

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN
MARCHA DE UN SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR A BASE DE
CARBON EN LA PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA AVES DE
AVIDESA MACPOLLO S.A**

HENRY FERNEY ORTEGA GARZON

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACION EN EVALUACION Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2016

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN
MARCHA DE UN SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR A BASE DE
CARBON EN LA PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA AVES DE
AVIDESA MACPOLLO S.A**

HENRY FERNEY ORTEGA GARZON

**Monografía para optar el título como Especialista en Evaluación y Gerencia
de proyectos**

**Director:
Katherine Sierra
Magister en Ingeniería Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACION EN EVALUACION Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2016

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	16
1. JUSTIFICACION	17
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	19
3.1 RESEÑA HISTORICA.....	19
3.2 TAMAÑO DE LA EMPRESA.....	20
3.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	21
3.4 CARACTERIZACION DEL PROCESO DE ELABORACION DE ALIMENTO BALANCEADO	21
3.4.1 Definición del proceso.....	22
3.4.2 Alcance del proceso.....	22
3.4.3 Descripción del proceso.....	22
4. MARCO DE REFERENCIA.....	23
4.1 MARCO TEORICO	23
4.1.1 Calderas.....	23
4.1.1.1 Clasificación de las calderas.....	24
4.1.1.2 Componentes de las calderas pirotubulares.	28
4.1.1.3 Eficiencia de energía de las calderas.	30

4.1.2 Sistema de generación de vapor.	31
4.1.2.1 Sistema de alimentación de agua.	32
4.1.2.2 Sistema de vaporización.	33
4.1.2.3 Sistema de combustión.	34
4.1.2.4 Sistema de control y monitoreo.	36
4.1.2.5 Sistema de distribución de vapor	38
4.2 MARCO CONTEXTUAL	39
4.2.1 Carbón en Colombia.	39
4.2.1.1 Generalidades del Carbón	40
4.2.1.2 La cadena del carbón en Colombia.	41
4.2.1.3 Precios	43
4.2.1.4 Perspectivas	44
4.2.2 Gas natural en Colombia.	46
4.2.2.1 Generalidades.	46
4.2.2.2 Transporte.	47
5. METODOLOGIA UTILIZADA	49
6. ESTUDIO TECNICO	50
6.1 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE GENERACIÓN DE VAPOR.	50
6.1.1 Componentes del sistema de generación de vapor.	51
6.1.2 Usos de vapor.	54
6.1.3 Consumos de vapor.	55
6.1.4 Necesidades y costos de Operación.	59
6.1.5 Servicios y costos de Mantenimiento.	61
6.1.6 Mano de obra.	62

6.2 INGENIERIA CONCEPTUAL PARA NUEVO SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.	63
6.2.1 Descripción de equipos y servicios.	63
6.2.2 Obras y servicios adicionales.....	68
6.2.3 Capacidad instalada	69
6.2.4 Necesidades técnicas para la operación	70
6.2.5 Necesidades de servicios de mantenimiento.	71
6.2.6 Mano de obra.....	72
7. ESTUDIO LEGAL.....	73
7.1 ASPECTOS LEGALES	73
7.1.1 Proyecto y Derechos Constitucionales	73
7.1.2 Matriz de Requisitos Legales	74
7.2 ASPECTOS LABORALES	74
7.2.1 Contratación.....	74
7.2.2 Riesgos Laborales	75
7.3 LOCALIZACIÓN.....	76
7.4 REQUISITOS PARA LA AUTORIZACION DEL PROYECTO.....	76
7.4.1 Uso del suelo del Plan de Ordenamiento Territorial.....	77
7.4.2 Licencia de construcción.....	78
8. ESTUDIO AMBIENTAL	79
8.1 EMISIONES CONTAMINANTES.	79
8.2 NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICABLE.....	81
8.3 PERMISO DE EMISIONES ATMOSFERICAS	82
8.4 ESTUDIOS DE EMISIONES ATMOSFERICAS.....	82

8.5 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	84
9. ANALISIS FINANCIERO	85
9.1 INVERSION INICIAL	85
9.2 PROYECCIÓN DE COSTOS	86
9.3 CALCULO DE BENEFICIO POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE	87
9.3.1 Costos Presentes Equivalentes	88
9.3.2 Tasa de Retorno Incremental	89
9.3.3 Análisis Costo Beneficio	90
9.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD	92
10. CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFIA	95
ANEXOS	98
APENDICES	136

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación Calderas.	27
Tabla 2. Clasificación trampas de vapor.....	39
Tabla 3. Clasificación del carbón.....	40
Tabla 4. Consumo por sectores de carbón en Colombia.....	43
Tabla 5. Precios internos de carbón térmico	44
Tabla 6. Proyecciones de carbón térmico.	45
Tabla 7. Usos del gas natural.....	47
Tabla 8. Infraestructura de transporte y volúmenes de gas transportado.....	48
Tabla 9. Características de la caldera pirotubular 200 BHP.	53
Tabla 10. Áreas y equipos demandantes de vapor.	55
Tabla 11. Consumos de vapor por línea de distribución.....	59
Tabla 12. Necesidades y costos de operación de calderas 200BHP.	61
Tabla 13. Programa de mantenimiento de sistema de generación de vapor.....	62
Tabla 14. Descripción de equipos y servicios de nuevo sistema de vapor.....	64
Tabla 15. Obras y servicios adicionales del nuevo sistema de vapor.....	68
Tabla 16. Necesidades y costos de operación de nueva caldera 400BHP.	71
Tabla 17. Necesidades de servicios de mantenimiento nuevo sistema de vapor..	72
Tabla 18. Proyección de costos para la generación de vapor.	87
Tabla 19. Valor recuperación actual sistema a gas natural	91
Tabla 20. Análisis Costo Beneficio.	91
Tabla 21. Análisis financiero escenario 1.	92
Tabla 22. Análisis financiero escenario 2.	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cadena Productiva Avidesa Mac Pollo S.A.	20
Figura 2. Estructura Organizacional Avidesa Mac Pollo S.A.....	21
Figura 3. Vista interna de caldera pirotubular.....	24
Figura 4. Caldera Pirotubular de un paso.	25
Figura 5. Caldera Pirotubular de tres pasos.....	25
Figura 6. Caldera Acuotubulares.....	26
Figura 7. Componentes de una caldera pirotubular	30
Figura 8. Analogía intercambiador de calor – Caldera.	30
Figura 9. Componentes del subsistema de suministro de aire.....	35
Figura 10. Componentes del subsistema de combustible piloto	36
Figura 11. Accesorios de medición del sistema de generación de vapor.....	38
Figura 12. Producción Colombiana de carbón entre 1980 a 2011.	42
Figura 13. Proyecciones de la producción de carbón metalúrgico	44
Figura 14. Proyecciones de la producción de coque.....	45
Figura 15. Metodología utilizada	49
Figura 16. Diagrama de flujo de calor del sistema de generación de vapor.....	51
Figura 17. Diagrama del sistema de generación de vapor de Planta de alimentos.	52
Figura 18. Zona de calderas pirotubulares Continental 200 BHP.	53
Figura 19. Sección de distribución de vapor.	54
Figura 20. Cocedores planta de frijol.	56
Figura 21. Peletizadora 100HP	56
Figura 22. Diagrama de medición de flujo de vapor.....	58

Figura 23. Ubicación del lote para el montaje del sistema de generación de vapor.76

Figura 24. Costo Presente equivalente Sistema a carbón.88

Figura 25. Costo Presente equivalente Sistema a gas.89

Figura 26. Diagrama de tiempo incremental entre alternativas.90

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Descripción del proceso de elaboración de alimento balanceado en Planta de Alimentos de Avidesa Mac Pollo.....	98
Anexo B. Diagrama de flujo proceso de generación de vapor.	101
Anexo C. Caracterización del carbón mineral en Colombia.	102
Anexo D. Informe de medición de flujo y presión de vapor en planta de alimentos.	105
Anexo E. Esquema de contratación para el montaje y puesta en marcha de un sistema de generación de vapor a base de carbón.	116
Anexo F. Identificación de riesgos y medidas de control en el nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón.....	120
Anexo G. Plano U-4 del Plan de Ordenamiento territorial de Bucaramanga.....	123
Anexo H. Concepto informe isocinético calderas de gas de planta de alimentos.	124
Anexo I. Inversión requerida para montaje sistemas de generación de vapor de 400 BHP	125
Anexo J. Hoja de cálculo del análisis financiero de las alternativas.....	129

LISTA DE APENDICES

	Pág.
Apéndice A. Metodología de Cuantificación de consumo de recursos para la generación de vapor con gas natural.....	136
Apéndice B. Metodología de Cuantificación de consumo de recursos para la generación de vapor con carbón mineral.....	141
Apéndice C. Matriz de requisitos legales.....	144
Apéndice D. Matriz de Requisitos ambientales.....	159

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR A BASE DE CARBON EN LA PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA AVES DE AVIDESA MAC POLLO S.A.*

AUTOR: ORTEGA GARZON, Henry Ferney.

PALABRAS CLAVE: Generación de vapor, Energía térmica, Calderas, Costos presentes, Emisiones atmosféricas, Prefactibilidad.

CONTENIDO

El estudio nace de la necesidad de la Planta de Alimentos Balanceados, de establecer alternativas factibles para reducir y alcanzar ahorros dentro sus costos de producción. Es su deseo, ser la unidad guía en el desarrollo y ejecución de propuestas de optimización de sus recursos y procesos.

Para satisfacer esta necesidad y en vista de la afectación de los últimos años del sistema de generación de vapor causado por el incremento desbordado de las tarifas de gas, agua y productos químicos, se tomó la decisión de identificar y evaluar potenciales ahorros en esta área y lograr su posterior materialización.

El presente trabajo tiene como propósito evaluar la prefactibilidad de sustituir el combustible actual, gas natural, por un combustible de menor costo, carbón mineral, para la generación de vapor requerida en los procesos de elaboración de alimento balanceado de Avidesa Mac Pollo S.A, lo cual conllevaría a realizar cambios significativos en el sistema y una mayor vigilancia y control por parte de las autoridades ambientales competentes.

El resultado final de los estudios técnico, legal, ambiental y del análisis financiero realizados en el presente trabajo, expresan claramente la viabilidad de llevar a cabo el cambio de combustible, lo cual la convierte en una alternativa de suma importancia para incrementar la competitividad de la organización.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos. Directora, Magister Katherine Sierra.

ABSTRACT

TITLE: PRE-FEASIBILITY STUDY FOR ASSEMBLY AND START UP OF A STEAM GENERATING SYSTEM BASED ON CARBON FOR BALANCED FOOD PLANT FOR BIRDS OF AVIDESA MAC POLLO S.A.

AUTHOR: ORTEGA GARZON, Henry Ferney.

KEY WORDS: Steam generation, Thermal energy, Boilers, Present costs, Air emissions, Pre-feasibility.

CONTENT

The study stems from the need from the balanced food plant to establish feasible alternatives to reduce and achieve savings in their production costs because it wants to be the guide unit in the development and implementation of proposals for optimizing resources and processes.

To fulfill this need and in view of the involvement of the last years of steam generation system caused by increased overflowed tariffs for gas, water and chemicals, the company was taken the decision to identify and evaluate potential savings in this area and achieve subsequent materialization.

The present study aims to assess the pre-feasibility of replacing the current fuel, natural gas, fuel lower-cost, mineral carbon, for generating steam required in the process of balanced food processing from Avidesa Mac Pollo S.A, which would lead to significant changes in the system and a greater monitoring and control by the competent environmental authorities.

The final result of the technical, legal, environmental studies and financial analyzes performed in this development clearly express the feasibility of carrying fuel switching, which makes it an important alternative to increase the competitiveness of the organization.

* Monograph.

** Faculty of Physics and Mechanics Engineering. School of Industrial and Business Studies. Specialization in Evaluation and Project Management. Director, Magister Katherine Sierra.

INTRODUCCION

Una de las formas tradicionales de suministrar energía calorífica a diferentes partes y procesos en las plantas industriales, es mediante la generación de vapor.

En este medio, los requerimientos son de grandes cantidades de vapor las cuales se obtienen de calderas de diversos tipos, que varían de acuerdo al tamaño y actividad económica del complejo industrial, la demanda de energía calorífica, la disponibilidad del combustible para su funcionamiento entre otras variables.

Actualmente, los combustibles fósiles generan la mayor parte de la energía requerida para el funcionamiento de las industrias, siendo un factor clave en competitividad y rentabilidad para las empresas.

Avidesa Mac Pollo S.A. está en una constante búsqueda de alternativas y/u oportunidades que permitan incrementar sus utilidades operacionales a través de su cadena productiva sin impactar negativamente el ambiente, sin infringir leyes y/o normas del ámbito local, nacional o internacional y que sean sostenibles a través del tiempo.

Por estas razones, el presente trabajo tiene como fin evaluar de forma preliminar la viabilidad de diseñar y montar un nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón en la Planta de Alimentos Balanceados para Aves, que es un combustible de menor costo con mayor oferta y disponibilidad en el mercado en comparación con el sistema actual a base de gas natural de costo más alto y con tendencia alcista en sus precios.

1. JUSTIFICACION

La propuesta de cambio en el tipo de combustible para la generación de vapor, pretende reducir uno de los principales costos indirectos de fabricación en la elaboración del alimento balanceado para aves de Avides Mac pollo. El costo del alimento representa aproximadamente el 70%¹ de los costos del proceso de engorde de las aves, siendo el rubro más representativo y de mayor impacto en las finanzas de la compañía.

Toda propuesta que tenga como objetivo reducir costos de producción se enmarca dentro de la política organizacional de incremento de la eficiencia de los recursos disponibles y de esta forma la organización podrá elevar su nivel de competitividad y efectividad, pero ante todo debe estar sujeta y alineada a las normatividades vigentes de las autoridades competentes.

Cabe resaltar que el sector avícola es un renglón de la economía que se ve afectado constantemente por un sinnúmero de percances externos y que en su mayoría son difícilmente controlables y de grandes repercusiones económicas.

¹ AVIDESA MAC POLLO S.A., Informe de gestión de Costos de fabricación de alimento balanceado. 2014

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de pre-factibilidad para el montaje y puesta en marcha de un sistema de generación de vapor a base de carbón mineral, buscando reducir los costos indirectos de fabricación generados en el proceso de elaboración del alimento balanceado para aves en Avidesa Mac Pollo S.A.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el estado actual del sistema actual de generación de vapor en la planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo S.A.
- Realizar el estudio legal para el montaje del sistema de generación de vapor a base de carbón mineral.
- Realizar un estudio de requisitos ambientales necesarios para ejecutar el cambio del sistema actual de generación de vapor a base de gas natural al sistema a base de carbón mineral.
- Realizar el estudio técnico a la propuesta en aras de determinar las especificaciones de los equipos y cuantificar el monto de las inversiones y los costos de operación que permitan cumplir con los requerimientos del nuevo sistema de generación de vapor.
- Hacer el estudio financiero del proyecto y así emitir una primera aproximación sobre la viabilidad del montaje y puesta en marcha del sistema de generación de vapor a base de carbón mineral.

3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

3.1 RESEÑA HISTORICA

Hace cincuenta años el sector avícola en el país era apenas una industria naciente, se consideraba una actividad marginal y complementaria con una escasa o casi nula tecnificación de procesos. Gran parte de la carne de pollo y huevos consumidos en el país eran producidos en los solares de las fincas campesinas.

En Marzo de 1969 se constituye la sociedad comercial Avidesa Ltda. Posteriormente, Avidesa Ltda., inició una producción incipiente de pollo de engorde con un proceso artesanal que después se industrializó en una planta de proceso en el año de 1979 conocida como PROVESASN. Su marca original “Mac Pollo su pollo rico” se remonta al año de 1976 cambiada a “Mac Pollo” en 1982, cuando se abandona la distribución de concentrados y se focaliza en la producción, procesamiento y distribución de carne de pollo y cambia la propiedad accionaria a los socios actuales.

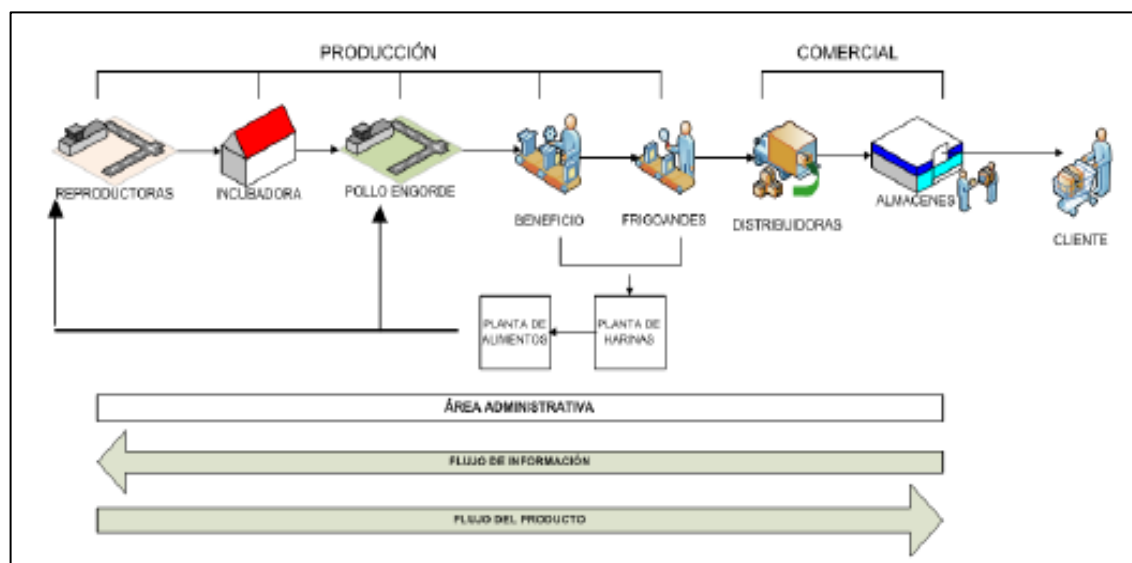
A partir de entonces, Mac Pollo ha sido un actor destacado en el crecimiento y desarrollo de la industria avícola y en la implementación de nuevas tecnologías para la optimización y control de todos sus procesos, logrando consolidarse como una referente de primer nivel en el sector avícola de Colombia.

3.2 TAMAÑO DE LA EMPRESA

Avidesa Mac Pollo S.A es una sociedad de economía privada, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima. Es la empresa líder en el sector avícola del país con una experiencia de 45 años en la producción y comercialización de productos alimenticios a base de carne de pollo, con ingresos operacionales en el 2014 de \$765.000 millones y cuenta con activos por valor de \$330.000 millones.²

Avidesa Mac Pollo S.A cuenta con aproximadamente 2100 empleados directos y 400 trabajadores en misión o afiliados por la bolsa de empleos, los cuales se ubican a través de toda su cadena productiva y en cada una de las líneas de procesos administrativos.

Figura 1. Cadena Productiva Avidesa Mac Pollo S.A.

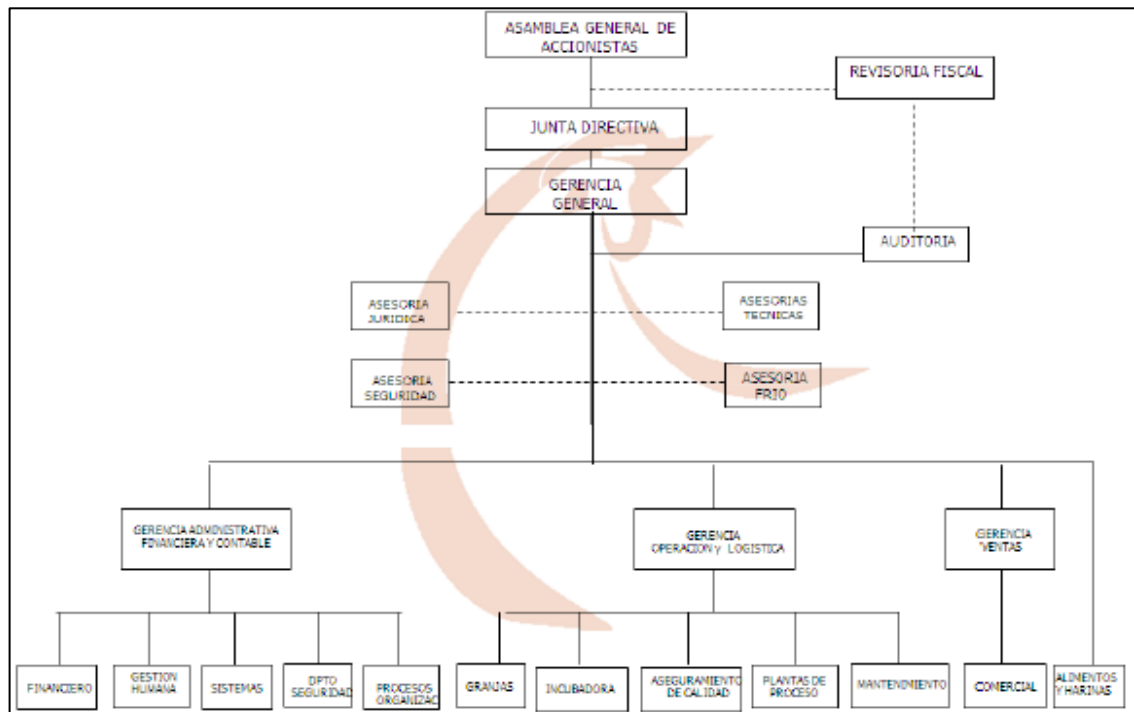


Fuente: Avidesa Mac Pollo.

² SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Informe 2.000 empresas más grandes por ingresos. Bogotá. 2014.

3.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 2. Estructura Organizacional Avidesa Mac Pollo S.A



Fuente: Avidesa Mac Pollo.

3.4 CARACTERIZACION DEL PROCESO DE ELABORACION DE ALIMENTO BALANCEADO

Durante los últimos tres años, la Organización lleva a cabo un proceso de caracterización de todos sus procesos y subprocesos en todas las gerencias. Actualmente, el proceso de elaboración del alimento balanceado se encuentra en estudio y elaboración.

Por lo tanto, se presenta la información más relevante y complementada con conocimiento teórico y empírico.

3.4.1 Definición del proceso. Conjunto de actividades encaminadas a suplir los requerimientos de consumo de alimento balanceado en todas las granjas de pollo de engorde y reproductoras de la organización.

3.4.2 Alcance del proceso. Comprende la ejecución de las actividades de recibo y almacenamiento de materias primas, los programas de producción semanal y el cumplimiento de los parámetros de calidad.

3.4.3 Descripción del proceso. En Avidesa Mac Pollo, la producción del alimento es parte integral de la producción de carne. El proceso de elaboración de alimento balanceado se desarrolla a través de seis fases, los cuales se resumen en el anexo A.

4. MARCO DE REFERENCIA

Este marco de referencia está dividido en dos partes, en un marco teórico enfocado en los conceptos y características de las calderas y los sistemas de generación de vapor en general y en un marco contextual de los combustibles fósiles en Colombia, específicamente en el gas natural y el carbón.

4.1 MARCO TEORICO

4.1.1 Calderas³ . El término caldera es un genérico utilizado para describir un tipo específico de generador de vapor. Una caldera es una máquina térmica de vapor a una presión mayor que la atmosférica. Se compone de dos partes principales: el horno, que convierte la energía química del combustible (sólido, líquido o gaseoso) en calor, y la carcasa o tubos, dependiendo del tipo, en donde se convierte el agua en vapor por medio del calor generado en el horno.

El vapor de agua es usado extensamente en el sector industrial, principalmente en el calentamiento de procesos y en la generación de energía. Sus principales características son:

- Se produce a partir de agua, la cual es económica y de alta disponibilidad en el entorno.
- Es de fácil distribución y control.
- Tiene un alto contenido energético

³ KOHAN, A. (2000), Manual de calderas. Primera Edición, Vol. 1. McGraw-Hill, España

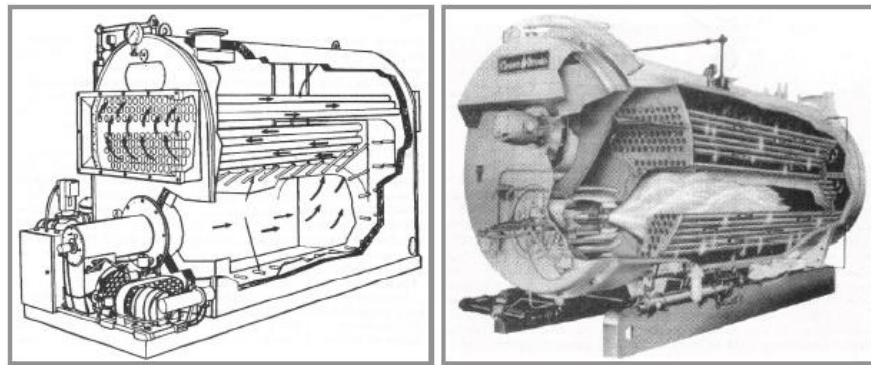
4.1.1.1 Clasificación de las calderas.

Por la Disposición de los fluidos⁴. A nivel industrial las calderas se clasifican generalmente por la disposición de los fluidos como calderas de tubos de fuego (pirotubulares) o de tubos de agua (Acuotubulares).

- **Calderas Pirotubulares**

La caldera pirotubular es la que más prevalece y de mayor uso para las aplicaciones de la industria. En este tipo de caldera la llama y los productos de la combustión pasan a través de los tubos y el agua caliente rodea el hogar interno y los bancos de tubos⁵. En la figura 3 se muestra la vista interna de una caldera pirotubular.

Figura 3. Vista interna de caldera pirotubular



Fuente: Kohan, A. Manual de Calderas.

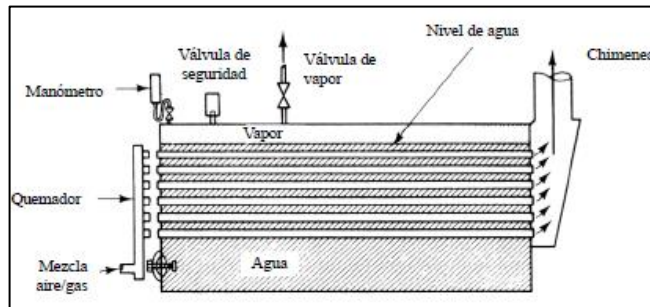
Las calderas pirotubulares a su vez pueden ser subdivididas de acuerdo al número de pasos de los gases de combustión en:

⁴ CARDOZO, S. (2010), Optimización del sistema de generación de vapor en la planta de Toyota de Venezuela. Informe de Pasantía. Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

⁵ ROSALER, R. (2002), Standard Handbook of Plant Engineering, 3. Edición. Estados Unidos. McGraw-Hill.

- **De un paso:** Tienen un conjunto de tubos con quemadores en un extremo y la chimenea en el otro (Ver figura 4). Los tubos pueden ser colocados en la cámara de la caldera en forma vertical u horizontal. Estas calderas son diseñadas para quemadores de gas y son capaces de producir desde 36kg/h hasta 360kg/h de vapor.

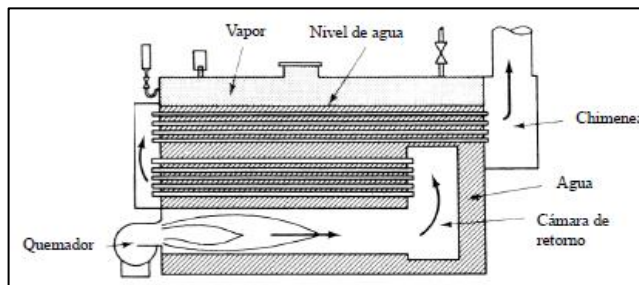
Figura 4. Caldera Pirotubular de un paso.



Fuente: Kohan, A. Manual de Calderas.

- **De múltiples pasos:** Estas calderas usualmente tienen una sola cámara principal para la combustión y un conjunto de tubos que pasan y regresan los gases calientes por la carcasa. La caldera moderna generalmente es de tres pasos (ver figura 5). Son capaces de trabajar con combustibles líquidos o gaseosos y tienen una capacidad de generación de vapor de hasta 31.800 kg/h, alcanzando presiones de hasta 1.800 kPa.

Figura 5. Caldera Pirotubular de tres pasos



Fuente: Kohan, A. Manual de Calderas.

- Calderas Acuotubulares

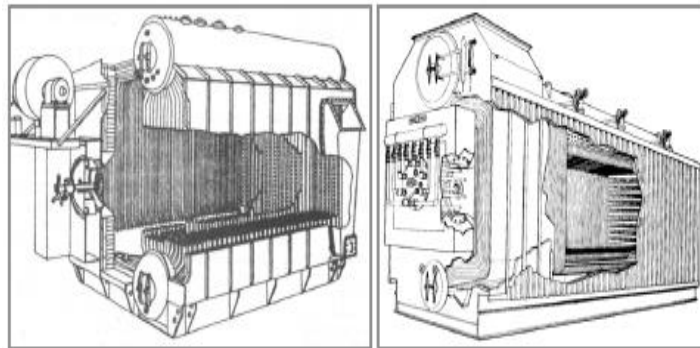
Estas son las grandes calderas de alta presión utilizadas para la generación de energía a nivel industrial. Los gases calientes de los quemadores pasan alrededor de los bancos de tubos verticales que contienen el agua.

Las calderas Acuotubulares vienen en una variedad de arreglos y diseños, y la configuración de sus tubos, en general, describe el tipo de caldera. Algunos fabricantes ofrecen unidades de tubos rectos mientras que otras ofrecen unidades con tubos doblados (ver figura 6).

En las aplicaciones industriales se usan para generar desde 20.000 kg/h de vapor hasta 450.000 kg/h y las presiones de diseño varían desde los 700 kPa hasta los 9.600 kPa. Sin embargo, debido a factores económicos, habitualmente trabajan con carbón.

La mayor ventaja que presentan las calderas de tubos de agua sobre las de tubos de humo es la libertad para incrementar capacidades y las presiones.

Figura 6. Caldera Acuotubulares



Fuente: Kohan, A. Manual de Calderas.

Otras Clasificaciones⁶. Existen otras características o criterios para clasificar las calderas, los cuales se agrupan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación Calderas.

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	TIPO DE CALDERA	DESCRIPCION
Por su Configuración	Verticales	Forma en la que están dispuestas.
	Horizontales	
Por el tipo de combustible	Sólidos	Emplean carbón mineral, bagazo o material vegetal
	Líquidos	Utilizan crudos livianos y/o pesados.
	Gaseosos	Emplean gas natural.
Por el tiro	Tiro natural	La entrada y salida del aire No son asistidas por ventiladores.
	Presurizado	Tienen un ventilador de tiro forzado para inyectar el aire de combustión al hogar, pero los gases producto de la combustión salen por la presión generada en el mismo
	Equilibrado	Tienen un ventilador de tiro forzado que inyecta aire de combustión y un ventilador de tiro inducido que extrae los gases de combustión de la cámara.
Por el modo de gobernar la operación	Manual	Control y método de suministrar el combustible a las calderas
	Semiautomático/ Automático	

⁶ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA., Guía para el manejo de Calderas. Medellín, 2010.

4.1.1.2 Componentes de las calderas pirotubulares.⁷ Para el presente trabajo, se llevará a cabo un análisis más detallado del tipo de caldera pirotubular, ya que este tipo de caldera es la que se adapta a las necesidades de vapor de la planta.

Este tipo de calderas tienen como componente representativo los tubos por los cuales circula los productos de la combustión, sin embargo las calderas no son solo tubos, sino que están conformadas de otros componentes que complementan el óptimo funcionamiento y desempeño.

A continuación se presenta un resumen de las partes constitutivas de las calderas pirotubulares horizontales.

- Quemador, es el dispositivo encargado de generar la llama que provocará la liberación de energía del combustible atomizado. Generalmente los quemadores son de llama turbulenta no premezclada, es decir, que a la zona donde se está generando la llama llega por separado el aire y el combustible.
- El hogar o cámara de combustión, es la parte donde se realiza la reacción química del combustible (combustión) lo cual produce la liberación de la energía del combustible que se transferirá al agua. El hogar debe tener la longitud y el diámetro apropiados para asegurar que exista una total combustión y por ende una mayor eficiencia del equipo.
- El haz de tubos, está compuesto por múltiples tubos de menor diámetro que el hogar, por los cuales ya solo circulan productos de combustión a temperaturas aproximadas de 1000 °C a la entrada del haz. En esta parte de la caldera se

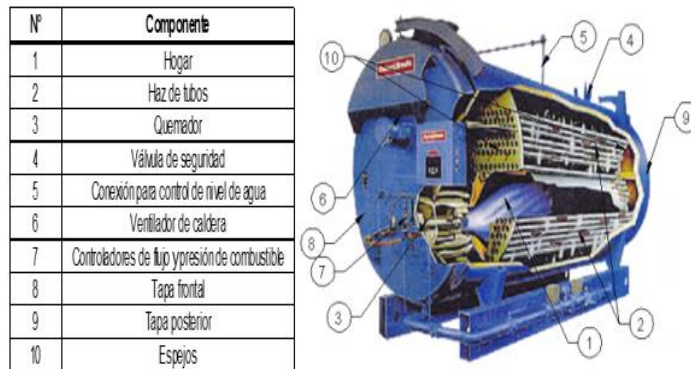
⁷ QUIÑONEZ CERCADO. H. L. (2008), Desarrollo de Software para el análisis y diseño térmico de calderas pirotubulares horizontales con quemadores a Diésel. Trabajo de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil.

captura la mayor parte de la energía de dichos gases calientes para pasarlos al agua que está en la parte exterior de los tubos.

- La coraza, es un cilindro construido de acero dentro del cual se encuentran alojado de manera integral la cámara de combustión y el haz de tubos.
- Tapas, toda caldera pirotubular de tipo espalda seca tiene una tapa frontal y una tapa posterior que sirven para poder acceder a los espejos para el mantenimiento y limpieza de los tubos; generalmente las tapas se encuentran abisagradas. En la tapa frontal es donde está incorporado el quemador mientras que en el fondo de la tapa posterior se coloca material refractario ya que estará sometido a altas temperaturas.
- Chimenea, es un ducto por donde salen los productos de la combustión hacia el medio ambiente.
- Dispositivos de control y seguridad, que sin duda alguna son aquellos equipos que garantizan el correcto funcionamiento del equipo, como:
 - Control de nivel de agua. (McDonell).
 - Control de nivel de agua muy bajo (Warrick).
 - Control de presión.
 - Válvula de seguridad.
 - Detector de llama.

En la figura 7, se muestra de forma más clara y comprensible las partes constitutivas de una caldera pirotubular horizontal.

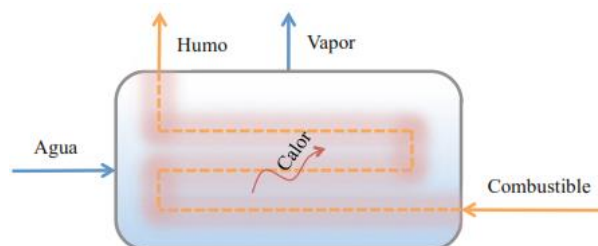
Figura 7. Componentes de una caldera pirotubular



Fuente: Quiñonez C. H. L. Desarrollo de Software para el análisis y diseño térmico de calderas pirotubulares horizontales con quemadores a Diésel.

4.1.1.3 Eficiencia de energía de las calderas.⁸ Para determinar la eficiencia de una caldera es pertinente hacer la analogía con un intercambiador de calor, en donde ocurre una transferencia de energía entre dos flujos de materia. El primero es el flujo de combustible que se introduce en la caldera, el cual reacciona con el aire en la cámara de combustión produciendo calor, para salir en forma de humo por la chimenea. El segundo lo representa el flujo de agua que transita por la caldera, el cual absorbe el calor producto de la combustión, generando así la elevación de su temperatura y posterior paso al estado de vapor. Ver esquema en la figura 8.

Figura 8. Analogía intercambiador de calor – Caldera.



⁸ Instituto para la diversificación y ahorro de energía (2007). Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas. Guía Técnica. Vol. 5, España.

Según lo anterior, el rendimiento energético de una caldera se define como la relación entre la cantidad de energía que ha captado el agua (calor útil) respecto al que poseía el combustible utilizado, tal como expresa la ecuación:

$$n = \frac{Q_v}{Q_c} * 100\%$$

Dónde:

n: Eficiencia energética (%)

Qv: Calor que sale con el vapor producido (kJ)

Qc: Calor suministrado por el combustible (kJ)

De la ecuación anterior, se infiere que la eficiencia de una caldera será mayor a medida que una mayor cantidad de la energía suministrada por el combustible sea aprovechada en la transformación del agua en vapor. Dentro de las razones que disminuyen la eficiencia, se consideran las pérdidas de energía por las siguientes fuentes:

- Pérdidas de calor sensible en los gases de combustión.
- Pérdidas por combustible no quemado.
- Pérdidas por convección y radiación a través del cuerpo de la caldera.
- Pérdidas de calor en purgas y otros.

4.1.2 Sistema de generación de vapor.⁹ Los sistemas de generación de vapor están compuestos básicamente por cinco subsistemas: la alimentación del agua, vaporización del agua, la combustión, control y monitoreo y la distribución de vapor. El proceso de producción de vapor se logra por medio de la interacción de los diferentes subsistemas y variables que permitan obtener la mejor eficiencia en la

⁹ Mejía, J., Rojas, M., Trabajo de grado “ Simulador básico para la puesta en marcha y operación de calderas de tipo pirotubular”

caldera. En el anexo B se presenta un diagrama simplificado del sistema de generación de vapor.

4.1.2.1 Sistema de alimentación de agua. El sistema de alimentación de agua tiene como función suministrar agua a la caldera a presiones y temperaturas adecuadas y condiciones químicas aptas mediante tratamientos de eliminación de sales y otras sustancias disueltas, en aras de obtener vapor de la manera más eficiente posible.

Componentes del sistema

- Circuito de tratamiento de agua, el cual tiene por finalidad cumplir con la prevención de incrustaciones que perjudiquen la transferencia de calor dentro de la caldera y la eliminación de gases corrosivos, entre otros.
- Bomba de alimentación de agua, la cual se encarga de mantener un nivel adecuado de agua dentro de la caldera para su óptima operación. Generalmente cuenta con un motor trifásico para su operación. Es el equipo utilizado para transformar energía mecánica en cinética, generando presión y velocidad al agua que entrará en la caldera. Esta bomba puede operar continuamente mediante un sistema de control modulado o pueden operar con un sistema prendido-apagado.
- Tanque de condensado, es un recipiente que se utiliza para coleccionar el condensado que retorna de los equipos o procesos que consumen vapor indirecto y para ingresar el agua que debe reponerse al sistema. Usualmente, está conectado al circuito de tratamiento de agua como medio para la adición de las sustancias químicas que regulan la calidad del agua que ingresa a la caldera.

- Economizador, es un dispositivo mecánico de transferencia de calor que calienta el fluido hasta su punto de ebullición sin superarlo. Tiene como finalidad aumentar la velocidad de evaporación del agua y obtener una mayor eficiencia dentro del equipo.
- Válvulas, son las encargadas de permitir o impedir el paso del fluido hacia determinado tramo del sistema.

4.1.2.2 Sistema de vaporización. El vapor necesario para los procesos de producción se genera en la caldera, considerada como elemento fundamental de este servicio. Para su correcto funcionamiento se requiere un recipiente hermético para soportar las altas presiones y a su vez debe tener un recubrimiento de material aislante con el fin de evitar las pérdidas de calor. Los elementos que componen el sistema de vaporización son:

- Quemador, el cual es el encargado de mezclar el aire con el combustible para llevar a cabo la reacción química de la combustión.
- Cuerpo de la caldera, es un recipiente con capacidad de soportar altas presiones y evitar la transferencia de calor, así mismo debe estar fabricado con materiales apropiados para el contacto permanente con el agua.
- Tubo principal, es el encargado de almacenar la llama generada en la combustión.
- Tubos secundarios, son los encargados de transportar los gases de la combustión a la chimenea y de transferir calor al agua para su evaporación.

4.1.2.3 Sistema de combustión. Las calderas son los equipos encargados de proporcionar energía en forma de calor mediante el proceso de combustión. La combustión es una reacción química de tipo exotérmica en la que se da la oxidación de una sustancia y la reducción de otra, a una temperatura que oscila en el rango de 1000 a 1600 °C.

El proceso de combustión en una caldera convierte la energía química del combustible en energía térmica y se produce por la mezcla de un combustible con el oxígeno del aire (comburente), utilizando para ello un quemador, equipo de mezcla y una temperatura de activación o ignición.

La función del sistema de combustión es llevar el combustible hasta el quemador y transportarlo a un sistema secundario para la producción de una llama piloto. De esa manera, el sistema de combustión está conformado así:

- Sistema de ignición
- Sistema principal de combustible.

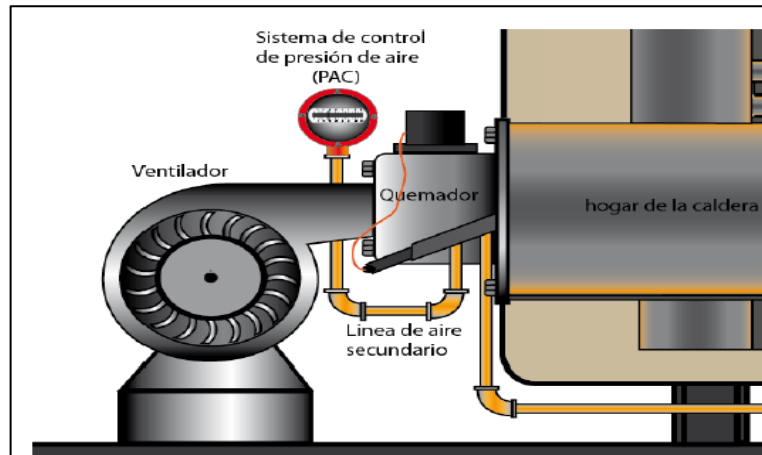
Sistema de ignición

El sistema de ignición tiene como objetivo generar la llama piloto dentro de la caldera mediante la aplicación de una temperatura a la mezcla de aire y combustible. El sistema está conformado por los siguientes subsistemas:

- Subsistema de suministro de aire, el cual es fundamental en el encendido y operación de la caldera. El propósito es suministrar la cantidad de aire requerida, para tener en todo momento la capacidad de producción máxima de la caldera, manteniendo una correcta correlación de aire – combustible (Ver figura 9). Este subsistema está conformado por los siguientes elementos:

- Ventilador de tiro inducido, el cual toma el aire del ambiente y lo dirige hacia el quemador por un ducto.
- Interruptor de presión de aire PAC, el cual actúa como controlador de la presión del aire de combustión.

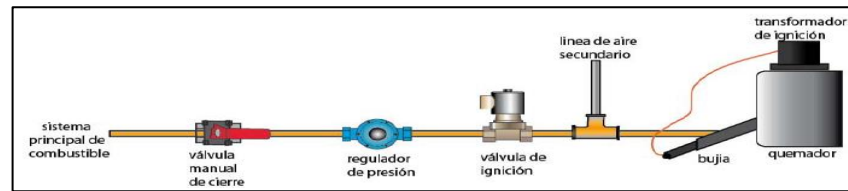
Figura 9. Componentes del subsistema de suministro de aire.



Fuente: Mejía R. M., Sánchez M. J. (2010), Simulador básico para la puesta en marcha y operación de calderas de tipo pirotubular

- Subsistema de combustible piloto, el cual es el encargado de proporcionar y mantener la llama piloto para el encendido del quemador de la caldera durante el periodo de ignición. Los componentes principales son:
 - Regulador de presión.
 - Válvula de ignición
 - Sistema Venturi
 - Electrodo o bujía de ignición

Figura 10. Componentes del subsistema de combustible piloto



Fuente: Mejía R. M., Sánchez M. J. (2010), Simulador básico para la puesta en marcha y operación de calderas de tipo pirotubular

Sistema principal de combustible. De acuerdo con el tipo de combustible que utilice la caldera, el sistema principal de combustible será diferente. En el caso de las calderas que consumen gas natural, la alimentación estará conformada por una red de tuberías y válvulas que regulan caudal y presión del combustible. Cuando se trata de combustibles líquidos, el sistema de alimentación estará conformado por un tanque de almacenamiento, redes de tuberías con válvulas y acoples, bomba de alimentación y combustible y un subsistema de precalentamiento para combustibles de alta densidad.

Las calderas que operan con combustibles sólidos poseen un depósito o silo de almacenamiento de combustible y un sistema de bandas transportadoras y elevadores de cangilones, que llevan desde el depósito hasta el hogar de la caldera.

4.1.2.4 Sistema de control y monitoreo. El sistema de control y monitoreo se encarga de gobernar el funcionamiento de todos los sistemas de la caldera, brindando control y seguridad tanto al equipo como a los técnicos en las diferentes etapas de la operación.

Existen diferentes factores que se deben tener en cuenta en el momento de ejercer control sobre la operación de la caldera y a su vez estos determinan el estado de las variables de control. Los principales factores a tener en cuenta son:

- Factores regulados, los cuales deben mantenerse en un valor preestablecido como la presión de vapor, relación aire – combustible, nivel de agua y presión de combustible.
- Factor perturbador, el cual es la demanda de vapor a la salida de la caldera.
- Factores a manipular, con los cuales se compensa la influencia del factor perturbador sobre los factores regulados, entre los cuales se encuentra, flujo de agua de alimentación, flujo de combustible y el flujo de aire.

Controles en las calderas pirotubulares. El control en el encendido de la caldera pirotubular se realiza por medio de un controlador de estado sólido, el cual se encarga de ejecutar una secuencia lógica para el arranque del equipo de forma automática. Además, se debe contar con ciertos controles auxiliares, los cuales actúan de forma dinámica con el controlador y son:

- Control principal de nivel de agua, el cual maneja el arranque y parada del motor de la bomba de agua que mantiene el nivel de líquido adecuado dentro del cuerpo de la caldera.
- Control auxiliar de nivel de agua, el cual protege la caldera por bajo nivel de agua apagando el quemador mediante un electrodo que al dejar de censar agua inhabilita el circuito de la caldera.
- Control límite de presión de vapor, se encarga de proteger el sistema contra sobrepresiones, apagando la caldera mediante un interruptor con base en una ampolla de gota de mercurio conectada a un muelle que se activa por presión. En caso de fallar el control, la caldera deberá estar protegida por una válvula de seguridad.

Accesorios de medición. Existen otros elementos fundamentales para el correcto funcionamiento de los sistemas de generación de vapor, son accesorios de medición para el control de las condiciones de operación de la caldera, tales como:

Figura 11. Accesorios de medición del sistema de generación de vapor.



Fuente: Sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas. Tomado de [http:// www.si3ea.gov.co](http://www.si3ea.gov.co)

4.1.2.5 Sistema de distribución de vapor. Posterior a la generación de vapor en la caldera, es necesario un medio para llevar la energía del vapor hacia los procesos que lo requieren. Este medio es la red de distribución de vapor y retorno de condensados, las que a su vez están conformadas por una serie de líneas o redes de acero cuya función es llevar el vapor desde la caldera hacia los equipos consumidores.

Trampas de vapor. Son dispositivos que se utilizan para desalojar condensados de las líneas de distribución o a la salida de los intercambiadores de un equipo consumidor. Las trampas se abren en presencia de condensado y se cierran en presencia de vapor. Garantizan el buen funcionamiento de tuberías y elementos de la red y contribuyen al uso eficiente de la energía. Se pueden clasificar según su ubicación en el sistema de vapor o según su forma de operación. Ver tabla 2

Tabla 2. Clasificación trampas de vapor.

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	TIPO DE TRAMPA	DESCRIPCION
Según su ubicación	En la red	Ubicadas en la red de distribución de vapor, en lugares donde se produce fácilmente condensados.
	De proceso	Ubicadas en la salida del equipo de intercambio de calor.
	De circuito de calentamiento	Ubicadas en las redes de transporte y distribución de líquidos con el objetivo de realizar calentamiento del fluido para disminuir viscosidad y hacer posible el bombeo.
Según su operación	Mecánicas	Operan con el principio de la diferencia de densidad de vapor y el condensado.
	Termostáticas	Trabajan por la percepción de la temperatura del condensado.
	Termodinámicas	Operan con la diferencia entre el flujo de vapor sobre una superficie, comparada con el flujo del condensado sobre la misma superficie.

Fuente: Sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas. Tomado de [http:// www.si3ea.gov.co](http://www.si3ea.gov.co)

4.2 MARCO CONTEXTUAL

4.2.1 Carbón en Colombia.¹⁰ Colombia es el país con mayores reservas de carbón en América Latina, cuenta con recursos potenciales de 16.992 millones de toneladas (Mt) y por otra parte, es el sexto exportador de carbón en el mundo, con

¹⁰ Unidad de Planeación Minero Energético – UPME. Cadena del Carbón. Colombia. 2012

una participación de 6.3%, equivalente a 50 Mt anuales de carbón. Con la tasa de explotación actual, las reservas medidas de carbón en Colombia aseguran más de 120 años de producción, suficientes para participar a gran escala en el mercado internacional y abastecer la demanda interna.

4.2.1.1 Generalidades del Carbón. El carbón es un combustible orgánico no homogéneo compuesto principalmente por carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, el cual se originó a partir de los restos en descomposición de materia vegetal depositadas en ambientes palustres, lagunares o deltaicos.

Clasificación y usos del carbón. Una de las clasificaciones más aceptadas para el carbón corresponde a la *American Society for Testing and Materials (ASTMD-388-777)*, presentada en la tabla 3, que la divide en cuatro clases según las propiedades referidas a la composición de los vegetales y las condiciones de presión y temperatura a que fueron sometidos durante su formación.

Tabla 3. Clasificación del carbón

Tipo	Carbono Fijo	Materia Volátil	Contenido Humedad	Poder Calorífico	Poder Calorífico	Poder Calorífico
	(%)	(%)	(%)	(Btu/lb)	(Mj/Kg)	(Kcal/Kg)
Antracita	86 – 98	1	< 15	> 14.000	> 32.6	>7.780
Bituminoso	45 – 86	32	15 – 20	10.500 - 14.000	24.5 - 24.5	5.800 - 7.780
Subbituminoso	35 – 45	50	20 – 30	7.800 -10.500	18.2 - 24.5	4.300 - 7.780
Lignito y Turba	25 - 35	96	> 30	4.000 - .7800	9.3 - 18.2	2.200 - 4.300

Fuente: UPME, La cadena del Carbón 2012.

De acuerdo al tipo de carbón y sus respectivas características, se define un uso y/o aplicación en la industria, los cuales se relacionan a continuación:

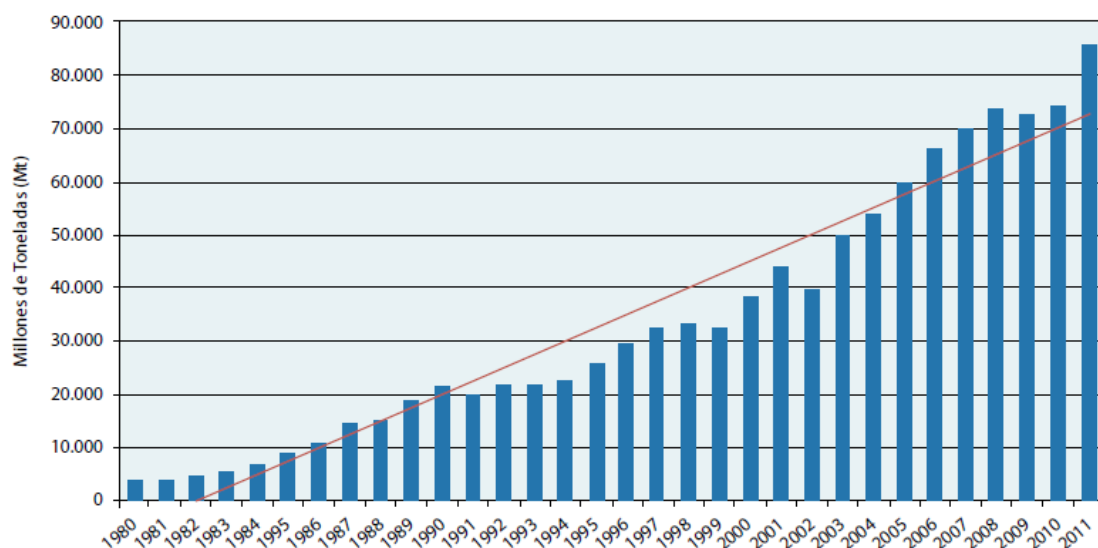
- Antracita o carbón duro, con alto contenido de carbono. Este tipo de carbón es usado como combustible en generación de calor o vapor en la industria térmica y siderúrgica, también se usa en la fabricación de goma sintética, colorantes y purificación de agua para consumo humano (filtros).
- Hulla Bituminosa, por su forma de uso se conocen como carbones *Coquizables*, usados en procesos de obtención tanto del acero y los carbones *Térmicos*, usados en la producción de vapor para generación de energía.
- Hulla Sub – Bituminosa, tiene un elevado contenido de material volátil, algunos con poder coquizable. Es empleado en la generación de energía eléctrica y en procesos industriales.
- Turba y lignito, son carbones con alta humedad y alto contenido de ceniza y material volátil, lo que representa un bajo poder calorífico. Es empleado para la generación calórica (calefacción), energía eléctrica y para algunos procesos industriales en donde se requiere generar vapor

4.2.1.2 La cadena del carbón en Colombia. En el país la cadena del carbón puede explicarse en las siguientes etapas:

- Exploración – reservas y calidades, consiste en la búsqueda del yacimiento carbonífero cuyas condiciones geológicas, tales como potencialidad y calidad, serán valoradas. La calidad de los carbones está referida a las propiedades físicas y químicas como Humedad, cenizas (Cz), materiales volátiles (Mv), carbono fijo (CF), Azufre total (St), poder calorífico (PC), que son las que finalmente determinaran el uso final del material. En el anexo C se presenta la calidad del carbón colombiano según la zona carbonífera.

- Desarrollo y montaje, preparación y explotación, es la etapa en la cual se lleva a cabo el montaje de vías de acceso, obras de infraestructura, preparación de la obra y finaliza con el arranque o producción en mina. En Colombia, la producción de carbón ha tenido una tendencia incremental en los últimos años. Ver figura 12.

Figura 12. Producción Colombiana de carbón entre 1980 a 2011.



Fuente: UPME –SIMCO; Ingeominas 2004 a 2010.

- Beneficio, clasificación y lavado del carbón, es el conjunto de actividades y operaciones necesarias para el mejoramiento de las condiciones físicas del carbón que permitan adecuarlo a determinados usos y facilitar su transporte.
- Transformación del carbón, es el conjunto de operaciones fisicoquímicas o metalúrgicas utilizadas para obtener un producto comercial no identificable con su estado natural, tal como la destilación de carbón para producir coque, gas, amoníaco y brea, entre otros.
- Transporte, esta etapa consiste en la movilización del material desde la mina hasta los patios de acopio, las plantas de beneficio, consumidores internos y a

los puertos de embarque para su posterior exportación mediante el uso de volquetas, camiones, barcazas, bandas transportadoras y vías férreas.

- Comercialización, distribución y usos, esta etapa tiene como finalidad abastecer el mercado doméstico, el cual se destina para la generación eléctrica (carbón térmico), y se emplea para la producción de coque (carbón metalúrgico) y para la exportación directa. En la tabla 4, se presenta el consumo de carbón por sectores en Colombia.

Tabla 4. Consumo por sectores de carbón en Colombia.

	Kt						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Energía eléctrica	970,00	1.139,00	1.209,00	1.147,00	1.751,00	1.581,42	829,05
Coque	1.881,20	1.875,66	2.439,71	4.183,18	1.477,74	3.153,93	2.635,51
Residencial	98,00	96,00	96,00	93,00	125,00	79,86	169,24
Alimentos, bebidas, tabaco	184,00	101,00	108,00	115,00	118,00	75,68	160,39
Textil	299,00	164,00	174,00	186,00	191,00	122,73	260,10
Papel e imprenta	416,00	228,00	242,00	259,00	266,00	170,59	361,53
Químicos	139,00	76,00	81,00	87,00	89,00	57,14	121,09
Cemento	833,00	457,00	486,00	518,00	533,00	342,06	724,91
Vidrio y cerámicas	136,00	75,00	80,00	85,00	87,00	55,95	118,58
Siderurgia	902,71	750,22	769,40	686,67	550,85	492,74	708,61
Otros	5,00	2,00	3,00	4,00	5,00	2,84	6,01
Pérdidas	68,00	68,00	78,00	78,00	36,00	37,00	42,90
Inventarios	-2.520,81	-1.091,05	-438,94	-1.700,75	821,64	29,82	-38,47
Total	3.411,10	3.940,83	5.327,17	5.741,10	6.051,24	6.201,77	6.099,46

Fuente: UPME-SIEL. Balance energético 2010,

4.2.1.3 Precios. Actualmente, el precio del carbón en el país es libre. Los principales factores que definen el precio son su poder calorífico y el transporte.

Los precios en el mercado interno del carbón térmico durante el 2011 presentaron un comportamiento estable. Ver tabla 5.

Tabla 5. Precios internos de carbón térmico

Año	\$/t	Año	US\$/t	Año	\$/t	Año	US\$/t	Año	\$/t	Año	US\$/t
1994	24.187	1994	29,26	2000	29.234	2000	14,00	2006	62.000	2006	55,00
1995	24.367	1995	26,70	2001	30.046	2001	13,07	2007	75.233	2007	37,00
1996	24.547	1996	23,69	2002	33.220	2002	13,25	2008	114.218	2008	47,42
1997	28.581	1997	24,76	2003	41.355	2003	14,37	2009	94.359	2009	43,14
1998	27.072	1998	18,89	2004	75.040	2004	28,57	2010	99.639	2010	52,47
1999	39.758	1999	22,61	2005	55.762	2005	20,66	2011	111.510	2011	60,37

Fuente: UPME. Cadena del carbón 2012

4.2.1.4 Perspectivas. A continuación se muestran de manera indicativa las proyecciones de las principales variables macroeconómicas de producción y precios del carbón colombiano. Cabe resaltar, que al tratarse de variables tan inciertas como precios, la tasa representativa de mercado, entre otras, el nivel de precisión es muy bajo.

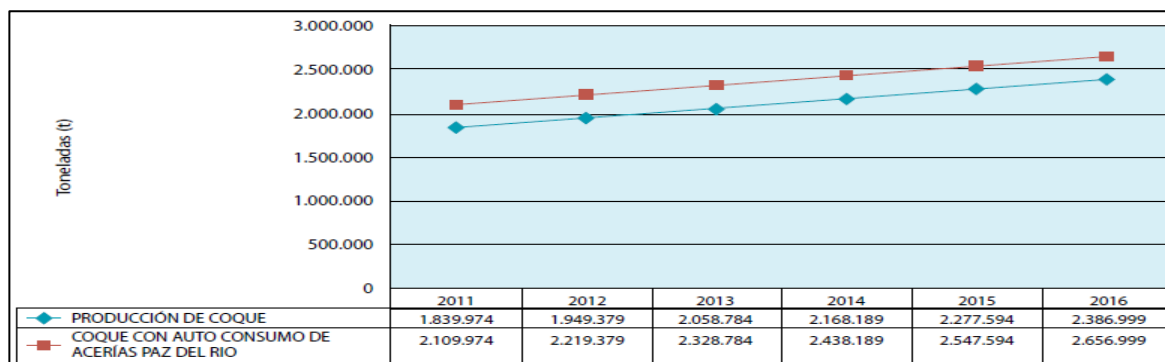
Producción. El estudio de producción de coque y carbón metalúrgico para uso y comercialización, realiza las proyecciones de producción de carbón para el periodo de 2012 a 2016 con base en una tendencia lineal, partiendo de datos históricos del Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). Con base en esto, los volúmenes de producción que el país debería tener se presentan en las figuras 13 y 14.

Figura 13. Proyecciones de la producción de carbón metalúrgico



Fuente: UPME. La cadena del carbón 2012.

Figura 14. Proyecciones de la producción de coque.



Fuente: UPME. La cadena del carbón 2012

Precios. La proyección de precios FOB de carbón en Colombia corresponde al Estudio de Revisión y Actualización de la proyección de precios de Carbón, elaborado por UPME. Los precios corresponden a la estimación de la proyección de precios FOB de carbón promedio para transacciones internacionales con base en el registro de comercio exterior del DANE¹¹. Los resultados obtenidos en el estudio se consolidan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Proyecciones de carbón térmico.

FECHA	BASE			PROYECCIÓN 1			PROYECCIÓN 2		
	ESC BAJ US\$/t	ESC MED US\$/t	ESC ALT US\$/t	ESC BAJ US\$/t	ESC MED US\$/t	ESC ALT US\$/t	ESC BAJ US\$/t	ESC MED US\$/t	ESC ALT US\$/t
01/01/2010	63,51	71,36	79,22	63,51	71,36	79,22	63,51	71,36	79,22
01/02/2010	62,26	70,47	78,68	62,26	70,47	78,68	62,26	70,47	78,68
01/03/2010	62,28	70,50	78,72	62,28	70,50	78,72	62,28	70,50	78,72
01/04/2010	62,94	71,19	79,44	62,94	71,19	79,44	62,94	71,19	79,44
01/05/2010	63,48	71,77	80,07	63,48	71,77	80,07	63,48	71,77	80,07
01/06/2010	64,05	72,40	80,76	62,98	71,25	79,53	62,10	70,37	78,64
01/07/2010	64,23	72,61	80,98	62,82	71,08	79,34	61,69	69,92	78,14
01/08/2010	64,29	72,67	81,06	62,77	71,03	79,28	61,56	69,77	77,98
01/09/2010	64,31	72,70	81,08	62,76	71,01	79,26	61,52	69,72	77,92
01/10/2010	64,32	72,70	81,09	62,75	71,00	79,25	61,51	69,71	77,90
01/11/2010	64,32	72,71	81,09	62,75	71,00	79,25	61,50	69,70	77,90
01/12/2010	64,32	72,71	81,09	62,75	71,00	79,25	61,50	69,70	77,90
2011	64,01	72,37	80,72	61,96	70,18	78,40	61,50	69,70	77,89
2012	63,55	71,86	80,17	61,50	69,70	77,89	61,50	69,70	77,89
2013	63,31	71,60	79,88	61,50	69,70	77,89	59,73	67,97	76,22
2014	63,31	71,60	79,88	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78
2015	62,68	70,93	79,18	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78
2016	62,15	70,37	78,58	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78
2017	62,15	70,37	78,58	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78
2018	62,15	70,37	78,58	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78
2019	62,15	70,37	78,58	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78
2020	62,48	70,71	78,94	61,50	69,70	77,89	58,27	66,53	74,78

Fuente: UPME. Revisión y actualización de la proyección de precios de carbón.

¹¹ Departamento Administrativo Nacional de Estadística. República de Colombia.

4.2.2 Gas natural en Colombia.¹² En Colombia, el potencial de hidrocarburos está localizado en 18 cuencas sedimentarias que cubren la mayor parte del territorio nacional. Los principales campos de explotación se encuentran en la región de los Llanos Orientales y en la Guajira. De los 96 Tera Pies Cúbicos (TPC) de gas natural que corresponden a las reservas potenciales, el 56% están ubicados entre las cuencas de los Llanos Orientales, Valles Superior, Medio e Inferior del Magdalena, del Putumayo y de la Guajira. Los TPC restantes se distribuyen en las otras cuencas que no se encuentran actualmente en producción.

4.2.2.1 Generalidades. El gas natural constituye una fuente importante de energía fósil liberada por su combustión. Es una mezcla de hidrocarburos gaseosos ligeros que se extrae de yacimientos independientes o de yacimientos petrolíferos o de carbón.

Su composición química varía en función del yacimiento, siendo su principal componente el gas metano (79-97% en composición volumétrica). Además contiene otros gases como etano (0.1-11.4%), propano (0.1-3.7%), butano (<0.7%), nitrógeno (0.5-6.5%), dióxido de carbono (<1.5%), vapor de agua, azufre entre otros¹³.

En Colombia, la industria del gas es reciente. En la década del 50 se realizaron algunos usos de este tipo de combustible pero fue a mediados de los 70's cuando comenzó su desarrollo debido al descubrimiento del yacimiento en la Guajira. En 1993 el Gobierno Nacional asignó a Ecopetrol¹⁴ como líder en el desarrollo de la interconexión entre los principales yacimientos y los centros de consumo mediante la construcción de más de 2000 Km de gasoductos.

¹² Unidad de Planeación Minero Energético – UPME. La cadena del gas natural en Colombia. 2005

¹³ Comisión Nacional de Energía. El gas natural. Informe de sectores. España. 1999

¹⁴ Empresa Colombiana de Petróleos S.A.

En 1997, se separó la actividad de transporte de gas de Ecopetrol y se conformó Ecogas¹⁵, la cual en el año 2006 se transformó en TGI¹⁶ S.A. E.S.P luego de pasar a ser parte de la Empresa de Energía de Bogotá.

El gas natural se utiliza como materia prima o combustible en los diferentes sectores de la Economía (Ver tabla 7) y se ha convertido en sustituto energético de otros combustibles más contaminantes pero con un mayor costo asociado.

Tabla 7. Usos del gas natural

Sector	Usos	
Industrial	- Refinerías de petróleo - Industria del vidrio - Minas de ferroníquel - Industria alimenticia - Hierro y acero	- Pulpa y papel - Industria del cemento - Cerámica - Industria textil
Petroquímico	- Urea - Alcoholes - MTBE - Etileno - ETC	- Nitrato de amonio - Aldehidos - Acetileno - Polietileno
Termoeléctrico	- Turbogeneradores - Calderas (turbinas a vapor) - Plantas de ciclo combinado	- Plantas de ciclo "STIG" - Plantas de cogeneración - Plantas de trigeneración
Doméstico y comercial	- Cocinas - Secadoras de ropa - Refrigeración y acondicionamiento de aire	- Calentadores de agua - Calefacción - Restaurantes - Hoteles
Transporte	- GNV - Gas Natural Vehicular comprimido en reemplazo de gasolina motor.	

Fuente: Empresa Colombiana de Petróleos. Tomado de [https:// www.ecopetrol.com](https://www.ecopetrol.com)

4.2.2.2 Transporte. El Sistema Nacional de Transporte de gas natural Colombiano, vincula a los centros de producción de gas con los centros de consumo, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, sistemas de distribución, usuarios no regulados, interconexiones internacionales y sistemas de almacenamiento.¹⁷

¹⁵ Empresa Colombiana de Gas.

¹⁶ Transportadora de Gas del Interior S.A. E.S.P

¹⁷ Resolución CREG 001 de 2000

En Colombia existe un sistema de transporte de gas de 3.882 Km que cubre la demanda de aproximadamente un 42% de los hogares colombianos. La Red Nacional de Gasoductos está conformada por dos subsistemas claramente definidos por su propiedad y operación, las cuales están conformadas por ocho (8) empresas transportadoras. En la tabla 8 se presentan las características de la infraestructura de transporte y participación en el volumen transportado en MPCD¹⁸.

Tabla 8. Infraestructura de transporte y volúmenes de gas transportado.

GASODUCTO	LONGITUD km	CAPACIDAD MPCD	VOLUMEN TRANS- PORTADO 2005 MPCD
Promigás	575	480	319.6
Ecogás	2,451	300*	270.8
Transcogas	60	100	62.57
Transoccidente	340	75	26.7
Transmetano	145	75	25.5
Transoriente	158	47	12
Gasoducto del Tolima	46	5	1.8
Progasur	62	5	1.3

Fuente: UPME. La cadena del gas natural en Colombia.

¹⁸ Millones de pies cúbicos día.

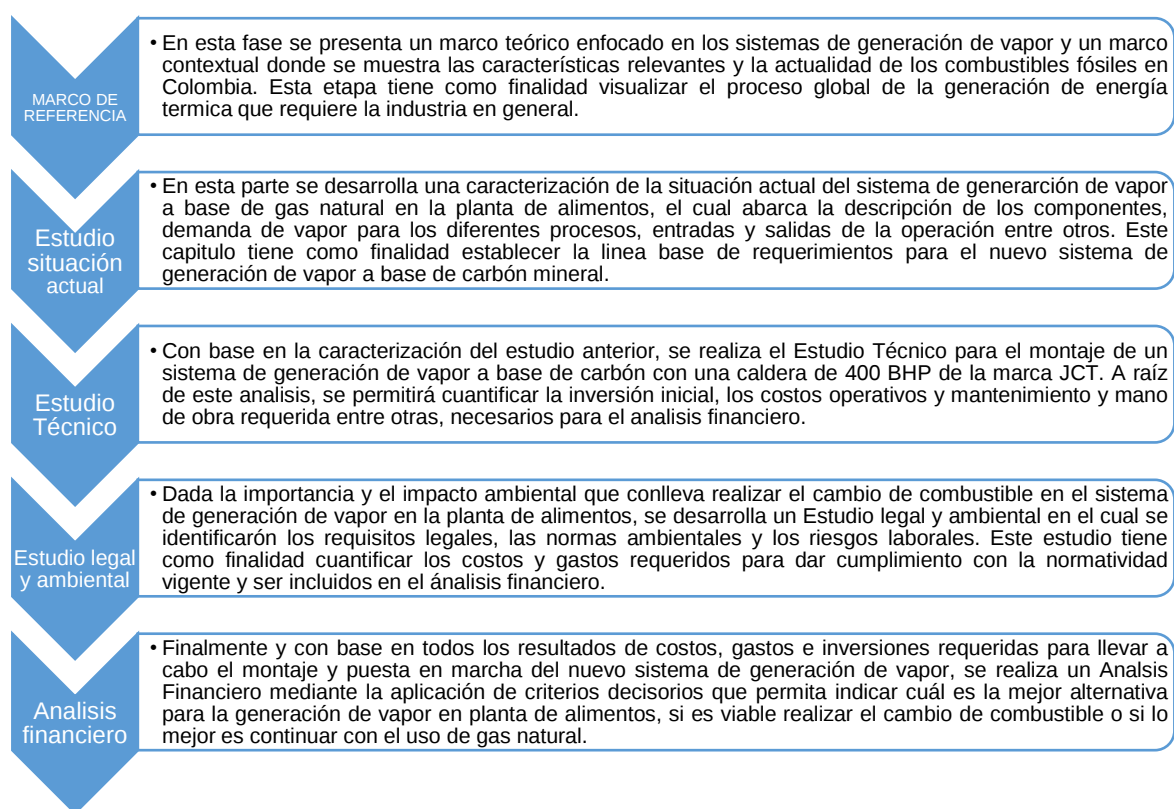
5. METODOLOGIA UTILIZADA

El presente estudio de prefactibilidad tuvo como guía algunos aspectos del esquema descrito en la siguiente referencia:

- Behrnes, W. Manual para la Preparación de Estudios de Viabilidad Industrial. ONUDI. 1994.

Este trabajo se ejecutó en cinco (5) fases, de forma secuencial, en función de la dependencia de las fases logrando el alcance de los objetivos. En la siguiente figura se describe el alcance y la metodología utilizada en cada una de las fases.

Figura 15. Metodología utilizada



6. ESTUDIO TECNICO

Dada la situación actual de alto nivel de competitividad por precio y calidad en los productos a la que están sometidas las empresas de cualquier sector económico, las ha obligado a estudiar posibilidades de ahorro dentro de los costos de producción.

En los últimos años, los sistemas de generación de vapor a base de gas han sido impactados negativamente debido al incremento en las tarifas de gas natural, agua y productos químicos utilizados lo que ha conllevado a la generación de vapor a pasar de ser un servicio de menor cuantía a un rubro importante dentro de los costos de producción.

Por esta razón, en el presente capítulo se describe la actualidad del sistema de generación de vapor a base de gas natural en la planta de alimentos de Avides Mac Pollo S.A. y se plantea una alternativa de un sistema de generación de vapor a base de carbón que permita suplir la demanda de vapor para los diferentes procesos que requieren energía térmica.

6.1 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE GENERACIÓN DE VAPOR.

Para mejorar la comprensión de los elementos que componen el sistema de generación de vapor y que fueron presentados en el capítulo 4.1.2, se muestra a continuación un diagrama de flujo de calor del sistema.

Figura 16. Diagrama de flujo de calor del sistema de generación de vapor.



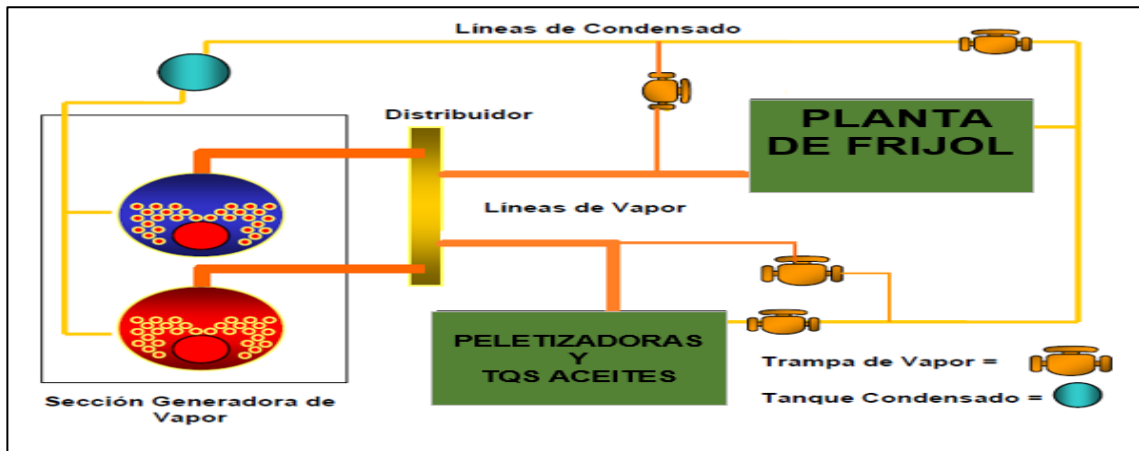
Fuente: Silva F.S., Castillo V. J., Análisis energético de la sección generadora de vapor y el sistema de refrigeración de la planta de Freskaleche S.A.

6.1.1 Componentes del sistema de generación de vapor. El sistema de generación de vapor de la planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo S.A está conformado por los elementos que integran cada uno de las siguientes secciones:

- **Sección generadora de vapor**, contiene dos calderas pirotubulares de 200BHP, los componentes de los subsistemas de combustión y alimentación de agua.
- **Sección de distribución de vapor y retorno de condensados**, consta de tuberías, accesorios de medición y control y trampas de vapor.
- **Secciones receptoras del vapor**, consta de los equipos peletizadoras, cocedores de la planta de frijol soya y los tanques de almacenamiento de aceites.

En la figura 17, se presenta el diagrama de las secciones y la distribución del sistema de generación de vapor en la planta de alimentos.

Figura 17. Diagrama del sistema de generación de vapor de Planta de alimentos.



Fuente: Autor

A continuación se presenta una breve descripción de las secciones de generación de vapor y de distribución de vapor y retorno de condensados.

- **Sección generadora de vapor.**

La sección generadora de vapor instalada en la planta de alimentos consta de una zona de calderas manejada por el Departamento de Mantenimiento y con una operación continua de 24 horas al día con periodos de paradas programadas, tales como mantenimientos preventivos en los equipos del sistema o paradas no programadas como cortes de energía externos, fallas en el sistema de generación de vapor entre otros que en promedio equivalen a 36 horas por mes.

En la tabla 9, se presenta los datos de las principales características de la caldera pirotubular de 200 BHP y en la figura 18 se muestra la zona de calderas de la planta de alimentos. Cabe resaltar que la descripción se hace para una sola caldera, dado que la sección cuenta con dos calderas del mismo fabricante, igual capacidad, e instaladas al tiempo.

Tabla 9. Características de la caldera pirotubular 200 BHP.

PARAMETRO	CALDERA CONTINENTAL 200 BHP
Marca	Continental
Modelo	CCO E 103C200C-2GM
Serie	CCO 821
Capacidad	200 BHP
Presión máxima	150 psi
Presión de operación	115 psi
Superficie de calentamiento	875 ft ²
Numero de pasos	
Producción de vapor saturado teórico	6900 lb/hr @212°F
Producción de vapor saturado trabajo	6080 lb/hr
Generación calorífica	6695000 BTU/hr
Eficiencia térmica	80% +/- 2%
Control de combustión	Modulado
Atomización	Aire
Combustible	Gas natural
Temperatura alimentación aire	30 °C
Temperatura alimentación agua	> 60 °C

Fuente: Avidesa Mac Pollo S.A

Figura 18. Zona de calderas pirotubulares Continental 200 BHP.



- Sección de distribución de vapor y retorno de condensados.

Las tuberías utilizadas para el transporte y distribución del vapor son de acero al carbón, las cuales se encuentran aisladas con fibra de vidrio recubierta con láminas de aluminio. Ver figura 19.

En las líneas de suministro y retorno de condensados se encuentran instalados accesorios como:

- Sistemas de trampeo
- Válvulas reductoras de presión
- Válvulas de paso.
- Válvulas de seguridad
- Válvulas anti retorno
- Manómetros, entre otros dispositivos.

Figura 19. Sección de distribución de vapor.



6.1.2 Usos de vapor. En la planta de alimentos, la demanda de vapor es realizada por dos áreas y sus respectivos equipos, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 10. Áreas y equipos demandantes de vapor.

AREA	EQUIPOS	CANTIDAD
Planta de frijol	Cocedores	8
Peletizado	Pellet 100HP	1
	Pellet 300HP	1
	Tanques de aceites	7

6.1.3 Consumos de vapor. La demanda de vapor en la planta de alimentos tiene como característica principal ser una demanda continua dado el ritmo de trabajo y el tipo de operaciones realizadas. Sin embargo, a continuación se presenta una breve caracterización de la demanda de vapor en las áreas involucradas.

Planta de frijol. En esta área de la planta de alimentos, se lleva a cabo el proceso de cocción del frijol soya el cual tiene como objetivo maximizar el aporte nutricional de esta materia prima manteniendo un equilibrio de humedades en la entrada y salida del proceso para su posterior consumo en la producción del alimento balanceado.

Esta operación se realiza en 8 equipos cocedores con capacidad de 450 Kg por plato (Cada cocedor tiene 5 platos). Ver figura 20

Las condiciones de operación son las siguientes:

- Presión de vapor constante a 100 psi en la entrada al cocedor.
- Tiempo de cocción en plato de 1200 segundos.
- Adición de 35 Litros de agua condensada en el primer plato de cada cocedor.

Figura 20. Cocedores planta de frijol.



Con base en lo anterior, la demanda de vapor en planta de frijol es relativamente fija y constante bajo una operación normal y sólo sería modificada de forma proporcional con la cantidad de equipos cocedores en funcionamiento.

Peletizadoras. En esta sección del proceso de elaboración del alimento balanceado es donde se realiza el moldeado de una masa o mezcla en partículas grandes “pellet” mediante procedimientos mecánicos, presión, calor y humedad. Ver figura 21.

Figura 21. Peletizadora 100HP



El proceso de Peletizado comprende las siguientes operaciones:

1. Acondicionamiento.
2. Prensado en dado y rodillos.
3. Enfriamiento.

Es en la operación de acondicionamiento donde se genera la demanda de vapor, la cual tiene como finalidad mejorar la durabilidad del pellet y mejorar la eficiencia y rendimiento del proceso.

El vapor extrae los aceites esenciales que poseen todos los granos, lo cual lubrica y reduce el desgaste de los rodillos e incrementa la tasa de producción.

Los alimentos para aves de engorde de planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo se acondicionan en un rango de temperatura de 79 a 83 °C y una presión fija de vapor de 15 psi a la entrada del acondicionador con un tiempo de acondicionamiento de 30 segundos en la Peletizadora de 100 HP y 60 segundos en la Peletizadora de 300 HP.

Con base en lo anterior, la demanda de vapor en esta sección es continúa dado el ritmo de trabajo de 24 horas pero el consumo es variable y directamente proporcional a:

- Tasa de producción efectiva en cada peletizadora (Toneladas/hora). Este componente fluctúa por la densidad de la mezcla y por el cumplimiento de parámetros de calidad (Textura e índice de dureza PDI)
- Componentes nutricionales por tipo de producto (% Fibra, % grasa, entre otros)

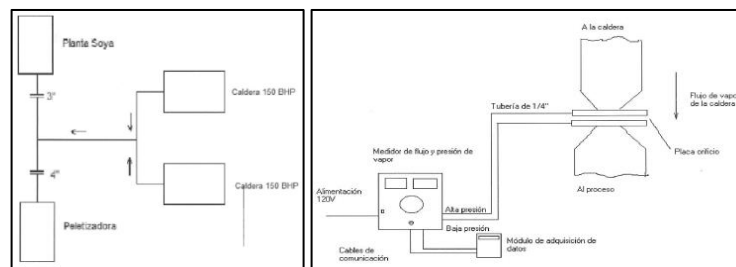
Tanque de almacenamiento de aceites. En esta sección de la planta de alimentos, la demanda de vapor es requerida para mantener un nivel de temperatura estable en los diferentes aceites y así poder manejar un nivel óptimo de viscosidad para su posterior uso en la producción de alimento balanceado.

Dada la actual distribución de vapor en la planta donde la sección de Peletizado y los tanques de aceite comparten la línea de distribución y siendo la demanda de vapor muy mínima en comparación con la sección de Peletizado, se manejará una sola demanda de vapor para estas dos secciones.

Para efectos de análisis y cuantificación del consumo de vapor y dada la complejidad de realizar una medición de este parámetro en la planta de alimentos, se tomó como referencia la última medición de flujo de vapor realizada en el año 2006 por parte de Calderas JCT S.A.¹⁹. Ver anexo 3.

Este informe mide y registra la cantidad requerida promedio y máxima de masa de vapor al inicio de cada una de las dos líneas de distribución en un lapso determinado de tiempo en condiciones normales de operación. Ver figura 22.

Figura 22. Diagrama de medición de flujo de vapor.



Fuente: Calderas JCT. Informe medición flujo de vapor calderas Mac Pollo.

¹⁹ Bahamon, E, Informe de medición de flujo y presión de vapor en las calderas de planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo s.a. Calderas JCT S.A. 2006.

De acuerdo al informe, los flujos másicos de vapor requeridos para la operación a la salida de las calderas en la planta de alimentos y con las condiciones y equipos actuales se resumen en la tabla 11.

Cabe resaltar que este flujo de vapor a la salida de las calderas no es el mismo flujo másico que entra a los equipos demandantes de vapor, esto debido a las pérdidas por condensados, fugas, diferencias de presiones entre otras causas.

Tabla 11. Consumos de vapor por línea de distribución.

LINEA DE DISTRIBUCION	FLUJO DE VAPOR Lbm/hr	
	Máximo	Promedio
Planta de frijol soya - 8 Cocedores	3,070	2,750
Peletizadoras y tanques de aceites	4,666	3,192
TOTAL	7736	5942

6.1.4 Necesidades y costos de Operación. En el actual sistema de generación de vapor en planta de alimentos se requiere la disponibilidad de unos recursos esenciales de forma continua y constante para su óptima operación y así atender la demanda de vapor. Los recursos son:

- Agua.
- Gas natural.
- Electricidad.
- Tratamiento preventivo para el agua.

El recurso de mayor costo es el combustible – gas natural – el cual se obtiene de la red de gas de la empresa Gasorient S.A. E.S.P. La cantidad requerida de este recurso está sujeta a los siguientes parámetros:

- Demanda de vapor.
- Eficiencia de las calderas.
- Poder calorífico del combustible.

En el apéndice A, se desarrolla la cuantificación de los recursos básicos para la operación del sistema de generación de vapor tomando como referencia:

Día normal de operación: 24 horas de trabajo.

- Producción de alimento balanceado en peletizadoras: **32.810 kg/hr**
- Cocción de frijol soya (8 cocedores): **8.626 kg/hr**

Eficiencia de las calderas: Se toma como referencia la establecida por el fabricante, la cual es de **78%**.

Poder calorífico del gas natural: Se toma como referencia los valores proporcionados por Gasorient S.A. E.S.P. el cual tiene un valor superior de **33.552 BTU/m³** y un valor inferior **29.572 BTU/ m³**

En la tabla 12, se consolida la cantidad requerida para la operación y su costo asociado. Se toma como referencia el costo unitario pagado por Avidesa Mac Pollo .S.A en el mes de Febrero de 2016.

Tabla 12. Necesidades y costos de operación de calderas 200BHP.

RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD REQUERIDA POR HORA	COSTO UNITARIO ²⁰	HORAS DE TRABAJO (MES)	COSTO OPERACIÓN TOTAL (MES)
Agua	m ³	2,91	\$ 1963	696	\$3.975.781
Gas natural	m ³	295,1	\$ 997		\$204.773.431
Electricidad	Kw	44,74	\$ 262		\$8.158.428
Tratamiento	L	0.145	\$9500		\$962.046
TOTALES					\$217.869.686

6.1.5 Servicios y costos de Mantenimiento²¹. El actual sistema de generación de vapor a base de gas natural trabaja de forma consistente e ininterrumpida y para lograrlo se cuenta con un programa preventivo rutinario de mantenimiento el cual contempla unas actividades bajo una periodicidad definida. En la tabla 13 se relacionan las actividades de requeridas de mantenimiento, la periodicidad, el responsable y su costo.

²⁰ Avidesa Mac Pollo S.A. Informe de costos de indirectos de fabricación de planta de alimentos. Febrero de 2016.

²¹ Avidesa Mac Pollo S.A. Informe de gestión de Departamento de mantenimiento de planta de alimentos. 2015

Tabla 13. Programa de mantenimiento de sistema de generación de vapor.

Periodicidad	Descripción de la actividad	Asignado a	Recurso requerido	Cantidad requerida anual	Costo unitario	Costo Anual
MENSUAL	Limpieza de controles y contactos de los arrancadores	Representante de servicios técnicos de fabricante de calderas	Orden de servicio de mantenimiento mensual expedida por Departamento de compras	11 servicios	\$ 2,320,000	\$ 25,520,000
	Limpieza de filtro de aceite y combustible					
	Limpieza de filtros de agua					
	Lavado de tanque y trampas de condensado de condensado					
	Revisión de empaques de bombas de agua					
	Revisión de pernos de bombas y motores					
	Limpieza de boquilla principal del quemador					
	Revisión de válvulas de seguridad y control					
	Lavado interno de cuerpo de las calderas					
ANUAL	Revisión y/o reposición de válvulas de seguridad y purga	Representante de servicios técnicos de fabricante de calderas y técnicos de Aidesa	Orden de servicio de mantenimiento anual expedida por Departamento de compras	1 servicio	\$ 7,000,000	\$ 7,000,000
	Revisión de todos los motores, electrodos y circuitos eléctricos					
	Revisión de bombas de agua y combustible					
	Lubricación de balineras del soplador					
	Revisión de los ventiladores					
	Actividades de mantenimiento mensual y trimestral					
NA	Mantenimientos correctivos - cambio de componentes en general	Representante de servicios técnicos de fabricante de calderas y técnicos de Aidesa	Orden de servicio de mantenimiento expedida por Departamento de compras y/o mano de obra directa de la compañía	Indefinido	Variable - Se estima con datos históricos	\$ 25,566,888
COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LAS CALDERAS PIROTUBULARES 200 BHP						\$ 58,086,888

6.1.6 Mano de obra. Para el actual sistema de generación de vapor no requiere de personal fijo para la operación de las calderas dado que la alimentación del combustible se da de forma directa y continua y no genera ningún tipo de residuo. Además, todos los equipos y componentes del sistema operan automáticamente.

Sin embargo, es necesario realizar una serie de actividades de mantenimiento preventivo por cada turno de trabajo y son:

- Revisión tuberías y válvulas
- Revisión operación de bombas, motores y controles

- Purgar las calderas
- Limpieza de la zona de calderas
- Revisión de niveles y controles de agua
- Revisión alimentación del tratamiento químico

De acuerdo al último análisis de procesos organizacionales de la compañía realizado en 2014, estas actividades deben ser realizadas por un (1) técnico mecánico de mantenimiento con un tiempo necesario de dos (2) horas por turno de ocho (8) horas de trabajo, para un total de seis (6) horas por día de operación normal. Con base en el costo de hora de trabajo para el año en curso de un técnico de mantenimiento (\$10.527) da un costo de mano de obra anual de \$21.980.376.

6.2 INGENIERIA CONCEPTUAL PARA NUEVO SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.

El estudio de ingeniería conceptual para el diseño de un nuevo sistema de generación de vapor a base de un combustible de menor precio – carbón mineral – fue presentado por la Compañía Calderas JCT²² basándose en la información de demanda de vapor actual para los procesos de Peletizado y cocción de frijol soya y teniendo en cuenta una proyección de crecimiento en la operación.

Con base en lo anterior se definió la propuesta de cambiar el sistema actual de generación de vapor por un sistema de una caldera pirotubular de 400 BHP.

6.2.1 Descripción de equipos y servicios. A continuación se presenta la descripción de los equipos y servicios que conforman el nuevo sistema de generación de vapor propuesto por Calderas JCT. Ver tabla 14.

²² Calderas JCT S.A.S., empresa especializada en el cálculo, diseño, fabricación montaje y mantenimiento de calderas. Medellín, Colombia.

Tabla 14. Descripción de equipos y servicios de nuevo sistema de vapor.

EQUIPOS Y SERVICIOS NUEVO SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR		
1. Caldera		
1.1 Diseño		
Marca	JCT	
Tipo	PIROTUBULAR	
Orientación	HORIZONTAL	
Capacidad	400	BHP
Número de pasos	3	
Presión de diseño	165	Psi
Presión máxima de trabajo	150	Psi
Combustible	CARBON	
Tipo alimentación combustible	Automática	
Área de transferencia de calor	2000	ft²
Eficiencia térmica caldera	80%	±2%
1.2 Construcción		
Material cuerpo	SA - 516 °70 o similar	
Número de hogares	1	
Tipo de hogar	Según código ASME	
Material hogar	SA - 516 °70 ó similar	
Salida de vapor	ø6"	Cantidad: 1
Salida de escoria	ø 16"	Cantidad: 1
Soplador de hollín delantero	INCLUIDOS	
Soplador de hollín trasero		
2. Aislamiento térmico caldera		
Material aislante	Lana mineral	
Espesor Material aislante	3	In
Densidad Material aislante	140	kg/m³
Material cubierta	Lamina de acero inoxidable	
Espesor Material cubierta	Calibre 24	
3. Instrumentación caldera		
3.1 Control de nivel		
Control de Nivel de agua caldera	Mc Donnell & Miller 157	Marca ITT
Válvula purga control nivel	ø 1" 800 psi	

Nivel auxiliar de agua	Marca Finder	
Electrodo para el control de nivel auxiliar	Marca Warwick	
3.2 Control de presión		
Válvula de seguridad	150 psi	Cantidad: 3
Control de presión	Tipo on-off de 20 a 300 psi.	Marca Honeywell
Manómetro	0-300 psi	Marca Marshall
Válvula de cierre manómetro	Tipo bola de Ø 1/4" * 1000 psi	
3.3 Purgas de fondo		
Válvula de purga de fondo	Tipo bola de apertura rápida	Cantidad: 2
Válvula de purga de fondo	Tipo globo de apertura lenta	Cantidad: 2
4. Quemador		
Tipo	PARRILA VIAJERA	
Marca	JCT	
Referencia	PV400	
Potencia motor reductor parrilla	1	HP
Control de velocidad	Variador de frecuencia de 1HP	Marca Danfoss
5. Bomba de Alimentación de agua		
Marca	GRUNDFOS	Cantidad: 2
Referencia	CR 10-10	
Caudal	5.78	m³/hr
Motor	Potencia: 7.5 HP - 3600RPM	Marca: US Motors
Base acople bomba - motor	INCLUIDOS	
6. Ventiladores		
6.1 Ventilador de tiro forzado		
Marca	JCT	Cantidad 1
Referencia	BCS 245	
Caudal	7000	CFM
Presión	5.5	in W.C
Velocidad de operación	1700	RPM
Potencia motor	7.5	HP
Velocidad de motor	1800	RPM
Marca motor	US Motors	
Control de velocidad	Variador de frecuencia marca Danfoss	
6.2 Ventilador de tiro inducido		
Marca	JCT	Cantidad 1
Referencia	LR2029	

Caudal	11170	CFM
Presión	13.5	in W.C
Velocidad de operación	1230	RPM
Potencia motor	50	HP
Velocidad de motor	1800	RPM
Marca motor	US Motors	
Control de velocidad	Variador de frecuencia marca Danfoss	
7. Multiciclón		
Tipo	Axial	
Marca	JCT	
Número de ciclones	8	
Eficiencia de remoción de material	80% ±2%	
Pérdida de presión	3	in W.C
Material	Lámina de acero al carbono SA – 36	
Sistema de evacuación de material	Válvula rotatoria con motor reductor de 0.75 HP	
8. Tablero de controles		
Tipo de control	PLC	Marca Telemecanique
Interfaz de dialogo	Pantalla de 10" a color	Marca Telemecanique
9. Ductos de conexión entre equipos		
Entre caldera y multiciclón	Lámina de acero al carbono SA - 36	Espesor de 1/8"
Entre multiciclón y filtro de mangas	Lámina de acero al carbono SA - 36	Espesor de 1/8"
Entre filtro de mangas y ventilador de tiro inducido	Lámina de acero al carbono SA - 36	Espesor de 1/8"
Entre ventilador de tiro inducido y chimenea	Lámina de acero al carbono SA - 36	Espesor de 1/8"
10. Chimenea		
Diámetro	30	In
Longitud	15	M
Material	Lámina de acero al carbono SA - 36	Espesor de 1/8"
Plataforma y escalera de acceso	INCLUIDOS	
11. Filtro de mangas		

Sistema encargado de recolectar el material particulado que no es retenido por el multiciclón.		
Tipo de filtro	Pulse jet ON-LINE	
Temperatura de trabajo	180	°C
Temperatura máxima	260	°C
Tipo de manga	Snap Band	
Diámetro de las mangas	150	Mm
Longitud de las mangas	3658	Mm
Construcción de las mangas	3*1 Twil - Tejido diagonal	
Número de hilos de las mangas	48*40	
Número de módulos totales	2	100 mangas * modulo
Material de las mangas	Fiberglass + PTF	
Unidad de control de aire comprimido	Cantidad 1	
Válvulas de alto flujo	Referencia RCA 45T	Cantidad: 20
Sistema de evacuación de material	Válvula rotatoria con motor reductor de 0.75 HP	Cantidad: 2
12. Sistema de control de nivel de agua proporcional		
Sistema que permite manejar el suministro de agua a la caldera de manera proporcional a lo que se consume, garantizando una operación más estable del equipo y alargando la vida útil de las bombas. El sistema está compuesto por:		
Manifold de 3 vías	Marca: ANDERSON	Cantidad 1
Trasmisor de presión diferencial	Marca ROSEMOUNT	Cantidad 1
Variador de velocidad para la bomba de agua	Marca Danfoss de 10 HP	Cantidad 1
13. Purgas automáticas		
13.1 Purga continua automática		
Tipo Válvula	Bola de acero Ø 1/2" * 1000 psi	Cantidad 1
Flauta	Interior de caldera	Cantidad 1
Tipo de celda	Conductividad	Cantidad 1
Tipo de sensor	Conductividad WALCHEM	Cantidad 1
13.1 Purga de fondo automática		
Tipos de Válvulas	2"*150 psi marca SPIRAX SARCO	Cantidad 2
	Bola en acero Ø2"*150 psi marca SPIRAX SARCO	Cantidad 2
14. Tanques y dosificador de químicos		

Tipo bomba dosificador de químicos	Potencia 1HP Capacidad de 9 Litros por hora	Cantidad 1
Tanque de purgas	Acero inoxidable. Capacidad de 3 m ³	Cantidad 1
Tanque dosificador de químicos	Acero inoxidable. Capacidad de 1.5 m ³	Cantidad 1
Tanque para toma de muestras de agua	Acero inoxidable. Capacidad de 1.0 m ³	Cantidad 1
15. Banda Húmeda		
Sistema que permite la evacuación y enfriamiento de la escoria resultante del proceso de combustión en la caldera.		
Consumo de agua teórico de 0.2 m ³ /hr		
Incluye sistema de control de agua		
16. Sistema de recepción y almacenamiento de carbón		
Tolva de recibo	Capacidad 10 Ton	Cantidad 1
Silo de almacenamiento	Capacidad 110 Ton. Metálico	Cantidad 1
Tipo Elevador	Banda con Cangilones metálicos.	Cantidad 1
Motor elevador	Potencia de 5 HP Marca US MOTORS	Cantidad 1

6.2.2 Obras y servicios adicionales. En la tabla 15, se resume las actividades complementarias requeridas para realizar el montaje del nuevo sistema de generación de vapor y que están excluidas de la propuesta realizada por Calderas JCT.

Tabla 15.Obras y servicios adicionales del nuevo sistema de vapor.

OBRAS Y SERVICIOS COMPLEMENTARIOS		
TIPO ACTIVIDAD	DESCRIPCION	ASPECTOS TECNICOS
1. Obras civiles	1.1 Construcción de tanque para almacenamiento de agua	Material: Concreto
		Capacidad: 25 m ³
	1.2 Construcción de red de drenajes entre calderas y tanque enfriador de agua	Canales de 0.3 m* 0.2m
	1.3 Construcción de cuarto general de caldera 400BHP	Área: 500 m ²

OBRAS Y SERVICIOS COMPLEMENTARIOS		
TIPO ACTIVIDAD	DESCRIPCION	ASPECTOS TECNICOS
	1.4 Cerramiento de zona de almacenamiento de escoria	Área: 100 m ²
	1.5 Construcción taller para calderista	Área: 30 m ²
	1.6 Obras civiles en general - Instalación techos, botada escombros entre otros	NA
2. Servicios de montaje y asistencia técnica	2.1 Instalación red de vapor con aislamiento térmico de la caldera	Material: Lámina de acero al carbono SA - 36 Longitud aprox: 200 m
	2.2 Instalación red de agua fría al tanque de condensados	Material: Lámina de acero al carbono SA - 36 Longitud aprox: 25 m
	2.3 Instalación de red eléctrica de la subestación a la caldera	NA Longitud aprox: 250 m
	2.4 Instalación de red de aire comprimido entre caldera y compresores	Material: Lámina de acero al carbono SA - 36 Longitud aprox: 250 m
	2.5 Montaje de aislamiento térmico del filtro de mangas	NA
	2.6 Montaje de aislamiento térmico del multiciclón	NA
	2.7 Montaje de aislamiento térmico de los ductos y chimenea	NA
	3.1 Alquiler de grúas, montacargas o similares requeridas para el ensamble de la caldera y equipos en el sitio del montaje.	Variable de acuerdo a necesidad
3. Servicios de logística	3.2 Transporte de equipos desde el sitio de fabricación hacia la planta.	Camabaja con capacidad de hasta 60 Ton

6.2.3 Capacidad instalada. El nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón mineral tiene la misma capacidad al sistema actual de dos calderas a base de gas natural, dado que tienen una capacidad en diseño de 400 BHP. Por lo tanto, la producción de vapor teórico y real de trabajo es:

- Producción de vapor saturado teórico: **13800 lb/hora** o **6273 kg/hora** con agua de alimentación a 100 °C.
- Producción de vapor saturado de trabajo: **12720 lb/hora** o **5782 kg/hora** con agua de alimentación a 80 °C y vapor a presión de 150 psi.

6.2.4 Necesidades técnicas para la operación. El nuevo sistema de generación de vapor en planta de alimentos requiere de los mismos recursos (agua, electricidad y tratamiento preventivo para el agua) para la operación pero con el cambio en el tipo de combustible, que pasaría a ser carbón mineral.

De forma similar al actual sistema de vapor, la cantidad requerida de combustible – carbón mineral - está sujeta a los siguientes parámetros:

- Demanda de vapor.
- Eficiencia de las calderas.
- Poder calorífico del combustible.

En el apéndice B, se desarrolla la cuantificación de los recursos básicos para la operación del nuevo sistema de generación de vapor tomando como referencia:

Día normal de operación: 24 horas de trabajo – 8352 horas al año.

Eficiencia de las calderas: Se toma como referencia la establecida por el fabricante, la cual es de **78%**.

Poder calorífico del carbón mineral: Se toma como referencia el valor proporcionado por la planta de harinas de Avidesa Mac Pollo, el cual tiene un valor superior de **24.640 BTU/Kg**.

En la tabla 16, se consolida la cantidad requerida para la operación y su costo asociado. Se toma como referencia el costo unitario pagado por Avidesa Mac Pollo S.A en el mes de Febrero y Marzo de 2016.

Tabla 16. Necesidades y costos de operación de nueva caldera 400BHP.

RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD REQUERIDA POR HORA	COSTO UNITARIO ²³	HORAS DE TRABAJO (MES)	COSTO OPERACIÓN TOTAL (MES)
Agua	m ³	2.945	\$ 1963	696	\$4.023.600
Carbón ²⁴	Kg	354.14	\$ 225		\$55.458.324
Electricidad	KW	58.53	\$ 262		\$10.673.062
Tratamiento	L	0.1455	\$9500		\$962.046
TOTALES					\$71.117.032

6.2.5 Necesidades de servicios de mantenimiento. En un sistema de generación de vapor sin importar el tipo de combustible utilizado, se realizan las actividades de mantenimiento descritas en la tabla 13 del numeral 6.1.5.

Sin embargo, para un sistema de generación de vapor que consume carbón el costo de estos servicios es mayor e involucra otras actividades de mantenimiento dirigidas al sistema de manejo y alimentación del carbón a la caldera. En la tabla 17, se resume las actividades y costos de mantenimiento para el nuevo sistema de vapor.

²³ Avidesa Mac Pollo S.A. Informe de costos de indirectos de fabricación de planta de alimentos. Febrero de 2016.

²⁴ Avidesa Mac Pollo S.A. Informe de costos de indirectos de fabricación de planta de harinas. Marzo de 2016

Tabla 17. Necesidades de servicios de mantenimiento nuevo sistema de vapor.

Periodicidad	Necesidad de mantenimiento	Asignado a	Recurso requerido	Cantidad requerida anual	Costo unitario	Costo Anual
Mensual	Actividades de mantenimiento preventivo	Representante de servicios técnicos de fabricante de calderas	Orden de servicio de mantenimiento	11 servicios	\$ 3,000,000	\$ 33,000,000
Anual	Actividades de mantenimiento preventivo			1 servicio	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000
	Cambio de filtros de mangas			1 servicio	\$ 60,000,000	\$ 60,000,000
	Ajustes correctivos de parrilla viajera			1 servicio	\$ 35,000,000	\$ 35,000,000
	Cambio de banda de elevador de cangilones			1 servicio	\$ 15,000,000	\$ 15,000,000
NA	Mantenimientos correctivos - cambio de componentes en general	Representante de servicios técnicos de fabricante de calderas y técnicos de Avides	Ordenes de servicios de mantenimientos y/o mano de obra directa de la compañía	Indefinido	Variable - Se estima con datos históricos	\$ 70,000,000
COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LAS CALDERA PIROTUBULAR 400 BHP						\$ 311,653,776

6.2.6 Mano de obra. En un sistema de generación de vapor que consuma carbón, requiere de un técnico calderista durante todo el tiempo de operación de la caldera a pesar de que el sistema sea automático.

Esta persona es la encargada de vigilar el flujo normal del carbón por la parrilla viajera, acumular la escoria en la zona y realizar las actividades de mantenimiento rutinario.

El costo de mano de obra para la operación y mantenimiento del nuevo sistema de vapor sería de \$87.921.504 al año.

7. ESTUDIO LEGAL

En este capítulo, el objeto es describir los diferentes requisitos legales identificados, los cuales se deben cumplir para que el proyecto se lleve a cabo a buen término y que los costos asociados a estos requisitos no afecten negativamente la parte financiera.

El estudio legal abarca los aspectos legales, aspectos laborales, la localización y los costos asociados para el desarrollo del proyecto y la operación del nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón mineral.

7.1 ASPECTOS LEGALES.

7.1.1 Proyecto y Derechos Constitucionales. La realización de este proyecto está enmarcada en el cumplimiento de los derechos establecidos en la Constitución Política de Colombia de 1991, entre los cuales se resaltan:

- **Derecho al trabajo:** Según el artículo 25, el trabajo es un derecho y una obligación social y goza de la especial protección del estado, toda persona tiene derecho a un trabajo en condiciones dignas y justas.
- **Derecho a la seguridad social:** Según el artículo 48 garantiza a todos los habitantes el derecho a la seguridad social.
- **Derecho a un ambiente sano:** Según el artículo 79, todas las personas tienen el derecho de gozar de un ambiente sano. La ley garantizará de la comunidad

en las decisiones que puedan afectarlo y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del medio ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

7.1.2 Matriz de Requisitos Legales. Para efectos de estudio del proyecto y por ser Avidesa Mac Pollo una empresa legalmente constituida, con más de cuatro décadas de ejercicio de sus operaciones de forma continua, clasificada por tamaño como una empresa grande y de gran reconocimiento en el país, se relacionaran parámetros, normas, leyes entre otras en una matriz de requisitos legales que deben tenerse en cuenta para la ejecución y operación del proyecto. Ver apéndice C.

7.2 ASPECTOS LABORALES

Es una prioridad para cualquier empresa el cumplimiento de las disposiciones legales sustantivas de los derechos de los particulares previstos en el Código Sustantivo del Trabajo y el Código Civil. Adicionalmente, existen otras disposiciones generales en materia de Seguridad en el Trabajo e Higiene que fijan ciertas obligaciones a cargo de los empresarios encaminadas a propender un óptimo entorno laboral. Desde el inicio de las actividades económicas realizadas por Avidesa Mac Pollo S.A., ha sido prioridad el cumplimiento de estas disposiciones.

En esta parte del estudio, está contemplado presentar el esquema de contratación para el desarrollo del proyecto y su puesta en marcha y una visualización de los riesgos presentes en la operación del sistema de generación de vapor.

7.2.1 Contratación. Para definir el tipo de contratación a realizar en el presente proyecto se identifican las relaciones que se dan en la formulación, ejecución y operación que deben respaldarse con un contrato.

En el anexo E, se define todo el esquema de contratación aplicable en el futuro proyecto.

7.2.2 Riesgos Laborales. Los sistemas de generación de vapor son un factor clave en la producción industrial y agrícola pero a su vez puede constituirse en un factor de daño potencial para la salud y seguridad del personal operativo y técnico que lo rodea.

Como labor preventiva y obligatoria encomendada a Avidesa Mac Pollo S.A. por parte de los Ministerios de Trabajo y de Salud y Protección Social, se realiza un análisis donde se recopila las recomendaciones más idóneas de cara a controlar y mitigar los riesgos presentes en la actividad.

Todo trabajo o tarea implica un riesgo para el trabajador de cara a poder accidentarse y para efectos de análisis de los riesgos laborales de este proyecto, se dividen en dos fases:

- Ejecución del proyecto.
- Operación y mantenimiento del sistema de generación de vapor.

En la fase de ejecución del proyecto se presentan los riesgos intrínsecos a las actividades de construcción, movimiento de cargas, trabajo en alturas, entre otros, los cuales deben ser controlados por los contratistas de los diferentes frentes de trabajo previa aprobación de los permisos de trabajo requeridos.

Es en la fase de operación y mantenimiento del sistema de generación de vapor donde debe llevarse una cuidadosa atención tanto de los aspectos técnicos como de los riesgos que se presenten y que afecten la salud e integridad del personal, los cuales se deben controlar con el fin de evitar las consecuencias adversas.

En el anexo F, se relacionan los riesgos que potencialmente pueden ser activados en la zona del sistema de generación de vapor haciendo énfasis en la zona de la caldera y alimentación del carbón, los factores de riesgo y las medidas de control y prevención.

7.3 LOCALIZACIÓN

El proyecto de montaje del sistema de generación de vapor a base de carbón se realizará en un lote de propiedad de Avidesa Mac Pollo ubicado en el parque industrial de Bucaramanga, el cual colinda con la Planta de Alimentos Balanceados ubicada en el Km 3 de la Vía Girón – Chimitá. Ver figura 23.

7.4 REQUISITOS PARA LA AUTORIZACION DEL PROYECTO

Para dar inicio al montaje del nuevo sistema de generación de vapor, es importante contar con los permisos necesarios para la construcción de la obra civil y la aprobación del uso del suelo.

Figura 23. Ubicación del lote para el montaje del sistema de generación de vapor.



- Limite Planta de alimentos balanceados.
- Lote propiedad Avidesa Mac Pollo ubicado dentro del parque industrial.

7.4.1 Uso del suelo del Plan de Ordenamiento Territorial. La competencia constitucional para la fijación de los usos del suelo es de los Concejos Municipales.

En Bucaramanga, mediante el Acuerdo 011 de 2014 se aprobó el Plan de Ordenamiento Territorial 2G con la vigencia 2014 – 2027.

Dentro del Plan de Ordenamiento Territorial del AMB²⁵ se encuentra contemplado en el Título III – Componente Urbano del POT del Municipio de Bucaramanga, subtítulo 3 – Normas urbanísticas generales, Capítulo 2 – Usos del suelo en la estructura urbana y Subcapítulo 4 – Usos Industriales, la asignación del uso de suelo en las zonas donde se llevan a cabo actividades de elaboración, transformación, extracción, manufactura y todos los procesos que impliquen cambio del estado o presentación original de las materias primas o insumos.

Según el Artículo 354 – Clasificación de la Industria del POT 2G, la actividad de elaboración de alimento balanceado para aves realizado por Avidesa Mac Pollo S.A, es clasificada como Industria transformadora de escala metropolitana y de acuerdo a su área de actividad actual – Zona industrial de Chimitá – tiene permitido su funcionamiento.

En el anexo G, se presenta el plano urbanístico contemplado en el POT donde se muestra el área definida para actividades industriales y la localización actual de la planta de alimentos balanceados y el área definida para el desarrollo del proyecto de montaje del nuevo sistema de generación de vapor.

²⁵ Área Metropolitana de Bucaramanga.

7.4.2 Licencia de construcción. El 30 de Abril del 2010 entró en vigencia el decreto 1469 expedido por el gobierno nacional, “por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones”. Este decreto contempla las clases de licencias y el procedimiento para la expedición.

Para el proyecto de montaje del sistema de generación de vapor a base de carbón, se requiere una licencia de construcción en la modalidad de obra nueva y la cual será solicitada en la Curaduría Urbana de Bucaramanga.

Dado que el proyecto se contempla realizar en el Parque Industrial I de la ciudad de Bucaramanga, el cual es una propiedad horizontal, se requiere con antelación un acta o documento expedido por la Asamblea general o el órgano competente de administración de la propiedad horizontal que autorice la ejecución de las obras solicitadas, según lo disponga el respectivo reglamento del Parque industrial.

Este trámite se encuentra en la agenda de la próxima reunión de la Asamblea General, la cual se llevara a cabo en el segundo semestre del año en curso y en donde se definirá los permisos requeridos. Con base en estimaciones informales de la Gerencia de la Planta de Alimentos, se proyecta una canon fijo mensual de aproximadamente Diez (10) millones de pesos por concepto de los permisos de flujo de vapor y personas y de administración y un canon variable mensual que estará sujeto al número de tracto mulas cargadas con el carbón que transiten por las vías de la Copropiedad.

8. ESTUDIO AMBIENTAL

Toda empresa dedicada a la actividad industrial, debe cumplir con las obligaciones de equilibrio ecológico establecidas en la normatividad ambiental vigente so pena de ser sancionada con multas, clausuras, revocaciones y procesos civiles y penales.

Para el caso puntual del nuevo sistema de generación de vapor, se presentan residuos contaminantes generados por la combustión del carbón específicamente las emisiones atmosféricas de Bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, óxidos de carbono y material particulado y los residuos sólidos de cenizas y carbón quemado.

A continuación se presenta una breve reseña de las principales características de las emisiones atmosféricas, la normativa aplicable y el manejo de los residuos sólidos presentes en la operación del sistema de generación de vapor.

8.1 EMISIONES CONTAMINANTES.

Emisiones contaminantes es el término que refiere a la cantidad de materias, sustancias o partículas que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la salud y seguridad de las personas y medio ambiente, vertidas a la atmosfera en un periodo de tiempo determinado desde un punto ya sea fijo o móvil.

En un sistema de generación de vapor que use cualquier combustible fósil, produce distintos tipos de contaminantes, de los cuales se resaltan:

Dióxido de azufre (SO₂). Proviene de la combustión de combustibles fósiles, los cuales contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados. Este material se convierte en trióxido de azufre (SO₃) en la atmosfera y posteriormente en ácido sulfúrico (H₂SO₄) al contacto con la humedad del aire generando la denominada *lluvia acida*.

Es un gas altamente toxico que afecta el sistema respiratorio generando ataques de tos, irritaciones del tracto respiratorio y bronquitis.

Óxidos de nitrógeno (NO_x). Es un gas incoloro y poco soluble en agua. Este material se forma por la quema de combustibles fósiles y depende de la temperatura de combustión y la concentración de oxígeno. Los principales contribuyentes a la formación del óxido nítrico son los automóviles debido a que la combustión se realiza a altas temperaturas.

El NO es una molécula altamente inestable en la atmosfera ya que se oxida rápidamente en presencia de oxigeno convirtiéndose en dióxido de nitrógeno (NO₂), el cual favorece la formación de ozono. El NO₂ es un agente muy nocivo para la salud debido a la afinidad por la hemoglobina evitando que el oxígeno llegue a los tejidos provocando irritación en el sistema respiratorio, bronquitis y pulmonía.

Material particulado. En términos de contaminación atmosférica, se reconoce como partícula a cualquier material sólido o liquido con un diámetro entre 0.0002 y 500 µm generado a partir de alguna actividad antropogénica o natural.

El interés por el material particulado se debe a dos causas importantes:

- Afectación del balance de la radiación terrestre
- Efectos nocivos sobre la salud.

Las partículas de tamaño superior a 10 µm son retenidas en las vías respiratorias y eliminadas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio pero las de tamaño menor o igual a 10 µm penetran hasta los pulmones y pueden producir irritación de las vías respiratorias, asma y potencializar las enfermedades cardiovasculares.

8.2 NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICABLE

En Colombia, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en ejercicio de sus funciones legales ha establecido una serie de decretos y resoluciones en materia para el control y vigilancia de las emisiones contaminantes generadas por las actividades industriales abarcando la operación de sistemas de generación de vapor.

A continuación se presenta de forma general la normativa ambiental aplicable al proyecto y en el apéndice D se presenta la matriz de normatividad ambiental.

- **Decreto 948 de 1995**, expedido por la Presidencia de la Republica contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica. La esencia de este decreto radica en la regulación del otorgamiento y renovación de los permisos de emisión atmosférica, los instrumentos y medios de control y vigilancia y el régimen de sanciones.
- **Resolución 619 de 1997**, se establece parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas y exige el cumplimiento de las normas de emisión.

- **Resolución 909 de 2008**, se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas.
- **Resolución 760 de 2010**, define el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas. Este documento establece los procedimientos de medición y estudios de emisiones atmosféricas y define la frecuencia de estos estudios para las actividades industriales.

8.3 PERMISO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.

El permiso de emisión atmosférica para la planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo S.A, fue otorgado por la autoridad ambiental de su jurisdicción, en este caso por la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB.

De acuerdo al decreto 948 de 1995 en su artículo 86, establece como vigencia máxima de cinco (5) años, siendo renovable indefinidamente por periodos iguales.

Este trámite se realiza mediante un nuevo “Informe de Estado de Emisiones” (IE-1) ante la CDMB con una antelación no inferior a sesenta (60) días de la fecha de vencimiento del término de su vigencia. La vigencia actual del permiso de emisiones atmosféricas va hasta el año 2020.

8.4 ESTUDIOS DE EMISIONES ATMOSFERICAS.

Es competencia de la autoridad ambiental, en este caso la CDMB, ejercer el control y vigilancia del cumplimiento de los estándares de emisiones atmosféricas

contaminantes definidas en la resolución 909 de 2008 de acuerdo a la actividad industrial realizada.

Para ello, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expidió mediante la resolución 760 de 2010, el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas.

En el año 2015, se realizó la última evaluación de carga contaminante atmosférica constituida por óxidos de nitrógeno (NOx) mediante medición directa realizado por el Laboratorio COAMB COLOMBIA LTDA, el cual se encuentra acreditado por el IDEAM²⁶, dando como concepto final el cumplimiento con lo estipulado en las resoluciones 909 de 2008 y 760/2153 de 2010 y la programación de la próxima evaluación en tres (3) años. En el anexo H se muestra el concepto del informe expedido por la CDMB.

Al momento de entrar en operación el nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón se requiere una nueva evaluación de la carga contaminante NOx por parte de la entidad acreditada y avalada por la CDMB. El costo de esta medición para el año en curso es de cuatro millones (4.000.000) de pesos.

Por último, dentro de la política ambiental de Avidesa Mac Pollo S.A., está establecido un programa de medición de emisiones de carga contaminante para las calderas de las diferentes plantas de la organización y para la planta de alimentos la periodicidad es de dos (2) veces por año y es realizada por el fabricante de los equipos de generación de vapor. El costo de cada medición para el año en curso es de un millón doscientos mil (1.200.000) de pesos. De esta forma, la organización se compromete mediante acciones concretas con el cuidado del medio ambiente y su entorno.

²⁶ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

8.5 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

Con base en la Ley 1252 de 2008 “por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos” y el Decreto 4741 de 2005 “por el cual se reglamenta la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos”, los residuos generados por el uso de un sistema de generación de vapor tales como la escoria y las cenizas del carbón no son clasificados como residuos peligrosos y por tanto la organización no está obligada a llevar registro de esos residuos ni son objeto de ser controlados y vigilados por la autoridad ambiental competente.

Sin embargo, Avidesa Mac Pollo S.A dentro de su política ambiental tiene definido el programa de manejo integral de escoria de carbón²⁷, el cual consiste en la recolección y posterior vertimiento de los residuos en un botadero de tierra o escombros autorizado por el plan de ordenamiento territorial de Bucaramanga.

Actualmente se realiza el vertimiento de los residuos en el Botadero de tierra El Parque, ubicado en las antiguas instalaciones de la ladrillera de Bucaramanga cuyo costo por viaje de 7 m³ - incluye flete y permiso de vertimiento - es de ciento sesenta mil (160.000) pesos para el año en curso.

²⁷ Avidesa Mac Pollo S.A. Programa de manejo de residuos de carbón para la caldera de 500 BHP de planta de harinas.

9. ANALISIS FINANCIERO

En este capítulo se presenta el análisis financiero, el cual se soporta con los requerimientos de necesidades y las cifras obtenidas en cada uno de los estudios anteriores, los cuales se convierten en datos de entrada para el cálculo del beneficio de cambiar el sistema actual de generación de vapor a base de gas por carbón.

Este análisis se estima con un horizonte de evaluación de quince (15) años y definiendo como indicador macroeconómico variable a la inflación, el cual impacta directa y proporcionalmente a los costos involucrados. Este indicador se proyecta de acuerdo a los datos estimados por el gobierno nacional a través del Departamento Nacional de Estadística – DANE – y el Banco de la República de Colombia.

9.1 INVERSION INICIAL

Se proyecta una inversión total de mil setecientos cuarenta millones doscientos sesenta y ocho mil pesos (\$1.740.268.000) por concepto de:

- Equipos de caldera 400 BHP y componentes periféricos – (\$1.348.748.000)
- Obras civiles – (\$127.900.000)
- Servicios de montaje de caldera y redes – (\$120.520.000)
- Servicios de transporte y logística – (\$78.100.000)
- Gastos legales y administrativos – (\$29.000.000)

En el anexo I, se detalla la inversión inicial requerida para el montaje y puesta en marcha del nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón y para efectos

de análisis posteriores, se incluye la inversión requerida para un sistema de vapor a gas natural de igual capacidad (400BHP).

9.2 PROYECCIÓN DE COSTOS

Para efectos de estimación de costos de las dos alternativas de generación de vapor en la planta de alimentos, se definen valores para las variables macroeconómicas que impactan la proyección de costos con base en fuentes gubernamentales y son:

- Inflación: 6%²⁸
- Incremento anual precio gas natural: 10%
- Incremento anual precio carbón mineral: 3%²⁹

En la tabla 18, se consolida todos los costos asociados a cada una de las alternativas para un horizonte de tiempo de quince (15) años, el cual es el tiempo definido por la organización para depreciar el sistema de generación de vapor, por lo cual se obtiene un valor de salvamento de cero (\$0) pesos.

El año cero (0) es donde se realiza la inversión inicial. En el anexo J, se detalla la proyección de costos por tipo de rubro para cada uno de los sistemas de generación de vapor.

²⁸ Banco de la Republica. Informe sobre inflación – Proyecciones macroeconómicas de analistas. 2016

²⁹ Unidad de Planeación Minero energética. Proyección de precios energéticos. Julio de 2014.

Tabla 18. Proyección de costos para la generación de vapor.

AÑO	COSTOS SISTEMA DE GAS	COSTOS SISTEMA DE CARBON
0	\$ 4,000,000	\$ 1,740,268,000
1	\$ 2,698,375,153	\$ 1,306,677,994
2	\$ 2,958,568,909	\$ 1,365,111,825
3	\$ 3,244,203,415	\$ 1,426,452,681
4	\$ 3,557,788,029	\$ 1,490,857,013
5	\$ 3,902,080,960	\$ 1,558,490,120
6	\$ 4,280,114,033	\$ 1,629,526,665
7	\$ 4,695,219,911	\$ 1,704,151,217
8	\$ 5,151,062,045	\$ 1,782,558,830
9	\$ 5,651,667,602	\$ 1,864,955,656
10	\$ 6,201,463,675	\$ 1,951,559,591
11	\$ 6,805,317,114	\$ 2,042,600,959
12	\$ 7,468,578,322	\$ 2,138,323,244
13	\$ 8,197,129,420	\$ 2,238,983,851
14	\$ 8,997,437,224	\$ 2,344,854,932
15	\$ 9,876,611,500	\$ 2,456,224,239

9.3 CALCULO DE BENEFICIO POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE

El proceso metodológico de evaluación, comparación y decisión entre alternativas operacionales o proyectos de inversión tiene que empezar por la caracterización de la situación en análisis, para de allí definir las necesidades de información, hacer los modelos y supuestos requeridos, definir el tipo de criterio decisorio y, finalmente, escoger la herramienta específica que mejor se adapta a la situación de análisis³⁰.

En este caso en particular, las alternativas producen el mismo servicio – generación de vapor – siendo el escenario más fácil y simple de analizar, dado que la información a tener en cuenta son las inversiones y los costos asociados a cada alternativa.

³⁰ Varela, R., Evaluación económica de proyectos de inversión (2010). Capítulo 4 – pág. 114. Mc Graw – HILL. Séptima edición

Para efectos de análisis, los criterios decisorios son:

- La minimización de los costos equivalentes mediante el cálculo de los costos presentes equivalentes (CPE).
- La comparación de la tasa mínima de retorno del beneficio entre las alternativas con la tasa minimiza de retorno de la organización. De acuerdo al área Financiera de Avidesa Mac Pollo S.A, la tasa mínima de retorno es de 18% aproximadamente.
- La estimación del impacto de realizar un cambio un sistema en marcha, mediante el indicador Costo-Beneficio.

9.3.1 Costos Presentes Equivalentes. Con base en la tabla 18 - Proyección de costos para la generación de vapor, se obtiene los siguientes resultados. Ver figura 24 y 25.

Figura 24. Costo Presente equivalente Sistema a carbón.

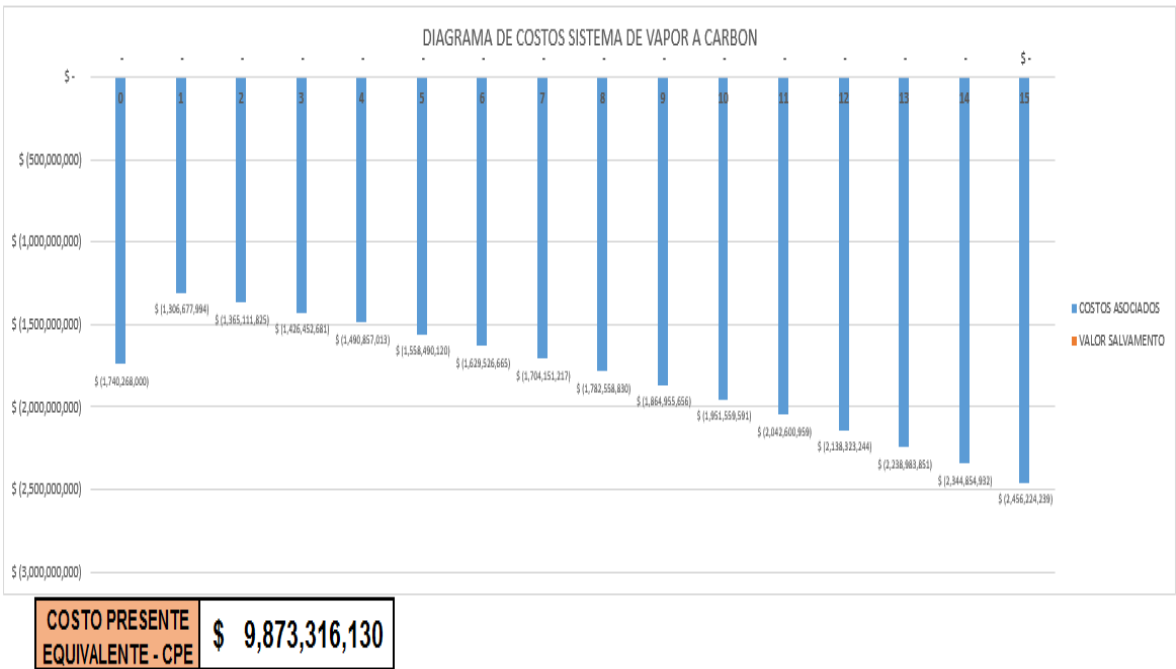
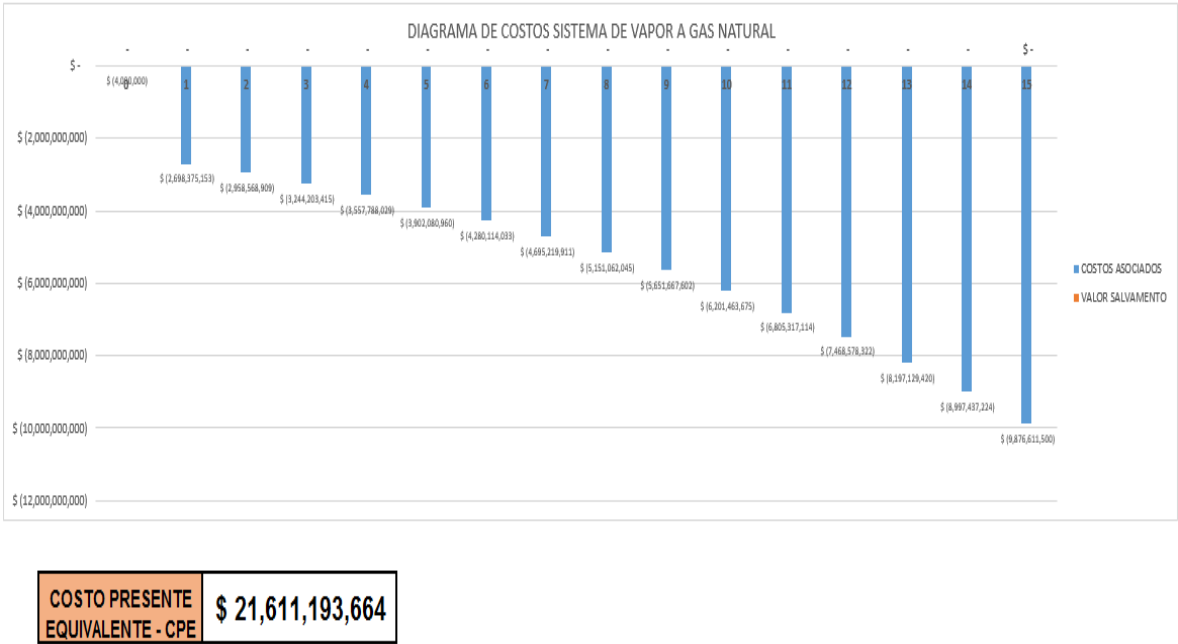


Figura 25. Costo Presente equivalente Sistema a gas.



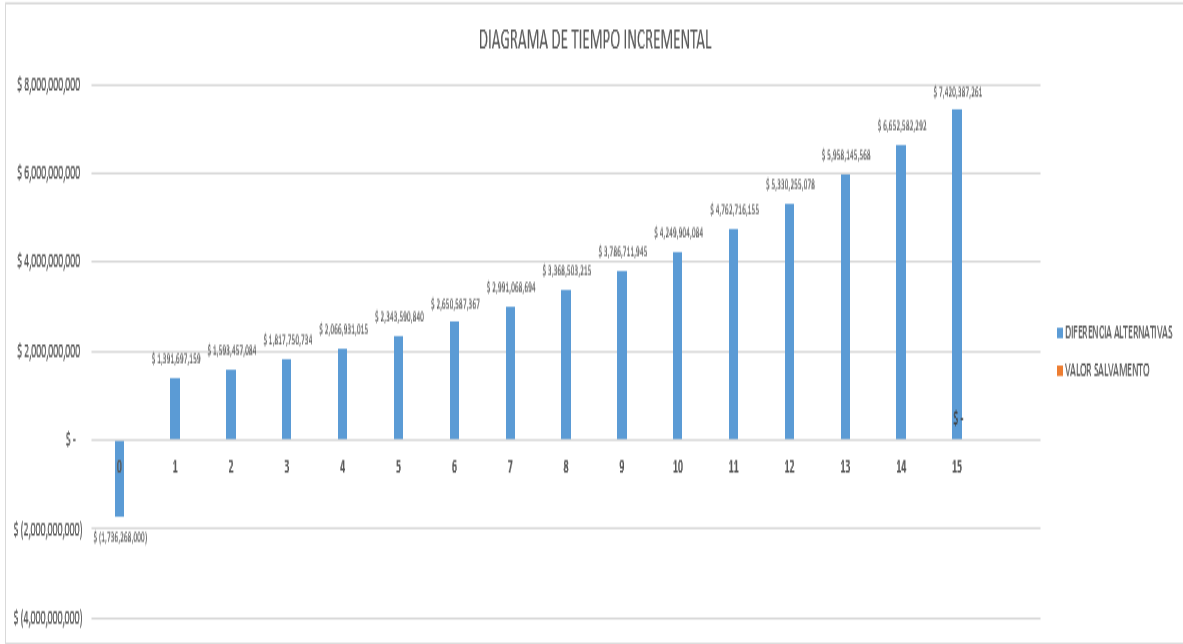
De acuerdo al criterio de seleccionar a la alternativa que minimiza el costo presente equivalente, se obtiene como mejor opción el sistema de generación de vapor a base de carbón.

9.3.2 Tasa de Retorno Incremental. Teniendo presente que todo proyecto de inversión para considerarlo económicamente factible, debe generar una tasa de retorno mayor o igual a la tasa mínima de oportunidad de la empresa.

Para este caso, no se puede evaluar cada alternativa de forma independiente dado que no es posible cuantificar los ingresos, lo que sí es posible justificar es realizar una inversión por el nuevo sistema de generación de vapor con el objetivo de ahorrar cierta cantidad de dinero durante cada uno de los quince años en los costos de operación y mantenimiento.

En la figura 26, se presenta un diagrama de tiempo incremental, restando de la alternativa con inversión – Carbón – la alternativa de gas natural.

Figura 26. Diagrama de tiempo incremental entre alternativas.



Con base en la información anterior, se obtiene que la tasa de retorno incremental – TRI - es de 94.12%. Dado que el TRI es mayor que la tasa de oportunidad de Avidesa Mac Pollo (18% anual), el mejor proyecto será el sistema de generación de vapor a base de carbón pues justifica la inversión incremental de \$ 1.736.268.000.

9.3.3 Análisis Costo Beneficio. Este criterio de evaluación se usa para analizar el impacto de realizar un cambio en un sistema en marcha, se basa en una inversión requerida, ahorros en costos y valores de mercado.

Para efectos de análisis, se define:

- La vida útil del sistema actual de generación de vapor a base de gas NO requiere ningún tipo de inversión en el horizonte de tiempo.
- La organización vende todos los activos que conforman el actual sistema de generación de vapor recibiendo su actual valor en libros contables menos depreciación. Ver tabla 19.

Tabla 19. Valor recuperación actual sistema a gas natural

INVERSION INICIAL SISTEMA A GAS	
AÑO	2010
VALOR	\$ 992,008,000
VIDA UTIL - Años	15
VALOR RECUPERACION POR VENTA SISTEMA A GAS	
AÑO	2016
VALOR	\$ 595,204,800

Partiendo de las premisas e información de costos, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 20. Análisis Costo Beneficio.

Relación Costo-Beneficio	
Valor Presente de ahorros	\$ 13,474,145,533.21
Inversión Inicial Neta	\$ 1,145,063,200
CB	11.77

Dado que la relación CB es mayor a 1, el proyecto de inversión en el sistema de generación de vapor a base de carbón genera más beneficio que la inversión requerida.

9.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

En esta sección se lleva a cabo el análisis de los criterios de decisión CPE, TRI y CB ante eventuales cambios en los costos del consumo de carbón y gas.

A continuación se describen dos escenarios en los cuales se busca aumentar en diferente medida los costos asociados a la alternativa de carbón.

Escenario 1. Debido a un aumento en la demanda de carbón y una reducción en la oferta, el aumento porcentual anual del precio de carbón pasa de un 3% a 10% y paralelamente el incremento en el precio del gas baja a 4%.

Los otros costos de operación y los costos de mantenimiento y administrativos permanecen en las mismas condiciones iniciales para las dos alternativas.

Tabla 21. Análisis financiero escenario 1.

AÑO	COSTOS SISTEMA DE GAS	COSTOS SISTEMA DE CARBON
0	\$ 4.000.000,00	\$ 1.740.268.000
1	\$ 2.698.375.152,77	\$ 1.306.677.994
2	\$ 2.811.132.038,45	\$ 1.411.701.137
3	\$ 2.928.688.512,33	\$ 1.525.687.916
4	\$ 3.051.253.916,71	\$ 1.649.442.372
5	\$ 3.179.047.009,09	\$ 1.783.843.414
6	\$ 3.312.296.401,31	\$ 1.929.851.969
7	\$ 3.451.241.019,93	\$ 2.088.518.833
8	\$ 3.596.130.589,05	\$ 2.260.993.282
9	\$ 3.747.226.136,64	\$ 2.448.532.531
10	\$ 3.904.800.525,57	\$ 2.652.512.099
11	\$ 4.069.139.010,66	\$ 2.874.437.203
12	\$ 4.240.539.823,00	\$ 3.115.955.251
13	\$ 4.419.314.782,96	\$ 3.378.869.563
14	\$ 4.605.789.943,33	\$ 3.665.154.434
15	\$ 4.800.306.264,26	\$ 3.976.971.666
CPE	\$ 16.523.041.441	\$ 11.430.682.464
TRI	80,257%	
CB	5,96	

Bajo estas condiciones, la alternativa de carbón sigue arrojando los mejores resultados financieros.

Escenario 2. Debido a una reducción drástica e inesperada del poder calorífico del carbón, el cual pasó de 24640 a 12320 BTU/Kg, el consumo de carbón para la operación del sistema de vapor aumenta en las mismas proporciones (50% aproximadamente). El aumento porcentual anual del precio de carbón pasa de un 3% a 10% y paralelamente el incremento en el precio del gas se mantiene en 10%.

Los otros costos de operación y los costos de mantenimiento y administrativos permanecen en las mismas condiciones iniciales para las dos alternativas.

Tabla 22. Análisis financiero escenario 2.

AÑO	COSTOS SISTEMA DE GAS	COSTOS SISTEMA DE CARBON
0	\$ 4.000.000	\$ 1.740.268.000
1	\$ 2.698.375.153	\$ 1.993.230.813
2	\$ 2.958.568.909	\$ 2.166.069.590
3	\$ 3.244.203.415	\$ 2.354.603.186
4	\$ 3.557.788.029	\$ 2.560.305.740
5	\$ 3.902.080.960	\$ 2.784.793.083
6	\$ 4.280.114.033	\$ 3.029.836.568
7	\$ 4.695.219.911	\$ 3.297.378.252
8	\$ 5.151.062.045	\$ 3.589.547.585
9	\$ 5.651.667.602	\$ 3.908.679.743
10	\$ 6.201.463.675	\$ 4.257.335.759
11	\$ 6.805.317.114	\$ 4.638.324.660
12	\$ 7.468.578.322	\$ 5.054.727.771
13	\$ 8.197.129.420	\$ 5.509.925.431
14	\$ 8.997.437.224	\$ 6.007.626.350
15	\$ 9.876.611.500	\$ 6.551.899.863
CPE	\$ 21.611.193.664	\$ 16.987.709.666
TRI	80,257%	
CB	5,55	

Bajo estas condiciones atípicas y extremas de la calidad del carbón, la alternativa de generación de vapor con este combustible sigue siendo la mejor opción.

10. CONCLUSIONES

- Dada la situación actual de alto nivel de competitividad por precio y calidad de los productos a las que están sometidas las empresas, no solo en Colombia sino a nivel mundial, las obliga a estudiar posibilidades de ahorro dentro de sus costos de producción, siendo el rubro de generación de energía uno de los de mayor impacto y que permite grandes posibilidades de reducción.
- En Colombia, los sistemas de generación de vapor a base de gas natural, se han visto seriamente afectados por los incrementos en las tarifas durante los últimos años lo que ha conllevado a que el vapor de agua pase de ser un recurso de menor cuantía a ser un rubro importante dentro de los costos de producción.
- Bajo las condiciones establecidas inicialmente en el presente documento y sus diferentes escenarios, el montaje y puesta en marcha del sistema de generación de vapor a base de carbón mineral en la planta de alimentos de Avides Mac Pollo S.A., es completamente factible, representado en los mejores resultados financieros de costo presente equivalente, tasa de retorno incremental y relación costo beneficio, evaluado comparativamente al actual sistema a base de gas natural.
- Los principales limitantes para la ejecución de este proyecto son de carácter ambiental, específicamente el cumplimiento de la normatividad de emisiones atmosféricas y el manejo de residuos sólidos, lo que obliga a la inclusión de todos los componentes y equipos del nuevo sistema contemplados en la evaluación técnica.

BIBLIOGRAFIA.

AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA., Guía para el manejo de Calderas. Medellín, 2010.

BANCO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Informe sobre inflación – Proyecciones macroeconómicas de analistas. Bogotá. BANREP. 2016

BEHRENS, W., HAWRANEK, P., Manual para la Preparación de Estudios de Viabilidad Industrial. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 1994.

CARDOZO, Samuel., Optimización del sistema de generación de vapor en la planta de Toyota de Venezuela. Sartenejas, 2010. Informe de Pasantía (Ingeniería Química). Universidad Simón Bolívar.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGIA. Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas. Guía Técnica. Vol. 5, Madrid. 2007.

KOHAN, Anthony., Manual de calderas. Principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas. Vol.1. Madrid: McGraw-Hill, 2000

MARADEY, Juan Francisco., Termodinámica Aplicada. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 2002.

MEJIA, Julian., ROJAS, Moisés., Simulador básico para la puesta en marcha y operación de calderas de tipo pirotubular. Bucaramanga, 2010. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico mecánicas.

QUIÑONEZ CERCADO, Nick Lee., Desarrollo de Software para el análisis y diseño térmico de calderas pirotubulares horizontales con quemadores a Diésel. Guayaquil, 2008. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Escuela Superior Politécnica del Litoral.

ROSALER, Robert. Standard Handbook of Plant Engineering, Third Edition. New York: McGraw-Hill, 2002.

SILVA, Sneider., CASTILLO Jose., Análisis energético de la sección generadora de vapor y el sistema de refrigeración de la planta de Freskaleche S.A. Bucaramanga, 2006. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico mecánicas.

SUPERINTENDENCIA DE SOCIEDADES. Informe 2.000 empresas más grandes en Colombia por ingresos. Bogotá. SUPERSOCIEDADES. 2014.

UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICO. Guía de Eficiencia energética en la generación y distribución de vapor. Bogotá. UPME.

UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICO. Informe Cadena del Carbón. Bogotá. UPME. 2012

UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICO. Informe Cadena del gas natural en Colombia. Bogotá. UPME. 2005

UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICO. Informe Proyección de precios energéticos. Bogotá. UPME. 2014

VARELA, Rodrigo., Evaluación económica de proyectos de inversión. Séptima edición. Bogotá: Mc Graw - Hill. 2010. Capítulo 4 – (págs. 114-138).

ANEXOS

Anexo A. Descripción del proceso de elaboración de alimento balanceado en Planta de Alimentos de Avidesa Mac Pollo

- **Control de calidad de materias primas:** Esta fase es el filtro para dar aceptación de ingreso a las materias primas requeridas para el proceso de elaboración del alimento. Se realizan pruebas organolépticas y análisis físico químicos.
- **Recepción y almacenamiento:** Es el proceso encargado de recibir las materias primas a granel y bulto como maíz, frijol soya, torta de soya, calcio, harinas de origen animal y micro ingredientes y materia prima líquida como aceite de palma y aceite de origen animal.

Estos materiales son almacenados en silos metálicos de capacidad de 2500 Tn, silos de concreto de capacidad de 100 Ton, tanques de almacenamiento de líquidos y tres bodegas con las condiciones requeridas para evitar humedades, control de temperatura y ventilación.

- **Cocción frijol soya:** Esta actividad consiste en adicionar vapor al frijol soya en un sistema de cocedores hidrotérmicos con el objetivo de aprovechar los diferentes valores nutricionales de esta materia prima, basados en especificaciones precisas de temperatura, presión de vapor y tiempos de cocción y tiempo de inyección de líquido (agua).
- **Molienda:** En esta etapa se pretende conseguir la granulometría adecuada de las materias primas maíz, torta de soya y frijol soya cocido en tamaño y forma

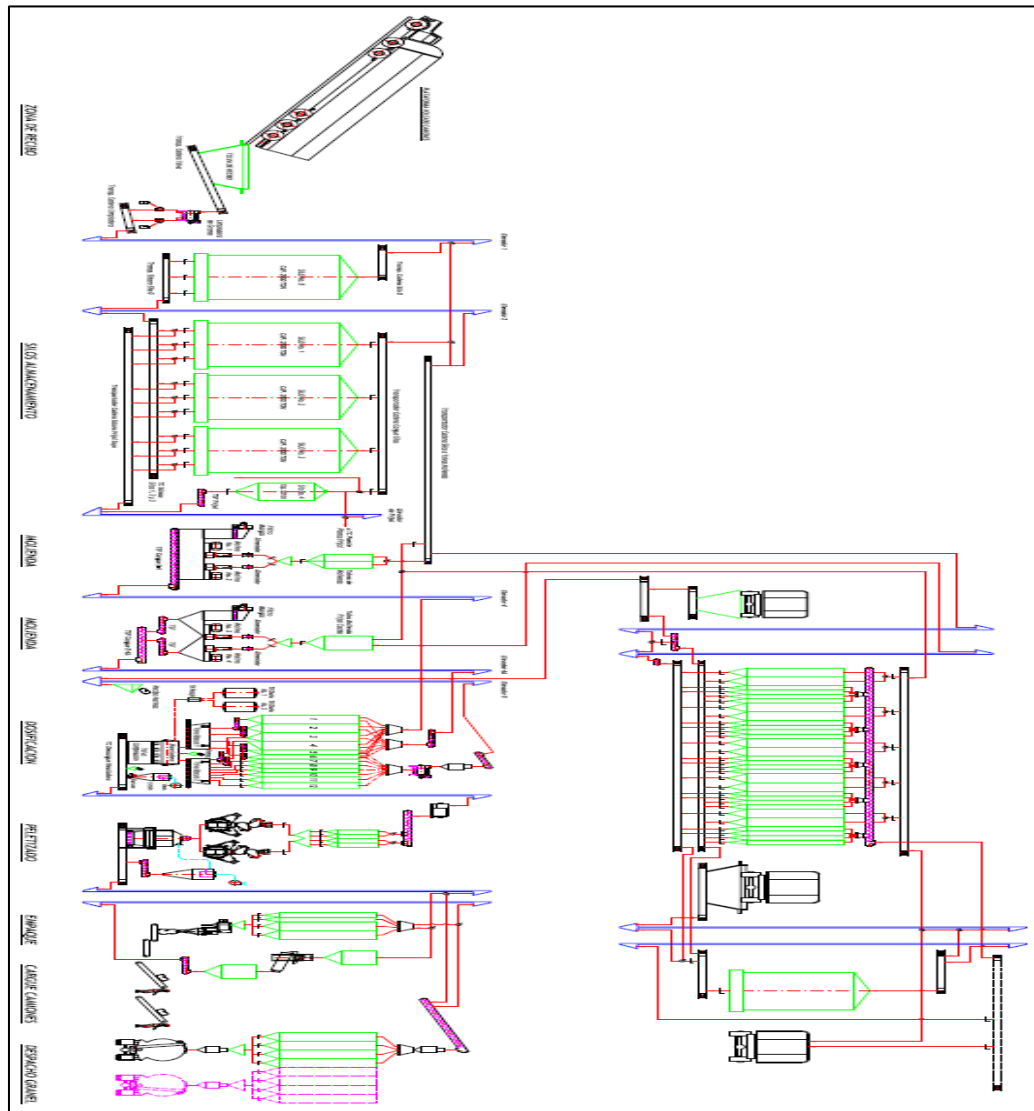
mediante la operación de cuatro molinos de martillos. Los resultados en la molienda varían de acuerdo al tipo de grano y al estado de las cribas y martillos, los cuales son los principales componentes de los molinos.

- **Dosificación y mezclado:** Esta fase abarca desde aplicar las proporciones definidas de materias primas y micro ingredientes que componen las formulas nutricionales de los diferentes productos elaborados en la planta hasta obtener una masa uniforme y homogénea que permita obtener los resultados de crecimiento y engorde para cada una de las aves de la Organización.

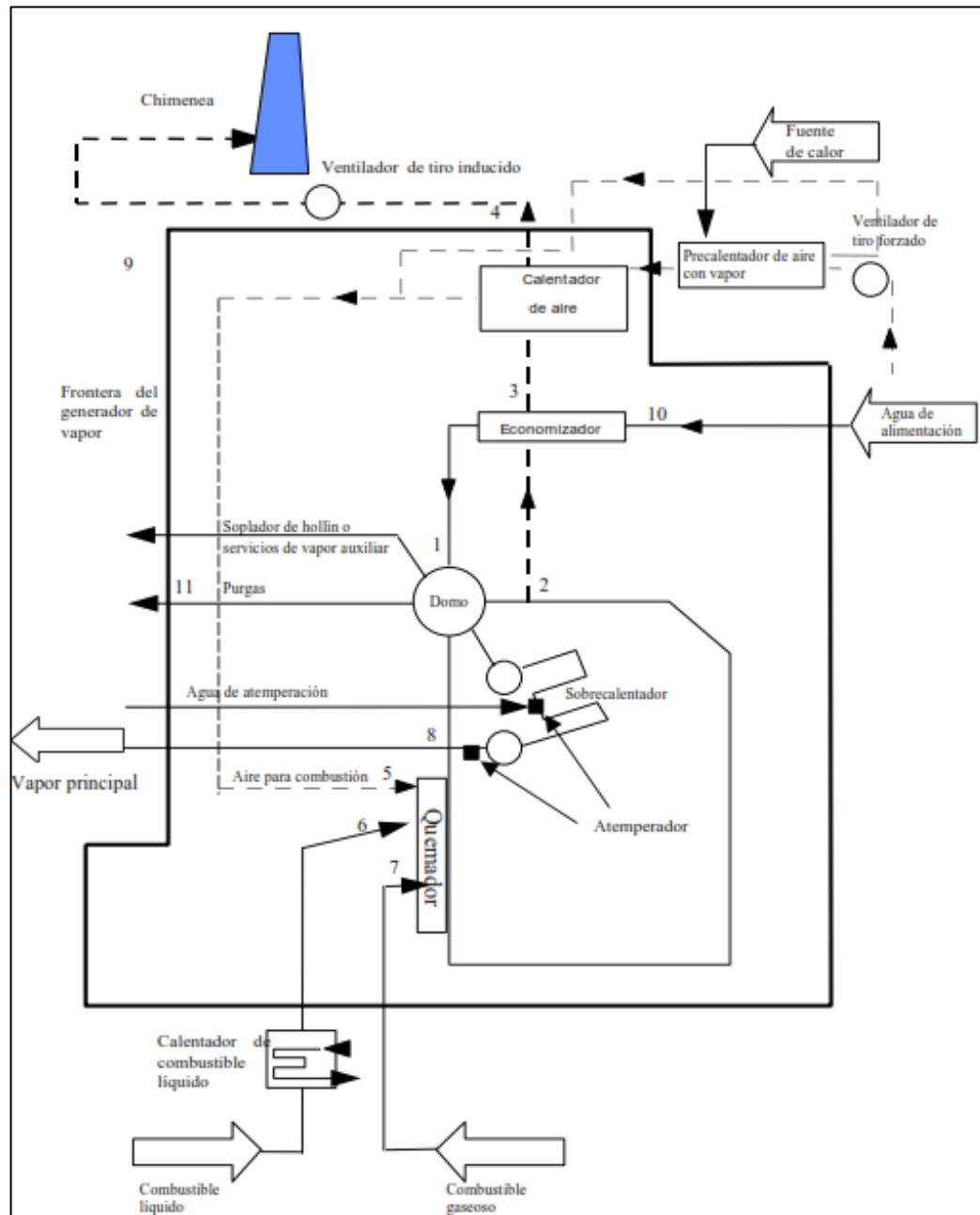
Actualmente, la planta cuenta con un sistema de básculas para el pesaje de materias primas, micro ingredientes y líquidos y una mezcladora de paletas donde se requiere un tiempo de mezcla seca de 90 segundos y posterior un tiempo igual de mezcla húmeda, lapso en el cual se adicionan los líquidos.

- **Peletizado:** Es el proceso encargado de someter la mezcla de harina homogenizada a un efecto combinado de compresión y extrusión. De forma global, el proceso de Peletizado se realiza en cuatro etapas, 1) Acondicionamiento mediante la aplicación de vapor en un mezclador de turbulencia en continuo bajo unas condiciones de presión, temperatura y tiempo de retención, 2) Compresión – extrusión en dos sistemas de dados y rodillos con motores de 300hp y 100hp cada uno, 3) Enfriado mediante el uso de un equipo enfriador cuya misión es reducir la humedad y temperatura del pellet para una mejor conservación, 4) Engrasado mediante el uso de un sistema de adición de líquidos por aspersión lo que permite una mejor dureza y durabilidad. Al finalizar esta operación se tiene como resultado el producto terminado apto para el consumo en las aves. En el Peletizado se tiende a buscar el mejor rendimiento de los equipos manteniendo un equilibrio entre producción y producto de calidad.

- **Empaque:** En esta etapa, el alimento balanceado se ensaca en bolsas de polietileno de 90 * 62 centímetros con un peso estándar de 40 kilogramos mediante un sistema de dos bandas basculas que permiten una mayor velocidad en este proceso respecto al Peletizado. Cabe resaltar que la producción en sacos equivale al 75% del total, la restante es producción a granel.



Anexo B. Diagrama de flujo proceso de generación de vapor.



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energético. Guía de Eficiencia energética en la generación y distribución de vapor.

Anexo C. Caracterización del carbón mineral en Colombia.

Zona	Área	Sector	Humedad %		Cz %	MV %	CF %	St %	PC BTU/ lb	PC MJ/Kg	PC kcal/kg
La Guajira	Cerrejón Norte		Eq. + 1	11,94	6,94	35,92	45,20	0,43	11.586	27,00	6.440
	Cerrejón Central										
	Cerrejón Sur										
Cesar	La Loma	Sinclinal La Loma	Eq. + 1	11,39	10,32	33,37	66,63	0,72	10.867	25,32	6.040
		El Boquerón	Eq. + 1½	10,29	5,61	36,79	47,31	0,59	11.616	27,07	6.450
		El Descanso Sur									
	La Jagua de Ibirico	La Jagua	Eq. + 1½	7,14	5,32	35,70	51,84	0,62	12.606	29,37	7.000
		Cerro Largo									
Córdoba-Norte de Antioquia	Alto San Jorge	San Pedro Sur	HR	14,49	9,24	37,55	38,73	1,31	9.280	21,62	5.160
		San Pedro Norte	HR	14,49	9,24	37,55	38,73	1,31	9.280	21,62	5.160
		Alto San Jorge	HR	14,49	9,24	37,55	38,73	1,31	9.280	21,62	5.160
Antioquia-Antiguo Caldas	Venecia-Fredonia		Eq. + 1	11,64	8,11	40,06	40,20	0,48	10.426	24,29	5.790
	Amagá-Angelópolis	Amagá-Nechí	Eq. + 1	13,16	11,96	36,69	38,18	0,55	9.682	22,56	5.380
		Angelópolis									
	Venecia-Bolombolo	Rincón Santo	HR	9,84	11,10	38,45	40,61	1,04	10.090	23,51	5.610
		Bolombolo	HR	8,49	7,90	37,77	45,91	1,09	11.113	25,89	6.170
	Tibiribí	Corcovado	Eq. + 1	7,25	7,92	37,99	46,84	0,72	11.767	27,42	6.540
		El Balsal									
	Riosucio-Quinchía		HR	4,08	15,56	31,75	48,61	1,80	10.713	24,96	5.950
	Aranzazu-Santágueda	Aranzazu	HR	22,22	28,69	30,33	18,76	0,67	5.451	12,70	3.030
		Santágueda	HR	19,03	25,05	37,32	18,60	0,43	6.230	14,52	3.460
Valle del Cauca-Cauca	Yumbo-Asnazú	Galondrinas-Río Cañavalejo	Eq. + 1	2,69	22,38	28,15	46,79	2,85	11.088	28,84	6.160
		Cañavalejo-Río Pance									
		Río Pance-Río Guechinte									
		Río Guechinte-Río Asnazú									
	Río Dinde-Quebrada Honda		Eq. + 1	2,83	20,63	36,72	39,84	4,02	11.138	25,95	6.190
	Mosquera-El Hoyo	Pedregosa-Mosquera	Eq. + 1	8,11	16,30	35,18	40,42	1,42	10.058	23,44	5.590
		Limoncito-Yeguas									
		El Vergel									
		Quilacué-El Hoyo									

Cundinamarca	Jerusalén-Guataquí			HR	5,19	5,34	39,09	50,38	0,58	13.044	30,39	7.250
	Guaduas-Caperapí	Caperapí		HR	4,12	5,61	22,43	67,83	0,59	12.829	29,89	7.130
		Guaduas										
	Guatavita-Sesquilé-Chocontá	Suesca-Chocontá		HR	1,98	11,23	34,88	51,91	0,91	12.682	29,55	7.050
		Guatavita										
	Tabio-Río Frío-Carmen de Carupa	Carmen de Carupa		Eq. + 2	3,42	12,67	20,80	63,10	1,53	13.041	30,39	7.250
		Tabio-Río Frío		Eq. + 2	4,12	9,76	18,01	68,11	0,93	13.390	31,20	7.440
	Checua-Lengua-zaque	Cogua-Sutatausa-Guachetá		Eq. + 2	3,66	9,46	26,80	60,07	0,80	13.433	31,30	7.460
		Lengua-zaque-Cucunubá-Nemocón		Eq. + 2	4,67	10,62	33,85	50,86	1,06	12.718	29,63	7.070
	Suesca-Albaracín			Eq. + 1	3,92	10,43	33,53	52,12	0,69	12.738	29,68	7.080
Boyacá	Zipequirá-Neusa	Zipequirá-Embalse del Neusa		HR	1,04	14,42	24,33	60,21	1,38	12.993	30,27	7.220
		Embalse del Neusa-Vereda Lagunitas										
	Páramo de la Bolsa-Machetá			HR	4,42	14,21	35,70	45,67	1,04	11.309	26,35	6.280
	Checua-Lengua-zaque			Eq. + 2	3,56	10,00	25,19	61,25	0,80	13.439	31,31	7.470
	Suesca-Albaracín			Eq. + 2	4,69	12,18	33,71	49,42	1,07	12.420	28,94	6.900
	Tunja-Paipa-Duitama			Eq. + 2	9,48	11,40	38,03	41,09	1,53	11.268	26,25	6.260
	Sogamoso-Jericoó			Eq. + 2	4,29	9,57	30,19	55,96	1,23	13.099	30,52	7.280
	Betania			HR	1,47	8,36	30,94	59,25	1,00	13.859	32,29	7.700
	Úmbita-Laguna de Tota			Eq. + 2	5,75	13,10	38,34	42,80	1,21	11.699	27,26	6.500
Santander	San Luis	Flanco Occidental	Térmicos	Eq. + 1	2,70	25,95	28,11	43,23	1,76	10.913	25,43	6.060
			Coquizeables	HR	1,63	7,65	33,38	57,33	1,37	13.994	32,61	7.770
		Flanco Oriental	Térmicos	HR	1,18	18,72	30,48	49,62	2,01	12.284	28,62	6.820
			Coquizeables	HR	1,18	10,09	29,05	59,67	2,15	13.893	32,37	7.720
	Cimitarra Sur			HR	4,61	4,61	29,77	61,01	0,62	13.021	30,34	7.230
	Capitanejo-San Miguel			HR	6,33	7,51	19,00	67,16	0,93	11.782	27,45	6.550
	Miranda			HR	1,81	14,47	15,13	68,59	3,46	12.803	29,83	7.110
	Molegavita			HR	0,80	8,58	32,25	58,37	0,70	14.161	33,00	7.870
	Páramo del Almorzadero			HR	5,18	4,71	14,23	75,88	0,75	12.889	30,03	7.160

Zona	Área	Sector	Humedad %		Cz %	MV %	CF %	St %	PC BTU/ lb	PC MJ/Kg	PC kcal/kg
Norte de Santander	Chitagá		Eq. + 1	3,29	12,59	12,90	71,22	1,44	12.804	29,83	7.110
	Pamplona- Pamplonita	Pamplonita	Eq. + 1	2,96	9,97	36,15	50,92	1,34	13.199	30,75	7.330
		Pamplona									
	Herrán-Toledo	Toledo	Eq. + 1	2,31	7,46	26,99	63,24	0,83	14.120	32,90	7.840
		Herrán									
	Sesazar	Norte	Eq. + 1	3,76	9,46	36,81	49,96	0,62	12.762	29,74	7.090
		Centro									
		Sur									
	Tosajero	Este	Eq. + 1	2,84	10,17	34,82	52,18	0,85	13.326	31,05	7.400
		Oeste	Eq. + 1	2,56	7,65	33,67	56,12	0,85	13.925	32,45	7.740
		Sur	Eq. + 1	2,42	17,10	34,59	45,89	0,89	12.291	28,64	6.830
	Zulia-Chinácota	Zulia Sur	Eq. + 1	3,36	11,90	35,29	49,45	1,27	12.967	30,21	7.200
		Santiago	Eq. + 1	2,71	5,95	30,55	60,80	0,71	14.153	32,98	7.860
			Eq. + 1	8,33	17,06	28,67	47,33	0,62	9.911	23,09	5.510
		San Cayetano	Eq. + 1	2,02	12,12	26,66	59,20	1,43	13.324	31,04	7.400
			Eq. + 1	2,17	18,05	36,61	43,17	0,78	11.410	26,59	6.340
		San Pedro	Eq. + 1	2,53	11,30	35,63	50,54	0,81	13.290	30,97	7.380
			Eq. + 1	2,69	14,88	38,49	43,94	0,83	12.436	28,98	6.910
		Villa del Rosario	Eq. + 1	2,74	7,50	36,70	53,06	0,70	13.588	31,66	7.550
	Cetatumbo	Zulia Norte-Sardinata	Eq. + 1	3,67	9,18	37,57	49,59	0,95	12.602	29,36	7.000
		El Carmen	HR	4,31	8,64	39,17	47,88	0,95	12.316	28,70	6.840
Llanura Amazónica	Leticia		HR	10,39	30,89	36,09	22,63	3,67	6.662	15,53	3.700

Fuente: Ingeominas. (2004)

Anexo D. Informe de medición de flujo y presión de vapor en planta de alimentos.


INFORME DE MEDICION DE FLUJO Y PRESION DE VAPOR
MAC POLLO S.A.
Ingeniero JAVIER CONSUEGRA
Realizado por EDWIN BAHAMON A.
Revisado por JULIO JOSE CARDONA
CALDERAS JCT S.A.
Dirección: Calle 6 No. 50 – 151 Autopista Sur Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04




En esta empresa se tienen dos calderas, que trabajaron durante toda la medición.

El esquema de la planta se muestra en la figura 1, donde se observa que las calderas alimentan la peletizadora y la línea de soya. En la línea de vapor de la peletizadora se colocó una placa orificio de 4" y para la línea de soya de colocó una placa de 3".

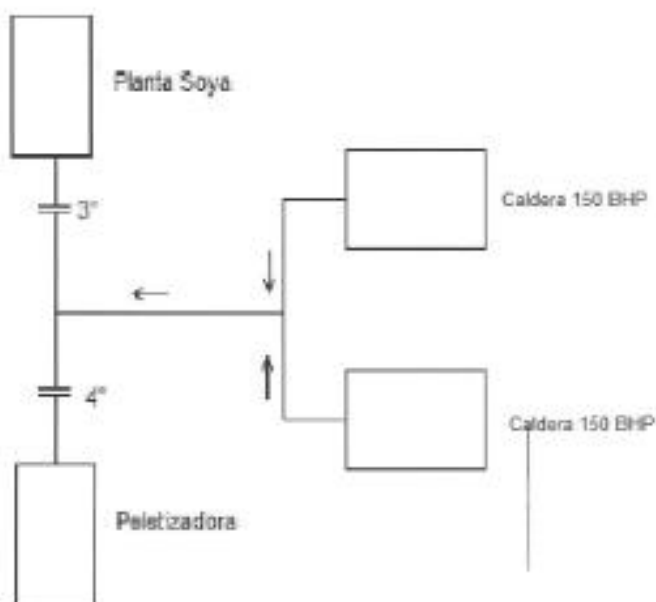


Figura 1. Esquema de operación de la planta.

Dirección: Calle 6 No. 50 - 151
Autopista Sur
Medellín - Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



2. MEDICIONES DE FLUJO Y PRESION

Un aumento de demanda de vapor se traduce en una disminución de la presión de la tubería. Las calderas tienen como función mantener la presión en un nivel estable para suministrar energía a los procesos que lo requieran.

Cabe anotar que los flujos de vapor que aparecen en este informe han sido corregidos de acuerdo a la presión de la línea de vapor.

2.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para la medición de las variables presión y flujo de vapor a la salida de una caldera determinada o a la entrada de una carga dada, es necesario conocer los diferentes dispositivos utilizados en el proceso.

En la figura 2 se pueden observar los elementos y equipos que intervienen en el proceso de la medición de las variables. Estos equipos se enumeran a continuación.

1. Medidor de flujo y presión: este dispositivo consta de un manifold de conexión de presión diferencial que está ubicado en el costado derecho del medidor. Por este manifold entran las tuberías de presión que vienen de la placa-orificio y tiene unas valvulas laterales que controlan la entrada a cada lado de los puertos y una valvula central que iguala las presiones de las columnas de agua. Este medidor tiene además dos pantallas en las que se pueden visualizar los valores de presión y flujo del vapor. Internamente el medidor tiene dos conversores de corriente, que adquieren las variables de

Dirección: Calle 6 No. 50 – 151

Autopista Sur

Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



interés (flujo y presión) cuya salida entra al módulo de adquisición de datos Multilog.

2. Módulo de adquisición de datos: con éste se almacenan las variables de interés durante un tiempo predeterminado, las cuales pueden llevarse a un computador personal.

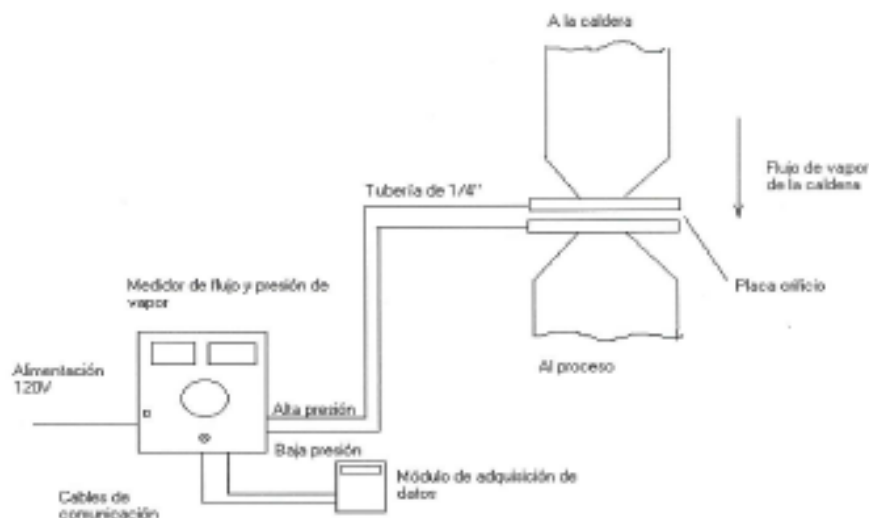


Figura 2. Esquema de conexión del equipo de medición de flujo y vapor de la caldera.

3. Placa-orificio: este aditamento permite la medición del flujo y presión de vapor por la caída de presiones que causa. La placa-orificio se ubica en la

Dirección: Calle 6 No. 50 – 151

Autopista Sur

Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



3. HISTORIAL MEDICIÓN CALDERA

El consumo de vapor de esta planta esta dada por la peletizadora, al cual corresponderá el subíndice 1 y la planta de soya, tendrá el subíndice 2. Los valores de todos los días se muestran en la tabla 2.

RESUMEN DATOS DE FLUJO DE VAPOR MAC POLLO												
Fecha	Flujo 1(lbm/h)			Flujo 2(lbm/h)			Flujo total(lbm/h)			Presion(psig)		
#	Prom.	Max	Min	Prom.	Max	Min	Prom.	Max	Min	Prom.	Max	Min
07/11/2005	2159	2535	948	1397	1500	1228	3557	3902	2344	116	122	106
08/11/2005	2175	2787	900	1379	1522	736	3553	4154	2382	115	124	75
09/11/2005	2247	2896	1017	1404	1531	1160	3651	4139	2331	117	124	102
10/11/2005	2441	3051	988	1383	1531	1228	3824	4447	2325	115	124	108
11/11/2005	2372	2939	936	1375	1531	867	3747	4132	2381	115	124	97
12/11/2005	1788	2808	418	1382	1535	1156	3180	4030	1758	116	125	101
13/11/2005	502	634	204	1353	1509	767	1856	2088	1254	113	123	76
14/11/2005	849	2785	0	1314	1535	299	2163	5002	259	111	125	38
Total	1817	4898	0	1375	1535	998	3180	5899	299	115	125	38

Tabla 2. Parámetros de carga planta MacPollo.

Dirección: Calle 6 No. 50 - 151

Autopista Sur

Medellín - Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



3.1. PARAMETROS DE OPERACIÓN PELETIZADORA

La peletizadora es la máquina que consume mas vapor de la planta. En la tabla 3 se muestran los picos de flujo.

PICOS DE FLUJO VAPOR PELETIZADORA									
Fecha	Hora	F1	F2	Ftotal	P	DF1	DF2	DFt	DP
		lb/h	lb/h	lb/h	Pulg	lb/h	lb/h	lb/h	psig
10/11/2006	1:00	3051	1228	4279	105,63	308,24	-12,44	295,80	-1,07
10/11/2006	1:01	2958	1249	4207	107,39	-92,31	20,45	-71,87	1,76
10/11/2006	1:02	2944	1328	4273	111,89	-14,33	80,47	66,14	4,60
10/11/2006	1:03	2935	1401	4336	115,89	-9,29	21,80	62,50	3,90
10/11/2006	3:37	2950	1317	4267	110,94	448,01	-26,26	417,85	2,48
10/11/2006	3:38	3021	1308	4329	112,70	50,34	20,67	71,21	1,76
10/11/2006	3:39	3050	1397	4447	115,53	49,28	59,08	108,36	2,83
11/11/2006	15:32	2998	1188	4186	104,22	174,74	-40,04	134,70	-1,41
14/11/2006	5:40	2786	1227	4013	106,34	3765,86	-117,86	3647,99	-7,78

Tabla 3. Picos de flujo de vapor peletizadora.

El flujo mas alto observado en la peletizadora ocurrió el 11 de noviembre, el cual no es continuo sino puntual. Los flujos continuos mas altos estuvieron cerca de 2998 lb/h.

INCREMENTOS MAXIMOS FLUJO PELETIZADORA									
Fecha	Hora	F1	F2	Ftotal	P	DF1	DF2	DFt	DP
		lb/h	psig	lb/h	Pulg	lb/h	lb/h	lb/h	psig
11/11/2006	15:28	2767	1249	4016	107	1584,18	-20,66	1563,52	-1,78
11/11/2006	15:29	2861	1188	4049	107	1510,42	-61,34	1449,08	-8,23
11/11/2006	21:29	2850	1274	3924	110	1656,68	-76,68	1580,00	-4,24
12/11/2006	10:27	2198	1418	3616	117	1637,23	-81,88	1555,34	-4,59
12/11/2006	10:55	2287	1393	3680	115	1622,68	-107,32	1515,36	-8,71
12/11/2006	11:34	2290	1334	3623	112	1667,59	-29,26	1638,33	-2,67
12/11/2006	17:44	2212	1278	3490	110	1617,10	-119,07	1498,03	-5,86

Dirección: Calle 6 No. 50 – 151

Autopista Sur

Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epms.net.co PRX: 361 0610, FAX: 255 99 04



12/11/2006	21:24	2166	1414	3580	117	1641,11	-17,09	1624,02	-1,41
14/11/2006	5:40	3756	1287	5042	106	3785,86	-117,86	3667,99	-7,79

Tabla 4. Incrementos máximos flujo de vapor peletizadora.

Además de los picos de flujo, se tabularon los deltas o incrementos de flujo para la peletizadora. Esta información se consigna en la tabla 4. Los deltas de presión asociados tienen valores hasta de -6,27 psig, con presiones mínimas de 94 psig, lo que indica que las calderas soportan la carga.

3.2. PARAMETROS DE OPERACIÓN PLANTA SOYA

En la tabla 5 se muestran los picos de flujo de la planta de soya. Los flujos de vapor no superan los 1535 lb/h. Los valores asociados de presión son constantes, lo que indica que las calderas soportan la carga.

PICOS DE FLUJO LÍNEA SOYA									
Fecha	Hora	F1	F2	Flujo	P	DP1	DP2	DP1	DP
		lb/h	lb/h	lb/h	psig	lb/h	lb/h	lb/h	lb/h
09/11/2006	4:46	1017	1531	2548	124	-58,54	4,46	-54,08	0,36
09/11/2006	4:56	1095	1531	2587	124	-59,14	4,46	-54,68	0,36
10/11/2006	5:26	1078	1531	2606	124	-6,66	4,46	-2,23	0,36
11/11/2006	10:40	891	1531	2521	124	-12,71	8,92	-3,79	0,73
12/11/2006	3:20	743	1535	2278	125	19,74	8,75	28,44	0,71
12/11/2006	3:31	717	1531	2247	124	-26,43	-4,24	-30,67	-0,34
12/11/2006	10:13	808	1531	2136	124	-13,06	4,46	-8,69	0,36
12/11/2006	18:12	586	1531	2117	124	38,48	8,92	48,40	0,73
12/11/2006	19:13	534	1531	2064	124	-52,52	0,00	-52,52	0,00
14/11/2006	6:38	0	1531	1531	124	0,00	4,46	4,46	0,36
14/11/2006	17:35	0	1531	1531	124	0,00	4,46	4,46	0,36

Tabla 5. Picos de flujo línea soya.

En la tabla 6 se muestran los incrementos de flujo de la línea de soya, el más alto fue de 139 lb/h. como la presión no se midió en esta línea, no es pertinente comparar los incrementos de flujo con las caídas de presión.

Dirección: Calle 6 No. 50 – 151

Autopista Sur

Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



INCREMENTOS MAXIMOS MEDICION LINEA SOYA									
Fecha	Hora	F1	F2	Ftotal	P	DP1	DP2	DP1	DP
		lb/h	lb/h	lb/h	psig	lb/h	lb/h	lb/h	lb/h
11/11/2006	00:00:00	422	1410	1832,09	116,80	-107,18	132,00	24,82	6,72
13/11/2006	8:17:00	422	1410	1832,09	116,80	-107,18	132,00	24,82	6,72
13/11/2006	9:17:00	512	1410	1921,82	116,80	-54,43	132,00	77,56	6,72
13/11/2006	9:24:00	518	1401	1919,52	115,89	36,12	133,57	173,79	7,07
13/11/2006	9:43:00	512	1410	1921,82	116,80	-42,11	132,00	89,89	6,72
13/11/2006	10:44:00	518	1397	1915,14	115,52	-48,18	135,51	87,32	7,07
13/11/2006	12:03:00	557	1410	1966,52	116,80	-50,05	132,00	72,94	6,72
13/11/2006	21:34:00	506	1410	1915,25	116,60	-36,35	132,00	96,65	6,72
14/11/2006	3:21:00	0	1224	1224,20	105,27	0,00	131,98	131,98	7,41

Tabla 6. Incrementos máximos de flujo línea soya.

Dirección: Calle 6 No. 50 – 151
Autopista Sur
Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



4. CALCULO CAPACIDAD CALDERA

El calculo de la potencia de la caldera se puede realizar con los valores promedio y máximo medidos. El flujo total promedio es 3192 lb/h y el máximo es de 5692 lb/h, como se muestra en la tabla 10.

Fecha	Hora	F1	F2	Ftotal	P	DF1	DF2	DFt	DP
		lb/h	lb/h	lb/h	psig	lb/h	lb/h	lb/h	lb/h
10/11/2008	1:09	2935	1401	4336	116	-9.29	71.86	62.56	3.90
10/11/2008	3:38	2901	1338	4239	113	50.34	20.87	71.21	1.79
10/11/2008	3:39	3050	1387	4437	118	49.28	59.08	108.36	2.83
11/11/2008	2:52	2896	1405	4302	118	12.62	4.16	16.98	0.34
11/11/2008	2:53	2880	1410	4290	117	-6.57	4.38	-2.19	0.26
11/11/2008	14:57	2909	1405	4308	118	51.27	8.53	59.82	0.71
11/11/2008	15:02	2909	1401	4310	116	27.99	59.16	87.15	2.93
11/11/2008	15:31	4666	1026	5692	94	2010.13	-61.96	1948.18	-3.53
11/11/2008	15:51	2895	1427	4323	118	590.25	0.00	590.25	0.00
14/11/2008	5:40	3798	1237	5035	106	3765.88	117.88	3883.76	-7.78

Tabla 10. Flujos máximos totales planta Mac Pollo.

La producción de vapor de la caldera esta dada por la siguiente expresión

$$F_{max} = F_{evap} * P$$

Donde

F_{max} : flujo máximo de vapor [lbm/h]
 F_{evap} : factor de evaporación [lbm/h*1/BHP]
 P : potencia de la caldera [BHP]

Dirección: Calle 6 No. 50 – 151

Autopista Sur

Medellín – Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



El factor de evaporación se obtiene a partir de la temperatura del agua de alimentación y la presión de vapor en la tabla del anexo 4. Este factor da cuenta de la energía contenida en el vapor. El factor de evaporación teórico es de 34.5 lbm/h*1/BHP para $T_{\text{agua}}=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $P_v=0$ psig. Para esta caldera, se tiene una presión de vapor de 115 psig y la temperatura del agua es de 122°F, con lo que se obtiene un factor de evaporación de 30,3 lb/h/BHP.

En la tabla 11 se tienen los datos para el cálculo de las capacidades requeridas en esta planta. Los datos a resaltar son el flujo total máximo medido, el cual fue un pico observado, a diferencia del flujo total máximo coincidente, el cual se obtiene al tomar los flujos máximos medidos de la peletizadora y de la soya.

CAPACIDADES CALDERA MAC POLLO		
Flujo total promedio	lb/h	3182
Flujo total máximo medido	lb/h	5692
Flujo máximo peletizadora	lb/h	4666
Flujo máximo soya	lb/h	1535
Flujo promedio soya	lb/h	1375
Flujo máximo coincidente	lb/h	6201
Factor de evaporación	lb/h	30,3
Capacidad promedio	BHP	105,35
Capacidad máxima medida	BHP	187,85
Capacidad máxima coincidente	BHP	204,65
Capacidad max medida mas 25%	BHP	234,82
Capacidad max coincidente mas 25%	BHP	255,82
Capacidad max medida mas 2 de soya	BHP	213
Capacidad max coincidente mas 2 de soya	BHP	230

Tabla 11. Capacidades caldera MacPollo.

Se debe anotar que en la semana de medición trabajaron las dos calderas de 200 BHP, que cubrió un pico que llegó hasta 5692 lb/h, o 187 BHP, el cual sólo duró un minuto. ¹⁵⁰

En esta planta se tienen cuatro equipos de procesamiento de soya, donde cada uno consume un promedio de vapor de 344 lb/h y un máximo de 384 lb/h. Si se instalan dos equipos mas, se tendrían un incremento máximo de consumo de 768

Dirección: Calle 6 No. 50 - 151

Autopista Sur

Medellín - Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04



lb/h, o 25,3 BHP.

5. CONCLUSIONES

De las mediciones realizadas en esta planta, se pueden extraer las siguientes conclusiones

- La demanda de vapor es continua, con valores promedio total de 3192 lb/h.
- La carga de esta planta son dos procesos, peletizadora y soya, que tienen consumos promedio de 1817 lb/h y 1375 lb/h, respectivamente.
- La presión de vapor asociada con los picos de flujo de vapor de la peletizadora es alta, con valores entre 94 psig y 115 psig.
- El caudal mas alto medido para la peletizadora fue de 4666 lb/h, el cual fue puntual.
- El flujo máximo de soya es 1535 lb/h.
- La capacidad promedio y máxima de acuerdo a los datos de flujo total es 105 BHP y 187 BHP, respectivamente.
- Con los picos de flujo de cada equipo se determinó que la capacidad máxima coincidente es de 204 BHP, que asumiendo un incremento de carga de 25%, sería de 255 BHP.
- Si se instalan dos equipos de procesamiento de soya, la caldera soporta el incremento ya que este eleva la carga máxima medida a 213 BHP y la coincidente a 230 BHP, mientras la capacidad de la caldera es de 300 BHP.

Dirección: Calle 6 No. 50 - 151

Autopista Sur

Medellín - Colombia EMAIL: calderasjct@epm.net.co PBX: 361 0610, FAX: 255 99 04

Anexo E. Esquema de contratación para el montaje y puesta en marcha de un sistema de generación de vapor a base de carbón.

Formulación.

El estudio de pre factibilidad del montaje y puesta en marcha del sistema de generación de vapor con carbón será realizado por el autor, lo cual se constituye en una actividad extra laboral a las funciones incluidas en el contrato laboral vigente entre la empresa y el autor. Cabe resaltar que esta actividad no es remunerada pero cualquier costo asociado al estudio será asumido por la empresa.

Ejecución.

En esta fase del proyecto se realizarán contratos de tipo mercantil (Compraventa) y de servicios (Civiles). Avidesa Mac Pollo tiene definido dentro de su estructura organizacional el Departamento de Compras, el cual tiene bajo su responsabilidad evaluar, autorizar y ejecutar todas las solicitudes de compra de bienes y prestación de servicios de toda la Organización y sin discriminar magnitud ni tamaño.

Los criterios de evaluación de alternativas para escoger los contratos mercantiles (Compraventa y/o suministro) y contratos de prestación de servicios se priorizan así:

- Menor cuantía.
- Único proponente.
- Experiencia del proponente.

Teniendo claridad el esquema de contratación de servicios y compras en la Organización, se caracteriza y agrupa esta fase del proyecto de la siguiente forma:

- **Obras civiles.**

En este grupo se consolidan todos los servicios necesarios para la adecuación y montaje del sistema de caldera. Entre ellas se encuentran:

1. Fundiciones.
2. Estructura de soporte de caldera
3. Pisos, techos y drenajes.
4. Techos e iluminación
5. Nivelación de la caldera
6. Soportes y anclajes
7. Escaleras y plataformas
8. Soldaduras.

- **Caldera**

En este grupo se consolidan todos los equipos requeridos para la puesta en marcha del sistema de generación de vapor y son:

1. Instalación de domos
2. Tuberías.
3. Sobrecalentador.
4. Economizador
5. Refractarios
6. Ventiladores
7. Bombas
8. Sistema de dosificación del carbón
9. Chimenea
10. Válvulas en general
11. Instrumentos de medición

- 12. Quemadores
- 13. Señalización
- 14. Instalación eléctrica

- **Sistema de Carbón.**

En este grupo se consolida la infraestructura requerida para el almacenamiento del carbón y disposición final de residuos sólidos generados en el proceso de generación de vapor y son:

- 1. Silo de almacenamiento del carbón
- 2. Sistema de descargue del carbón.
- 3. Sistema de manejo de residuos sólidos.

Teniendo como referencia proyectos desarrollados en el pasado en la Organización de similar tamaño, costo y magnitud se plantea celebrar cuatro (4) contratos y se relacionan a continuación:

Nº CONTRATO	FASE DEL PROYECTO	TIPO CONTRATO	ALCANCE
1	Obras Civiles	Servicios específicos	Contratista (s) realiza actividades y compra materiales necesarios
2	Caldera	Compraventa	La Organización evalua y define bajo criterios la mejor opción de compra de los equipos requeridos.
3	Caldera	Servicios específicos	Contratista (s) realiza actividades y la Organización compra materiales requeridos.
4	Sistema de carbón	Servicios específicos	Contratista (s) realiza actividades y compra materiales necesarios

Cada uno de estos contratos debe cumplir con un mínimo de condiciones y puede variar dependiendo del tipo de actividad y contratista y son:

- Descripción de equipos y/o servicios.
- Valor monetario.
- Forma de pago

- Tiempo de entrega o ejecución actividad.
- Información técnica a suministrar.
- Exclusiones
- Garantía del equipo y/o servicio.

Cabe resaltar que si el proyecto se llega a ejecutar, la cantidad y tipo de contratos puede variar debido a la responsabilidad y autonomía del Departamento de Compras de la Organización.

El monto de la inversión requerida para la ejecución de los contratos civiles está definido en el Estudio Técnico.

Operación

Luego de ejecutar el proyecto de montaje y puesta en marcha del sistema de generación de vapor en la planta de alimentos, se generarían unas necesidades de bienes y servicios para llevar a cabo una normal operación del sistema. Se relacionan en la siguiente tabla:

N° CONTRATO	TIPO CONTRATO	ALCANCE
1	Suministro	Asegurar el suministro de carbón y materiales químicos para la operación del sistema de generación de vapor.
2	Laboral	Asegurar la operación del sistema mediante el apoyo de técnicos en manejo de calderas en los tres turnos de trabajo de la planta.
3	Servicios específicos	Realizar inspección y monitoreo periódico al sistema de generación de vapor

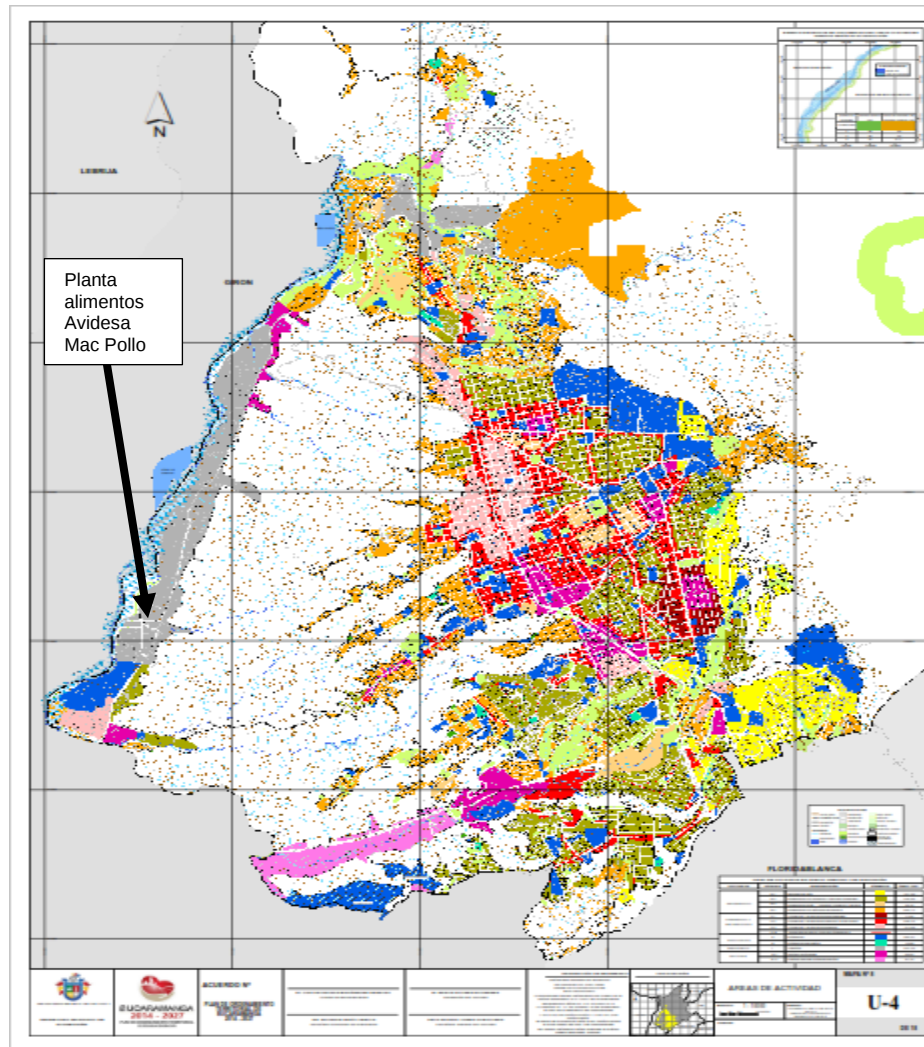
Anexo F. Identificación de riesgos y medidas de control en el nuevo sistema de generación de vapor a base de carbón.

RIESGO	Caída de persona a diferente nivel	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención
• Durante el tránsito por escaleras, plataformas, etc. • En proximidad de desniveles, zanjias, huecos, etc.		- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Debe existir elementos para la fijación de un sistema de caídas de alturas. • Uso de pasamanos • No se debe quitar ningún pasamanos sin previa delimitación de la zona - <u>Protección individual</u> • Uso de sistema y herramientas para evitar caídas en alturas. • Uso de casco con barboquejo.
RIESGO	Caída de persona a igual nivel	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención
• Deficiencias e irregularidades en el suelo. • Por existencia de líquidos o zonas de alta humedad. • Por presencia de materiales, herramientas, acopios necesarios para la realización de los trabajos.		- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Se recogerá todo líquido derramado o se delimitara el acceso a la zona. • Evitar el cruzamiento por las zonas de paso de tuberías, mangueras, cables, etc. • No debe existir tierra u objetos caídos en el suelo.
RIESGO	Choques contra objetos inmóviles.	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención
• Choques contra objetos fijos a baja altura, partes salientes de equipos y máquinas. • En el acceso a zonas angostas de la instalación. • En el acceso a lugares de muy baja iluminación.		- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • No se deberá utilizar huecos entre sistemas como vías alternas entre pasillos. • Todo equipo de trabajo en reposo tendrá protegidas sus partes salientes.
RIESGO	Golpes/cortes por objetos y/o herramientas	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención

• En el manejo, transporte o depósito de herramientas manuales o accionadas por fuerza motriz. • Por objetos sin proteger sus partes cortantes y/o punzantes.		- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Verificar el buen estado de las herramientas antes de cada uso. • Todo equipo de trabajo en reposo tendrá protegidas sus partes salientes. • Nunca retirar con las manos desnudas residuos cortantes. - <u>Protección individual</u> • Utilización de guantes de protección mecánica.
RIESGO	Electrocución	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención
• Contacto directo de tableros eléctricos. • Deterioro del aislamiento de conductores o fallo de las protecciones de equipos eléctricos.		- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Las instalaciones eléctricas deben estar acordes con las prescripciones técnicas indicadas en los reglamentos que las afecten. • Ningún trabajador podrá abrir ningún tablero eléctrico sin la respectiva autorización del responsable del área. • Todas las instalaciones eléctricas deben estar señalizadas. - <u>Protección individual</u> • Utilización de casco de seguridad, guantes dieléctricos, ropa de protección y botas de seguridad.
RIESGO	Exposición a sustancias nocivas y/o tóxicas.	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención
• Por ambientes no respirables en recintos de escasas dimensiones • Actividades de limpieza y mantenimiento de equipos. • Fugas o expulsión de gases.		- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Todas las sustancias nocivas o tóxicas deben almacenarse y transportarse en recipientes adecuados, perfectamente cerrados e identificados. • En caso de síntomas relacionados con la inhalación se abandonará la zona y se acudirá a un lugar ventilado. • Evitar en lo posible la presencia física en las zonas donde exista el riesgo. - <u>Protección individual</u> • Se debe disponer de máscaras con filtro, gafas de protección, guantes de seguridad.
RIESGO	Incendio	
Factores de riesgo		Medidas de control y/o prevención

• Por corto circuito y sobrecalentamiento de instalaciones eléctricas o maquinaria. • Focos de ignición generados en proximidad a circuitos de gases inflamables.	- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Se debe aislar los combustibles de las fuentes de ignición. • Adecuado mantenimiento de los equipos eléctricos. • Mantener despejadas las salidas para el personal. • Disponer de medios de extinción adecuados al alcance de los trabajadores - <u>Protección individual</u> • Se debe utilizar ropa de trabajo con características ignífuga y antiestática.
RIESGO	Explosión
Factores de riesgo	Medidas de control y/o prevención
• Transporte por tubería del gas natural. • Atmosferas con concentraciones de gas explosivas, en almacenamiento o en circuitos que contengan a los mismos. • Exceso de presión y/o falla de los sistemas de regulación en la caldera. • Pérdida de agua dentro de la caldera. • Envejecimiento de las paredes de la caldera. • Mantenimientos defectuosos.	- <u>Control de riesgo y protección colectiva</u> • Se debe aislar los combustibles de las fuentes de ignición. • Programa de vigilancia de funcionamiento de las válvulas de expansión de vapor, manómetros, indicadores de nivel, etc. • Mantener despejadas las salidas para el personal. • Disponer de medios de extinción adecuados al alcance de los trabajadores - <u>Protección individual</u> • Se debe utilizar ropa de trabajo con características ignífuga y antiestática.

Anexo G. Plano U-4 del Plan de Ordenamiento territorial de Bucaramanga



ÁREA DE ACTIVIDAD EN SUELO URBANO Y DE EXPANSIÓN				
ACTIVIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ÁREA (Ha)
RESIDENCIAL	R-1	Residencial neta		161,50
	R-2	Residencial con comercio y servicios localizado		428,86
	R-3	Residencial mixta - vivienda, comercio y servicio		46,16
	R-4	Residencial con actividad económica		550,14
COMERCIAL Y DE SERVICIOS	C-1	Comercial y de servicios empresariales		11,94
	C-2	Comercial y de servicios livianos o al por menor		238,72
	C-3	Comercial y de servicios pesados		111,98
	C-E	Comercial de eje en Área de Actividad R-2		
DOTACIONAL	D	Dotacional		360,91
	D	Dotacional Recreativo		10,89
INDUSTRIAL	I	Industria		237,23
MULTIPLE	M-1	Múltiple centralidad		98,82
	M-2	Múltiple grandes establecimientos.		91,16

Anexo H. Concepto informe isocinético calderas de gas de planta de alimentos.


CDMB
Comisión de Desarrollo Municipal
ambiente para la gente

Bucaramanga

Doctor
ANGEL SEPULVEDA HERNANDEZ
Coordinador Ambiental Avidesa Mac Pollo S.A
Kilómetro 5 Anillo Vial, Girón-Floridablanca
Floridablanca

CDMB-0006619
15/05/2015 10:00

Asunto: Remisión Concepto Informe Isocinético, radicado CDMB No. 04125 - 2015

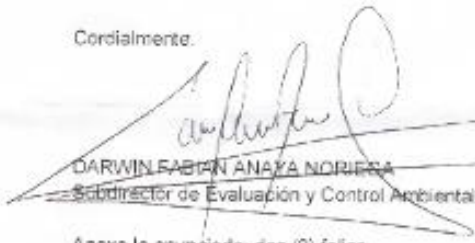
Atento saludo

El presente tiene por objeto remitirle el concepto técnico, sobre el informe del muestreo isocinético, practicado a las emisiones atmosféricas generadas en el establecimiento de AVIDESA MAC POLLO S.A., ubicada en el Kilómetro 5 Anillo Vial, vía Girón-Floridablanca

El citado informe técnico, hace referencia al cumplimiento normativo de las emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NO_x), generados en la combustión de Gas Natural, para la obtención de vapor de agua en los distintos procesos de la citada planta de AVIDESA MAC POLLO S.A., por lo cual, y teniendo en cuenta los valores de dichas emisiones, concluimos que el proceso cumple con lo estipulado en las Resoluciones 909 de 2008 y 760/2153 de 2010.

Al respecto, el mismo informe refiere la periodicidad para efectuar las próximas evaluaciones de la carga contaminante atmosférica en ese establecimiento, de conformidad con las citadas normas, lo cual se debe cumplir estrictamente.

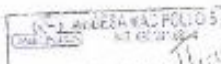
Cordialmente,


DARWIN FABIAN ANAYA NORIEGA
Subdirector de Evaluación y Control Ambiental

Anexo lo enunciado: dos (2) folios
Copia: Expediente DG-0031-2008

Proyecto	Gustavo Ovelo / Eliana Paola Peña	Inge. Grupo Fuentes Frio
Revisó	Enka Johanna Maldonado Camacho	Coordinadora Grupo Resiliencia
Oficina Responsable	SEVCA	

Carrera 23 No. 37-63 Bucaramanga - Colombia
PBX: (7) 634 6100 FAX: 634 6144
línea gratuita 018000917300
www.cdmb.gov.co


25 MAR 2015





Anexo I. Inversión requerida para montaje sistemas de generación de vapor de 400 BHP

INVERSION INICIAL REQUERIDA - CALDERA 400 BHP - CARBON		
TIPO	DESCRIPCION RUBRO	VALOR
EQUIPOS Y COMPONENTES PERIFERICOS	Caldera	\$ 862,802,000
	Aislamiento térmico caldera	
	Instrumentación caldera	
	Control de nivel	
	Control de presión	
	Purgas de fondo manuales	
	Ventiladores	
	Ventilador de tiro forzado	
	Ventilador de tiro inducido	
	Tablero de controles	
	Quemador - Parrilla viajera	
	Tanque y bombas de Alimentación de agua	\$ 37,428,000
	Multiciclón	\$ 30,584,000
	Ductos de conexión entre equipos	\$ 23,640,000
	Chimenea	\$ 35,250,000
	Filtro de mangas	\$ 209,830,000
	Sistema de control de nivel de agua proporcional	\$ 11,065,000
	Tanque de purgas	\$ 7,302,000
	Purga continua automática	\$ 9,295,000
	Purga de fondo automática	\$ 8,453,000
	Automatización sopladores	\$ 9,716,000

	Tanques y dosificador de químicos	\$ 3,874,000
	Banda Húmeda	\$ 65,270,000
	Sistema de recepción y almacenamiento de carbón	\$ 70,239,000
OBRAS CIVILES	Construcción de tanque para almacenamiento de agua	\$ 7,900,000
	Construcción de red de drenajes entre calderas y tanque enfriador de agua	\$ 18,000,000
	Construcción de cuarto general de caldera 400BHP	\$ 5,000,000
	Cerramiento de zona de almacenamiento de escoria	\$ 6,500,000
	Construcción taller para calderista	\$ 18,500,000
	Obras civiles en general - Instalación techos, botada escombros entre otros	\$ 12,000,000
SERVICIOS DE MONTAJE DE CALDERA Y REDES	Instalación red de vapor con aislamiento térmico de la caldera	\$ 120,520,000
	Instalación red de agua fría al tanque de condensados	
	Instalación de red eléctrica de la subestación a la caldera	
	Instalación de red de aire comprimido entre caldera y compresores	
	Montaje de aislamiento térmico del filtro de mangas	
	Montaje de aislamiento térmico del multicitón	
	Montaje de aislamiento térmico de los ductos y chimenea	

SERVICIOS DE TRANSPORTE Y LOGISTICA	Alquiler de grúas, montacargas o similares requeridas para el ensamble de la caldera y equipos en el sitio del montaje.	\$ 27,400,000
	Transporte de equipos desde el sitio de fabricación hacia la planta.	\$ 50,700,000
GASTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	Licencia de construcción	\$ 5,000,000
	Administración en Parque Industrial	\$ 20,000,000
	Estudio de emisiones atmosféricas	\$ 4,000,000
INVERSION TOTAL		\$ 1,740,268,000

INVERSION INICIAL REQUERIDA - CALDERA 200 BHP * 2 - GAS		
TIPO	DESCRIPCION RUBRO	VALOR
EQUIPOS Y COMPONENTES PERIFERICOS	Caldera	\$ 851,832,000.00
	Aislamiento térmico caldera	
	Instrumentación caldera	
	Control de nivel	
	Control de presión	
	Purgas de fondo manuales	
	Ventiladores	
	Ventilador de tiro forzado	
	Ventilador de tiro inducido	
	Tablero de controles	
	Tanque y bombas de Alimentación de agua	\$ 48,428,000.00
	Ductos de conexión entre equipos	\$ 23,640,000.00
	Chimeneas	\$ 65,250,000.00
	Sistema de control de nivel de agua proporcional	\$ 20,065,000.00
	Tanque de purgas	\$ 7,302,000.00
	Purga continua automática	\$ 16,295,000.00
	Purga de fondo automática	\$ 14,453,000.00
OBRAS CIVILES	Construcción de red de drenajes entre calderas y tanque enfriador de agua	\$ 11,021,000.00

	Construcción de cuarto general de calderas 200BHP	\$ 18,000,000.00
	Obras civiles en general - Instalación techos, botada escombros entre otros	\$ 6,000,000.00
SERVICIOS DE MONTAJE DE CALDERA Y REDES	Instalación red de vapor con aislamiento térmico de la caldera	\$ 71,050,000.00
	Instalación red de agua fría al tanque de condensados	
	Instalación de red eléctrica de la subestación a la caldera	
	Instalación de red de aire comprimido entre caldera y compresores	
	Montaje de aislamiento térmico de los ductos y chimenea	
SERVICIOS DE TRANSPORTE Y LOGISTICA	Alquiler de grúas, montacargas o similares requeridas para el ensamble de la caldera y equipos en el sitio del montaje.	\$ 17,500,000.00
	Transporte de equipos desde el sitio de fabricación hacia la planta.	\$ 35,000,000.00
GASTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	Estudio de emisiones atmosféricas	\$ 4,000,000.00
INVERSION TOTAL		\$ 1,209,836,000.00

Anexo J. Hoja de cálculo del análisis financiero de las alternativas.

DATOS DE ENTRADA REQUERIDOS PARA EL ANALISIS FINANCIERO			
OPERACIÓN			
Ciclo de operación de la(s) caldera(s)			
	Horas/día	24	
TOTAL HORAS OPERACIÓN	Días/mes	29	
8352 Horas- GAS	Mes/año	12	
8352 Horas- CARBON			
COSTO UNITARIO RECURSOS OPERACIÓN			
Gas	\$ 997.00	m³3	
Energía	\$ 262.00	KW	
Agua	\$ 1,963.00	m³3	
Carbón	\$ 225.00	Kg	
Tratamiento agua de caldera	\$ 9,500.00	L	
CALDERAS ACTUALES			
Combustible actual - GAS NATURAL			
Capacidad	400	BHP	
Generación de vapor teórico	13800	Lb/hr	
Generación de vapor actual - m	6291	Lb/hr	
Consumo de agua	2.90	m³3/hr	
Consumo de combustible	295.1	m³3/hr	
Consumo de energía eléctrica	44.74	Kw/hr	
Consumo de tratamiento agua	0.145	L/hr	
CALDERA NUEVA			
Combustible nuevo - CARBON MINERAL			
Capacidad	400	BHP	
Generación de vapor teórico	13800	Lb/hr	
Generación de vapor actual - m	6291	Lb/hr	
Consumo de agua	2.94	m³3/hr	
Consumo de combustible	354.2	m³3/hr	
Consumo de energía eléctrica	58.53	Kw/hr	
Consumo de tratamiento agua	0.145	L/hr	
Tasa reducción escoria	30	%	

Variable		Variable	
m	V_Comb		
78	78	%	
6291	6291	Lb/hr	
1190	1190	BTU/Lb	
107.991	107.991	BTU/Lb	
295.1	295.1	m³3/hr	
29572	29572	BTU/m³3	
983	983	Kg/m³3	
2.90	2.90	m³3/hr	

Variable		Variable	
m	V_Comb		
78	78	%	
6291	6291	Lb/hr	
1190	1190	BTU/Lb	
107.991	107.991	BTU/Lb	
354.2	354.2	Kg/hr	
24640	24640	BTU/Kg	
983	983	Kg/m³3	
2.90	2.90	m³3/hr	
0.035	0.035	m³3/hr	
2.94	2.94	m³3/hr	

MANTENIMIENTOS			
CALDERAS ACTUALES			
Combustible actual - GAS NATURAL			
Servicios de mantenimiento			
Mensual	\$ 2,320,000	Mes	
Anual	\$ 7,000,000	Año	
Correctivos	\$ 25,566,888	Año	
Filtros mangas	-	Año	
Banda húmeda/Manejo	-	Año	
CALDERAS NUEVAS			
Combustible nuevo - CARBON MINERAL			
Servicios de mantenimiento			
Mensual	\$ 3,000,000	Mes	
Anual	\$ 8,000,000	Año	
Correctivos	\$ 70,000,000	Año	
Filtros mangas	\$ 60,000,000	Año	
Banda húmeda/Manejo	\$ 50,000,000	Año	
COSTOS ADMINISTRATIVOS, LEGALES Y AMBIENTALES			
CALDERAS ACTUALES			
Combustible actual - GAS NATURAL			
Mano de obra	\$ 21,980,736	Mes	
Estudio emisiones atr	\$ 4,000,000	Año	
Cuota administración	\$ -	Mes	
Manejo escoria	\$ -	Kg	
CALDERA NUEVA			
Combustible nuevo - CARBON MINERAL			
Mano de obra	\$ 87,921,504	Mes	
Estudio emisiones atr	\$ 4,000,000	Año	
Cuota administración	\$ 10,000,000	Mes	
Manejo escoria	\$ 23	Kg	

SISTEMA DE VAPOR A BASE DE CARBON

% Incremento precio Carbón	0	0%	3%	3%	3%	3%
% Inflación	0	6%	6%	6%	6%	6%
RUBRO	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial	\$ 1,711,268,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ -	\$ 853,345,934	\$ 884,579,842	\$ 917,088,779	\$ 950,931,277	\$ 986,168,840
Combustible	\$ -	\$ 665,561,598.24	\$ 685,528,446	\$ 706,094,300	\$ 727,277,129	\$ 749,095,442
Agua	\$ -	\$ 48,187,068	\$ 51,078,292	\$ 54,142,989	\$ 57,391,569	\$ 60,835,063
Energía	\$ -	\$ 128,076,751	\$ 135,761,356	\$ 143,907,037	\$ 152,541,459	\$ 161,693,947
Tratamiento agua	\$ -	\$ 11,520,517	\$ 12,211,748	\$ 12,944,453	\$ 13,721,120	\$ 14,544,388
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ -	\$ 221,000,000	\$ 234,260,000	\$ 248,315,600	\$ 263,214,536	\$ 279,007,408
Mensual	\$ -	\$ 33,000,000	\$ 34,980,000	\$ 37,078,800	\$ 39,303,528	\$ 41,661,740
Anual	\$ -	\$ 8,000,000	\$ 8,480,000	\$ 8,988,800	\$ 9,528,128	\$ 10,099,816
Correctivos	\$ -	\$ 70,000,000	\$ 74,200,000	\$ 78,652,000	\$ 83,371,120	\$ 88,373,387
Filtros mangas	\$ -	\$ 60,000,000	\$ 63,600,000	\$ 67,416,000	\$ 71,460,960	\$ 75,748,618
Banda húmeda/Manejo carbón	\$ -	\$ 50,000,000	\$ 53,000,000	\$ 56,180,000	\$ 59,550,800	\$ 63,123,848
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 29,000,000	\$ 232,332,060	\$ 246,271,983	\$ 261,048,302	\$ 276,711,200	\$ 293,313,872
Mano de obra	\$ -	\$ 87,921,504	\$ 93,196,794	\$ 98,788,602	\$ 104,715,918	\$ 110,998,873
Estudio emisiones atmosfericas	\$ 4,000,000	\$ 4,000,000	\$ 4,240,000	\$ 4,494,400	\$ 4,764,064	\$ 5,049,908
Cuota administracion	\$ 20,000,000	\$ 120,000,000	\$ 127,200,000	\$ 134,832,000	\$ 142,921,920	\$ 151,497,235
Licencia de construcción	\$ 5,000,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Manejo de escoria	\$ -	\$ 20,410,556	\$ 21,635,189	\$ 22,933,300	\$ 24,309,298	\$ 25,767,856
TOTALES	\$ (1,740,268,000)	\$ (1,306,677,994)	\$ (1,365,111,825)	\$ (1,426,452,681)	\$ (1,490,857,013)	\$ (1,558,490,120)

% Incremento precio Carbón	3%	3%	3%	3%	3%	3%
% Inflación	6%	6%	6%	6%	6%	6%
	AÑOS					
<u>RUBRO</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 1,022,866,107	\$ 1,061,091,024	\$ 1,100,915,025	\$ 1,142,413,222	\$ 1,185,664,610	\$ 1,230,752,278
Combustible	\$ 771,568,306	\$ 794,715,355	\$ 818,556,816	\$ 843,113,520	\$ 868,406,926	\$ 894,459,133
Agua	\$ 64,485,167	\$ 68,354,277	\$ 72,455,533	\$ 76,802,865	\$ 81,411,037	\$ 86,295,699
Energía	\$ 171,395,584	\$ 181,679,319	\$ 192,580,078	\$ 204,134,883	\$ 216,382,975	\$ 229,365,954
Tratamiento agua	\$ 15,417,051	\$ 16,342,074	\$ 17,322,598	\$ 18,361,954	\$ 19,463,671	\$ 20,631,492
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 295,747,853	\$ 313,492,724	\$ 332,302,287	\$ 352,240,424	\$ 373,374,850	\$ 395,777,341
Mensual	\$ 44,161,444	\$ 46,811,131	\$ 49,619,799	\$ 52,596,986	\$ 55,752,806	\$ 59,097,974
Anual	\$ 10,705,805	\$ 11,348,153	\$ 12,029,042	\$ 12,750,785	\$ 13,515,832	\$ 14,326,782
Correctivos	\$ 93,675,790	\$ 99,296,338	\$ 105,254,118	\$ 111,569,365	\$ 118,263,527	\$ 125,359,339
Filtros mangas	\$ 80,293,535	\$ 85,111,147	\$ 90,217,816	\$ 95,630,884	\$ 101,368,738	\$ 107,450,862
Banda húmeda/Manejo carbón	\$ 66,911,279	\$ 70,925,956	\$ 75,181,513	\$ 79,692,404	\$ 84,473,948	\$ 89,542,385
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 310,912,706	\$ 329,567,469	\$ 349,341,518	\$ 370,302,010	\$ 392,520,131	\$ 416,071,340
Mano de obra	\$ 117,658,805	\$ 124,718,334	\$ 132,201,434	\$ 140,133,520	\$ 148,541,531	\$ 157,454,023
Estudio emisiones atmosféricas	\$ 5,352,902	\$ 5,674,076	\$ 6,014,521	\$ 6,375,392	\$ 6,757,916	\$ 7,163,391
Cuota administracion	\$ 160,587,069	\$ 170,222,293	\$ 180,435,631	\$ 191,261,769	\$ 202,737,475	\$ 214,901,724
Licencia de construcción	\$ 1	\$ 2	\$ 3	\$ 4	\$ 5	\$ 6
Manejo de escoria	\$ 27,313,928	\$ 28,952,763	\$ 30,689,929	\$ 32,531,325	\$ 34,483,204	\$ 36,552,197
TOTALES	\$ (1,629,526,665)	\$ (1,704,151,217)	\$ (1,782,558,830)	\$ (1,864,955,656)	\$ (1,951,559,591)	\$ (2,042,600,959)

% Incremento precio Carbón	3%	3%	3%	3%
% Inflación	6%	6%	6%	6%
RUBRO	12	13	14	15
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 1,277,763,641	\$ 1,326,790,672	\$ 1,377,930,162	\$ 1,431,283,982
Combustible	\$ 921,292,907	\$ 948,931,695	\$ 977,399,645	\$ 1,006,721,635
Agua	\$ 91,473,441	\$ 96,961,848	\$ 102,779,559	\$ 108,946,332
Energía	\$ 243,127,911	\$ 257,715,586	\$ 273,178,521	\$ 289,569,232
Tratamiento agua	\$ 21,869,381	\$ 23,181,544	\$ 24,572,437	\$ 26,046,783
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 419,523,981	\$ 444,695,420	\$ 471,377,145	\$ 499,659,774
Mensual	\$ 62,643,852	\$ 66,402,484	\$ 70,386,633	\$ 74,609,831
Anual	\$ 15,186,388	\$ 16,097,572	\$ 17,063,426	\$ 18,087,232
Correctivos	\$ 132,880,899	\$ 140,853,753	\$ 149,304,978	\$ 158,263,277
Filtros mangas	\$ 113,897,914	\$ 120,731,788	\$ 127,975,696	\$ 135,654,237
Banda húmeda/Manejo carbón	\$ 94,914,928	\$ 100,609,824	\$ 106,646,413	\$ 113,045,198
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 441,035,621	\$ 467,497,759	\$ 495,547,625	\$ 525,280,483
Mano de obra	\$ 166,901,264	\$ 176,915,340	\$ 187,530,261	\$ 198,782,076
Estudio emisiones atmosféricas	\$ 7,593,194	\$ 8,048,786	\$ 8,531,713	\$ 9,043,616
Cuota administración	\$ 227,795,827	\$ 241,463,577	\$ 255,951,391	\$ 271,308,475
Licencia de construcción	\$ 7	\$ 8	\$ 9	\$ 10
Manejo de escoria	\$ 38,745,328	\$ 41,070,048	\$ 43,534,251	\$ 46,146,306
TOTALES	\$ (2,138,323,244)	\$ (2,238,983,851)	\$ (2,344,854,932)	\$ (2,456,224,239)

SISTEMA DE VAPOR A BASE DE GAS NATURAL

% Incremento precio Gas		0	0%	10%	10%	10%	10%
% Inflación		0	6%	6%	6%	6%	6%
RUBRO	0	1	2	3	4	5	
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ -	\$ 2,614,307,529	\$ 2,869,457,227	\$ 3,149,745,033	\$ 3,457,662,144	\$ 3,795,947,522	
Combustible	\$ -	\$ 2,457,281,174	\$ 2,703,009,292	\$ 2,973,310,221	\$ 3,270,641,243	\$ 3,597,705,367	
Agua	\$ -	\$ 47,605,739	\$ 50,462,084	\$ 53,489,809	\$ 56,699,197	\$ 60,101,149	
Energía	\$ -	\$ 97,901,142	\$ 103,775,210	\$ 110,001,723	\$ 116,601,826	\$ 123,597,936	
Tratamiento agua	\$ -	\$ 11,519,473	\$ 12,210,642	\$ 12,943,280	\$ 13,719,877	\$ 14,543,070	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ -	\$ 58,086,888	\$ 61,572,101	\$ 65,266,427	\$ 69,182,413	\$ 73,333,358	
Mensual	\$ -	\$ 25,520,000	\$ 27,051,200	\$ 28,674,272	\$ 30,394,728	\$ 32,218,412	
Anual	\$ -	\$ 7,000,000	\$ 7,420,000	\$ 7,865,200	\$ 8,337,112	\$ 8,837,339	
Correctivos	\$ -	\$ 25,566,888	\$ 27,100,901	\$ 28,726,955	\$ 30,450,573	\$ 32,277,607	
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 4,000,000	\$ 25,980,736	\$ 27,539,580	\$ 29,191,955	\$ 30,943,472	\$ 32,800,081	
Mano de obra		\$ 21,980,736	\$ 23,299,580	\$ 24,697,555	\$ 26,179,408	\$ 27,750,173	
Estudio emisiones atmosfericas	\$ 4,000,000	\$ 4,000,000	\$ 4,240,000	\$ 4,494,400	\$ 4,764,064	\$ 5,049,908	
TOTALES	\$ (4,000,000)	\$ (2,698,375,153)	\$ (2,958,568,909)	\$ (3,244,203,415)	\$ (3,557,788,029)	\$ (3,902,080,960)	

% Incremento precio Gas	10%	10%	10%	10%	10%	10%
% Inflación	6%	6%	6%	6%	6%	6%
	AÑOS					
<u>RUBRO</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 4,167,612,588	\$ 4,575,968,379	\$ 5,024,655,422	\$ 5,517,676,581	\$ 6,059,433,193	\$ 6,654,764,803
Combustible	\$ 3,957,475,904	\$ 4,353,223,495	\$ 4,788,545,844	\$ 5,267,400,428	\$ 5,794,140,471	\$ 6,373,554,518
Agua	\$ 63,707,218	\$ 67,529,651	\$ 71,581,430	\$ 75,876,316	\$ 80,428,895	\$ 85,254,629
Energía	\$ 131,013,812	\$ 138,874,641	\$ 147,207,119	\$ 156,039,546	\$ 165,401,919	\$ 175,326,034
Tratamiento agua	\$ 15,415,654	\$ 16,340,593	\$ 17,321,029	\$ 18,360,290	\$ 19,461,908	\$ 20,629,622
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 77,733,359	\$ 82,397,361	\$ 87,341,202	\$ 92,581,675	\$ 98,136,575	\$ 104,024,770
Mensual	\$ 34,151,517	\$ 36,200,608	\$ 38,372,644	\$ 40,675,003	\$ 43,115,503	\$ 45,702,433
Anual	\$ 9,367,579	\$ 9,929,634	\$ 10,525,412	\$ 11,156,937	\$ 11,826,353	\$ 12,535,934
Correctivos	\$ 34,214,263	\$ 36,267,119	\$ 38,443,146	\$ 40,749,735	\$ 43,194,719	\$ 45,786,402
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 34,768,085	\$ 36,854,171	\$ 39,065,421	\$ 41,409,346	\$ 43,893,907	\$ 46,527,541
Mano de obra	\$ 29,415,183	\$ 31,180,094	\$ 33,050,900	\$ 35,033,954	\$ 37,135,991	\$ 39,364,150
Estudio emisiones atmosfericas	\$ 5,352,902	\$ 5,674,076	\$ 6,014,521	\$ 6,375,392	\$ 6,757,916	\$ 7,163,391
TOTALES	\$ (4,280,114,033)	\$ (4,695,219,911)	\$ (5,151,062,045)	\$ (5,651,667,602)	\$ (6,201,463,675)	\$ (6,805,317,114)

% Incremento precio Gas	10%	10%	10%	10%
% Inflación	6%	6%	6%	6%
<u>RUBRO</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 7,308,992,872	\$ 8,027,968,844	\$ 8,818,127,013	\$ 9,686,542,676
Combustible	\$ 7,010,909,970	\$ 7,712,000,967	\$ 8,483,201,064	\$ 9,331,521,170
Agua	\$ 90,369,906	\$ 95,792,101	\$ 101,539,627	\$ 107,632,004
Energía	\$ 185,845,596	\$ 196,996,332	\$ 208,816,112	\$ 221,345,079
Tratamiento agua	\$ 21,867,400	\$ 23,179,444	\$ 24,570,210	\$ 26,044,423
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 110,266,256	\$ 116,882,231	\$ 123,895,165	\$ 131,328,875
Mensual	\$ 48,444,579	\$ 51,351,254	\$ 54,432,329	\$ 57,698,269
Anual	\$ 13,288,090	\$ 14,085,375	\$ 14,930,498	\$ 15,826,328
Correctivos	\$ 48,533,587	\$ 51,445,602	\$ 54,532,338	\$ 57,804,278
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 49,319,194	\$ 52,278,345	\$ 55,415,046	\$ 58,739,949
Mano de obra	\$ 41,725,999	\$ 44,229,559	\$ 46,883,333	\$ 49,696,333
Estudio emisiones atmosfericas	\$ 7,593,194	\$ 8,048,786	\$ 8,531,713	\$ 9,043,616
TOTALES	\$ (7,468,578,322)	\$ (8,197,129,420)	\$ (8,997,437,224)	\$ (9,876,611,500)

APENDICES

Apéndice A. Metodología de Cuantificación de consumo de recursos para la generación de vapor con gas natural.

En esta sección se realiza las estimaciones de las cantidades requeridas para la normal operación de las dos calderas pirotubulares de 200 BHP instaladas en la planta de alimentos balanceados de Avidesa Mac Pollo S.A, dada la inexistencia de medios y registros de operación del día a día que permitan la cuantificación de los recursos agua, gas natural, electricidad y tratamiento para agua de calderas.

Consumo de gas natural.

La estimación del consumo de gas natural se realizó mediante la medición y seguimiento del contador de metros cúbicos de gas instalado en la planta durante varios días de operación normal de producción de alimento balanceado y cocción de frijol soya. Ver resultados.

FECHA INICIO	FECHA FIN	HORAS DE TRABAJO	CONSUMO GAS NATURAL (m³/día)	CONSUMO GAS NATURAL (m³/hr)	PRODUCCION PELETIZADORAS (Kg/Hora)	COCCION FRIJOL SOYA (Kg/Hora)
07/05/2016 05:02	08/05/2016 05:05	24,0	7.201,0	299,4	33.000,0	8.545,0
08/05/2016 05:05	09/05/2016 05:00	23,9	7.100,0	296,9	33.105,0	8.560,0
09/05/2016 05:00	10/05/2016 04:55	23,9	7.101,0	296,9	33.125,0	8.428,0
10/05/2016 04:55	11/05/2016 05:01	24,1	7.001,0	290,5	31.988,0	8.566,0
11/05/2016 05:01	12/05/2016 05:03	24,0	7.080,0	294,6	32.988,0	8.601,0
01/06/2016 05:03	02/06/2016 05:00	24,0	7.099,0	296,4	33.455,0	8.633,0
02/06/2016 05:00	03/06/2016 05:01	24,0	7.087,0	295,1	32.689,0	8.698,0
03/06/2016 05:01	04/06/2016 05:10	24,2	7.012,0	290,4	32.578,0	8.645,0
04/06/2016 05:10	05/06/2016 05:00	23,8	7.102,0	298,0	32.900,0	8.710,0
05/06/2016 05:00	06/06/2016 05:02	24,0	7.101,0	295,5	33.015,0	8.650,0
06/06/2016 05:02	07/06/2016 05:01	24,0	7.094,0	295,8	32.778,0	8.633,1
07/06/2016 05:01	08/06/2016 05:02	24,0	7.009,0	291,8	32.100,0	8.840,0
PROMEDIO			7.082,3	295,1	32.810,1	8.625,8

Con base en los resultados obtenidos, se afirma que el consumo promedio de gas natural es de 295,1 m³/hr bajo las siguientes condiciones de normalidad:

Día normal de operación: 24 horas de trabajo.

- Producción promedio de alimento balanceado en peletizadoras: **32.810 kg/hr**
- Cocción promedio de frijol soya (8 cocedores): **8.625 kg/hr**

Eficiencia de las calderas: 78% definida por el fabricante

Poder calorífico del gas natural: Se toma como referencia los valores proporcionados por Gasorient S.A. E.S.P. el cual tiene un valor superior de **33.552 BTU/m³** y un valor inferior **29.572 BTU/ m³**

Consumo de agua

La medición y registro de este recurso en campo para un día de operación normal de las dos calderas pirotubulares de 200 BHP no fue posible, dada la carencia de medidores de flujo volumétrico o másico de agua a la entrada o salida del sistema de generación de vapor. El único contador de flujo volumétrico de agua está ubicado a la entrada de la planta y registra el consumo total de este recurso para toda la planta de alimentos.

Por tal razón y para efectos de la estimación de consumo de este recurso para la operación del sistema de generación de vapor se recurre a conceptos teóricos de termodinámica para la combustión en sistemas abiertos como:

- **Primera ley de la termodinámica**, conocida como ley de conservación de la energía define que para un sistema abierto con proceso de flujo permanente (caldera) la aplicación de una fuente de energía equivale a³¹:

$$Q = m(h_{salida} - h_{entrada})$$

Dónde:

Q : Calor neto aplicado

$m = m_{entrada} = m_{salida}$: masa

h : Entalpia especifica

- **Eficiencia de las calderas**, se define como la relación entre la cantidad de energía que ha captado el agua (calor útil) respecto al que poseía el combustible utilizado, tal como expresa la siguiente ecuación³²:

$$\eta = \frac{\dot{m}(h_{salida} - h_{entrada})}{V_{Comb} * PCI}$$

Dónde:

η : Eficiencia de la caldera

$\dot{m}$ = Flujo másico de vapor/agua

h : Entalpia especifica

V_{Comb} = Consumo de combustible

PCI = Poder calorífico inferior del combustible

Q : Calor neto aplicado = $V_{Comb} * PCI$

³¹ Maradey J., Termodinámica Aplicada. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2002.

³² Castro Mora, Javier. Operación y mantenimiento de calderas. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Primera Edición, 2002.

Con base en la teoría y los datos predeterminados se calcula el flujo másico de agua a la entrada del sistema y se obtiene que:

$$\dot{m} = 6289 \frac{lb}{hr} = 2859 \frac{kg}{hr}$$

Cuando:

$$\eta = 78\%$$

h_{salida} : Entalpia del vapor a presión de la caldera @ 115psi = 1190 BTU/Lb

$h_{entrada}$: Entalpia del agua de alimentación @ 60 °C = 107,991 BTU/Lb

V_{Comb} = Consumo de gas natural de la caldera = 295,1 m³/hr

PCI = Poder calorífico inferior del gas natural = 29572 BTU/ m³

Dado que la facturación del servicio de acueducto se realiza por m³, se convierte el flujo másico en volumétrico $\tilde{V}$ así:

$$\dot{m} = masa/tiempo$$

$$\tilde{V} = volumen/tiempo$$

$$Densidad = masa/volumen$$

Bajo una temperatura de 60°C, la densidad del agua es de 983 kg/ m³ por tanto se obtiene que $\tilde{V} = 2,91 \text{ m}^3/\text{hr}$

Consumo de electricidad.

Para el actual sistema de generación de vapor en la planta de alimentos, la potencia eléctrica está ligada a los siguientes componentes:

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNIDAD (HP)	POTENCIA TOTAL (HP)
Motor - bomba de alimentación de agua	2	15	30
Motor ventilador de tiro forzado	2	10	20
Motor ventilador de tiro inducido	2	5	10
Motor - bomba de inyección de tratamiento de agua	1	1	1
POTENCIA ELECTRICA INSTALADA			61 HP
POTENCIA ELECTRICA INSTALADA			44.74 Kw/hr

Consumo de tratamiento preventivo para agua

Para obtener una mayor eficiencia en el proceso de generación de vapor en la caldera y tener una mayor vida útil del equipo es necesario el uso de un tratamiento preventivo para el agua, el cual tiene como objetivo controlar la incrustación de partículas y la corrosión del hogar de la caldera.

Actualmente, la empresa PROINAS provee este tratamiento bajo una formulación específica según los parámetros de calidad del agua de alimentación al sistema y el estado de corrosión interno de los equipos.

La dosificación de este tratamiento se da a una razón de 0.05 litros por m³ de agua, lo que equivale a 0.1455 litros por hora de operación del sistema de generación de vapor en condiciones normales.

Apéndice B. Metodología de Cuantificación de consumo de recursos para la generación de vapor con carbón mineral.

En esta sección se realiza las estimaciones de las cantidades requeridas de recursos esenciales para la normal operación de la nueva caldera pirotubular de 400 BHP a instalar en la planta de alimentos balanceados de Avidesa Mac Pollo S.A.

Consumo de carbón mineral.

Para efectos de cálculo de la cantidad requerida de carbón mineral para la operación del nuevo sistema de generación de vapor, se toma como valores iniciales:

- **Día normal de operación:** 24 horas de trabajo – 8352 horas por año
 - Producción promedio de alimento balanceado en peletizadoras: **32.810 kg/hr**
 - Cocción promedio de frijol soya (8 cocedores): **8.625 kg/hr**
- **Eficiencia de las calderas:** 78% definida por el fabricante
- **Poder calorífico del carbón mineral:** Se toma como referencia el valor proporcionado por la planta de harinas de Avidesa Mac Pollo, el cual tiene un valor superior de **24.640 BTU/Kg**.
- **Flujo másico de vapor/agua:** Se toma como referencia el valor determinado en el apéndice C, y es:

$$\dot{m} = 6289 \frac{lb}{hr} = 2859 \frac{kg}{hr}$$

Con base en los valores iniciales y aplicando la ecuación de eficiencia de la caldera descrita en el apéndice anterior, se obtiene:

$$\eta = \frac{\dot{m}(h_{salida} - h_{entrada})}{V_{Comb} * PCI}$$

$$\eta = 78\%$$

h_{salida} : Entalpia del vapor a presión de la caldera @ 115psi = 1190 BTU/Lb

$h_{entrada}$: Entalpia del agua de alimentación @ 60 °C = 107,991 BTU/Lb

V_{Comb} = Consumo de carbón mineral de la caldera = A determinar

PCI = Poder calorífico del carbón mineral = 24640 BTU/ Kg

$$V_{Comb} = 354,14 \text{ Kg/hr}$$

Consumo de agua

Para este sistema de generación de vapor a base de carbón, el consumo de agua está sujeto a dos variables y son:

- Flujo volumétrico de agua requerida en la operación de la caldera, la cual se estimó en $\tilde{V} = 2,91 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Flujo volumétrico de agua requerido para el enfriamiento de escoria en la banda húmeda.

Para cuantificar esta última variable se toma como referencia la especificación técnica de consumo de agua en la banda húmeda dada por Calderas JCT, la cual es de 100 litros por cada tonelada de carbón consumida que equivale a $0.035 \text{ m}^3/\text{hr}$ con base el consumo de carbón por hora.

De esta manera, el consumo de agua para un sistema de generación de vapor aumenta si el combustible es carbón y se estima en $\tilde{V}_{Total} = 2,945 \text{ m}^3/\text{hr}$

Consumo de electricidad.

Para el nuevo sistema de generación de vapor en la planta de alimentos, la potencia eléctrica está ligada a los siguientes componentes:

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNIDAD (HP)
Motor - bomba de alimentación de agua	1	7.5
Motor ventilador de tiro forzado	1	7.5
Motor ventilador de tiro inducido	1	50
Motorreductor parrilla viajera	1	1
Motorreductor valvula rotatoria multiciclon	1	0.75
Motorreductor valvula rotatoria filtro de mangas	1	0.75
Motor bomba de sistema de control de nivel de agua	1	10
Motor - bomba de inyección de tratamiento de agua	1	1
POTENCIA ELECTRICA INSTALADA		78.5 HP
		58.53 Kw/hr

Consumo de tratamiento preventivo para agua

La dosificación de este tratamiento sería igual al del sistema actual de generación de vapor a base de gas natural y es a una razón de 0.05 litros por m^3 de agua lo que equivale a 0.1455 litros por hora de operación del sistema de generación de vapor en condiciones normales.

Apéndice C. Matriz de requisitos legales.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANÁLISIS DEL REQUISITO
Ley 99	1993	Congreso de la república	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA	ART: 42	El Ministerio de Salud fijará, de acuerdo a lo establecido en el artículo 41, las normas de emisión de sustancias contaminantes, ya sea para fuentes individuales o para un conjunto de fuentes.
Ley 99	1993	Congreso de la república	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA	ART: 43	Las normas de emisión de sustancias contaminantes de la atmósfera se refieren a la tasa de descarga permitida de los agentes contaminantes, teniendo en cuenta los factores topográficos, meteorológicos y demás características de la región.
Ley 99	1993	Congreso de la república	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA	ART: 44	Se prohíbe descargar en el aire, contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en las normas que se establezcan al respecto.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 99	1993	Congreso de la república	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA	ART: 45	Cuando las emisiones a la atmósfera de una fuente sobrepasen o puedan sobrepasar los límites establecidos en las normas, se procederá a aplicar los sistemas de tratamiento que le permitan cumplirlos.
Ley 99	1993	Congreso de la república	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA	ART: 46	Para el funcionamiento, ampliación o modificación de toda instalación, que por sus características constituya o pueda constituir una fuente de emisión fija, se deberá solicitar la autorización del Ministerio de Salud o la entidad en que éste delegue. Dicha autorización no exime de responsabilidad por los efectos de contaminación producidos con la operación del sistema.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 87	Las personas que presten servicios de salud ocupacional a empleadores o trabajadores estarán sujetos a la supervisión y vigilancia del Ministerio de Salud o la entidad en que éste delegue.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 88	Toda persona que entre a cualquier lugar de trabajo deberá cumplir las normas de higiene y seguridad establecidas por esta Ley, sus reglamentaciones y el reglamento de medicina, higiene y seguridad de la empresa respectiva.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 90	Las edificaciones permanentes o temporales que se utilicen como lugares de trabajo, cumplirán con las disposiciones sobre localización y construcción establecidas en esta Ley, sus reglamentaciones y con las normas de zonificación urbana que establezcan las autoridades competentes.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 93	Las áreas de circulación deberán estar claramente demarcadas, tener la amplitud suficiente para el tránsito seguro de las personas y estar provistas de señalización adecuada y demás medidas necesarias para evitar accidentes.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 94	Todas las aberturas de paredes y pisos, foros, escaleras, montacargas, plataformas, terrazas y demás zonas elevadas donde pueda existir riesgo de caídas, deberán tener la señalización, protección y demás características necesarias para prevenir accidentes.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 98	En las edificaciones de varios niveles existirán escaleras fijas o rampas con las especificaciones técnicas adecuadas y las normas de seguridad que señale la reglamentación de la presente Ley.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 99	En todo lugar de trabajo en que se empleen procedimientos, equipos, máquinas, materiales o sustancias que den origen a condiciones ambientales que puedan afectar la salud y seguridad de los trabajadores o su capacidad normal de trabajo, deberán adoptarse medidas de higiene y seguridad necesarias para controlar en forma efectiva los agentes nocivos, y aplicarse los procedimientos de prevención y control correspondientes.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 101	En los lugares de trabajo donde no es posible mantener los agentes nocivos dentro de los valores límites a que hace referencia el artículo 110, una vez aplicadas las medidas apropiadas de medicina, higiene seguridad, se deberán adoptar métodos complementarios de protección personal, limitación de trabajo humano y los demás que determine el Ministerio de Salud.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 102	Los riesgos que se deriven de la producción, manejo o almacenamiento de sustancias peligrosas serán objeto de divulgación entre el personal potencialmente expuesto, incluyendo una clara titulación de los productos y demarcación de las áreas donde se opera con ellos, con la información sobre las medidas preventivas y de emergencia para casos de contaminación del ambiente o de intoxicación.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 105	En todos los lugares de trabajo habrá iluminación suficiente, en cantidad y calidad, para prevenir efectos nocivos en la salud de los trabajadores y para garantizar adecuadas condiciones de visibilidad y seguridad.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 107	Se prohíben métodos o condiciones de trabajo con sobrecargo o pérdida excesiva de calor que puedan causar efectos nocivos a la salud de los trabajadores.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 108	En los lugares de trabajo donde existan condiciones o métodos que puedan afectar la salud de los trabajadores por frío o calor, deberán adoptarse todas las medidas necesarias para controlar y mantener los factores de intercambio calórico entre el ambiente y el organismo del trabajador, dentro de límites que establezca la reglamentación de la presente Ley.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 109	En todos los lugares de trabajo deberán tener ventilación para garantizar el suministro de aire limpio y fresco, en forma permanente y en cantidad suficiente.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 111	En todo lugar de trabajo se establecerá un programa de Salud Ocupacional, dentro del cual se efectúen actividades destinadas a prevenir los accidentes y las enfermedades relacionadas con el trabajo

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 114.	En todo lugar de trabajo deberá disponerse de personal adiestrado, métodos, equipos y materiales adecuados y suficientes para la prevención y extinción de incendios.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 116	Los equipos y dispositivos para extinción de incendios deberán ser diseñados, contruidos y mantenidos para que puedan ser usados de inmediato con la máxima eficiencia. Fabricantes, distribuidores y agencias de mantenimiento de tales equipos estarán sujetos a la vigilancia del Ministerio de Salud o de la autoridad a quien éste delegue y deberán garantizar la eficacia de los equipos.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 122	Todos los empleadores están obligados a proporcionar a cada trabajador, sin costo para éste, elementos de protección personal en cantidad y calidad acordes con los riesgos reales o potenciales existentes en los lugares de trabajo.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 123	Los equipos de protección personal se deberán ajustar a las normas oficiales y demás regulaciones técnicas y de seguridad aprobadas por el Gobierno.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 129	El tratamiento y la disposición de los residuos que contengan sustancias tóxicas, deberán realizarse por procedimientos que no produzcan riegos para la salud de los trabajadores y contaminación del ambiente, de acuerdo con las normas contenidas en la presente Ley y demás disposiciones sobre la materia.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 203	Todas las edificaciones se construirán con estructuras, materiales, instalaciones y servicios que reduzcan cualquier peligro de accidentes.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 595	Todo habitante tiene el derecho a las prestaciones de salud, en la forma que las Leyes y las reglamentaciones especiales determinen y el deber de proveer a la conservación de su salud y de concurrir al mantenimiento de la salud de la comunidad.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 596	Todo habitante tiene el derecho a vivir en un ambiente sano en la forma en que las Leyes y los reglamentos especiales determinen y el deber de proteger y mejorar el ambiente que lo rodea.
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 598	Toda persona debe velar por el mejoramiento, la conservación y la recuperación de su salud personal y la salud de los miembros de su hogar, evitando acciones y omisiones perjudiciales y cumpliendo las instrucciones técnicas y las normas obligatorias que dicten las autoridades competentes.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 09	1979	Congreso de la república	Se define el Código Sanitario Nacional	ART: 604	Es obligación de toda persona evitar, diligentemente, los accidentes personales y los de las personas a su cargo, debiendo, para tales efectos, cumplir las disposiciones de seguridad, especiales o generales, que dicten las autoridades competentes y ceñirse a las indicaciones contenidas en los rótulos o a las instrucciones que acompañen al agente riesgoso o peligroso, sobre su preservación, uso, almacenamiento y contraindicaciones.
Ley 23	1973	Congreso de la república	Se expide el Código de recursos naturales y de protección al medio ambiente	ART: 15	Toda persona natural o jurídica que utilice elementos susceptibles de producir contaminación, está en la obligación de informar al gobierno nacional y a los consumidores acerca de los peligros que el uso de dichos elementos pueda ocasionar a la salud humana o al ambiente.
Ley 23	1973	Congreso de la república	Se expide el Código de recursos naturales y de protección al medio ambiente	ART: 17	Sancionable conforme a la presente ley, toda acción que conlleve contaminación del medio ambiente, en los términos y condiciones señaladas en los artículos cuarto de este mismo estatuto.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 23	1973	Congreso de la república	Se expide el Código de recursos naturales y de protección al medio ambiente	ART:18	Cuando llegue a demostrarse técnicamente que se están produciendo acciones que generen contaminación, podrá imponerse las siguientes sanciones según la gravedad de cada infracción; amonestaciones, multas sucesivas en cuantía que determinara el gobierno nacional, las cuales no podrían sobrepasar la suma de quinientos mil pesos, suspensión de patentes de fabricación, clausura temporal de los establecimientos o factorías que están produciendo contaminación y cierre de los mismos, cuando las sanciones anteriores no hayan surtido efecto.
Ley 1252	2008	Congreso de la república	Se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	ART: 7	El generador será responsable de los residuos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, equipos desmantelados y en desuso, elementos de protección personal utilizados en la manipulación de este tipo de residuos y por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente.
Ley 1252	2008	Congreso de la república	Se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	ART: 12	Define obligaciones de los generadores de residuos

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Ley 1252	2008	Congreso de la república	Se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	ART: 17	n caso de violación de las prohibiciones definidas en la presente ley, las autoridades impondrán las sanciones administrativas, penales o disciplinarias a que haya lugar, sin perjuicio de la responsabilidad que sea imputable por impactos o daños originados al medio ambiente, la salud humana, la integridad física y la vida de los habitantes.
Ley 1562	2012	Congreso de la república	Se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional	Art. 13	En este artículo se define las sanciones por el incumplimiento en los programas de salud ocupacional y aquellas obligaciones propias del empleador.
Decreto 2811	1974	Presidencia de la República	Se define el Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente	ART: 34	Se definen regalas para el manejo de basuras, desechos y desperdicios
Decreto 2811	1974	Presidencia de la República	Se define el Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente	ART: 35	Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia al individuo o núcleos humanos
Decreto 2811	1974	Presidencia de la República	Se define el Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente	ART: 74	Se prohibirá, restringirá o condicionará la descarga, en la atmósfera de polvo, vapores, gases, humos, emanaciones y, en general, de sustancias de cualquier naturaleza que puedan causar enfermedad, daño o molestias a la comunidad o a sus integrantes, cuando sobrepasen los grados o niveles fijados.
Decreto 2811	1974	Presidencia de la República	Se define el Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente	ART: 75	Se dictan disposiciones para prevenir la contaminación atmosférica

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Decreto 4741	2005	Presidencia de la República	Se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	ART: 10	Se definen las obligaciones del Generador de los residuos o desechos peligrosos
Decreto 4741	2005	Presidencia de la República	Se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	ART: 11	Responsabilidad del generador. El generador es responsable de los residuos o desechos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente.
Decreto 472	2015	Presidencia de la República	Se reglamentan los criterios de graduación de las multas por infracción a las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales, se señalan normas para la aplicación de la orden de clausura del lugar de trabajo o cierre definitivo de la empresa y paralización o prohibición inmediata de trabajos o tareas y se dictan otras disposiciones	ART: 4	Se definen criterios para graduar las multas por infracciones a las normas de salud y seguridad en el trabajo.
Decreto 472	2015	Presidencia de la República	Se reglamentan los criterios de graduación de las multas por infracción a las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales, se señalan normas para la aplicación de la orden de clausura del lugar de trabajo o cierre definitivo de la empresa y paralización o prohibición inmediata de trabajos o tareas y se dictan otras disposiciones	ART: 5	Se definen los criterios de proporcionalidad y racionalidad para la cuantía de la sanción a los empleadores.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Decreto 472	2015	Presidencia de la República	Se reglamentan los criterios de graduación de las multas por infracción a las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales, se señalan normas para la aplicación de la orden de clausura del lugar de trabajo o cierre definitivo de la empresa y paralización o prohibición inmediata de trabajos o tareas y se dictan otras disposiciones	ART: 14	Se define obligación de los empleadores de reportar los accidentes graves y mortales a la Dirección territorial u oficinas especiales correspondientes.
Decreto 1443	2014	Presidencia de la República	Se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo	Todos los artículos.	Este decreto tiene como objetivo definir las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el SG-SST en la empresa.
Resolución 601	2006	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.	ART: 4 y 5	Se establecen los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio, niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos y los umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos.
Resolución 627	2006	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.	ART: 8 y 9	Se define el cálculo de la emisión o aporte de ruido y los estándares máximos permisibles de emisión de ruido

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANÁLISIS DEL REQUISITO
Resolución 898	1995	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y caldera de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.	ART: 7	Se define el contenido de azufre de las emulsiones o suspensiones. El contenido de azufre de las emulsiones o suspensiones de crudos pesados o combustóleos en agua o en cualquier otro líquido, o las de carbón mineral en agua, en hidrocarburos o en cualquier otro líquido, no deberá ser superior a 1.7% en peso, cuando éstas se utilicen como combustibles en hornos o calderas dentro del territorio nacional.
Resolución 898	1995	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y caldera de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.	ART: 9	A partir de la fecha de vigencia de la presente Resolución, toda persona natural o jurídica, pública o privada, que sea propietaria o que bajo cualquier otro título utilice calderas y hornos en procesos de carácter industrial o comercial, deberá llevar un registro pormenorizado (horario, diario y mensual) del consumo de combustibles.
Resolución 623	1998	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se modifica parcialmente la Resolución 898 de 1995 que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna".	ART: 1	Se define la Calidad del carbón mineral o sus mezclas para su utilización como combustible
Resolución 1074	1997	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA	Se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos.	ART: 4	Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y/o a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
Resolución 2400	1979	Ministerio de Trabajo	Se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.	Todos los artículos.	Se definen obligaciones de los empleadores, de los trabajadores, los inmuebles destinados a establecimientos de trabajo, servicios de higiene y evacuación de residuos o desechos.
Resolución 1208	2003	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA	Se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire	ART: 4	Se establecen la norma de emisión para fuentes fijas de combustión externa.
Resolución 1208	2003	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA	Se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire	ART: 9	Determinación de la altura del punto de descarga (chimenea)
Resolución 1208	2003	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA	Se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire	ART: 12	Se definen métodos para tomas de muestras y análisis de contaminantes del aire
Resolución 935	2011	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES– IDEAM	Se establecen los métodos para la evaluación de emisiones contaminantes por fuentes fijas y se determina el número de pruebas o corridas para la medición de contaminantes en fuentes fijas.	Todos los artículos.	Se establece a nivel nacional los métodos para la evaluación de emisiones contaminantes por fuentes fijas y determinar el número de pruebas o corridas para la ejecución de los métodos empleados para la evaluación de emisiones contaminantes en fuentes fijas.
NTC 3458	1992	ICONTEC	HIGIENE Y SEGURIDAD. IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS Y SERVICIOS		Especifica los colores para la identificación de las tuberías que transportan fluidos en instalaciones terrestres y en navíos. También incluye los conductos para ventilación y los utilizados en servicios eléctricos.

MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DEL REQUISITO
NTC 3649	1994	ICONTEC	CALDERAS. CONTROLES Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA LAS CALDERAS DE CONTROL DE COMBUSTIÓN AUTOMÁTICO		Especifica los controles y dispositivos de seguridad para las calderas de control de combustión automático.
NSR 10	2010	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente		Disposición de reglamentación de construcción sismo resistente moderna y actualizada.

Apéndice D. Matriz de Requisitos ambientales.

MATRIZ DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DE LA NORMA
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 19	Restricción de Uso de Combustibles Contaminantes. No podrán emplearse combustibles con contenidos de sustancias contaminantes superiores a los que establezcan los respectivos estándares, en calderas y hornos para uso comercial e industrial o para generación de energía en termoeléctricas o en motores de combustión interna de vehículos automotores.
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 42	Control a Emisiones de Ruidos. Están sujetos a restricciones y control todas las emisiones, sean continuas, fluctuantes, transitorias o de impacto.
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 72	Del permiso de Emisión Atmosférica. El permiso de emisión atmosférica es el que concede la autoridad ambiental competente, mediante acto administrativo, para que una persona natural o jurídica, pública o privada, dentro de los límites permisibles establecidos en las normas ambientales respectivas, pueda realizar emisiones al aire. El permiso sólo se otorgará al propietario de la obra, empresa, actividad, industria o establecimiento que origina las emisiones.
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 73	Casos que Requiera Permiso de Emisión Atmosférica.

MATRIZ DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DE LA NORMA
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 75	La solicitud del permiso de emisión
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 76	Trámite del Permiso de Emisión Atmosférica.
Decreto 948	1995	Presidencia de la República	Se define reglamentación en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	ART: 79	Pólizas de Garantía de Cumplimiento. Cuando quiera que se otorgue un permiso de emisión atmosférica, la autoridad ambiental competente podrá exigir al titular del mismo, el otorgamiento de una póliza de garantía de cumplimiento de las obligaciones derivadas del mismo, hasta por un valor equivalente al 30% de los costos de las obras y actividades de control de las emisiones al aire, cuando éstas se requieran para ajustar las descargas contaminantes del solicitante a los estándares vigentes. El solicitante estimará el valor de dichas obras al momento de la solicitud, para los efectos del otorgamiento de la póliza de garantía correspondiente.
Resolución 619	1997	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.	TODO	Se define que la industria que cuente con la operación de calderas cuyo combustible sea fósil, requerirá el permiso de emisiones atmosféricas y el cumplimiento de las normas de emisión.
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART: 4	Se definen estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas puntuales de actividades industriales

MATRIZ DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DE LA NORMA
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART: 6	Se define actividades industriales y contaminantes a monitorear por actividad industrial.
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART: 8	Se definen estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para equipos de combustión externa nuevos
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART:13	Se definen estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART: 69-70-71	Determinación del punto de descarga de la emisión por fuentes fijas
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART: 72-73-74-75-76-77	Medición de emisiones para fuentes fijas
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART: 94	Combustible utilizado. Cuando una actividad industrial utilice dos o más combustibles, debe cumplir los estándares de emisión admisibles para cada uno de ellos.
Resolución 909	2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	ART:97	Las fuentes fijas y generadoras de emisiones contaminantes que utilicen carbón como combustible, deben garantizar la legal procedencia del mismo, llevando el registro de consumo de combustibles según lo establecido

MATRIZ DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL					
NOMBRE	AÑO PUBLICACIÓN	EMISOR	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO (s) QUE APLICA (n)	ANALISIS DE LA NORMA
					en el artículo 2° de la Resolución 623 de 1998 o la que la adicione, modifique o sustituya, las autorizaciones mineras de explotación, la licencia o plan de manejo ambiental, los permisos de uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales y los registros de compra.
Resolución 760	2010	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.		Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas. Se estipulan los procedimientos de medición y estudios de emisiones atmosféricas.
Resolución 619	1997	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.	TODO	Se define que la industria que cuente con la operación de calderas cuyo combustible sea fósil, requerirá el permiso de emisiones atmosféricas y el cumplimiento de las normas de emisión.