

IMPLEMENTACION del secado mecánico de café en carros secadores

OSCAR BUITRAGO BERMUDEZ

Ingeniero Agrícola

JULIO E. OSPINA M.

Ingeniero Agrícola Msc. Profesor Asociado

Dpto. de Ing. Agrícola. Universidad Nacional de Colombia

JOSE ALVAREZ G.

Ingeniero Agrónomo

Investigador del Centro Nacional de Investigaciones de Café

RESUMEN

Con el objetivo de presentar una nueva alternativa de secado a los pequeños y medianos caficultores, se desarrolló un secador mecánico de capa fija, a partir de un secador solar de tradicional uso en la zona cafetera denominado carro secador, el cual consta de dos a cuatro plataformas de secado, un entramado de soporte y desplazamiento de las plataformas y un techo de teja de zinc para resguardarlas en caso de lluvia.

Se hicieron las modificaciones necesarias para convertir el carro secador en un secador mecánico, se tuvo en cuenta que el secador pudiera seguirse usando como secador solar, se realizaron seis pruebas de secado, en las cuales se midieron variables del grano, del aire y del secador. La uniformidad del contenido de humedad final del grano se determinó comparando muestras tomadas en las plataformas y después de empacado el grano.

De la evaluación del equipo se hicieron las siguientes deducciones:

- Cada una de las partes acondicionadas al carro funcionaron satisfactoriamente. No se presentaron fugas de aire caliente.
- El consumo de combustible del quemador de olla fue 0.239 y 0.275 L. kg^{-1} café pergamino seco (c.p.s.)
- El caudal de aire aumentó al final del secado alrededor del 90%, debido a la disminución continua del espesor de la capa de grano.
- Los consumos energéticos del secador estuvieron 4500 y 7000 kJ.kg^{-1} c.p.s.
- El contenido de humedad final del grano fue uniforme, con coeficientes de variación cercanos al 10%.

El beneficio de café en Colombia se realiza por vía húmeda; cuando el café cereza llega al beneficiadero su contenido de humedad está alrededor del 67%b.h.; durante el beneficio la cereza es sometida a diferentes transformaciones, comenzando por el despulpado, mediante el cual le es retirado el epicarpio o pulpa; seguido a esto se inicia el proceso de fermentación en donde es desprendido el mesocarpio o mucílago; para remover los residuos de la fermentación el grano es sometido al lavado, etapa de la que sale con un contenido de humedad cercano al 55%b.h., la reduc-

ción de esa humedad a niveles establecidos para la comercialización del grano, 10 a 12%b.h, se hace mediante el secado, proceso que se puede realizar natural o artificialmente. El secado natural de café es operativamente factible en fincas con producciones inferiores a 1000@ de café pergamino seco (c.p.s.) por año y es realizado extendiendo una capa de grano de 3.5 cm. en paseras, patios, elbas, casaelbas o carro secadores. Para que el contenido de humedad del grano esté entre 10 a 12%b.h., se requieren de 40 a 50 horas de sol con condiciones climáticas adecuadas y movi-

miento frecuente del grano^{5, 6 y 7}. Aunque el secado natural de café presenta los mejores resultados de calidad del grano, está siendo desplazado por el secado artificial, debido al aumento del volumen de las cosechas como consecuencia de la implantación de nuevas técnicas de cultivo y variedades mejoradas.

El secado artificial de café se realiza en sistemas constituidos por una fuente de calor, un intercambiador de calor, un ventilador y un secador con uno o más compartimientos con piso de malla sobre el cual es depositado el grano. Este sistema de secado satisface producciones superiores a las 2000@ de café pergamino seco (c.p.s.) por año. Según Valencia¹⁵, para fincas con producciones entre 2000 y 3000@ c.p.s. por año se requiere de un secador con una capacidad de 80 @ c.p.s. por tanda, sin embargo, la encuesta sobre beneficio realizada por la subgerencia técnica de FEDERACAFE⁸, deja ver que en fincas con producciones entre 1000 y 3000@ de c.p.s. por año, la capacidad promedio de los equipos de secado artificial es 117 @ c.p.s. por tanda. Se requiere de alternativas de secado mecánico acordes con la producción de las fincas medianas y pequeñas, teniendo en cuenta que satisfagan la necesidad de secar el grano en menor espacio y tiempo que los utilizados por el secado solar y con mayor facilidad de manejo y reducción de pérdidas. El secado mecánico de café más utilizado en Colombia es el de capa fija o estática y se efectúa forzando un caudal de aire, entre 60 y 80 m³.min⁻¹.ton.⁻¹c.p.s, previamente calentado a una temperatura de aproximadamente 50°C, a través de una capa de grano cuyo espesor varía entre 0.40 y 0.80m⁵. Entre los secadores estáticos para café el más recomendado es el silo secador CENICAFE, el cual está provisto de dos cámaras de secado, denominadas comúnmente de secado y presecado^{5 y 6}. La inversión del flujo de aire disminuye las elevadas diferencias de humedad que pueden encontrarse entre la parte inferior y la parte superior de la capa de grano, Boyce² y Ospina¹³, reportan, para secado con flujo en una dirección, diferencias de hasta 13 puntos, en tanto que con la inversión del flujo esta diferencia puede reducirse a 4 puntos¹³. Los parámetros que influyen en el secado estático de café son: el espesor de la capa de grano, el flujo de aire, la temperatura de secado y el contenido de humedad inicial del grano^{3 y 19}.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un secador mecánico de capa fija para pequeños y medianos caficultores, con capacidad alrededor de 60@ c.p.s., a partir de un secador solar de carros. El secador solar de carros está constituido por varias plataformas de secado dispuestas una sobre otra, soportadas sobre rodachinas que facilitan su desplazamiento para exponer el grano al sol o resguardarlo en caso de lluvia.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en la Subestación **Paraguaito** del CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE "CENICAFE", localizada en el muni-

cipio de Buenavista, Departamento del Quindío. La subestación presenta las siguientes características geográficas: Latitud, 4° 23' N. Longitud, 75° 44' W. Altitud, 1.250m. Presión atmosférica promedio, 86.6kP. Temperatura media, 22°C. Humedad relativa promedio, 77.2%.

Del equipo de secado solar de la subestación **Paraguaito** de CENICAFE, se seleccionó un Carro Secador, figura 1, en el cual se realizaron las modificaciones necesarias para aplicar el secado mecánico.

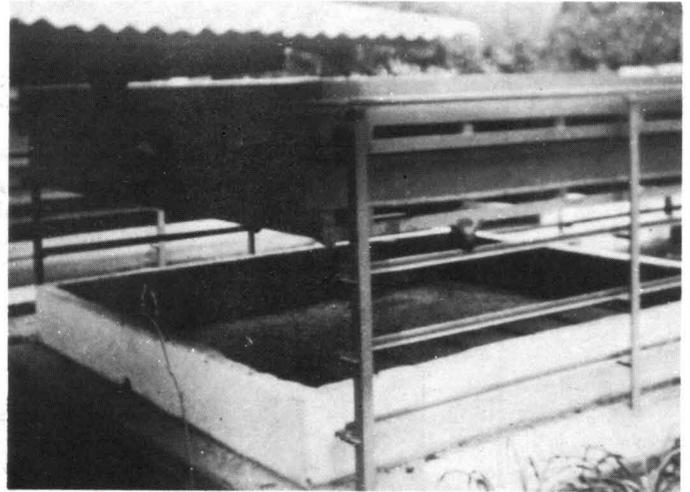


Figura 1. Vista general del carro secador seleccionado para realizar las modificaciones.

Adecuación del carro secador solar a secador mecánico.

El piso de madera de las cuatro plataformas fue reemplazado por anejo cafetero de 4x4 huecos por pulgada cuadrada. Esta malla fue apoyada sobre un entramado de madera construido con vigas, de sección transversal 0.040mx0.08m, colocadas cada 0.45m y viguetas de 0.02mx0.04m colocadas cada 0.45m.

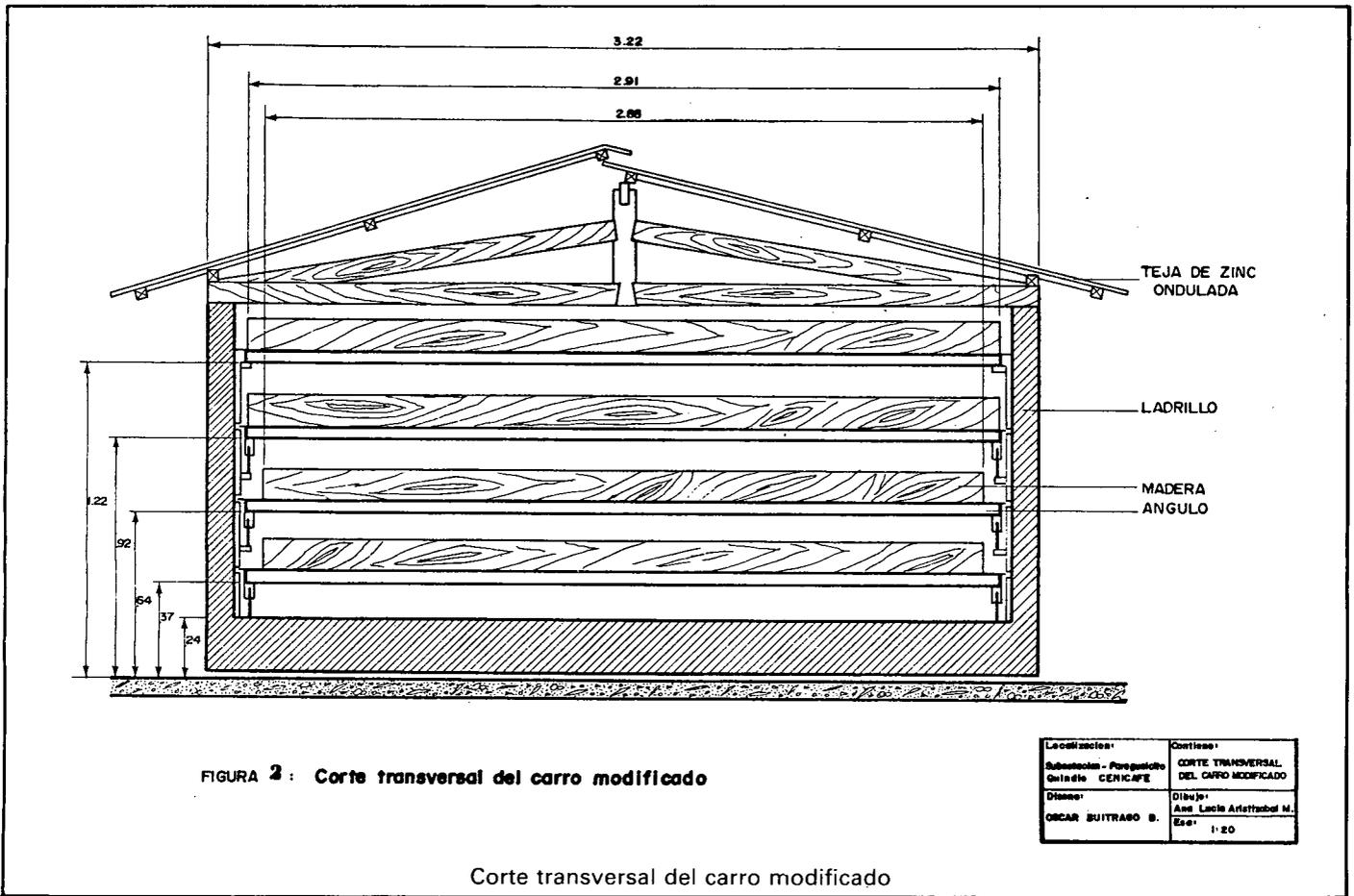
El sellamiento lateral y posterior se realizó mediante la construcción de paredes de ladrillo farol revocadas internamente. En las partes laterales y posterior del marco de cada plataforma fue implementado un sistema sellante para evitar fugas de aire entre la plataforma y las paredes.

El sellamiento frontal del espacio libre entre las plataformas se realizó mediante dos compuertas construidas en lámina calibre 18 y ángulo de 1/8"x1", fijadas por medio de bisagras en el extremo de las paredes laterales, estas compuertas se construyeron con cierre central.

Se construyó un techo de dos alas, con teja de zinc y vigas de madera para facilitar el manejo del café de la plataforma superior. El giro de cada ala del techo se efectuó por medio de cuatro bisagras.

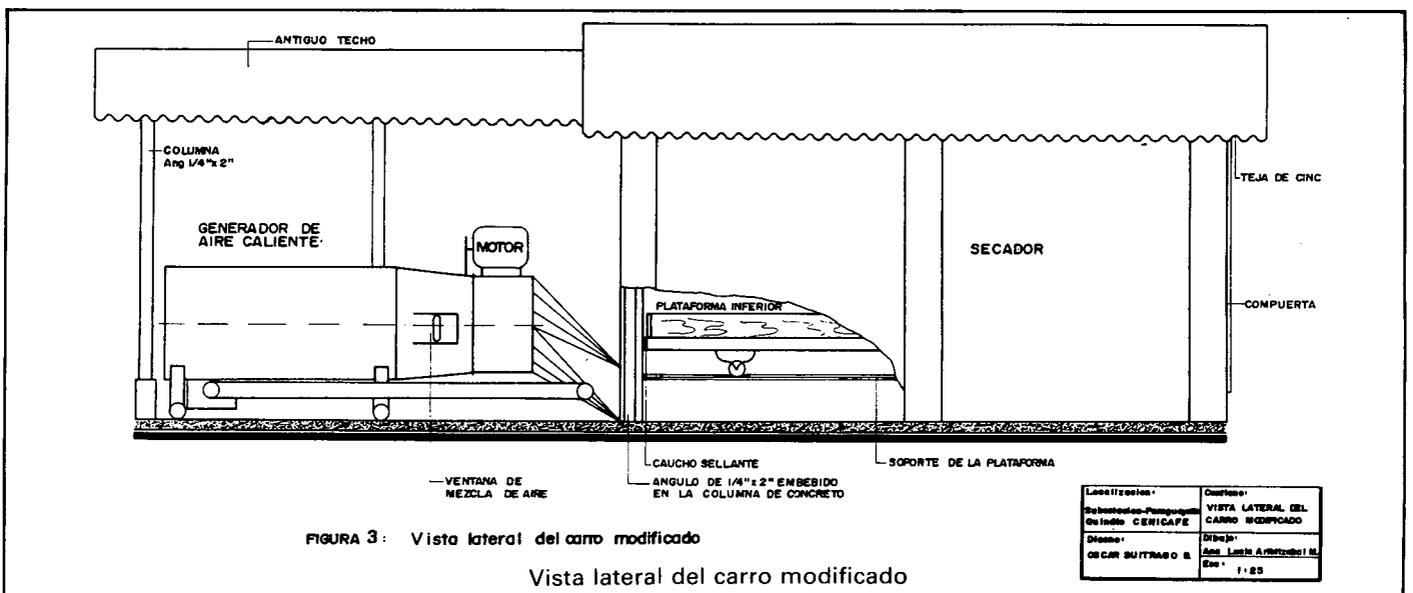
La cámara plenum del secador se formó por el espacio libre entre el anejo de la plataforma inferior y el piso del secador.

La figura 2 muestra un corte transversal del secador.



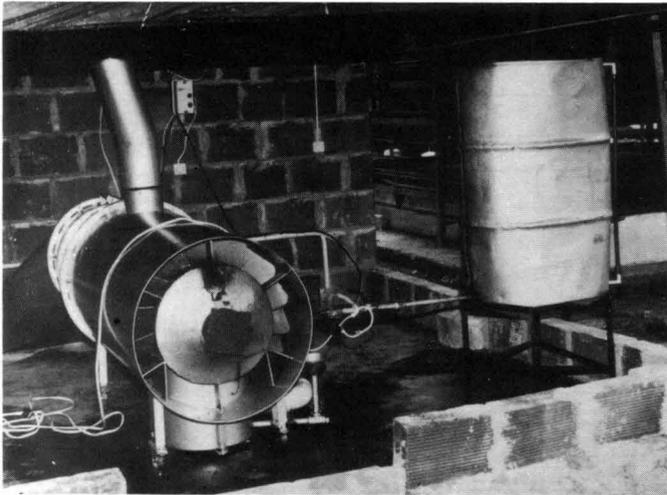
Construida la cámara de secado a partir de los carros secadores, fue adaptado el sistema generador de aire caliente de tipo indirecto y un ventilador. La figura 3, muestra la vista lateral del secador con el sistema

generador de aire caliente acoplado. El calentador de aire de tipo indirecto, constó de un intercambiador de calor horizontal de flujos paralelos y un quemador tipo olla. Ver figura 4.



Se seleccionó un ventilador tipo axial cuyas características generales fueron: Caudal = $1.3\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, caída de presión = $30\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$. (0.31mm . c.a.). Potencia = 0.2kW .

Diámetro = 515mm , ancho = 300mm , tipo de motor = trifásico sin refrigeración, con transmisión de potencia directa.



Vista del equipo generador de aire caliente del carro secador modificado.

Evaluación de Sistema de Secado

Para efectuar la evaluación del secador adaptado se realizaron seis pruebas de secado; se utilizó café variedad Caturra lavado, procedente de la subestación Paraguaycito, beneficiado por vía húmeda. En estas pruebas se midieron:

Variables de grano, variables del aire, variables del secador, uso de la energía y datos de desempeño.

El café recién lavado se distribuyó uniformemente en cada plataforma con un espesor aproximado de 0.06m. Se usó la temperatura de aire de secado de 50°C recomendada por FEDERACAFE⁵.

A intervalos de cuatro horas se tomaron muestras de grano de cinco puntos distintos en cada plataforma, para verificar el contenido de humedad del grano.

Los valores de temperatura y humedad relativa ambientales se tomaron como el promedio de los datos obtenidos de la estación meteorológica, de los días durante los cuales se efectuó cada una de las pruebas.

La temperatura de bulbo seco del aire de secado se registró a intervalos de cuatro horas a la descarga del ventilador, en la cámara plenum y a la salida del aire en el secador. La temperatura de bulbo húmedo del aire de secado se registró a intervalos de cuatro horas en la cámara plenum y a la salida del aire del secador. Estas temperaturas fueron determinadas mediante termómetros de mercurio, marca SILVER-BRANT, sensibilidad $\pm 1^\circ\text{C}$.

La caída de presión, a través de la capa de grano, se midió al inicio de la prueba y a intervalos de cuatro horas, en la cámara plenum, mediante un manómetro inclinado de agua.

El consumo de combustible, se determinó registrando el nivel del líquido en el recipiente que lo contenía, al inicio y al final de cada prueba.

Se confrontó la uniformidad del secado, comparando los contenidos de humedad de las muestras de grano

tomadas de las plataformas al final de cada prueba, con los contenidos de humedad de las muestras tomadas de los bultos de café, parte superior, media e inferior, obtenidos de cada plataforma.

Para determinar los contenidos de humedad de todas las muestras de grano tomadas durante cada prueba, se siguió la metodología establecida por la norma ISO 6673¹¹ (temperatura 105°C /16 horas), utilizando una estufa con ventilación forzada marca BLUE M. (STABIL THERM) y una balanza electrónica de precisión, sensibilidad 0.1mg, marca METTLER.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El secador solar de carros modificado, presentó un comportamiento satisfactorio, obteniéndose buenos resultados en el proceso de secado.

En la tabla 1 se observan las condiciones generales para cada prueba tanto del aire como del grano, así como el tiempo total de secado. Las temperaturas de secado son el promedio de los registros realizados durante cada prueba.

Tabla 1.
Condiciones generales de cada prueba realizada en el secador.

| Prub | T.A. °C | H.R.% | T.S. °C | C.V.% | C.H.I. %b.h. | E.C.G. m. | CAP Kg. | TIEM h. |
|------|------------|-------|------------|-------|-----------------|--------------|------------|------------|
| 1 | 22.8 | 72.0 | 46.4 | 5.96 | 50.98 | 0.24 | 617.5 | 36 |
| 2 | 22.9 | 72.0 | 48.72 | 5.92 | 52.7 | 0.24 | 710.0 | 38 |
| 3 | 22.8 | 74.3 | 49.25 | 7.67 | 54.45 | 0.24 | 672.5 | 36 |
| 4 | 22.8 | 74.0 | 49.6 | 6.8 | 54.2 | 0.24 | 662.5 | 37.5 |
| 5 | 22.7 | 74.5 | 48.36 | 6.28 | 56.3 | 0.24 | 725.0 | 38.5 |
| 6 | 20.75 | 84.3 | 52.08 | 3.76 | 53.5 | 0.20 | 545.0 | 35.5 |

* En esta prueba fueron cargadas las plataformas de secado 2, 3 y 4.

T.A. = temperatura ambiente.

H.R. = humedad relativa ambiental.

T.S. = temperatura de secado promedio con su coeficiente de variación

C.H.I. = contenido de humedad inicial del grano % B.H.

E. C. G. = espesor de la capa de grano.

CAP. = capacidad del secador en kg c.p.s.

TIEM. = tiempo total de secado, h.

Variación del caudal de aire y eficiencia térmica del intercambiador.

Los caudales de aire utilizados en cada prueba, fueron calculados a partir de las ecuaciones de pérdida de presión de Oliveros y Roa¹² en función de la altura de capa de grano y la presión estática medidas durante cada una de las pruebas.

Se observa de la tabla 2, como en una misma prueba de secado los valores de caudal aumentan al final del secado en 97.1% estos incrementos se debieron a que el espesor de la capa de grano fue disminuido en un

25% cada vez que se retiraba del secador una plataforma de secado y a que el grano reduce su resistencia al paso del aire cuando su contenido de humedad se disminuye; los caudales, al inicio del secado, están alrededor del valor utilizado para el cálculo del ventilador, en tanto que los valores a finales del proceso, son del orden de los reportados por Ospina¹³ en la evaluación de un secador CENICAFE de 80 arrobas c.p.s. (cargando una sola cámara, 40 @ c.p.s.). El comportamiento del flujo de aire es igual al del caudal puesto que depende de éste, el mínimo valor de flujo calculado fue 5.23m³.min⁻¹.m⁻² en tanto que el máximo fue 10.42m³.min⁻¹.m⁻². Los flujos de aire son muy inferiores a los recomendados para el secador CENICAFE⁵ y a los reportados por Correa⁴.

La eficiencia térmica del intercambiador, varió en forma ascendente durante cada prueba de secado. En las pruebas 2 y 4 aumentó al final del secado en 96.5 y 97.5% respectivamente. Ver Tabla 2. Los valores de eficiencia del intercambiador al inicio de cada prueba fueron similares a los reportados para equipos de secado de café⁴.

Comportamiento del proceso de secado.

La figura 5, muestra las curvas de secado de la prueba 1, cada punto de éstas es el promedio de cinco muestras tomadas en cada plataforma. Su comportamiento es similar a las curvas de secado obtenidas en un silo secador CENICAFE¹.

De la tabla 3, se deduce que el tiempo de secado para cada plataforma, en las diferentes pruebas, son parecidos, con excepción de la plataforma 3, en donde hay similitud entre los tiempos de las pruebas 1 y 3, (29.5 y 32 horas) y difieren para las pruebas 2 y 5 (36 horas), esto se debió a que en la prueba 1 y 3 el secador fue cargado con menor cantidad de grano.

Tabla 3.

Tiempo total de secado para cada plataforma y para cada prueba.

| | | NUMERO DE PRUEBA | | | | | |
|---------|-----------|------------------|------|------|-------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4* | 5 | 6** |
| Plataf. | Tiempo h. | | | | | | |
| 1 | | 23.5 | 24.0 | 23.5 | — | 24.0 | 23.0 |
| 2 | | 28.0 | 27.0 | 28.0 | 23.75 | 27.5 | 26.5 |
| 3 | | 29.5 | 36.0 | 32.0 | 32.5 | 36.0 | 30.5 |
| 4 | | 36.0 | 38.0 | 36.0 | 37.5 | 38.5 | 35.5 |

* En esta prueba no fue cargada la plataforma inferior.
 ** En esta prueba el espesor de la capa de grano fue 0.20m.

En la tabla 4, se muestran los resultados promedios de los contenidos de humedad finales obtenidos en cada plataforma con sus respectivos coeficientes de variación (muestreo A) y los datos obtenidos del muestreo realizado en el café seco y empacado (muestreo B), con su respectivo coeficiente de variación.

Al final del secado se puede obtener grano con contenido de humedad dentro de la norma, establecida para

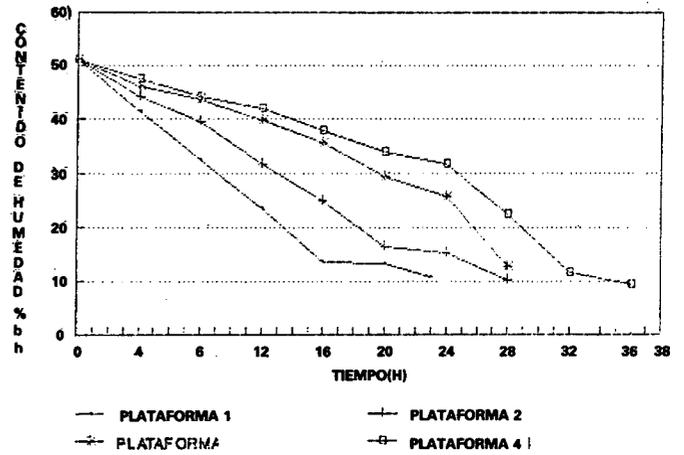


Figura 5. Curvas de secado de la prueba uno.

café pergamino seco. Considerando que el secado se efectúa en una sola dirección, los coeficientes de variación son aceptables e inferiores a los reportados por Ospina¹³, para un secador CENICAFE con flujo en una sola dirección y espesor de capa de grano de 40cm.

Tabla 4. Comparación de los contenidos de humedad final y el muestreo en los bultos.

| Plataf. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| Prueba | C.H.% | C.V.% | C.H.% | C.V.% |
| 1 | 10.8 | 3.2 | 10.3 | 6.1 |
| | 10.9 | 6.0 | 9.5 | 9.9 |
| 2 | 11.4 | 9.8 | 10.9 | 8.8 |
| | 10.5 | 9.9 | 10.16 | 6.9 |
| 3 | 8.1 | 8.8 | 8.24 | 4.9 |
| | 10.6 | 8.2 | 10.9 | 1.5 |
| 4 | 8.2 | 5.6 | 8.34 | 5.9 |
| | 10.9 | 7.6 | 12.1 | 5.9 |
| 5 | 8.22 | 8.8 | 12.54 | 1.0 |
| | 10.16 | 3.0 | 10.16 | 3.0 |
| 6 | 8.4 | 8.9 | 12.5 | 9.3 |
| | 10.35 | 9.5 | 10.35 | 9.5 |
| A | 10.6 | 19.4 | 10.44 | 13.5 |
| | 12.2 | 10.6 | 13.68 | 10.3 |
| B | 9.3 | 8.9 | 9.4 | 10.5 |
| | 11.4 | 11.4 | 15.4 | 11.0 |
| A | 8.4 | 10.6 | 8.3 | 7.0 |
| | 10.1 | 7.5 | 11.8 | 8.4 |
| B | 8.2 | 5.9 | 8.0 | 4.1 |
| | 10.0 | 8.8 | 10.2 | 8.4 |

A = Muestreo realizado al final del secado en cada plataforma.
 B = Muestreo realizado al final del secado en los bultos de café.

Los coeficientes de variación reportados por Ospina¹³ para secado de café en un secador Cenicafe con inversión del flujo de aire están alrededor del 14%;. Los coeficientes de variación hallados para el carro secador mecánico, en la mayoría de los casos estuvieron alrededor del 10%, esto indica una menor variabilidad del contenido de humedad final, lo cual repercute en una mejor calidad del grano por haber mayor uniformidad en el contenido de humedad final y a su vez económicamente favorece al caficultor, ya que no obtiene grano sobresecado.

Desempeño del secador

Los valores de eficiencia térmica global del secador y del secado, la capacidad dinámica y el consumo de combustible para cada prueba son mostrados en la tabla 5. El calor latente de vaporización se calculó a partir de la ecuación de Trejos¹⁴ asumiendo la temperatura del grano igual a la del ambiente; el caudal utilizado para el cálculo de la eficiencia fue el inicial de cada una de las pruebas. La menor eficiencia global se encontró en la prueba sexta, 41.6%, debido a que el caudal de aire con respecto a los caudales con los que se calcularon las demás eficiencias globales fue el mayor, esto disminuyó el tiempo de contacto entre el aire y el grano necesario para efectuar los procesos de transferencias de calor y de masa, además la energía suministrada al aire fue mucho más de la requerida para la vaporización del agua en el grano.

Tabla 5.

Eficiencia térmica global del secador, eficiencia térmica del secado, capacidad dinámica del secador y consumo de combustible por kilogramo de grano procesado.

| PRUEBA | E.T.G. % | E.T.S. KJ.kg ⁻¹ a.e. | C.D.S. kg.h ⁻¹ | CONSUMO L.kg ⁻¹ c.p.s. |
|--------|-------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 51.8 | 4873.4 | 17.2 | 0.269 |
| 2 | 62.7 | 4295.8 | 18.7 | 0.251 |
| 3 | 53.1 | 4712.8 | 18.7 | 0.239 |
| 4 | 56.5 | 4538.2 | 17.7 | 0.269 |
| 5 | 49.5 | 4770.0 | 18.1 | 0.248 |
| 6 | 41.6 | 7004.8 | 15.3 | 0.275 |

El mayor valor de eficiencia térmica global se obtuvo en la segunda prueba, 62.7%, debido a que el flujo de aire del caudal correspondiente fue el menor, de modo que facilitó la interacción grano-aire; la cantidad de agua removida del grano por hora en esta prueba fue

la mayor, con aproximadamente la misma energía suministrada al aire en las demás pruebas. Los valores de eficiencia térmica del secador son calculados como la energía suministrada al aire sobre el agua evaporada desde el grano, estas eficiencias fueron calculadas con el caudal inicial de cada prueba.

Las eficiencias térmicas del secador, son similares a las reportadas para secado de café. La menor de ellas se presentó en la segunda prueba, esto se debió a que la cantidad de agua evaporada fue mayor que en las demás experiencias y con aproximadamente la misma energía suministrada. En la sexta prueba, la eficiencia térmica del secador fue mayor en un 61.3% que la menor eficiencia térmica hallada, debido a que la cantidad de agua evaporada fue menor y la energía que se suministró fue del mismo orden de las demás pruebas. El menor valor de eficiencia térmica encontrado es superior a los reportados por López¹⁰ para un secador intermitente de flujos concurrentes para café en un 15%. Los demás valores con excepción del encontrado en la sexta prueba, son alrededor de un 32% inferiores al reportado por Valencia, citado por Correa⁴ para el secador CENICAFE; en tanto que el dato para la sexta prueba es del mismo orden del reportado para secador CENICAFE⁷. Es de anotar que la menor eficiencia térmica de secador se presentó con la mayor eficiencia global.

Los valores de la capacidad dinámica del secador están cercanos a los de un silo secador CENICAFE DE 60 @. También se puede observar en la tabla 5, que en las pruebas donde se obtuvo la mayor capacidad dinámica, se presentaron los menores consumos de combustible por unidad de grano procesado, esto es lógico puesto que para un mismo equipo de secado, a mayor cantidad de materia prima procesada, menores serán las inversiones requeridas para el proceso. En la sexta prueba el consumo de combustible por kilogramo fue el mayor debido a que se usó la mayor temperatura de secado, se utilizó un menor espesor de capa de grano y a que el contenido de humedad final del grano fue muy bajo.

LITERATURA REVISADA

- ALZATE A., J.G. Optimización del Silo Secador CENICAFE. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1991. (Comunicación personal).
- BOYCE, D.S. Single stage bin drying of skindry. Parchment coffee. Journal of Agricultural Engineering Research, 1964. 9: (1). p75-83.
- BROOKER, D.B.; BAKER-ARKEMA, F.W.; & HALL, C.W. Drying Cereal Grains. Westport, Connecticut. The AVI Publishing Co, 1974. 265p.
- CORREA P., A. Evaluación del secado de café (coffe Arabica) en un secador intermitente de flujos concurrentes. Medellín (Colombia), Universidad Nacional de Colombia, 1987. 258p. (Tesis de grado de Ingeniería Agrícola).
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Disciplina de Ingeniería Agrícola. Curso Básico de Beneficio de café, Chinchiná (Colombia). 1990. 123p.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café. Comité departamental de cafeteros de Caldas. Tecnología del cultivo de café. Manizales (Colombia). 1988. 304-346p.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café. Manual del cafetero colombiano. Chinchiná (Colombia). 1979. 169-180p.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFE. Chinchiná (Colombia). Análisis de la encuesta sobre beneficio y calidades de café. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1984.

9. HALL, C.W. Drying and storage of agricultural crops. Westport, Connecticut. The AVI PUBLISHING COMPANY, INC. 1980. 381p.
10. LOPEZ P., HERMANN. Diseño construcción y evaluación de un secador intermitente de flujos concurrentes para café pergamino. Cali (Colombia). Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, 1987. 190p (Tesis de Ingeniería Mecánica).
11. NORMA I.S.O. Proyecto del normal DIS 6673 DE 05-06. 1982.
12. OLIVEROS T., C.E. & ROA M., G. Pérdidas de presión por el paso del aire a través de café pergamino variedad Caturra, dispuesto a granel. Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná (Colombia). 37(1):23-39P. 1986.
13. OSPINA M., J.E. Informe silo secador CENICAFE. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, Disciplina de Ingeniería Agrícola, 1990. 57p. (Informe final de año sabático).
14. TREJOS R., R.A. Determinación de la humedad de equilibrio y del calor latente de vaporización del café pergamino y trillado. Cali (Colombia), Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia, 1986. 171p. (Tesis de grado de Ingeniería Agrícola).
15. VALENCIA, M.A. Ensayo comparativo de los secadores mecánicos existentes en CENICAFE, Guardíolas, Silos (Belga, Eléctrico y 160 Ladrillos). Informe Anual, Sección de Ingeniería Agrícola, Cenicafé, Chinchiná, Caldas.

Suscríbase a la Revista de
la Facultad de Ingeniería de
la Universidad Nacional.

INGENIERIA E INVESTIGACION



Publicación de cuatro
números al año.

Favor suscribirme a la revista Ingeniería e
Investigación

4 números \$ 8.000.00
8 números \$ 15.000.00

Adjunto cheque _____ Giro postal _____
Nombre _____
Dirección _____
Ciudad _____
País _____

Fax 2225396

Enviar este cupón y cheque o giro postal a:
Fondo Especial Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional
Apartado Aéreo 5885
Santafé de Bogotá, D.C.
Suramérica.