

Propuesta de mejora para el proceso de secado del café utilizando la metodología AMFE y HACCP en la provincia de Lengupá Boyacá



Ana Maria Rios Huertas, Daniel Alejandro Gómez Nieto

Mayo 2023

Universidad Antonio Nariño
Facultad De Ingeniería Industrial

Propuesta de mejora para el proceso de secado del café utilizando la metodología AMFE y HACCP en la provincia de Lengupá Boyacá

ii

Ana Maria Rios Huertas, Daniel Alejandro Gómez Nieto

Mayo 2023

Universidad Antonio Nariño
Facultad De Ingeniería Industrial
Director de tesis Ing. Sidhar Contertas

Notas del autor

Ana Maria Rios Huertas, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Duitama.

Daniel Alejandro Gómez Nieto, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Duitama.

Para el proyecto en mención se contó con la colaboración de los caficultores de la región de Lengupá Boyacá, y también con la colaboración de Fedecafe.

Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a Dios principalmente por permitirme llegar hasta este momento de mi vida y haberme guiado a lo largo de mi carrera, a mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos, por ser mi fortaleza y la razón de cumplir y lograr mis metas, a mi hermano por su respaldo y motivación que me impulsan a ser una mejor persona, a mi abuela porque en cada uno de mis logros ha estado a mi lado y son motivo de su felicidad, a mi novio por brindarme siempre su apoyo amor y compañía. *Ana Maria Rios*

Esta tesis va dedicada a mis familia quienes me han apoyado en cada momento de la carrera y quienes han sido mi inspiración para culminar mi proceso. También a mis abuelos Octavio y Rosa, mi tío Wilson que desde el cielo me acompañan en cada momento. *Daniel Gómez*

Agradecimientos

v

Agradezco a Dios por su respaldo y bendiciones en este camino, a mi familia por apoyarme y aconsejarme en cada decisión de mi vida, a mis padres por ser los promotores de mis sueños, a mi padrino Henry por siempre ser mi apoyo incondicional con sus consejos y sabiduría, a mi hermano por ser un ejemplo a seguir y vivir mis logros como suyos, a nuestro tutor de tesis el ingeniero Sidhar por guiarnos a través de su sabiduría y conocimiento en este proceso, a mi amigo y compañero de tesis por aportar sus ideas, conocimiento y entrega en este proyecto y permitirme trabajar juntos, y a mi universidad por brindar espacios de aprendizaje y crecimiento

los cuales valore mucho. *Ana Maria Rios*

Quiero agradecer primera mente a Dios por protegerme en todo este proceso. A mis padres por permitirme estudiar esta linda carrera ya que sin ellos esto no sería posible y por siempre confiar en mí. A mi novia por ser un apoyo incondicional apoyándome a realizar este trabajo.

A nuestro tutor de tesis el ingeniero Sidhar por guiarnos y enseñarnos en cada fase de la misma para sacar un proyecto de calidad. Y por último agradecerle a mi compañera de tesis por confiar desde el primer momento en mí, ya que conjuntamente pudimos sacar la tesis adelante. *Daniel*

Gómez

El proceso de secado de café es una de las fases más importantes del proceso de producción ya que de esta depende la calidad y la inocuidad, en este trabajo se identificarán las posibles fallas potenciales por medio de la metodología AMFE, los puntos críticos que afectarían su inocuidad, analizando también los posibles riesgos químicos, físicos y biológicos por medio de la metodología HACCP, esta información basada en salidas a campo, aplicación de encuestas e investigación del proceso, recopilando así los resultados arrojados por medio de gráficos e informes que ayudaron a identificar las tendencias utilizadas en la provincia de Lengupá, es así como se diseñó una herramienta lúdica e informativa con el fin de que el caficultor haga uso de las buenas prácticas por medio de recomendaciones e ilustraciones y un método práctico que permite medir y controlar la humedad final presente en el grano siendo esta del 10 a 12%, de gran importancia ya que de esta dependen factores como su calidad y su precio de venta, de la misma forma se diseñó una herramienta mecánica con el propósito de mejorar el proceso de extendido y de mezclado del café en los patios de cemento o elbas garantizando así su calidad e inocuidad del producto.

Palabras Clave: Café, Secado, AMFE, HACCP, Humedad

The coffee drying process is one of the most important phases of the production process since quality and safety depend on it. In this work the possible potential failures will be identified by means of the FMEA methodology, the critical points that would affect its safety, also analyzing the possible chemical, physical and biological risks by means of the HACCP methodology, this information based on field trips, application of surveys and investigation of the process, thus compiling the results obtained by means of graphs and reports that helped to identify the tendencies used in the province of Lengupá, In this way a fun and informative tool was designed so that the coffee grower can make use of the good practices by means of recommendations and illustrations and a practical method that allows measuring and controlling the final humidity present in the bean being this of 10 to 12%, of great importance since factors such as its quality and sale price depend on this, in the same way a mechanical tool was designed with the purpose of improving the process of spreading and mixing the coffee in the cement or elbas patios thus guaranteeing its quality and innocuousness of the product.

Keywords: Coffee, Drying, FMEA HACCP, Humidity

Tabla de Contenidos

viii

Introducción	1
Planteamiento del Problema	4
Descripción del Problema	4
Formulación del Problema.....	5
Justificación	7
Objetivos	10
General.....	10
Específicos	10
Marco Referencial.....	11
Antecedentes	11
Marco Teórico.....	13
Marco Conceptual.....	15
Marco Geográfico	18
Marco Legal	20
Diseño Metodológico.....	22
Tipo y Enfoques de Investigación.....	22
Variables de Medición	22
Recolección y Análisis de Datos.....	22
Unidad de Estudio o Muestra.....	23
Fases y Actividades Metodológicas.....	23
Diagnóstico inicial del estado actual del proceso de secado de café.	25
Descripción del proceso	32
Análisis e identificación de puntos críticos a partir de diagramas de análisis de fallos, bajo la metodología AMFE y HACCP	36
Aplicación metodología HACCP.....	40
Descripción del producto	41
Determinación del uso al que ha de destinarse	41
Elaboración de diagrama de flujo	42
Identificación de todos los posibles riesgos relacionados con cada fase	43
Determinación de los puntos críticos	45
Establecimiento de límites críticos	49
Límites críticos para el extendido del grano:	49
Límites críticos para el mezclado del grano:	49
Límites críticos para el almacenamiento del grano:	50
Diseño de una propuesta de mejora para el secado del café y una posible solución para optimizar el proceso de secado.....	51
Herramienta de extendido y mezclado de café	54
Conclusiones	61
Recomendaciones	63
Lista de referencias	64
Anexos	69

Lista de Tablas

ix

Tabla 1 Resumen de variables dependientes e independientes.....	25
Tabla 2 Resultados preguntas si y no.....	29
Tabla 3 Resumen AMFE	39
Tabla 4 Matriz de riesgos HACCP	44
Tabla 5 Costos de fabricación herramienta.....	58
Tabla 6 Costos mano de obra herramienta.....	59
Tabla 7 Costos directos e indirectos herramienta	59
Tabla 8 Retorno de inversión herramienta.....	60

Lista de Figuras

Figura 1 Balance en la producción cafetera del año 2014 al 2019, (Fedecafe,2020)	7
Figura 2 Relación de la agricultura con los demás sectores de la industria del 2009 al 2018, (Semillero de investigación ILOG ,2022).....	8
Figura 3 Mapa provincia Lengupá, ilustración de sus 6 departamentos (Geografía cultural de Boyacá ,2022)	20
Figura 4 Grafica tipo de secado más usado en la región (Diseño propio)	27
Figura 5 Grafica representativa de la encuesta (Diseño propio).....	30
Figura 6 Grafica representativa de la encuesta (Diseño propio).....	31
Figura 7 Grafica representativa de la encuesta (Diseño propio).....	31
Figura 8 Pictograma etapas proceso de secado (Diseño propio)	33
Figura 9 Diagrama de flujo proceso producción de café, (Diseño propio 2023).....	34
Figura 10 Diagrama de flujo proceso lavado, secado, y almacenamiento de café, (Diseño propio 2023)	35
Figura 11 Diagrama de Ishikawa fallas potenciales en el proceso de secado de café, (Diseño propio 2023).....	37
Figura 12 Diagrama de flujo proceso lavado, secado, y almacenamiento de café, (Diseño propio 2023)	42
Figura 13 Criterios de evaluacion (Diseño propio 2023).....	43
Figura 14 Diagrama árbol de decisión para identificación de puntos críticos de la metodología HACCP, (Programa nacional integrado de calidad alimentaria, 2018)	48
Figura 15 Portada cartilla orientativa buenas practicas para el secado de café solar, (Diseño propio, 2023).....	53
Figura 16 Plano general herramienta extendido y mezclado para el café, (Diseño propio 2023).....	56
Figura 17 Plano vista frontal herramienta extendido y mezclado de café, (Diseño propio 2023)	57

Lista de Anexos

xi

Anexo 1 Variables dependientes e independientes	25
Anexo 2 Formato encuesta	26
Anexo 3 Formato encuesta google.....	26
Anexo 4 Analisis cruzado	26
Anexo 5 Comentarios enriquecedores	28
Anexo 6 Graficas y tabulación preguntas si y no	28
Anexo 7 Analisis formulario google.....	28
Anexo 8 AMFE.....	37
Anexo 9 Criterios de evaluación AMFE.....	38
Anexo 10 Plan HACCP	51
Anexo 11 Cartilla orientativa	51
Anexo 12 Planos herramienta	51

Introducción

El café en Colombia ha sido uno de los productos más importantes en la exportación teniendo en cuenta que para el año 2021 se exportaron alrededor de 7.1 millones de sacos, 4% más frente a los casi 6.9 millones de sacos exportados en el periodo anterior (FNC 2021), esto gracias a su alta calidad y estándares como el tamaño del grano, color, la densidad entre otros aspectos debido a estas cualidades se vende a un buen precio en el mercado, esta calidad depende de los cuidados y prácticas que se apliquen a los cultivos ya que Colombia cuenta con una diversidad geográfica y climática permitiendo así una amplia variedad de sabores.

Para el departamento de Boyacá el café juega un papel importante ya que se cultiva en 39 municipios los cuales albergan a más 10.600 familias que cultivan 10.300 hectáreas (FNC), el café en el departamento es reconocido por su variedad de sabores ya que se pueden encontrar desde notas cítricas, florales a chocolate y notas herbales en algunas zonas del departamento; las regiones destacadas por el cultivo de café son, la región occidente con una altitud entre 1.200 y 1.900 metros sobre el nivel del mar, conformada por 11 municipios que cultivan cerca de 2.032 hectáreas , la región de Lengupá alberga a 2.761 caficultores de 6 municipios, cuenta con una extensión de cultivos del alrededor de 3258 hectáreas de café siendo esta provincia una de las más importantes para el departamento, para la región de Ricaurte el café es cosechado en 5 municipios y su área de siembra es de 3857 hectáreas aproximadamente (FNC)

El café colombiano se destaca por su alta calidad debió a sus procesos minuciosos como lo es la siembra que marca el inicio del ciclo, pasando por una etapa de cosecha

donde se recolectan los mejores granos llegando así al despulpado en el cual se eliminan los residuos para posteriormente pasar al proceso de secado siendo esta una de las etapas más importantes ya que esta determina la calidad, el precio del producto, finalmente se encuentra el proceso de tostado por medio del cual se da culminación al ciclo. El secado de café es fundamental tanto para la calidad del grano como para rentabilidad del mismo es por esto que existen varios métodos de secado como lo es el secado solar, el cual se realiza en patios de cemento, carros secadores, elbas marquesinas o secadores parabólicos y el secado mecánico el cual se hace en cámaras en las cuales se introduce aire caliente, todo esto con el fin de obtener un grano con humedad entre el 10 al 12 % siendo este el porcentaje ideal según los estándares de calidad impuestos por (FNC, 2021)

La implementación de métodos de control de calidad en el sector agrícola son de vital importancia ya que logran formar un plan estratégico el cual ayuda a mejorar los procesos y el desempeño del sector, así mismo proporciona ideas de desarrollo sostenible, por medio de esto se satisface las necesidades de los clientes de manera legal y reglamentaria lo cual le genera un valor agregado al producto, es por esto que existen diferentes métodos que permiten realizar controles de calidad como lo es el (AMFE) Análisis Modal De Fallas y Efectos, por medio del cual se puede incrementar la calidad, fiabilidad y seguridad de los sistema de gestión, identifica todas las características críticas y las características significativas del proceso, y también ayuda a identificar y evaluar la falla potencial de un producto y sus efectos, otra metodología implementada en varios sectores relacionados la identificación de contaminantes en los alimentos es el (HACCP)

Análisis de Peligros y Puntos Críticos, el cual por medio de análisis y control determina los peligros físicos, químicos y biológicos que pueden contaminar los alimentos, generando un mayor compromiso en la manipulación de los alimentos para garantizar su inocuidad, este método está diseñado para su implementación en cualquier segmento de la industria de alimentos desde cultivos, cosechas transformación, elaboración y distribución de los alimentos

Por ello que nuestra investigación se basa en las metodologías AMFE y HACCP que permiten medir los estándares de calidad en los granos del café, y así mismo identificar los puntos críticos que se presenten en la cadena de producción, puesto que la metodología AMFE es ideal para estimar y predecir los fallos que se puedan presentar en la cadena de secado del café, por medio de la cual se asegura de brindar fiabilidad, seguridad y cumplimiento en los estándares exigidos, por otra parte la metodología HACCP se implementa con el fin de prevenir los posibles riesgos de contaminación y garantizar la inocuidad del producto basado en un sistema de peligros y puntos críticos.

La caracterización del proceso de secado de café por medio de estas dos metodologías se lleva a cabo en los cultivos de la provincia de Lengupá, con el fin de identificar, analizar y dar una posible solución a los aspectos de mayor riesgo en la etapa de secado con la ayuda de un diagnóstico que permite conocer el estado actual del proceso, a partir de lo cual se analiza y se identifica los puntos críticos desde de un diagrama de análisis de fallos bajo las metodologías mencionadas, teniendo como finalidad diseñar una propuesta de mejora en el secado del café y una posible solución en la optimización del proceso.

Planteamiento del Problema

Descripción del Problema

La implementación de los sistemas de calidad en las empresas como lo menciona Ruiz (2004) “representan una oportunidad competitiva, poniendo especial énfasis en el mercado y en las necesidades del cliente”. (P.6) esto conlleva a que las actividades se desarrollen de manera ideal y no se produzcan errores, es importante mencionar de acuerdo a Ruiz (2004) “la calidad se basa, junto con la rentabilidad del negocio, en la satisfacción del cliente, el cual cobra un papel esencial en la negociación y excelencia permanente en todas y cada una de las acciones de la empresa” (P. 7), la organización requiere un buen sistema de control de calidad para poder satisfacer las expectativas del cliente, en donde es necesario caracterizar cada uno de los procesos de producción del bien o servicio para poder identificar cuáles son las tareas, responsabilidades de cada área así como también estandarizar las especificaciones necesarias, en busca de generar una mejora continua que tendrá incidencia en la calidad, satisfacción, remuneración, tanto del producto como del cliente, generando así una ampliación en el mercado debido a mejores estándares de competencia.

Como lo menciona Rojas (2019) “Con el objetivo de mitigar o eliminar algún problema evidenciado se implementa en las organizaciones la metodología AMFE, por medio de la cual se busca identificar los puntos críticos de algún proceso que presente fallos, con el fin de buscar las medidas correctivas necesarias para minimizar su efecto mediante sistemas preventivos, es importante su implementación ya que nos permite cuantificar los posibles fallos que se puedan presentar en el proceso, una de las ventajas que tiene esta metodología es poder conocer la situación actual del objeto de estudio, lo que brinda un diagnóstico inicial para que sea posible continuar con la investigación “ (P.66,67).

Por otra parte, la metodología HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) es una metodología que se implementa en procesos relacionados con los alimentos para brindar una seguridad al consumidor, es por esto su gran importancia de

implementación ya que las organizaciones buscan mantener el control de riesgos microbiológicos dentro de sus procesos; según (Briones, 2002. P.29) “Los alimentos tanto de origen animal como vegetal, contienen una carga microbiológica inicial, ya sea en su superficie e inclusive en su interior. Posteriormente, el proceso de contaminación continúa a través de su recolección, almacenamiento, transporte, manipulación, transformación”, actualmente esta metodología se puede complementar con un control de análisis de riesgos y fallas, para Briones, (2002) “las ventajas de esta metodología son evitar el riesgo de contaminación de los alimentos, mejora la competitividad de las industrias de alimentos de una forma eficaz expandiendo el mercado internacional.”

Formulación del Problema

Actualmente el proceso de secado del café se realiza mediante una técnica de extendido que consiste en colocar los granos separados sobre una superficie plana, que se encuentra expuesta al sol bajo una cubierta de plástico invernadero o elba que permite la entrada de luz solar, el control evidenciado en esta parte del proceso lo realiza el cosechador por medio de observación, y de forma artesanal con ayuda de un esparcidor se mueve continuamente para lograr uniformidad en el secado, este proceso lo realizan en un periodo de tiempo estimado de 15 a 20 días siendo el más largo de la cadena de producción, en donde se evidencian varios problemas que afectan la calidad del café, la productora no cuenta con una estandarización y separación previa de los granos de café lo que ocasiona que el secado sea irregular en la cosecha ya que los granos de mayor tamaño necesitan un tiempo distinto a los pequeños.

Los procesos de secado requieren controlar variables como temperatura, tiempo, cantidad de grano, alturas de capa superior, intercambio de aire, tamaño de grano, para lo cual es requerido identificar las condiciones ambientales, higiene, distribución de grano en superficie, relación de intercambio de calor, las variables de control permiten que se obtenga mayor cantidad de grano secado, en condiciones similares, esto quiere decir que los pequeños caficultores que tradicionalmente requieren vigilancia del proceso por varios ciclos de secado, pueden reducir el tiempo y los requerimientos técnico con la

implementación de alternativas para el proceso de secado, en ellas es necesario establecer condiciones que homogenicen el proceso, en este tipo actividades no es posible estandarizar totalmente el proceso debido a variantes de producto, practica y manejo tradicional, para poder estandarizar se requiere controlar materia prima, controlar el proceso y controlar las variables.

Este proceso demanda mucho tiempo ya que es característico de la calidad final del café, en este momento la empresa no tiene un método de secado controlado que pueda asegurar que la mayor parte de la cosecha sea de la calidad requerida ya que “el rango establecido para la comercialización de café en Colombia es del 10 al 12 % en base húmeda” (Jurado, Montoya, Oliveros y Garcia,2009 P.136).

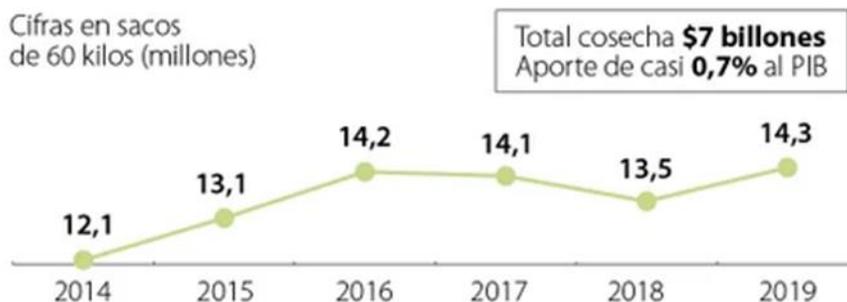
¿Cómo al identificar las fallas potenciales y puntos críticos en el proceso del secado del café se podrán implementar estrategias y métodos de mejora del producto, para los cafeteros del departamento de Boyacá?

Justificación

En Colombia el café es un producto reconocido mundialmente por su calidad y sabor, siendo catalogado como uno de los mejores, ubicado en el tercer puesto con mayor producción de café a nivel mundial, según Cenicafe en el 2013 Colombia contaba con un área de siembra de 974.000 hectáreas de café (FNC,2013), en la actualidad según el sistema de información cafetera (SICA) esta actividad se registra en 564 municipios y 16 departamentos del país donde cerca de 2 millones de personas dependen de esta (FNC), se estima que para el año 2019 la producción fue de 14.7 millones de sacos de 60 kilos teniendo un crecimiento del 4% en este mismo año, superando el volumen de producción mensual de los últimos 24 años (FNC,2020), como se puede apreciar en la siguiente grafica.

Figura 1

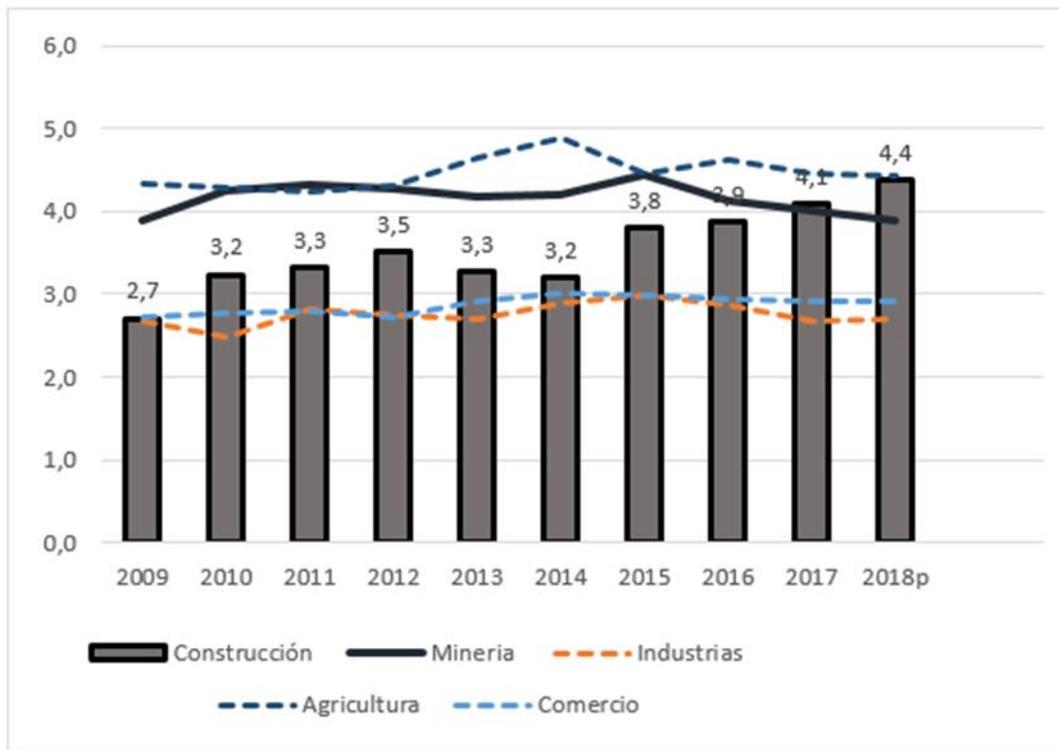
Balance en la producción cafetera



Nota: Balance en la producción cafetera del año 2014 al 2019, (Fedecafe,2020)

Figura 2

Relación de la agricultura con los demás sectores de la industria



Nota: Relación de la agricultura con los demás sectores de la industria del 2009 al 2018, (Semillero de investigación ILOG ,2022).

Para el año 2021 se registró un crecimiento en el PIB del 21.4% en el primer trimestre, y cerca de un 3.3% del PIB agropecuario “Según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el PIB nacional en el primer trimestre de 2021 creció 1,1%, por lo que el sector cafetero creció 6,5 veces el PIB agropecuario y 19,5 veces el PIB nacional.” (FNC,2021), este crecimiento llamo la atención de los más jóvenes y estos se han visto en actividades de cadena de valor del café tales como baristas, catadores o hasta exportadores a pequeña escala

En la industria cafetera los estándares relacionados con los atributos del producto se clasifican en, atributos de búsqueda los cuales se pueden evidenciar al finalizar el proceso producción teniendo en cuenta características como el color del grano de café, apariencia, sabor, limpieza y humedad, el porcentaje ideal de humedad presente en el grano de café es de 11% en general teniendo en cuenta que no todos los cafés son iguales y puede existir una variación dependiendo del país, esta humedad se controla por medio del proceso de secado, el cual tienen una gran relevancia, existen diferentes métodos de secado actualmente los cuales inciden en la calidad final del café como lo son el secado al sol, secado mecánico, secado estático sin cámara de presecado , silo secador, (Cenicafe).

Objetivos

General

Diseñar propuesta de mejora para el proceso de secado del café a partir de la metodología AMFE y HACCP en la provincia de Lengupá, Boyacá

Específicos

Realizar diagnóstico inicial del estado actual del proceso de secado de café.

Analizar e identificar puntos críticos a partir de diagramas de análisis de fallos, bajo la metodología AMFE y HACCP.

Diseñar propuesta de mejora para el secado del café y una posible solución para optimizar el proceso de secado.

Marco Referencial

Antecedentes

En el estudio de Barriga (2018) y Cornejo (2019) centran sus estudios en desarrollo de un modelo de sistema de calidad e inocuidad alimentaria basado en HACCP, mediante la identificación y el análisis de peligros y puntos críticos de control para el procesamiento del café, la metodología implementada fue el método de ensayo de mohos y levaduras, y también el estudio de ocratoxina A, el diagnóstico de las condiciones higiénico sanitarias actuales de la planta, a fin de optimizar la elaboración del sistema HACCP, el manual de procedimientos operativos estandarizados y el manual de buenas prácticas de manufactura, así mismo calcular la evaluación económica de dicha implementación, los resultados fueron Se identificaron tres peligros los cuales son almacenamiento de materia prima, almacenaje después del pilado, el tostado del café y en el almacenamiento de café tostado los resultados fueron para disminuir la formación de esporas de hongos que producen la ocratoxina A en el café se debe aplicar de forma permanente las buenas prácticas agrícolas, del manejo integrado de plagas para evitar la invasión del insecto *Hypothenemus hampei* que perfora el fruto y no utilizar en la floración el riesgo por aspersion porque se pueden contaminar los granos por la dispersión de las esporas con ocratoxina A, Se definió como punto control al almacenamiento de materia prima, y al almacenamiento de café tostado, y como punto crítico de control a la etapa del tostado.

En los estudio de Bravo (2021) y Fernández (2019) identificaron como objetivos la elaboración de un análisis y efectos, modos efecto y fallas “AMEF” hacer un diagnóstico inicial de frente a metodologías y herramientas frente a calidad, diseñar diagrama de control de proceso de la fábrica, Identificar puntos críticos de calidad dentro del proceso, diseñar diagrama e implementación de la metodología AMEF, la metodología fue un estudio de tiempos el cual determino el diagnóstico inicial de la empresa, se identificaron las fallas críticas por medio de un diagrama de Pareto, se diseñó

las gráficas de control por variables y atributos por medio de la norma 39551-1 para variables y para atributos 2859 y así mismo conocer los fundamentos del AMEF, que busca coordinar sistemáticamente la aplicación de teorías administrativas derivada de la gerencia moderna, la metodología implementada se basó la pregunta de investigación ¿Cómo la metodología AMEF puede ser la base para un plan de mantenimientos preventivos? Y por medio de comparación se realizó la búsqueda de diferentes fuentes que abarcaran el tema, identificando los tipos de AMEF, la ventajas, la forma de implementación, y los resultados obtenidos fueron que el AMEF es una base importante para realizar un plan de mantenimiento preventivo

Los resultados obtenidos fueron, Se identificó el NPR, lo cual dio como resultado las fallas principales en la producción de cubetas de huevos con material reciclable las cuales son el aumento de presión en la maquina moldeadora, la parada de la misma máquina, cubetas rotas por parte de la maquina embaladora, moldes defectuosos, Existen diversas herramientas que nos pueden ayudar a la detención y prevención de fallas dentro del proceso y el producto, AMEF nos resulta muy útil ya que analiza y examina muy a fondo todo el sistema ya que por muy pequeña la falla.

En el estudio de Hernández, Silíceo, López (2018) el objetivo fue evaluar un secador solar como apoyo para el secado del café en pergamino la metodología utilizada fue el diseño de un secador solar modificado para ser desarmable y fácil de manejar con una longitud de 1.30 m de largo y 1 m de alto, compuesto por 2 secciones unidas, una de ellas para almacenar el café y la otra para generar el efecto invernadero, Los resultados obtenidos a partir del prototipo, fueron gradientes de temperatura entre 10°C y 25°C con respecto al medio ambiente, así como temperaturas máximas de hasta 35°C. El secador alcanzo una garantía en el secado de mínimo, Es posible diseñar un secador para café gourmet, que aproveche una energía alternativa sin perjudicar la calidad final del producto mediante el control preciso de la razón de des humidificación y temperatura del secado. Este control evita exponer al grano a condiciones que le pueden restar

propiedades deseables o hacer mal uso de la energía o el espacio físico destinado al proceso de secado

Marco Teórico

AMFE, esta herramienta es una de las tradicionales empleadas en el ámbito de la calidad para la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que, por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, para su implementación es necesario como primera instancia identificar el producto o parte del proceso, luego se describen las operaciones que se realizan dentro del proceso, se identifica la pieza o conjunto que puede fallar potencialmente, se evalúa el error que se pudo causar si ocurre el fallo potencial por medio de la opinión del operario, se relacionan las causas del modo de fallo, luego se identifican las medidas de control previstas que aseguran la verificación y el control del proceso, finalmente se determina la importancia o la severidad del modo de fallo potencial según el índice correspondiente. (Bestratén, Orriols, p. 1).

HACCP, es un sistema de administración en el que se aborda la seguridad alimentaria a través de la identificación, análisis y control de los peligros físicos, químicos, biológicos y últimamente peligros radiológicos, desde las materias primas, las etapas de proceso de elaboración hasta la distribución y consumo del producto terminado, para su aplicación se implementan los 7 principios en el proceso del producto que son realizar un análisis de peligros, determinar los puntos críticos de control, establecer un límite o límites críticos, establecer un sistema de vigilancia de control de los PCC,

establecer las medidas correctivas cuando la vigilancia indica que un PCC no está controlado, establecer procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema HACCP funciona eficazmente, establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación. (Sistema HACCP)

La metodología HACCP consta de siete principios para su desarrollo y aplicación que son, principio 1, realizar análisis de peligros, principio 2 determinar puntos críticos de control, principio 3 establecer límites críticos, principio 4 establecer sistemas de vigilancia, principio 5 establecer medidas correctivas, principio 6 establecer procedimientos de comprobación, y principio 7 establecer un sistema de documentación.

Control de calidad, se define como un sistema adoptado por las empresas para medir la calidad de productos y servicios, evaluando si están de acuerdo con las especificaciones técnicas. Hace que el proceso de producción sea más unificado ya que le da un estándar y requisitos a seguir, el control de calidad tiene como función principal dar seguimiento a cada etapa del proceso productivo para detectar oportunamente posibles fallas en el producto y en caso de presentar alguna falla aplicar las soluciones o mejoras necesarias que permitan el cumplimiento de requisitos y normas de cada prototipo. (Silva, 2022).

Gestión de calidad, se define como el conjunto de caminos mediante los cuales se consigue la calidad incorporándolo por tanto al proceso de la gestión que es como traducimos el término inglés management que alude a dirección gobierno y coordinación de actividades, de acuerdo a esto es posible la definición de gestión de calidad sería el

modo en que la dirección planifica el futuro, implanta los programas y controla los resultados de la función de calidad con vistas a su mejora permanente. (Udaondo, M, 1992)

Optimización de procesos, se define como cualquier actividad que recibe una entrada (input), le agrega valor y genera una salida (output) para un cliente interno o externo, haciendo uso de los recursos de la organización para generar resultados concretos. (Harrington, J, 1991)

Marco Conceptual

Causas del modo de fallo: La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituye en el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. (Bestratén, Orriols, p. 3).

Criterio de gravedad: importancia del mismo en cuanto a sus consecuencias funcionales (producto) o grado de defectuosidad (proceso). (Contreras, L, 2023)

Criterio de ocurrencia: probabilidad de que se presente un fallo en el producto o proceso estudiando una vez que se ha producido una causa de fallo. (Contreras, L, 2023)

Criterio de detección: probabilidad de no detectar el fallo antes de que se produzca. (Contreras, L, 2023)

Detectabilidad: Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier “output” defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo “detectemos”. (Bestratén, Orriols, p. 2).

Diagrama de flujo: Representación sistemática de la secuencia de fases u operaciones llevadas a cabo en la producción o elaboración de un determinado producto alimenticio. (CAC/RCP-1, 1969, Rev. 3 (1997))

Efectos del fallo: Normalmente es el síntoma detectado por el cliente del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente. (Bestratén, Orriols).

Fallo: se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente. (Bestratén, Orriols, p. 3).

Frecuencia: Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo. (Bestratén, Orriols, p. 2).

Gravedad: Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente. (Bestratén, Orriols, p. 3).

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR): es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención. (Bestratén, Orriols, p. 6).

Peligro: Agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud. (Sistema HACCP).

Plan de HACCP: Documento preparado de conformidad con los principios del sistema de HACCP, de tal forma que su cumplimiento asegura el control de los peligros que resultan significativos para la inocuidad de los alimentos en el segmento de la cadena alimentaria considerado. (Sistema HACCP).

Producto: El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. (Sistema HACCP).

Punto crítico de control (PCC): Fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable. (Sistema HACCP).

Límite crítico: Criterio que diferencia la aceptabilidad o inaceptabilidad del proceso en una determinada fase. (Sistema HACCP).

Medida de control: Cualquier medida y actividad que puede realizarse para prevenir o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable. (Sistema HACCP).

Medida correctiva: Acción que hay que realizar cuando los resultados de la vigilancia en los PCC indican pérdida en el control del proceso. (Sistema HACCP)

Secado de café: consiste en separar un líquido de un sólido mediante diferentes procedimientos técnicos el cual busca reducir el porcentaje de humedad presente en el café, hasta llegar al esperado. (Jurado, Montoya, Oliveros, García, p. 2).

Clasificación: El café se puede clasificar, según la región, la variedad botánica, el tamaño del grano, número de defectos, densidad del grano, entre otros.

Aroma del café: La fragancia es el olor del café tostado y molido. Con agua se denomina aroma de la bebida. Las intensidades y tipos de aromas indican la calidad y frescura del café y permite identificar las condiciones en que se realizaron los procesos de manejo de plagas, beneficio, almacenamiento y preparación. (Puerta, G. I. (2013). (Vol. 3, pp. 81–110). Cenicafé

Acidez: Es la característica organoléptica que se destaca en los ácidos como el cítrico de las frutas cítricas. Esta sensación es esperada en el café Arábica que es beneficiado por la vía húmeda y también es muy apreciada en el café de Colombia. La intensidad de la acidez se puede modificar mediante la fermentación y la tostación. (Puerta, G. I. (2013). (Vol. 3, pp. 81–110). Cenicafé.

Elba: Secadero de café hecho de madera y cubierto con techo de zinc. Costa de un piso construido a poca altura del suelo, para colocar debajo, cajones de madera en forma de gavetas que se deslizan sobre rieles que las conducen bajo techo, (Fedecafe)

OTA: Ochratoxina A, es una micotoxina decir, una sustancia química tóxica producida por hongos o mohos. Las micotoxinas son sustancias que contaminan los alimentos para los humanos y los animales, especialmente granos y productos almacenados, causando grandes problemas en la salud (Fedecafe,2003)

Marco Geográfico

La provincia de Lengupá, (ver Figura 3) el nombre de esta provincia se debe a que en su territorio nace y pasa el río Lengupá. Nacen otros ríos y riachuelos, hacen parte de la cuenca hídrica del Casanare, su economía se fundamenta en el cultivo de café,

cuenta con 2.761 caficultores, con un clima ideal para la producción de café, ya que se ubica entre 1.400 y 2.000 msnm, con clima templado, El área cultivada en café comprende 3.258 hectáreas (Comité de cafeteros de Boyacá).

Está conformada por 6 municipios los cuales son Miraflores (la capital), su extensión es de 258 kilómetros cuadrados, cuenta con un aproximado de 12.500 habitantes de los cuales 6.400 viven en el área urbana, está a una altura de 1.500 metros sobre el nivel del mar, y tiene una temperatura promedio de 21 grados centígrados.

Berbeo, se encuentra a una altura de 1.675 metros sobre el nivel del mar, y tiene una temperatura promedio de 20 grados centígrados.

Campohermoso, es el municipio de los teguas, indígenas de grupo étnico diferente a los muiscas, se encuentra ubicado a 1.300 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 21 grados centígrados y cuenta con 67 kilómetros cuadrados de extensión.

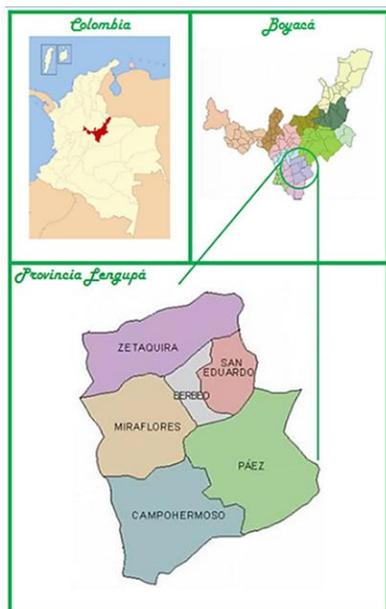
Páez, se encuentra ubicado a 1.300 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 23 grados centígrados, posee una extensión de 445 kilómetros cuadrados, con una población de 4.300 habitantes, 1.700 de los cuales viven en el casco urbano.

San Eduardo, ubicado a 1.900 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 18 grados centígrados y una extensión de 105 kilómetros cuadrados, cuenta con alrededor de 2.500 habitantes.

Zetaquirá, está a 1.850 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 18 grados centígrados, posee una extensión de 250 kilómetros cuadrados, y tiene una población de 6.100 habitantes, con 900 ubicados en el área urbana.

Figura 3

Mapa ubicación provincia de Lengupá



Nota: Mapa provincia Lengupá, ilustración de sus 6 departamentos (Geografía cultural de Boyacá ,2022)

Marco Legal

Ley 76 de 1931 Provee el fomento de la industria cafetera, los productos que se pongan a la venta en el país, como café, y que fuera de éste contengan otras sustancias, deberán mencionar claramente en el empaque o envoltura en que se expendan, el porcentaje del café que contengan y los demás productos que han entrado en su preparación. (Sistema Único de Información Normativa)

de Fabricación (GMP) y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).

Decreto 2078 de 1940 Se dictan medidas relacionadas con la industria del café, Solamente podrán efectuarse exportaciones de café en consignación, por conducto y bajo el control de la Federación Nacional de Cafeteros. (Sistema Único de Información Normativa)

Decreto 60 de 2002 Se promueve la aplicación de sistemas HACCP en las fábricas de alimentos, El presente decreto tiene por objeto promover la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico HACCP, como Sistema o Método de Aseguramiento de la Inocuidad de los Alimentos y establecer el procedimiento de certificación al respecto

Norma ISO 22000 de 2018: Cubre todos los procesos de la cadena alimentaria que tienen consecuencias en la seguridad del producto final. La norma especifica los requisitos para un sistema integral de gestión de seguridad alimentaria, así como la incorporación de los elementos de las Buenas Prácticas

Diseño Metodológico

Tipo y Enfoques de Investigación

La presente investigación contempla un estudio de tipo cuantitativo y con enfoque descriptivo, por lo cual se ha considerado exploratorio; es descriptivo porque permite identificar las condiciones de proceso desarrollado en el caso de secado de café en la provincia de Lengupá, exploratorio porque no se han identificados estudios previos en el área de estudio, si bien existen muchas investigaciones sobre el proceso de secado de café, no se referencias investigaciones efectuadas en la provincia con esta temática, la diferencia que se puede presentar con respecto a estudio previos es que las condiciones climáticas y de altitud repercuten en el proceso de secado, al encontrar proceso artesanales que no cuentan con estandarización es posible que se presenten fallos de calidad por el nivel de secado y deterioro en las condiciones de calidad.

Variables de Medición

Las variables de medición utilizadas en esta investigación están relacionadas con el proceso de secado de café y así mismo son las que brindan su calidad final, como son la humedad, el tiempo, la temperatura, las técnicas, los materiales, la ausencia de controles de calidad, la presencia de agentes químicos, físicos y biológicos.

Recolección y Análisis de Datos

Fase 1 Diagnostico: se recolecto información primaria a partir de una encuesta aplicada a una muestra representativa de trabajadores de la unidad de estudio que consta de 23 preguntas, esta información se complementó a partir de observación directa y visitas de campo

Fase 2 Análisis: el análisis que se llevó a cabo a partir de la implementación de diagramas de puntos críticos y diagramas de análisis de fallos y efectos identifico mudas presentes en el proceso, porcentajes de ocurrencia.

Unidad de Estudio o Muestra

Muestra representativa de 95 encuestados de los caficultores de la provincia de Lengupá, estimada por medio de la fórmula de muestra estadística de población finita, donde se consideró un tamaño de población de 5000 caficultores, un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 10%, esto debido a que la zona de estudio es lejana y considerada de difícil acceso.

Fases y Actividades Metodológicas

La presente propuesta será desarrollada en tres fases de investigación las cuales se especifican a continuación:

Fase 1. Diagnóstico: En la cual se diseñó y aplico el instrumento de recolección de información como se muestra a continuación

Actividad 1.1 Diseño del instrumento de recolección de información

Actividad 1.2 Aplicación del instrumento de recolección de información

Actividad 1.3 Tabulación de los resultados obtenidos

Fase 2: Análisis: En la cual se identificó los puntos críticos del proceso por medio del diseño y aplicación de un diagrama de fallos

Actividad 2.1 Diseño del diagrama de fallos y puntos críticos

Actividad 2.2 Aplicación del diagrama de fallos y puntos críticos en el proceso de secado del café

Actividad 2.3 Análisis y discusión de los resultados arrojados por la técnica implementada

Fase 3: Mejora: En la cual se propone la mejora para el proceso de secado de café

Actividad 3.1 Diseño de estrategias de seguimiento y control para el proceso de secado

Actividad 3.2 Diseño de una herramienta para optimizar el proceso de secado del café

Actividad 3.3: Diseño de una estrategia orientativa para mejorar el proceso de secado.

Diagnóstico inicial del estado actual del proceso de secado de café.

Para la identificación de variables dependientes e independientes,(ver tabla 1) se realizó un cuadro analítico en el cual registramos factores que afectan la calidad del café, como lo es el proceso, la documentación, el control y la frecuencia de fallos, los cuales nos arrojaron las variables independientes del proceso de mayor importancia como el tiempo, número de actividades, ausencia de controles de calidad (ver anexo 1), y así mismo nos basamos en el tipo de información primaria que nos pudieran brindar los caficultores ;por medio de esta información concluimos que la herramienta acertada para recopilar estos datos, y así poder identificar el proceso y sus fallos fue una encuesta.

Tabla 1

Tabla resumen variables dependientes e independientes

Problema	Variables dependientes	Variables independientes
Factores que afectan la calidad del café	Proceso	Humedad Tiempo
	Documentación	Control de errores Verificación de producto final
	Control	Estándares de procesos Evaluación de producto final
	Frecuencia de inconformidades	Tiempo de presentación de cada inconformidad

Nota: Tabla de resumen identificación de variables dependientes e independientes

Como instrumento de recolección de información se elaboró la encuesta de secado de café de forma escrita (ver anexo 2), y también se realizó un formulario en Google para facilitar la aplicación de esta (ver anexo 3), esta encuesta consta de 23 preguntas cerradas con opción de comentarios enriquecedores, enfocándonos en conocer el tipo de secado que más se utilizaba, el área de secado, el espesor de la capa de café, si hacia uso de alguna herramienta para mover el café, entre otras preguntas.

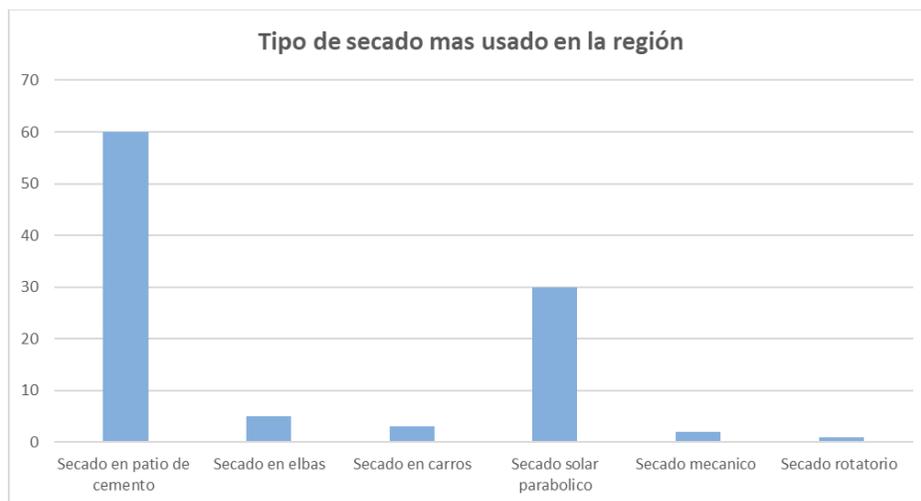
Para la tabulación de los datos obtenidos se realizó un análisis cruzado (ver anexo 4), teniendo en cuenta cada pregunta, con el fin de poder observar y analizar las tendencias acogidas por la mayor parte de los caficultores de la región, también se realizaron las gráficas de porcentajes respectivas para las preguntas de opción Si y No, (ver tabla 2)

Por medio del análisis cruzado y las gráficas de porcentajes se pudo evidenciar que el tipo de secado que más se usa en la región de Lengupá es en patio de cemento, secado solar parabólico (ver figura 4), teniendo en cuenta que son las condiciones normales de la región, esta tarea es realizada por 1 o 2 trabajadores máximo en cada finca con un área de secado en promedio entre 10 a 20 metros y de 20 a 30 metros máximo, a través de la investigación realizada con la encuesta se pudo evidenciar que la capa de café al extenderlo es de 2.0 a 2.5 cm según lo recomendado, habitualmente extendido en una base de madera o cemento, en donde al momento de removerlo en el proceso de secado se hace uso de cualquier herramienta adaptada, en algunas ocasiones del rastrillo o comúnmente usando las manos o los pies, en referencia al tiempo de secado los caficultores optan por dejarlo expuesto al sol sin moverlo por aproximadamente 1 a 5 horas, pasado este tiempo el caficultor mueve el café de 3 a 4 veces al día según lo requiera, por medio de la opinión de los encuestados el factor que le agrega calidad al café es la uniformidad y el porcentaje de humedad, siendo este el ideal del 10 al 12%, este proceso tiene una duración promedio de 3 a 5 días en condiciones ideales, es importante mencionar que en esta región más del 90% de los encuestados no utilizan secado mecánico ya que por las características de la región el método de secado más

adecuado es el solar, por lo que implementan las técnicas aquí descritas, así mismo se evidencio que los caficultores no verifican el caudal del aire en la etapa de secado y cerca del 60% no realiza ningún tipo de control del grano en el proceso, puesto que el 72% de los caficultores no ha recibido ningún tipo de capacitación para realizar esta tarea, afectando así la calidad del café ya que solo el 13% mantiene documentación del producto defectuoso, que se puede ver contaminado por hongos o polvo ya que el agricultor no hace el uso correcto de los elementos mínimos de protección y es así como solo utilizan las botas en este proceso, al final del proceso se evidencio que para lograr identificar el punto adecuado de humedad se implementa una prueba artesanal la cual consiste en frotar los granos entre las manos para verificar que la cascara se desprenda de la semilla, sin hacer uso de una prueba estandarizada que permita tener certeza de la humedad presente en la carga, conociendo así que solo un 60% de los encuestados reconoce cuales son los factores que afectan la calidad del café.

Figura 4

Grafica tipo de secado más usado en la región



Nota: Grafica representación pregunta 13 encuesta de secado

Por medio de la tabulación de los comentarios enriquecedores obtenidos en la encuesta (ver anexo 5), se pudo identificar que el método de secado adecuado según las características de la región son los patios de cemento y elbas, además los caficultores optan por implementar bases de secado de cemento, poli sombra, bambú y plástico donde habitualmente usan una cubierta protectora de plástico, elbas o polisombra y algunos otros no hacen uso de estas, es así como se pudo evidenciar que los agricultores de esta región no hacen uso del secado mecánico por su complejidad y costos de implementación, por este motivo solo algunos pocos optan por el uso del silo; al ser característico de esta región el secado solar se pudo identificar por medio de la encuesta que los caficultores verifican la humedad final del café a través de la observación directa de las siguientes características: como lo son la observación del color, el cual debe tener un tono café vainilla en su cubierta exterior y el grano un color verde opaco, otra de las técnicas es frotar entre las manos los granos de café para así identificar que está en el punto adecuado de humedad, cuando la cascara se desprende del grano con facilidad. Se evidencio que los caficultores no reciben el total de las capacitaciones necesarias para realizar el proceso y estos optan por usar los métodos tradicionales, también se identificó que muy pocos han recibido capacitaciones relacionadas con control de calidad en el proceso de secado, teniendo en cuenta esto, solamente una persona en la región hace uso de las listas de chequeo para documentar la cantidad de producto defectuoso.

En la encuesta aplicada a los caficultores se formularon 8 preguntas dicotómicas de opción si y no, por medio de las cuales se analizaron e identificaron diferentes aspectos presentes en el proceso de secado del café, con ayuda de una tabla (ver tabla 2), se observó cada pregunta y su respectiva asignación en porcentajes, y de igual forma se elaboraron graficas de tortas para representar las preguntas (ver anexo 6), así mismo se realizó el análisis de las respuestas obtenidas en el formulario de Google (ver anexo 7) de las cuales se reconoció que 48,4% hace uso del secado solar en patio de cemento, un 45,2% seca en un área de 20 a 30 metros, el 71% deja un espesor de capa entre 2 a 2,5 cm según la cantidad de respuestas obtenidas se logró determinar las características y los aspectos presentes en el proceso actual del secado, identificando que el 53% usa cubierta

protectora al momento de secar el café, así mismo se evidencio que solo el 11% usa secado mecánico para este proceso, teniendo en cuenta la forma artesanal en la que se realiza el proceso se encontró que solo el 5% verifica el caudal del aire en el secado y un 73% verifica la humedad final del grano, resaltando el valor agregado que le quieren dar los caficultores a su producto identificamos que el 60% reconoce que factores o variables afectan la calidad de su café; un fallo que se encontró en el proceso demuestra que el 60% no realiza controles de calidad al grano antes de entrar al secado, teniendo en cuenta que solo el 28% ha recibido capacitaciones para el secado del café, así mismo solo un 13% de los caficultores mantienen documentación de la cantidad de productos defectuosos.

Tabla 2

Tabla resultados preguntas si y no

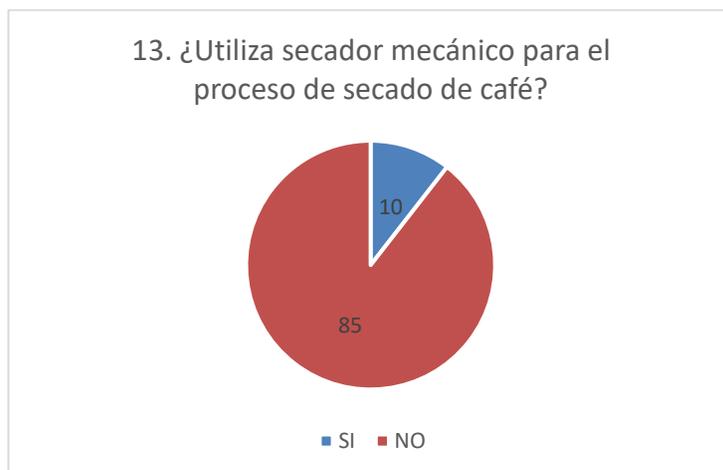
PREGUNTA	SI	%	NO	%
5. ¿Usa cubierta protectora para el secado de café?	50	53%	45	47%
13. ¿Utiliza secador mecánico para el proceso de secado de café?	10	11%	85	89%
14. ¿Verifica la humedad final luego del proceso de secado del café?	69	73%	26	27%
15. ¿Verifica el caudal del aire para el secado del café?	5	5%	90	95%
16. ¿Realiza controles de calidad del grano antes de entrar al proceso de secado del café?	38	40%	57	60%
17. ¿Ha recibido capacitaciones para el secado del café?	27	28%	68	72%

19. ¿Reconoce que factores o variables afectan la calidad del café?	57	60%	38	40%
20. ¿Mantiene documentación de la cantidad de producto defectuoso?	12	13%	83	87%

Nota: Tabla de resultados preguntas si y no encuesta secado

Figura 5

Grafica representativa de la encuesta



Nota: Grafica representación pregunta 13 encuesta de secado

Figura 6

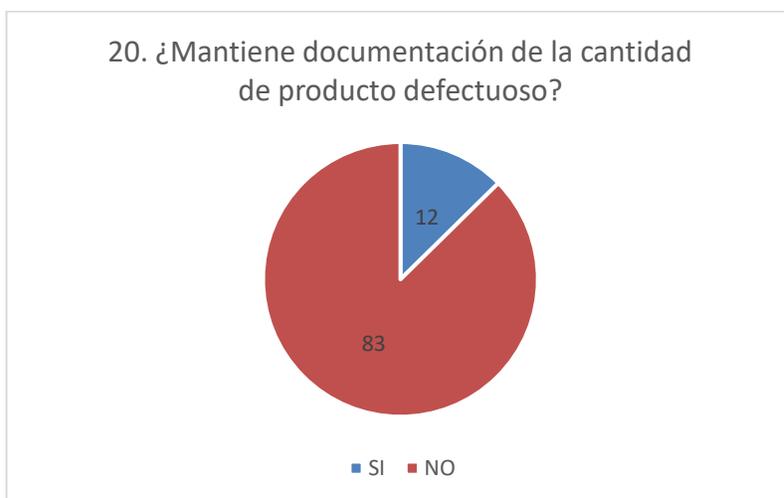
Grafica representativa de la encuesta



Nota: Grafica representación pregunta 17 encuesta de secado

Figura 7

Grafica representativa de la encuesta



Nota: Grafica representación pregunta 20 encuesta de secado

Descripción del proceso

El proceso de transformación del café está dividido en 4 fases como lo son la recolección, el despulpado, el lavado, el secado, y finalmente el almacenamiento (ver figura 9), en el comienzo del proceso se identifican los surcos los cuales hacen referencia a las plantas que ya están listas para la cosecha del grano, una vez identificadas las plantas se realiza la recolección del grano que debe estar maduro con una tonalidad rojiza y al final de la jornada se hace un pesaje para saber la cantidad de café recolectado, por último la carga se transporta al beneficiadero para continuar con el proceso; siguiendo el proceso se realiza una inspección del café recolectado en la cual se verifica que el grano este maduro para continuar el proceso de no ser así será desechado, es aquí donde comienza el despulpado, el cual consta de remover la capa exterior del grano para así dejar solo la pulpa, posteriormente se realiza la fermentación la cual consiste en dejar reposando los granos de café en tinas de agua entre 16 a 25 horas, esto con el fin de resaltar los aromas y el sabor presente en el café, por último se realiza un lavado final para así remover las impurezas y dejar el grano listo para el siguiente proceso; el proceso de secado inicia con el transporte de la carga desde la zona de lavado hasta los patios o la zona de secado (ver figura 8), para posteriormente extenderlo habitualmente sobre cemento, madera o lona, dejando así un espesor de capa de 2 a 3 cm, que luego será removido cada 2 a 3 horas para lograr uniformidad en el secado, por último se realiza una clasificación para determinar la calidad del grano según la humedad, donde si este se encuentra entre el 10 al 12 % de humedad es el ideal, de lo contrario será grano de menor calidad, para finalizar el proceso el café se recolecta de los patios de secado para ser transportado al lugar de almacenaje donde será pesado, empaquetado y comercializado (ver figura 10).

Figura 8

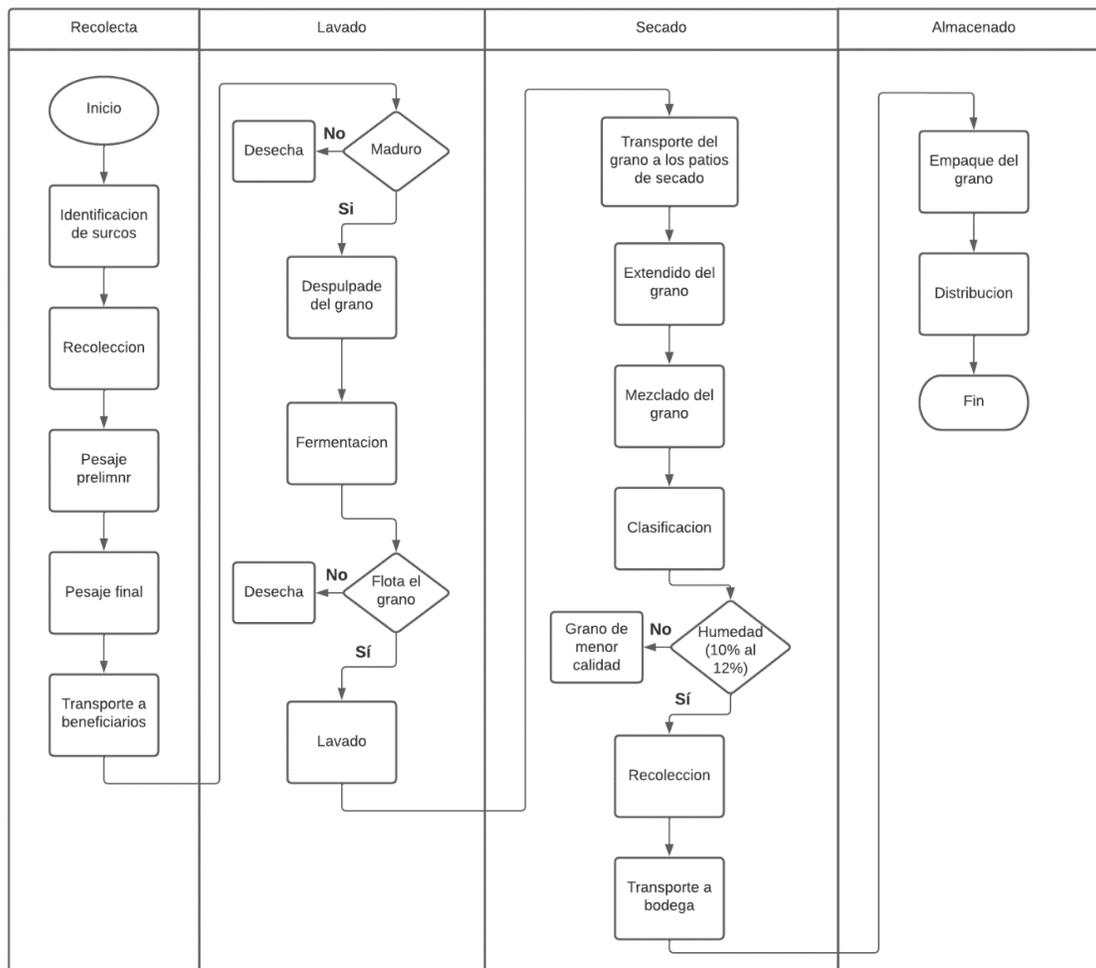
Pictograma etapas proceso de secado



Nota: Pictograma etapas en el proceso de secado del café, (Diseño propio 2023)

Figura 9

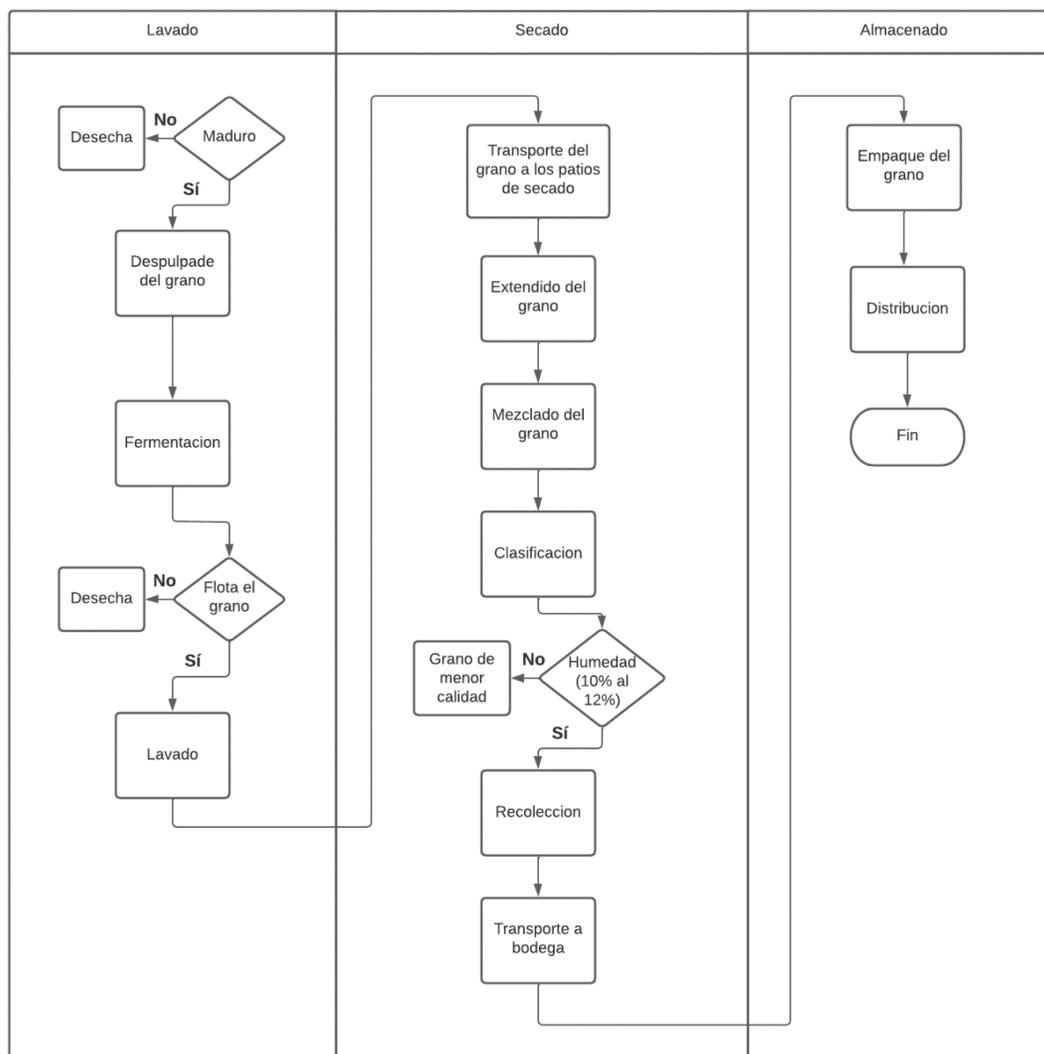
Diagrama de flujo del proceso de café general



Nota: Diagrama de flujo proceso producción de café, (Diseño propio 2023)

Figura 10

Diagrama de flujo del proceso lavado, secado, empaquetado



Nota: Diagrama de flujo proceso lavado, secado, y almacenamiento de café, (Diseño propio 2023).

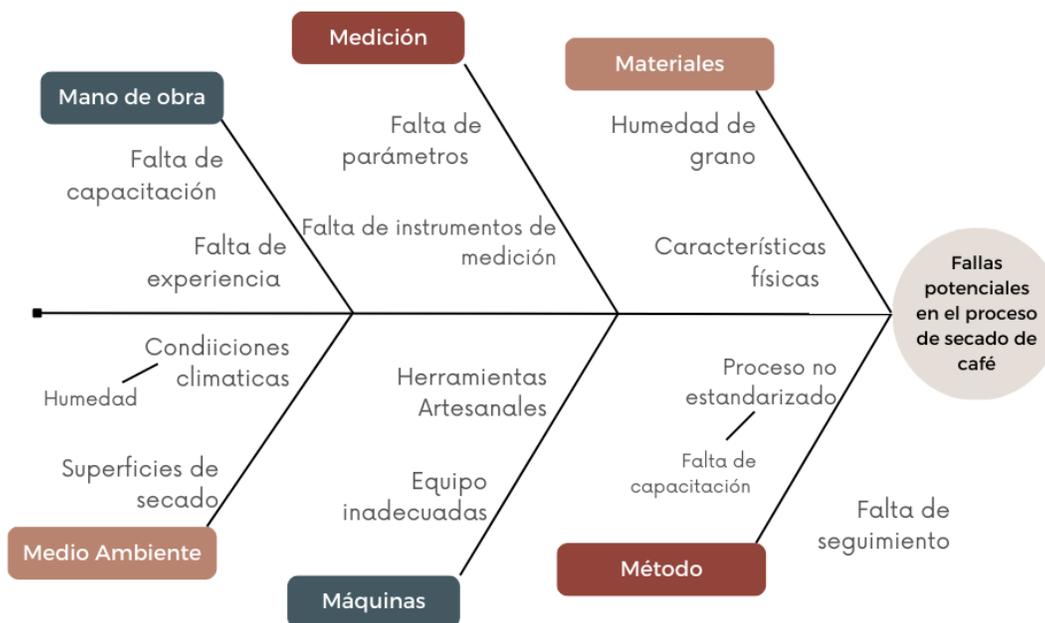
Análisis e identificación de puntos críticos a partir de diagramas de análisis de fallos, bajo la metodología AMFE y HACCP

Para lograr analizar e identificar los fallos y efectos potenciales presentes en el proceso de secado del café se llevó a cabo el diagrama de Ishikawa con el fin de complementar la aplicación de la metodología AMFE. Se diseñó este diagrama para agrupar las condiciones que evidenciamos las cuales provocan distintos modos de fallos potenciales en el proceso de secado de café.

Para la elaboración de este se identificaron las fallas potenciales presentes en el proceso de secado del café, por medio de diferentes características como el método, donde se analizó que el proceso no se encuentra estandarizado esto debido a la falta de capacitación y seguimiento por parte de los caficultores, en las maquinas se encontró que los caficultores hacen uso de herramientas artesanales y equipos inadecuados los cuales representan una falla potencial en el proceso, en cuanto al medio ambiente los factores que posiblemente afectan el proceso son las condiciones climáticas como la humedad, y las superficies de secado; siguiendo con los materiales la materia prima es un factor determinante ya que es ideal su porcentaje de humedad y las características físicas que presente el grano, en la medición se evidencio tanto la falta de parámetros como la falta de instrumentos de medición en el proceso de secado, finalmente en la mano de obra se encontró que los caficultores no cuentan con capacitación suficiente y en algunos casos el proceso se pudo ver afectado por falta de experiencia; Con ayuda de las fallas potenciales que se identificaron en el proceso de secado de café por medio del diagrama de Ishikawa (ver figura 11), se implementaron en la elaboración del AMFE, con el fin de comparar y analizar los resultados obtenidos.

Figura 11

Diagrama de Ishikawa fallas potenciales del secado de café



Nota: Diagrama de Ishikawa fallas potenciales en el proceso de secado de café, (Diseño propio 2023)

Para lograr analizar e identificar los fallos y efectos potenciales presentes en el proceso de secado del café se llevó a cabo la aplicación de la metodología AMFE (ver anexo 8), por medio de las actividades que describen el proceso se identificó funciones críticas que lo afectan iniciando por el extendido de los granos de café en los patios de cemento, se analizó que el modo potencial del fallo es que el tamaño de la capa sea más grueso de lo recomendado por este motivo el efecto potencial es no lograr una uniformidad en el secado, debido a que actualmente la causa potencial sea que el proceso no se encuentra estandarizado y no tiene un control que permita prevenir el fallo, se evaluó con un criterio de gravedad 9 al generar una alta insatisfacción en el cliente, seguida de esta función se encontró la técnica de extendido de grano en lonas, en la cual el fallo potencial es que el grano se vea afectado en su secado por la superficie ya que este no se seca uniformemente y su tiempo de secado puede variar, observando una causa de fallo recurrente al ser la lona recogida en caso de lluvia, se evaluó con un criterio de 8

por la alta clasificación de gravedad, la siguiente actividad registrada fue la mezcla del grano donde se encontró que la remoción de este con la mano afecta la variación del tiempo de secado ya que no se seca uniformemente y este se remueve actualmente a consideración del caficultor, también se evidencio una inadecuada manipulación del café al mezclarse, ya que se puede agrietar por malos movimientos, esto debido a que el grano se remueve con implementos inadecuados; así mismo se evidencio la remoción del grano con el pie, afectando de igual manera el porcentaje de humedad presente en el grano, debido a que el caficultor no hace uso de los implementos adecuados, se evaluó con un criterio grado 8 por la alta clasificación de gravedad; como siguiente actividad se identificó la recolección del grano de los patios de cemento, como modo potencial de fallo se evidencio la inadecuada manipulación del café esto debido al uso de la técnica incorrecta para la recolección teniendo en cuenta que los granos se pueden agrietar, así mismo se encontró la técnica de recolección de granos mediante una lona o polisombra, el fallo potencial en esta etapa es al hacer el levantamiento de la lona ya que los granos caen y se desperdician, luego de esto se analizó la clasificación de humedad en la cual se encontraron dos posibles fallos los cuales son el porcentaje de humedad superior e inferior entre el 10 al 12%, generando como efecto que la selección no sea la adecuada y por ende la carga pierda valor comercial, esto debido a que el caficultor no hace uso de las herramientas adecuadas para medir la humedad con precisión; posterior a esto se encuentra el transporte a la bodega, en donde se evidencio que el café se desperdicia al empaque no ser el adecuado; finalmente se encuentra el almacenamiento de la carga en donde se observó que las características del almacén no son las adecuadas para mantener el producto, ya que estas pueden humedecer de más el grano, se clasifico con un criterio de 8 al generar alto grado de insatisfacción, los criterios de evaluación implementados en este estudio se clasifican en gravedad, ocurrencia y detección (ver anexo 9)

Con ayuda de la matriz AMFE se pudo evidenciar y concluir que las actividades con mayor número de prioridad de riesgo (NPR) en el proceso de secado de café se encuentran clasificadas en, el extendido de café, mezcla del grano, recolección del grano y almacenamiento; en primer lugar se encontró que la actividad con mayor número de

fallos presentes en el proceso es el extendido de granos en patios de cemento con un NPR de 441, seguida del extendido en lonas con un NPR de 392, así mismo se encontró el almacenamiento de carga con un NPR de 392, en cuanto a la mezcla del grano, se evidencio un NPR de 336 tanto para la mezcla con la mano y con el pie de los granos de café, finalmente en la recolección de grano en patio de cemento, lona y poli sombra se encontró un NPR de 336. (ver tabla 3).

Tabla 3

Tabla resumen AMFE

<i>Actividad del proceso en caracterización</i>	<i>Función</i>	<i>Modo potencial de fallo / riesgo</i>	<i>Efecto potencial del fallo / consecuencia</i>	<i>Causas potenciales del fallo</i>	<i>NPR</i>
Extendido de grano	Extendido de los granos de café en el patio de secado de cemento	Tamaño de capa más grueso de lo recomendado	No se lo logra uniformidad en el secado	Proceso no estandarizado para lograr el grosor ideal de la capa y se realiza a criterio del caficultor	441
	Extendido de los granos de café en lonas	La uniformidad de secado afectada por la superficie	El grano de café no se seca uniformemente y su tiempo de secado puede variar	La persona encargada debe recoger la lona en caso de lluvia	392
Mezclado del grano	Remoción del grano con la mano para lograr un secado uniforme	Inadecuada manipulación del café en el proceso de mezcla	El grano de café se puede agrietar por malos movimientos	El encargado del proceso no hace uso de las herramientas pertinentes para remover el café	336
	Remoción del grano con el pie	Granos de café con diferentes porcentajes de humedad	El café no se seca uniforme	El encargado del proceso no hace uso de las herramientas pertinentes para remover el café	336

Recolección del grano	Recolección del grano de los patios de secado en cemento	Inadecuada manipulación del café	Los granos de café se agrietan por la técnica inadecuada de recolección y se ve afectada su calidad	El caficultor implementa técnicas inadecuadas en la recolección de los granos	336
	Recolección del grano de la lona o poli sombra	Desperdicio de los granos de café	Los granos de café pueden caer al hacer el levantamiento de la lona	El encargado desperdicia granos de la carga al recolectar sobre lonas	336
Almacenamiento	Almacenamiento de la carga en una bodega hasta su comercialización	Café húmedo por su almacenamiento	El almacenamiento no es el adecuado y puede humedecer de más los granos	El encargado almacenar el café en el suelo sin ningún tipo de cuidado	392

Nota: Tabla resumen de resultados aplicación metodología AMFE

Aplicación metodología HACCP

Los caficultores de la provincia de Lengupá se caracterizan por utilizar el método de secado solar, ya que este representa menores costos y un uso práctico para ellos, los lugares de secado se pueden clasificar en patios de cementos, elbas o carros de madera, y lonas, en donde necesariamente el café debe permanecer expuesto al sol y al aire en un periodo entre 7 a 15 días, es importante mencionar que en este periodo el café se encuentra en contacto con diferentes agentes físicos químicos y biológicos los cuales lo pueden llegar a contaminar afectando su inocuidad, esta metodología se rige bajo siete principios que son, realizar análisis de peligros, determinar puntos críticos de control, establecer límites críticos, establecer sistemas de vigilancia, establecer medidas correctivas, establecer procedimientos de comprobación, y establecer un sistema de documentación. De los cuales los primeros cinco principios fueron implementados en esta investigación ya que cumplían con los objetivos propuestos, de igual manera los

últimos dos principios no fueron tenidos en cuenta al no ser necesarios en el desarrollo y cumplimiento de la investigación.

Es por esto que se implementó el desarrollo la metodología HACCP con el fin de identificar los puntos críticos presentes en el proceso de secado del café para así prevenir la generación problemas relacionados a la inocuidad del café, en este sistema se tienen en cuenta siete principios en los cuales se basó el desarrollo y la solución de este objetivo.

Descripción del producto

El café en Colombia ha sido uno de los productos más importantes en la exportación esto gracias a su alta calidad relacionada a el tamaño del grano, color, la densidad, componiéndose químicamente de lípidos, sacarosa, polisacáridos, cafeína, y ácidos clorogénicos, en cuanto al aroma según Cenicafe se puede clasificar en 8 grupos que son piridinas (aroma de hierbas verdes, tabaco etc.), furanos(aroma a chocolate, dulce y caramelo), aminas(aroma picante) ,pirizinas(aroma a pimienta), aldehidos(aroma de madera, rosa y miel), cetonas(aroma de fruta y rosas), alcoholes (aroma floral y cítrico), y finalmente los ácidos (aroma a acre); entre sus características se destaca que cuenta con un PH de 4.9 y 5.2, cuando el PH es menor a 4.9 adquiere un sabor demasiado acido y si es mayor a 5.2 se clasifica como amargo.(FNC, 2008)

El café al ser un alimento se puede ver contaminado en los diferentes procesos de su producción, en este caso se hace referencia a los riesgos asociados a la inocuidad en el secado del café como lo son agentes biológicos, químicos, físicos o cualquier condición que afecte la calidad y el consumo del mismo, como principales riesgos en el proceso de secado de café se encontraron los de tipo físico al pisar el café dejando residuos de tierra y polvo, de tipo biológico al guardar el café húmedo generando hongos, de tipo químico por el uso de plaguicidas generando residuos en el grano.

Determinación del uso al que ha de destinarse

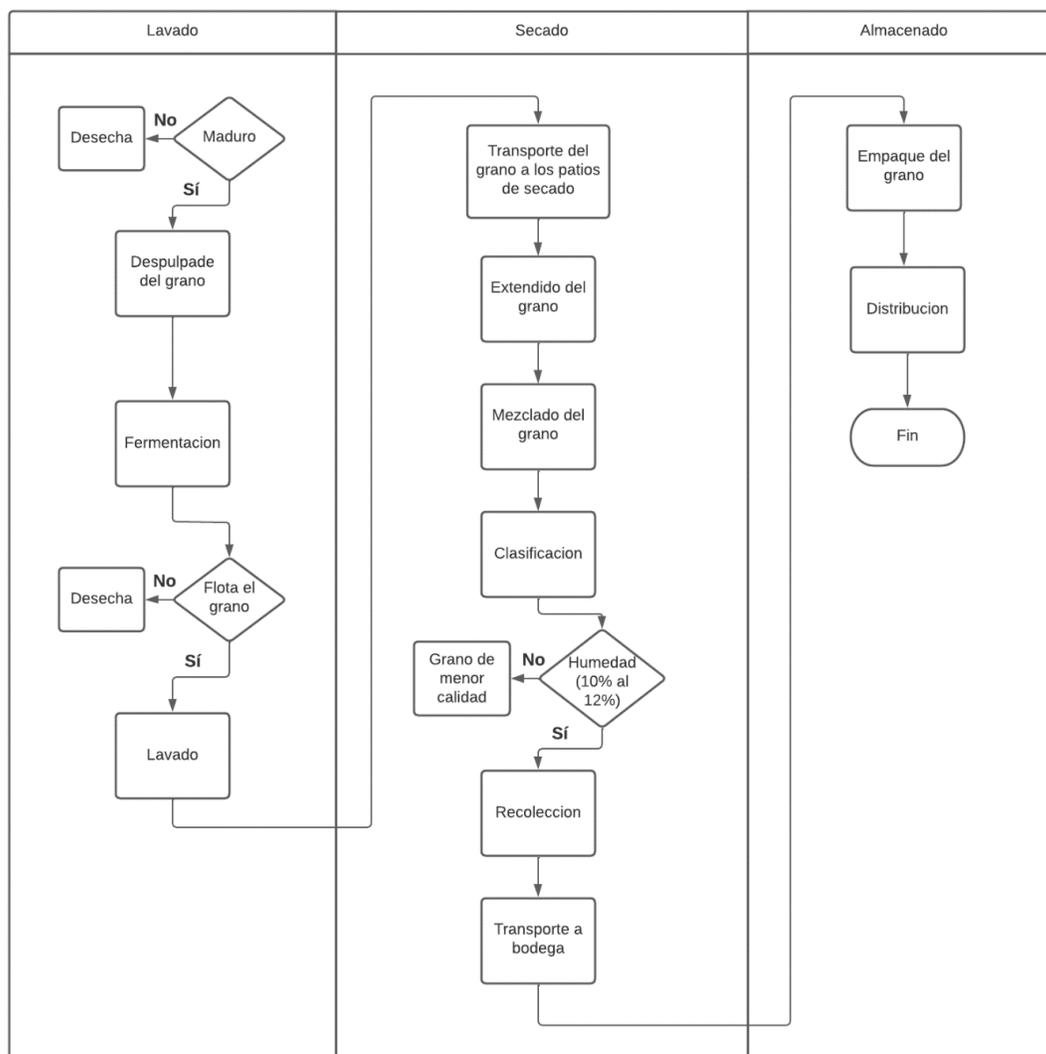
El café es un alimento versátil ya que es utilizado en diferentes preparaciones, y consumido diariamente en bebidas emblemáticas como el tinto el café con leche, el

capuchino y demás derivados del mismo, así mismo es usado en recetas de postres, dulces etc. El mercado objetivo de este producto es muy amplio ya que lo consumen niños, jóvenes y adultos que quieran tomar una bebida o alimento agradable.

Elaboración de diagrama de flujo

Figura 12

Diagrama de flujo del proceso lavado, secado, empaquetado



Nota: Diagrama de flujo proceso lavado, secado, y almacenamiento de café, (Diseño propio 2023)

Identificación de todos los posibles riesgos relacionados con cada fase

Para la identificación de los posibles riesgos en el proceso de secado del café se realizó un cuadro analítico con el fin de determinar los riesgos físicos, químicos y biológicos, (ver tabla 4), asociados al producto; con ayuda del trabajo de campo llevado a cabo se logró relacionar cada peligro con los distinguidos en la visita y así se analizó cómo afecta al producto y a quien lo consume, entre los peligros encontrados se encuentran situaciones como falta de higiene en las áreas de secado, animales en contacto con el producto, inadecuado almacenamiento, falta de control en el tiempo de secado entre otros, a los cuales se les estableció un nivel de significancia del riesgo, una probabilidad de ocurrencia, y así mismo se les definió una medida de control preventivo para así mejorar la inocuidad del proceso, de esta forma se identificaron los riesgos de mayor importancia, como se observa en la siguiente imagen.

Los criterios de evaluación (ver figura 13), utilizados en el significado del riesgo se basaron bajo la probabilidad y la magnitud, donde un riesgo con probabilidad rara y magnitud se clasifica como riesgo muy bajo y una magnitud alta con una probabilidad casi segura se clasifica como riesgo muy alto.

Figura 13

Criterios de evaluación

PROBABILIDAD	Casi seguro	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
	Probable	BAJO	ALTO	MUY ALTO
	Posible	BAJO	MEDIO	ALTO
	Imposible	BAJO	MEDIO	MEDIO
	Raro	MUY BAJO	BAJO	BAJO
		Bajo	Moderado	Alto
		MAGNITUD		

Nota: Criterios de evaluación de significado del riesgo, (Diseño propio 2023)

Tabla 4*Matriz de riesgos HACCP*

<i>Tipo de riesgo</i>	<i>Riesgo</i>	<i>Causa y justificación</i>	<i>Probabilidad de riesgo</i>	<i>Significado del riesgo</i>	<i>Medidas preventivas</i>
Físico	Tierra Polvo Aplastado	Pisar el café Calzado del operario Almacenamiento del producto	Media	Medio	Capacitación de los operarios Instalaciones higiénicas Higiene en áreas de secado Uso de herramientas de secado Control del tiempo de secado
Biológico	Hongos Sucio Terroso Mohoso	Guardar café húmedo Capa de secado gruesa Ambientes con presencia de humedad Animales en contacto con el café. Falta de control en la humedad del grano	Media	Alto	Uso de herramienta adecuada en capa de grano Higiene de ambientes de secado Inicio de secado inmediatamente después del lavado Separación y protección de áreas de secado Extendido de grano con capa de máx. 3 cm Control del tiempo de secado Capacitación de los operarios Medición de la humedad del grano

Químico	OTA	Guardar el café húmedo Secado incompleto	Media	Alto	Higiene en superficies de secado Controlar la humedad del grano
----------------	-----	---	-------	------	--

Nota: Tabla matriz de identificación de riesgos bajo la metodología HACCP, teniendo en cuenta la causa, la probabilidad y el significado.

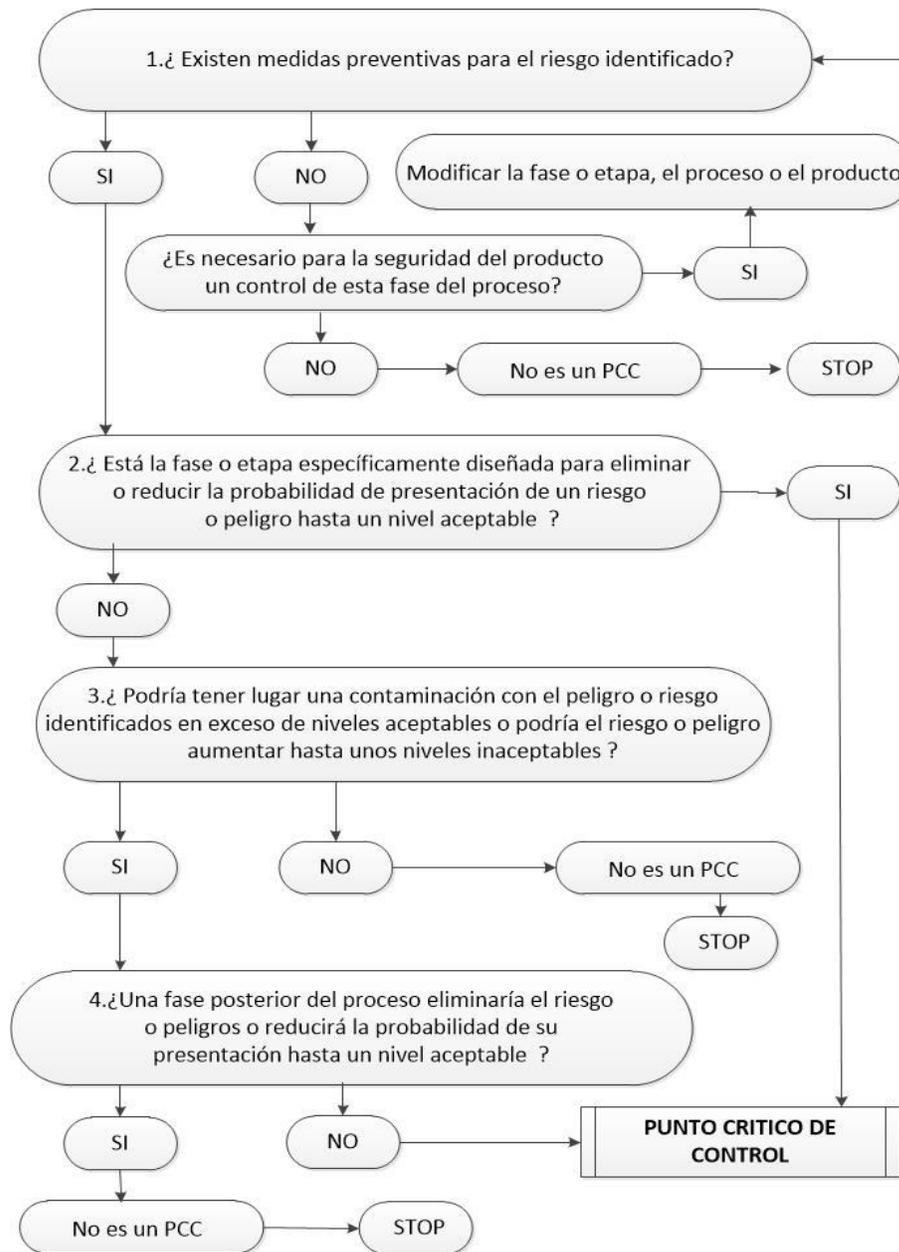
Determinación de los puntos críticos

Se determinaron los puntos críticos de control en el proceso de secado mediante la aplicación del árbol de decisión (ver figura 14), el cual consta de cuatro preguntas que permitieron identificar los puntos críticos de control en el proceso, se aplicó de esta forma en todo el proceso comenzado por el transporte y recepción de la materia prima a los patios de secado la cual previamente ha sido lavada, después de analizar este proceso con ayuda del árbol de decisión se pudo identificar que esta tarea si tiene un control ya que previamente ha sido lavado permitiendo eliminar los riesgos físicos, sin embargo los riesgos biológicos siguen haciendo presencia por causa de agua no sanitizada, continuando con la pregunta 2 la cual define si la etapa o fase está diseñada para eliminar o reducir la probabilidad de presentar un riesgo hasta un nivel aceptable, encontrando así que esta fase no está diseñada para esto, en cuanto a la pregunta 3 la cual indica si el riesgo o peligro podría tener unos niveles de exceso aceptables o niveles inaceptables, concluyendo así que esta etapa no representa un riesgo representativo ya que la etapa posterior lo reducirá hasta niveles aceptables, para el siguiente proceso del extendió del grano se encontró que los riesgos presentes en esta etapa son de tipo biológico al ser los hongos contraídos por la humedad y químico al presentar posiblemente OTA por el porcentaje de humedad mayor al recomendado, se identificó que esta fase si cuenta con medidas preventivas, ya que al extenderse el caficultor trata de dejar un espesor de capa ideal para prevenir parcialmente el riesgo, sin embargo el riesgo sigue presente al no estar estandarizado el espesor de capa, encontrando así que esta etapa está diseñada para

reducir la probabilidad de ocurrencia del riesgo, concluyendo así que esta fase es un punto crítico de control.

Siguiendo con el proceso se encuentra la fase de mezclado del grano la cual los riesgos identificados fueron de tipo físicos siendo el polvo, la tierra adquiridos al pisar el café y biológicos por la humedad presentada al no remover el café a tiempo, se encontró que para esta fase no existen medidas preventivas para los riesgos identificados, siendo necesario modificar la fase por medio del uso de una herramienta de remoción adecuada que permita al caficultor mover el café sin necesidad de pisarlo, así mismo se reduciría el riesgo biológico, el siguiente análisis que se realizó mostró que la fase si está diseñada para reducir la probabilidad de presentación de riesgo, determinando esta etapa como punto crítico de control, la siguiente etapa analizada fue la clasificación del grano, en la cual se encontró que existen riesgos de tipo biológico y químico, debido a la falta de controles en la medición de la humedad presente en el grano, se evidencio que si existen medidas preventivas ya que se clasifica el grano según el porcentaje de humedad ideal comprendido entre el 10 al 12%, los granos que se encuentren por fuera de estos parámetros serán clasificados como de menor calidad y su precio más bajo, identificamos que esta fase del proceso está diseñada para eliminar la ocurrencia de estos riesgos , por tal motivo se determina como punto crítico de control, la siguiente etapa es la recolección en donde se observó que los riesgos presentes son de tipo físico, así mismo se evidencio que no existen medidas preventivas para el riesgo, así mismo se encontró que no es necesario un control en esta fase, por tal motivo este no es un punto crítico de control, la siguiente etapa es el transporte de la carga hacia el almacén, en donde se identificó que no existen medidas preventivas para el riesgo identificado, ya que no se determinó un peligro relevante que afectara la inocuidad del café, por tal motivo no es necesario un control para esta fase del proceso, finalmente se analizó la fase de almacenaje del café por medio de la cual se lograron identificar riesgos de tipo químico como la ocratoxina (OTA) y biológico como el moho y físico como la tierra y el polvo, se evidencio que no existen medidas preventivas para dichos riesgos, por lo cual es necesario modificar el proceso, una modificación que puede reducir el riesgo es la adecuada ventilación y sanidad del lugar de almacenaje, evitando que se presente la humedad, además se debería

implementar una superficie ideal para el almacén y así evitar que se esté haga contacto con el suelo, siguiendo con el análisis se encontró que esta fase no está diseñada para eliminar o reducir la presencia de los riesgos, identificando además que se podría aumentar el riesgo hasta niveles inaceptables, finalmente se evidencio que una fase posterior del proceso no eliminaría los riesgos, siendo así esta fase del proceso un punto crítico de control.

Figura 14*Árbol de decisión metodología HACCP*

Nota: Diagrama árbol de decisión para identificación de puntos críticos de la metodología HACCP, (Programa nacional integrado de calidad alimentaria, 2018)

Establecimiento de límites críticos

Un límite crítico hace referencia al valor máximo o mínimo que debe ser controlado el cual se aplica a los PCC encontrados, con el objetivo de reducir la ocurrencia del riesgo a niveles aceptables o de la misma forma poder mantenerlo bajo control o eliminarlo de esta manera será posible identificar y establecer cuáles de los puntos críticos se pueden controlar o están fuera de control.

Para el proceso de secado de café se identificaron tres puntos críticos, los cuales se analizarán a continuación, iniciando por el extendido del grano, el mezclado del grano y finalmente el almacenamiento.

Límites críticos para el extendido del grano:

En esta etapa se identificaron riesgos de tipo biológico en referencia a los hongos contraídos en los granos a causa de la humedad y de tipo químico por la presunta presencia de OTA también a causa de porcentajes de humedad mayores a los ideales para los cuales se establecieron límites críticos con el fin de reducir o eliminar esta ocurrencia, es importante mencionar que la humedad final del grano de café debe estar entre el 10 y el 12%, por lo que esta se debe controlar desde el extendido del grano, para así evitar la contaminación del mismo ya que al entrar al proceso de secado se encuentra muy húmedo, es por esto que se estableció la humedad como límite crítico de esta etapa, la cual se debe controlar por medio de métodos más confiables que los realizados actualmente.

Límites críticos para el mezclado del grano:

Para esta etapa se identificaron riesgos de tipo biológico haciendo referencia a la humedad del grano, ya que es necesario un control continuo del mismo para garantizar la calidad y la inocuidad del grano, y de tipo físico ya que el grano se ve contaminado al entrar en contacto con el calzado del personal, con el fin de reducir la ocurrencia de estos

riesgos se estableció un límite crítico para el riesgo biológico basándose en el control de la humedad por medio del peso de los granos, el cual según Cenicafe, 2009 se toma una muestra que pese inicialmente 200 gramos de café húmedo, esto en relación a la altura de la capa de secado de 2.0 cm, al final del proceso esta muestra deberá tener un peso de 104 a 105 gramos, lo que indicara que el lote se encuentra dentro de los porcentajes de humedad 10 al 12% perdiendo así entre 96 y 95 gramos de peso con respecto al inicio del proceso.

Limites críticos para el almacenamiento del grano:

En esta etapa se identificaron riesgos de tipo físico por la presencia de polvo o suciedad encontrada en el lugar de almacenaje y químico por la presunta presencia de OTA en los granos de café, causado por la humedad que se encuentra por encima del porcentaje ideal, además de las condiciones en las que se encuentra la bodega de almacenamiento del grano, con el fin de minimizar o eliminar la ocurrencia de estos riesgos se propuso un límite crítico que permita mantener bajo control los peligros químicos, al mantener la temperatura del lugar de almacenaje bajo las indicaciones de la asociación nacional del café Anacafe en 20° grados centígrados lo que garantiza la correcta conservación del grano, así mismo se propuso un límite crítico relacionado con el control de la humedad relativa del ambiente, ya que esta debe permanecer en 65% de humedad relativa que corresponde a las condiciones de almacenamiento adecuadas, con esto se asegura que el grano de café se mantenga entre el 10 y el 12% de humedad.

Diseño de una propuesta de mejora para el secado del café y una posible solución para optimizar el proceso de secado.

Con el fin de diseñar una propuesta de mejora y optimización para el secado del café se identificó la información recolectada y se conceptualizó en el plan HACCP (ver anexo 10), a continuación se establecen los sistemas de seguimiento y vigilancia y las medidas correctivas pertinentes para cada punto crítico, con base a esto se diseñó una propuesta de mejora basados en la identificación de los fallos en el proceso y los riesgos que puedan afectar la calidad y la inocuidad del café, es así como se da paso al diseño de una herramienta de mejora la cual busca reducir la contaminación y dar cumplimiento de estándares en el secado, así mismo se diseñó una herramienta orientativa (ver anexo 11) que tiene como objetivo que el caficultor reconozca y haga uso de las buenas prácticas para el secado del café (ver figura 15), por medio de recomendaciones e ilustraciones con las cuales se ejemplifica el paso a paso a llevar a cabo en el extendido del grano, en el mezclado y el almacenamiento, así mismo la cartilla incluye un diseño y la descripción de una herramienta orientada al extendido y mezclado que se podrá implementar por los caficultores para mejorar la calidad y la inocuidad de su producto, esta cartilla fue difundida por medios electrónicos para facilitar su alcance.

Para lograr establecer los sistemas de vigilancia y medidas correctivas en el proceso de secado, con el fin de garantizar el cumplimiento de estándares de humedad, inocuidad, extendido, mezclado y almacenamiento, se establecieron los siguientes sistemas. Para estas etapas del proceso se establecieron medidas correctivas con el fin de que estos PCC estén vigilados y controlados , en relación con el extendido y el mezclado del grano se propuso el uso y la implementación de la herramienta de extendido y mezclado (ver anexo 12) con el fin de reducir y eliminar la presencia de los riesgos físicos y biológicos, ya que esta herramienta sirve para extender el café con una altura de capa ideal de entre 2 a 3 cm, garantizado así que el grano seque de forma correcta, así mismo esta herramienta es útil para mezclar el café cada 3 a 4 horas de forma segura

evitando así que el caficultor no remueva bien el café y no lo contaminen con el paso de la persona en esta zona.

De igual manera otra medida correctiva para el extendido y el mezclado es el método gravimétrico utilizado para mantener un control de la humedad en estos procesos, el cual consiste en realizar un registro de peso del cargamento por medio de una muestra dispuesta en una canastilla plástica y colocada al mismo nivel del resto del café en el proceso es decir con la misma altura de capa, con esto se logra pesar el café a medida que avanza el tiempo con ayuda de una balanza sencilla y así verifica la humedad presente, teniendo en cuenta que el peso y la humedad están directamente relacionados, la cantidad inicial de café que se debe poner en la canastilla debe ser de 200g, la cual se ira verificando y registrando diariamente hasta lograr un peso de entre 104 g y 105 g lo que indicara que todo el cargamento de café estará en el porcentaje de humedad ideal, este método es de fácil aplicación para los caficultores de la región de estudio ya que es de bajo costo y muy efectivo, por medio del cual se puede controlar la humedad y así mismo el nivel de ocurrencia de los riesgos presentes.

En cuanto al almacenamiento del grano se establecieron diferentes medidas correctivas que aseguraran la calidad y la inocuidad del producto, como lo son la condiciones del almacén que deben estar con una temperatura de 20 grados y una humedad relativa de 65% , esto controlado por medio de un termohigrómetro el cual puede calcular estos valores de forma precisa, siendo una herramienta de fácil acceso ya que su implementación es de bajo costo. En relación con el empaque de este producto es ideal utilizar costales elaborados en yute ya que es un material ecológico, que aporta al café una barrera protectora contra las temperaturas extremas, evitando así el deterioro de los granos, así mismo por su composición le otorga al café una buena oxigenación impidiendo que este se rehumedezca. Para el correcto almacenamiento del grano en la bodega es necesario el uso de estibas de material plástico que permitan evitar el contacto del café con el suelo, así mismo estas son ideales ya que no promueven la generación riesgos físicos químicos y biológicos al permitir su adecuada limpieza, es recomendable según la asociación nacional del café Anacafe, estas estibas deben estar ubicadas por lo menos a 50 cm de las paredes y así puedan tener una adecuada ventilación, Es importante

mencionar que según el decreto 3075 de 1997 las condiciones locativas de la bodega o lugar de almacenaje debe contar con baldosa y pintura de color blanco, así mismo debe estar siempre limpia y estar destinada únicamente para el almacenamiento de café evitando así la contaminación por medio de otro producto.

Figura 15

Portada cartilla orientativa



Nota: Portada cartilla orientativa buenas prácticas para el secado de café solar, (Diseño propio, 2023)

Herramienta de extendido y mezclado de café

El proceso de extendido y mezclado en el secado del café usualmente se realiza de forma artesanal generando problemas en la contaminación y calidad del grano ya que el café es pisado, mal mezclado, y maltratado, por este motivo se diseñó una herramienta (ver figura 16) pensada para reducir y eliminar cada uno de estos aspectos y optimizar el proceso. Uno de los objetivos de esta herramienta es extender la carga de café a lo largo y ancho del patio de secado de cemento o elbas de forma tal que logre dejar una capa ideal de 2 a 3 cm, evitando así el contacto del caficultor con el producto, de igual manera la herramienta en mención es capaz de mezclar el café uniformemente de 3 a 4 veces o según los requerimiento de cada cafetero, este proceso lo lleva a cabo de forma automatizada, garantizando la inocuidad y el mejoramiento de la calidad de este.

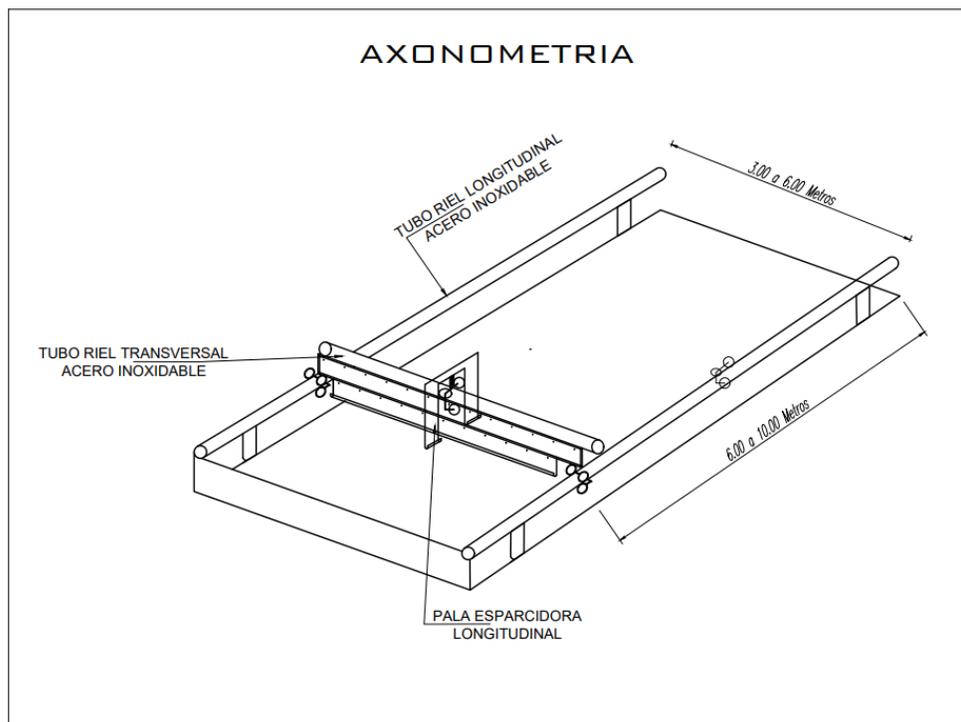
Esta herramienta fue propuesta bajo las dimensiones más empleadas en patios de cemento de la provincia, las cuales son 6 a 10 metros de largo por 3 a 6 metros de ancho, dicho esto la herramienta cuenta con movimientos similares a los de una máquina de plotter con el fin de tener un esparcido y un mezclado uniforme, a lo largo del patio de cemento irán ubicados dos rieles de forma longitudinal conformados por dos tubos de acero inoxidable de 1 pulgada los cuales cuentan con tres rodamientos que permitirán el movimiento de un eje ubicado en forma transversal, pieza conformada por un tubo de acero inoxidable de 1 pulgada con tres rodamientos que permiten su movimiento, el cual se divide en dos partes, la primera espátula pequeña sujeta al eje transversal está encargada de mezclar el grano con un movimiento lateral, la cual está constituida por un eje o lamina de anclaje en la parte superior, una lámina en teflón o caucho que permite tener elasticidad en los movimientos, una lámina con un ángulo de 60°, sujeto a esto una rastrillo de acero inoxidable con el fin de evitar el maltrato del café a medida que se mueve, este rastrillo será el que tendrá contacto con el grano, la segunda parte consta de una espátula más grande, que abarca todo el ancho del patio de secado permitiendo así dejar la capa uniforme después que la primera lo mezclara, está conformada por una lámina semicurva de acero inoxidable, en la punta, dejando así una capa ideal, todo esto

unido a un tornillo que permite regular la altura bajo los requerimientos del caficultor. (ver figura 17), La automatización de esta herramienta se controlará por medio de un motor eleva vidrios, al ser este capaz de realizar un recorrido de ida y hacer el mismo de vuelta, el cual estará conectado a los rieles permitiendo así su funcionamiento, se podrá prender y apagar por medio de un interruptor situado en algún punto del patio según lo requiera el caficultor.

Esta herramienta puede ser modificada según los requerimientos del caficultor, ya que su implementación puede ser manual, al cambiar los motores por palancas que permitan su agarre y su movimiento, otra forma de darle uso a esta herramienta es intercambiar las espátulas dependiendo de las necesidades del caficultor, pueden ser espátulas más rectas, más rígidas o más elásticas, así mismo esta herramienta es adaptable a situaciones más precisas y sofisticadas como puede ser el uso de un sensor infrarrojo en la espátula pequeña, que logre identificar los granos defectuosos o dañados y sea capaz de informar su ubicación exacta, otra ventaja de este instrumento es poder clasificar los granos según su tamaño esto gracias a la graduación del tornillo, en caso de presentar una carga de café con diferentes tamaños de grano, en la recolección del café en el patio de cemento esta herramienta también sería útil ya que graduando las espátulas a un nivel más bajo esta sería capaz de recolectar todo el cargamento en una sola zona.

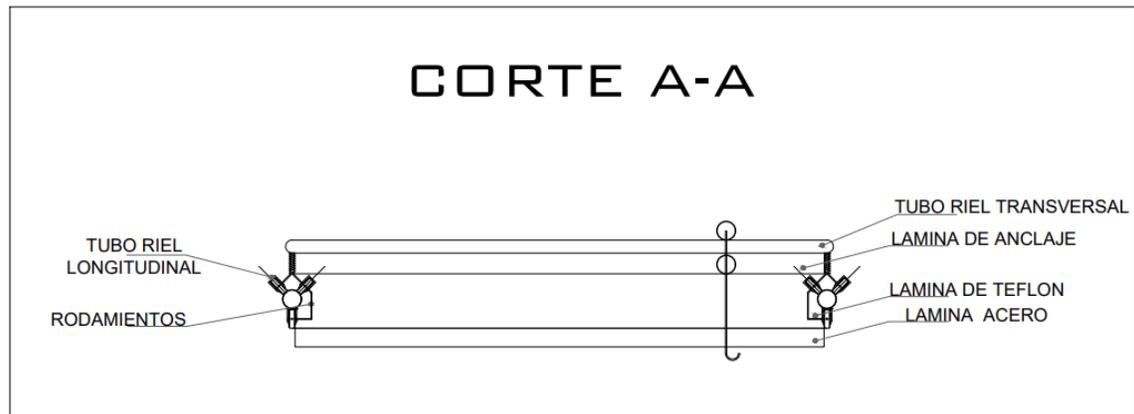
Figura 16

Plano vista general herramienta



Nota: Plano

general herramienta extendido y mezclado para el café, (Diseño propio 2023).

Figura 17*Plano vista frontal herramienta*

Nota: Plano vista frontal herramienta extendido y mezclado de café, (Diseño propio 2023).

Los costos de implementación de esta herramienta se estimaron a partir del material requerido para la construcción de la misma, las medidas utilizadas en la siguiente tabla de costos (ver tabla 5,6,7), corresponden a la implementación de la maquina en un patio de secado de 10 metros de largo por 6 metros de ancho, siendo este el más grande de la región, con el propósito de identificar así el precio por metro cuadrado que facilitara el cálculo del costo de realización de esta herramienta para diferentes medidas de patios de secado, siendo este de \$48.200 por metro cuadrado, así mismo se análisis de retorno de inversión (ver tabla 8), encontrando así que con las ganancias de un mes aproximadamente se puede solventar el costo de inversión, de igual manera el saldo parcial a favor es de \$ 1.217.000

Tabla 5*Tabla costos de fabricación herramienta*

COSTO DE FABRICACION HERRAMIENTA EXTENDIDO Y MEZCLADO					
ITEM	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
1	Tubos de acero inoxidable 1 pulgada	ML	26	\$ 25.000	\$ 650.000
2	Rodamientos recubierto en goma de 72 mm	UN	9	\$ 15.000	\$ 135.000
3	Lamina de teflón de 1/16 " x 6 metros x 7cm	ML	6	\$ 30.000	\$ 180.000
4	Angulo de acero inoxidable de 6 metros x 3cm	ML	3	\$ 80.000	\$ 240.000
5	Lamina curva de acero inoxidable 0,2 mm x 10 cm	ML	6	\$ 50.000	\$ 300.000
6	Rastrillo de 8 dientes acero inoxidable de 5 cm x 1cm	ML	0,20	\$ 50.000	\$ 10.000
7	Tornillos en acero 3/16" x 1/4 con tuerca y arandela	UN	150	\$ 250	\$37.500
8	Motor eleva vidrios	UN	2	\$90.000	\$180.000
9	Interruptor de encendido y apagado	UN	1	\$50.000	\$50.000

10	Cable encauchetado 3 x 12	ML	25	\$5.500	\$137.500
11	Tornillo acero 3/8 x 2"	UN	3	\$ 3.500	\$ 10.500
COSTOS MATERIALES				TOTAL	\$1.930.500

Nota: Tabla estimación materiales de fabricación herramienta.

Tabla 6

Tabla costos mano de obra herramienta

ITEM	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
1	Mano de obra				
	cuadrilla de soldadura y montaje	JORNAL	2 DIAS	\$220.000	\$440.000
COSTO MANO DE OBRA			TOTAL		\$440.000

Nota: Tabla de estimación de costos mano de obra

Tabla 7

Tabla costos directos e indirectos herramienta.

COSTOS DIRECTOS	TOTAL	\$2.370.500
COSTOS INDIRECTOS		
ADMINISTRACION	5%	\$ 118.525
IMPREVISTOS	5%	\$ 118.525
UTILIDADES	10%	\$ 237.050

IVA SOBRE UTILIDAD	20%	\$47.410
COSTOS INDIRECTOS	TOTAL	\$ 521.510
VALOR TOTAL	\$ 2.892.010	
VALOR M2	\$ 48.200	

Nota: Tabla de estimación de costos directos e indirectos para la fabricación e implementación de herramienta de extendido y mezclado.

Tabla 8

Retorno de inversión herramienta

<i>Retorno de inversión</i>	
<i>Cargas/año</i>	<i>59.200</i>
<i>Cargas/caficultor</i>	<i>21,44</i>
<i>Valor carga</i>	<i>\$ 2.300.000</i>
<i>Ganancias caficultor al año</i>	<i>\$ 49.312.000</i>
<i>Ganancias caficultor al mes</i>	<i>\$ 4.109.333</i>

Nota: Tabla retorno de inversión herramienta de extendido y mezclado.

Conclusiones

Por medio del diagnóstico realizado al proceso de secado de café en la región de Lengupá se pudo concluir que esta actividad se desarrolla de forma artesanal ya que carece de seguimiento y control en sus procesos, generando así pérdidas, demoras, baja calidad de su producto entre otros, así mismo se identificó que las herramientas implementadas no son las adecuadas ya que estas contaminan y maltratan el café.

Mediante la aplicación de la metodología AMFE se analizó que el secado de café presenta problemas relacionados con el extendido ya que el tamaño de la capa es mayor del recomendado y por tal motivo no se lograba un secado uniforme, de igual manera el secado en lonas mostró que el café no alcanza el porcentaje de humedad ideal esto debido a la superficie no era la adecuada, para el mezclado del grano se encontró que los caficultores realizan una inadecuada manipulación, ya que se realiza con la mano y el pie, por tal motivo estas prácticas deben ser sustituidas, en la recolección del grano se evidenció que las tareas realizadas actualmente en el proceso no son las adecuadas debido a que se genera desperdicio y se maltrata el café, finalmente en el almacenamiento se concluyó que el espacio y las técnicas asignadas no son las adecuadas ya que generan rehumedecimiento causando disminución en la calidad y el valor del café. Esta metodología se aplicó con criterios de gravedad, ocurrencia y detección asegurando así la selección del riesgo con mayor ponderación.

Para asegurar la inocuidad del café se concluyó por medio de la metodología HACCP que los puntos críticos de control están presentes en las etapas de extendido, mezclado y almacenamiento, analizando así que en el extendido los principales peligros son la contaminación por la presencia de moho y hongos en el café esto debido a la falta de control en la humedad en este caso presentado por la altura de capa inadecuada, los riesgos identificados en el mezclado fueron la contaminación por hongos o moho, polvo y tierra, por esto se diseñó un límite crítico en relación con la prueba de gravimetría con el fin de controlar la humedad por medio del peso, finalmente en la etapa de almacenamiento se identificaron riesgos como el polvo la tierra y OTA, se diseñó un

límite basado en las condiciones del almacenamiento como lo son la temperatura y humedad relativa.

De acuerdo a la investigación realizada se diseñó una cartilla orientativa enfocada en las buenas prácticas para el secado de café solar, en donde se describen las recomendaciones a tener en cuenta por parte del caficultor de una forma didáctica e ilustrativa, con el fin de mejorar la calidad y la inocuidad del café, así mismo se diseñó y se propuso una herramienta de extendido y mezclado que logre optimizar el proceso solucionando las problemáticas encontradas de una forma práctica y autónoma.

Recomendaciones

Se recomienda mejorar aspectos de la infraestructura física de los patios de secado por medio de la implementación de materiales asépticos como superficies de baldosas, acero inoxidable, entre otros, en la base del patio de secado de cemento para garantizar así la inocuidad y la calidad del café, así mismo es importante recomendar el uso de la cartilla como medio de orientación y capacitación para los caficultores, para implementar las buenas prácticas del secado, y así mismo mejorar el producto, finalmente se sugiere la implementación y uso de la herramienta de extendido y mezclado propuesta en esta investigación con el fin de optimizar el proceso de extendido y mezclado.

Lista de referencias

Barriga Paredes, F. (2018). *Diseño de un sistema de haccp en la planta de procesamiento de café en la finca “la estancia de pancho” ubicada en Nanegalito* [Tesis de Maestría, Universidad De Las Américas, Ecuador].

<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10456/1/UDLA-EC-TMACSA-2018-25.pdf>

Bestratén, M. Orriols, R. (2020). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE [Norma amfe].

http://cso.hermessoft.com/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20679%20%20Analisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.%20AMFE.pdf

Bravo, Pedraza, J. (2021). *Diseño de análisis de modo y efecto de fallas (amef) y propuesta de un sistema de control de procesos en una fábrica de producción de cubetas de huevos jacs pack ubicada en la ciudad de Duitama-Boyacá*. [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño, Sede Duitama].

<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/4539/1/2021Juan%20Sebasti%c3%a1n%20Bravo%20Pedraza.pdf>

Buitrago, V. Boyacá cultural. (2022) *Provincia de Lengupá Boyacá*. [articulo informativo].

http://www.boyacacultural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=97

Bustos Osso, C. Valencia Monsalve, D. (2021). *Implementación de prototipo a escala de secador mecánico de café pergamino en la finca Las Palmas vereda San Antonio del Pescado (Garzón – Huila)*. [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño, Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica].

http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/4780/4/2021_DumarAlexanderValenciaMonsalve

Café de Colombia (2021). *Descubra la magia detrás del Café de Colombia*. [artículo informativo].

<https://www.cafedecolombia.com/particulares/>

Cambuy Siqueira, V. Meira Borem, F. Pedroza Isquierdo, E. Eurípides Alves, G. Egidio Ribeiro, D. Ferreira Pinto, A. y Da Silva Taveira, J. (2016). Drying of hulled naturally processed coffee with high moisture content and its impacts on quality. *Academic journals, Article Number: 7BB528959821. Vol. 11(31), pp. 2903-2911*.
<https://ezproxy.uan.edu.co:2196/descarga/secado-de-cafe-descascarillado-procesado-naturalmente-con-alto-contenido-de-humedad-y-sus-impactos-sobre-la-calidad>.

Cartín Rojas, A. Villareal Tello, A. Morera, A. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Rev. Med. Vet. no.27 Bogotá*.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542014000100012

Cenicafe. (2021). *Beneficio del café II secado del café pergamino*. [cartilla informativa]

https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21._Secado_del_cafe.pdf

Cornejo Carpio, G. (2019). *Elaboración de un plan haccp (análisis de peligros y puntos críticos de control) para la línea de café tipo “exportación gourmet” en la*

fábrica café Valenzuela S.R.L. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria].

[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/69.0409.AL%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/69.0409.AL%20(1).pdf)

Comité cafeteros de Boyacá. (2021). *Café de Boyacá*. [artículo informativo].

https://boyaca.federaciondecafeteros.org/cafe-de-cau_ca/

Cubillos, A. Escobar, I. Téllez, G. (1999). Implementación del sistema haccp para la obtención de productos seguros en la industria alimentaria. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. Vol. 46 Núm. 2.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/43312/44603>

Fernández Mozo, J. (2019). *“Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)”*. [Tesis de grado, Universidad Privada Del Norte, Lima – Perú].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22284/Fernandez%20Mozo%20Jhelikza%20Marleny.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- FNC. (2020). *Producción de café de Colombia aumenta 30% en marzo*. [Artículo informativo].
[https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-aumenta-30-en-marzo/#:~:text=En%20el%20a%C3%B1o%20cafetero%20\(octubre,en%20el%20mismo%20periodo%20anterior.](https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-aumenta-30-en-marzo/#:~:text=En%20el%20a%C3%B1o%20cafetero%20(octubre,en%20el%20mismo%20periodo%20anterior.)
- Gómez De la Cruz, F. (2015). *Estudio y análisis de la cinética de secado de subproductos de almazara para su aplicación a secaderos rotativos*. [Tesis de Doctorado, Universidad De Jaén, Escuela Politécnica Superior De Jaén].
<https://ruja.ujaen.es/jspui/bitstream/10953/675/1/9788484399391.pdf>
- Grandez Villalobos, L. (2014). *Implementación y validación del plan haccp en el proceso de café en grano verde (coffea arábica) perales Huancaruna S.A.C. Lambayeque 2013*. [Tesis de grado, Universidad Señor De Sipán, Escuela académico profesional de ingeniería agroindustrial y comercio exterior].
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/1801/GRANDEZ%20VILLALOBOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez Flórez, J. Copete López, H. (2009). Hacia la mejora del secado mecánico del café en Colombia. *Tecnológicas*, núm. 23, diciembre, 2009, pp. 109-132.
<https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234316007.pdf>
- Jurado Chaná, J. Montoya Restrepo, E. Oliveros Tascón, C. y García Álzate, J. (2009). Método para medir el contenido de humedad del café pergamino en el secado

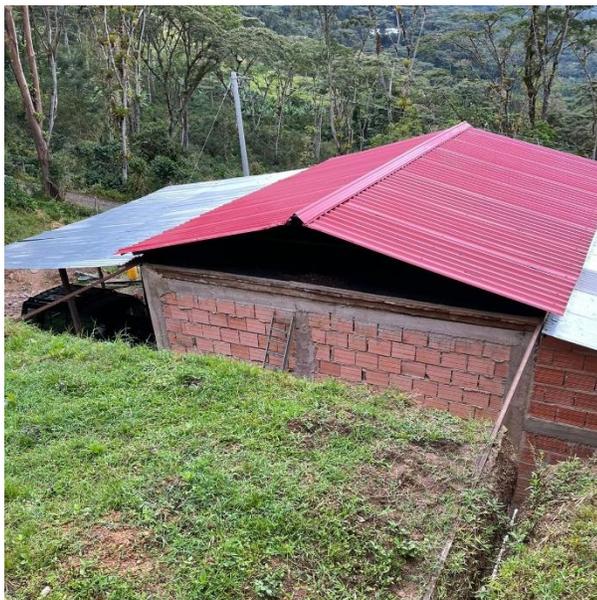
- solar del café. *Cenicafé*, 60(2): 135-147.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc060%2802%29135-147.pdf>
- Maldonado, R. Graziani, L. (2007). Herramientas estadísticas de la calidad para la diagnosis: estudio de un caso en la industria de productos cárnicos. *INCI v.32 n.10 Caracas*. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007001000013&lang=es
- Márquez Ponce, J. (2020) Análisis de modo, efecto y fallo en el proceso de producción del café neekuun coffee en Huatusco, Veracruz.[Tesis de maestro en ingeniería industrial, Instituto tecnologico superior de Tantoyuca].
- Parra Coronado, A. García Navarrete, O. Vanegas Izquierdo, F. Gamboa Gamboa, J. González Mora, A. Ramírez González, D. (2020). Preliminary study of drying of natural coffee by cyclical pressure changes. *Dyna rev.fac.nac. minas vol.87 no.214 Medellín*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532020000300053&lang=es
- Puerta Quintero, G. (2008). Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado. *Avances técnicos 371 Cenicafe. Gerencia técnica / programa de investigación científica*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/399/1/avt0371.pdf>



Anexos



Nota: Visita campo, uso de herramienta artesanal de mezclado



Nota: visita campo, secado parabólico



Nota: Visita campo secado patio de cemento, elba corrediza

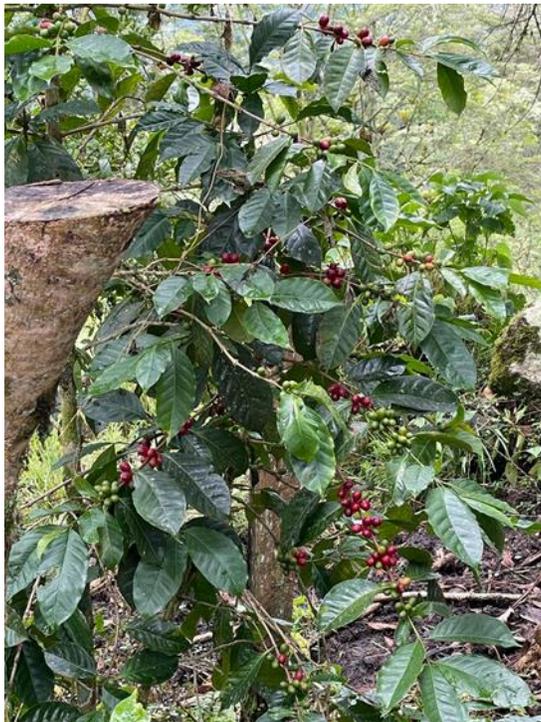


Nota: visita a campo, aplicación de encuesta cafeteros de la región



Nota: Visita campo, almacenamiento inadecuado

Nota: Visita a campo uso herramienta artesanal de extendido y mezclado



Nota: Visita campo, planta de café



Nota: Visita a campo, prueba de humedad artesanal



Nota: Visita a campo, herramienta artesanal de mezclado y extendido



secado de cemento solar

Nota: Visita a campo, patio de



Nota: Visita a campo, elbas de madera

Nota: Visita a campo, secado en lonas o polisombra





Nota: Visita de campo , almacenamiento adecuado



Nota: Visita de campo, prueba de gravimetría