa y energía, se determinó qué tan eficiente es el equipo con las condiciones actuales de operación, ya que cuenta con tubos internos anulados y no hay retorno de condensados. Es importante tener en cuenta que el equipo tiene 9 tubos anulados debido a fugas de agua, lo que conlleva a la disminución de la capacidad y eficiencia del equipo.




El balance de energía está enfocado a la estimación de la energía que ingresa, sale o que se pierde del sistema, es decir todas las energías implicadas en el comportamiento térmico de la caldera, cuando esta ha alcanzado su estado estacionario. Para realizar este balance, obtuvimos los datos mediante de medición de temperaturas (agua-vapor), consumo de agua, consumo de acpm y presión de vapor a la salida de caldera. Luego de obtener dichos datos, procedemos a sacar los datos técnicos por medio de tablas de libro: entalpía el poder calorífico y densidad del ACPM. Luego calculamos la energía de entrada y la energía de salida y ya con esto obtenemos la eficiencia del equipo con las condiciones antes mencionadas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TABLA DE VARIABLES CON EL EQUIPO EN VACÍO

Tabla # 2. Resumen de datos obtenidos. Tabla elaborada por los autores.

DATOS TÉCNICOS CALDERA DE 60 BHP		
Cantidad de tubos	62	Observaciones: Actualmente tiene 9 unidades condenadas por fisuras.
Diámetro de la Tubería	1-7/8" / 47,625 mm	
Espesor del aislante tubería	152,4 mm	
Material aislante tubería	Acero al carbón	
Espesor del aislante caldera	65mm	
Tanque alimentación de agua	111.71 Galones	
Ventilador	Diámetro Exterior 394 mm	
	Espesor 65 mm	
	Alabes 12	
	Aleta de 60 mm	
Motor ventilador	Hp = 7.5	
	RPM = 3600	
	V = 220	
	A = 19.1	
	Eficiencia = 86.7 %	
	Tamaño constructivo 112 M	
Quemador	Sin información (fotografías adjuntas)	
	 	


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

TABLA DE VARIABLES CON EL EQUIPO EN CARGA

Tabla # 3. Promedios de valores obtenidos durante las semanas de muestreo.

VARIABLES TOMADAS ENTRE LAS SEMANAS 1 y 4				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SEMANA 1 y 2	SEMANA 3 y 4	INFORMACION PROMEDIO
Consumo promedio combustible día	Galones	147	173	161
Consumo promedio combustible mes	Galones	N/A	N/A	5211
Consumo promedio combustible año	Galones	N/A	N/A	62530
Temperatura ingreso combustible	°C	21.8	26.05	24.15
Presión de vapor salida caldera	PSI	50	59.65	70
Temperatura de vapor salida caldera	°C	80.3	78.55	155
Consumo de agua	Gal/día	2329.99	2329.99	2329.99
Temperatura de agua ingreso	°C	18.8	18.25	18.52
Temperatura Interior chimenea	°C	166	171	169
Temperatura externa de la caldera	°C	52.85	38.1	45.47

CÁLCULO DE EFICIENCIA TÉRMICA DE LA CALDERA

- La presión manométrica de la caldera de 60 BHP, tomada en base a demanda de la planta de procesos es 70 Psig; manómetro de toma vertical instalado en el McDonnell, paralelo a la tubería de descarga (figura 17).


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Figura 17. Datos de presión tomados a la salida de la caldera. Fotografía tomada por los autores.

- La temperatura de vapor entregado a la red de distribución planta de procesos es 155°C. Esto es un dato tomado en termómetro análogo instalado en el McDonnell, paralelo a tubería descarga de la red principal (figura 18).



Figura 18. Temperatura tomada a la salida de la caldera. Fotografía tomada por los autores.

- El consumo promedio de combustible durante una hora es 6,708 Gal. Este es un dato obtenido en el medidor de nivel del tanque de ACPM (figura 34) y es promediado durante 4 semanas (figura 19). Realizando la conversión de unidades, esto corresponde a un flujo volumétrico de 0.02539.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Figura 19. Consumo tomado en medidor de ACPM. Fotografía tomada por los autores.

- A partir del flujo volumétrico, se calcula el flujo másico del combustible al multiplicar por la densidad del ACPM:

$$851.9 \frac{kg}{m^3} * \frac{0.02539m^3}{h} = 21,6297 \frac{kg}{h},$$

- La densidad es un dato tomado de la página web de propiedades físicas y químicas de TERPEL, quien suministra el ACPM.
- El poder calorífico del ACPM por galón: $131702 \frac{Btu}{Gal}$. Este dato se obtuvo de la unidad de planeación minero-energética de Colombia (UPME) y se presenta en la tabla 4. Este dato se convierte de Btu/gal a unidades de kJ/gal y queda: $145597,708 \frac{Kj}{Gal}$.
- La entalpia de vaporización, para convertir líquido saturado a vapor saturado a $155^{\circ}C$ es $2096.6 \frac{Kj}{Kg}$. Este dato es tomado de tabla A-5 del libro termodinámica de Cengel, a la temperatura de saturación medida anteriormente ($155^{\circ}C$). Este dato también se puede obtener gráficamente a partir del diagrama presión-entalpía (P-h), obtenido con el programa EE y mostrado en la figura 19.
- La energía de entrada a la caldera, necesaria para hallar la eficiencia, se obtiene al multiplicar el consumo promedio de combustible por el poder calorífico del combustible:

$$6,708 \frac{Gal}{h} * 138952.965 \frac{kJ}{Gal} = 932096.489 \frac{kJ}{h}$$

Tabla # 4. Poder calorífico del Diesel. Tomado de “Taller de estadísticas energéticas Joint Oil Data Initiative” de la UPME.

PODER CALORIFICO INFERIOR DE PRODUCTOS DE REFINERIAS DE COMBUSTIBLES

PRODUCTO	API	PODER CALORIFICO BTU/GALON	PODER CALORIFICO MBTU/BLS	PODER CALORIFICO (TEP)	PODER CALORIFICO (TJ) por Bls	PODER CALORIFICO (TCAL) por Bls
GASOLINA REGULAR	59,30	117.943	4,95	0,12	0,005251	0,001250
GASOLINA EXTRA	56,00	119.639	5,03	0,13	0,005331	0,001270
BENCINA	71,30	111.772	4,69	0,12	0,004972	0,001180
COCINOL	71,30	111.772	4,69	0,12	0,004972	0,001180
AVIGAS	67,20	113.880	4,78	0,12	0,005072	0,001210
JET-A	45,17	125.207	5,25	0,13	0,005570	0,001320
GLP	ND	83.928	3,53	0,09	0,003737	0,000890
QUEROSENO	45,17	125.208	5,25	0,13	0,005570	0,001320
ACPM	32,54	131.702	5,53	0,14	0,005859	0,001390
COMBUSTOLEO (DIESEL)	5,50	145.607	6,12	0,15	0,006487	0,001540
ASFALTO	7,21	144.728	6,08	0,15	0,006447	0,001530
AROTAR	-2,00	149.464	6,28	0,16	0,006656	0,001580
DISOLVENTES ALIFATICOS	60,00	117.583	4,94	0,12	0,005231	0,001240
DISOLVENTES AROMATICOS	34,40	130.746	5,49	0,14	0,005819	0,001380
CICLOHEXANO	49,22	123.126	5,17	0,13	0,005480	0,001300
BASES PARAFINICAS	25,21	135.472	5,69	0,14	0,006028	0,001430
BASES NAFTENICAS	25,21	135.472	5,69	0,14	0,006028	0,001430
CERAS	41,60	127.044	5,34	0,13	0,005660	0,001350

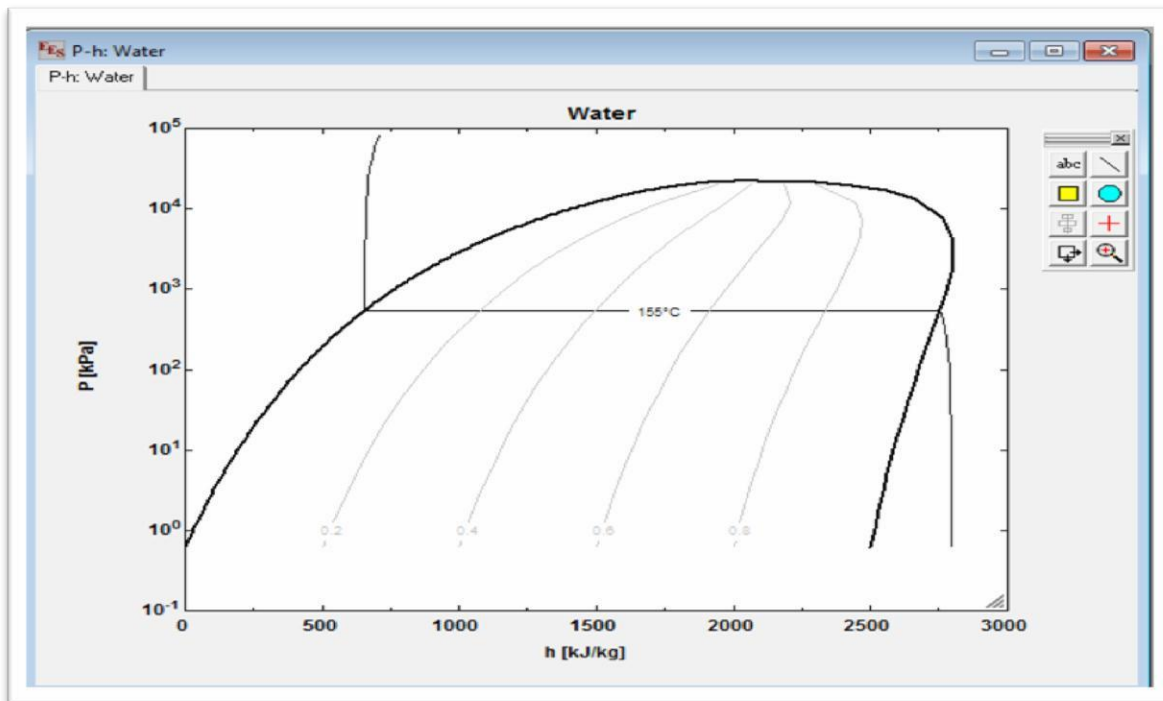



Figura 20. Diagrama presión-entalpía para agua saturada a 155°C. Imagen tomada del EES.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- El volumen de agua es 2329,99 , Tabla 3. Convertimos esos galones/día a metros cúbicos/día, lo cual da como resultado 8.82 m³/día. Luego dividimos esos m³ en 24 horas para hallar el consumo por hora, con este valor hallamos el flujo volumétrico del agua

$$8.82 \frac{m^3}{dia} 1 \frac{dia}{24 h} = 0.3675 m^3/h$$

- Para hallar el flujo másico del agua, multiplicamos el flujo volumétrico por la densidad del agua:

$$\frac{0.3675 m^3}{h} * \frac{1000 kg}{1 m^3} = 367 kg/h$$

- La energía de salida, el cual es un dato necesario para hallar la eficiencia de la caldera, se obtiene cuando multiplicamos la entalpia de vaporización a 155°C por el flujo másico del agua:

$$2096 \frac{kJ}{kg} * 367 \frac{kg}{h} = 769232 kJ/h$$

- Para calcular la eficiencia de esta caldera, nos basamos en la norma ASME PTC-4 2008, (ASME, 2011) en la página 30 numeral 3-1.3 nos indica como, por el método directo, podemos determinar la eficiencia del equipo. Este método requiere una medición del combustible de entrada y el flujo másico de vapor de salida. Reemplazando datos:

La eficiencia de la caldera está definida por la siguiente ecuación:

$$Eficiencia = \frac{salida}{Entrada} * 100$$

$$Eficiencia = \frac{769232 \frac{kJ}{h}}{976669,425 kJ/h} * 100 = 78\%$$

Eficiencia = 78%

Esta eficiencia del 78% está ligeramente por encima de la eficiencia promedio de las calderas en Colombia, de acuerdo a lo reportado por la unidad de planeación minero-energética, UPME (figura 21). Sin embargo se puede observar que existen calderas que tienen eficiencias más altas.

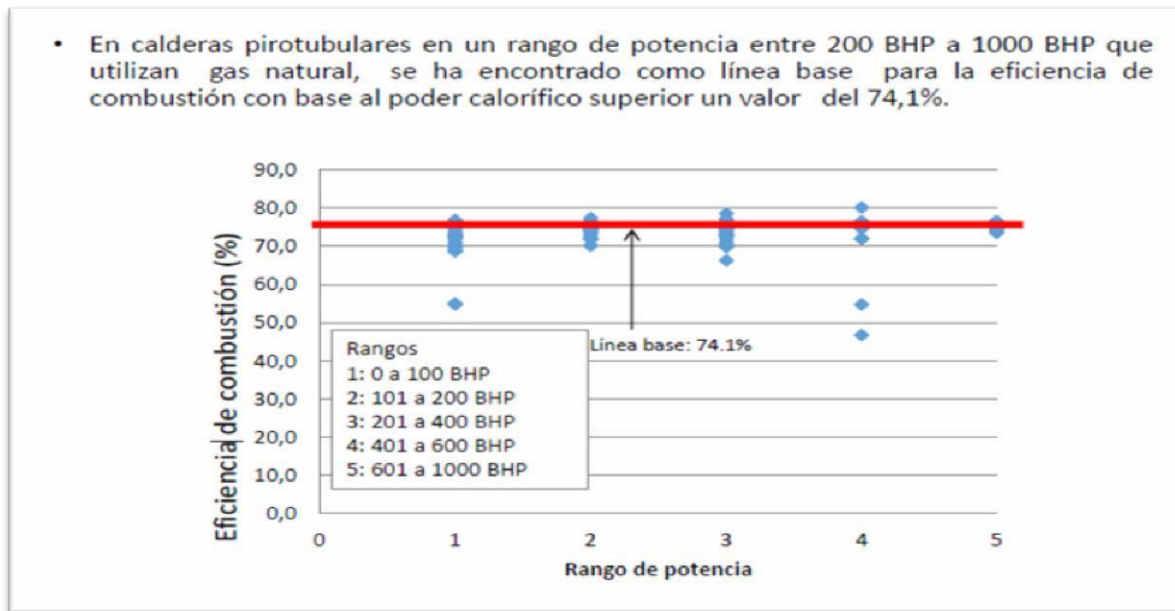


Figura 21. Valores aceptables de eficiencia en calderas, reportados por la unidad de planeación minero-energética, UPME.

BALANCE DE MASA

Ya que no hay línea de retorno de condensados, es posible asumir que el agua que ingresa a la caldera es igual al vapor que sale de la misma, entonces podemos deducir que:


$$\text{Entrada agua } 367 \text{ kg/h} = \text{Salida vapor } 367 \text{ kg/h}$$

BALANCE DE ENERGÍA

$$\dot{Q} \text{ De entrada (combustión): } 976669,425 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$\dot{Q} \text{ De salida (carga): } 769232 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Los siguientes valores con considerados 0 y no son tomados en cuenta para nuestro cálculo ya que son mínimos y poco significativos en nuestra ecuación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

\dot{Q} Sensible del aire: 0

\dot{Q} Sensible del gas: 0

W entrada del motor del ventilador: 0

Con estas suposiciones, el balance de energía queda:

$$\sum \dot{Q} \text{ entrantes} - \sum \dot{Q} \text{ salientes} = 0$$


$$(\dot{Q} \text{ combustion} + \dot{Q} \text{ sensible del aire} + \dot{Q} \text{ sensible del gas}) - (\dot{Q} \text{ carga} + \dot{Q} \text{ perdidas} + \dot{Q} \text{ humos}) = 0$$

Remplazando la anterior formula con respecto a nuestros valores:

$$\left(976669,425 \frac{Kj}{h} + 0 + 0 \right) - \left(769232 \frac{Kj}{h} + (207437,425 \frac{Kj}{h}) \right) = 0$$

Es decir, las pérdidas por mal aislamiento en la caldera y por los gases de combustión son:

$$\dot{Q} \text{ perdidas} + \dot{Q} \text{ humos} = 207437,425 \frac{Kj}{h}$$

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

PROPUESTAS DE MEJORA

A continuación, se plantean algunas propuestas de mejora, con miras a aumentar la eficiencia de la caldera:

- Instalar un quemador dual a gas natural para lograr una optimización del ACPM y aumentar el proceso de combustión en la caldera.




Figura 22. Quemador dual. Tomada de <http://tecnik.com.co/Espanol/quemadores.html>

- Como se mencionó anteriormente el quipo posee 9 tubos anulados por fisuras. Se propone reemplazar estas tuberías y devolverle al equipo la cantidad de generadores de calor diseñados por el fabricante. Con esto aumentamos la eficiencia de la máquina y alargamos la vida útil de los demás tubos, los cuales están sufriendo el desgaste por sobre esfuerzos térmicos.



Figura 23. Gráfica de la tubería condenada. Tomada por los autores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Aprovechar las temperaturas elevadas de la chimenea para recircular el agua de ingreso y llevarla a una temperatura más alta, esto disminuye el consumo de combustible y alarga la vida al interior de la caldera por efectos de disminución en choques térmicos. Para esta propuesta anexamos la tabla con los cálculos y resultados económicos (figura 24).




Figura 24. Temperatura salida de los gases. Tomada por los autores.

Se propone instalar un intercambiador de calor en la chimenea, llevando el agua de ingreso a través de este y recirculando de manera constante con una motobomba, esta agua va al tanque que surte el hogar por demanda. Se calcula un incremento del 10,8 % en eficiencia del equipo y un ahorro mensual en combustible de 3 millones de pesos, ver cálculos matemáticos en tabla 8.

Se relacionan los materiales para la fabricación de este intercambiador en la siguiente tabla, la mano de obra de la fabricación, instalación y puesta en marcha se puede ejecutar con personal interno de la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S.

Tabla # 7. Resumen propuesta económica para mejora, elaborado por los autores.

Materiales para la fabricación Intercambiador				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total
Tubería de cobre de 3/4 flexible	16	m	\$ 36.730	\$ 587.680
Acople de cobre 3/4	2	und	\$ 7.100	\$ 14.200
Hembra de cobre 3/4	2	und	\$ 6.600	\$ 13.200
Unión de cobre 3/4	6	und	\$ 8.500	\$ 51.000
Soldadura acero plata	2	und	\$ 32.340	\$ 64.680
Pipeta de gas MAP	1	und	\$ 32.500	\$ 32.500
Soldadura 6011	1	kg	\$ 12.000	\$ 12.000
Tubería galvanizada de 3/4	6	m	\$ 11.800	\$ 70.800
Unión rocada de 3/4	6	und	\$ 3.200	\$ 19.200
Universal 3/4	4	und	\$ 5.300	\$ 21.200

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO			Código	FDE 089
				Versión	03
				Fecha	2015-01-27
Codos 3/4	6	und	\$ 3.700	\$ 22.200	
Adaptador macho 3/4	4	und	\$ 4.800	\$ 19.200	
Motobomba de 1 Hp	1	und	\$ 1.123.000	\$ 1.123.000	
				\$ 2.050.860	



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla # 8. Cálculos recuperación energía, elaborada por los autores.

Cálculo de propuesta de mejora calentamiento de agua intercambiador chimenea para caldera de 60 BHP												
Datos de entrada			Constantes									
Flujo_{comb}	[Gal/día]	161	C_pagua	[kJ/kg-°C]	4,18							
	[m3/s]	7,05E-06		PCI_{comb}	[BTU/Gal]	3852891.3						
Flujo_{agua}	[m3/día]	8,82	Densidad	[Kg/m3]	859							
	[kg/s]	0,102		hf @ 80psi y 70°C	[kJ/kg]	83,91						
Precio_{comb}	[\$/Gal]	7157	hi @ 80psi y 155°C	[kJ/kg]	2096							
			Eficiencia	[%]	76%							
$m \cdot (h_f - h_i) / \text{PCI} \cdot \text{Comb}$												
RESULTADOS												
Temperaturas del agua en el intercambiador			Calor(Q) Necesario para calentar el agua [KW]	Ahorro [Gal/día]	Ahorro [%]	Ahorro [\$/mes]	Ahorro [\$/Anual]					
T_{sal} [°C]	Delta T [°C]	T_{ent} [°C]	$Q = m_{\text{agua}} \cdot C_p (T_{\text{sal}} - T_{\text{ent}})$	Q _{necesario/ Q_{caldera}}								
30	12	18						5,1	4,0	2,5%	\$ 689.904	\$ 8.278.847
40	22	18						9,4	7,4	4,6%	\$ 1.264.824	\$ 15.177.887
50	32	18						13,7	10,7	6,7%	\$ 1.839.744	\$ 22.076.926
60	42	18						17,9	14,1	8,7%	\$ 2.414.664	\$ 28.975.966
70	52	18						22,2	17,40	10,8%	\$ 2.989.584	\$ 35.875.005

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

RESULTADOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL EQUIPO AUDITADO

Los análisis isocinéticos de la caldera cumplen con los estándares exigidos por las entidades gubernamentales (Conhintec, 2014). Los resultados de estos análisis se presentan en el anexo a este trabajo. Sin embargo, la reparación de la tubería fuera de servicio y la recuperación de la energía en la chimenea, pueden mejorar de manera significativa la emisión de gases y partículas a la atmósfera.

Por medio de la calculadora FECOC 2016 de la unidad de planeación minero-energética de Colombia UPME, (UPME, 2016) tomamos los datos iniciales de 161 galones/día de ACPM y con un ahorro estimado del 10,8 % para 144 galones días y calculamos las emisiones que se van a dejar de emitir a la atmósfera y nuestro resultado es de 172.5326 kgCO₂.

Tabla # 6. Valores de emisiones tomadas de la página de la UPME.gov.

Total de emisiones		Total de emisiones	
Total de emisiones CO ₂ :	1633.986 KgCO ₂	Total de emisiones CO ₂ :	1461.4534 KgCO ₂

- Valores con 161 galones (consumo actual) Valores con 144 galones (ahorro 10.8%)


Según los estándares de emisiones de la norma 909 de 2008 en el capítulo 2 artículo 4 (RAMÍREZ, 2008), no hay un estándar estipulado para la regulación y control de dióxido de carbono (CO₂) al aire para las actividades industriales. Ya que todos los combustibles de origen fósil emiten CO₂, lo ideal para estas fuentes de contaminación es emitir la menor cantidad posible; por el contrario el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y materiales particulados están regulados bajo estos estándares (ver tabla A1).

RESULTADO DE ANALISIS DE RECUPERACION DE CONDENSADOS

El manejo y recuperación del condensado siempre requiere de una presión diferencial positiva entre el origen y el destino. En algunos casos, la presión de vapor a la entrada de la trampa es suficiente para vencer la contrapresión del sistema, pero en algunas instalaciones la presión diferencia requiere de una bomba para llevar el condensado a otra área.

Para nuestro caso la generación de este condensado es arrastrada directamente por las tuberías hasta su destino final que es mezclarse con agua a temperatura ambiente para ser utilizada en los aseos y desinfecciones de los diferentes procesos. Por tal motivo pensar en retornar esta condensación no es posible a raíz de que ésta es utilizada de manera directa para fines de limpieza.

El sistemas de trampa de balde invertido instalado en el distribuidor genera 175 mililitros de condensado cada minuto el cual es recuperado en uno de los equipos que funciona con agua caliente

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

para sumergir las aves y esto facilita retirar sus plumas. Otro motivo para descartar la recuperación de estos condensados es la distancia de 16.3 m que hay desde el distribuidor hasta el tanque de almacenamiento de la caldera.



Figura 25. Recuperación de condensación a tanque de agua caliente. Tomada por los autores.

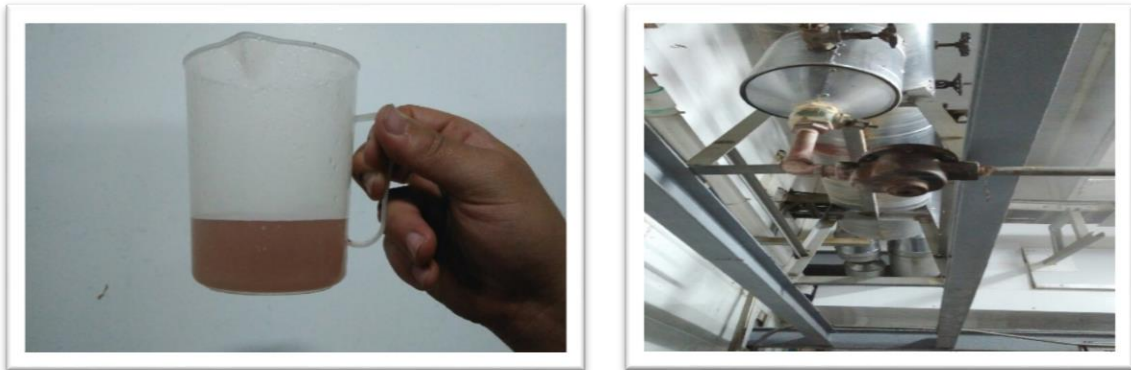




Figura 26. Cantidad de condensación obtenida en un minuto. Tomada por los autores.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

CONCLUSIONES

- El comportamiento del equipo en operación tiene una eficiencia aceptable según estudios realizados por la UPME, como demuestra en la figura # 20 (Valores aceptables de eficiencia en calderas, reportados por la unidad de planeación minero-energética, UPME) donde se determina que para calderas entre 0 y 100 BHP una eficiencia del (78%) está en los parámetros de operación normal que son entre 55% y 79%, la diferencia observada es del 1% con respecto al valor máximo.
- Para Operadora Avícola Colombia S.A.S, se generan sobrecostos en combustible y mantenimiento de un equipo operando en estas condiciones, donde el mayor factor es la cantidad de tubos que tiene condenados por deterioro del material, esto sumado al esfuerzo que hace el equipo al tener que calentar agua que le ingresa a 18.5 Grados centígrados promedio y llevarlos hasta el sobrecalentamiento requerido. Una de las causales de este deterioro en tuberías puede ser el choque térmico que se sufre al interior de la caldera, recibiendo agua a esta temperatura sumado al gasto de combustible por la carga térmica empleada para calentar nuevamente el hogar de la máquina. Por tal razón, el equipo debe ser intervenido inmediatamente.
- Se consideró la opción de recuperación de condensados, pero a raíz de que el vapor es inyectado de manera directa a las zonas de operación, se genera una cantidad de condensación de 10.5 Litros/hora, la cual no es viable retornar a la caldera por la distancia de 10.54 metros en longitud de los cuales 3.7 son en altura. Esto se traduce en un sistema de bombeo no justificado para tan poca cantidad de condensados al día. Por lo contrario, esta condensación es aprovechada en uno de los depósitos de calentamiento de agua para el proceso de inmersión de las aves.
- Las pruebas isocinéticas de la Caldera de 60 BHP, de la empresa Operadora Avícola Colombia S.A.S. que utiliza ACPM como combustible y a la cual se le evaluó material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, NO SUPERA el estándar de emisión admisible para los parámetros evaluados. La metodología empleada se tomó según los métodos US EPA (40 CFR60)1 para determinar la emisión de Material Particulado (M.P), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de nitrógeno (NO_x). Los resultados obtenidos son evaluados contra los estándares estipulados por dicha norma, como se pueden evidenciar en la Tabla A1. (Resumen, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


- La concentración obtenida en la caldera de 60 BHP fue de; 3,7 mg/m³ para MP, de 2,1 mg/m³ para SO₂ y 7,2 mg/m³ para NO_x, por tal motivo no hay riesgos de sanciones de tipo gubernamentales para esta fuente fija.

RECOMENDACIONES

Se realizaron varias propuestas de mejora energéticas las cuales pueden ser ejecutables y acordes con lo que busca la compañía, teniendo en cuenta la reducción del impacto ambiental y el costo de operación. Se recomienda evaluar económica y técnicamente las propuestas dado que lo que se busca es que el costo de la inversión sea retornada rápidamente por la compañía Operadora Avícola Colombia S.A.S.

TRABAJO FUTURO


Nuestro trabajo de grado queda como informe para la gerencia de operaciones de la compañía Operadora Avícola Colombia, donde socializaremos cada una de las recomendaciones y se justificarán las inversiones de los proyectos, como trabajadores de la organización velaremos por la ejecución y resultados de nuestras propuestas y cumplir con los objetivos propuestos.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

REFERENCIAS

- ASME. (2 de abril de 2011). *ASME PTC 4 Fired Steam Generators Performance Test Codes*.
Obtenido de <https://www.asme.org/products/codes-standards/ptc-4-2013-fired-steam-generators>
- Conhinter. (05 de 05 de 2014). *Informe N°APC-1071 Evaluación de emisión de contaminantes atmosféricos generados caldera 60 BHP Friko S.A.S. Medellín*. Recuperado el 2014
- Díaz Álvarez, S., & Folgueras Díaz, M. B. (2012). *Auditoría energética en una planta de tratamiento de agua potable*. Tesis de maestría, Universidad de Oviedo, ETS de ingenieros de minas.
- Ingenieros.es. (27 de 01 de 2015). *ISO 50002-2014 Una herramienta para optimizar el desarrollo de las auditorías energéticas*. Obtenido de <http://www.ingenieros.es/noticias/ver/iso-500022014-una-herramienta-para-optimizar-el-desarrollo-de-las-auditorias-energeticas/5200>
- ISO. (23 de 06 de 2014). *ISO 50002 standard*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/60088.html>
- José D. Cardona A. MD (2017)Contaminación Ambiental Enfermedad Respiratoria. Obtenido de: <https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/neumologia/vn-154/neumologia15403-contaminacion/>
- Martínez-Mingote, A. O. (2014). *Auditoría energética de una planta industrial de corte y preparación de gomaespuma*. Trabajo de fin de grado, Universidad politécnica de Valencia, Escuela técnica superior de ingenieros industriales, Valencia, España.
- Ministerio de Ambiente, v. y. (12 de 10 de 2010). *www.sisaire.gov.co*. Recuperado el 13 de 03 de 2017, de http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/docs/12-3-2012-0-21-6-396-1-1Protocolo_para_el_control_y_vigilancia_de_la_contaminaci%F3n_atmosf%E9rica_generada_por_fuentes_fijas.pdf
- Patoliya, T. K. (2012). *Energy audit in snack processing line*. Tesis de maestría, Anand Agricultural University, College of food processing technology & bioenergy.
- UPME. (29 de Noviembre de 2016). *Calculadora FECOC*. Recuperado el 11 de 07 de 2017, de calculadora FECOC: www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

<https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/neumologia/vn-154/neumologia15403-contaminacion/>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ANEXO: RESULTADOS MUESTREO ISOCINÉTICO EN LA CALDERA

Las mediciones se realizaron bajo condiciones de operación promedio del dispositivo evaluado, para esta evaluación se empleó métodos avalados por la normatividad colombiana. El objetivo es determinar la concentración de contaminantes atmosféricos generados por la fuente fija de la empresa, comparar los resultados con los valores estándar establecidos por la resolución 909 del 2008 por la cual se establecen las normas y estándares de emisiones generadas por fuentes fijas.

La metodología empleada se tomó según los métodos US EPA (40 CFR60)1 para determinar la emisión de Material Particulado (M.P), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de nitrógeno (NO_x), para los muestreos adelantados en la empresa fue necesario aplicar los métodos que se describen a continuación:

- Método US EPA 1: Selección del sitio de muestreo, determinación del número de la metodología
- Método US EPA 2: Determinación de la velocidad y flujo volumétrico de los gases en la chimenea.
- Método US EPA 3: Análisis de los gases de la chimenea para determinar el porcentaje de dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO) y el peso molecular del gas seco.
- Método US EPA 4: Determinación de la humedad contenida en los gases de la chimenea mediante la realización de un alterativo.
- Método US EPA 5: Determinación de la concentración de material Particulado emitido a la atmósfera.
- Método US EPA 7: Determinación de los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) mediante la utilización de balones certificados de volumen conocido (2.0 Litros).
- Método US EPA 8: Determinación de la concentración de dióxido de azufre (SO_x) emitido por las fuentes. El número de corridas realizadas para cada contaminante evaluado y según empleada se tomó según los métodos US EPA

Los resultados que se presentan a continuación son:

- Tabla A1: Se relaciona el nombre del dispositivo, el tipo de combustible, tipo de proceso, contaminante medido, la emisión obtenida y el valor estándar de emisión admisible de acuerdo a la identificación del proceso.
- Tabla A2: se presentan las condiciones de los gases en la salida de la chimenea.
- Tabla A3: reporta las concentraciones obtenidas para cada contaminante en cada una de las corridas realizando un comparativo con la normatividad.
- Tablas A4 a A7 reportan los datos utilizados y calculados para obtener la concentración respectiva.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla A1. Resumen, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

DISPOSITIVO/ COMBUSTIBLE	PROCESO	CONTAMINANTE	EMISIÓN		ESTANDAR DE EMISIÓN* (mg/m ³)	INFERIOR O SUPERIOR AL ESTANDAR
			mg/m ³	Kg/h		
CALDERA 60 BHP / ACPM	COMBUSTION	M.P	3,7	0,00	200	Inferior
		SO2	2,1	0,00	500	Inferior
		NOx	7,2	0,01	350	Inferior

Tabla A2. Condiciones de los gases, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Dispositivo	Velocidad (m/s)	Temper gases (°C)	Caudal Cond. Referencia (m ³ /min)	Presión Absoluta (mm Hg)	Humedad (%)	Composición de los gases		
						O ₂ %	CO%	CO ₂ %
CALDERA 60BHP	8,0	175,0	17,65	629,1	5,6	10,3	0,0	6,8
	8,6	173,9	19,07	629,1	5,9	10,5	0,0	6,2
	8,6	182,0	18,63	629,1	5,9	10,3	0,0	6,5
Promedio	8,4	177,0	18,5	629,1	5,8	10,4	0,0	6,5


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla A3. Registro de muestra en campo, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Dispositivo	Número de corridas por parámetro	Emisión (mg/m ³)	Emisión corregida por O ₂ de referencia (mg/m ³)	Estándar de emisión admisible corregido (mg/m ³)	Comparativo con (resolución 909 de 2008)
CALDERA 60BHP	Material Particulado (M.P)				
	Muestra 1	3,8	3,5	200	Inferior
	Muestra 2	3,2	3,0		Inferior
	Muestra 3	4,8	4,5		Inferior
	Promedio	3,9	3,7		Inferior
	Dióxidos de Azufre (SO₂)				
	Muestra 1	3,2	3,0	500	Inferior
	Muestra 2	2,5	2,3		Inferior
	Muestra 3	1,1	1,0		Inferior
	Promedio	2,3	2,1		Inferior
	Óxidos de Nitrógeno (NO_x)				
	Muestra 1	8,7	8,2	350	Inferior
	Muestra 2	6,0	5,5		Inferior
	Muestra 3	10,0	9,4		Inferior
	Muestra 4	6,1	5,8		Inferior
	Promedio	7,7	7,2		Inferior


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla A4. Registro de muestra en campo, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Resumen Datos						
Muestreo Numero		1	2	3	Promedio	
Hora Inicio Muestreo		10:20	11:40	13:30		hh:mm
Hora Final Muestreo		11:20	12:40	14:30		hh:mm
Factor de calibración del sistema	(Y)	0,988	0,988	0,988		
Coficiente de orificio del sistema	($\Delta H@$)	48,955	48,955	48,955		
Coficiente tubo pitot	(C_p)	0,840	0,840	0,840		
Diámetro boquilla Actual	(D_{na})	9,320	9,320	9,320		mm

Tabla A5. Resultados obtenidos en campo, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Datos Prueba Chimenea						
Volumen Inicial Medidor	(V_{m_i})	8,287	9,523	0,887		m3
Volumen Final Medidor	(V_{m_f})	9,511	10,880	2,226		m3
Total Volumen Medido	(V_m)	1,224	1,357	1,339	1,307	m3
Tiempo Total Muestreo	(θ)	60,0	60,0	60,0	60,0	min
Temperatura Promedio Medidor	(t_m) _{prom}	24,9	27,6	29,0	27,2	°C
Temperatura Promedio Chimenea	(t_s) _{prom}	175,0	173,9	182,0	177,0	°C
Presión Barométrica	(P_b)	629	629	629	629	mm Hg
Presión Estática Chimenea	(P_e)	0,80	0,80	0,80	0,80	mm H2O
Presión Absoluta Chimenea	(P_s)	629,1	629,1	629,1	629,1	mm Hg
Promedio (ΔH) Actual	(ΔH) _{prom}	36,0	44,5	43,3	41,3	mm H2O
Presión Absoluta Medidor	(P_m)	631,6	632,3	632,2	632,0	mm Hg
Promedio Presión Velocidad (Δp)	(Δp)	3,03	3,53	3,43	3,33	mm H2O
Promedio Raíz Presión Velocidad ($\Delta p^{1/2}$)	($\Delta p^{1/2}$)	1,74	1,87	1,85	1,82	(mm H2O) ^{1/2}


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla A6. Resultados obtenidos en campo, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Contenido Humedad						
Impingers 1-3 Volumen Agua	(V _n)	34,0	42,0	38,0	38,0	ml
Impinger 4 Peso Silica Gel	(W _n)	10,3	8,7	11,9	10,3	g
Total Volumen Agua Colectado	(V _c)	44,3	50,7	49,9	48,3	ml
Volumen Vapor Agua Condiciones Ref	(V _w) _{ref}	0,060	0,069	0,068	0,066	m3
Volumen Medidor Condiciones Ref	(V _m) _{ref}	1,005	1,106	1,086	1,066	m3
% Humedad Calculado en la Chimenea	(B _{ws(calc)})	5,6	5,9	5,9	5,8	%
Datos Análisis Gases						
% Dióxido de Carbono	(%CO ₂)	6,8	6,2	6,5	6,5	%
% Oxígeno	(%O ₂)	10,3	10,5	10,3	10,4	%
% Monóxido de Carbono	(%CO)	0,0	0,0	0,0	0,0	%
% Nitrógeno	(%N ₂)	83,0	83,3	83,2	83,2	%
Peso Molecular Gas Seco	(M _d)	29,49	29,42	29,45	29,45	g/g-mol
Peso Molecular Gas Húmedo	(M _s)	28,85	28,75	28,78	28,79	g/g-mol



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla A7. Resultados obtenidos en campo, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Datos Volumétricos de Caudal						
Velocidad Promedio Gas en la Chimenea	(v_s)	8,0	8,7	8,6	8,43	m/s
Área de la Chimenea	(A_s)	0,07	0,07	0,07	0,07	m ²
Caudal Condiciones de la Chimenea	(Q_{aw})	34,0	36,7	36,5	35,7	m ³ /min
Caudal Condiciones Ref Base Seca	(Q_{sd})	17,6	19,1	18,6	18,5	m ³ /min
% Isocinetismo	(I)	99,5	101,2	101,7	100,8	%
Datos Laboratorio Material Particulado						
Masa de Partículas Filtro	(m_f)	2,3	2,9	3,5	2,9	mg
Masa de Partículas Acetona	(m_a)	2,0	1,1	2,2	1,8	mg
Masa de Partículas Blanco Acetona	(m_{ba})	0,5	0,5	0,5	0,5	mg
Total Masa Partículas	(m_t)	3,8	3,5	5,2	4,2	mg
Datos Laboratorio Dióxido de Azufre						
Normalidad titulante estándar Bario	(N)	0,0090	0,0090	0,0090	0,009	meq/ml
Volumen de titulante usado Muestra	(V_t)	0,178	0,161	0,106	0,148	ml
Volumen de titulante usado Blanco	(V_{tb})	0,066	0,066	0,066	0,066	ml
Volumen total de solución de SO ₂	(V_{slon})	1009	995	990	998	ml
Volumen de alícuota tratada	(V_a)	10	10	10	10	ml

Tabla A8. Tasa de emisiones material particulado, tomada del muestreo original archivo de COHINTEC S.A.S.

Tasa de Emisión Material Particulado						
Concentración de Partículas	(c_s)	3,79	3,18	4,79	3,92	mg/m ³
Flujo de Emisión de Partículas	(E_p)	0,00	0,00	0,01	0,00	kg/h
Con. de Partículas Corregida Oxig	(c_s)	3,53	3,02	4,49	3,68	mg/m ³
Flujo de Emisión de Partículas Corregido	(E_p)	0,004	0,003	0,005	0,00	kg/h
Tasa de Emisión Dióxido de Azufre						
Concentración de Dióxido de Azufre	(C_{so2})	3,24	2,46	1,05	2,25	mg/m ³
Flujo de Emisión de Dióxido de Azufre	(E_{so2})	0,003	0,003	0,001	0,00	kg/h
Con. de Dióxido de Azufre Corregida Oxig	(C_{so2})	3,02	2,34	0,99	2,11	mg/m ³
Flujo de Emisión de SO ₂ Corregido	(E_{so2})	0,003	0,003	0,001	0,00	kg/h

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES Carlos Roman.
Jorge Ricardo Correa
Cristhyan Avila

FIRMA ASESOR [Firma]

INFORME FINAL DE TRABAJO
 DE GRADO 8:00 AM FECHA ENTREGA: 21-11-2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO_ ACEPTADO____ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____