



Diseño e implementación de un prototipo de máquina de fermentación en frío de café en lotes de 5 kilos en el corregimiento de Matituy - Nariño

Omar Andrés Martínez Araujo

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño, San Juan de Pasto-Colombia

andresmart930211@gmail.com

Resumen - El documento presentado tiene como objetivo dar a conocer en síntesis el proyecto de investigación realizado a partir del proceso desmucilagador de café. Principalmente se destaca la importancia de los métodos tradicionales y las variables pueden afectar dicho producto en su etapa final, conforme a ello y respecto a la necesidad observada en campo, se hace necesario la creación de un prototipo de máquina de fermentación en frío de café en lotes de 5 kilos dirigida al municipio de Matituy – Nariño, que conste principalmente en generar una técnica controlada de fermentación de café en frío que extraiga el mucilago sin perjudicar la semilla, con ello evitar el retraso en la obtención del producto, mantener un coste energético exequible con relación a la producción e impedir el gasto de agua que utilizado artesanalmente. De esta manera se logra fortalecer desde la perspectiva ingenieril el sector agroindustrial, social económico y ambiental de la región.

Palabras claves. Desmucilagador, fermentación en frío, Diseño de máquinas, prototipo.

Abstract- The objective of the presented document is to present, in synthesis, the research project carried out from the coffee demucilager process. Mainly the importance of traditional methods is highlighted and the variables can affect said product in its final stage, according to this and with regard to the need observed in the field, it is necessary to create a prototype of a cold coffee fermentation machine in batches of 5 kilos directed to the municipality of Matituy - Nariño, which consists mainly of generating a controlled cold coffee fermentation technique that extracts the mucilage without damaging the seed, thereby avoiding delay in obtaining the product, maintaining a cost energetic energy in relation to production and avoiding the expense of water that is used by hand. In this way, the agroindustrial, social, economic and environmental sector of the region is strengthened from an engineering perspective.

Keywords. Desmucilagador, cold fermentation, Machine design, prototype.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación desarrolla una alternativa de solución al proceso productivo de café en el municipio de Matituy Nariño, por medio del diseño y la construcción de un prototipo de máquina de fermentación en frío de dicho grano. En base al análisis de métodos tradicionales, que influyen y determinan los parámetros de mecanismos requeridos al diseño, para la extracción del recubrimiento (mucilago), mejorando los procesos rudimentarios y artesanales.

De Acuerdo a las líneas de investigación que plantea la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño en donde brinda conocimiento y proyección hacia el desarrollo tecnológico agroindustrial de las regiones, teniendo como propósito el diseño de máquinas en donde se involucran tres factores importantes: I. Identificación de la necesidad, sostenida a partir de información valida y cuantificable que enfatice el impacto propósito. II. Determinación de etapas que permitan resolver dicho problema a través del estado de la técnica dentro de los últimos años, trabajos de grado, de maestría o tesis doctorales, III. Ejecución del proceso mecánico para lo cual se diseña el prototipo de fermentación en frío de café apoyado en requerimientos funcionales, diseño, cálculos mecánicos y simulaciones, para finalmente realizar la construcción del prototipo de fermentación en frío de café y analizar los resultados obtenidos.

II. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Dentro del tipo de investigación que fortalece el desarrollo de este proyecto de grado, se selecciona el método Deductivo-Inductivo en donde principalmente se identifica la necesidad de la comunidad como cultivadores y procesadores de café, encontrando así las oportunidades de mejora a los procesos actualmente usados, para luego establecer un diseño conceptual sobre el proceso de extracción de mucilago; a partir del estado del arte, pruebas, cálculos, simulaciones y demás estudios basados en requerimientos de diseño e ingeniería concurrente, para con ello establecer los



requerimientos y parámetros para que el desarrollo del prototipo satisfaga los procesos de producción finales en tiempo y limpieza del grano, conclusiones y recomendaciones que se desarrollan durante el proceso investigativo, la construcción del prototipo y el análisis de los resultados arrojados.

Para el desarrollo de esta investigación se plasman objetivos que permiten satisfacer la necesidad encontrada en el Municipio, al cumplir con este propósito de dar inicio a una idea innovadora, para incluir tecnificación en procesos productivos de pequeños agricultores, aprovechando las técnicas y tecnologías aplicadas.

III. OBJETIVOS

- *Objetivo General*

Desarrollar un prototipo de máquina de fermentación en frío de café, para mejorar el proceso de beneficio de fermentación tradicional húmedo.

- *Objetivos específicos*

Analizar información de fermentación de café a través de la recopilación de resultados, investigaciones y técnicas en los últimos años, para así verificar requerimientos.

Diseñar el prototipo de fermentación en frío de café para así disminuir el tiempo empleado por los productores de café en torno al retiro del mucilago.

Construir el prototipo de fermentación en frío de café de acuerdo a estudios planteados a partir de cálculos y simulaciones.

Elaborar manual de operación y mantenimiento del prototipo para garantizar su correcto funcionamiento.

IV. REFERENTE TEÓRICO

El proceso de remoción del mucilago se hace luego de la etapa del despulpado del café cereza, generando una operación tecnológica destinada a digerir el mesocarpio mucilagos que se encuentra adherido al pergamino del café, este paso se denomina como fermentación la cual puede ser natural, mecánica o con ayuda de enzimas. (Peñuela M, 2010).

Para ello se identifican los métodos que permiten la extracción de mucilago.

Fermentación natural. Este proceso se lleva a cabo adecuando el fruto en tanques o recipientes de fermentación, seguido del proceso de despulpado, con la cantidad de agua requerida se procede a reposar durante un periodo aproximado

de 12 a 18 horas donde se homogeniza lentamente, es entonces cuando el mucilago se desprende naturalmente del grano.

Fermentación mecánica. Funciona a partir de un proceso mecánico en donde se retira forzosamente el mucilago del grano. Existen máquinas de fermentación que funcionan agitando el grano rápidamente con el fin de que la capa caiga, algunas de estas máquinas son de flujo ascendente las cuales consisten en: desmucilagadora tipo ELMU y desmucilagadora de cepillo entre otras. (CENICAFE, 2018).

Fermentación con enzimas: Este proceso, emplea enzimas y químicos, para acelerar el proceso, algunas de las enzimas más utilizadas son Ultrazym-100, Irgazim100, Benefax y Cofepec entre otros.

Fermentación en seco. En este caso se deja el café pergamino despulpado, en seco en el tanque o pila hasta que dé punto de fermento (o punto de lavado), a su vez existen máquinas que permiten realizar este tipo de fermentación, (Anacafé asociación nacional del café).

Fermentación en frío. Proceso utilizado en la fermentación de diferentes alimentos y sustancias orgánicas en el cual se prolongan los tiempos de duración de la fermentación a través del frío, quien hace que la proliferación de bacterias en la fermentación sea lenta y se obtenga resultados distintos en la fermentación convencionales a temperaturas ambientes o más altas. (CEUPE, 2018)

A nivel del departamento Nariño, no se evidencian datos de que en alguna institución universitaria o empresas de la región se haya llevado a cabo trabajos dirigidos hacia esta técnica de fermentación en frío, incluso la “CRS que es uno de los acopiadores más grandes que existen en el departamento y con sede principal en Illinois (USA) y que poseen una oficina de investigación y desarrollo dirigido, no ha datado estudios de este tipo. Por parte del departamento de investigación del grano de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia” (CENICAFE, 2012), existen estudios avanzados de técnicas de fermentación dirigidos a los procesos tradicionales húmedos más que todo en procesos controlados; pero no se ha publicado por parte de ellos ninguna información sobre la técnica como objeto de investigación.

La identificación del proceso que realiza el prototipo se a partir del ingreso de 5k de café despulpado al cilindro (con mucilago) para luego energizarlo, la transmisión de potencia al reductor tarda 5 minutos tiempo en el cual se distribuye el grado homogéneamente alrededor del cilindro, seguidamente se acciona la unidad de refrigeración que trabaja en 3 ciclos. Inicia la primera 1 etapa de refrigeración a temperatura ambiente 28°C hasta llegar a una temperatura correspondiente a 6°C durante una hora 1, una vez que corresponda a esta medida el proceso la unidad de refrigeración automáticamente se apaga, mientras la temperatura vuelve a establecerse ambiente. El café ingresa viscoso y a través del proceso de descongelación se presenta desprendimiento del mucilago.



Por cada ciclo efectuado a través del accionamiento del motor cada 5 minutos se observa el desprendimiento del fluido, una vez la unidad de refrigeración llega a temperatura ambiente (28°C) se enciende nuevamente la unidad de refrigeración, dando inicio a la segunda etapa del ciclo de refrigeración, la cual alcanza 3°C durante una hora. Cuando llega a la temperatura mencionada automáticamente la unidad de refrigeración se apaga y se repite el proceso de descongelación generando el lavado del café (mucilago-baba), luego de llegar a la temperatura ambiente nuevamente el sistema de refrigeración hace disminuir la temperatura a (0.5°C) durante una hora, al llegar a la temperatura mencionada se apaga automáticamente e inicia nuevamente el proceso de descongelación hasta llegar a temperatura ambiente y encendiendo el motor durante 5 minutos para agilizar el desprendimiento del mucilago del café. Este paso agiliza el tiempo de retiro de mucilago del café porque por cada 3 horas de fermentación (retiro de mucilago) trabaja 5k.

El proceso de desmucilado tiene como propósito extraer dicha cobertura gelatinosa que recubre el grano de café; este se elimina con el objeto de facilitar el secado de grano sin que se deteriore la calidad por efectos de fermentos, es por ello que este proyecto busca construir un prototipo máquina que consta de un tanque de madurado en frío para el café en cereza y un controlador de temperaturas que conserva bajas hasta los mínimos de los 2°C , a partir de un ciclo de refrigeración el cual no utiliza agua y que consistirá en disminuir el tiempo de retirar el mucilago.

Dentro de las ventajas del método efectuado a partir del prototipo se identifican:

- No se necesita personal calificado para su implementación
- No queda restos de mucilago en la ranura el grano
- No consumo de agua
- La disminución de tiempo en esta etapa.

Los avances y usos para este tipo de tecnología han sido muy amplios como por ejemplo sistema de beneficio y fermentación en frío (0Lt/kg) el cual es el requisito para activar el ciclo de refrigeración por compresión.

En esta investigación que tiene como fin utilizar este tipo de tecnología para la fermentación en frío, que permite dar solución a toda esta problemática ambiental.

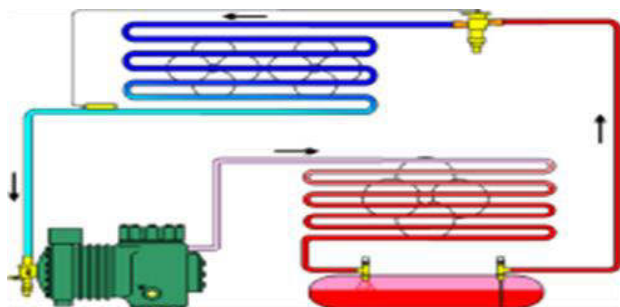


Figura 1. Ciclo Básico De Refrigeración Por Compresión
Fuente: (Yañez)

Para explicar el funcionamiento se toma en cuenta el esquema simplificado de la Figura 3. Este es un método que consiste en forzar mecánicamente la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado dividido en dos zonas: de alta y baja presión, con el propósito de que dicho fluido sea el encargado de extraer el calor ingresado por el grano de café, absorbiendo y disipando el mismo a partir de intercambio de calor con el ambiente, sus componentes principales son: motocompresor, intercambiadores de calor como evaporador o condensador, válvula de expansión y tubo capilar, filtros entre otros.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y PRODUCTO

Llenado del tanque de maduración: se llena el tanque de maduración en frío, a fin de dar maduración del grano, incremento de azúcares, con una temperatura de 6 a 8°C , evitando la fermentación, su propósito es obtener en la curva de catación y perfilación. De manera posterior el grano es llevado a la etapa de fermentación natural de temperatura intermedia entre los 3°C . a 5°C .

Durante la fermentación natural del café ocurren diferentes bioquímicos, en los cuales las enzimas producidas por las levaduras y bacterias presentes en el mismo mucilago fermentan y degradan sus azúcares, lípidos, proteínas y ácidos, y los convierten en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas. Estas sustancias formadas cambian las características de olor, color, pH y composición del sustrato (el mucilago) y también de los granos de café (Federación Nacional de cafeteros, 2015).



Figura 2. Procesos bioquímicos que ocurren en la fermentación del café, (CENICAFE, 2012).

En esta etapa en los granos se produce una organolepsia completa profunda y potenciada de los parámetros de catación como lo son la acidez, cuerpo, fragancia/aroma, dulzor, balance, sabor residual, uniformidad, las cuales tienen una incidencia directa con respecto al balance de este, los tiempos

de esta última etapa ya se consideran por la experiencia del operador en curso.

VI. ANÁLISIS FUNCIONAL

Después de realizar los procesos de recolección de información y establecer las necesidades que tiene los usuarios, tomando como referencias los conceptos de diseño y estado del arte, la propuesta se procede a utilizar la herramienta denominada diagrama de análisis funcional de caja negra para poder desarrollar una estrategia de diseño que pretenda analizar los procesos utilizados adecuadamente.

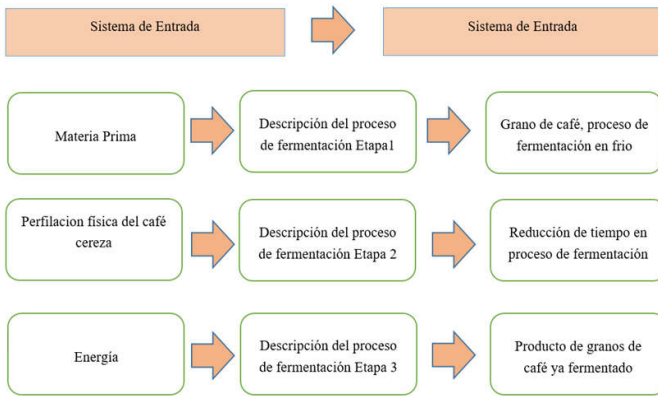


Figura 3. Diagrama de caja negra para la descripción de funcionamiento principal de cada máquina. (Investigación, 2019)

Las 3 Fases del proceso de fermentación de café en frío:

Fase 1: Llenado del cilindro de maduración: se llena el cilindro de maduración de café en frío, a fin de dar maduración del grano, la fase 1 se usa una temperatura de 6 a 8° C, para que inicie el proceso de beneficio de fermentación, su propósito es obtener el desprendimiento del mucílago.

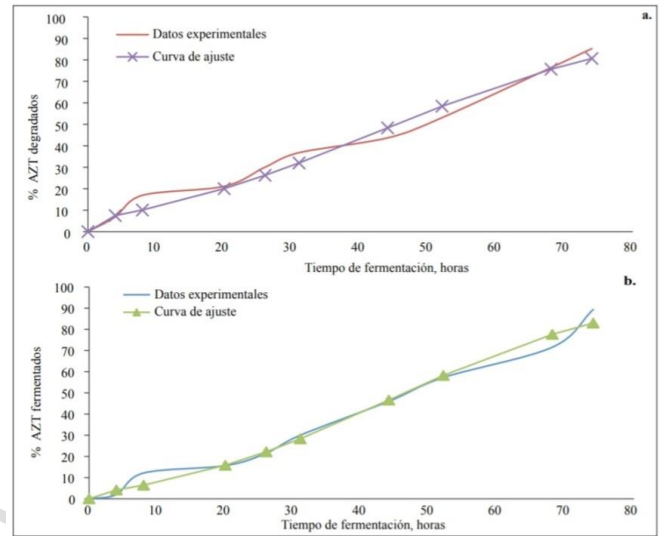
Fase 2: De manera posterior el grano es llevado a la segunda etapa de fermentación con una temperatura intermedia entre los 3°C. a 5°C, de esta manera continúe el desprendimiento del mucílago del café. Durante la fermentación del café en frío, ocurren diferentes bioquímicos, en los cuales las enzimas producidas por las levaduras y bacterias presentes en el mismo mucílago fermentan y degradan sus azúcares, lípidos, proteínas y ácidos, y los convierten en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas. Estas sustancias formadas cambian las características de olor, color, pH y composición del sustrato (el mucílago) y también de los granos de café (Federación Nacional de cafeteros, 2015).

Fase 3: De manera posterior se inicia la tercera fase del proceso de fermentación en frío controlada, la cual se le conoce con el nombre de fermentación baja a temperaturas + 0,5°C hasta los 2°C. esta manera finalice el desprendimiento del mucílago del café.



En esta etapa en los granos se produce una organolepsia completa profunda y potenciada de los parámetros de catación como lo son la acidez, cuerpo, fragancia/aroma, dulzor, balance, sabor residual, uniformidad, las cuales tienen una incidencia directa con respecto al balance de este, los tiempos de esta última etapa ya se consideran por la experiencia del operador en curso.

En la fermentación los cambios químicos y físicos que se producen en el mucílago, así como los cambios en el sabor fragancias y aromas en el café son dependientes de la temperatura. (CENICAFE, 2012).



Gráfica 1. Porcentaje de fermentación Vs Tiempo de fermentación. (CENICAFE, 2012).

Tiempo de fermentación (Horas)	pH			pH promedio
3	7.22	7.12	7.05	7.13
9	6.68	6.74	6.73	6.72
12	5.46	5.41	5.44	5.44
14	5.30	5.29	5.33	5.31
16	5.16	5.13	5.18	5.16
17	4.72	4.82	4.84	4.79
18	4.50	4.55	4.51	4.52
19	3.81	3.88	3.85	3.85
20	3.45	3.51	3.52	3.49
21	3.35	3.40	3.39	3.38

Tabla 1. Porcentaje de Degradación de a. azúcares totales y b. azúcares en la fermentación del mucílago de café. (CENICAFE, 2018).



VII. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTOS
Producción frigorífica	1/3TR
Compresor de refrigerante 600ª para ¼ TR	Potencia 1/3 hp
Intercambiador de calor de evaporado de R600a	Potencia frigorífica de 1/3TR
Intercambiador para condensado de R600a	Potencia 1/2 TR
Modo de operación.	Tablero de mando.
Temperatura en evaporador	-8°C
Temperatura Ambiente de diseño	26°C
Efecto refrigerante neto	1/3TR
Capacidad volumétrica tanque primera etapa (maduración)	0,0294m ³
Capacidad volumétrica tanque segunda y tercera etapas (fermentación)	0,01575 m ³
Flujo de aire suministro total a las tres etapas	100 Cfm
Eficiencia del compresor	0,36
Mecanismo de expansión directa	Tubo Capilar
Aislamiento térmico	Poliuretano foil de 15mm y 5mm

Ductería
Producto en película de
aluminio polimerizada

Base metálica estructura	Acero bajo carbono ANSI 1010
Potencia Ventilador axial para flujo aire frio	65 W

Tabla 2. Requerimiento de diseño, Fermentación En Frio De Café, (Investigación, 2019).

En los procesos de enfriamiento, descarga de grano final es importante tener en cuenta la temperatura a la que se procesan los granos y la de salida de estos, esto marca un ítem muy importante que repercute en los parámetros físicos y organolépticos del café.

Los aislamientos térmicos hacen que las pérdidas de energía sean los menores posibles dando así un equilibrio para nuestro proceso en la parte del costo energético para la producción de cada kilogramo de café final.

El sistema hace aprovechamiento de la gravedad para la descarga del grano entre etapas siendo eficiente en ese sentido y economizando un gasto de transporte por este ítem.

El dispositivo es controlado a través de un sistema termostático el cual ajusta siempre el rango de temperatura para poder garantizar que la temperatura que corresponde a cada etapa sea casi que constante y no tenga grandes variaciones más que la que da el termostato.

Reducir el tiempo de fermentación del café, aumenta la calidad de los granos del café, al implementar un proceso de fermentación en frío a través del cual se potencia la organolepsia y los parámetros físicos del café, se pretende lograr una diferenciada puntuación al final de este proceso, comparado con los procesos tradicionales y el impacto en su valor agregado en el mercado (ASOMANAR, 2016).

La eficiencia eléctrica y térmica del sistema tiene su gran importancia en la sostenibilidad del proceso, siendo amigables con el medioambiente y con la sociedad, además permite que los costos del café por este ítem no sean tan altos, sino que se tienen gastos energéticos grandes.

El ahorro en el gasto de agua normalmente asociado a los procesos de beneficio y fermentación tradicional como se ha mencionado anteriormente son altos, la importancia en este proceso de fermentación en frío es alta ya que el gasto es mínimo, se podría decir que es cero.

Como se ha mencionado anteriormente el control de las variables como temperatura, masa y flujo de aire son indispensables en este proceso, estas son las que permite dar las diferentes organolepsia y curvas de catación para la calidad del grano.

Por último, el producto final el grano ya fermentado y listo para el inicio del proceso de secado según la técnica que se prefiera es de vital importancia donde se tiene que garantizar la calidad elevada de los granos y la menor cantidad de defectos físicos y en catación.

VIII. ANÁLISIS Y SELECCIÓN

Ingreso de café: El ingreso de manera manual, como inicio de la línea de producción, puesto que necesariamente debe estar presente un operario.

Compresor: El bajo nivel de presión está relacionado con una temperatura crítica elevada, por ello; genera una óptima capacidad de enfriamiento, incluso con altas temperaturas de condensación.

Serpentín: realizado con material de cobre, debido a su alto coeficiente de conductividad, se utiliza para enfriar vapores provenientes de la destilación y así condensarlos en forma líquida

Controlador: Regula la temperatura del proceso sin la verificación continua del operador, utiliza como sensor una termocupla o RTD como entrada.

Tipo de material que se usó: acero galvanizado calibre 18, Es un producto de acero que se obtiene por laminación en frío de bobinas, se utiliza para la fabricación de cubiertas

Tubo de cobre de 3/8 flexible: Los conductos tipo de tubo de cobre pueden garantizar un sistema que cumpla o exceda el estándar más alto de fugas de aire de la industria.

IX. BOCETO

Diseño de componentes. Actualmente las herramientas de diseño, como son algunos programas reconocidos; Solid Works, Inventor y AutoCAD, los cuales son fundamentales para poder tener un diseño y simulaciones previas al proceso de construcción. Estas se realizan con el fin de detectar si es necesario hacer alguna modificación en el diseño para obtener los mejores resultados posibles.

Maquinado y ensamblado de las piezas. Permite contar con la información las operaciones de maquinado, será posible crear las piezas que así lo requieran. Procesos actualmente han mejorado con el avance tecnológico, algunos procesos importantes para el maquinado y ensamblados son: el fresado, el torneado, unión mediante soldaduras, unión por sujetadores.

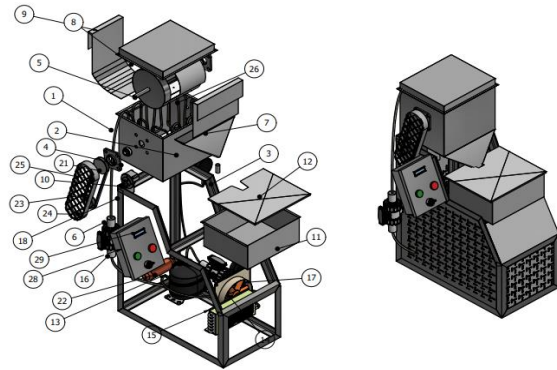


Figura 4. Boceto fermentación de café en frío, (Investigación, 2019)

X. SIMULACIONES

Mediante el software CAD se obtienen algunas propiedades de los componentes modelados en esa interfaz gráfica. Para el presente estudio se usa la estructura de la máquina, y de este se obtuvo los siguientes parámetros de la simulación, como propiedades mecánicas, tipo de materiales presentes en el equipo, tipos de esfuerzos y cargas a los que se encuentra sometido.

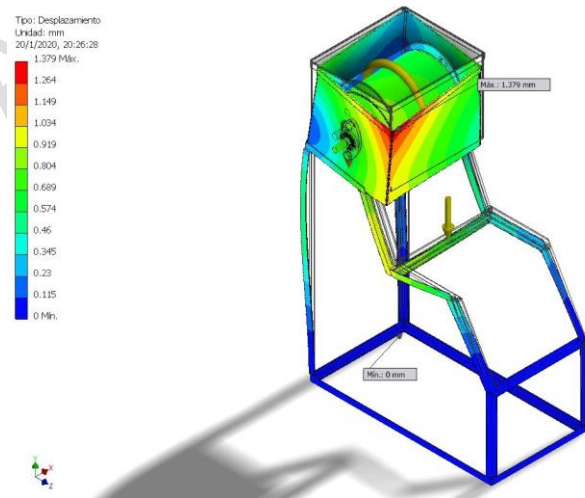


Figura 5. Desplazamiento. Autodesk® Inventor® 2019.



tuercas de seguridad y arandelas de presión, para dar un servicio auto bloqueante.

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	2055480 mm ³	
Masa	16.2017 kg	
Tensión de Von Mises	0.00000352879 MPa	206.424 MPa
Primera tensión principal	-58.7042 MPa	190.01 MPa
Tercera tensión principal	-216.149 MPa	38.4178 MPa
Desplazamiento	0 mm	1.37879 mm
Coefficiente de seguridad	1.04155 su	15 su
Tensión XX	-137.719 MPa	131.317 MPa
Tensión XY	-60.1616 MPa	62.665 MPa
Tensión XZ	-84.6807 MPa	45.5909 MPa
Tensión YY	-162.087 MPa	188.303 MPa
Tensión YZ	-80.7389 MPa	86.9376 MPa
Tensión ZZ	-195.193 MPa	134.417 MPa
Desplazamiento X	-0.571134 mm	0.0837769 mm
Desplazamiento Y	-1.03597 mm	0.0139725 mm
Desplazamiento Z	-0.55342 mm	0.721506 mm
Deformación equivalente	0.000000000211394 su	0.000944252 su
Primera deformación principal	-0.0000228223 su	0.000864579 su
Tercera deformación principal	-0.00103628 su	0.0000285553 su
Deformación XX	-0.000632932 su	0.000586622 su
Deformación XY	-0.000397992 su	0.000414553 su
Deformación XZ	-0.000560196 su	0.000360268 su
Deformación YY	-0.000765354 su	0.000846663 su
Deformación YZ	-0.000579963 su	0.000575126 su
Deformación ZZ	-0.000767598 su	0.00079756 su
Presión de contacto	0 MPa	9824.1 MPa
Presión de contacto X	-1348.13 MPa	6290.53 MPa
Presión de contacto Y	-1974.24 MPa	7081.06 MPa
Presión de contacto Z	-517.17 MPa	3451.9 MPa

Tabla 3. Resumen de resultados. Autodesk® Inventor® 2019.

XI. ELEMENTOS NORMALIZADOS

Para el proceso de construcción se usan elementos normalizados, los cuales son comerciales, y pueden ser adquiridos bajo catálogo según lo requieran las necesidades constructivas. Estos se referencian a continuación:

Chumaceras: se han implementado el tipo brida cuadrada con prisionero para fijación al eje, con un diámetro interno de 3/4 in. Se usan dos unidades de estas, dispuestas en la carcasa del desmucilador.

Motorreductor: dispositivo capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, y reducir la velocidad del motor por medio de una caja reductora para aumentar su torque. Se usó un motor de 1/4 HP con una reducción de velocidad de 1800RPM a 60RPM es decir de 1:30.

Bandas y poleas: son elementos de transmisión, se usan 2 poleas de 3" y una banda en V, para crear una relación de transmisión 1:1, ya que la caja reductora del motorreductor brinda la velocidad necesaria de trabajo.

Tornillos, arandelas y tuercas: se usan tornillos de cabeza avellanada para el ensamble de la latonería que sirve de resguardos mecánicos de las piezas internas, también

Interruptor breaker: se dispusieron de dos breakers para el accionamiento del motor y el otro para el accionamiento de la unidad refrigerante.

Compresor R600: se usa para darle funcionamiento al circuito de frío.

XII. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Para el proceso de construcción del prototipo de máquina basado en la tecnología de fermentación en frío de café se identifica un taller de metalmecánica en donde se adecuan los tipos de materiales y herramientas a utilizar.



Figura 6. Proceso de Construcción del Prototipo de Máquina. (Investigación, 2019)

XIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRODUCTO

Para determinar un informe analizando resultados, se toman distintas muestras de fermentación de café, las cuales identifican la (viscosidad del mucilago), con un medidor de PH, seguidamente el producto (café con mucilago) es ubicado en el prototipo de máquina (cilindro rotativo) para así logra

cronometrar el tiempo de fermentado (desmucilaginar del café) y con ello relacionar el período que tarda cada proceso.

➤ Pruebas de funcionamiento.

Dependen del tipo de fase en la que se encuentre el grano, 3 para el ciclo de refrigeración (retirando el mucilago del café). En este segmento del proceso se toman 10 muestras de café con mucilago identificadas en la tabla No. 29, se adecua la cantidad de café, tiempo de fermentación, captación de PH y en promedio. El tiempo en que tarda el ciclo al retirar el mucilago del café (almendra), consiste en introducir el café con dicho recubrimiento al cilindro rotativo principal, el cual gira en conjunto a la transmisión de potencia del motor reductor de potencia de $\frac{1}{4}$ Hp y velocidad de entrada de 60 rpm. Este mecanismo permite desprender el mucilago del café por cada rotación, usando así cada fase del ciclo de refrigeración constantemente por hora.

Numero De Muestras	CANTIDAD DE CAFÉ (KILOGRAMOS)	TIEMPOS DE FERMENTACION (HORAS)	PH			PH PROMEDIO
1	5 KILOGRAMOS	3	7,22	7,12	7,05	7,13
2	5 KILOGRAMOS	6	6,68	6,74	6,73	6,72
3	5 KILOGRAMOS	9	5,46	5,41	5,44	5,44
4	5 KILOGRAMOS	12	5,3	5,29	5,33	5,31
5	5 KILOGRAMOS	15	5,16	5,13	5,18	5,16
6	5 KILOGRAMOS	18	4,72	4,82	4,84	4,79
7	5 KILOGRAMOS	21	4,5	4,55	4,51	4,52
8	5 KILOGRAMOS	24	3,81	3,88	3,85	3,85
9	5 KILOGRAMOS	27	3,45	3,51	3,52	3,49
10	5 KILOGRAMOS	30	3,35	3,4	3,39	3,38

Tabla 4. pruebas de fermentación (retiro de mucilago) medición de PH. (Investigación, 2019).



a)



b)

Figura 7. a) Ingreso de Café con Mucilago. b) Retiro del Mucilago del Café (Investigación, 2019).

El tiempo que tarda el proceso en retirar el mucilago del café, se identifica tabla 29. Donde se puede deducir un proceso tecnificado y eficiente al tardar 3 horas en trabajo constante, en comparación con el proceso tradicional aproximado en 9 días promedio, por tanto, según las pruebas

realizadas una cantidad de 5 kilogramos del material se desmucilan cada 3 horas, puesto que se cumple con los objetivos planteados de producción y construcción del prototipo máquina que retira mucilago de café a partir del proceso de fermentación.

XIV. CONCLUSIONES

Después de identificar las necesidades del caficultor campesino, conocer como las grandes asociaciones y federaciones, mantienen una constante mejora de sus procedimientos, como con procesos como la fermentación en frío se puede dar mejor uso de los recursos, como es el caso del manejo de residuos de agua. La presente investigación brinda soluciones relacionadas a la comparación del proceso de fermentación de café semi - tecnificado y el proceso artesanal que se ha generado en el municipio.

El diseño del secador rotatorio, no afectara ni altera las propiedades del grano de café, debido a los parámetros artesanales naturales, siguiendo conceptos básicos de ingeniería, se logra calcular variables como: Humedad, temperaturas, tiempo requerido para un descacilado homogéneo, permitiendo que sus componentes no se alteren.

Dentro del proceso de desmucilado de café se evidencia el costo del gasto energético del prototipo de máquina, basado en datos de costo del Kw/h de la zona, el cual se estima en \$570.28, la potencia del motor $\frac{1}{4}$ Hp, y el tiempo en el que idealmente trabajaría el prototipo 8 horas, con un aproximado de 15 Kg de café desmucilado, por jornada de trabajo se invertirá aproximadamente \$1.000.

El proceso a bajas temperaturas hace que el recubrimiento baboso del café(mucilago) se condense permitiendo que al bajar la temperatura ambiente se congele y en proceso de descongelamiento empiece a desprenderse fácilmente, es precisamente la razón por la cual se reduce el gasto de agua de 50 litros a 0 litros en el proceso tecnificado.

Los documentos que se generan a partir de esta investigación como los manuales de funcionamiento y mantenimiento del prototipo, permiten al usuario, conocer en resumen el fin del prototipo, y como puede lograr la conservación de este. Es importante que, si el prototipo llega a un usuario final, este sea capacitado de tal forma que en su uso diario no se generen accidentes de fatalidad.

XV. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones finales, se puede determinar que esta investigación abre un espacio para una nueva investigación sobre el proceso de fermentación del café, y permite mejoras al prototipo, ya que la carga para la que fue diseñada es de 5 kg, que puede ser determinada como un lote



de muestreo.

Es importante que, si el prototipo llega a un usuario final, este sea capacitado sobre el manejo del prototipo, y que le sean otorgados los manuales de funcionamiento y mantenimiento, de tal forma que en su uso diario no se generen accidentes de fatalidad.

El mantenimiento debe ser realizado según lo estipulado en el manual, para garantizar un buen funcionamiento de la máquina, y su extensa durabilidad.

No sobrepasar las cargas para lo cual el prototipo fue diseñado, para así evitar posibles averías o accidentes laborales.

XVI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASOMANAR. (2016). Obtenido de <https://www.asomanar.com.co>
- [2] CENICAFE. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. 2012, gerencia técnica programa de investigación científica, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- [3] CENICAFE. (14 de Octubre de 2018). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. Avances Técnicos CENICAFE, 12. Obtenido de <https://is.gd/wA7ADk>
- [4] CEUPE. (14 de Octubre de 2018). Centro Europeo de Postgrado. Obtenido de www.ceupe.com/blog/tipos-de-fermentacion-de-los-alimentos.html.
- [5] Federación Nacional de cafeteros. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café., Bogotá, D.C. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/558/1/avt0454.pdf>
- [6] Investigación, E. (2019). Peñuela M, A. E. (14 de Octubre de 2010). Estudio de la remoción del mucilago de café a través de la fermentación natural. Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de <https://is.gd/ij4ca>
- [7] Yañez, G. (s.f.). Obtenido de <https://www.gildardoyanez.com/tips/ciclo-de-refrigeracion/>