

Prototipo secador rotatorio de café especiales alimentado con energía solar, aplicado a una finca cafetera en el municipio Arboleda del corregimiento de Santa Marta-Nariño (Resumen Analítico)

Prototype of a solar-powered rotary coffee dryer for specialty coffees, applied to a coffee farm in the Arboleda municipality of the Santa Marta district in Nariño. (Analytical Summary)

Autores (*Authors*): CESAR ALEJANDRO INSUASTY CAMPAÑA, BRANDON FELIPE BASTIDAS BASTIDAS

Facultad (*Faculty*): de INGENIERIA MECATRONICA

Programa (*Program*): INGENIERIA

Asesor (*Support*): MSC FABIO CAMILO GOMEZ

Fecha de terminación del estudio (*End of the research*): MAYO-2024

Modalidad de Investigación (*Kind of research*): Trabajo de Grado

PALABRAS CLAVE

Secador
rotatorio
Café
Control
Flujo de aire
Temperatura
Humedad
Solar

KEY WORDS

Rotary dryer
Coffee
Control
Airflow
Temperature
Humidity
Solar

RESUMEN: El proyecto propone desarrollar un prototipo de secador rotatorio de café especial alimentado con energía solar, aplicado a una finca cafetera en el municipio Arboleda del corregimiento de Santa Marta-Nariño, con el objetivo de optimizar el proceso de secado del café, mejorando la calidad del producto final y reduciendo los costos. Mediante la identificación de las condiciones de secado, el diseño del prototipo utilizando software de modelado y simulación, y el desarrollo de un sistema de control con programación PID, se busca estandarizar el secado controlando variables como temperatura, humedad y flujo de aire. Este enfoque sostenible y renovable supera las limitaciones de las tecnologías tradicionales, que dependen de las condiciones atmosféricas y resultan en productos de calidad

variable, además de ser costosos y poco eficientes. La implementación del secador garantiza un rendimiento óptimo, mejora la calidad del café y reduce los costos de producción, aumentando la competitividad de los productores locales y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles.

ABSTRACT: *The project proposes to develop a prototype of a solar-powered rotary dryer for specialty coffee, applied to a coffee farm in the Arboleda municipality of the Santa Marta district in Nariño. The aim is to optimize the coffee drying process, improve the quality of the final product, and reduce costs. By identifying the drying conditions, designing the prototype using modeling and simulation software, and developing a control system with PID programming, the goal is to standardize the drying process by controlling variables such as temperature, humidity, and airflow. This sustainable and renewable approach overcomes the limitations of traditional technologies that depend on atmospheric conditions, resulting in variable quality products, and are costly and inefficient. The implementation of the dryer ensures optimal performance, improves coffee quality, and reduces production costs, increasing the competitiveness of local producers and promoting more sustainable agricultural practices.*

CONCLUSIONES: El desarrollo del prototipo de secador rotatorio para cafés especiales alimentado con energía solar ha cumplido satisfactoriamente con todos los objetivos del proyecto. Se logró identificar los requerimientos necesarios, diseñar y construir el prototipo, y verificar su funcionamiento mediante pruebas en la finca Ortiz del municipio Arboleda, corregimiento de Santa Marta, Nariño.

El diseño y la construcción del prototipo, utilizando evaluaciones energéticas y simulaciones 3D, aseguraron que el sistema fuera eficiente y adecuado para las condiciones específicas de la finca. La integración de un sistema de control con programación PID permitió un manejo preciso de las variables críticas del secado, como la temperatura, la humedad y el flujo de aire. Las pruebas de funcionamiento del prototipo confirmaron su efectividad, validando el flujo de aire y la precisión de la temperatura, y demostrando que el secador rotatorio cumple con las expectativas de un secado homogéneo y eficiente.

Además, las evaluaciones de la eficiencia del secado a diferentes velocidades de rotación mostraron que a velocidades más bajas el secado del café es más eficiente. A esta velocidad, hay una mejor transferencia de calor al café y el aire se calienta más rápido, permitiendo un secado más rápido y uniforme. En cambio, a velocidades más altas, el tiempo de contacto reducido implica una distribución del calor menos efectiva, retardando el proceso de deshumidificación.

La adopción de energía solar como fuente de alimentación para el secador ha minimizado el impacto ambiental del proceso. La reducción en el consumo energético y la utilización eficiente de recursos naturales contribuyen a una operación más sostenible y ecológica. Mientras que el secado convencional del café puede llevar de tres a siete días, el prototipo reduce este tiempo a aproximadamente seis horas, logrando un secado más rápido y uniforme.

CONCLUSIONES: *The development of the solar-powered rotary dryer prototype for specialty coffee has satisfactorily met all the project's objectives. The necessary requirements were identified, the prototype was designed and built, and its functionality was verified through tests at the Ortiz farm in the Arboleda municipality, Santa Marta district, Nariño.*

The design and construction of the prototype, using energy evaluations and 3D simulations, ensured that the system was efficient and suitable for the specific conditions of the farm. The integration of a control system with PID programming allowed precise management of critical drying variables such as temperature, humidity, and airflow. The prototype's performance tests confirmed its effectiveness, validating the airflow and temperature accuracy, and demonstrating that the rotary dryer meets expectations for uniform and efficient drying.

Additionally, evaluations of drying efficiency at different rotation speeds showed that lower speeds resulted in more efficient coffee drying. At this speed, there is better heat transfer to the coffee, and the air heats up faster, allowing for quicker and more uniform drying. In contrast, at higher speeds, the reduced contact time implies less effective heat distribution, slowing down the dehumidification process.

The adoption of solar energy as a power source for the dryer has minimized the environmental impact of the process. The reduction in energy consumption and efficient use of natural resources contribute to a more sustainable and eco-friendly operation. While conventional coffee drying can take from three to seven days, the prototype reduces this time to approximately six hours, achieving faster and more uniform drying.

RECOMENDACIONES: Para optimizar el funcionamiento del prototipo de secador rotatorio de café especial alimentado con energía solar, es fundamental realizar varias mejoras basadas en los resultados obtenidos y las observaciones realizadas durante el desarrollo y las pruebas del proyecto. Aunque se realizaron algunas pruebas en el corregimiento, es importante tener en cuenta que los paneles solares pueden no funcionar de la misma manera en todos los lugares debido a las variaciones en la radiación solar. Por lo tanto, es crucial completar la instalación de los paneles solares siguiendo los cálculos y las conexiones detalladas en el proyecto. La implementación de este sistema garantizará que el secador opere de manera completamente sostenible y autónoma, aprovechando al máximo los recursos renovables disponibles.

Además, se recomienda mejorar las partes cilíndricas del prototipo para optimizar la rotación del secador. Un mejor diseño y construcción de estas piezas permitirán una transferencia de calor más eficiente y una uniformidad superior en el secado del café. Esto no solo mejorará la calidad del producto final, sino que también reducirá el tiempo y los costos operativos.

La parte electrónica del prototipo también necesita refinamientos, especialmente en lo que respecta a la seguridad del circuito. Mejorar las medidas de seguridad garantizará una operación más segura y confiable del secador. Aunque la interfaz del sistema es adecuada, pequeños ajustes pueden facilitar aún más el control y monitoreo de variables críticas como la temperatura y el flujo de aire, resultando en un manejo más eficiente y efectivo del proceso de secado.

Se recomienda realizar futuras investigaciones para optimizar aún más el sistema de control de temperatura y explorar la integración de otras fuentes de energía renovable, lo que podría mejorar la eficiencia y sostenibilidad del proceso de secado. La implementación de este prototipo no solo ha mejorado la calidad del café y reducido los costos de producción, sino que también ha aumentado la competitividad de los productores locales y promovido prácticas agrícolas más sostenibles.

RECOMMENDATIONS: *To optimize the performance of the solar-powered rotary dryer prototype for specialty coffee, it is essential to make several improvements based on the results obtained and the observations made during the project's development and testing. Although some tests were conducted in the district, it is important to note that solar panels may not function the same way in all locations due to variations in solar radiation. Therefore, it is crucial to complete the installation of the solar panels following the calculations and connections detailed in the project. Implementing this system will ensure that the dryer operates in a fully sustainable and autonomous manner, making the most of the available renewable resources.*

Additionally, it is recommended to improve the cylindrical parts of the prototype to optimize the dryer's rotation. A better design and construction of these parts will allow for more efficient heat transfer and superior uniformity in coffee drying. This will not only enhance the quality of the final product but also reduce operational time and costs.

The electronic part of the prototype also needs refinements, especially regarding circuit safety. Enhancing safety measures will ensure a safer and more reliable operation of the dryer. Although the system interface is adequate, minor adjustments can further facilitate the control and monitoring of critical variables such as temperature and airflow, resulting in a more efficient and effective management of the drying process.

Future research is recommended to further optimize the temperature control system and explore the integration of other renewable energy sources, which could improve the efficiency and sustainability of the drying process. The implementation of this prototype has not only improved coffee quality and reduced production costs but also increased the competitiveness of local producers and promoted more sustainable agricultural practices