

Evaluación ambiental, técnica y económica en una empresa de la región de Urabá para mejorar el control de su emisión de gases en los equipos de generación de vapor.

John Manuel Marulanda, Ángela Liliana Rodríguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Administrativas, Contables, Económicas Y De Negocios

Proyecto de Grado

2020

Resumen

Hoy en día el carbón es uno de los combustibles fósiles más atractivos para las empresas debido a que reducen significativamente los costos directos de fabricación, en la actualidad se utilizan más de ocho millones de toneladas de carbón por año y el número sigue creciendo, es por esto que se convierte en el combustible más atractivo para la industria por encima de cualquier otro, esto tiene sus ventajas y desventajas dentro de las cuales se podrían encontrar: aumento del dióxido de carbono (CO₂) causando efectos invernadero, los medios de explotación en Colombia son muy rudimentarios lo que afecta la seguridad de las personas, adicional a esto destruye la naturaleza de muchas formas y una de ellas es la lluvia ácida (origen CO₂) cuando esta llega a los espejos de agua inmediatamente cambia su PH y genera daños significativos en la vida silvestre, la lluvia ácida posiblemente no afecte directamente a las personas sin embargo otros gases generados por el carbón como el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de Nitrógeno (NO_x) afectan directamente el sistema respiratorio y en algunos casos pueden llegar a producir daños cerebrales, por esto es importante que se piense en utilizar rápidamente otro tipo de material combustible que no afecte al medio ambiente incluido los seres humanos.

Palabras clave: Material particulado, caldera, emisión de gases, carbón, gas, gobierno, resolución, lavadores.

Abstract

Nowadays coal is one of the most attractive fossil fuels for companies because it significantly reduces direct manufacturing costs. Currently more than eight million tons of coal are used per year and the number continues to grow, that's why it becomes the most attractive fuel for the industry above any other. This has its advantages and disadvantages such as: increased carbon dioxide (CO₂) causing greenhouse effects, the means of exploitation in Colombia are very rudimentary which affects people's safety, besides it destroys nature in many ways and one of them is acid rain (CO₂ origin), when it reaches the water sources it immediately changes its PH and generates significant damage to wildlife, acid rain may not directly affect people however other gases generated by coal such as dioxin Sulfur (SO₂) and Nitrogen oxides (NO_x) directly affect the respiratory system and in some cases can cause brain damage, so it is important to think about quickly using another type of combustible material that does not affect the environment, including humans.

Key words: Particulate material, boiler, gas emission, coal, gas, government, resolution, scrubbers.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1.....	2
1 Planteamiento del problema.....	2
2 Formulación del problema.....	12
2.1 Protección del nombre de la empresa.....	12
3 Justificación.....	13
4 Objetivos.....	14
4.1 Objetivo general.....	14
4.2 Objetivos específicos.....	14
5 Marco de referencia.....	15
5.1 Marco teórico.....	15
5.2 Marco conceptual.....	15
5.2.1 Material particulado.....	16
5.2.2 Contaminación atmosférica en la salud.....	18
5.2.3 Criterio de calidad del aire.....	19
6 Marco geográfico.....	21
6.1 Región del Urabá.....	21
6.1.1 Planta manufacturera.....	22
7 Marco histórico.....	22
7.1 Estándares ambientales.....	22
8 Marco legal.....	23
8.1 Normas ambientales.....	23
8.1.1 Normatividad específica.....	24
8.2 Hipótesis.....	30
Capítulo 2.....	30
9 Diseño metodológico.....	30
9.1 Tipo de investigación.....	30
9.1.1 Caracterización y delimitación de la población.....	32
9.1.2 Selección de métodos.....	32
9.1.3 Definición del problema.....	32
9.1.4 Medios que se van a usar.....	32
9.1.5 Instrumentos más adecuados para recopilación de información.....	33
9.1.6 Fuente de datos.....	34
9.1.7 Recolección de datos.....	34
Capítulo 3.....	34
10 Cronograma.....	34
10.1 Evaluación técnica para generación de vapor.....	36
10.1.1 Selección de equipos.....	36
10.1.2 Información básica.....	37
10.1.3 Costos.....	39
Capítulo 4.....	53
11 Definición de alternativas para disminución en Emisión de gases.....	53

	5
11.1 Alternativa 1 Implementación de equipos auxiliares en caldera actual.....	53
11.2 Alternativa 2 cambio de caldera con sistema de Gas Natural (GN) como combustible	56
11.2.1 Evaluación de Costos para generación de vapor.....	59
11.2.2 Nombre de las Personas que Participaron en el Proyecto.....	65
12 Conclusiones.....	65
13 Lista de referencias	66

Lista de tablas

Tabla 1 Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia... ..	8
Tabla 2 concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia... ..	15
Tabla 3 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.....	16
Tabla 4 comparativo de resolución 909 vs lo ideal para el ser humano.....	16
Tabla 5 normatividad sobre el recurso atmosférico... ..	27
Tabla 6 Cronograma de actividades... ..	36
Tabla 7 consumos de carbón años 2017-2018... ..	42
Tabla 8 registro de producción	42
Tabla 9 consumo de agua caldera	43
Tabla 10 consumo químico año... ..	44
Tabla 11 días laborados mes... ..	45
Tabla 12 valores consumo de carbón... ..	46
Tabla 13 valores consumo carbón... ..	47
Tabla 14 valores externos en calculo capacidad caldera.....	47
Tabla 15 carga para caldera	48
Tabla 16 producción de vapor... ..	49
Tabla 17 motores instalados y capacidad.....	49
Tabla 18 consumo energético... ..	50
Tabla 19 costos de carbón consumido	50

Tabla 20costos en tratamiento de aguas PTAP.....	51
Tabla 21costos en zona de calderas, tanque des aireador... ..	52
Tabla 22costos de agua usada en producción de vapor... ..	52
Tabla 23costos de energía en producción de vapor	53
Tabla 24componentes del costo de producción de vapor... ..	54
Tabla 25valor de producción de vapor.....	55
Tabla 26comparativo de costos.....	57
Tabla 27proyeccion de consumos gas natural para producción de vapor.....	59
Tabla 28costo de producción de vapor con gas natural... ..	60
Tabla 29variacion del valor de producción de vapor.....	61
Tabla 30evaluaciones isocineticas... ..	62
Tabla 31comparacion de resultados con la norma de emisión... ..	62
Tabla 32evaluacion económica para caldera nueva.....	63
Tabla 33resumen de costos para actualizar la caldera existente... ..	65
Tabla 34evaluacion de equipo nuevo.....	65

Lista de figuras

Figura 1 Afectaciones en el ser humano por material particulado.....	9
Figura 2 Comportamiento de la materia- particulado en cinco años... ..	13
Figura 3 Distribución del material particulado en el país.....	14
Figura 4 Medidas implementadas por autoridades para mejorar representatividad temporal de datos... ..	14
Figura 5 Representación grafica de la generación del material particulado	21
Figura 6 Distribución del número de partículas en función del diámetro.....	22
Figura 7 Ubicación geográfica de los municipios de la región.....	26
Figura 8 Entradas y salidas en una caldera para generación de vapor.....	30
Figura 9 Emisión de CO ₂ en la combustión... ..	32
Figura 10 Etapas de la investigación... ..	35

Evaluación ambiental, técnica y económica en una empresa de la región de Urabá para mejorar el control de su emisión de gases en los equipos de generación de vapor.

Los seres vivos dependen de la atmósfera en la que se vive y para esto requiere respirar un aire de calidad que generalmente está regulado por las autoridades quienes evalúan las cantidades de contaminantes presentes en el aire, las empresas hacen parte importante de este aporte al medio ambiente y por consiguiente a la calidad de vida de los seres vivos y es acá donde entra a realizar un papel muy importante el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible quien es el encargado de regular las normas o resoluciones para la protección de su entorno y por esto y muchas cosas más es que ajusto la norma de emisión de gases para material particulado en Julio de 2008 con la resolución 909 (Ministerio de Ambiente, 2008) donde indica que para equipos de Combustión Externa Nuevos la norma pasa de 200 a 50 mg/m³, esto significa que los equipos que estén en funcionamiento antes de julio de 2008 podrán seguir controlando su emisión de gases con el valor de 200, esto con el fin de que las empresas incluyan en sus nuevos sistemas y presupuestos anuales controles más eficientes que a largo plazo redundaran en la calidad de vida de todos los seres vivos incluyendo el ser humano.

Capítulo 1

1 Planteamiento del problema

En Colombia existe un sin número de medianas y pequeñas empresas manufactureras, las cuales representan un gran riesgo tanto ambiental como de seguridad en sus calderas utilizadas, ya que el combustible más utilizado es el carbón y por ende el nivel de contaminación y emisión de gases aumentan notablemente, según (Revista de Salud Pública. Artículo / Investigación realizado por salud pública en Agosto de 2017).

Según estudio de investigación realizado por salud pública en Agosto de 2017 en (Revista de Salud Pública. Artículo / Investigación) en el municipio de Itagüí Antioquia se encuentran tan solo 20 empresas Pyme que utilizan calderas a carbón, las cuales cumplían con los escenarios mínimos y estudios para utilizar dichas calderas.

Las calderas son utilizadas en las empresas manufactureras como equipos de servicio para la generación de energía, en este caso Vapor, el cual se distribuye en los equipos de producción según las características técnicas con las cuales se hayan diseñado las plantas manufactureras, Colombia como país donde la manufactura hace parte importante del renglón económico posee una gran cantidad de calderas en el territorio nacional, se estima que sea un vapor superior a 15.000 equipos instalados, sin embargo el gobierno nacional a la fecha se encuentra en la emisión de una resolución para el control de operación de estos equipos donde se incluya un ítem de emisión de gases.

Lo que sí es veraz es el daño ambiental que ocasionan estos dispositivos o como también se llaman, calderas con combustión a carbón (Revista de Salud Pública. Artículo / Investigación

realizado por salud pública en Agosto de 2017).ya que contaminan el agua y el suelo, ya que estas exceden los límites permisibles de emisión de gases.

El impacto ambiental que están dejando las calderas por emisión de gases debe ser controlado debido a que está acabando con los recursos de aire perjudicando además el agua y el suelo, debido a que se producen vertimientos con contaminantes de alto impacto como son los químicos y residuos propios de empresas manufactureras por los vapores en combustión, proceso que logra liberar gases y material particulado según investigación de la Revista de salud pública- Volumen 19 (4), agosto 2017.

Una de las grandes causas de emisión de gases que perjudican tanto al medio ambiente como la salud del ser humano, es la utilización de calderas que tienen como principal combustible el carbón, las cuales no cumplen con la normatividad emitida por el ministerio de minas, donde se establece un máximo de emisiones al medio ambiente, lo cual va en contra tanto de las normas, como la forma de atentar indirectamente contra el medio ambiente y la vida de los seres vivos.

Al utilizar el carbón como combustible se presenta emisión de gases las cuales contienen material particulado y una serie de impactos ambientales que se numeran a continuación:

Tabla 1

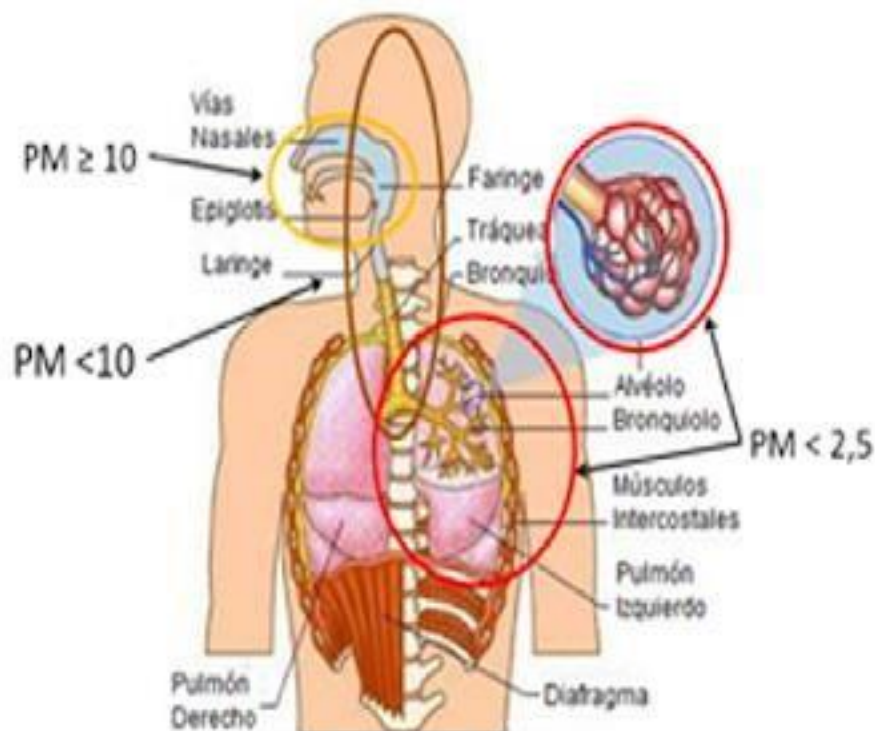
Valoración de los impactos ambientales asociados a los factores de riesgo ambiental en los procesos de: puesta en funcionamiento, operación y mantenimiento de las calderas objeto de estudio

Proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental potencial	Exposición potencial a	Estimación impacto ambiental	Empresas (%)
Puesta en funcionamiento	Preparación y dosificación de productos químicos de tratamiento de agua	Generación de vertimiento ocasionados por derrame de productos químicos	Contaminación del agua	Agua	Moderado	100
		Generación de residuos peligrosos por recipientes y empaques de tratamiento químico	Aumento de la cantidad de residuos peligrosos a manejar	Suelo	Moderado	100
		Consumo de carbón	Aumento de la demanda de los recursos naturales	Aire	Severo	87
Operación y vigilancia	Suministro de carbón a la caldera		Contaminación del aire por emisiones de material particulado	Aire	Moderado	100
		Generación de emisiones de partículas y contaminantes atmosféricos por gases de combustión	Contaminación del aire por emisiones de gases NO _x y SO _x	Aire	Moderado	100
			Contaminación del aire por emisiones de gases CO y CO ₂	Aire	Moderado	100
	Purga de la caldera	Generación de vertimiento de aguas alcalinas con cargas contaminantes químicos y fosfatos sin tratar	Aumento deterioro de la calidad del agua	Agua	Moderado	100
Generación de residuos especiales por lodos de la purga		Aumento de la cantidad de residuos especiales a manejar	Suelo	Moderado	100	
Inspección y mantenimiento	Retiro de hollín, cenizas y escoria de la caldera y sistema de control de emisiones	Generación de vertimiento por incorrecto almacenamiento y/o disposición de hollín, cenizas y escoria	Contaminación del agua	Agua	Moderado	100
		Generación de residuo no peligroso: hollín, ceniza y escoria	Afectación del suelo por disposición final	Suelo	Moderado	100
	Mantenimiento general	Generación de vertimiento y/o filtraciones por derrame de sustancias químicas	Contaminación del agua	Agua	Moderado	62
		Generación de residuos peligrosos por recipientes y empaques de aceite, para lubricado y usado	Contaminación del suelo	Suelo	Moderado	50

Fuente: Rev. Salud Pública. Artículo / Investigación

Figura 1

Afectaciones en el ser humano por material particulado NOx y SO2 que afectan el sistema respiratorio de los seres humanos a largo plazo



Fuente: Montenegro, susan. (20 de Junio de 2012).

Según la Organización mundial de la Salud (OMS, 2004), países como la India y China son afectados por la contaminación de material particulado que a partir de este momento indicaremos como “MP”, la mayoría de las ciudades presentan concentraciones medias anuales mayores de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y con niveles que exceden los $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en algunas ciudades. Estudios epidemiológicos en China pudieron mostrar que cada aumento de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de MP conducía a un incremento de 6.75% en la incidencia de bronconeumonía crónica en áreas donde se utiliza carbón.

En Colombia ciudades como Medellín y Bogotá lideran proyectos relacionados con la problemática del MP, para ello cuentan con redes de monitoreo, (<https://www.coursehero.com/>) evaluaron las desviaciones a la norma de calidad de aire que se presentan de manera permanente desde hace varios años en Bogotá. El estudio identificó, que desde el año 2001 el área urbana del distrito capital se incumple la norma anual en más del 40% de los días del año. En otras palabras los habitantes de la ciudad se encuentran expuestos a niveles de contaminación por material particulado que son considerados como inadecuados por entidades como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud.

Ciudades como Medellín registran concentraciones de Material Particulado superiores a las admitidas por la normatividad ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). (Correa et al., s.f, 2011) determinaron que las concentraciones medias de Material Particulado para un período de ocho meses en el sector centro de la ciudad oscilaron entre $116 \pm 32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en el sector Guayabal la concentración media osciló entre $121 \pm 39 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Según lo contemplado en el artículo 3 de la Resolución 651 de 2010 (ministerio de ambiente, 2010): “Las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos y a las que se refiere el artículo 13 de Ley 768 del 2002, tienen la obligación de reportar la información de calidad del aire, meteorológica y de ruido al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE.

Cobertura de los SVCA

Según el ministerio de medio ambiente, Gobierno de Colombia y con base en los criterios establecidos en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (res. 650 de

2010) se identificó que 46 municipios no cuentan con sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA), para esto se establecen dos conceptos: Municipios que deben contar con monitoreo permanente: Cúcuta, Buenaventura, Sincelejo, Riohacha, Tunja, Tuluá, Barrancabermeja, Girón, **Apartado**, Florencia; No cuentan con el número suficiente de estaciones: Montería – Ibagué – Popayán – Armenia – Pasto – Envigado – Soacha.

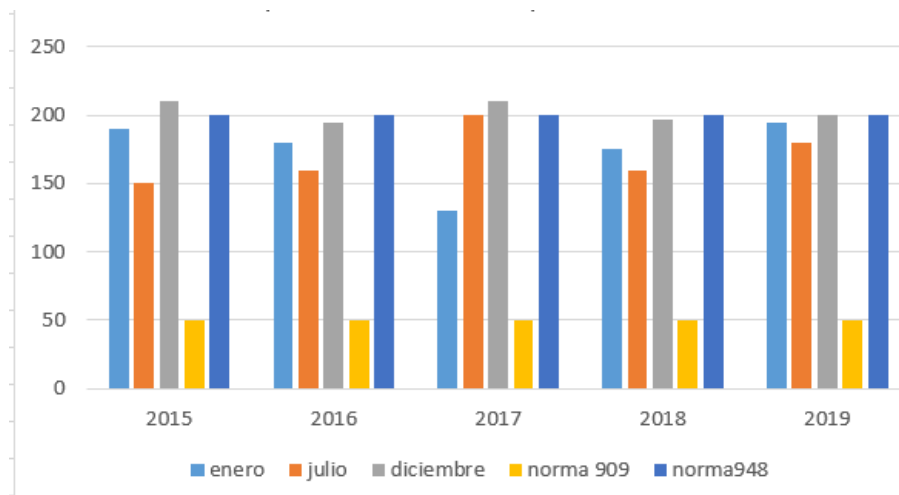
Como se observa en los datos anteriormente indicados “Apartado” es un municipio totalmente agrícola y que su principal fuente de ingreso es la exportación de frutas a través de la industria comercializadoras de la zona y es acá donde empezamos a evidenciar que un municipio como Apartado ubicado en la zona de Urabá, y reconocido por la revista Sinergia como la mejor esquina de América (Revista de Salud Pública. Artículo / Investigación realizado por salud pública en Agosto de 2017). debe ser cuidado ambientalmente y es por esto hoy en día existe un compromiso muy grande de las empresas, las instituciones ambientales y el gobierno nacional para el cuidado del medio ambiente, es por esto que la empresa manufacturera en estudio con una trayectoria de 50 años en la industria actualmente trabaja con una caldera piro tubular, parrilla viajera con combustible de carbón el cual es extraído de las minas de Amaga en Antioquia, este recurso natural es muy atractivo para las empresas debido a su bajo costo y alto poder calorífico lo que hace que las empresas obtengan unos costos muy competitivos en la generación de sus productos cumpliendo con la resolución 948 de 1995 en emisión de gases de 200 mg/m³, sin embargo esta resolución fue modificada con la “909 de 2008 Cap. III, Art. 8 Estándares de Emisión Admisibles de Contaminantes al Aire para Equipos de Combustión Externa Nuevos” donde se pasa de 200 a 50 mg/m³, esto se convierte en un reto para la

empresa, en primer lugar porque es un compromiso con el medio ambiente y segundo, es una inversión en tecnología que puede ver afectado el valor actual de su producto final.

A continuación se observa el comportamiento en los últimos cinco años del material particulado de la empresa en estudio donde se observa que no tiene necesidad de hacer un cambio de tecnología debido a que se cumple con la norma actual, sin embargo su compromiso con el medio ambiente crea un reto muy grande cuando se observa la posición de la nueva norma en la cual su medición está en 50 mg/m³.

Figura No 2

Comportamiento de la materia particulado en cinco años



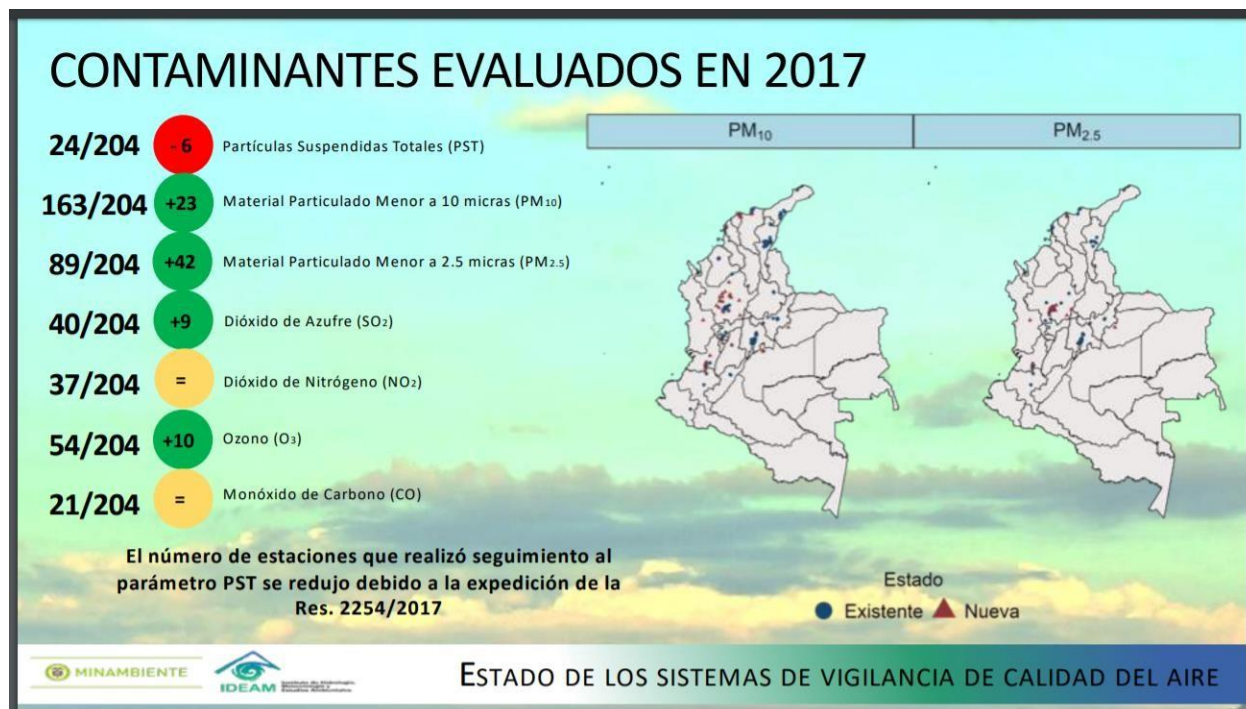
Fuente: Industria comercializadora de la región de Uraba

En el país, las Autoridades Ambientales han realizado 21 inventarios de emisiones atmosféricas las cuales han identificado que las sustancias que se introducen al aire provienen en su mayoría de: 80% fuentes móviles, nos referimos a fuentes móviles a todo el parque automotor del país, 20% fuentes fijas, nos referimos a todo lo que se caracterice como industria y emitan gases a la atmósfera.

Figura 3

Distribución del Material Particulado en el país es su clasificación PM10 y PM2,5

(contaminantes evaluados en 2017)



Fuente: Min Ambiente, IDEAM

Figura 4

Medidas implementadas por Autoridades para mejorar representatividad temporal de datos



Fuente: Min Ambiente, IDEAM (www.foronacionalambiental.org.co)

La empresa en estudio de la región de Urabá es competitiva a nivel nacional e internacional con sus productos y cumple con la legislación nacional indicada en la resolución 909 de 2008, Cap. III, Art. 8 Estándares de Emisión Admisibles de Contaminantes al Aire para Equipos de Combustión Externa, sin embargo el compromiso de las empresa debe ser mucho más exigente a los parámetros de resolución debido a que esto compromete la calidad del aire y seguidamente la salud de las personas, la verdaderas medida de protección para los seres humanos son más estrictas y es acá donde se configura una dualidad ambiental donde se cumple la norma pero se contamina “responsablemente” .

Tabla 2

Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	UNIDADES	PREVENCIÓN	ALERTA	EMERGENCIA
PST	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	375	625	875
PM ₁₀	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300	400	500
SO ₂	24 horas	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.191 (500)	0.382 (1000)	0.612 (1600)
NO ₂	1 hora	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.212 (400)	0.425 (800)	1.064 (2,000)
O ₃	1 hora	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.178 (350)	0.356 (700)	0.509 (1000)
CO	8 horas	ppm (mg/m^3)	14.9 (17)	29.7 (34)	40.2 (46)

Nota: mg/m³ o $\mu\text{g}/\text{m}^3$: a las condiciones de 298.15° K y 101.325 KPa. (25° C y 760 mm Hg)

Fuente: minambiente (2017)

Tabla 3

Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire

CONTAMINANTE	PROMEDIO	MÁXIMA CONCENTRACIÓN
PM10	Anual	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Nitrógeno NO ₂	Anual	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Azufre	Anual	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: resolución 601 de 2006 modificada por la resolución 610 de 2010

En la tabla 3 se puede observar los valores de resolución vs los ideales para el ser humano en su subsistencia donde se indican los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11%.

Tabla 4

Comparativo de resolución 909 vs lo ideal para el ser humano

Contaminante	Flujo de contaminante (kg7hr)	Estándar de emisión admisible de contaminante industrial existente	
		Resolución 909 de 2008	Niveles máximos permisibles
Material particulado MP	<0.5	250	50
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Todos	550	100
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Todos	550	80

Fuente: Marulanda 2020

De la tabla 3 se puede identificar una primera conclusión donde se evidencia que la resolución actual está muy lejos del ideal para la protección del ser humano.

2 Formulación del problema

¿Cuánto tiene que invertir en recursos económicos la empresa manufacturera de la región de Urabá para disminuir las emisiones de gases de material particulado de 250 mg/m³ a 50 mg/m³ en la caldera de generación de vapor?

2.1 Protección del nombre de la empresa

La empresa en estudio ha decidido que su nombre no se debe incluir en este trabajo debido a la confidencialidad o compromiso que se pudiera generar por los datos emitidos en esta investigación que seguramente son de gran importancia para el medio ambiente y para la comunidad que con vive con la empresa.

Actualmente se vienen realizando inversiones entre 500 y 900 mil dólares con el fin de generar una mejor huella de carbono direccionada a una vida sostenible y un mundo más ecológico, cada una de estas inversiones es un insumo para negociar con América, Europa,

Países bajos entre otros, negocios que generan para la compañía ingresos al año de 350 millones de dólares, La unión Europea y Estados Unidos son muy exigentes en los cumplimientos de norma y el generar un trabajo que pueda poner en riesgo la continuidad del negocio por una mala interpretación es un riesgo muy alto que la compañía no puede asumir debido a que no se asigna personal especializado para la verificación del trabajo de grado que se emite.

Como conclusión la empresa se reserva el derecho de protección a su buen nombre y queda atenta a los mejores conceptos que de este trabajo se puedan emitir para en un futuro cercano se analicen con las áreas encargadas de la empresa para su confirmación de viabilidad.

3 Justificación

Aunque por normatividad no hay un incumplimiento de Ley para la empresa en estudio, es claro que el compromiso de la empresa es estar en armonía con el medio ambiente y obtener los mejores resultados en emisión de gases, especialmente en material particulado ($mp = 50 \text{ mg/m}^3$).

El estudio de viabilidad de este proyecto ayudará a pensar en forma diferente a los directivos de las empresas que deben ser consistentes que la mejora continua del cumplimiento de una norma ambiental es lo que nos hace subsistir en el futuro llegando inclusive a grandes pasos donde podamos decir que la contaminación cada día ha disminuido y no solo es mantener un número, inclusive es pensar que podemos llegar a valores de cero ($mp = 0 \text{ mg/m}^3$).

El gran problema hoy en día es que las empresas y los gobiernos se mueven solo por una norma y no por una necesidad de subsistir, el cumplir las normas da tranquilidad, pero esto es un arma de doble filo debido a que se paga por contaminar, pagando así por una degradación lenta disminuyendo los niveles de protección planetario.

Hoy en día podemos decir que ninguna o muy pocas empresas para no ser subjetivos que cumplen la norma ambiental piensan en mejorar sus equipos para disminuir en un 50 o 75% sus valores, esto debido a que hay un alto valor económico donde los resultados finales para llegar a la meta de 50 ppm afectan el valor final del producto y es aquí donde está el gran reto de este trabajo y es encontrar la justificación económica para invertir en nueva tecnología sin afectar el valor del producto final.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Evaluar ambiental, técnica y económica en una empresa de la región de Urabá para mejorar el control de su emisión de gases en los equipos de generación de vapor.

4.2 Objetivos específicos

Identificar los costos reales de inversión en equipos para el mejoramiento de la emisión de gases en material particulado emitido a la atmosfera.

Presentar la viabilidad positiva o negativa del proyecto por medio de un informe ejecutivo a la gerencia de la planta donde se evidencia el impacto en el medio ambiente vs el producto final.

Investigar experiencias reales en empresas donde se hayan instalado equipos tecnológicos que demuestren mejora en la normatividad ambiental y se tomara de ellas sus mejores conceptos.

5 Marco de referencia

5.1 Marco teórico

La contaminación ambiental y las afectaciones en el sistema respiratorio se producen por las emisiones producidas a través de la combustión de calderas que utilizan como combustible el carbón, esto debido a que es uno de los más baratos que se consiguen en el mercado, en las emisiones que se producen se tiene la presencia de material particulado, es necesario hacer un análisis que conduzca a encontrar las soluciones para disminuir el porcentaje de las emisiones de gases a la atmosfera. Estudios han demostrado que con cambio de tecnología o cambio de equipos se podría encontrar la solución para la emisión de gases a la atmosfera.

Es importante que la empresa logre identificar las mejores alternativas con el fin de cumplir las normas emitidas por el Ministerio de Minas y Energía.

5.2 Marco conceptual

La contaminación ambiental y las afectaciones en el sistema respiratorio se producen por las emisiones producidas a través de la combustión de calderas que utilizan como combustible el carbón, esto debido a que es uno de los as baratos que se consiguen en el mercado, en las emisiones que se producen se tiene la presencia de material particulado, el siguiente texto hace referencia al material particulado, su clasificación e implicaciones sobre el medio ambiente.

En el siguiente texto hace referencia al material particulado, su clasificación y las implicaciones sobre el medio ambiente.

5.2.1 *Material particulado*

El material particulado (MP) contaminante que se encuentra en el aire incluye una mezcla diversa de Partículas en suspensión de origen inorgánico y orgánico formándose por diferentes estados de la materia, cuando el MP se emite de forma directa es un material primario y es secundario cuando su transformación es de gas a solido

El material particulado debido a sus dimensiones y tamaños es visible al ojo humano su color es el negro, es por esta característica que comúnmente se puede observar a simple vista las fuentes de contaminación en la industria y el parque automotor de las ciudades, otras partículas de menor tamaño son las que el ojo humano no puede ver y son estas las causantes de la enfermedades respiratorias debido a a una falsa seguridad que se tiene en los individuos al no detectarlas, es de aclarar que las partículas de mayor tamaño también hacen daño pero al ser humano poder observarlas toma medidas preventiva de forma inmediata, esto en algunos casos, como también simplemente el ser humano convive con esta contaminación

El material particulado se origina de diversas fuentes, sin embargo lo podemos identificar claramente en los procesos de combustión de material combustible sólido y líquido, erosión de: suelos, vías, caminos, incendios forestales, entre muchos otros.

Lo peligroso del MP es su tamaño como se indicó anteriormente, debido a que muchas partículas flotan en el aire durante mucho tiempo debido a su bajo peso y fuentes ambientales son las encargadas de transportarlas de un lugar a otro, es por esta razón que muchas personas aun no limitando con zonas industriales se ven expuestas a la contaminación ambiental por material particulado y este es el origen de las normas donde se solicitan alturas específicas en chimeneas o lo que también se conoce como pico y placa con el fin de evitar estas emisiones.

Figura 5

Representación gráfica de la generación del Material Particulado.



Fuente: Centro de Monitoreo de la calidad del aire del estado de Querétaro, CEMCAQ (2017)

5.2.1.1 Clasificación del material particulado

Según el centro de monitoreo de la calidad del aire CEMCAQ para determinar el grado de contaminación y efecto en la salud el MP se ha clasificado en micrómetros de diámetro aerodinámico clasificándose como:

PM 10: medida menor o igual a 10 micrómetros

PM 2.5 Medida menor o igual a 2.5 micrómetros

PM 0.1 Medida menor o igual a 0.1 micrómetros.

Otra forma común de referirse a estas partículas es la siguiente:

PM 2.5-10: Material particulado grueso

PM 0.1-2.5 Material particulado fino

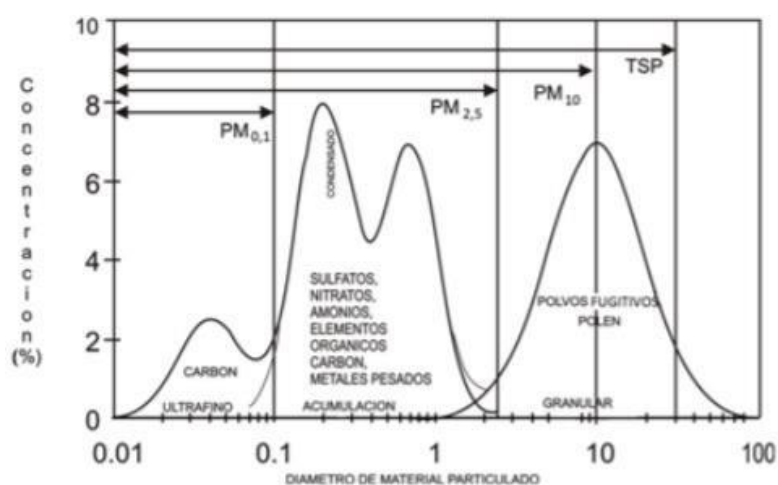
PM <0.1 Material particulado ultra fino

En las figuras No 6 y 7 según la distribución que indica CEMCAQ se observa como el material particulado dependiendo de su dimensión se puede clasificar en:

Ultrafino, Acumulación o granular

Figura 6

Distribución del número de partículas en función del diámetro



Fuente: Repositorio digital unimagdalena (<http://repositorio.unimagdalena.edu.co/>)

Distribución típica de las partículas en la atmosfera donde se muestran las partículas finas y las gruesas, tomado de Watson & Chow (2000).

Como se puede observar el MP se forma en diferentes tamaños y por diferentes reacciones como: “Condensación de sustancias químicas, baja presión vapor formada por volatilización a altas temperaturas, reacciones químicas en la atmosfera, compuestos químicos, vaporizados durante combustión, carbón elemental, carbono orgánico, sulfatos y nitratos, entre otros”. (Fang et al., 2006).

5.2.2 Contaminación atmosférica en la salud

Según estudios de toxicología, no todos los tamaños de partículas afectan la salud, esto debido a que el ser humano está diseñado para retener de forma correcta partículas con tamaño superior a diez (10) micras (micrómetros) en su sistema respiratorio conformado por Nariz, Laringe, Tráquea en su orden respectivo, partículas de tamaño entre PM 4.7, PM 0.65, afectan los bronquios inclusive llegando hasta los alveolos que son la parte más profunda del aparato respiratorio, allí se podrían ubicar partículas de tamaño PM 0.65-PM0.43.

El material particulado es un asesino silencioso que supera al ozono en muertes en relación de cuatro a uno, es por esta razón que la Organización mundial de la salud (OMS) ha identificado el parámetro de PM 2.5 como un valor donde sean producido la mayor cantidad de muertes asociadas a este enemigo silencioso que poco a poco va incidiendo en las características de crecimiento de la población, vistas estas como disminución de talla al nacer y en algunos casos hasta la misma muerte.

5.2.2.1 *Impacto económico del material particulado en el medio ambiente*

Tomando a China como un referente mundial entre los años 2004 y 2009 se puede estimar que la economía de este gigante asiático crece cada año en forma vertiginosa y adelantada a los demás países, su economía es un ejemplo mundial, sin embargo y aunque hacen esfuerzos por controlar los temas ambientales, informes económicos indican que el incremento en pérdidas por material particulado PM10 puede ir de 29 billones a 106.5 billones de dólares en los años anteriormente indicados.

5.2.3 *Criterio de calidad del aire*

La norma: NOM-025-SSA1-2014 es la encargada de emitir los conceptos técnicos para la evaluación del aire con partículas por debajo de 2.5 micrómetros (PM 2.5) y 10 Micrómetros (PM 10).

5.2.3.1 Panorama nacional

En Colombia los estudios adelantados sobre MP, se han realizado en las principales ciudades del país, pero solo como referencia se indicarán dos ciudades con el fin de evidenciar el grado de criticidad al que se está expuesto.

Valle de Aburrá, en relación con el MP, arrojaron que el nivel de contaminación está aumentando en los últimos años y los niveles superan los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, , muy por encima de los niveles de precaución, para la salud, definidos por la Organización Mundial de la Salud –OMS– (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Si se considera el material particulado respirable (PM10), el diagnóstico se confirma en su tendencia ascendente con niveles muy altos (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) con respecto al umbral de precaución fijado por la Organización Mundial Salud (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para niveles de exposición crónica (Bedoya et al., 2009) (universidad de caldas, revista científica)(lunazul.uccaldas.edu.co)

Santa Fe de Bogotá, el estudio efectuado por Solarte et al. (1999) determinó una asociación significativa entre el incremento en la concentración másica de material particulado en el aire y el aumento en el número de consultas por enfermedad de vía aérea, superior en menores de 14 años, basado en datos de los hospitales de los barrios Venecia, Bosa y Trinidad Galán. El estudio predice, a partir de sus resultados, que una disminución de PM10 en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ produciría una disminución del 17% en el número de consultas por síntomas de enfermedades respiratorias.

6 Marco geográfico

6.1 Región del Urabá

Urabá está ubicada en la mejor esquina de América (Hinestroza, 2015) debido a los dos mares que la rodean permitiendo ser una zona estratégica para la importación y exportación de bienes, consumos y alimentos, siendo este último el que le da la fuerza económica a una región constituida en una extensión territorial de 1.166.400 hectáreas; además, lidera el uso de la tierra con fines agrícolas con 78.637 hectáreas cosechadas, de las cuales el 51% corresponde a cultivos permanentes y el 40% a transitorios (Toro, 2019).

Las principales frutas de comercialización en la zona de Urabá son el plátano y el banano que representan el mayor ingreso para la zona, solo en el año 2017 El presidente de la agremiación, Juan Camilo Restrepo Gómez, precisó que los despachos de banano a los mercados internacionales tuvieron un valor de 850 millones de dólares, frente a los 811,6 millones de 2016, lo que representó un crecimiento de 4,7 %. (Jimenez, 2018)

Figura 7

Ubicación geográfica de los municipios de la región de Urabá



Fuente: Sala de prensa Alcaldía de Apartadó

Fuente: noticias Uraba.com/ mapa de Urabá

Es importante resaltar que la población en el casco urbano es la directa receptora de las emisiones producidas por las emisiones de calderas que actualmente utilizan como combustible el carbón.

6.1.1 *Planta manufacturera*

La planta se ubica en el municipio de Carepa con una extensión de veinte mil metros cuadrados y rodeada de fincas bananeras y población urbana en un radio de cinco kilómetros, sentido sur, occidente.

7 Marco histórico

7.1 Estándares ambientales

La empresa manufacturera genera a lo largo del proceso de fabricación una serie de residuos cuyas características obligan a ser tratados de manera adecuada de acuerdo a normativas ambientales que rigen a la empresa.

Para el reciclaje del cartón remanente y de desperdicio de la producción existe un sistema de ductos que transporta los residuos hacia una embaladora donde son adecuados para ser cargados en tracto camiones y ser reciclados posteriormente.

En la actualidad, el carbón utilizado en la caldera se encuentra almacenado en el centro de acopio pues debido a la ubicación geografía de la fábrica, aun no se ha definido correctamente que hacer con dichos residuos para no afectar los ecosistemas cercanos. Igualmente, el aceite utilizado por las diferentes maquinas, incluyendo los montacargas se lleva hacia el centro de acopio y después de esto ese aceite es recibido por Ecotransa que será la empresa encargada de darle adecuada disposición.

La pintura utilizada para poder identificar las diferentes marcas en cada caja es reciclada por la empresa Ecofuegos quienes de igual manera le darán el uso correcto a este producto ya que la separan y dejan indicada como residuo peligroso.

8 Marco legal

8.1 Normas ambientales

Desde hace varias décadas se ha escuchado sobre temas ambientales de orden nacional e internacional, Colombia a través de su Constitución Política de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a través de los siguientes principios fundamentales: Derecho a un ambiente sano, medio ambiente como patrimonio común y desarrollo sostenible, como todo país en desarrollo Colombia ha establecido su normatividad ambiental la cual es muy extensa dentro de los cuales tenemos la norma referente al recurso atmosférico que se basa en los siguientes decretos:

Tabla 5

Normatividad sobre el recurso atmosférico

2.6 Normatividad sobre el recurso atmosférico	
Decreto 2811 de 1974	Código de recursos naturales y del medio ambiente Art. 33, 192, 193 Control de ruido en obras de infraestructura
Ley 09 de 1979	Código sanitario nacional
Decreto 02 de 1982	Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74 Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas Art. 7 a 9 Definiciones y normas generales Art.73 Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar molestias o daños que interfieran

	el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales
	Art. 74 Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera
	Art. 75 Prevención de la contaminación atmosférica
Ley 99 de 1993	Creación del SINA y se dictan disposiciones en materia ambiental
	Art.5 Funciones de Minambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental
	Art. 31 Funciones de las CAR,s relacionadas con calidad y normatividad ambiental
Decreto 948 de 1995	Normas para la protección y control de la calidad del aire
Resolución 1351 de 1995	Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1
Resolución 005 de 1996	Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles
Resolución 864 de 1996	Identifica equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio tributario según art. 170, ley 223 de 199

Fuente: La importancia del reciclaje en el Páramo

8.1.1 Normatividad específica

Decreto 948 de 1995 Normas para la protección y control de la calidad del aire

Este decreto es para la protección y Control de la Calidad del Aire, el alcance se da para todo el territorio nacional, en él se basan todas las mediciones atmosféricas para fuentes contaminantes fijas y móviles, para esta investigación se evaluaron los siguientes gases:

8.1.1.1 Material particulado

En algunas literaturas se podrá encontrar como MP o PM, también identificado como: contaminación de partículas sólidas que se encuentran en el aire, algunos ejemplos visibles son:

polvo, hollín, escoria, carbón entre otros, su tamaño varía entre lo visible y lo no visible (vista por medio de microscopios).

Para este estudio identificaremos las siguientes partículas:

PM₁₀: partículas con dimensiones en diámetro correspondiente a 10 micrómetros y menores.

PM_{2,5}: partículas con dimensiones en diámetro correspondiente a 2.5 micrómetros y menores.

Se debe controlar el material particulado con dimensiones menores o iguales a 10 micrómetros debido a que con estas dimensiones tan pequeñas se puede ubicarse en los pulmones o inclusive llegar al torrente sanguíneo debido a su pequeño tamaño

8.1.1.2 Gases NO_x

Estos gases tiene el nombre de Óxidos de Nitrógeno los cuales se generan en combustiones de altas temperaturas según indica el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes en su página web.

Este gas es irritante y tóxico produciendo ácidos a niveles de PM 2.5 en el ambiente como se indicó anteriormente.

Los efectos para la salud pueden ir desde la destrucción del ozono estratosférico, pasando por irritación en los sistemas respiratorio y ocular que pueden producir enfermedades graves.

8.1.1.3 Gases SO₂

El Dióxido de azufre como los anteriores es un gas irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0,3 a 1,4 micrómetros, este gas es el responsable de lo que llamamos la lluvia ácida que dicho en otras palabras es la combinación de la humedad del aire con los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los óxidos de azufre (SO₂) emitidos por las empresas que trabajan

generalmente con combustibles como el carbón o productos derivados del petróleo, si por alguna razón se adiciona agua, se formarían gases de nítricos o sulfúricos.

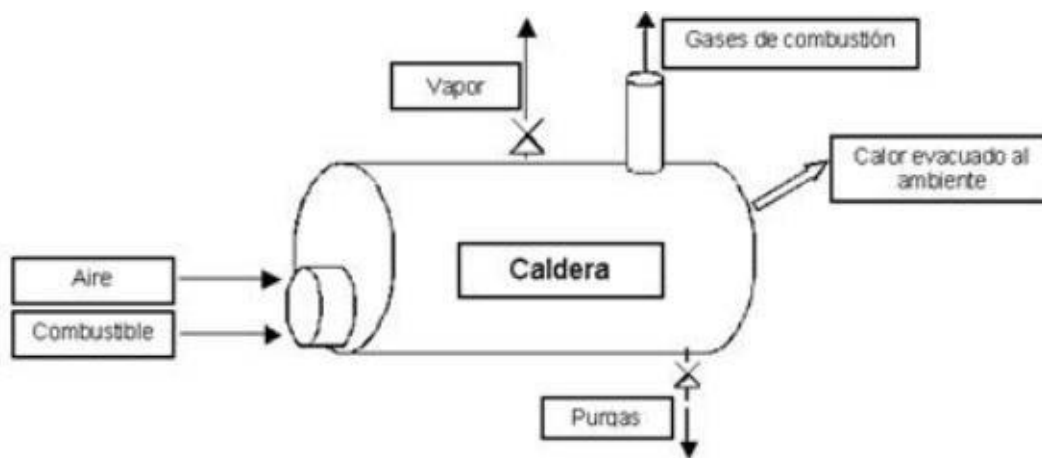
Este gas al igual que los dos anteriores genera problemas en la salud especialmente en vías respiratorias generando irritación mucosa, edemas pulmonares, hasta paros cardíacos o colapsos circulatorios.

8.1.1.4 Generación de vapor

Las industrias dentro de sus procesos utilizan máquinas para generar vapor y son conocidos con el nombre de Caldera de vapor la cual tiene dentro de sus funciones transformar el agua que ingresa en estado líquido y llevarlo luego a un proceso en estado gaseoso a temperaturas diferentes de la atmosférica, para que esto se pueda generar debe existir un combustible en cual puede ser Carbón, acpm, Fuel oil o gas, cada uno de ellos en su combustión dependiendo de la tecnología que tenga la caldera podría generar mayor o menor cantidades de gases contaminantes a la atmósfera.

Figura 8

Entradas y salidas en una caldera para generación de vapor



Fuente: monografías .com/generación de vapor

8.1.1.5 Combustibles para calderas

Las calderas para generación de vapor pueden utilizar diferentes tipos de combustibles dentro de los cuales podemos clasificar:

8.1.1.6 Carbón

Debido a su origen mineral y por su composición física y química este genera un desprendimiento de partículas que se convierten en trozos más pequeños hasta llegar a tamaños que comprometen la salud originando daños en el sistema respiratorio, efectos sobre la piel y en algunos casos riesgo a las instalaciones por ser un polvillo que en combinación de aire, temperatura y calor genera nuevamente ignición produciendo incendio en las instalaciones donde se encuentre.

Debido a que el proceso de combustión del carbón es incompleto se originan residuos que normalmente son llamados cenizas inertes convirtiéndose en polvo fino.

Generalmente el carbón produce gases de combustión como: MP, NOx y SO2 entre otros de menor régimen.

8.1.1.7 ACPM

Aceite Combustible para Motores (Diesel), aunque su nombre lo identifica como un aceite realmente se identifica como un combustible derivado del petróleo para generar energía mecánica en calderas y demás equipos.

En la generación de gases del acpm encontramos NOx, SO2, entre otros de menor relevancia.

Como característica principal del acpm se encuentran partículas que al ojo humano se identifica como “humo” y relativamente caen pronto debido a su tamaño, sin embargo al igual que los otros combustibles también puede generar partículas muy pequeñas entre 0,02 y 0,5 μm que generalmente quedaran suspendidas en el aire por largos periodo de tiempo generando daños en la salud, especialmente en el sistema respiratorio

8.1.1.8 Gas

Según la revista de la secretaria de estado de energía del gobierno de España indica que el gas natural es el combustible fósil con menor impacto medioambiental de todos los utilizados, tanto en la etapa de extracción, elaboración y transporte, como en la fase de utilización.

Continuando con los conceptos que emite la secretaria de estado de energía del gobierno de España las consecuencias atmosféricas del uso del gas natural son menores que las de otros combustibles por las siguientes razones:

La menor cantidad de residuos producidos en la combustión permite su uso como fuente de energía directa en los procesos productivos o en el sector terciario, evitando los procesos de transformación como los que tienen lugar en las plantas de refino del crudo.

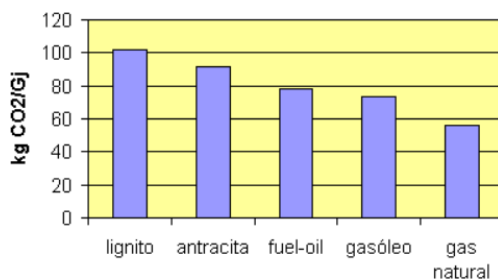
La misma pureza del combustible lo hace apropiado para su empleo con las tecnologías más eficientes: Generación de electricidad mediante ciclos combinados, la producción simultánea de calor y electricidad mediante sistemas de cogeneración, climatización mediante dispositivos de compresión y absorción.

Se puede emplear como combustible para vehículos, tanto privados como públicos, mejorando la calidad medioambiental del aire de las grandes ciudades.

Menores emisiones de gases contaminantes (SO₂, CO₂, NO_x y CH₄) por unidad de energía producida. (www.mincotur.gob.es)

Figura 9

Emisión de CO₂ en la combustión



Fuente: secretaria de estado de energía del gobierno de España, Gas natural (2018)

(www.mincotur.gob.es).

Como se puede observar en la figura anterior es claro que el gas natural es el combustible más amigable al medio ambiente por la emisión de los gases de dióxido de carbono..

Referente a las emisiones de:

NO_x: debido a su composición molecular puede realizar combustiones completas y más eficientes con un menor exceso de aire, situación que no ocurre con el carbón, el acpm o el fuel oil.

El gas natural genera dos veces menos emisiones que el carbón y 2.5 veces que el fuel oil o el acpm.

SO₂: en azufre el gas natural tiene un contenido inferior a 10 ppm (parte por millón) por lo que la emisión de estos gases es su combustión es 2500 veces menor al fuel oil, y entre 70 y 1500 veces menor a la del carbón

PM: En el gas no se tendrá la presencia de partículas sólidas como se veía anteriormente en el carbón, el acpm, o el fuel oil, esto garantiza una combustión limpia, dicho en otras palabras libre de humos, hollines entre otros.

8.2 Hipótesis

Las empresas manufactureras que utilizan como combustible el carbón hacen que el impacto ambiental aumente, debido a las emisiones de gases que contienen: material particulado, óxidos de nitrógeno, óxido de azufre, perjudicando al ser humano y el medio ambiente.

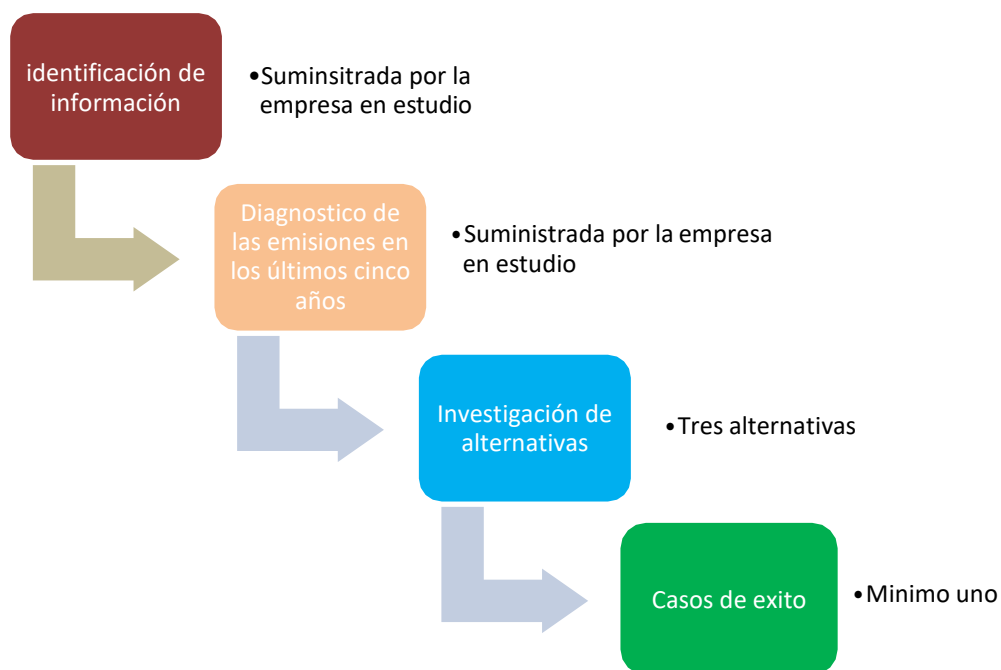
Capítulo 2

9 Diseño metodológico

9.1 Tipo de investigación

Los requerimientos de recurso humano cumplirán las siguientes funciones:

El tipo de investigación utilizado para este trabajo es de carácter cuantitativo y explicativo con los cuales se analizará la situación actual de emisión de gases en una caldera de generación de vapor entre los años 2015 al 2020 con datos suministrados por una empresa manufacturera de la región de Urabá y comparados con datos estadísticos identificados en las resoluciones nacionales.

Figura 10*Etapas de la investigación***Fuente: Marulanda 2020**

Del diagrama anterior se podrán definir variables y aspectos técnicos como:

Cualitativos:

- Tipo de caldera utilizado.
- Población expuesta

Cuantitativo:

- Valores actuales en la emisiones de gases, específicamente en el material particulado

Normativo:

- Identificar las normas vigentes referente a emisión de gases, específicamente en el material particulado

- Identificar el costo para mejorar la emisión de gases al medio ambiente con respecto a los datos actuales de emisión de gases.

9.1.1 Caracterización y delimitación de la población

Se debe recopilar la información yendo a las áreas de mantenimiento gestión integral, talento humano, donde se deberán obtener datos como consumos de carbón energía, agua, número de personas que laboran, normatividad actual con la cual trabaja la empresa, equipos utilizados como las calderas.

9.1.2 Selección de métodos

En el presente proyecto de investigación se decide abordar el problema a través de entrevista realizada al personal que labora en el área de operatividad de calderas, con el fin de investigar la realidad del funcionamiento de las mismas, de allí será plasmada la información minuciosamente para finalizar con informe cuantitativo a través del análisis de los costos de funcionamiento.

9.1.3 Definición del problema

Se debe identificar la norma actual con la que trabaja la empresa, la norma de emisión de gases con la cual trabaja la empresa y el valor total en pesos que debería invertir la empresa para hacer cambio tecnológico o cambio de equipo

9.1.4 Medios que se van a usar

Entrevista: se realiza una corta entrevista a uno de los ingenieros que trabajan en la empresa en el área de operación de calderas donde se realizan las siguientes preguntas puntuales:

Qué tipo de caldera se utiliza actualmente en la empresa.

9.1.6 Fuente de datos

La fuente de datos se basó, en las estadísticas que actualmente maneja la empresa manufacturera en estudio, mediante los cuales se logra establecer cada uno de los datos necesarios para obtener información clara y precisa en cuanto a costos de manejo de calderas.

9.1.7 Recolección de datos

Se realiza directamente con los ingenieros que se encuentran en la planta de manejo de calderas, los cuales son expertos en el área que operan dentro de la empresa manufacturera en estudio.

Capítulo 3

10 Cronograma

Tabla 6

Cronograma de actividades

Ítem	actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	identificación de conceptos	X	X		
2	identificación de normas vigentes	X	X	X	
3	Diagnóstico del estado de emisiones de gases		X	X	
4	Investigación de alternativas (estudio de tecnologías para control de material particulado)	X	X	X	
5	Investigación de experiencias de éxito o fracaso en industrias		X	X	
6	Evaluación de alternativas		X	X	

7	evaluación de equipos	X	X
8	Evaluación de costos	X	X

Fuente: elaboración propia

Para el proyecto de investigación se hizo necesario dividirla en etapas:

Etapa 1: se realizó explicación de conceptos generales sobre emisión de gases, situación actual de las ciudades en cuanto a contaminación por dichas emisiones, además se ha hecho énfasis en el estado actual del Urabá en el marco anteriormente enunciado a nivel nacional. Estándares ambientales nacionales e internacionales. Se indican normas de regulación.

Es importante mencionar que para el logro del objetivo se hizo necesario realizar investigación cómo se maneja dentro de la empresa la generación de vapor.

Además se hace necesario realizar un cálculo general para la capacidad de la caldera, lo que hace que se pueda continuar con la siguiente fase

Etapa 2: propuestas de mejora, que incluyen equipo mejorado que utiliza como combustible el carbón esto se realiza mediante técnicas acordes a los protocolos de funcionamiento, los cuales incluyen mejoras en lavadores de gases y filtros de mangas; se realiza también propuesta de cambio de combustible para trabajar con gas, pero la propuesta incluye que la solución en este caso sería cambio de equipo para esto se hizo necesario solicitar cotizaciones en empresas internacionales o nacionales para determinar el valor de las mismas.

Lo anteriormente mencionado hace que la investigación del proyecto se realice por medio de revisión documental el cual se realiza mediante software SAP, estudiando las variables allí encontradas se logra calcular la eficiencia o deficiencia muestra los equipos utilizados actualmente.

El alcance del proyecto no es convencer la empresa para cambio de calderas, es indicar el valor exacto por medio del cual se explica a la empresa cuales son los beneficios tanto para la compañía como para el medio ambiente basándose en la norma actual de emisiones y se da un valor exacto del costo que implica el cambio de equipos.

10.1 Evaluación técnica para generación de vapor

En el sector industrial la ventaja del carbón es el costo y la estabilidad del precio (la volatilidad en el precio del carbón de la zona de Antioquia es bajísima).

La desventaja es que es un combustible menos amigable con el medio ambiente como se explica en capítulos anteriores, pero en un medio rural como el de Urabá la incidencia medio ambiental es baja si se compara con otras ciudades, Medellín podría ser una de ellas, en donde está prácticamente prohibida la quema de nuevas calderas a carbón porque se está en un valle lleno de otras fuentes fijas como vehículos y demás.

El precio del gas siempre será más elevado, se estima que podría estar entre tres y cuatro veces, comparado con el carbón, la volatilidad de los precios es mayor y el abastecimiento dependerá en buena medida de la exploración petrolera.

Momentos de incertidumbre en la industria petrolera como el actual tienen un efecto sobre el mercado del gas, el carbón regional no posee una relación directa sobre estos fenómenos internacionales, es de aclarar que el carbón se puede quemar bajo la norma, pero requiere de elementos adicionales como se indica en los siguientes capítulos.

10.1.1 Selección de equipos

Para la selección de quipos se consideran los siguientes criterios:

10.1.2 Información básica

10.1.2.1 Consumo de carbón

La planta manufacturera suministró los siguientes datos para el periodo de un año así:

Tabla 7

Consumos de carbón año 2017-2018

Fecha	Valor medio / Valor ton carbón (Kg)
25/02/2018	18.370.020
12/02/2018	18.146.020
12/01/2018	17.951.200
25/11/2017	17.789.520
07/11/2017	17.614.520
03/10/2017	17.394.520
03/10/2017	17.153.820
23/08/2017	16.938.805
13/08/2017	16.768.805
12/06/2017	16.675.680
12/06/2017	16.509.680
12/06/2017	16.336.680
23/03/2017	16.125.680
13/03/2017	15.88.7580

10.1.2.2 Materia prima transformada en láminas producidas

Los valores de producción se emiten para el periodo comprendido entre enero de 2017 y febrero de 2018 así.

Tabla 8

Registro de Producción

Referencia	Unidades producidas	Tiempo real Operativo hr
Lamina pared sencilla	47466418	1235
Lamina Doble Pared	47079761	1235

10.1.2.3 Tiempos de operación

Generalmente la caldera es un equipo que trabaja las 24 horas, distribuidas así:
16 horas en alto fuego (máxima operación) y
8 horas a bajo fuego, tiempos nocturnos donde las máquinas de producción no trabajan.

10.1.2.4 Presión de operación para generación de vapor

La caldera está diseñada para trabajar en un rango de 180 a 200 psi

10.1.2.5 Consumo de agua

Registros desde el contador de agua hacia tanque des aireador

Tabla 9

Consumo agua caldera

Fecha	Valor medio / valor total m3
05/03/2018	8475
26/02/2018	8208
06/02/2018	7396
29/10/2017	7131
17/10/2017	7131
02/10/2017	6876
17/09/2017	6426
10/09/2017	6264
04/09/2017	6119
21/08/2017	5732
07/08/2017	5041
30/07/2017	4831
23/07/2017	4686
02/07/2017	4151
29/05/2017	3487

01/05/2017	2757
20/04/2017	2373
09/04/2017	2157
27/03/2017	1741
19/03/2017	1544
12/03/2017	1393
27/02/2017	1065
24/01/2017	201

10.1.3 Costos

Los valores más representativos incluyen:

Carbón: \$300/Kg

Energía eléctrica: \$276,28/kWh

Agua: La planta posee un pozo debidamente autorizado por la entidad reguladora de la zona (Corporación), sin embargo, se incluyen gastos en el tratamiento como:

Tabla 10

Consumo químicos año

Descripción	Cant.kg	Frecuencia	Precio kg
Sal baja dureza	100	Cada 24 horas	582
Sufato aluminio	25	Cada 24 horas	1342
Hipo clorito de Sodio 15%	25	Cada 24 horas	1643
Nova 130	3	Cada 24 horas	20521
Nova 145	3	Cada 24 horas	15724
Nova 160	3	Cada 24 horas	12225

10.1.3.1 Disposición de Escoria

El carbón genera un residuo sin poder calorífico el cual debe ser dispuesto ambientalmente, debido a que en la zona de Urabá no hay una entidad que lo pueda hacer se dispone en tierras de la compañía lo que genera un detrimento aproximadamente de:

Valor \$857.142 /mes, para cargas semanales de aproximadamente 6 toneladas.

10.1.3.2 Variables

10.1.3.3 Tiempos de trabajo

Considerando que se trabaja con un tiempo teórico, la empresa por medio de sus indicadores puede determinar realmente cuanto es el tiempo real por mes establecido en la siguiente tabla:

Tabla 11

Días laborados mes

año	Mes	Días calendario	Días producción
2018	Febrero	28	0
	Enero	31	16
2017	Diciembre	31	17
	Noviembre	30	20
	Octubre	31	20
	Septiembre	30	16
	Agosto	31	21
	Julio	31	18
	Junio	30	14
	Mayo	31	20

Abril	30	17
Marzo	31	22
Febrero	28	23
Enero	31	0

10.1.3.4 Consumo de carbón

Con base en la tabla anterior se pueden deducir los valores promedio que se requieren y a partir de estos datos se proyecta el caudal de vapor consumido en producción.

Tabla 12

Valores consumo de carbón

año	Mes	Días calendario	Días producción	General Carbón kg/mes	PURGAS Carbón kg/mes	VAPOR Carbón kg/mes
2018	Enero	31	16	195.000	24.196	170.804
	Diciembre	31	17	161.000	25.708	135.000
	Noviembre	30	20	175.000	30.245	144.000
2017	Octubre	31	20	220.000	30.245	189.000
	Septiembre	30	16	240.000	24.196	216.000
	Agosto	31	21	215.000	31.757	183.000
	Julio	31	18	170.000	27.220	142.000

Junio	30	14	93.125	21.171	71.954
Mayo	31	20	166.000	30.245	135.755
Abril	30	17	173.000	25.708	147.292
Marzo	31	22	211.000	33.269	177.731
Febrero	28	23	238.000	34.782	203.318

10.1.3.5 Capacidad actual de la caldera

Los cálculos para la capacidad de una caldera se basan en dos premisas:

Poder calorífico del carbón: 11.000 BTU/Lb

Eficiencia térmica de la caldera: 80% (este dato es muy importante para la selección y c

Tabla 13

Valores consumo de carbón

año	mes	Energía consumida btu/mes	Energía consumida btu/día	Energía usada en producción de vapor		Consumo energético btu/h
				btu/día	btu/h	
2018	Enero	3.782.064.000	236.379.000	207.168.273	12.948.017	12.948.017
2017	diciembre	3.132.324.800	195.770.300	171.577.826	10.723.614	10.723.614
	Noviembre	3.394.160.000	212.135.000	185.920.245	11.620.015	11.620.015

Octubre	4.266.944.000	266.684.000	233.728.309	14.608.019	14.608.019
Septiembre	4.668.715.568	291.794.723	255.735.954	15.983.497	15.983.497
Agosto	3.297.184.000	206.074.000	180.608.238	11.288.015	11.288.015
Julio	3.219.603.200	201.225.200	176.358.633	11.022.415	11.022.415
Junio	3.355.369.600	209.710.600	183.795.443	11.487.215	11.487.215
Mayo	3.219.603.200	201.225.200	176.358.633	11.022.415	11.022.415
Abril	3.355.369.600	209.710.600	183.795.443	11.487.215	11.487.215
Marzo	4.092.387.200	255.774.200	224.166.696	14.010.418	14.010.418
Febrero	4.617.997.120	288.624.820	252.957.774	15.809.861	15.809.861

Tabla 14*Valores externos en cálculo capacidad caldera*

Concepto	valor	promedio	mínimo	máximo
meses muestreo	12			
Días laborado periodo	224			
Días laborado mes		18,7	14	23
Consumo carbón kg/mes		188,203	93.125,000	240.715,000
carga media caldera bhp		368	235	559

De los valores tabulados en las tablas 1 y 2 se indican los valores máximo y mínimo y los promedios de los datos base.

Con base en los valores de carga media se establece un parámetro para el consumo de vapor de carga instalada no siendo inferior a dos veces la carga media.

Tabla 15

Carga para caldera

valor promedio	Constante (carga media)	Resultado bhp	Valor final bhp
368	2	736	700

Con base en los valores de carga media se establece un parámetro para el consumo de vapor de carga instalada no siendo inferior a dos veces la carga media.

10.1.3.6 Generación de vapor.

Para la generación de vapor se debe considerar el consumo de carbón y los siguientes factores:

Poder calorífico del carbón: 11.000 BTU/Lb

Eficiencia de la caldera: 80%

Factor de generación de vapor: 32,9 Lb vapor/BHP

Con estos datos se obtiene:

Tabla 16*Producción de vapor*

2018	Enero	16	195.000	3.255.876
	diciembre	17	161.000	2.588.471
	Noviembre	20	175.000	2.759.330
	Octubre	20	220.000	3.617.122
	Septiembre	16	240.000	4.127.298
	Agosto	21	215.000	3.492.985
2017	Julio	18	170.000	2.721.672
	Junio	14	93.125	1.371.583
	Mayo	20	166.000	2.587.771
	Abril	17	173.000	2.807.685
	Marzo	22	211.000	3.387.911
	Febrero	23	238.000	3.875.666

10.1.3.7 Consumos de Energía

Se tomarán como base las potencia instaladas y se aplicará un factor por el uso

Tabla 17*Motores instalados y capacidad*

Equipo	Cantidad	Potencia hp	Total hp
Tiro			
Forzado	2	10	20
Parrilla	2	1	2
Bomba de agua	1	25	25
Tiro inducido	1	50	50

Como se indicó anteriormente la caldera trabaja 24 horas.

Bajo estas dos condiciones de carga, los consumos eléctricos son del orden de:

Tabla 18

Consumo energético

Equipo	Total hp	Total kw	Energía consumo trabajo normal	Energía consumo operación nocturna	Energía consumo día
Tiro Forzado	20	14,9	167,625	17,95	185,577
Parrilla	2	1,49	16,7625	1,80	18,558
Bomba de agua	25	18,625	209,53125	22,44	231,971
Tiro inducido	50	37,25	419,0625	44,88	463,942
Total	97	72,265	812,98125	87,07	900,048

10.1.3.8 Análisis de costos

A continuación se realiza análisis de cada uno de los insumos que exige la caldera para su funcionamiento en los años 2017 y 2018:

10.1.3.9 Costos de Carbón

La siguiente tabla está basada en uno costo promedio de \$3.000/kg

Tabla 19*Costos de carbón consumido*

MES	DIAS TRABAJA DOS AL MES	CONSUMO CARBON Kg/mes	COSTO CARBON \$/MES
ENERO 2018	16	195.000	\$ 58.500.000
DICIEMBRE 2017	17	161.500	\$ 48.450.000
NOVIEMBRE 2017	20	175.000	\$ 52.500.000
OCTUBRE 2017	20	220.000	\$ 66.000.000
SEPTIEMBRE 2017	16	240.715	\$ 72.214.500
AGOSTO 2017	21	215.000	\$ 64.500.000
JULIO 2017	18	170.000	\$ 51.000.000
JUNIO 2017	14	93.125	\$ 27.937.500
MAYO 2017	20	166.000	\$ 49.800.000
ABRIL 2017	17	173.000	\$ 51.900.000
MARZO 2017	22	211.000	\$ 63.300.000
FEBRERO 2017	23	238.100	\$ 71.430.000
TOTAL	224 días/año	2.258.440 Kg/año	\$677.532.000/año
PROMEDIO	19 días/mes	188.203 Kg/mes	\$56.461.000/mes

10.1.3.10 Costo agua

En la zona de Urabá generalmente la empresa tiene su propio pozo por lo que solo se consideran valores del tratamiento químico en:

Costos en zona de planta de tratamiento de agua Potable

Tabla 20*Costos en tratamiento de aguas PTAP*

Descripción	Cantidad kg	frecuencia	Precio por kg
Sal baja dureza	100	24 h	\$ 582,00
Sulfato aluminio Granulado Tipo A	25	25 h	\$ 1.342,00
Hipoclorito sodio liquido 15%	25	26 h	\$ 1.643,00

El costo diario asciende a \$132.825 para tratar 190 m³/día. Así el valor del metro cubico de agua de pozo es aproximadamente \$697.

10.1.3.11 *Costos en zona de calderas, tanque des aireador***Tabla 21***Costos en tratamiento de aguas caldera*

Descripción	Cantidad kg	frecuencia	Precio por kg
Antincrustante	3	24 h	\$ 20.521,00
Secuestrante de oxigeno	3	25 h	\$ 15.725,00
Amina para condensados	3	26 h	\$ 12.225,00

El costo diario es de \$145.410. Considerando solo el caudal gastado en purgas de superficie y de fondo, y que se calculó en 44,6 m³/día, el costo de tratar un metro cubico de agua es de \$3.255.

10.1.3.12 *Costos de tratamiento de agua en calderas*

Los costos mensuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 22*Costos de agua usada en producción de vapor*

MES	DIAS TRABAJADOS AL MES	CONSUMO MENSUAL DE AGUA EN PURGAS m3	VALOR AGUA PURGADA \$/MES	CONSUMO MENSUAL DE AGUA REPOSICIÓN ³³ m3	VALOR AGUA REPOSICIÓN \$/MES	COSTO TOTAL AGUA MES \$/MES
ENERO 2018	16	715	\$ 2.824.945	266	\$ 1.050.894	\$ 3.875.839
DICIEMBRE 2017	17	759	\$ 3.001.504	211	\$ 835.477	\$ 3.836.981
NOVIEMBRE 2017	20	893	\$ 3.531.181	225	\$ 890.625	\$ 4.421.805
OCTUBRE 2017	20	893	\$ 3.531.181	295	\$ 1.167.493	\$ 4.698.674
SEPTIEMBRE 2017	16	715	\$ 2.824.945	337	\$ 1.332.162	\$ 4.157.106
AGOSTO 2017	21	938	\$ 3.707.740	285	\$ 1.127.426	\$ 4.835.165
JULIO 2017	18	804	\$ 3.178.063	222	\$ 878.470	\$ 4.056.533
JUNIO 2017	14	625	\$ 2.471.826	112	\$ 442.704	\$ 2.914.530
MAYO 2017	20	893	\$ 3.531.181	211	\$ 835.251	\$ 4.366.432
ABRIL 2017	17	759	\$ 3.001.504	229	\$ 906.232	\$ 3.907.736
MARZO 2017	22	983	\$ 3.884.299	277	\$ 1.093.511	\$ 4.977.809
FEBRERO 2017	23	1.028	\$ 4.060.858	317	\$ 1.250.943	\$ 5.311.801
TOTAL	224 días/año	10.007 m ³ /año	\$39.549.223/año	2.989 m ³ /año	\$11.811.187/año	\$51.360.410/año
PROMEDI	19	834	\$3.295.769/	249	\$984.266/me	\$4.280.034/

O días/mes m³/mes mes m³/mes s mes

10.1.3.13 Costo de energía

Para un valor de \$276 kWh y con los consumos reportados en el ítem 2.5, los costos de energía son

Tabla 23

Costos de energía en producción de vapor

MES	DIAS TRABAJA DOS AL MES	CONSUMO ENERGETICO MENSUAL kWh	COSTO ENERGIA A MES
ENERO 2018	16	15.444	\$ 4.266.798
DICIEMBRE 2017	17	16.409	\$ 4.533.473
NOVIEMBRE 2017	20	19.305	\$ 5.333.497
OCTUBRE 2017	20	19.305	\$ 5.333.497
SEPTIEMBRE 2017	16	15.444	\$ 4.266.798
AGOSTO 2017	21	20.270	\$ 5.600.172
JULIO 2017	18	17.374	\$ 4.800.148
JUNIO 2017	14	13.513	\$ 3.733.448
MAYO 2017	20	19.305	\$ 5.333.497
ABRIL 2017	17	16.409	\$ 4.533.473
MARZO 2017	22	21.235	\$ 5.866.847
FEBRERO 2017	23	22.200	\$ 6.133.522
TOTAL	224 días/año	216.212 kWh/año	\$59.735.171/año

PROMEDIO 19 días/mes 18.018 $\frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$ \$4.977.931/mes

10.1.3.14 Costos de disposición de escoria

Disponer la escoria tiene un costo de \$857.142/mes, y corresponde al transporte semanal el costo anual es de \$10'285.704.

10.1.3.15 Costos de producción vapor

Con los valores de costo de carbón, agua, energía, y disposición de escoria, se llega al costo de vapor producido.

Tabla 24

Componentes del costo de producción de vapor

MES	COSTO CARBÓN \$/Kg vapor	COSTO ENERGÍA \$/Kg vapor	COSTO AGUA \$/Kg vapor	COSTO DISPOSICIÓN ESCORIA \$/Kg vapor	COSTO PRODUCCIÓN VAPOR \$/Kg
ENERO 2018	\$39,60	\$2,89	\$2,62	\$0,58	\$45,69
DICIEMBRE 2017	\$41,25	\$3,86	\$3,27	\$0,73	\$49,11
NOVIEMBRE 2017	\$41,93	\$4,26	\$3,53	\$0,68	\$50,41
OCTUBRE 2017	\$40,22	\$3,25	\$2,86	\$0,52	\$46,85
SEPTIEMBRE 2017	\$38,56	\$2,28	\$2,22	\$0,46	\$43,52
AGOSTO 2017	\$40,70	\$3,53	\$3,05	\$0,54	\$47,82
JULIO 2017	\$41,30	\$3,89	\$3,28	\$0,69	\$49,17
JUNIO 2017	\$44,89	\$6,00	\$4,68	\$1,38	\$56,95
MAYO 2017	\$42,41	\$4,54	\$3,72	\$0,73	\$51,41
ABRIL 2017	\$40,74	\$3,56	\$3,07	\$0,67	\$48,04
MARZO 2017	\$41,18	\$3,82	\$3,24	\$0,56	\$48,79
FEBRERO 2017	\$40,62	\$3,49	\$3,02	\$0,49	\$47,62

VALOR PROMEDIO	\$41,12	\$3,78	\$3,21	\$0,67	\$48,78
% COSTO EN COSTO TOTAL	84,3%	7,7%	6,6%	1,4%	100,0%

Tabla 25*Valor de producción de vapor*

MES	DIAS TRABAJA DOS AL MES	COSTO DIARIO PRODUCCIÓN VAPOR	VALOR VAPOR \$/lb vapor	VALOR VAPOR \$/kg vapor
ENERO 2018	16	\$ 4.218.736	\$ 20,73	\$ 45,69
DICIEMBRE 2017	17	\$ 3.392.800	\$ 22,28	\$ 49,11
NOVIEMBRE 2017	20	\$ 3.155.622	\$ 22,87	\$ 50,41
OCTUBRE 2017	20	\$3.844.466	\$ 21,26	\$ 46,85
SEPTIEMBRE 2017	16	\$ 5.093.472	\$ 19,75	\$ 43,52
AGOSTO 2017	21	\$ 3.609.166	\$ 21,70	\$ 47,82
JULIO 2017	18	\$ 3.372.990	\$ 22,31	\$ 49,17
JUNIO 2017	14	\$ 2.531.616	\$ 25,84	\$ 56,95
MAYO 2017	20	\$3.017.854	\$ 23,32	\$ 51,41
ABRIL 2017	17	\$ 3.599.903	\$ 21,80	\$ 48,04
MARZO 2017	22	\$ 3.409.173	\$ 22,14	\$ 48,79
FEBRERO 2017	23	\$ 3.640.542	\$ 21,60	\$ 47,62
PROMEDIO	19 días/mes	\$3.573.862/día	\$22,13	\$48,78
TOTAL	224 días/año	\$798.913.285/año	-	-

Capítulo 4

11 Definición de alternativas para disminución en Emisión de gases

11.1 Alternativa 1 Implementación de equipos auxiliares en caldera actual

Producir vapor con sistemas de control de contaminación en emisión de gases para material particulado, Nox y SO₂ para un cumplimiento de norma internacional requiere la implementación de equipos auxiliares que cumplan las exigencias en normatividad ambiental que cada día son más exigentes y la caldera actual de la empresa manufacturera para la cual se presentara esta propuesta en la zona de Urabá para poder bajar sus emisiones de gases de forma contundente de deberá instalar equipos auxiliares que ayuden en la disminución de las emisiones de material particulado y dióxido de azufre.

En la industria nacional existen equipos y marcas que ya han realizado este “upgrade” en sus equipos y se consideran como casos de éxito específicamente en la instalación de sistemas de filtración por talegas y dosificación de cales, disminuyendo así las emisiones y estar dentro de los rangos de emisión de contaminantes exigidos por la entidad ambiental.

La selección de equipos en detalle y sus valores de inversión se pueden determinar de forma general incluyendo datos como: costos de operación, insumos y de esta forma determinar el costo de producción de vapor.

Para determinar los valores, se tomó como referencia datos de la industria que operan con carbón así:

Instalación de un sistema de filtro de talegas

Potencia requerida para soplado de talegas: 10 HP

Potencia requerida para operación de válvulas rotatorias: 4,5 HP

Horas de trabajo al año: 3500 h aproximadamente.

Duración de canastillas y talegas: 2 años

Valor reposición de canastillas y talegas:

\$200.000.000 aproximadamente

Costos de mantenimiento anual del sistema:

\$85.000.000 aproximadamente.

Dosificación de carbonato de calcio

Consumo de carbonato de calcio 20 Kg/h aproximadamente

Consumo anual de carbonato de calcio: 70 Toneladas

Costo anual de carbonato de calcio: \$10.500.000

Disposición de residuos sólidos: 90 Ton/año

En la siguiente tabla se muestra cómo cambia el valor de la producción de vapor basado en los datos anteriores:

Tabla 26

Comparativo de costos

MES	COSTO CARBÓN \$/Kg vapor	COSTO ENERGÍA \$/Kg vapor	COSTO AGUA vapor \$/Kg vapor	COSTO DISPOSICIÓN CENIZAS \$/Kg vapor	COSTO COMPONENTE AMBIENTAL \$/Kg vapor	NUEVO VALOR \$/Kg vapor
ENERO 2018	\$39,6	\$2,89	\$2,62	\$0,58	\$10,61	\$56,31

	0					
DICIEMBRE	\$41,2	\$3,86	\$3,27	\$0,73	\$14,18	\$63,29
2017	5					
NOVIEMBRE	\$41,9	\$4,26	\$3,53	\$0,68	\$15,65	\$66,06
2017	3					
OCTUBRE	\$40,2	\$3,25	\$2,86	\$0,52	\$11,94	\$58,79
2017	2					
SEPTIEMBRE	\$38,5	\$2,28	\$2,22	\$0,46	\$8,37	\$51,89
2017	6					
AGOSTO 2017	\$40,7	\$3,53	\$3,05	\$0,54	\$12,98	\$60,81
	0					
JULIO 2017	\$41,3	\$3,89	\$3,28	\$0,69	\$14,28	\$63,45
	0					
JUNIO 2017	\$44,8	\$6,00	\$4,68	\$1,38	\$22,04	\$79,00
	9					
MAYO 2017	\$42,4	\$4,54	\$3,72	\$0,73	\$16,69	\$68,10
	1					
ABRIL 2017	\$40,7	\$3,56	\$3,07	\$0,67	\$13,08	\$61,12
	4					
MARZO 2017	\$41,1	\$3,82	\$3,24	\$0,56	\$14,02	\$62,82
	8					
FEBRERO	\$40,6	\$3,49	\$3,02	\$0,49	\$12,82	\$60,43
2017	2					
VALO	\$41,1	\$3,78	\$3,21	\$0,67	\$13,89	\$62,67
R	2					
PROMED						
IO						

% COSTO EN COSTO TOTAL	65,6%	6,0%	5,1%	1,1%	22,2%	100,0%
------------------------------	-------	------	------	------	-------	--------

Los costos indicados son un valor aproximado, tomado de información de proveedores de equipos, y es de aclarar que el valor de los equipos finales se determinará en caso de que esta alternativa se observe como viable.

11.2 Alternativa 2 cambio de caldera con sistema de Gas Natural (GN) como combustible

La operación con Gas Natural tiene como ventaja los siguientes aspectos:

Solo prende para temas de operación, en las noches puede quedar apagada.

Debido a que la caldera queda apagada en las noches hay un ahorro energético

El tiempo de encendido es muy rápido

Se puede

Generalmente el consumo de energía eléctrica de las calderas que trabajan a Gas Natural es más bajo que las de carbón debido a que son diseños con menos motores eléctricos instalados.

La información base para el análisis es:

Valor del gas natural: \$1518,60 por metro cubico de gas natural

Poder calorífico del GN: para el caso colombiano va entre 950 BTU/Ft³ y 1150

BTU/Ft³;

Densidad del GN: 0,7 Kg/m³

Consumo de GN para el periodo febrero 2017 / enero 2018

Tabla 27*Proyección de consumos Gas Natural para producción de vapor*

MES	DIAS TRABAJADOS	CONSUMO DE GN Lb/día	CONSUMO DE GN Kg/día	CONSUMO DE GN Kg/mes	VALOR GN \$/MES
ENERO 2018	16	12.541	5.690	91.044	\$ 197.513.711
DICIEMBRE 2017	17	9.705	4.404	74.860	\$ 162.404.234
NOVIEMBRE 2017	20	8.914	4.044	80.889	\$ 175.483.804
OCTUBRE 2017	20	11.288	5.122	102.434	\$ 222.223.805
SEPTIEMBRE 2017	16	15.556	7.058	112.931	\$ 244.996.358
AGOSTO 2017	21	10.484	4.757	99.896	\$ 216.716.328
JULIO 2017	18	9.647	4.377	78.785	\$ 170.918.757
JUNIO 2017	14	6.700	3.040	42.559	\$ 92.327.829
MAYO 2017	20	8.439	3.829	76.580	\$ 166.135.804
ABRIL 2017	17	10.419	4.727	80.366	\$ 174.348.901
MARZO 2017	22	9.801	4.447	97.836	\$ 212.247.518

FEBRERO 2017	23	10.605	4.812	110.666	\$ 240.081.24 2
VALOR PROMEDIO	19 días/mes	10.342 Lb/día	4.692 Kg/día	87.404 Kg/mes	\$ 189.616.524/mes

Tabla 28*Costo de producción de vapor con GN*

MES	COSTO GN \$/Kg vapor	COSTO ENER GIA \$/Kg vapor	COSTO AGUA \$/Kg vapor	NUEVO PRECIO \$/Kg vapor
ENERO 2018	\$133,70	\$1,44	\$2,62	\$ 137,77
DICIEMBRE 2017	\$138,28	\$1,93	\$3,27	\$ 143,48
NOVIEMBRE 2017	\$140,17	\$2,13	\$3,53	\$ 145,83
OCTUBRE 2017	\$135,41	\$1,62	\$2,86	\$ 139,89
SEPTIEMBRE 2017	\$130,83	\$1,14	\$2,22	\$ 134,19
AGOSTO 2017	\$136,74	\$1,77	\$3,05	\$ 141,56
JULIO 2017	\$138,41	\$1,94	\$3,28	\$ 143,64
JUNIO 2017	\$148,36	\$3,00	\$4,68	\$ 156,04
MAYO 2017	\$141,50	\$2,27	\$3,72	\$ 147,49
ABRIL 2017	\$136,86	\$1,78	\$3,07	\$ 141,71
MARZO 2017	\$138,08	\$1,91	\$3,24	\$ 143,22
FEBRERO 2017	\$136,53	\$1,74	\$3,02	\$ 141,29
VALOR PROMEDIO	\$137,91	\$1,89	\$3,21	\$143,01
% COSTO EN COSTO TOTAL	96,43%	1,32%	2,25%	100,0%

11.2.1 Evaluación de Costos para generación de vapor

Existen tres propuestas las cuales se indican en el cuadro anexo donde se tiene: Primer columna, situación actual: Valores con carbón y sin sistemas de control de emisiones.

Segunda columna: valores de operación con carbón y equipos auxiliares par control de emisiones

Tercera columna: valores de operación con gas natural

Tabla 29

Variación del valor de producción de vapor.

MES	COSTO PRODUCCIÓN VAPOR SITUACIÓN ACTUAL \$/Kg vapor	COSTO PRODUCCIÓN VAPOR CARBÓN + CONTROL AMBIENTAL \$/Kg vapor	COSTO PRODUCCIÓN VAPOR CON GLP \$/Kg vapor	COSTO PRODUCCIÓN VAPOR CON GAS NATURAL \$/Kg vapor
ENERO 2018	\$ 45,69	\$56,31	\$ 151,52	\$ 137,77
DICIEMBRE 2017	\$ 49,11	\$63,29	\$ 157,70	\$ 143,48
NOVIEMBRE 2017	\$ 50,41	\$66,06	\$ 160,24	\$ 145,83
OCTUBRE 2017	\$ 46,85	\$58,79	\$ 153,82	\$ 139,89
SEPTIEMBRE 2017	\$ 43,52	\$51,89	\$ 147,64	\$ 134,19
AGOSTO 2017	\$ 47,82	\$60,81	\$ 155,62	\$ 141,56
JULIO 2017	\$ 49,17	\$63,45	\$ 157,87	\$ 143,64
JUNIO 2017	\$ 56,95	\$79,00	\$ 171,30	\$ 156,04
MAYO 2017	\$ 51,41	\$68,10	\$ 162,04	\$ 147,49
ABRIL 2017	\$ 48,04	\$61,12	\$ 155,78	\$ 141,71
MARZO 2017	\$ 48,79	\$62,82	\$ 157,42	\$ 143,22

FEBRERO 2017	\$ 47,62	\$60,43	\$ 155,33	\$ 141,29
VALOR PROMEDIO	\$48,78	\$62,67	\$157,19	\$143,01
COSTO ANUAL	\$798.913.285/añ o	\$1.018.400.580/añ o	\$2.590.633.913/añ o	\$2.356.626.287/añ o
AUMENTO DEL COSTO	-	128,5%	324,27%	294,98%

En la región de Urabá las empresas de manufactura aun no trabajan con gas, EPM busca poder afianzar este tipo de negocios con las empresas debido a que es quien suministra la energía y tienen la capacidad para ser un socio estratégico en el suministro de GAS Natural generando en primera medida el cumplimiento que la industria requiere y en segundo término pudiendo llegar a la población más alejada la cual no tiene redes de gas.

Para EPM hacer una inversión de una estación satélite de gas únicamente para la población es muy costosa, sin embargo, si la industria manufacturera se asociará a este tipo de proyectos realmente habría un impacto positivo en la población urbana y rural.

Tabla 30

Evaluaciones isocinéticas

Frecuencia de monitoreo contaminantes de acuerdo con la

Unidad de Contaminación Atmosférica

UCA	Grado de Significancia del Aporte del Contaminante	Frecuencia de monitoreo (años / meses)
< 0.25	muy bajo	3 años
>0.25 ≤ 0.5	bajo	2 años
>0.5 ≤ 1.0	medio	1 años
>1.0 ≤ 2.0	alto	6 meses

Muestreo 2	100
Muestreo 3	109
Muestreo 4	101
Muestreo 5	2

Tabla 32*Evaluación económica para caldera Nueva***PROPUESTA ECONOMICAS PARA CALDERA NUEVA**

EMPRESA	HURST	CLEAVER BROOKS
SERIE DE CALDERA	SERIE 800 BHP	SERIE 800 BHP
ORIGEN	USA	USA
CAPACIDAD	27600 lbs/hr	27600 lbs/hr
TIPO DE CALDERA	Pirotubular 4 pasos espalda húmeda	Pirotubular cuatro pasos espalda húmeda
PRESION DE DISEÑO	300 PSIG	250 PSIG update a 300 PSIG (# 82)
PRESION DE OPERACIÓN	240 PSIG	240 PSIG
EFICIENCIA TERMICA PCS (HHV)	83,5%	81,75%
TIPO QUEMADOR	Dual gas propano o natural y ACPM marca OLION. Ranguabilidad con gas 8:1	Dual gas y ACPM marca Cleaver Brooks
PURGA CONTINUA	Incluida automática por conductividad	Incluida automática por conductividad y toma muestras
PURGA FONDO AUTOMATICA	Incluida automática. En nuestro concepto no indispensable y no incluida en precio de comparacion.	No incluida
BOMBA DE AGUA	Dos unidades Grundfos multietapas	Dos unidades Goulds multietapas incluidas en precio de desaireador
CHIMENEA	acero al carbono	Acero inoxidable

CONTROL COMBUSTIÓN	Control paralelo de variables de combustión (15 puntos) con control de O2 y variación de velocidad en ventilador con retroalimentación de velocidad con encoder	Control paralelo de variables de combustión. Hawk control con trim de O2, parece con variación de velocidad en ventilador según #55. incrementaron supervisión en control
TANQUE DESAIREADOR	Tipo Spray- lavador para 30000 lb/h. De 10 minutos de almacenamiento. Capacidad total del tanque de 1000 Gal (3785 litros)	Tipo Boilermate (mejor que spray). De 10 minutos de almacenamiento. Capacidad total del tanque de 900 Gal (3406 litros)
ECONOMIZADOR	Marca HURST integrado a la caldera en acero inoxidable 316. Modelación estándar, no de la aplicación.	CRE-54I6AL ECONOMIZER Incluido en precio de la caldera (# 82)
Emisiones de MP	40 ppm	40 ppm
Emisiones de Nox	50	50
Emisiones de SO2	N/A	N/A
VALOR ANTES DE IVA	\$1,563,100,000	\$2,187,145,808

RESUMEN DE PROPUESTA

1 Actualización de equipos

Tabla 33*Resumen de costos para actualizar la caldera existente*

Items	Lavador	Filtro
Inversión	\$ 1,054,647,500.00	\$ 610,529,500.00
Costos Mantenimiento	\$ 8,200,000.00	\$ 34,700,000.00
Energía año	\$ 270,118,722.24	\$ 90,039,574.08
Consumible	\$ 145,800,000.00	
Desperdicio	\$ 206,683,118.13	\$ 206,683,118.13
VPN Tasa 5% - 5 años	\$ 3,470,070,502.38	\$ 1,101,208,002.24
Total (costo a 5 años)	\$ 4,571,278,504.61	

Debido a que es una actualización de equipos se proyecta a cinco años y se calcula el VPN con una tasa del 5% (conservadora)

2 Equipo Nuevo

Tabla 34

Evaluación de equipo nuevo

Caldera Gas Cleaver		Valor
TRM (05/06/2020)	\$3.932	\$
		556,242.00
Total caldera	1	\$
		2,187,143,544.00
Gas Natural		Valor
Tanque		\$
		260,000,000.00
Vaporizador		\$
		192,000,000.00
Caseta		\$
		48,000,000.00
Medidor		\$
		13,999,999.00
Línea gas		\$
		318,000,000.00
TOTAL GLP	2	\$
		831,999,999.00
TOTAL INVERSION CALDERA		\$
(1+2)		3,019,143,543.00

Se debe invertir en la línea de gas debido a que sin esto la caldera no trabajara

11.2.2 Nombre de las Personas que Participaron en el Proyecto

John Manuel Marulanda Gómez

Ángela Liliana Rodríguez Rodríguez

12 Conclusiones

Se requiere tener una mejor huella de carbón en nuestro medio, las empresas actualmente están trabajando en ello y cumplen con la norma que les exige la ley.

Los cambios de resolución han realizado unos cambios muy representativos de una norma a otra pasando de 200 pm a 50 ppm, dando como tiempo de transición de dos a tres años.

Europa y América del Norte cada día son más exigentes en los protocolos de negociación y uno de los aspectos que se están revisando son los ambientales, solo aquellas empresas que puedan mejorar su tecnología en los próximos años serán las más competitivas

Un mejoramiento de tecnología podría ser la mejor opción sin embargo en una proyección de cinco años o más puede ser una opción de alto costo comparado con la compra de equipos nuevos.

13 Lista de referencias

- Cadavid, P. J., Correa M, Gómez Saldarriaga J., Hoyos D., Castrillon. *Determinación de la contribución de las fuentes de PST al ambiente en Medellín utilizando un modelo fuente receptor*. Obtenido de <http://www.politecnicojic.edu.co/beta/images/stories/investigacion/proyectos/>
- Informativa, S. (Ed.). (7 de Febrero de 2018). Materialización de la visión 2020. *La mejor esquina de América*.
- Jiménez, F. A. (2018). El colombiano. Recuperado el sábado de Abril de 2020
- Ministerio de ambiente. (Junio de 2008). Resolución numero 909, 5 de Junio de 2008, cap III art 8. (ACIEM, Ed.) *Revista ACIEM*(112).
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (29 de Marzo de 2019). Resolución numero 651. Montenegro. (20 de Junio de 2012). *Salud ambiental*. <http://susanmontenegro2012.blogspot.com/2012/06/exposicion-material-particulado-pm-y.html>
- Publica, I. d. (Agosto de 2017). Riesgos ambientales y de seguridad en calderas a carbon de las pequeñas y medianas empresas PYME. Recuperado el jueves de Marzo de 2020, de www.scieelosp.org/article/rsap/2017

Salud, O. -O. (02 de febrero de 2009). Guías para la calidad del aire: niveles y tendencias de contaminación del aire. Obtenido de www.cepis.opsoms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf