

**PROGRAMA DE CALIDAD DE AIRE PARA LA PLANTA INDUSTRIAL EL
DIAMANTE DISTRAVES S.A.S**

JOSÉ GABRIEL GODOY BUENO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2016

**PROGRAMA DE CALIDAD DE AIRE PARA LA PLANTA INDUSTRIAL EL
DIAMANTE DISTRAVES S.A.S**

JOSÉ GABRIEL GODOY BUENO

**SUPERVISOR
PhD. KENTO TARO MAGARA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por estar siempre conmigo, por guiarme, apoyarme y asesorarme en cada paso que doy, por todo lo que han hecho por mí, porque gracias a ellos se me ha permitido llegar tan lejos.

A LA PLANTA INDUSTRIAL EL DIAMANTE DISTRAVES S.A.S. y compañeros de trabajo por brindarme la oportunidad de poder hacer mis prácticas empresariales, por confiar en mí y permitir cumplir este ciclo tan importante de mi carrera en una empresa tan prestigiosa.

A todos los profesores que he tenido a lo largo de mi formación académica, no he olvidado a ninguno de ellos, desde mi profesora de matemáticas en primero de primaria hasta los que hoy en día me ayudaron a formarme como profesional en la Universidad Pontificia Bolivariana, cada cosa que me enseñaron tanto académica como personal, las empleare a lo largo de mi vida personal y laboral

Por ultimo a mis amigos, por los consejos, aventuras y apoyo que hicieron que cada vez tuviera más ganas de triunfar y salir adelante en mis estudios.

CONTENIDO

RESUMEN GENERAL	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN.	8
1. OBJETIVOS.....	9
1.1 OBJETIVO GENERAL.	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	10
2.1. Ubicación de la empresa.....	11
2.2 Reseña histórica	12
2.2.1 Misión	13
2.2.2 Visión	13
2.2.3 Política de calidad.....	13
2.3 Descripción del proceso	13
2.3.1 Planta de beneficio.	14
2.3.2 Planta de desprese o post proceso:	15
2.3.3 Planta de procesados:	15
2.3.4 Proceso planta de harinas.	17
3. ACTIVIDADES.....	20
3.1 Descripción de las actividades	23
3.1.1 Inducción.	23
3.1.2 Reparación de Fugas.....	23
3.1.3 Control de plagas.....	25
3.1.4 Capacitaciones de saneamiento básico.....	26
4. PROGRAMA DE CALIDAD DE AIRE	26
4.1 OBJETIVOS	26
4.1.2 OBJETIVO GENERAL.....	26
4.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4.2 ALCANCE	26
4.3 DEFINICIONES.....	27

4.4 MARCO LEGAL.....	30
Decreto no. 2206 de 1983.....	30
4.5 MARCO CONCEPTUAL.....	31
4.5.1 Contaminantes criterio en el mundo.....	31
4.5.2 Efectos sobre la salud.....	35
4.5.3 Fuentes de contaminantes atmosféricos.....	36
4.5.3 CONSECUENCIAS DEL MAL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE...	38
4.5.3.1 Cambio climático.....	38
4.5.3.2 Efectos a la salud.....	39
4.6 ACTIVIDADES.....	39
4.6.1 DOCUMENTAR LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	39
4.6.2 PROCESOS QUE GENERAN EMISIONES.....	43
4.6.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	51
5. CONCLUSIONES.....	58
6. RECOMENDACIONES.....	59
7. BIBLIOGRAFÍA.....	60

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: PROGRAMA DE CALIDAD DE AIRE PARA LA PLANTA INDUSTRIAL EL DIAMANTE DISTRAVES S.A.S.

AUTOR(ES): JOSE GABRIEL GODOY BUENO

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR(A): KENTO TARO MAGARA

RESUMEN

En el actual documento se elaboró el Programa de Calidad de Aire, para la Planta Industrial el Diamante, Distraves S.A.S., que es una empresa avícola cuya misión es suministrar alimentos cárnicos que satisfagan los requisitos y expectativas de los clientes. Debido a la alta demanda de alimentos, la empresa ha aumentado su nivel de producción, esto ha generado un aumento significativo en las emisiones atmosféricas. Para la ejecución del Programa de Calidad de Aire, se inició con recorridos a la planta procesadora de harina de pollo. Ahí se pudo percibir olores ofensivos y emisiones de gases y vapores. A partir de esto, se vio más que necesaria la implementación de alguna medida de control que permita registrar, medir, controlar y mitigar este foco de contaminación que se ha estado ignorando. En el recorrido se registraron las fuentes generadoras de contaminación atmosférica. Estas fuentes son: la caldera, generadora de gases de combustión y el "Cooker", generador de olores ofensivos. A partir de los impactos ambientales encontrados se formuló el Programa de Calidad de Aire con el fin de minimizar los impactos más significativos; Se estableció la política ambiental respecto a la contaminación atmosférica para la empresa con la cual se reafirma su compromiso con el desarrollo de estrategias que permitan mejorar su desempeño ambiental.

PALABRAS CLAVES:

CALDERA, COOKER, CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y COMBUSTIÓN.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: QUALITY AIR PROGRAM TO INDUSTRIAL PLANT "EL DIAMANTE"
DISTRAVES S.A.S

AUTHOR(S): JOSE GABRIEL GODOY BUENO

FACULTY: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: KENTO TARO MAGARA

ABSTRACT

This file was made the Quality air program, to industrial plant "El Diamante, Distraves S.A.S". Distraves is a poultry business, the meat food supply to enjoy request and expectative of its clients is the mission. However, the high demand for food, raises up the production level and it did increase air emissions in the atmosphere. The Quality Air Program was started with a rounds in the processing plant to chicken's flour. There, anyone could smell wrong smell and air emissions. From that, the implementation is necessary, to take the control allowing register, gauge and control the main problem of contamination. In the round, some generating sources of air pollution registered were: the boiler, generating combustion gases and "Cocker", wrong smells generator. The environmental impacts found made the Quality Air Program. It's made to minimize the most impact. It was established the environmental politics to confirm the agreement with the strategies development to allow improve the environmental.

KEYWORDS:

The boiler, generating combustion gases, Cooker.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN.

Las emisiones de una planta industrial, siempre son representativas a la hora de evaluar la calidad del aire en el área de influencia de la planta, transformando el sector en un área fuerte. Para garantizar que la calidad del aire que se inhala dentro de la planta y sus alrededores estén en condiciones favorables y de este modo no perjudicar la salud de las personas que se encuentran expuestas constantemente, se debe inspeccionar las fuentes de contaminantes atmosféricos, determinar su estado, y de esta manera decidir si es necesario implementar mejoras en el proceso.

Con el fin de prevenir, mitigar o corregir el daño ocasionado por las emisiones de contaminantes de criterio, es necesario desarrollar un programa de calidad de aire, en el cual se documente los procesos que generan emisiones, como es el caso de los gases emitidos por el funcionamiento constante de la caldera, se presentan episodios de altas emisiones de gases contaminantes que afecten las condiciones de referencia en el ambiente. Al implementar el programa de calidad de aire se puede disminuir considerablemente las emisiones generadas actualmente en el proceso. Al llevar un control e inspeccionar las diferentes fuentes, se determinarán los principales focos de generación de contaminantes atmosféricos, y así proponer medidas correctivas, como la instalación de un sistema de control al final del tubo, o corriente abajo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Elaborar el programa de calidad de aire para la planta Industrial El Diamante Distraves S.A.S, siguiendo la normatividad actualmente vigente para fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar la operación y mantenimiento de la caldera y otras fuentes de emisiones, en la cual se establezcan las condiciones técnicas y operativas de la caldera.
- Verificar paso a paso los procesos que generan emisiones para identificar posibles fugas y principales focos generadores de contaminantes atmosféricos.
- Proponer medidas de prevención y mitigación de la emisión de contaminantes atmosféricos en el proceso productivo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

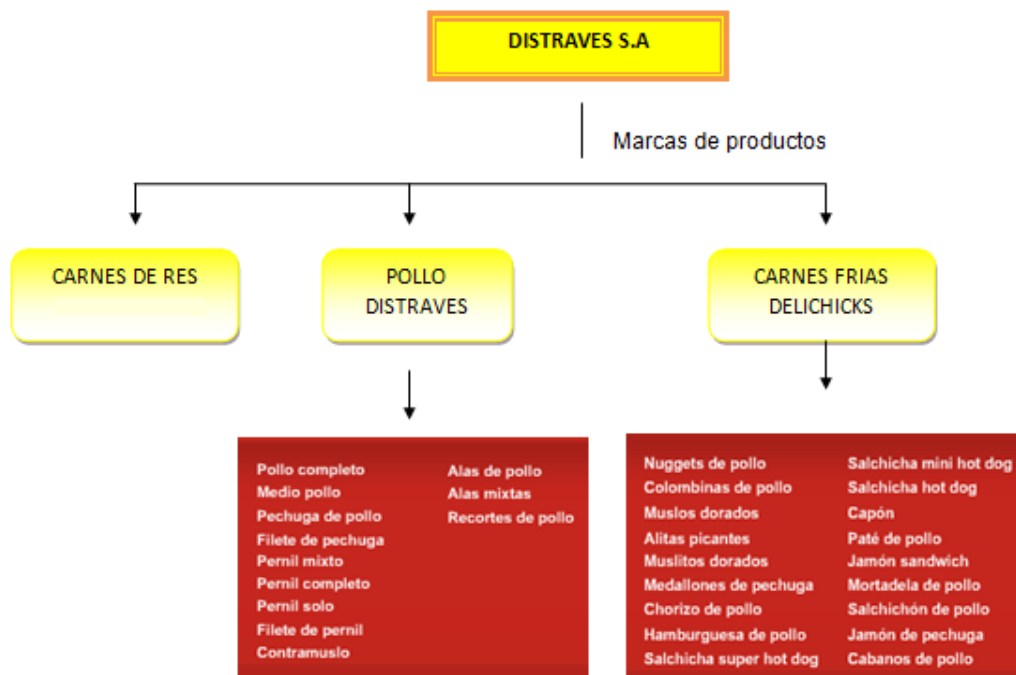
Distraves S.A tiene como sede principal la ciudad de Bucaramanga, capital del departamento de Santander, región importante en la producción avícola a nivel nacional.

Comercializa productos en 16 departamentos del país, contando con 70 Puntos del Sabor Distraves que dan respuesta a las fluctuantes exigencias de los clientes.

Es reconocida por ser una empresa santandereana de tradición por su agilidad, calidad e innovación, genera 1240 empleos directos y 3000 indirectos en el sector avícola.

En la figura 1 se presentan las tres líneas de producción que caracterizan a la empresa.

Figura 1. Marca del producto



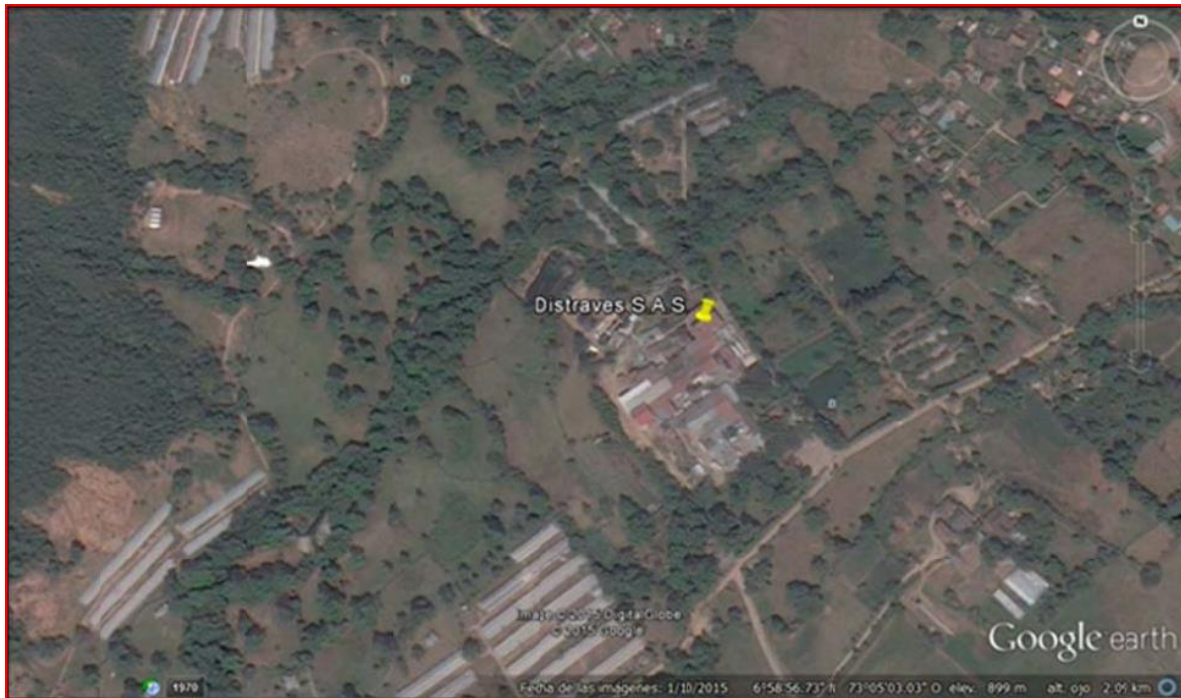
Fuente. Manual de inducción empresa Distraves S.A.S.

2.1. Ubicación de la empresa.

La Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S., se encuentra ubicada en el km 4 vía Guatiguara municipio de Piedecuesta departamento de Santander y las coordenadas planas son las siguientes al Norte 1264027 y al Este 1109888.

A continuación, en la Figura 2 se presenta una imagen donde se muestra la ubicación de la Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S.

Figura 2. Ubicación satelital de la Planta industrial el Diamante de Distraves S.A.S

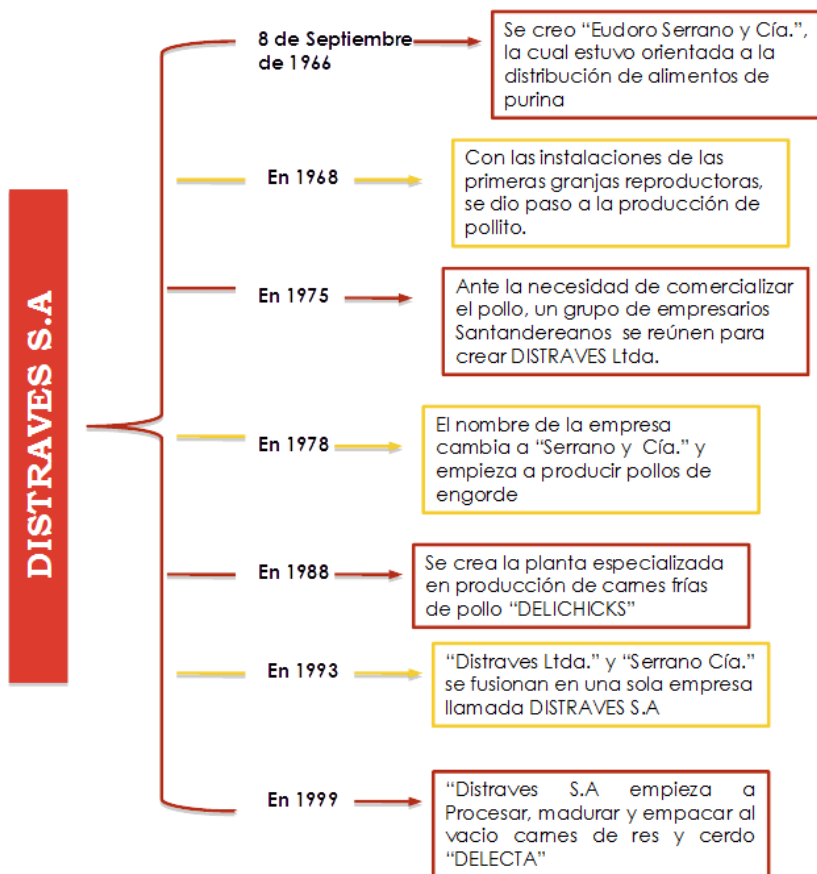


Fuente: http://www.google.es/intl/es_es/earth

2.2 Reseña histórica

La empresa Distraves S.A, se ha caracterizado por su crecimiento en el mercado, ya que es una empresa líder en Santander que nació con la producción de purinas y que se ha venido expandiendo con la elaboración de productos de alta calidad formando sus tres principales marcas, Delecta, Delichiks y pollo de engorde. En la tabla 1 se encuentra en resumen la trayectoria y el desarrollo que ha tenido la empresa.

Figura 3. Reseña histórica de la empresa



Fuente. Manual de inducción empresa Distraves S.A.S.

2.2.1 Misión

Suministrar alimentos cárnicos de excelente calidad, con responsabilidad social y alta rentabilidad, generando plena satisfacción en los clientes, colaboradores, accionistas y la comunidad.

2.2.2 Visión

Ser la empresa más competitiva por su agilidad, calidad e innovación en el sector avícola a nivel nacional y la de más amplio crecimiento integral en el mercado de carnes frías en el país.

2.2.3 Política de calidad

Suministrar de manera rentable alimentos cárnicos que satisfagan los requisitos y expectativas de nuestros clientes, aplicando el Sistema de gestión de la calidad, buscando el mejoramiento empresarial con énfasis en competitividad, personal eficiente y comprometido

2.3 Descripción del proceso

El proceso inicia con las granjas reproductoras, aquí se desarrolla el levante y engorde del pollo, y finaliza en La Planta el Diamante, donde se recibe el animal y se lleva por cada área de producción, para generar los productos finales, los cuales son llevados para su comercialización.

La Planta de Producción Industrial el Diamante comprende: planta de beneficio, planta de desprese, planta de derivados cárnicos y planta de subproductos avícolas. Todas ellas cumplen con un proceso estandarizado para la obtención de los productos Distraves S.A.S.

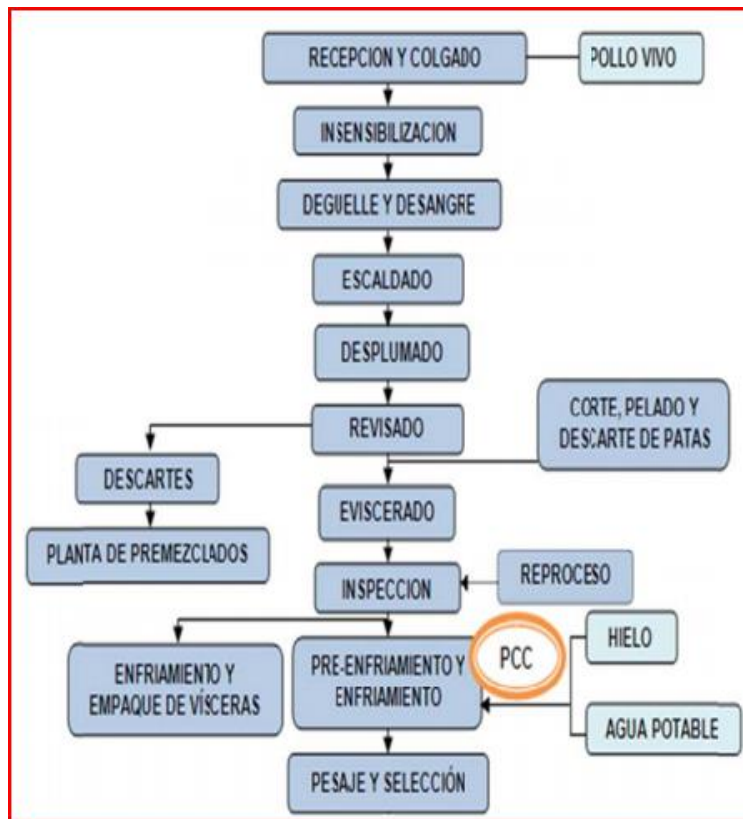
A continuación, se describe el proceso para cada planta de producción:

2.3.1 Planta de beneficio.

La planta de beneficio tiene como finalidad la recepción de pollo vivo procedente de las granjas de engorde para darle el debido proceso convirtiéndolos en pollo de canal.

El proceso consta de pesaje, recepción de pollo vivo, colgado, aturdido, desangre o degüelle, túnel de desangre, escaldado, desplumado, eviscerado, enfriamiento, pesaje, empaque y despacho. El pollo procesado en la planta de beneficio es distribuido al área de logística, refrigerados o congelados para ser despachados a los puntos de venta en toda Colombia y al área de post proceso para ser despresado.

Figura 4. Diagrama de proceso correspondiente a la planta de beneficio.

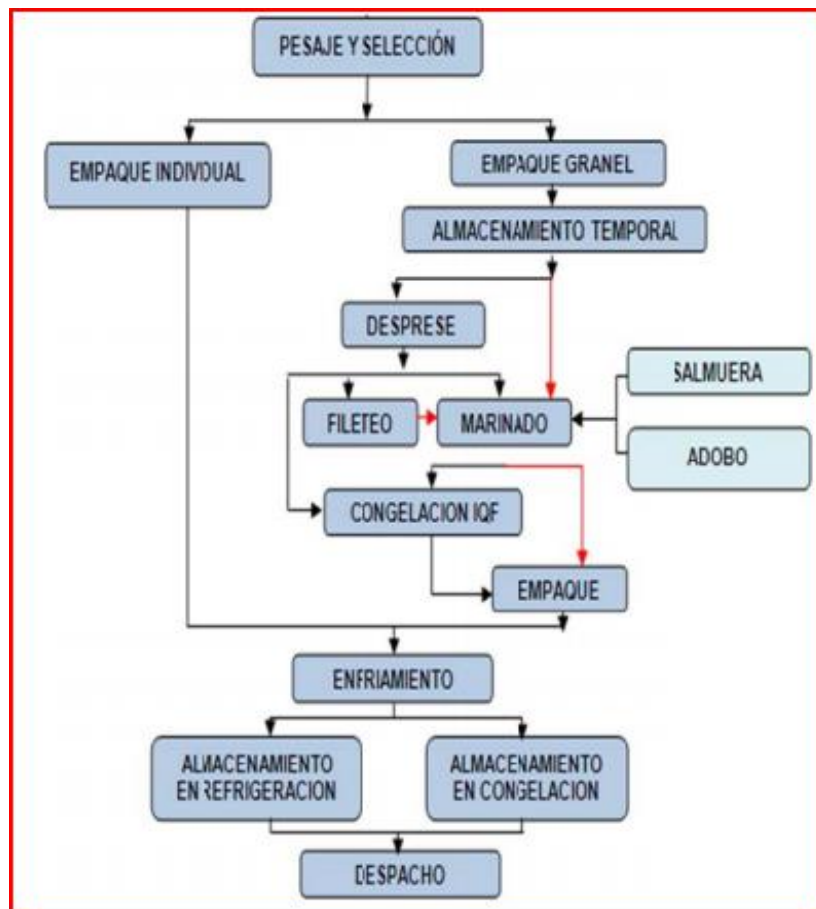


. Fuente: Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S.

2.3.2 Planta de desprese o post proceso:

La planta de desprese comúnmente llamada área de post proceso, debido a que recibe las aves en canal de la planta de beneficio, consiste en la obtención de presas y filetes a partir de canales de pollo de óptima calidad, las cuales son sometidas a procesos de desprese, marinado, congelamiento y empaque en bolsa o en bandeja.

Figura 3. Diagrama de proceso de planta de desprese – post proceso.



Fuente: Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S.

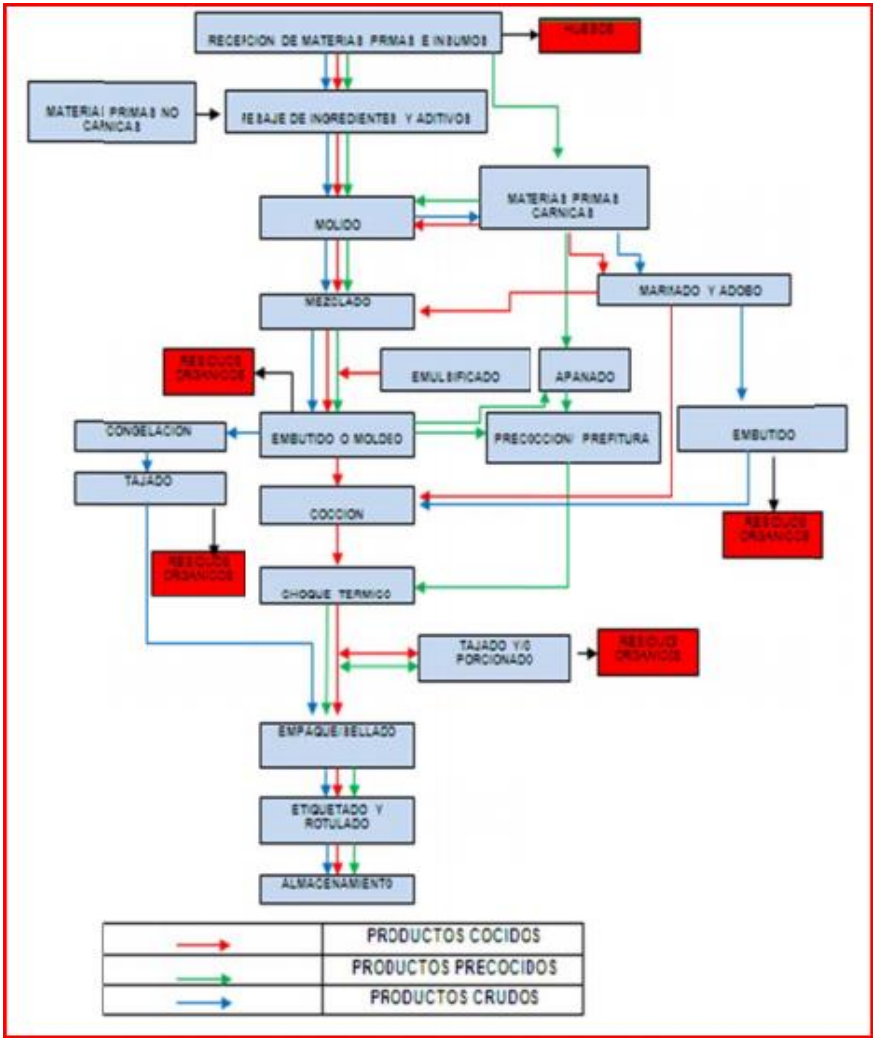
2.3.3 Planta de procesados:

El proceso de obtención de carnes frías y productos apanados, elaborados a partir del pollo, en el cual se reciben filetes de pechuga, pernil, grasa de pollo y carcasas

las cuales son sometidas al proceso de molienda y separación, para la obtención de CMD (carne mecánicamente deshuesada), la cual es utilizada en la formulación de los productos.

Posteriormente a esta etapa, las materias primas son sometidas a procesos de molienda, mezclado, emulsificador (solo para productos de texturas finas), embutido, cocción, enfriamiento, empaçado al vacío y almacenamiento final en refrigeración o congelación según el producto. Dentro del portafolio el producto se tiene: salchichas, mortadelas, salchichón, capón, carne molida, hamburguesas, jamones, línea de apanados y dorados.

Figura 5. Diagrama de proceso planta de procesados.



Fuente: Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S.

2.3.4 Proceso planta de harinas.

Las operaciones unitarias del proceso de elaboración de harinas, inicia desde alistamiento de los subproductos (pluma, sangre, intestinos, canillas, hueso, descartes de pollo, residuos del desprese, devoluciones de almacenes y residuos de Delichiks) hasta el despacho del producto terminado a los diferentes clientes.

Los equipos están conformados por tres reactores Cooker, una prensa, un molino, un secador de harina de víscera, un secador de harina de pluma y sangre, tanques de recolección de aceite y una zaranda: además, se cuenta con un sistema de tratamiento para los vapores orgánicos generados en la cocción de los sub productos.

Para el procesamiento de los subproductos generados en el beneficio del pollo, se emplean los reactores Cooker con capacidad para 4500kg, estos ofrecen las condiciones de temperatura y presión bajo las cuales la materia prima sufre un proceso de deshidratación mediante fusión en seco.

Después del proceso de cocción la harina es prensada, molida, secada y finalmente empacada para ser distribuida a los diferentes clientes.

La planta de harinas posee una producción mensual de 100 toneladas de harina de víscera, 120 toneladas de harina de pluma y sangre y 60 toneladas de aceite de pollo aproximadamente. La planta de harinas de Distraves S.A.S opera a un 75% de su capacidad instalada.

Tabla 1. Proceso previo requerido por la Planta Industrial de Distraves para su producción.

CONCENTRADO	INCUBACIÓN	GRANJAS REPRODUCTORAS	GRANJAS DE LEVANTE Y ENGORDE.
<p>Conaltos estándares de calidad y nutrición para alimentar a las gallinas reproductoras, y pollo de engorde.</p> <p>Materia prima: Las principales son el Maíz, Sorgo y Soya</p>	<p>Se obtienen a partir de los huevos fértiles, los pollitos que posteriormente van a ser levantados y engordados en las granjas de producción.</p>	<p>Se inicia con la cría y levante de la gallina reproductora.</p> <p>El huevo que no es fértil es para la venta.</p>	<p>Se llevan a cabo en las granjas de producción.</p> <p>Promedio de estadía: 42 días</p> <p>Alistamiento: limpieza y desinfección, preparación de instalación de criadoras, bebedores y comederos</p> <p>Temperatura: 32°C a su llegada</p> <p>Ambiente saludable: Dimensiones adecuadas además de luz, agua potable y ventilación, para comodidad de las aves</p>

Fuente: Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S.

Tabla 2. Proceso dentro de la Planta Industrial de Distraves para su distribución y comercialización.

PLANTA DIAMANTE				
PROCESADOS	BENEFICIO	POST-PROCESO	LOGÍSTICA Y CALIDAD	COMERCIALIZACIÓN
<p>Planta de procesamiento de carnes frías. Los productos Delichiks son elaborados con carnes de puro pollo, ofreciendo como ventajas su bajo nivel graso y su alto nivel nutritivo</p>	<p>Etapas: Inspección sanitaria Colgado Insensibilizado Escaldado Desplumado Eviscerado</p>	<p>Etapas: Enfriamiento (T:4°C) Desprese Empaque Almacenamiento (Refrigeración o congelación)</p>	<p>Transporte de pollos en camiones refrigerados</p> <p>-Los vehículos deben cumplir con los requerimientos exigidos por las autoridades</p> <p>-Se debe asegurar limpieza y desinfección de los camiones antes de ser cargados</p>	<p>Se usan pisos y paredes de materiales fáciles de limpiar</p> <p>-Refrigerado, a una temperatura por debajo de 2° C con neveras en perfecto estado.</p>

Fuente: Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S

3. ACTIVIDADES

Inspeccionar los procesos y actividades que se realizan para el buen funcionamiento o manejo de las siguientes áreas: PTAR, PTAP, residuos sólidos y control de plagas. En la **Tabla 3**. Se muestra cada una de las funciones que debe desarrollar el pasante durante su periodo en la empresa.

Tabla 3. Funciones y actividades del cargo

ACTIVIDAD	AREA DE LABOR	HORARIO	DESCRIPCION PROCESO	¿PORQUE SE HACE?
1. MONITOREO DEL AGUA POTABLE	PTAP	TODOS LOS DÍAS 7:00am 10:00am 12:00pm 2:00pm	A las horas descritas en la columna anterior se monitorea el cloro, pH y turbidez del agua de los procesos tales como: línea, planta de hielo, frisby, mezcladores, prechiller, chiller, empaque post, producción DKS, tanque de almacenamiento, tanque de lavado DKS, tanque de registro, salmuera post, apanados y lavaplatos casino	Para garantizar la calidad del agua durante todo el día y en todos los procesos de la planta.
2. MUESTREO MICROBIOLÓGICO	PTAP	LUNES	Se toman muestras en DKS, post, empaque, PTAP 1, PTAP2, agua para hielo y hielo.	Para determinar la presencia de microorganismos
3. CONTROL DE PLAGAS	Toda la planta industrial	MIERCOLES	Se hace seguimiento del control de plagas	Para verificar el proceso de cambios de cebos y verificar la presencia o ausencia de roedores.

4. FUGAS	Toda la planta industrial	JUEVES	Se verifica el estado de las tuberías, mangueras y llaves de la planta	Es muy importante a la hora de disminuir el consumo de agua debido a derroches o desperdicios de agua por presencia de fugas.
5. REVISIÓN DE FORMATOS	PTAP y PTAR	VIERNES	Se recolectan los formatos que llenan los operarios en las plantas de agua.	Para verificar que estén bien diligenciados y sin errores para evitar inconvenientes en alguna auditoria.
6. INDUCCIÓN	Quiosco	TODOS LOS DIAS	Cada vez que ingresa personal nuevo a la planta se hace inducción sobre saneamiento básico, operaciones de las plantas y ahorro y uso eficiente de agua.	Para concientizar a las personas de la importancia de los recursos naturales y así colaboren con el labor ambiental de la planta.
7. DIGITAR	Oficina	VIERNES	Una vez verificado los formatos estos se digitan en unos formatos que están en medio digital.	Con el fin de poder tener todo más ordenado, hacer caculos y graficar los datos.
8. LLENAR REMISIONES	Oficina	TODOS LOS DIAS	Constantemente salen residuos como lodo residual, residuos ordinarios, residuos reciclables, cenizas, escombros, grasa y residuos peligrosos. Se debe hacer la remisión de salida de cada uno de ellos.	Esto se debe hacer para poder cuantificar la cantidad de cada residuo que es generado por la planta y verificar su disposición final.

9. RECORRIDOS	PTAR PTAP	y TODOS LOS DIAS	Recorrer las plantas de agua, supervisar las labores de los operarios, el estado de las herramientas, maquinas entre otros.	Observar y supervisar los procesos para detectar una posible falencia.
10. CONTINGENCIAS	Toda la planta		Actividades que surgen de manera inesperada que pueden afectar la planta industrial, algunas de estas pueden ser las condiciones climáticas como inundaciones o sequias, presencia de plagas y entre otras	En caso de inundaciones se puede ver alterada la bocatoma, por lo que se debe enviar al personal a verificar el punto de captación, si es un punto cercano se envían a pie en caso de que sea directamente a la bocatoma, se pide un taxi para que sean transportados.
11. NECESIDADES DE LOS SUPERIORES	Variable	CUALQUIE R DIA	Cualquier actividad que sea solicitada por mis superiores	Para cumplir las exigencias y necesidades en las que pueda servir o solucionar y dar mi aporte

Fuente: Autor

A continuación, se muestra los parámetros que se monitorean diariamente en el agua Potable, con el fin de verificar la calidad de la misma este dentro de los límites permisibles.

Tabla 4.Parámetro y normatividad actualmente vigente en Colombia.

PARÁMETRO	NORMATIVIDAD
pH	5.5-9
Color	0-15
Turbidez	0-2

Fuente: (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2007)

3.1 Descripción de las actividades

3.1.1 Inducción.

Todos los días ingresa personal nuevo a la planta, y es de vital importancia que ellos conozcan lo que la Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S. hace para mitigar el impacto ambiental que genera. Los temas a tratar son:

- El control de plagas
- Tratamiento de agua potable
- Tratamiento de agua residual
- Residuos solidos
- Uso eficiente y ahorro de energía y agua

En este último se concientiza al personal de la cantidad de agua que es consumida por la planta y él porque es necesario ahorrar agua y usarla de manera eficiente y responsable con el medio ambiente. Para esto se abordan temas como el fenómeno del niño y los múltiples problemas que se generan en épocas de sequías extremas.

3.1.2 Reparación de Fugas.

La mayoría entiende que las goteras de agua equivalen a pérdida de agua, pero no entienden que las goteras incluso las pequeñas implican grandes cantidades de agua perdida. Goteras y otras pérdidas de agua relacionadas, muchas veces se consideran molestias insignificantes, sin embargo, esta percepción errada puede significar aumentos significativos en costos de manejo de la planta.

La importancia de las pérdidas de agua por goteras sin reparar se basa en dos aspectos. Primero la mayoría de las goteras contribuyen a la pérdida continua de agua, incluso cuando la planta no está operando y segundo las tasas de cobro cubren tanto los costos asociados a la cantidad de agua potable entregada a una planta y la cantidad de agua de desechos que se espera descargar en el desagüe.

Por ello las goteras resultan en plantas pagando no solamente por agua sin usarse sino también por el uso y tratamiento de agua residual que nunca se aprovechó en el proceso.

Un ejemplo tomado de una planta avícola en Estados Unidos, establece el siguiente análisis:

“Una planta con una gotera que genera 1 galón por minuto, resulta en pérdida de agua de 1440 de galones por día y 525600 galones por año.

Si la planta paga \$5.00 por 1000 galones como tasa de servicio de agua potable y alcantarillado, entonces la gotera costará anualmente a la planta \$2628; sin embargo, tener una sola gotera en una planta es muy raro. La mayoría de plantas de procesamiento usan uno o más sistemas de agua de alta presión que son más susceptibles a goteras que los sistemas de baja presión”.

La primera clave de un programa de conservación de agua efectivo es identificar, cuantificar y luego minimizar los efectos acumulativos de todas las goteras de la planta.

En la **Tabla 5**. Se puede observar un paralelo del estado de las fugas antes y después de realizar las actividades para mejorar los problemas que estaba presentando.

Tabla 5. Estado de las fugas.

Área	Numero de llaves	Numero de fugas (26 de noviembre de 2015)	Numero de fugas (19 de mayo de 2016)
Delichiks	12	4	1
Planta porcionado	3	0	0
Logística	4	0	0
Post proceso	8	4	0
Beneficio	23	9	0

Fuente: Autor

3.1.3Control de plagas

Se ha intensificado el control de las plagas debido a que cada vez más se resalta la importancia de controlar las plagas ya que representan un grave peligro para la inocuidad de los alimentos al ser transmisores de enfermedades y agentes causantes de contaminación.

En lo que va de este mes se han instalado 10 nuevas estaciones de cebado usadas para los roedores, ya en total hay aproximadamente 90 distribuidas a lo largo de la planta.

En las últimas dos semanas se ha evidenciado una importante disminución de la presencia de roedores en la planta. Se encontraron 3 posibles madrigueras que fueron selladas inmediatamente.

Se han mejorado las jornadas de fumigación y el fumigante usado es especial para eliminar dos graves peligros actuales, que son los mosquitos portadores del **Zikay** del **Chicunguña**. Hasta la fecha no se ha registrado ningún caso de estas enfermedades dentro de la planta.

3.1.4 Capacitaciones de saneamiento básico

Para mejorar aspectos ambientales en la planta industrial el diamante de Distraves SAS, se llevaron a cabo capacitaciones para dar a conocer la importancia del ahorro de agua, limpieza en los lockers, reciclaje, entre otros.

4. PROGRAMA DE CALIDAD DE AIRE

4.1 OBJETIVOS

4.1.2 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el programa de calidad de aire para la planta industrial el diamante Distraves S.A.S, siguiendo la normatividad actualmente vigente para fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos.

4.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar la operación y mantenimiento de la caldera y otras fuentes de emisiones, en la cual se establezcan las condiciones técnicas y operativas de la caldera.
- Verificar paso a paso los procesos que generan emisiones para identificar posibles fugas y principales focos generadores de contaminantes atmosféricos.
- Proponer medidas de prevención y mitigación de la emisión de contaminantes atmosféricos en el proceso productivo

4.2 ALCANCE

El programa de calidad de aire tiene como cobertura identificar las principales fuentes generadoras de emisiones atmosféricas y establecer actividades para

prevenir, mitigar, corregir o compensar el daño causado por los procesos productivos de la Planta Industrial el Diamante de Distraves S.A.S.

4.3 DEFINICIONES

Las siguientes definiciones fueron extraídas del decreto 948 de 1995.

Atmósfera: Capa gaseosa que rodea la Tierra.

Aire: Es el fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición es, cuando menos, de veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

Área fuerte: Es una determinada zona o región, urbana suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como una área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.

Concentración de una sustancia en el aire. Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen del aire en la cual está contenida.

Condiciones de referencia: Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25 C y 760mm de mercurio.

Contaminación atmosférica: Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

Contaminantes: Son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación,

o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas.

Controles al final del proceso: Son las tecnologías, métodos o técnicas que se emplean para tratar, antes de ser transmitidas al aire, las emisiones o descargas contaminantes, generadas por un proceso de producción, combustión o extracción, o por cualquier otra actividad capaz de emitir contaminantes al aire, con el fin de mitigar, contrarrestar o anular sus efectos sobre el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

Emisión: Es la descarga de una sustancia o elementos al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil.

Emisión fugitiva: Es la emisión ocasional de material contaminante.

Episodio o evento: Es la ocurrencia o acaecimiento de un estado tal de concentración de contaminantes en el aire que dados sus valores y tiempo de duración o exposición, impone la declaratoria por la autoridad ambiental competente, de alguno de los niveles de contaminación, distinto del normal.

Fuente de emisión: Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

Fuente fija: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Fuente fija puntual: Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.

Fuente móvil: Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

Incineración: Es el proceso de combustión de sustancias, residuos o desechos, en estado sólido, líquido o gaseoso.

Inmisión: Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un receptor. Se entiende por inmisión la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable al nivel de la tropósfera.

Dosis de inmisión: Es el valor total (la integral del flujo de inmisión es un receptor, durante un período determinado de exposición).

Flujo de inmisión: Es la tasa de inmisión con referencia a la unidad de área de superficie de un receptor.

Tasa de inmisión: Es la masa, o cualquiera otra propiedad física, de contaminantes transferida a un receptor por unidad de tiempo.

Norma de calidad del aire o nivel de inmisión: Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

Norma de emisión: Es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes, establecido por la autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire.

Olor ofensivo: Es el olor, generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana.

Punto de descarga: Es el ducto, chimenea, dispositivo o sitio por donde se emiten los contaminantes a la atmósfera.

Tiempo de exposición: Es el lapso de duración de un episodio o evento.

4.4 MARCO LEGAL

Tabla 6. Normatividad actualmente vigente para la calidad de aire en Colombia

Normatividad	Descripción
Resolución 909 del 2008	Establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
Resolución 005 de 1996	Reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diésel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones.
Decreto 2 de 1982	Reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
Decreto no. 2206 de 1983	Sustituye el Capítulo XVI de la vigilancia, el control y las sanciones, del Decreto No. 02 de 1982 sobre emisiones atmosféricas.
Decreto 948 de 1995	por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

Resolución 898 de 1995	Regula 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.
Resolución 1541 de 2013	Establece los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0601 de 2006	Establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 610 de 2010	Modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006

Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016), (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2016).

4.5 MARCO CONCEPTUAL

4.5.1 Contaminantes criterio en el mundo.

En la atmósfera se encuentra presente una gran cantidad de contaminantes, que ocasionan un efecto perjudicial para el medio ambiente y la salud humana; dentro de los contaminantes más significativos y nocivos están los denominados contaminantes criterio: Dióxido de azufre (SO₂), Dióxido de nitrógeno (NO₂), Material Particulado (PM), Monóxido de carbono (CO), Ozono (O₃). Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas. Las guías son recomendaciones que establecen los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos, a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos nocivos. Las normas establecen las concentraciones máximas de los contaminantes

atmosféricos que se permiten durante un período definido, estos valores límite son diseñados con un margen de protección ante los riesgos y tienen la finalidad de proteger la salud humana y el medioambiente. (Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2013)

En la **Tabla 7**. Se muestra un comparativo de los valores máximos permisibles de calidad de aire entre la U. E, EE. UU y Colombia establecidos por la resolución 610 de 2010.

Tabla 7. Valores máximos permisibles de los contaminantes de criterio según la Unión Europea(E.U), EE. UU, y Colombia.

CONTAMINANTE	NORMATIVIDAD		
	EE. UU	EU	Resolución 610 de 2010 Colombia
Monóxido de Carbono (CO)			
Promedio para 8 horas	9 ppm		10 ppm
Promedio para 1 hora	35 ppm		40 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)			
Promedio anual	0.053ppm	0.04ppm	0.01 ppm
Promedio para 1 hora		0.2 ppm	0.02 ppm
Ozono (O₃)			
Promedio para 8 horas	0.08 ppm		0.08 ppm
Promedio para 1 hora	0.12 ppm		0.12 ppm
Promedio 24 horas			
Dióxido de azufre (SO₂)			
Promedio anual	0.03 ppm		0.08 ppm
Promedio 24 horas	0.14 ppm	0.12 ppm	0.25 ppm
Material Particulado de menos de 2.5 micrómetros (PM 2.5)			
Promedio anual	0.015 ppm		0.025 ppm
Promedio 24 horas	0.065 ppm		0.050 ppm
Material Particulado de menos de 10 micrómetros (PM 10)			
Promedio anual	0.05 ppm	0.04 ppm	0.05 ppm

Promedio 24 horas	0.15 ppm	0.05 ppm	0.1 ppm
Material particulado suspendido total (TSP)			
Promedio anual			0.1 ppm
Promedio 24 horas			0.3 ppm

Fuente: (Environmental Protection Agency, 2016), (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).

4.5.1.1 Material Particulado (PM10)

El PM son partículas sólidas o líquidas presentes en el aire que tienen la capacidad de penetrar las vías respiratorias. Existe plena evidencia científica de la relación entre la presencia de éstas con enfermedades respiratorias y cardíacas. Los más afectados son la población sensible (niños menores de 5 años y personas de la tercera edad) y su peligrosidad depende del tamaño y con las sustancias que se adhieren a su superficie. Se clasifican en PST (partículas suspendidas totales), partículas con diámetro menos a 10 μm (PM10) y con diámetro menor a 2.5 μm (PM2.5) (University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia, 2013)

4.5.1.2 Óxido de nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno, y especialmente el NO₂, son promotores de otros contaminantes como el smog y la lluvia ácida. En un centro urbano, el 55% de las emisiones son del sector transporte y 22% es de generación energética. La presencia del NO₂ en la tropósfera en conjunto con radicales libres HC, hace que se forme O₃ troposférico, mientras que, en la atmósfera, reacciona con el monóxido de cloro formando nitrato de cloro y liberando átomos de cloro que destruyen la capa de ozono al reaccionar con el ácido clorhídrico.

El tiempo de exposición determina el alcance a la salud para las personas, un tiempo de exposición corto (1 hora a 24 horas) tendrá un efecto inmediato en el aumento de problemas respiratorios incluyendo inflamación de las vías

respiratorias y el aumento de síntomas para las personas que tienen asma. A largo plazo, con la formación de partículas que se ubican en todo el tracto respiratorio, pueden aumentar problemas cardiovasculares, bronquitis, asma y muerte prematura para la población más vulnerable. (University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia, 2013)

4.5.1.3 Dióxido de Azufre (SO₂)

El SO₂ es un gas estable, la principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión de productos petrolíferos y de carbón. Otra fuente muy importante es la oxidación del SH₂. Sin embargo, algunas fuentes naturales también contribuyen a su emisión, como es el caso de los volcanes o del metabolismo anaerobio (Fundación Crana, 2016). En un centro urbano, el 67% de las emisiones vienen de las generadoras de energía y el 18% del sector industrial. La contribución del sector transporte a las emisiones mundiales de SO₂ se estiman entre 2% y 6%. Es un gas irritante, que afecta a las partes superiores de las vías respiratorias y está asociado con la disminución en el funcionamiento pulmonar. La OMS determinó que los efectos mortales están entre 500 µg/m³ por un tiempo de exposición de 24 horas y una morbilidad respiratoria en ambientes con exposiciones superiores a 250 µg/m³. (University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia, 2013)

4.5.1.4 Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro que a muy bajas dosis es uno de los contaminantes más peligrosos para la salud. En un centro urbano el 56% de las emisiones provienen del transporte.

Está asociado a la formación de carboxi-hemoglobina (COHb), una condición en la que la hemoglobina es más afín con el CO que con el oxígeno. Al estar presente el CO en la sangre, la hemoglobina no puede transportar oxígeno para las condiciones vitales y por lo tanto creará un déficit de éste en la sangre. En niveles por debajo de 10% de COHb se producen mareos, dolor de cabeza y

vómito. Para niveles con más del 40% de COHb, el monóxido empieza a causar coma neurológico y colapso en el sistema nervioso y a más del 60% causa la muerte (WHO, 2000). (University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia, 2013)

4.5.1.5 Ozono troposférico (O₃)

El ozono troposférico se forma a partir de otros compuestos en el aire como el NO₂. En presencia de los rayos del sol, los enlaces del NO₂ se rompen formando óxido de nitrógeno (NO) y oxígeno molecular (O) que combinados con el O₂ presente en la atmósfera, genera O₃. De aquí que los niveles de concentración del ozono dependan de la intensidad lumínica, la concentración de óxidos de nitrógeno, variables meteorológicas, entre otras.

En tiempos de exposición bajos, la inhalación de ozono genera inflamación del todo el sistema respiratorio superior; es decir, las fosas nasales, la garganta y la laringe. Hay que tener en cuenta que así los niveles de exposición se reduzcan luego de haber estado en ambientes con concentraciones altas, los efectos persisten en los pulmones y principalmente, la afectación en las unidades terminales de los bronquios. Existe además evidencia que la presencia de ozono genera mutaciones en las células respiratorias resultando en generar con más probabilidad cáncer (WHO, 2005). (University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia, 2013)

4.5.2 Efectos sobre la salud

Los efectos a la salud se determinan dependiendo de variables como concentración del contaminante, tiempo de exposición, fracción inhalada, entre otros. Para cada una de estas variables, se incluyen estudios epidemiológicos, así como de toxicidad que determina la relación entre emisión y enfermedad.

Las normas de calidad del aire se basan en los niveles a los que la población puede estar expuesta a la contaminación: agudo o crónico. El nivel agudo ocurre

cuando se presentan altos niveles instantáneos de concentración de contaminante, mientras que el crónico es cuando la contaminación permanece durante un tiempo prolongado. Estos dos tipos de exposición son perjudiciales y por lo tanto deben ser controlados para cada uno de los contaminantes criterio y por esto es que existen normas para tiempos de exposición cortos (horas) o largos (anual). (University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia, 2013)

4.5.3 Fuentes de contaminantes atmosféricos

La contaminación del aire proviene de una mezcla de miles de fuentes de emisión que van desde chimeneas industriales y vehículos automotores hasta el uso de productos de limpieza y pinturas domésticos. Incluso la vida animal y vegetal puede desempeñar un papel importante en la contaminación del aire. En general, las fuentes de emisión se agrupan en cuatro categorías principales: fuentes fijas, fuentes móviles, fuentes de área, y fuentes naturales; éstas últimas incluyen las fuentes biogénicas y las geogénicas.

4.5.3.1 Fuentes Fijas

Son aquellas que operan en un punto fijo, es decir, el foco de emisión no se desplaza en forma autónoma en el tiempo; ejemplo de este tipo de fuentes son las chimeneas industriales y doméstica.

En Colombia la resolución 909 de 2008 define fuente fija como la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Las fuentes fijas se pueden clasificar, de acuerdo a la envergadura y distribución espacial de las emisiones, en fuentes fijas puntuales y fuentes fijas difusas o dispersas.

Las **fuentes fijas puntuales** se definen como aquellas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas y las fuentes fijas difusas son aquellas en que los

focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión.

La caldera es un recipiente de presión cerrado en el que el fluido es calentado para su uso posterior, externamente a él, por la aplicación directa del calor resultante de la combustión de un combustible (sólido, líquido o gaseoso) o por el uso de energía eléctrica o energía nuclear.(Kohan, 1997)

4.5.3.2 Fuentes Móviles

Son las que pueden desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes en su trayectoria; ejemplos de este tipo de fuente son los automóviles, trenes, camiones, buses, aviones y barcos, entre otros. En la mayoría de las áreas urbanas, los vehículos automotores son los principales generadores de los contaminantes atmosféricos.

En Colombia el decreto 948 del 5 de junio de 1995 define las fuentes móviles como la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

Medios de transporte en la calidad del aire.

La problemática del transporte tiene variables que afectan la contaminación como los tipos de combustibles, la edad de los automotores que intrínsecamente incluye a la tecnología que se está utilizando, los comportamientos de conducción, entre otros. Cada uno de estos componentes son los que se deben tener en cuenta para cualquier tipo de decisión con respecto al medio ambiente.

Tipos de combustibles.

Existen varios tipos de combustibles que generan emisiones que afectan a la salud; entre los más comunes se encuentran la gasolina, el diésel (ACPM) y el gas natural vehicular (GNV).

Debido a la combustión incompleta de los hidrocarburos en el combustible, se liberan pequeñas proporciones de carbono en forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), los cuales finalmente se oxidan en forma de CO₂ en la atmósfera. Además, los procesos de combustión producen emisiones de óxido nitroso (N₂O) y óxidos de nitrógeno (NO_x). (Grupo Consultivo de Expertos (GCE), 2016)

A diferencia del CO₂, los cálculos de las emisiones de CH₄, N₂O, NO_x, CO y COVDM requieren una detallada información del proceso. El cálculo preciso de sus emisiones depende del conocimiento de varios factores relacionados, que incluyen las condiciones de la combustión, el tamaño y antigüedad del equipo, el régimen de mantenimiento y funcionamiento, controles de emisión, así como las características del combustible. Los métodos se deben aplicar a un nivel detallado de actividad/tecnología de manera que se tomen en cuenta estos factores en la medida de lo posible. (Grupo Consultivo de Expertos (GCE), 2016)

4.5.3 CONSECUENCIAS DEL MAL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE

4.5.3.1 Cambio climático

Uno de los problemas de mayor importancia a nivel mundial es el cambio climático que está principalmente atribuido a las emisiones de CO₂ y CH₄ generados principalmente por la combustión y la agricultura respectivamente. La acumulación de gases en la atmósfera forma una capa que evita el intercambio energético entre los rayos emitidos por el sol y la tierra (entrada y salida) y eso hace que se acumule energía entre la tierra y la capa de ozono. Esto ocasiona un aumento de la temperatura dando como resultado un efecto invernadero que trae como consecuencia cambios en los ciclos naturales, los ecosistemas, así como la química y física de los gases en la atmósfera.

4.5.3.2 Efectos a la salud

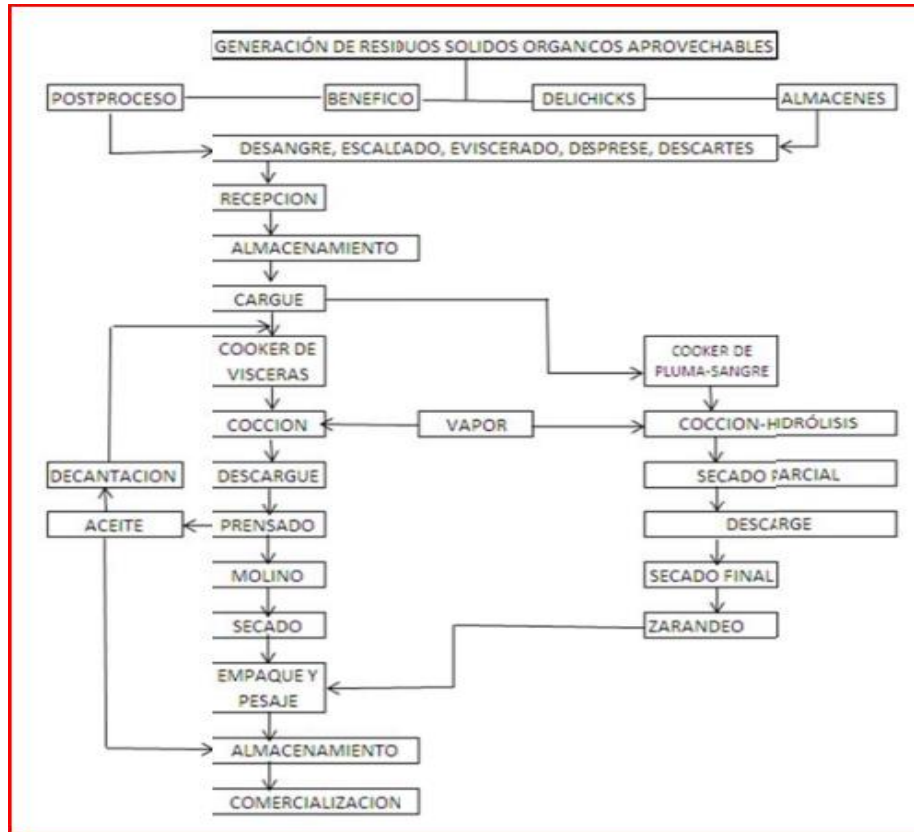
Los efectos a la salud se determinan dependiendo de variables como concentración del contaminante, tiempo de exposición, fracción inhalada, entre otros. Para cada una de estas variables se han realizado estudios epidemiológicos, así como de toxicidad que determina la relación entre emisión y enfermedad. Las normas de calidad del aire se basan en los niveles a los que la población puede estar expuesta a la contaminación: agudo o crónico. El nivel agudo ocurre cuando se presentan altos niveles instantáneos de concentración de contaminante, mientras que el crónico es cuando la contaminación permanece durante un tiempo prolongado. Estos dos tipos de exposición son perjudiciales y por lo tanto deben ser controlados para cada uno de los contaminantes criterios y por esto es que existen normas para tiempos de exposición cortos (horas) o largos (anual).

4.6 ACTIVIDADES

4.6.1 DOCUMENTACIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

A continuación, se muestra en la figura 6. El procesamiento dentro de la planta de harinas de Distraves S.A.S. Esta comprende una serie de operaciones y equipos que garantizan la obtención de harinas de pluma-sangre y vísceras. Las operaciones unitarias del proceso de elaboración de harinas, van desde la generación de los residuos hasta el despacho del producto terminado en los diferentes clientes. Los equipos están conformados por 3 reactores Cooker una prensa, un secador, 3 tanques de recolección de aceite y una zaranda; además se cuenta con un sistema de tratamiento para los vapores orgánicos generados en la cocción de los residuos aprovechados.

Figura 6 Flujo grama de la operación en planta de harinas.



Fuente: Manual de inducción empresa Distraves.

Los procesos para los cuales se suministra el vapor generado por la caldera son: operación de los reactores Cooker para la elaboración de harinas a partir de subproductos orgánicos derivados del beneficio del pollo y el proceso de escaldado y desplume de las aves.

La obtención de harinas a partir del procesamiento de subproductos avícolas (pluma, sangre y vísceras), se convierte en la opción técnica, económica y ambiental más adecuada para el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en el beneficio del pollo. Los subproductos avícolas son sometidos a

procesos térmicos en equipos especializados convirtiéndolos en harinas cárnicas de alto valor en la nutrición animal.

A continuación, se describen las operaciones del proceso de fabricación de harinas de víscera y pluma-sangre que ocurre en los 3 Cooker presentes.

1. Recepción de los residuos: los residuos orgánicos generados en el proceso de beneficio (víscera, pluma y sangre), y además área inherente; son transportados a la plataforma de recibo, allí se almacenan temporalmente hasta su cargue en los equipos comer.
2. Almacenamiento: los residuos de pluma, víscera y sangre son almacenados en canecas plásticas de 55 galones hasta completar la cantidad correspondiente al peso de cargue y la formulación establecida.
3. Cargue: el cargue de los residuos se hace en forma manual, los residuos contenidos en canecas se vierten en los reactores según la estimación del peso. Los reactores Cooker poseen una capacidad de cargue de 3200 kg/batch dependiendo del residuo a tratar.

4.6.1.1 Procesamiento de vísceras

Cocción: la cocción, es el proceso mediante el cual los residuos en el reactor son sometidos a condiciones de temperatura y presión a fin de reducir su contenido de humedad. En el reactor de vísceras se realiza una fritura por medio de la inyección de aceite de pollo junto con la materia prima. Para una carga inicial de 3200 kg se usan 400 kg de aceite. La cocción se realiza durante tres horas.

Descargue: transcurrido el tiempo de cocción y con despresurización parcial de los gases, el producto resultante de la fritura es vertido en una tolva en la que el aceite escurre a un tanque de almacenamiento para luego ser bombeado a los tanques de decantación donde se realiza la separación de los sólidos. La pasta de víscera contiene aun un porcentaje alto de aceite el cual debe ser retirado para obtener el contenido de grasa deseado.

Prensado: luego de la separación del aceite, el sólido de vísceras es transportado mediante un tornillo sinfín hasta la prensa en la cual se termina de extraer el aceite contenido en la harina. El aceite extruido de la prensa es llevado hasta los tanques de decantación.

Molino: posterior al prensado la harina se muele para darle textura y granulometría correspondiente. En el canal transportador del molino al secador, se adiciona un microbicida que asegura la calidad microbiológica de la harina. La dosificación se realiza en razón de 25 ml/min de Inhisalm para el control de la Salmonella.

Secado: se realiza en tambor rotatorio.

Empaque y pesaje: la harina de vísceras es empacada en sacos de 40 kg y almacenada para luego ser distribuida a los diferentes clientes.

4.6.1.2 Procesamiento de pluma- sangre

El mayor porcentaje de subproductos generados en el beneficio del pollo lo constituye la pluma. La formulación de los batch en los reactores pluma-sangre es: una parte de sangre por tres partes de pluma. Y se cumplen las siguientes operaciones:

Cocción: la harina pluma-sangre es menos digestible que la de vísceras debido a su contenido en queratina, es por ello que el proceso de cocción requiere de un tratamiento especial. La digestibilidad de la harina se logra mediante un proceso denominado hidrolisis que consiste en agregar vapor indirecto a 80 psi de presión por espacio de aproximadamente 45 minutos. La cocción en el reactor de pluma-sangre empieza con presión cero hasta la presión de hidrólisis, transcurridos 45 minutos, se hace la despresurización del reactor cuyos vapores son conducidos hasta el sistema de condensación de olores.

Secado parcial: el secado parcial es el proceso mediante el cual, transcurrido el tiempo de cocción, la harina permanece en el Cooker en constante agitación para reducir el contenido de humedad al 20%.

Descargue: la harina pre secada es extraída del reactor en forma manual y llevada mediante un tornillo sinfín hasta el secador.

Secado: en el secado, la harina reduce su humedad al 10% y consta de un tambor rotatorio en cuyo interior se mueve la harina recibiendo un flujo de aire caliente proporcionado por un ventilador desde una flama.

Zarandeo: en el zarandeo se eliminan algunas partículas presentes en la harina que pueden afectar su calidad. Además, se le imprime textura a la harina.

Pesaje y empaque: la harina se empaca en sacos de 40 kg y se almacena en un lugar seco y fresco durante un tiempo máximo de 5 días para posteriormente ser distribuida a los diferentes clientes.

4.6.1.3 Escaldado de pollo

El escaldado y desplume de las aves procesadas en la planta de beneficio, se realiza mediante operación de una escaldadora que consiste básicamente en un tanque que contiene agua entre los 50 y los 55°C en el cual se sumergen las aves para el ablandamiento de las plumas. El agua es calentada por transferencia de calor mediante el suministro de vapor de agua suministrado por la caldera.

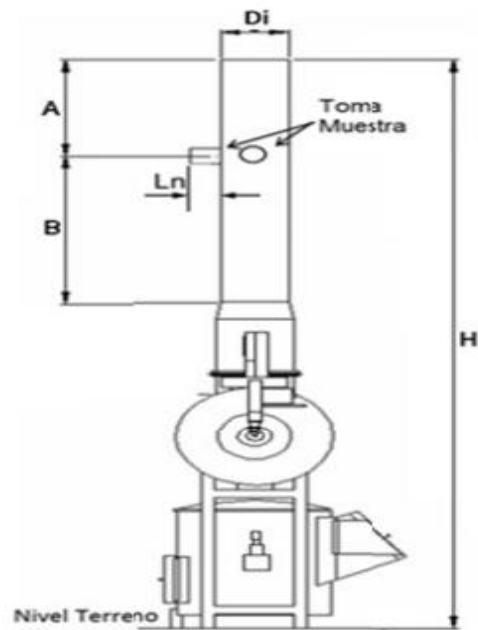
4.6.2 PROCESOS QUE GENERAN EMISIONES

La Planta industrial el Diamante de Distraves S.A.S, está constituido por una serie de procesos productivos que generan una cantidad significativa de residuos avícolas. La empresa cuenta con una planta para tratar dichos residuos y obtener como producto final harina para pollo. Sin embargo, esta actividad está generando una problemática de calidad de aire.

4.6.2.1 Principales focos generadores de contaminantes atmosféricos

La planta de tratamiento para residuos avícolas, consta de una caldera que usa como fuente de energía carbón y cascara de palma.

Figura 7Chimenea de la caldera



Fuente: (K2 ingeniería, 2013)

Tabla8. Descripción de la chimenea.

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Geometría	Circular
Tamaño	grande
Material de construcción del ducto	Acero al carbón
Diámetro interno de la chimenea (D_i).	0.755m
Tramo recto desde la toma de muestra hasta el cambio de flujo (A).	4.30m
Tramo recto desde el cambio de flujo después de la salida de los gases y la toma de muestras.	10.33

Altura total de la chimenea, desde el piso (H)	19.24
Longitud del niple (Ln)	4.5 cm
Numero de niples	2

Fuente:Autor

Tabla 8 Condiciones de operación de la fuente de emisión.

Característica de los gases de chimenea	unidad	valor
Caudal de los gases en chimenea a condiciones de referencia en base seca	m ³ /s	1.64
Velocidad	m/s	6.17
Humedad	%	10.69
Temperatura	°C	128.67
Presión absoluta	mmHg	690.13

Fuente:(K2 ingeniería, 2013)

Tabla 9 Caracterización de gases de chimenea por análisis de combustión (%).

Contaminante (%)	Concentración (mg/m ³)
CO ₂	10.5917
CO	0.0034
O ₂	9.7333
N ₂	79.6716

Fuente (K2 ingeniería, 2013)

4.6.2.2 Combustibles empleados

Cuesco o cascarilla de palma

Nombre: Cuesco o cascarilla de palma africana.

Aspecto físico: solido.

Método de extracción: separación física por columna de aire e hidrocicon.

Composición: cascarilla 80%, humedad 15-19% y fibra 4-6%.

Poder calorífico: 12.56 MJ/Kg.

Consumo de combustible: 642 kg/h

Figura 9 Cascarilla de palma o cuesco.



Fuente: Autor

4.6.2.3 Carbón

Poder calorífico: 6889 kcal/kg o 12401 BTU/lb

Consumo de combustible: 572 kg/h

Tabla 10 Composición del carbón.

CARBÓN	
% de equilibrio	5.19
% cenizas	11.55
% material volátil	35.36
% Carbono	47.89
% Carbón	66.41

% Hidrogeno	5.04
% Nitrógeno	1.5
% Oxigeno	10.19
% Azufre	1.4

Fuente: (Impalá terminals Colombia S.A.S, 2016)

Figura 10 Carbón.



Fuente: Autor

4.6.2.3 Almacenamiento del combustible

Combustible utilizado.

El combustible es usado para alimentar la caldera con el fin de generar vapor para los diferentes equipos de la planta, el consumo de combustible sólido es de cascarilla y carbón.

El sistema de recepción, almacenamiento y alimentación del combustible a la caldera consta de: patio de recepción y sistema elevador de cangilones; el cual consta de: tolva de recibo de carbón, rejilla de tamaño 2", elevador de cangilones y tolva de caldera.

Patio de recepción y almacenamiento del combustible.

El patio de recepción del combustible es adyacente al área ocupada por la caldera. El área destinada para el almacenamiento del cuesco puede albergar aproximadamente 30 m³. Desde los sitios que proveen del combustible hasta el lugar de ubicación de la caldera, el cuesco es transportado en una volqueta con capacidad para 12m³.

Figura 11. Almacenamiento.



Fuente: Autor

Sistema de alimentación del combustible.

El sistema de recolección del cuesco a la caldera se compone de los siguientes elementos:

Tolva de recibo.

La tolva de recibo se encuentra ubicada a 0.8m bajo el nivel del piso y es la encargada de recibir el combustible para luego ser llevado por el elevador hasta la tolva de la caldera. Consta en la parte superior de una rejilla la cual permite el paso de material combustible. La parrilla junto a la válvula de descargue cumple

función de regular la alimentación y el buen desempeño del elevador. La tolva posee un largo de 1.5m y ancho 1m.

Figura 12. Tolva de recibido



Fuente: Autor

Elevador de cangilones.

El elevador de cangilones es una estructura de 11 m de alta encargada de transportar verticalmente el combustible (cuesco) desde la tolva de recibo hasta la tolva de la caldera. El sistema de alimentación de combustible a la caldera consta de los siguientes elementos: cabeza, conjunto de polea superior-eje, base, conjunto polea inferior-eje, tensor, plataforma de servicio, banda, cangilones, potencia (moto-reductor). El elevador, consta de una cinta cuya potencia es suministrada por un motor y accionada por una polea de la soporta e impulsa. Los

cangilones son baldes metálicos fijados a la cadena responsables de llevar el cuesco hasta la tolva de recibo en la caldera.

El sitio de almacenamiento del combustible junto con el sistema de alimentación se encuentra cubierto para protegerlo de la lluvia y otros agentes ambientales que alteren su calidad.

Balance energético

Teniendo en cuenta los procesos y equipos de consumo de vapor en la planta de beneficio y la capacidad de la caldera, se establece un balance aproximado, así:

- Capacidad de la caldera: 400 BHP
- Consumo de vapor Cooker 1: 60 BHP
- Consumo de vapor Cooker 2: 60 BHP
- Consumo de vapor Cooker 3: 60 BHP
- Consumo de vapor de la escaldadora: 60 BHP

La calidad de aire en la Planta Industrial El Diamante de Distraves S.A.S. depende de fuentes móviles y fuentes fijas.

Emisiones de gases de combustión

Los gases de combustión son generados por la operación de una caldera pirotubular de 400 BHP y una presión de trabajo de 150 psi. La caldera suministra el vapor requerido para la operación de los reactores donde se procesan los subproductos del sacrificio, desprese, derivados cárnicos y desposte para la obtención de harinas cárnicas. La caldera opera alternadamente entre dos tipos de combustible carbón mineral y biomasa. Aunque últimamente se ha venido usando biomasa como combustible, que consiste principalmente en cascarilla de palma.

Se ha determinado que es menos contaminante y la emisión presenta menos cantidad de hollín, es decir, el humo que forma la pluma es más incoloro si se compara con el del carbón mineral.

4.6.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Para evitar excesos de contaminantes se debe proponer algunas de medidas de prevención y mitigación. Estas medidas consisten en llevar a cabo constantes mantenimientos, limpiezas, inspeccionar periódicamente el estado del agua, tener un plan de contingencia para cualquier falla que pueda presentar la caldera y por ultimo sustitución de la materia prima.

4.6.3.1 MANTENIMIENTO

Al inspeccionar el manual incluido en la caldera, se observó que el mantenimiento preventivo es de carácter obligatorio. Por tal manera a continuación se establece y se describe detalladamente el correcto mantenimiento que actualmente es ignorado. Para que la caldera funcione de manera óptima se debe hacer mantenimiento diario, semanal, mensual y semestral.

Mantenimiento diario.

- El calderista deberá drenar manualmente el control del nivel, mínimo una vez por turno. Al hacerlo, verifique que la bomba suministre agua a la caldera y compruebe que el quemador de carbón se apague cuando en el tablero se encienda la alarma que indique bajo nivel de agua.
- Verificar el drenaje automático a la caldera programado por el PLC para ser realizado cada ocho horas.
- El drenaje del tanque de retorno la realizara el calderista en forma manual y mínimo una vez por turno.

- Si bien el proceso de soplado del hollín en pirotubos es automático, y programado para ser realizado cada 2 horas el calderista estará pendiente de supervisar tal función.
- Purgue la columna de agua, abriendo la válvula de purga. Esto mantendrá el sistema de nivel de agua, libre de lodos y sedimentos que puedan obstruir el control de nivel.
- Verificación de la temperatura del agua de alimentación.
- Verificar la presión de la bomba y su funcionamiento.
- Cuando encienda su caldera que los gases de combustión sean incoloros.
- Asear el cuarto de calderas.
- Limpiar la caldera con aire comprimido una vez cada ocho horas.
- Verificar la tensión de la parrilla y si tiene eslabones y/o uniones rotas o fundidas.
- Chequear manómetros.
- Dosificar los productos químicos según recomiende su proveedor.
- Evacuar las escorias del chute de cenizas cada hora.
- Verificar la evacuación de cenizas del ciclón.
- Cada 8 horas se debe evacuar las cenizas que se depositan debajo de la parrilla en el hogar de la caldera.
- El operario deberá mantener cargada la tolva recibo de carbón con la cantidad suficiente para permitir el correcto funcionamiento de la caldera.

Mantenimiento semanal.

- Verificar fugas de vapor y corregirlas.
- Verificar que las válvulas de seguridad se disparan a la presión de calibración, permitiendo que la caldera alcance esta presión.
- Verificar el alineamiento del eje de la bomba de agua, y que no existan fugas en los sellos mecánicos de esta.
- Limpiar el tablero eléctrico. Soplar con aire comprimido.
- Inspeccionar los bloques de Carbofrax y refractario.

- Dependiendo de la calidad del agua vacíe el tanque de retorno de alimentación de su caldera y remueva los sólidos que se encuentran depositados en el fondo del tanque.
- Inspeccionar la parrilla y si tiene eslabones y/o uniones rotas o fundidas remplazarlas.
- Evacuar las cenizas de la camisa húmeda y del espejo trasero.

Mantenimiento mensual.

- Limpie con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revise los contactos de los arrancadores. Si alguna conexión este floja, carbonada o sulfatada, proceda a quitar la corriente del interruptor general del tablero y a continuación corrija la falla.
- Limpiar los vidrios de nivel ubicados en el tanque de retorno y en el control de nivel de la caldera.
- Verificar fugas en general. Y si existen eliminarlas.
- Verificar las trampas de los sopladores de vapor para la caldera.
- Limpie los filtros de agua de alimentación de la caldera.
- Revise los tornillos de anclaje de la base que soporta la bomba de agua y su motor, si están deteriorados reponerlos.
- Quite los tapones que se encuentran en las cruces de 1" que soportan el sistema de control de nivel. Proceda a limpiar con un cepillo de alambre.
- Haga que la válvula de seguridad se accione cuando la presión de la caldera alcance una presión que este entre el 5% y el 10% de la presión de la placa.
- Verificar tensión en las bandas o correas del ventilador de tiro inducido.

Mantenimiento semestral.

- Deje que la caldera se enfríe por completo y drene el agua completamente, y a continuación quite los registros de mano y lave la caldera con agua a alta presión.

- Después de lograr la limpieza de la caldera, examine con cuidado la superficie de evaporación para ver si hay indicio de corrosión, picadura o incrustaciones.
- Al volver a colocar los registros de mano, ponga empaques nuevos, pero antes de colocarlos limpie totalmente las superficies que van a estar en contacto y aplique grafito en polvo para facilitar próximas inspecciones.
- Verificar el estado de la parrilla y el hogar.
- Verificar el estado del refractario de ignición y del muro rompe llama.
- Revise todas las válvulas de entrada y salida de la caldera mientras este fuera de servicio.
- Realice una prueba hidrostática a 1.5 veces la presión de trabajo con el fin de verificar y corregir fugas.
- Para volver a colocar la caldera en servicio, llénese de agua la caldera hasta el nivel apropiado. Luego, coloque el interruptor de la parrilla en la posición automático.
- Verificar el estado de aislamiento.
- Al llenar la caldera de nuevo para ponerla en servicio se debe verificar hermeticidad de los manholes y handholes.

4.6.3.2 LIMPIEZA

La limpieza de las calderas depende en gran parte de la calidad del agua de alimentación. Sin embargo, aun con la mejor calidad del agua, es decir, la que ha sido ablandada a dureza cero, la caldera debe abrirse y limpiarse por lo menos una vez al año.

Procedimiento	Frecuencia horas
1. Mantener el piso lo más limpio posible, libre de grasas, aceites polvo y hollín.	24
2. Limpiar el aislamiento exterior de la caldera para no dejar acumular polvo y cenizas en él. No se debe utilizar ya que se daña el	24

aislamiento.	
3. Apague el ventilador de tiro forzado, abra la compuerta inferior y limpie el hogar en la parte inferior de la parrilla viajera.	12
4. Golpear el cuerpo del ciclón en los refuerzos metálicos con un martillo de goma para ayudar a eliminar las cenizas de las paredes.	24
5. Retirar y limpiar la tolva inferior de la parrilla viajera.	24
6. Limpiar el sistema de aire acondicionado y limpiar la caldera y el tablero de control.	24

Fuente: Autor

4.6.3.2 PLAN DE CONTINGENCIA

Toda caldera corre el riesgo de presentar alguna falla o imprevisto que afecte su funcionamiento, se han analizado los que tienen mayor posibilidad de suceder, estos pueden ser falla de la electricidad, bajo nivel del agua, que el fuego salga del arco de ignición o el fuego entre a la tolva. A continuación se describe el correcto procedimiento que se debe realizar en caso de que ocurra uno de estos sucesos.

Falla de la electricidad.

Por falta de electricidad, el tiro forzado, el tiro inducido, la bomba de agua y la parrilla viajera se detendrán, el arco de ignición y la compuerta de refractoria quedaran al rojo vivo y el combustible continuara quemándose. Hacer lo siguiente:

- Cierre la válvula principal de vapor para evitar que la caldera se quede sin agua, verifique que la compuerta de tiro inducido este abierta y espere 30 minutos dejando el equipo en este estado.
- Si la electricidad vuelve a ser restaurada durante los primeros 30 minutos, verifique que los siguientes ítems estén en automático: la parrilla, ventilador de tiro inducido, ventilador de tiro forzado y bomba.

- Si la electricidad no ha regresado en 30 min, desocupe la parrilla con la manivela manual de la siguiente manera:
- Remueva el indicador de giro y la cubierta.
- Remueva el pin fusible.
- Mueva la parrilla hasta que el combustible prendido sobrepase la línea del arco de ignición, lo cual se puede observar levantando la compuerta localizada en el arco de ignición.

Bajo nivel de agua.

Temporal (aun visible en la columna):

- Ponga la bomba de agua en posición “manual” hasta que se recupere el nivel normal, luego cámbiela a “automático”.
- Purgue la Columna de agua y observe si el agua regresa al nivel normal para comprobar el verdadero nivel.

Permanente (no visible en la columna):

- Cierre la válvula de vapor para evitar que la caldera se seque y sufra problemas por bajo nivel de agua.
- Cierre la línea de alimentación de agua a la caldera y apague la bomba.
- Ponga la parrilla en posición “off”.
- Apague el fuego.

El fuego salga del arco de ignición.

La ignición del carbón debe efectuarse a una pulgada de separación de la guillotina de refractario. Si dicha ignición comienza a separarse más de lo establecido y sale del arco de ignición, el lecho de carbón terminara apagándose. De separarse, efectué alguna de las siguientes actividades:

- Ponga la parrilla en “off” y espere que la ignición regrese a una pulgada de la compuerta.
- Si vuelve a suceder, reduzca la capa de combustible de a media pulgada bajando la compuerta guillotina.
- La otra opción es reducir la velocidad de la parrilla.

El fuego entre a la tolva.

- Suba la compuerta exterior de la tolva para cerrar el paso de carbón a la parrilla.
- Ponga la parrilla en “manual” y aumente la velocidad en el variador de la parrilla de a un Hertz.
- Si la ignición alcanza a pasarse a la tolva abra la válvula de vapor ubicada al lado de esta para apagar el carbón.

4.6.3.3 SUSTITUCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Otra medida que se podría implementar, es la sustitución de la materia prima, es decir cambiar el cuesco o el carbón por gas natural.

El uso del gas natural en calderas proporciona una tecnología limpia y eficiente con ahorros muy significativos, reduce el impacto ambiental, disminuye costos de mantenimiento, mejora el proceso adaptando la tecnología del Gas Natural.

5. CONCLUSIONES

- Se elaboró el programa de calidad de aire para prevenir y mitigar los contaminantes atmosféricos en la Planta Industrial El Diamante de Distraves S.A.S.
- El funcionamiento de la caldera es adecuado. Sin embargo se notaron algunas falencias en las jornadas o procedimientos de limpieza y mantenimiento; esto se debe principalmente a la falta de acceso a la información por parte de los operadores directos de la caldera.
- La principal fuente de contaminantes atmosféricos de la Planta Industrial El Diamante de Distraves S.A.S es la caldera pirotubular JCT de 400 BHP que cuenta con una emisión de los gases en chimenea a condiciones de referencia en base seca de $1,64\text{m}^3/\text{s}$.
- Las concentraciones de MP, NO_x y SO_2 determinadas por medio de un muestreo isocinético en la caldera fueron $121,52\text{mg}/\text{m}^3$; $46,57\text{mg}/\text{m}^3$ y

237,89mg/m³ respectivamente. Estos valores cumplen con lo establecido en la Resolución 909 del 2008.

6. RECOMENDACIONES.

- Responsabilidad y cumplimiento a las indicaciones técnicas por las cuales se debe operar la caldera, estas indicaciones son la adecuada limpieza y el mantenimiento previo de la caldera.
- La instalación de un tratamiento apropiado para el agua de alimentación de la caldera acompañado de inspecciones y limpieza de la caldera para mejorar su eficiencia y durabilidad. La consecuencia final de esto es la disminución radical de las paradas forzosas de reparación por fallas en el metal de la caldera.
- El área de almacenamiento del combustible no es adecuada, esta debe asegurar el aislamiento total del combustible con la humedad, ya sea por precipitación directa o por escorrentía.
- Es de suma importancia que el personal del que depende directamente el funcionamiento de la caldera realice un correcto tratamiento del agua de alimentación de esta, ya que beneficiara el correcto funcionamiento y la eficiencia de la misma.
- Estudios más rigurosos en las emisiones de la caldera y el agua de alimentación, es decir, que no se siga menospreciando esta fuente de contaminación tan importante. Poco se ha analizado las condiciones adecuadas en las que se debe operar la caldera y ese es el principal motivo de las fallas que se presentan.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogotá. (10 de Junio de 2016). *Secretaría Distrital del ambiente* . Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/normatividad2>

Environmental Protection Agency. (22 de Febrero de 2016). *Red de Transferencia de Tecnología Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE. UU. - México*. Obtenido de https://www3.epa.gov/ttnecatc1/cica/airq_s.html

Fundación Crana. (25 de Junio de 2016). *Dióxido de azufre (SO₂)*. Obtenido de http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/diaxido-azufre-so2

Grupo Consultivo de Expertos (GCE). (27 de Junio de 2016). *Manual del sector de la energía. Quema de combustibles* . Obtenido de https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/application/pdf/7-bis-handbook-on-energy-sector-fuel-combustion.pdf

Impalá terminals Colombia S.A.S. (30 de Marzo de 2016). Reporte de análisis . *Ficha técnica del carbón*. Barranquilla, Colombia.

K2 ingeniería. (2013). *Informe isocinético de una caldera pirotubular JCT 400BHP*. Bucaramanga.

Kohan, A. (1997). *Boiler Operator's Guide*. Nueva York: McGraw-Hill.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (22 de Junio de 2007). *RESOLUCIÓN NÚMERO 2115* . Obtenido de <http://www.confia.com.co/normatividad/Resolucion%202115%20de%202007%20Calidad%20del%20agua%20potable.pdf>

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (24 de Marzo de 2010). *RESOLUCIÓN NÚMERO 610*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible . (25 de Junio de 2016). *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos>

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. (25 de Julio de 2013). *Contaminantes criterio* . Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>

University College London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia. (2013). *Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia*. Bogota.