



Identificación de método de contención de material particulado contenido en las emisiones atmosféricas generadas por la planta de secado de la Cooperativa de Caficultores de Manizales.

Felipe Octavio Galvis Osorio

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Agosto de 2024

Identificación de método de contención de material particulado contenido en las emisiones atmosféricas generadas por la planta de secado de la Cooperativa de Caficultores de Manizales.

Felipe Octavio Galvis Osorio

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora
Doris Amanda Rosero García
Microbióloga, M.Sc., PhD.
Posdoctorado en Microbiología Ambiental

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
Agosto de 2024

Contenido

Lista de figuras.....	5
Lista de tablas.....	6
Lista de anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Descripción del problema.....	12
1.2 La pregunta de investigación	13
1.3 Los objetivos de investigación.....	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la investigación	14
2. MARCO DE REFERENCIA.....	16
2.1. Marco de Antecedentes	16
2.2. Marco Teórico	17
2.2.1 Contaminacion del medio ambiente y del aire	17
2.2.2 Afectacion a las zonas aledañas	18
2.2.3 Metodos de contencion de particulas expulsadas al medio ambiente.....	19
2.3. Marco normativo	22
3. METODOLOGÍA	23
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	23
3.2. Población y muestra	23
3.2.1. Definición de la población	23
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra	24
3.2.3. Instrumentos	24
3.3. Descripción de procedimientos	25
3.4. Análisis de información	27
3.4.1. Analisis de encuestas.....	27

3.4.2. Analisis de medición.....	27
3.4.3. Metodos de contención	27
3.5. Consideraciones éticas	28
3.5.1. Análisis de consideraciones éticas	28
3.5.2. Instrumentos de aceptación y autorización	28
3.6. Las variables.....	29
3.6.1. Variable independiente.....	29
3.6.2. Variable dependiente	30
4. RESULTADOS.....	30
5. DISCUSION.....	35
6. CONCLUSIONES	37
7. RECOMENDACIONES	38
Referencias.....	39
Anexos.....	45

Lista de figuras

Figura 1 – Casa de mangas	19
Figura 2 – Ciclon centrifugador	21

Lista de tablas

Tabla 1 – Antigüedad de los residentes	31
Tabla 2 – Dias de caída de ceniza	31
Tabla 3 – Momentos de caída de ceniza durante el día.....	32
Tabla 4 – Molestias al respirar	32
Tabla 5 – Afectacion a objetos	32
Tabla 6 – Olores emanados por la planta de secado	33
Tabla 7 – Resultados MP emisiones	33
Tabla 8 – Registros de consumo de cisco.....	34

Lista de anexos

Anexo 1 – Encuesta determinacion de contaminación	46
---	----

Resumen

Las emisiones atmosféricas provenientes de la operación industrial han sido un objeto de estudio durante muchos años, debido a las consecuencias que traen para la salud de las personas y la afectación al medio ambiente. Con la siguiente investigación se determinó el impacto que las emisiones generadas por la planta de secado de café de la cooperativa de caficultores de Manizales estaban teniendo en la comunidad que la rodea, debido a la utilización de cisco de café como combustible dentro del proceso de secado, generando grandes cantidades de humo y gases. Para esto se realizó un análisis de las emisiones atmosféricas, con equipos idóneos para tal fin, apoyados en la percepción de los residentes del sector acerca de cómo se veían afectados por las partículas sólidas contenidas en los gases. A partir de esto, se pudo determinar la implementación de un sistema de contención de partículas que permitiese mejorar el proceso de la planta, así como la disminución del material arrojado al medio ambiente desencadenando en una sana relación entre la organización y los habitantes de las zonas adyacentes.

Palabras clave: Contención – Partículas – Combustión – horno – emisión.

Abstract

Atmospheric emissions from industrial operations have been an object of study for many years, due to the consequences they have for people's health and the impact on the environment. The following research determined the impact that the emissions generated by the coffee drying plant of the Manizales coffee growers' cooperative were having on the surrounding community, due to the use of coffee husks as fuel in the drying process, generating large amounts of smoke and gases. To do this, an analysis of the atmospheric emissions was carried out, with suitable equipment for this purpose, supported by the perception of the residents of the sector about how they were affected by the solid particles contained in the gases. From this, it was possible to determine the implementation of a particle containment system that would allow the plant's process to be improved, as well as the reduction of the material thrown into the environment, triggering a healthy relationship between the organization and the inhabitants of the adjacent areas.

Keywords: Containment – Particles – Combustion – furnace – emission.

Introducción

Con el objetivo de conservar los recursos naturales y preservar el medio ambiente tanto para la comunidad actual y también para las generaciones futuras, se presentó la necesidad de buscar una alternativa para la reducción de la generación de material particulado contenido en los humos y gases de combustión generados en la planta de secado de café de la cooperativa de caficultores de Manizales ubicada en el municipio de Chinchiná – Caldas. En la planta se realiza el secado de café pergamino húmedo, conociendo que “Es el producto del beneficio del grano el cual se obtiene después de quitarle la cascara y el mucilago.” (Federación de Cafeteros de Colombia, 2024, párr.1) para posteriormente almacenarlo, trillarlo y clasificarlo para ser comercializado, el cisco resultante del proceso de trilla es usado como combustible en hornos cerrados para generar aire caliente el cual es usado para extraer la humedad del café, el problema radica en que estas emisiones llevan consigo partículas grandes que en ocasiones afectan a la comunidad y a los ambientes cercanos, deteriorando el hábitat de especies y en algunos casos causando problemas de salud en las personas que viven cerca. Por esto fue necesario revisar la influencia positiva que tendría un sistema de contención de partículas para evitar que estas continúen siendo expulsadas hacia el alrededor y continúen afectando las viviendas cercanas.

Conociendo que “La emisión de contaminantes procedentes de las actividades industriales modifica la composición de la atmosfera y degrada la calidad del aire.” (Eurocontrol, s.f, párr.1). Por tanto la implementación de controles en la emisión de gases y humos en la planta de secado buscó tener un ambiente más limpio y hacer que la cooperativa fuera una organización ambientalmente responsable comprometida con la conservación de las especies y los recursos naturales, fomentando a su vez la conciencia en las empresas aledañas, en los colaboradores y vecinos del sector partiendo del hecho que las condiciones actuales obligan al

mundo a tomar mejores decisiones en cuanto a la conservación del planeta, las cuales no solo deben partir desde la industria o los entes gubernamentales, también buscando que desde los hogares se puedan implementar controles y acciones de mejora para evitar el desgaste de todos los recursos y la subsistencia de las especies, teniendo en cuenta que “Los objetivos del desarrollo sostenible explican cómo podemos proteger nuestro medio ambiente y frenar el cambio climático” (Naciones Unidas, s.f, párr.1). El análisis de los resultados permitió identificar la vulnerabilidad y la afectación que estaba teniendo la comunidad en general a la exposición al material particulado, a pesar de que los valores de las emisiones se encontraron dentro de lo estipulado por la regulación ambiental, se buscó la implementación de un sistema adecuado para el proceso de depuración de los gases y hacer de la compañía una empresa más sólida y responsable ambientalmente.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

La contaminación atmosférica es algo que está aquejando a la humanidad desde hace varios años, pero solo ahora es cuando estamos presenciando las consecuencias del desgaste de los recursos y la alteración de la naturaleza tanto a nivel nacional e internacional, el consumo desmedido del agua, el desgaste de las tierras, la explotación de los bosques y las selvas, poco a poco deterioran las condiciones de vida. Uno de los grandes actores de esa contaminación, por no decir que es el principal, es la industria, conociendo que “La industria alimentaria es una de las principales fuentes de contaminación ambiental, es responsable del 26% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial” (The food tech, 2024, párr.1). A pesar de la afectación que le causa al ecosistema, también debemos darle la importancia que se merece para el crecimiento de las sociedades, la evolución en los campos que relacionan a la humanidad y la dignificación del ser humano al poder emplearse y de esta forma aportar al crecimiento de la sociedad.

En la planta de secado de la cooperativa de caficultores, se realiza el secado de café pergamino, el cual inicialmente es depositado en unos cilindros horizontales llamados guardiolas; sabiendo que una guardiola es “Un tambor perforado de grandes dimensiones que rota muy lentamente sobre su eje” (Cenicafé, 2017, p.13). Estas guardiolas en su interior cuentan con una tubería perforada que los atraviesa y por donde sale aire caliente generado en un horno, en donde realiza la quema controlada de cisco de café; resultante de la trilla; con la combustión del cisco se alcanzan temperaturas de hasta 95 grados centígrados, este calor generado calienta el aire alrededor del horno, el mismo que es inyectado a las guardiolas para la función de secado del café. Cuando los hornos están en operación se evidencia una cantidad considerable de humo que sale de la planta, estas emisiones que afectan al medio ambiente

tiene como origen tres razones principales que son: 1) el uso de cisco de café, subproducto con excelente propiedades combustibles con capacidad calórica de 17,90 MJ/kg pero que a su vez genera una gran cantidad de humo; 2) falta de controles operaciones como procedimientos e instructivos que definan la forma correcta de operación y evitar el sobrecalentamiento de los equipos y la sobre combustión del combustible; 3) la falta de implementación de equipos y controles eficientes para evitar la llegada de los residuos sólidos suspendidos en los gases y humos al exterior de las chimeneas de los equipos.

“Existen distintas causas de la contaminación, pero todas ellas hacen referencia a la presencia de sustancias tóxicas que afectan en mayor o menor medida a la salud de los seres vivos” (DKV, 2024, párr.20). De acuerdo con esto: la emisión no controlada de gases altamente contaminantes a la atmósfera puede causar afectaciones a las vías respiratorias y en general a la salud de las personas y los animales, contaminación del aire y del medio ambiente.

El problema específico radica en la generación y emisión de partículas sólidas contenidas en el humo y los gases y que se arrojaron a la atmósfera debido al proceso de producción de la cooperativa y que generaron contaminación a las áreas cercanas y en ocasiones una mala convivencia con la comunidad que rodea las instalaciones de la empresa incurriendo en posibles multas considerables por no cumplir con la legislación actual y en la cual se obliga a cumplir con los estándares ambientales.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuál es el sistema de contención de partículas sólidas contenidas en gases y humos de combustión, que puede ofrecer un control adecuado sobre las emisiones arrojadas por la planta de secado de la cooperativa de caficultores de Manizales y con el cual se puede evitar la contaminación de los recursos ayudando a la conservación del medio ambiente?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Determinar cuál de los sistemas existentes para la contención de partículas suspendidas en corrientes de aire o gases es más eficiente para hacer instalación en la planta de secado de la cooperativa de caficultores de Manizales.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Establecer el impacto que la operación de la planta de secado de la cooperativa de caficultores de Manizales ocasiona en la comunidad que se encuentra ubicada alrededor de las instalaciones.

Evaluar las mediciones atmosféricas al proceso de la planta para identificar cual es el nivel de contaminación actual.

Estimar cuál de los diferentes métodos de contención de partículas en corrientes de aire tiene mayores ventajas, desventajas y como debe ser su operación.

1.4 Justificación de la investigación

Desde su montaje la planta de secado ha consumido cisco de café para su operación, “El endocarpio del fruto constituido por la cascarilla o cisco y la película plateada es un subproducto con excelentes propiedades combustibles” (Cenicafé, 2010, p.3), lo que ha impactado directamente en las finanzas de la cooperativa pues este producto es resultante del proceso de trillado. “la trilla de café consiste en remover la cascara del grano en pergamino o cereza hasta transformarlo y clasificarlo de forma mecánica y electrónica en café verde o excelso, dejándolo listo para exportación” (Coopcafer, 2024, párr.1). En los equipos utilizados

para la quema del cisco no se presentó un deterioro acelerado por el uso de este producto, la mayor afectación se dio a las áreas aledañas por la caída de ceniza, polvo y otras partículas sólidas que al salir mezcladas en los gases y humos producidos por la combustión, cayeron en cercanías de la planta, afectando no solo la comunidad debido al ensuciamiento de los hogares, patios de ropa, vehículos, tejados; también se vieron afectados los escenarios deportivos cercanos, los cuales cuentan con piscinas y canchas de fútbol. Pero sin lugar a duda, el más afectado fue el ecosistema que se tiene a un lado de la planta; ya que en temporada de invierno la ceniza cae sobre las fuentes hídricas y sobre las plantas contaminando de esta forma el alimento para muchas de las especies que viven allí.

El estudio y la ejecución de cada uno de los objetivos propuestos permitió conocer el estado de contaminación, el incumplimiento en materia legal que se pudo estar teniendo y permitió ampliar el conocimiento en el campo técnico relacionado a los equipos utilizados para fines como este, brindando mayor soporte para su implementación; al mejorar la contención de las partículas sólidas se pudo evidenciar un ambiente más limpio, en donde los ganadores fueron todos los actores de la comunidad, los habitantes, empresarios cercanos, los recursos naturales quedaron menos expuestos a la contaminación brindando un mejor hogar para los animales y las plantas del sector, al interior de la cooperativa, se buscó tener un proceso más eficiente, con menores niveles de contaminación no solo ambiental, sino también física, aportando de esta forma un crecimiento tecnológico para la cooperativa brindando seguridad a sus colaboradores y menor exposición ante los peligros de una planta industrial.

2. Marco de referencia

2.1 Marco de antecedentes

Los subproductos del café cobran una gran importancia como fuentes de energía renovable, la investigación acerca de este tipo de fuentes de energía describe que “se denomina energía renovable a la que se obtiene de fuentes que son capaces de regenerarse por medios naturales y, por lo tanto, se consideran inagotables” (Cenicafé, 2010, p.1), es el caso del cisco de café, subproducto obtenido del proceso de trilla que junto con la película plateada que recubre al grano, brindan excelente propiedades combustibles, las cuales son aprovechadas en los hornos, equipos fabricados a partir de partes metálicas y ladrillos refractarios para poder quemar el cisco y aprovechar el calor generado por este material. Los hornos son equipos que con el paso del tiempo se van tornando menos eficientes y no dan el soporte que se tenía al principio, por tanto, requieren de una intervención periódica para su correcta operación.

Conociendo que “El material particulado (MP) es el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire” (Epa, 2024, párr.1). Para los equipos que se encargan de filtrar y controlar la expulsión de gases, los cuales, en su mayoría, tal y como lo explico Aemet en su investigación: “presentan importantes variaciones que se producen en los niveles medios de concentración de PM10 y PM2,5 en su composición química” (Aemet, 2006, Parr.1) .Industrialmente se tienen varios métodos como ciclones, torres de agua, sistemas electrostáticos, casas de mangas; la finalidad fue encontrar cuál de los sistemas puede proveer una mejor detención de las partículas controlando el presupuesto y garantizando la continuidad de la operación de la planta frente a los requerimientos legales.

Algunos sistemas de contención de partículas brindan eficiencias altas de acuerdo con experimentos realizados que demuestran que: “La eficiencia de operación experimental de un

filtro de mangas es de 90%; esto indica muy buena colección de partículas” (Bedoya Santacruz et al., 2019, p.88).

2.2 Marco teórico

2.2.1 Contaminación del medio ambiente y del aire.

“La contaminación es un problema que está aquejando al mundo desde hace muchos años, desde la revolución industrial que nace en Inglaterra en 1760 y que se extiende luego al resto de Europa” (Gepeese, 2010, párr.1). Se ha incrementado haciendo que tanto el aire, como el agua y el suelo sufran las consecuencias de los desechos que se arrojan a cada uno de ellos día tras día. Si bien, la industria alimenticia es la tercera en contaminar el ambiente, teniendo por encima a la industria petrolera, seguida por la industria de la ropa y en menor escala en los hogares cuando se sacan las basuras y se dejan en un lugar descubierto permitiendo que los fluidos orgánicos que salen de ella se filtren y contaminen el suelo y el subsuelo, todos son responsables del agotamiento de los recursos.

Desde este punto de vista se hizo relevante la importancia de crear conciencia desde las casas, realizando una correcta separación de los residuos y creando campañas para el aprovechamiento del agua; en el sector comercial e industrial el trabajo se debe intensificar, pues las mayores cantidades de contaminantes del aire se producen por la quema de combustibles fósiles como el petróleo, aunque este no es el caso de la cooperativa para el secado del café, sí se tuvo presente la contaminación por la quema de cisco, productor a su vez de gran cantidad de humo, sin dejar a un lado y a la misma vez sin quitarle importancia a los vertimientos que se pudieron generar a las quebradas de agua residuales o derrames de combustibles líquidos, lubricante y otros agentes que puedan contaminar la tierra.

Derivado de todo esto se presentó la necesidad de revisar los procesos y aportar a la conservación del aire, el recurso más afectado por la cooperativa, implementando mejoras en sus equipos y realizando la sustitución de algunos de ellos por nuevas tecnologías que permitieron mitigar la expulsión de residuos y se pudo entrar en el marco legal exigido por el gobierno.

2.2.2 Afectación a las zonas aledañas

La contaminación de las ciudades se está haciendo cada vez más notoria en todo el mundo, en gran medida, debido al crecimiento de las urbanizaciones y la economía, aquejando a los habitantes y trayendo consigo problemas que afectan a la salud y enfermedades nuevas causadas por los residuos que son expulsados por las fábricas.

Partiendo del concepto: “La contaminación ambiental es la presencia de componentes nocivos, bien sean de naturaleza biológica, química o de otra clase, en el medio ambiente, de modo que supongan un perjuicio para los seres vivos que habitan un espacio.” (BBVA, 2024, párr.1). En muchas ocasiones la mayor afectación se puede apreciar en los recursos naturales, ya que los gases expulsados por los procesos de la industria pueden afectar el crecimiento de las plantas incidiendo directamente en las cantidad y calidad de cosecha de los alimentos.

Por otra parte, la afectación a la salud de las personas se ve representada en la mayoría de las ocasiones de dos formas; la contaminación del aire por presencia de partículas en suspensión acompañadas por la contaminación acústica proveniente de las fábricas y el tráfico urbano. “Las partículas en suspensión PM10 y PM 2,5 se denominan así por su tamaño, se consideran que tiene diámetros inferiores a 10 y 2,5 micrómetros, lo cual permite que este material penetre hasta lo más profundo del sistema respiratorio” (Kunak, 2024, párr.22)

La gran mayoría de estas partículas son expulsadas por las zonas industriales y en combinación con los otros tipos de contaminación exterior e interior son causantes de muchas

muerres prematuras en el año. “En las américas cerca de 380 000 muerres prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire” (OPS, s.f, párr.6).

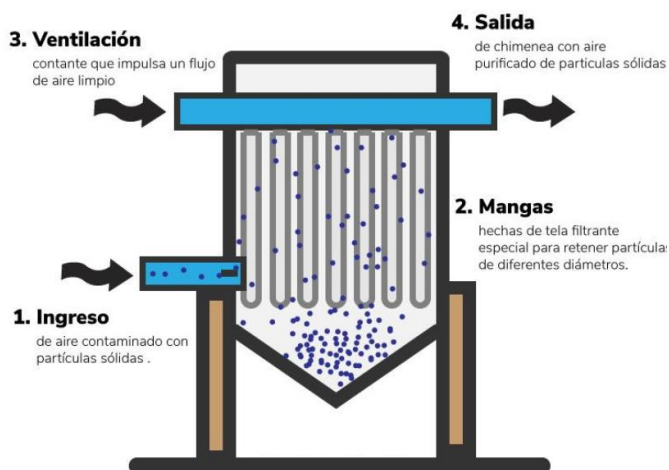
2.2.3 Métodos de contención de partículas expulsadas al medio ambiente

Dada la importancia de la adecuada captación de las partículas sólidas suspendidas en los gases de combustión, existen los siguientes métodos para el control de los procesos y evitar la contaminación masiva de los recursos y la afectación a la comunidad:

Filtros de mangas: Es un método empleado en la separación de solidos-gases: “El aire que se expulsa al exterior pasa por un receptáculo en el que se encuentran diferentes mangas realizadas con un tejido poroso que es capaz de retener las partículas sólidas” (Calero group, 2021, párr.3). Ofrecen una eficiencia del 90% para la captación del material particulado (Bedoya Santacruz et al., 2019, p.87). En la figura 1, se muestra el funcionamiento de una casa de filtros de mangas, el aire ingresa por la parte inferior atravesando los filtros para finalmente salir por la parte superior.

Figura 1

Casa de mangas



Principio de funcionamiento de una casa de mangas. (Fuente Deproin S.A)

Separadores con ayuda mecánica: Dentro de esta tecnología se encuentran los separadores centrífugos, conociendo que “El separador centrifugo es un dispositivo mecánico que utiliza el principio de la fuerza centrífuga y fricción para separar las partículas suspendidas” (Reymosa, 2021, párr.1). Una vez se han separado las partículas de los gases, estas caen en una tolva en donde se almacenan para luego ser retiradas. Su eficiencia puede estar alrededor del 30% para PM10. (EPA, s.f, p.1)

Cámara de sedimentación: Dado que las partículas captadas con esta tecnología tienden a ser de mayor tamaño, se suele usar acompañada de otro método para aumentar su eficiencia. “Las cámaras de sedimentación emplean la fuerza de gravedad para remover partículas sólidas. El flujo de gas ingresa en una cámara en donde disminuye la velocidad del gas. Las partículas más grandes caen del flujo de gas en una tolva.” (Control químico, 2016, párr.39).

Ciclones: Los ciclones son sistemas de captación secos: “Aprovechan la fuerza centrífuga para separar las partículas más pesadas del flujo de aire. Las partículas son dirigidas hacia las paredes del ciclón y luego caen a un contenedor de recolección, mientras que el aire limpio sale por la parte superior.” (Condorchem, 2024, párr.10). Los rangos de eficiencia de control de los ciclones son de 80 a 99 % para MP (EPA, s.f, p.1). En la figura 2 se muestra el funcionamiento, el aire ingresa por la parte superior, haciendo que las partículas sólidas y pesadas caigan hacia un contenedor, el aire limpio por ser más liviano sube por un tubo central y a través de una chimenea es expulsado al exterior.

Figura 2

Ciclón centrifugador



Representación de flujo de aire al ingresar y salir de un ciclón. (Fuente Codols)

Precipitador electrostático: “Los precipitadores electrostáticos (PES) capturan las partículas sólidas en un flujo de gas por medio de la electricidad” (Universidad nacional del sur, s.f, p.17). Esta tecnología carga las partículas sólidas eléctricamente para luego ser atraídas por unas placas que se encuentran con cargas opuestas, finalmente las partículas se retiran de las placas mediante golpes secos y se recolectan en tolvas.

2.3 Marco normativo

Resolución 909 de 2008 - Material particulado y óxidos de Nitrógeno; esta resolución fue aplicable a las condiciones de producción de planta de secado ya que especifica los valores estándar de emisiones admisibles contaminantes arrojadas al aire libre para fuentes fijas industriales y adicional esta resolución entregó un listado de apoyo de los contaminantes permitidos (MinAmbiente2008).

Resolución 1377 de 2015, resolución complemento y por medio de la cual se modifica la resolución 909 de 2008 y se adoptan otras disposiciones y se establecen factores a partir de

los cuales se requieren permisos para descargas de humos, gases y vapores por ductos o chimeneas de establecimientos industriales (MinAmbiente2008).

3. Metodología

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

El proyecto de investigación estuvo enfocado en la adquisición de datos reales que aportaron información del funcionamiento de la planta de secado para determinar el grado de afectación que se tiene sobre la comunidad y el medio ambiente con el fin de encontrar una forma de mitigar su impacto en el exterior, teniendo en cuenta el tamaño del barrio y el número de personas que se podrían ver afectadas, además de hacer un sondeo del área aproximada de bosque que rodea las instalaciones de la cooperativa.

3.2 Población y muestra

3.2.1 *Definición de la población*

Las técnicas de recolección de datos incidieron directamente sobre dos tipos de población, que fueron el objeto del estudio de investigación:

a - Comunidad: Las encuestas se hicieron a las personas que viven alrededor de las instalaciones de la cooperativa, se tomaron las cuadras más próximas y en donde se evidenció permanencia de personas de forma continua para revisar el grado de afectación.

b- Equipos de planta de secado: Las mediciones atmosféricas se hicieron en la tubería de salida de gases de combustión de los hornos de la planta, equipos en donde se realizó la quema del cisco utilizado en el secado del café, los gases fueron expulsados al exterior con ayuda de un ventilador de tiro forzado a través de una chimenea. Se realizó la medición en uno de los hornos de la planta, en total se tienen 5 equipos de estos con las mismas características.

c- Análisis de calidad del agua: Se realizó medición de la dureza del agua en una quebrada que pasa cerca de la cooperativa, la medición se hizo de forma quincenal.

3.2.2 Cálculo y selección de la muestra

Se hizo un muestreo del tipo probabilístico, ya que se brindó a la comunidad la oportunidad de ser escogida para la muestra, se visitaron inicialmente las casas que estaban más cerca de la planta para hacer la encuesta. Así mismo, “En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra”. (Hernández, 2014, p.175) Dentro de este tipo de muestreo probabilístico, se hizo un muestreo por conveniencia, debido a que no se siguió un orden estricto durante la realización de la actividad si no que en cualquier caso en donde no hubiera disponibilidad de la persona encuestada, se continuo con quien pudiera dar el soporte en las casas siguientes.

Para esta actividad se sacó una muestra de 50 encuestas, en lo posible se seleccionó al personal que permaneciera más tiempo en los hogares. Preferiblemente amas de casa y jóvenes y adultos con restricciones de edad entre los 13 y los 50 años.

La otra parte de las mediciones realizadas estuvo dada por el análisis de mediciones atmosféricas las cuales se realizaron con equipos certificados del proveedor externo.

La medición de dureza del agua se hizo con un kit de medición de PH teniendo en cuenta la extracción de la muestra a la misma hora del día en la cual todos los equipos estuvieron en operación.

3.2.3 Instrumentos

Las encuestas se realizaron de acuerdo con formato propio de la organización el cual cumple con lo siguiente:

Objetivo: recolectar información de condiciones de contaminación en los hogares de la comunidad vecina.

Estructura: Preguntas con única respuesta con valores numéricos de acuerdo a las opciones de respuesta. Se realizó la explicación de como llenar el formato y se apoyó al diligenciamiento con personal de la cooperativa.

Categoría: La encuesta es estructurada, ya que contó con unas preguntas formuladas con anterioridad.

Las mediciones atmosféricas realizadas se practicaron con los siguientes equipos:

Medidor de gas DGM de Consola Environmental Supply M5-S1

Analizador de gases (Buretas)

Tubo Pitot

Orificios Críticos Environmental Supply CO

Gases de calibración - O₂ (3%) CO₂ (14.6%)

Gases de calibración - CO₂ (3%) O₂ (15%)

Balanza Sartorius BCE224I-1S

Balanza de campo Trumax

Micro manómetro

Vacuómetro

3.3 Descripción de procedimientos

Se utilizaron los siguientes métodos para la adquisición de los datos:

- a- Realización de encuesta física cara a cara: Se realizaron 50 encuestas en el barrio vecino, tomando las casas más próximas a las instalaciones de la cooperativa y así identificar la afectación.

La realización de la encuesta a las personas pertenecientes a la comunidad cercana a la cooperativa se llevó a cabo de la siguiente manera:

Lugar: Residencias al azar de las manzanas más próximas del barrio cercano a las instalaciones de la cooperativa.

Momento: Horas de la mañana y tarde.

Cantidad de encuestas por realizar: 50 encuestas.

Personal a cargo: Personal propio de la cooperativa visitó las casas de puerta en puerta y solicitó a los residentes la colaboración, se realizó la explicación para el diligenciamiento de la encuesta, el personal estuvo en condiciones de brindar el apoyo.

b. Estudio de emisiones atmosféricas arrojadas por los hornos de la planta de secado, es un monitoreo Isocinético ejecutado por empresa certificada ante el gobierno para hacer este tipo de análisis y conocer la cantidad de generación de residuos sólidos en los gases de combustión. Las mediciones atmosféricas se realizaron durante el proceso de producción, ya que se debían introducir los instrumentos en la tubería por donde se desplazaban los gases para medir el grado de contaminación de estos.

c- Se tomaron muestras de agua de forma periódica de los afluentes cercanos a la cooperativa para medir niveles de dureza del líquido, el análisis de la calidad del agua se realizó cuando la planta estuvo con producción completa para analizar la caída de ceniza en la quebrada.

3.4 Análisis de información

3.4.1 Análisis de encuestas

La información recopilada a través de las encuestas realizadas se analizó para identificar la antigüedad de las personas en el barrio, la permanencia en su residencia y el perjuicio que están teniendo por la operación de la planta de acuerdo con lo siguiente:

Software de análisis: Excel

Cantidad de encuestas: 50 encuestas

Variable estadística analizada: Se realizó el análisis de la variable de Frecuencia, recordando que: “La frecuencia estadística es la cantidad de veces que se repite una observación” (enciclopedia significados, 2013, párr.1) Con el objetivo de conocer la percepción que tenían los vecinos de la cooperativa.

3.4.2 Análisis de medición de emisiones atmosféricas.

Variable estadística analizada: Se realizó el hallazgo del promedio de los valores arrojados por cada horno teniendo como finalidad, identificar la cantidad de material particulado arrojado por los hornos que se involucraron en el proceso de la planta de secado. recordando que: “Promedio aritmético, es la suma de los valores del grupo de datos dividida entre el número de valores” (Kazmier, 2001, párr.39).

3.4.3 Método de contención de partículas expulsadas al medio ambiente

Considerando los resultados de las mediciones realizadas a las muestras, se definió que es necesario ajustar los equipos de operación de la planta de secado de la cooperativa de caficultores con la implementación de un sistema de control para partículas el cual evite que el material particulado sea arrojado al medio ambiente y afecte la comunidad aledaña.

3.5 Consideraciones éticas

3.5.1 *Análisis de consideraciones éticas*

En concordancia con la política de ética e integridad científica de la I+D+i+C de UNIMINUTO y en donde se define que: “Busca formar excelentes seres humanos, profesionales competentes, éticamente orientados y comprometidos con la transformación social, el desarrollo sostenible y la construcción de una sociedad fraterna, justa, reconciliada y en paz “(UNIMINUTO, 2021, P. 1). De acuerdo con esto se aplicaron todos los criterios de conocimiento y propiedad intelectual por la información tomada de otros autores y utilizada en la elaboración de este proyecto con el fin de evitar cualquier tipo de plagio, fomentando el interés y el respeto por el trabajo de otros sin llegar a tener créditos por este. A su vez, la información contenida en este documento perteneciente a las vivencias o pensamientos del personal vecino de la cooperativa, se manejó con total confidencialidad sin exponer identidades para evitar tener malentendidos por las opiniones ajenas.

Estas medidas llevaron a manejar con total discreción las normas establecidas por la universidad y en general, se buscó evitar la afectación a terceros al incluir sus ideas dentro de los escritos contenidos en esta investigación, teniendo como objetivo moral lo descrito en las políticas institucionales de la corporación universitaria Minuto de Dios.

3.5.2 *Instrumentos de aceptación y autorización*

Antes de la realización de cada encuesta, no se realizó el diligenciamiento de ningún formato que autorizara el tratamiento de los datos de las personas encuestadas; de acuerdo con lo que sugiere la ley de protección de datos personales o ley 1581 de 2012, por medio de la cual se reconoce el derecho que tienen todas las personas de conocer y proteger la información que se haya recogido sobre ellas. Sin embargo, se aclaró a la comunidad sobre la

importancia de la información que se estaba recogiendo y el compromiso de la cooperativa para manejar de forma adecuada los datos suministrados.

3.6 Las variables

Durante el proceso de secado de café y la generación de la emisión de partículas sólidas se encontró la relación de las siguientes variables:

3.6.1 *Variable independiente*

La variable independiente que se tomó es la humedad con la que se recibió el café, ya que es un factor ajeno a las operaciones de la cooperativa debido a que no se puede controlar el nivel de humedad con la que se compra el grano proveniente de las fincas de los caficultores de la zona.

Variable independiente. Humedad o cantidad de agua contenida en el café.

Definición: “La humedad representa la cantidad de agua presente en los granos de café, al igual que en otros tipos de granos, el agua es responsable de los procesos metabólicos, por lo que los granos con mayor humedad pueden degradarse más rápidamente.”

La importancia de controlar la humedad del café radica en que si no se hace el debido control se puede tener pérdida de la calidad, adicional la humedad “sirve como parámetro para las operaciones de procesamiento y almacenamiento del grano.” (Bry-Air, s.f, párr.9)

La humedad del café después del proceso de secado debe de estar entre el 10% y el 12% para continuar con los procesos de almacenamiento y trillado y no se reseque extremadamente.

3.6.2 *Variable dependiente*

La variable dependiente fue el material particulado que se encontró contenido en los gases que fueron expulsados por la combustión del cisco o cascarilla de café, “el cisco de café es el endocarpio del fruto, constituido por la cascarilla y la película plateada con excelentes propiedades combustibles con una capacidad calórica de 17,90 Mj/kg. (Cenicafé, 2010, p.3).

Variable dependiente; Material particulado contenido en el humo y los gases de combustión.

Definición: “Partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas como el polvo, la suciedad, el hollín son suficientemente grandes para verlas, otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de microscopio electrónico.”

El material particulado puede ser del tipo: “PM10: partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores.

Las partículas también pueden tener el siguiente tamaño: PM2,5: Partículas inhalables finas que tienen diámetros de 2,5 micrómetros y menores” (EPA, 2023, párr.3).

4 Resultados

Partiendo de las respuestas aportadas por los residentes de la comunidad durante las encuestas realizadas se obtuvo:

Pregunta #1

¿Tiempo de residencia en el barrio?

Para la primera pregunta se tuvo que la mayoría de las casas están ocupadas con un tiempo de entre 2 y 5 años, seguidas por las viviendas de más de 5 años,

Tabla 1

Antigüedad de los residentes del barrio aledaño a la cooperativa.

Antigüedad de los residentes		
Casa entre 1 y 2 años	Casa entre 2 y 5 años	Casa de mas de 5 años
7	22	21

Descripción de años de antigüedad de los residentes del barrio. (Elaboración propia)

La segunda pregunta de la encuesta:

¿Cuántos días en la semana percibe caída de ceniza alrededor de su vivienda?

Aporto gran información ya que describe la cantidad de días en que las emisiones impactaron a los hogares del barrio que rodea las instalaciones. Se encuentra una reducción en la caída de ceniza, cercana al 50% entre el segundo y el quinto día y con menor intensidad el resto de los días de la semana.

Tabla 2

Días de caída de ceniza.

Días es que percibe caída de ceniza en su vivienda		
1 a 2 dias	2 a 5 dias	5 a 7 dias
32	15	3

Cantidad de casas que percibieron caída de ceniza en los días de la semana. (Elaboración propia)

La pregunta #3

¿En qué momento del día nota mayor presencia de material particulado proveniente de la cooperativa??

Expone el momento del día en que se notó mayor caída de material particulado en los hogares, haciendo más notable este fenómeno en horas de la mañana,

Tabla 3*Momentos de caída de ceniza durante el día*

Momento del día con mayor presencia de ceniza		
Mañana	Tarde	Noche
29	21	0

Momentos del día en donde se notó más presencia de ceniza. (Elaboración propia)

Las preguntas #4, #5, #6

¿Siente molestias al respirar o consumir alimentos debido al material particulado proveniente de la cooperativa de caficultores de Manizales?

¿Encuentra afectación a sus objetos personales debido al material particulado proveniente de la cooperativa de caficultores de Manizales?

¿Percibe olores fuertes debido a la operación de la cooperativa de caficultores?

Indican los eventos de afectación y los olores que sintieron los vecinos de la cooperativa de caficultores de Manizales.

Tabla 4*Molestias al respirar*

Califique molestias al respirar				
1	2	3	4	5
29	17	4	0	0

Molestias en la gente debido a la ceniza del horno. (Elaboración propia)

Tabla 5*Afectación a objetos*

Califique afectación a objetos personales				
1	2	3	4	5
12	32	6	0	0

Afectación a objetos personales por caída de ceniza (Elaboración propia)

Tabla 6

Olores emanados por la planta de secado

Califique olores fuertes				
1	2	3	4	5
48	2	0	0	0

Cantidad de casas que percibieron olores fuertes. 1 es la menor calificación. (Elaboración propia)

Los datos arrojados por las mediciones atmosféricas se evaluaron y clasificaron en niveles de contaminación y se compararon con valores establecidos por normas de tolerancia que indicaron cuán lejos estaban dentro de los límites permitidos o si se encontraron encasillados dentro de estos.

De acuerdo con los resultados expuestos en la tabla # 7, los valores de material particulado se encontraron dentro de los límites permisibles, sin embargo, de acuerdo con la información obtenida a partir de las encuestas, el material se hizo presente en la comunidad y por tanto se debió continuar con el proyecto de implementación del sistema de control de partículas.

Tabla 7

Resultados MP emisiones atmosféricas planta de secado.

Resultados de material particulado en emisiones de horno planta de secado							
Variable	Unidad	Horno 1	Horno 2	Horno 3	Horno 4	Horno 5	Promedio
Volumen estandar total del medidor	(Vm) M3	1,007	0,9512	0,9738	0,9682	0,991	0,97824
Tiempo de muestreo	min	60	60	60	60	60	60
Temperatura del medidor	grados celsius	35,44	36,13	30,44	35,67	33,4	34,216
Temperatura de la chimenea	grados celsius	169,13	181,25	222,88	204,8	189,89	193,59
Presion de gases salida	mmHg	645,99	645,99	645,99	645,99	640,38	644,868
Contenido humedad reportada	%	1,8	1,38	1,31	1,5	1,46	1,49
Velocidad promedio del gas	m/s	4,1192	4,0023	4,3585	4,325	4,493	4,2596
Area transversal de la chimenea	As (m)	0,07					
Rata de flujo actual en la chimenea	acmm	17,5	17	18,5	18,2	17,5	17,74
Porcentaje de isocinetismo	%	103,6	103	105,4	104,9	105,2	104,42
Masa de particulas en el filtro	g	0,06989	0,0071	0,003	0,0048	0,0058	0,018118
Masa de particulas en la acetona	g	0,0087	0,0091	0,0082	0,0147	0,0095	0,01004
Masa de particulas en el blanco	g	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,00022
Masa total de particulas	g	0,0774	0,0162	0,0177	0,0189	0,0179	0,02962
Concentracion de particulas en chimenea	mg/dscm	76,86	17,03	18,18	19,89	23,02	30,996
Oxigeno	%	14,5	14,3	14,7	14,7	15,1	14,66

Valores de registro de mediciones de emisiones de MP en hornos de secado. (Elaboración propia)

Las variables dependiente e independiente se relacionaron y se hizo un análisis de los resultados encontrando que, a mayor concentración de agua en el café, más tiempo tomó el secado del producto, por lo cual, fue necesario tener los hornos de la planta de secado mayor tiempo encendidos y el consumo de cisco o cascarilla también aumentó exponiendo durante más tiempo el ambiente a las emisiones que llevaban el material particulado. La tabla #8 muestra las variables de cantidad de café húmedo, cantidad de cisco y tiempo empleado en el secado del producto.

Tabla 8

Registros de consumo de cisco

Equipo	Cantidad de café secado (kg)/ bache	% humedad entrada	Kg cisco utilizado/ kg de cafe	Kg de cisco / bache de café	MP / bache de café	MP / kg de cisco	% humedad de salida	Tiempo de secado
Horno 1	5000	35%	3,7	18500	0,0774	4,18378E-06	11,50%	19
Horno 2	4600	31%	3	13800	0,0162	1,17391E-06	11%	13
Horno 3	4500	32%	3,5	15750	0,0177	1,12381E-06	11%	14
Horno 4	5000	32%	3,5	17500	0,0189	0,00000108	11%	15
Horno 5	4800	31%	3,4	16320	0,0179	1,09681E-06	10,90%	14

Identificación de humedad inicial y cantidad de cisco utilizado para el secado del café.
(Elaboración propia)

Para iniciar con la mejora de la operación en planta de secado se sugirió realizar las siguientes acciones:

Realizar procedimientos operativos para el funcionamiento de la planta, definiendo variables como temperatura de operación de los hornos y velocidad de alimentación del cisco.

Entrenar al personal operativo de la planta de forma adecuada para la manipulación de los equipos.

Mejorar la construcción de los hornos haciéndolos más robustos para realizar una combustión eficiente del cisco de café

Controlar la calidad del cisco utilizado en la quema para la generación de aire caliente.

Principalmente se recomendó realizar la instalación de ciclones a la salida de los hornos; por temas de presupuesto esta es la mejor opción ya que su fabricación es sencilla, así

como su instalación; el montaje de una casa de mangas es más costoso e implica la adquisición de equipos nuevos destinados solo para la operación de esta.

5. Discusión

El tiempo de antigüedad de la mayor parte de las personas que residen en el barrio es superior a 2 años, lo que sugirió que las emisiones arrojadas por la organización no son una causa justificada para provocar la migración de las personas del barrio. Para la discusión de este resultado no se encontró literatura reciente que argumente la influencia que tienen las empresas sobre la decisión de cambiar de residencia en las personas.

La percepción de caída de ceniza en los alrededores de la planta de la cooperativa de caficultores disminuyó a medida que avanzó el proceso de secado, debido a la cantidad de cisco requerida para alcanzar una temperatura de 50 grados Celsius que se necesitó para notar pérdida de humedad en el grano, lo que concuerda con la investigación de Cenicafé para el correcto secado del grano “Con el fin de asegurar una buena calidad para los cafés procesados vía húmeda, se recomienda no utilizar temperaturas superiores a los 50°C” (Cenicafé, 2022, p.9).

El momento del día en donde se notó mayor presencia de material particulado fue en la mañana, lo cual llevó a concluir que en las primeras horas del día se consumió mayor cantidad de combustible para vencer la humedad acumulada en los equipos y en el café durante la noche, teniendo en cuenta que debido a la humedad del ambiente el café no continúa con la curva de secado, lo que coincide con la información del artículo de Perfect daily grind (2020) “Si el café se tiene en ambientes húmedos, en donde la humedad del grano no puede escapar, entonces los cafés no perderán humedad” (Perfect daily grind, 2020, párr.10).

Con respecto a los problemas a la salud y a los bienes, se tienen valores bajos de afectación en vías respiratorias, aunque la afectación a las pertenencias de cada vecino si fue alta debido a las emisiones que arrojó la cooperativa durante su proceso de producción. Con respecto a la percepción de olores provenientes de la planta de secado por la quema de cisco, no se puede confrontar la información debido a la puntualidad de la pregunta y de la investigación.

La generación de material particulado estuvo directamente relacionada con la humedad con la que se recibió el café, ya que debido a la cantidad de agua que traía, su permanencia en los hornos de secado fue mayor influenciando directamente en la cantidad de cisco utilizado para inyectar el aire caliente y secarlo, por tanto, la generación de humos y gases de combustión se dio durante más tiempo aumentando la cantidad de partículas producidas por cada horno. Se encontró que la cantidad de cisco utilizado para el secado del café es directamente proporcional a la humedad con la cual se recibe el producto. Los hornos de la planta de secado consumen aproximadamente 3,5 kg de cisco para obtener 1 kg de café pergamino seco, un consumo muy alto comparado con el equipo utilizado por el comité de cafeteros de Antioquia (2022), el cual tiene un consumo de 3 kilogramos de cisco por 12 kg de café. Es el mismo consumo de carbón mineral, en caso de usarse como combustible, de acuerdo con el estudio realizado por Cenicafé (2021)

Los sistemas para contención de partículas sólidas suspendidas en gases de combustión de procesos industriales representan un control que se ajusta a las necesidades de cuidar el medio ambiente y a los requerimientos de la normatividad existente, con estos equipos se pueden tener eficiencias hasta del 90% para el caso de los filtros de mangas. Dependiendo de la tela utilizada para la fabricación de estos elementos, “de acuerdo con un estudio de granulometría, algunos de los materiales pueden retener partículas de 0,25 mm, como es el caso del dacrón” (Bedoya Santacruz et al., 2019, p.88). En concordancia con el

valor de eficiencia operacional de un ciclón el cual se encuentra entre el 80 y 99% (EPA, s.f, párr.1). De acuerdo con esto, se define que la implementación de alguno de estos dos tipos de sistemas aportará un gran valor a la operación de la organización y contribuirá en gran parte a la preservación de los recursos naturales y la sana convivencia con la comunidad.

6. Conclusiones

La afectación que las emisiones de la planta de secado ejercieron sobre la comunidad vecina se logró apreciar en horas de la mañana y durante dos días a la semana cuando la producción de la planta estuvo en su valor máximo, ocasionando problemas a los bienes de la comunidad, pero no a su salud como lo manifestaron los residentes que en su mayoría tienen más de 2 años conviviendo con la operación de la planta.

El estudio de emisiones atmosféricas demostró que la concentración de algunos gases, oxígeno y material particulado en los humos de la combustión del cisco de café fue baja, a pesar de todo la implementación de sistemas de contención ayuda a que el ambiente en la planta de secado sea más adecuado para permanencia del personal.

Las tecnologías existentes para la contención de partículas aportan un gran valor a los procesos ya que aparte de ser útiles para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, ayudan a ser más eficientes las operaciones de la planta, optimizando energía, combustible y en general todos los recursos que se necesitan para el proceso.

7. Recomendaciones

Las expectativas que se tenían con la realización de las actividades de investigación se cumplieron al obtener los resultados, sin embargo, se realiza la siguiente recomendación para futuras investigaciones en donde se deban realizar encuestas para cumplir con el adecuado manejo de la información y la privacidad de acuerdo con la regulación colombiana.

Diseñar un formato de autorización de tratamiento de datos personales el cual deberá ser diligenciado por cada una de las personas encuestadas con la finalidad de realizar un adecuado procedimiento a la hora de recopilar la información necesaria para la investigación.

Ampliar el número de personas involucradas en las encuestas que puedan aportar mayor cantidad de información relacionada con el nivel de aprobación o desaprobación acerca de la operación de la planta de secado de la cooperativa.

Reducir el periodo de toma de muestras de material particulado en las fuentes fijas de combustión y fuentes hídricas para incrementar los controles de las implementaciones realizadas.

8. Referencias

Aemet. (2006). Material particulado en España: niveles, composición y contribución de fuentes.

Archivo climatológico y meteorológico. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/12214>

Agencia de protección ambiental de estados unidos EPA. (2024). Conceptos básicos sobre el material particulado. Agencia de protección ambiental de estados unidos EPA.

<https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

Agencia de protección ambiental de estados unidos EPA. (s.f). Tecnología de control de contaminantes del aire. Agencia de protección ambiental de estados unidos EPA.

<https://www3.epa.gov/ttnca1c1/dir1/fcyclons.pdf>

Agencia de protección ambiental de estados unidos EPA. (s.f). Tecnología de control de contaminantes del aire. Agencia de protección ambiental de estados unidos EPA.

<https://www3.epa.gov/ttnca1c1/dir1/fmechans.pdf>

BBVA. (2024). ¿Qué es la contaminación ambiental y que tipos hay? BBVA.

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-que-tipos-de-contaminacion-ambiental-existen/>

Bedoya, A. M., Santacruz, L.Y y Yela, D.F. (2019). Control de material particulado. Universidad Mariana. Boletín informativo CEI, 6(1), 86 – 88.

<https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/download/1952/2031/4308>

Bry-Air (s.f) Como puede afectar la humedad del café y como controlarla en la producción. Bry-Air. <https://www.bryair.com.br/es/blog/como-puede-afectar-la-humedad-del-cafe/#:~:text=Tras%20la%20recolecci%C3%B3n%20los%20granos,terrazas%20o%20de%20forma%20mec%C3%A1nica.>

Calero Group. (2021). Filtro de mangas: Funcionamiento. Calero Group. <https://www.calerogroup.com/filtro-de-mangas-funcionamiento/#:~:text=El%20funcionamiento%20de%20estos%20filtros,el%20aire%20contaminado%20o%20porque>

Cenicafé, Centro nacional de investigaciones del café (03-2010) Los subproductos del café: fuente de energía renovable (pp.3-4) Cenicafé – Chinchiná-Caldas. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0393.pdf>

Cenicafé. Centro nacional de investigaciones del café (2017). Optimización operacional de secadores mecánicos para café pergamino (p.13). Cenicafé <https://www.cenicafe.org/es/publications/librosecado.pdf>

Cenicafé. Centro nacional de investigaciones del café. (s.f). Secado de café. Cenicafé. https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21._Secado_del_cafe.pdf

Cenicafé. Centro nacional de investigaciones del café. (2022). Efecto de la combinación de procesos de secado en la calidad de café natural obtenido vía seca. Cenicafé. https://www.cenicafe.org/es/publications/Articulo_EfectoSecado.pdf

Codols technology. (s.f) Recuperación de energía a partir de los gases emitidos por la torre de calcinación de ciclones. Codols technology. <https://www.codols.com/blog/2014-04->

10/30/recuperacion-de-energia-a-partir-de-los-gases-emitidos-por-la-torre-de-calcinacion-de-ciclones

Comité de cafeteros de Antioquia. (2022). Convocatoria de proyectos de inversión social.

Comité de cafeteros de Antioquia.

https://intranet.fncantioquia.org/assets/convocatoria001/Anexo_2.2.1.3_Requisitos_y_Especificaciones_Tecnicas_Beneficio_Seco.pdf

Control químico. (2016). Control químico de emisiones. Control químico.

<http://www.controlquimico.es/index.php/control-quimico-de-emisiones>

Condorchem. (2024). Tratamiento de emisiones con polvo y partículas en suspensión.

Condorchem Enviro Solutions. <https://condorchem.com/es/tratamiento-emisiones-polvo-aerosoles/>

Coopcafer. (2024) Trilla de café. Cooperativa departamental de caficultores de Risaralda.

<https://www.coopcafer.com/trilla-de-cafe/#:~:text=La%20trilla%20de%20caf%C3%A9%20consiste,excelso%2C%20dej%C3%A1ndolo%20listo%20para%20Exportaci%C3%B3n.>

Corporación universitaria minuto de Dios. (2021) Política de ética e integridad científica de la

I+D+i+C. Corporación universitaria minuto de Dios. [https://portalweb-uniminuto.s3.us-east-1.amazonaws.com/activos_digitales/DocInstitucionales/Politicasy41-](https://portalweb-uniminuto.s3.us-east-1.amazonaws.com/activos_digitales/DocInstitucionales/Politicasy41-8.%20POL%20DE%20ETICA%20E%20INTEGRIDAD%20CIENT%20DE%20LA%20I%20D%20I%20C.pdf)

[8.%20POL%20DE%20ETICA%20E%20INTEGRIDAD%20CIENT%20DE%20LA%20I%20D%20I%20C.pdf](https://portalweb-uniminuto.s3.us-east-1.amazonaws.com/activos_digitales/DocInstitucionales/Politicasy41-8.%20POL%20DE%20ETICA%20E%20INTEGRIDAD%20CIENT%20DE%20LA%20I%20D%20I%20C.pdf)

Deproin s. a (2024) Filtro de mangas. deproinsa. <https://deproinsa.com.ec/proyectos-industriales/filtro-de-mangas/>

DKV (2022 -22) La contaminación atmosférica: que es y cómo nos afecta

[https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/contaminacion/causas-de-la-contaminacion-atmosferica#:~:text=Cambio%20clim%C3%A1tico%3A%20las%20emisiones%20industriales,y%20el%20metano%20\(CH%E2%82%84\).](https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/contaminacion/causas-de-la-contaminacion-atmosferica#:~:text=Cambio%20clim%C3%A1tico%3A%20las%20emisiones%20industriales,y%20el%20metano%20(CH%E2%82%84).)

Enciclopedia significados. (2013). Que es frecuencia. Enciclopedia significados.

<https://www.significados.com/frecuencia/>

Eurocontrol. (s.f). Control de emisiones atmosféricas. Eurocontrol apave.

<https://eurocontrol.apave.com/es-ES/Nuestras-lineas-de-actividad-/Medio-ambiente/Control-de-emisiones-atmosfericas>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2024). Café pergamino seco.

<https://federaciondecafeteros.org/wp/glosario/cafe-pergamino-seco#:~:text=Es%20el%20producto%20del%20beneficio,est%C3%A1%20entre%2010%2D12%25.>

Gepeese. (2010). La revolución industrial. Gepeese.

https://www.finanzasparatodos.es/gepeese/es/inicio/laEconomiaEn/laHistoria/revolucion_industrial.html

Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill

Education. <https://www.esup.edu.pe/wp->

content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-
Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Análisis de datos en la ruta cuantitativa. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 310-386). McGraw-Hill.

Kazmier, L.J (2001). Estadística aplicada a la administración y a la economía. Mc Graw Hill

Kunak. (2024). Guía sobre la contaminación urbana: impacto ambiental, salud publica y soluciones. Kunak sensing anywhere. <https://kunakair.com/es/guia-sobre-la-contaminacion-urbana/>

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2008). Resolución número 909 de 2008. Minambiente.gov.co. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-909-de-2008.pdf>

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2022) Política de tratamiento y protección de datos. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2023/03/DS-E-GET-01.pdf>

Naciones Unidas. (s.f.). Acciones por un planeta saludable. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/actnow/ten-actions#:~:text=Utiliza%20menos%20energ%C3%ADa%20reduciendo%20el,lugar%20de%20utilizar%20la%20secadora.>

OPS. (s.f). Calidad del aire. OPS organización panamericana de la salud. <https://www.paho.org/es/temas/calidad->

9. Anexos

Encuesta determinación de contaminación en zona aledaña planta cooperativa de caficultores de Manizales

1 - Tiempo de residencia en el barrio

1-2 años 2-5 años Más de 5 años

2- Cuantos días en la semana percibe caída de ceniza alrededor de su vivienda

1-2 días 2-5 días 5 – 7 días

Seleccione un número de acuerdo a la opción como se indica:

Mañana (1) Tarde (2) Noche (3)

3- En qué momento del día nota mayor presencia de material particulado proveniente de la cooperativa. _____

De 1 a 5 califique cada una de las siguientes opciones, siendo 1 la menor calificación a la afectación y 5 el mayor valor.

4- Siente molestias al respirar o consumir alimentos debido a la presencia del material particulado proveniente de la cooperativa de caficultores: _____

5- Encuentra afectación a sus objetos personales (ropa, vehículos, residencia, piscinas) debido al material particulado proveniente de la cooperativa de caficultores. _____

6 – Percibe olores fuertes debido al proceso de operación de la cooperativa de caficultores. _____

Muchas gracias.