



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA SECADORA DE GRANO DE CACAO

Harold Eduardo Castillo, Cristian Camilo Aristizabal

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Pasto, Colombia

[haroldcas001@outlook.com](mailto:haroldcas001@outlook.com)

[ar\\_isti15@hotmail.com](mailto:ar_isti15@hotmail.com)

**Abstract-** En las zonas veredales sobre la vía que conecta al corregimiento de Llorente con San Andrés de Tumaco, se realiza actualmente el proceso de secado del grano de cacao de manera artesanal, que tarda entre 6 a 8 días, por tal razón, surge la idea de crear un proceso industrializado para optimizar el proceso de secado. Para iniciar con el proceso de diseño, se estudiaron los procesos que se realizan actualmente en Colombia y en otras partes del mundo, para determinar el más adecuado para nuestro prototipo. En el presente artículo se describen los estudios y diseños previos que se realizaron para la construcción de la máquina secadora de grano de cacao, también se enseñan los criterios devaluación para la construcción y diseño del prototipo. En la parte final del artículo, se detalla el consumo energético de la máquina a diferentes cantidades de grano de cacao.

**Palabras clave:** Cacao, secadora, mucilago, vacío.

## I. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que cuenta con una gran producción de cacao al año y uno de los pocos que produce y consume chocolate de mesa. En Latinoamérica, el país que más exporta cacao de alta calidad es el Ecuador, seguido de Brasil y Perú. Los otros países no conocen nuestro potencial, simplemente porque toda la producción la compran empresas del sector de confitería y chocolatería, tales como la “Compañía Nacional de Chocolates, Casa Luker, Colombina y Aldor, para elaborar chocolate de mesa entre otros artículos.” [1]

África es el continente que más produce y exporta cacao a nivel mundial, los países importadores más significativos del cacao son Holanda y Alemania, sin embargo, en los últimos años, dichos países se han enfocado en los tipos de cacao criollo que se cultivan en Latinoamérica, debido a su fuerte aroma y acidez baja, se utiliza principalmente para la producción de chocolate Premium o de alta calidad. “Este tipo de cacao representa entre el 6% y 7% de la producción global. En Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú se produce el 76% del cacao fino de aroma del mundo”. [2]

Para obtener un chocolate de alta calidad, se debe tener en cuenta el proceso de fermentado del cacao, puesto que en este

es donde “las levaduras transforman el almidón y azúcares del mucilago en alcohol etanol que desprenden gas carbónico. La fase con aire, aeróbica o acética, es cuando las bacterias de nombre Acetobacter transforman el Etanol en ácido acético, el cual penetra en la semilla produciendo cambios que originan sustancias que dan buen sabor y aroma al cacao.” [3]

A pesar de que en Colombia se produce un cacao de alta calidad, no se cuenta con un proceso industrializado para el secado de grano. En la actualidad, existen varios tipos de procesos para el secado del grano, uno de los más comunes es el secado natural al sol, en el cual se coloca el grano en el piso o en mesas de manera uniforme, este proceso un poco ortodoxo e ineficiente. El Ecuador es uno de los países pioneros en cuanto a procesos mecánicos para la transformación de cacao, uno de los más comunes que se emplean en este país son los recipientes cilíndricos con aspas giratorias que garantizan un secado homogéneo en todo el grano. “El proceso de secado es común en varias industrias, fenómenos de transmisión de calor y transferencia de masa están involucrados en este proceso”. [4]

Nariño es uno de los pocos departamentos en el país que produce un cacao de alta calidad, y principalmente en el municipio de Tumaco, que cuenta con un estimado de “16000 hectáreas sembradas y una producción de 200 toneladas al mes de cacao seco” [5]. A pesar de que en la zona de Tumaco se produce una gran cantidad de cacao, no se cuenta con algún tipo de proceso industrial para la obtención de cacao seco, lo cual, hace que este proceso tarde mucho tiempo por las técnicas artesanales que se llevan a cabo actualmente en la región, este proceso tarda varios días dependiendo del clima, dado que dicho proceso se realiza a la intemperie por exposición solar y al ser una zona húmeda con altas precipitaciones, se convierte en un proceso ineficiente, además, si se pasan de los días estimados para el secado, empieza aparecer un hogo en el grano y este cacao ya no se puede comercializar, trayendo consigo pérdidas para el agricultor. La mayoría de agricultores de la región venden el grano a centros de acopio y cooperativas que existen en la



zona, el precio puede variar dependiendo de los índices de humedad y calidad que presente el grano.

Al ver que la producción en Tumaco es grande y que hasta ahora no se cuenta con un proceso adecuado para el secado de cacao, nace la idea de diseñar y construir un prototipo para este proceso y de esta manera acelerar la producción con procesos eficaces, generando ganancias al productor y garantizando un cacao de buena calidad, sin correr el riesgo de la presencia de hongos o proliferación de bacterias que puedan afectar al grano. Adicionalmente se reduciría la utilización del espacio que ocupa el área de secado tradicional que disponen los tendales.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la selección de materiales del prototipo, se tuvieron en cuenta las normas sanitarias vigentes en el país para el manejo de alimentos y criterios de evaluación para la selección de fuente de energía y procesos de secado.

### Criterios de evaluación:

- Presupuesto: 8000000-10000000 Pesos Colombianos
- Capacidad 30 KG
- Consumo bajo

TABLA I  
RANGO DE EVALUACIÓN

MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO
4	3	2	1

TABLA II  
CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y RESTRICCIONES  
PARA EL DISEÑO

PROPUESTAS	COSTO DE FABRICACIÓN	COSTO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE SECADO	% DE HUMEDAD	TOTAL
SECADO NATURAL	4	2	1	2	9
SECADO DE PLATAFORMA A GAS LICUADO	2	3	3	3	11
SECADO AL VACÍO	1	4	4	4	13

Para poder determinar cuál era el mejor proceso, se hizo una evaluación con los diferentes tipos de secado. Se definieron unos criterios de evaluación y se optó por el que obtuviera mayor resultado.

TABLA III  
RANGO DE EVALUACIÓN

MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO
4	3	2	1

TABLA IV  
CRITERIOS ERGONÓMICOS DE DISEÑO

PROPUESTAS	Complejidad de construcción	Mantenimiento	Operación cargue y descargue	Costo	Total
Diseño vertical	3	3	4	3	13
Diseño Horizontal	2	3	2	2	9

El prototipo está diseñado para secar una masa de 30 kg de cacao con una humedad inicial del 40%, que es el promedio de humedad con la que el grano sale de la etapa de fermentado. La temperatura que se debe manejar dentro de la cámara de secado es de 60°C, esto debido a que el grano de cacao en el proceso de secado no soporta una temperatura mayor, ya que si se excede ésta temperatura, la superficie del cacao se empezaría a quemar, cambiando las propiedades del grano de manera precipitada. Para darle una solución al problema de la quema del grano en el proceso de cacao, se implementó un eje rotativo, con el fin de que el grano absorba el calor de una manera homogénea.

### A. VACÍO

El efecto en vacío cumple la terea de disminuir la presión de saturación del agua, y a su vez, canalizar el aire húmedo que libera el grano al estar sometido a una temperatura elevada, y de esta manera, evitar que el grano se cocine, ya que si este fenómeno sucede, puede ocasionar un aumento en el tiempo de secado.

### B. FUENTE CALORÍFICA

La fuente de calor que se seleccionó para la máquina, fue la de resistencias eléctricas, se decidió por este tipo de fuente, debido a que la temperatura dentro de la cámara de secado debe ser controlada y que se distribuya de manera uniforme alrededor de todo el recipiente interno.

### C. SISTEMA DE CONTROL

Se realizó un programa para el control de temperatura dentro de la cámara de secado para mantener un rango de temperatura de 5 grados, la temperatura se gradúa de forma manual, y la humedad está dada por el programa, ya que con los estudios previos, se determinó una humedad fija de 8%. Los datos de las variables de humedad y temperatura no las brinda un sensor de humedad y temperatura.

### D. RESULTADOS

Una vez realizados los cálculos de resistencia de materiales y de transferencia de calor, se procede al diseño de la máquina.

En la figura 1 elementos de la máquina, se pueden apreciar las partes principales que conforman la máquina, como lo son las tapas (Interior y exterior), eje rotatorio, cámara de secado y coraza externa.



Figura 1. Elementos de la máquina



Figura 2. Render Final de la máquina

Este es el resultado final del diseño de nuestra máquina, en la ilustración se pueden observar los diferentes elementos mecánicos y piezas que posee el prototipo.

TABLA V  
CONSUMO ENERGÉTICO PARA 10kg

ELEMENTOS	POTENCIA	TIEMPO EN HORAS	CONSUMO KW/HORA	VALOR CONSUMO KW/HORA	TOTAL
Resistencias	1920	1,25	2,4	581,97	1396,728
Motor plumillas	84	2,5	0,21	581,97	122,2137
Bomba vacío	186	2,5	0,465	581,97	270,61605
				TOTAL COSTO ENERGÉTICO	1667,34405

TABLA VI  
CONSUMO ENERGÉTICO PARA 30kg

ELEMENTOS	POTENCIA	TIEMPO EN HORAS	CONSUMO KW/HORA	VALOR CONSUMO KW/HORA	TOTAL
Resistencias	1920	3	5,76	581,97	3352,1472
Motor plumillas	84	6	0,504	581,97	293,31288
Bomba vacío	186	6	1,116	581,97	649,47852
				TOTAL COSTO ENERGÉTICO	4001,62572

Mirando el consumo energético del ciclo de secado del grano de cacao, se puede observar que es muy rentable, ya que el costo de operación es muy bajo con respecto al valor del producto en el mercado) y tarda tan solo 6 horas en secar 30 kg de grano, mientras que haciéndolo de manera artesanal, tarda alrededor de 4 a 8 días.

### III. CONCLUSIONES

- Seleccionar los materiales del prototipo de maquina secadora de cacao utilizando el proceso de calentamiento al vacío, nos lleva a investigar en INVIMA (institución nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos) los

requerimientos de elementos para máquinas que se utilizan para la producción de alimentos, la cual nos indica que los elementos que van a estar en contacto directo con alimentos es el acero austenítico 304L (acero a304L), el cual por sus propiedades impermeables y resistente a la corrosión, es ideal para evitar contaminación del producto. Por otro lado nos facilita una transferencia de calor rápida y uniforme.

- Teniendo en cuenta que el proyecto se basa en el problema de homogenizado del secado en vacío, se selecciona un motor que proporcione un torque por encima del calculado, el motor tendrá una reducción de 92 a 13rpm por medio de una reducción de 7.1:1, aumentando su torque en la misma proporción, el motor



tendrá un consumo de 7amp a 12v DC proporcionados por una fuente. Una bomba de vacío generará una presión de vacío determinada para reducir la temperatura de saturación del agua y acelerar el proceso a más baja temperatura, también estará retirando el vapor que sale del grano en el proceso de secado.

- Los demás elementos fueron analizados estática, dinámica y térmicamente; para estudiar su comportamiento y resistencia, esto se hace dependiendo la función que desempeñaría cada elemento en el prototipo y a que fuerzas y temperatura estará sometida la pieza, así seleccionar el mejor material para fabricarla, manteniéndonos dentro de los factores de seguridad establecidos.
- En la actualidad el secado de productos por vacío, es un proceso poco utilizado en granos, en ésta investigación se apunta a secar por vacío grano de cacao, acelerando así la extracción de humedad dentro de este, sin afectar su calidad y aroma característico de un buen cacao seco.
- En el prototipo de máquina secadora de cacao, existen variables como la temperatura, la cual será censada constantemente, ya que ésta se debe mantener en el intervalo de 50-60 grados Celsius, para evitar que el grano se cocine por la humedad contenida en su interior y para que el secado sea más rápido. El grano de mayor calidad tiene entre el 7 y 10% de humedad.

## REFERENCIAS

- [1] PROCOLOMBIA. (2015) PORTAL OFICIAL DE INVERSIÓN EN COLOMBIA. [En línea]. Disponible en internet. En: <https://www.inviertaencolombia.com.co/revista-virtual/989-colombia-le-apuesta-al-cacao.html>
- [2] PROCOLOMBIA. (2016) Lo que debe saber para exportar cacao fino de aroma. [En línea]. Disponible en internet. En: <http://www.procolombia.co/actualidad-internacional/agroindustria/lo-que-debe-saber-para-exportar-cacao-fino-de-aroma>
- [3] CAJA DE HERRAMIENTAS PARA EL CACAO. (2010) ¿Qué sucede en el proceso de fermentación? [En línea]. Disponible en internet. En: <http://cacaomovil.com/guia/8/contenido/principal-uso/>
- [4] PARRA, Pablo. SAAVEDRA, Rafael. IPANAQUÉS, William. Modelación y Simulación en ambiente Ecosimpro de una Cámara de Secado para cacao. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, núm. 8, julio-diciembre, 2012, pp. 54-60 Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador
- [5] KLINGER. Hermes. Chocolate Tumaco, Tumaco, Colombia. Observación inédita, 2017.