

Metodología mecatrónica para el diseño de un secador automatizado de café

Investigación en Curso

Sandra Laritza Contreras Rincón
Programa Ingeniería Mecatrónica
Facultad Ing. Físicomecánicas
scontreras6@unab.edu.co

Universidad Autónoma de Bucaramanga

ABSTRACT

This research focuses on the design of a semi-automatic coffee drying machine following a methodology for the design of mechatronic systems. The objective of this machine is to shorten the drying time while maintaining the final quality of the product.

The dryer proposed works under the rotary operating principle in which coffee beans are exposed to sun light in a progressive fashion allowing for a more homogenous roasting, which has great impact on the flavor of the final product.

The automatic features of the machine include the control of roasting temperature and humidity of the internal environment in which the drying takes place. The implementation of automatic control will assist in the optimization of the process during rainy seasons when harvests have higher water contents.

1. INTRODUCCIÓN

Con los avances tecnológicos es importante tener en cuenta que todos estos valiosos conocimientos necesitan ser utilizados en la agroindustria ya que en Colombia no ha sido muy explotado este sector. Considerando que el principal producto de exportación es el café, es vital automatizar sus procesos de obtención y secado para disminuir el tiempo del proceso, los hongos y bacterias que se presentan actualmente al exponerse en ambientes húmedos no controlados.

2. OBJETIVOS

- Realizar el estudio de la metodología Mecatrónica para el proceso de diseño de una maquina secadora de café
- Seleccionar la instrumentación y los actuadores del prototipo físico que se complementara en la siguiente etapa.
- Evaluar las ventajas y desventajas para la implementación del proyecto.

Este material es presentado al *VI Encuentro Institucional de Semilleros de Investigación UNAB*, una actividad carácter formativo. La Universidad Autónoma de Bucaramanga se reserva los derechos de divulgación con fines académicos, respetando en todo caso los derechos morales de los autores y bajo discrecionalidad del grupo de investigación que respalda cada trabajo para definir los derechos de autor.

- Diseñar un prototipo semiautomático para el secado eficiente del café, utilizando el proceso de diseño mecatrónico.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se llevará a cabo teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

- Definir el concepto y diseño del controlador a implementar
- Simulación
- Prototipo virtual
- Análisis del diseño
- Optimización del diseño

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Método seco

Se emplea el proceso seco para el café Robusta y gran parte del café Arábigo. Se secan los granos al sol y luego se muelen para eliminar la capa exterior, el mucílago seco, la vitela y la cáscara plateada. El proceso de molienda se realiza en las instalaciones grandes. Los desperdicios pueden servir como combustible, o también, como alimento para los animales.

El secado se practica sobre superficies de secado, donde se rastrillan las cerezas de café y se extienden regularmente. Después de algunos días, la parte carnosa ya deshidratada se separa.

Método húmedo

El proceso húmedo, que se emplea para obtener el café Arábigo de más alta calidad.

Los granos maduros se lavan primero, en seguida, es necesario fermentar los granos, recién reducidos a pulpa, en los tanques respectivos. Este proceso enzimático descompone las otras capas de mucílago, formando un afluyente que puede causar serios problemas de contaminación, al descargarlo directamente a los arroyos o ríos. Luego de un lavado final, el café ahora llamado «vitela», se seca al sol o artificialmente. Luego, el café se descascara para quitar la capa plateada y la de vitela, produciendo el café en grano «limpio» o «verde» que se comercializa internacionalmente.

Método Semi- húmedo

El semi-húmedo es un proceso híbrido con un uso muy limitado en Brasil, Costa Rica y Sumatara/Célebes. Se pasa la cereza a través de un rastrillo para eliminar la piel y parte de la pulpa como en el proceso húmedo pero el producto resultante es secado al Sol y no fermentado ni cepillado.

La industria del café mueve en la actualidad 70.000 millones de dólares al año, cifra superada únicamente por el petróleo en lo que se refiere a exportaciones a escala mundial, según la revista Investigación y Ciencia.

4.1. Métodos que Existen para Realizar el Secado de Granos de Café

Secadora tipo guardiola

Es la maquina secadora tipo guardiola es ideal para secar el café y llevarlo a su punto óptimo para él su posterior proceso de morteadado o almacenado. Con este equipo gracias a su diseño e inyección de aire caliente, mediante un eje central que permite que el aire caliente sea homogéneo en toda la máquina.

Modelo de secado profundo desarrollado por thompson

La profundidad de lecho de secado modelo desarrollado por Thompson y col. Para el maíz cáscara amarillo-dente fue modificada para investigar el secado de café natural en un lecho fijo con flujo de aire reversión periódica. Las simulaciones se llevaron a cabo también por el método de flujo de aire convencional de una sola dirección de secado. Los datos obtenidos experimentalmente por uno de los autores presentes (Berbert) se utilizaron para validar el modelo. Dos ecuaciones de equilibrio del contenido de humedad se discuten en vista de su importancia a la precisión de la simulación de café secado y ecuaciones que expresan entalpía de vaporización, calor específico y la densidad aparente como una función del contenido de humedad del café.

Secado de café pergamino en secadores solares multipropósito y de tambor rotatorio

Se presentan resultados experimentales de ensayos de secado de café pergamino en dos tipos de secador es solar es: multipropósito y de tambor rotatorio. Se realiza el estudio de la cinética del secado para diferentes niveles de carga y de una humedad inicial de un 50% hasta una humedad final de un 12%, así como las pruebas de calidad para las muestras secadas cuyos resultados están en correspondencia con las cualidades del café comercializable.

4.2. Prototipo Secador Automatico De Café

Con la investigación realizada y las ventajas y desventajas que se evalúan en los métodos de secado actuales, hemos decidido diseñar un prototipo en el que por medio de un mecanismo de cadenas y engranes haga rotar seis camas, donde tres de estas serán utilizadas para el secado progresivo del café, basándonos en el sistema guardiola, ya que este método ha sido utilizado por la hacienda los robles ubicada en la mesa de los santos, Santander (Colombia), reconocida por su gran calidad en los diferentes tipos de café exportables, Eficiente modelo a seguir.

Entre sus desventajas es el largo tiempo que se debe tomar el secado debido a las adversas condiciones climáticas que se presenten, por este motivo se desea realizar un sistema de control

de temperatura y humedad, creando un tiempo de secado estándar e inferior al utilizado actualmente, evitando problemas de hongos y bacterias causadas por la excesiva humedad.

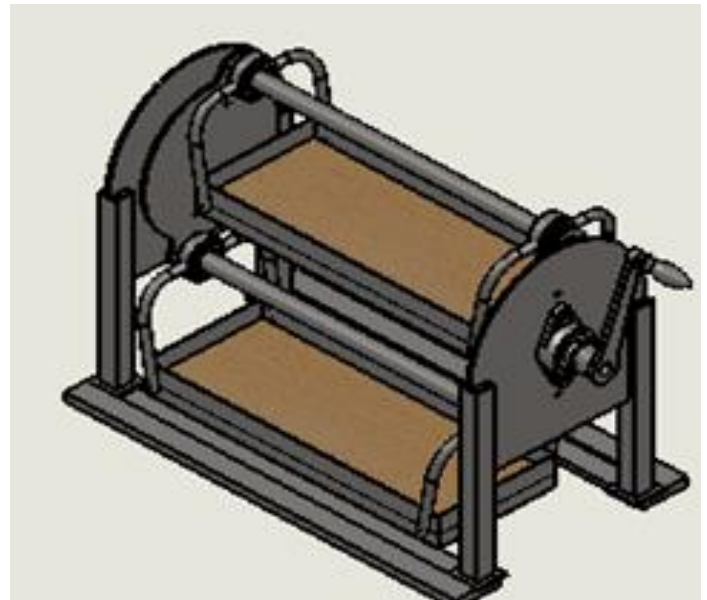


Figura 1. Prototipo secador de café

5. INSTRUMENTACION

- Sensor digital de Humedad relativa y temperatura, manufacturado con estándares industriales con salida digital interface serial, las aplicaciones más comunes son Automatización, estaciones de clima, Humidificadores, procesos de control industrial. Incluye accesorio filtro protector contra agua polvo y otros.
- Resistencias térmicas tubulares en M para calentar las tres camas que estarían en funcionamiento cuando el clima y la humedad, obliguen al sistema.

Tipos de materiales evaluados

Metales:

- **Acero inoxidable 16Cr-2Ni** Tiene una resistencia mecánica de 80 Kg/mm³. Alto costo
- **HIERRO** El peso específico del hierro es de 7.8 g/cm³
- **ALUMINIO Serie 6000:** se utilizan el silicio y el magnesio. Con un tratamiento T6 alcanza una resistencia de 290 MPa, apta para perfiles y estructuras.

Maderas:

- **SERBAL (Peso específico: 0,70 g/cm3)**
- **SIPO (Peso específico: 0,55 a 0,70 g/cm3)**
- **TATAJUBA (Peso específico: 0,82g/cm3)**
- **TECA (Peso específico: 0,61 a 0,69 g/cm3)**
- **TEJO (Peso específico: 0,69 g/cm3)**
- **ZEBRANO (Peso específico: 0,79g/cm3)**

| Especie | Medellin | | Barranquilla | | Bogotá | | Segmento principal |
|-------------------|--|---|--|---|--|---|--|
| | COL\$/m ³ compra de bloques | COL\$/m ³ venta madera aserrada y seca | COL\$/m ³ compra de bloques | COL\$/m ³ venta madera aserrada y seca | COL\$/m ³ compra de bloques | COL\$/m ³ madera aserrada y seca | |
| Abarco de 3 m** | 564,000 | 951,000 | 537,000 | 883,200 | 733,260 | 1,497,850 | Construcción-R (estructural) |
| Abarco de 4 m** | 562,000 | 971,000 | | | 2,333,100 | 4,349,000 | Construcción-R (estructural) |
| Cedro | 577,200 | 974,820 | 446,000 | 682,640 | 574,390 | 1,031,000 | Muebles |
| Cedro amargo | 412,800 | 720,000 | | | | | Muebles |
| Roble | 517,750 | 871,200 | 366,800 | 625,000 | 395,500 | 756,600 | Muebles |
| Teca** | 1,098,000 | 1,618,000 | 773,800 | 975,200 | 658,300 | 1,041,600 | Muebles |
| Moho* | 328,300 | 636,500 | | | 348,170 | 567,789 | Muebles |
| Nogal cafetero* | 328,300 | 636,500 | | | 417,804 | 681,021 | Muebles |
| Algarrobo | 636,000 | 984,720 | | | 704,400 | 1,265,150 | Carpintería (pisos) |
| Bálsamo | 631,720 | 924,000 | 593,600 | 3,000,000 | 696,970 | 1,237,730 | Carpintería (pisos) |
| Pino pátula | | | | | 241,643 | 499,950 | Embalajes (estibas), muebles y carpintería (machimbre) |
| Ciprés (molduras) | | | | | 283,305 | | Muebles y carpintería |
| Chingale* | 268,000 | 515,900 | | | 325,634 | 540,746 | Carpintería (molduras) |

Fuente: Encuesta de Econometría practicada en junio de 2005 para el PCF.

Figura 2. Costos de las maderas evaluadas

Material escogido para las camas

TECA

- Sólida de fibra compacta y de secado lento.
- La madera de teca es fina y dura; fácil de trabajar, secar y preservar; su durabilidad natural es buena y tiene buena estabilidad dimensional.
- No es corrosiva, tiene resistencia a las termitas, los hongos y a la intemperie es prácticamente insensible a la humedad y a los insectos.
- Tiene un aceite antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de diversos organismos
- La madera de teca es ampliamente utilizada en construcciones navales, puentes, muebles, madera de parques y duelas utilizadas en la fabricación de barriles para guardar productos químicos, y aparatos científicos entre otros usos.

5.1. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

| SEMANA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Realizar cálculos para hallar las fuerzas que intervienen en el proceso con la sugerencia de los expertos. | X | | | | | | | |
| Seleccionar los engranajes y eslabones de cadenas para el funcionamiento eficiente del mecanismo. | | X | X | X | | | | |
| Elaborar el estudio de fuerzas y viabilidad de materiales en el programa Solid Works | | | | | X | | | |
| Evaluar el presupuesto del prototipo | | | | | | X | | |
| Realizar un análisis de ventajas y desventajas para la incorporación real del prototipo en la agroindustria | | | | | | | X | |
| Presentación final del proyecto | | | | | | | | X |

6. CONCLUSIONES

- Es importante tener en cuenta los cálculos matemáticos de las fuerzas que interactúan en el sistema para la elección correcta de los diferentes materiales a utilizar, como los engranajes, correas, bases importantes para la estabilidad del prototipo.
- Es necesario evaluar la viabilidad con distintos tipos de materiales de construcción ya que podemos realizar un prototipo eficiente y económico.

7. REFERENCIAS

- [1] Bowman till Lean Six Sigma for serice, Autor George Michael. Copynght 2003 McGraw-Hill Companies
- [2] Manual de Enfenamiento Black Belt, George Group 2007
- [3] Combustión e CombustiblesL íquidos. Dr. Ine. E. Brizuela- Ing. I.C.Loza.2 001,
- [4] *Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 60, Issue 3, March 1995, Pages 167-173*
P.A. Berbert, D.M. Queiroz, J.S. Silva, J.B.Pinheiro Filho