

METODOS Y COSTOS DE DESHIDRATACION

Dr. Mario R. Molina, Ing. Oscar Avendaño

INTRODUCCION

La pulpa de café, es un subproducto del beneficiado del café que está presente en grandes cantidades durante la época de cosecha de este grano; en segundo lugar es un subproducto con un contenido alto de agua (80 a 85%, aproximadamente), y en tercer lugar, el ganadero capaz de utilizarlo en la formulación de sus raciones, no necesariamente es un beneficiario de café y, por ende, tiene que adquirir de éste la pulpa, lo cual sería prohibitivo hacerlo en forma fresca o húmeda debido al alto costo del transporte, ya que estaría transportando principalmente agua. Asimismo, un caso similar sería el del ganadero - que fuese también beneficiador de café, dado que tendría que transportarla del beneficio al sitio de producción ganadera.

En base a los hechos citados arriba no se podría considerar apropiado, en base a costos y posibles contaminaciones microbiológicas, - que la pulpa salga del beneficio de café con destino a la ganadería o a la fábrica de concentrados para el ganadero en forma fresca o con - un contenido de humedad superior a un 15%. Por lo mismo, hemos considerado necesaria una etapa de secado de la pulpa previo a su mercadeo para que éste sea económica y prácticamente factible. Dicha etapa de secado la consideramos necesaria aun cuando la pulpa sea sometida a un proceso de ensilaje u otro similar previo a su mercadeo, dado que procesos de este tipo prácticamente no disminuyen el contenido de humedad total del material en forma significativa. Lógicamente, la tecnología o método de secado a escoger debe incrementar sólo con una forma mínima el costo del producto final.

En la tecnología de alimentos existen numerosos métodos o técnicas de secado aplicables a productos de interés en la alimentación de ganado bovino como granos, pastos y forrajes en general. Sin embargo, la escogencia del método o técnica más adecuada para efectuar el secado de un determinado producto está limitada no solo por el costo

de la operación sino también por las características del producto a ser secado. Dentro de estas últimas tenemos que considerar no solo la facilidad o dificultad con que la pulpa pierde agua (características de secado propiamente) sino también otros parámetros como la capacidad de compactación del material durante el proceso de secado, la cantidad de pulpa seca que se desea producir en un tiempo determinado, etc. Tomando en consideración tanto las características citadas así como el costo de secado, consideramos que los secadores o métodos de secado listados en la Tabla 1 ofrecen un buen potencial para su aplicación comercial en los países centroamericanos.

Otro método de secado o secador comúnmente usado para el caso de granos o materiales similares en la industria de alimentos para animales, como es el secado con aire caliente en recipientes con doble fondo perforado o secador de pila (Figura 1), lo hemos descartado de la presente discusión dada la compactación característica de la pulpa de café, que obligaría a una mayor experimentación con este tipo de secadores para adecuar su diseño a este material en particular. Sin embargo, cabe mencionar que la posibilidad de su uso no debe descartarse sin previa experimentación.

Para proseguir con nuestra discusión, hemos considerado presentar primero en forma individual cada uno de los métodos considerados como factibles para el caso del secado de pulpa de café (Tabla 1), -- para terminar con una discusión comparando dichos métodos. A fin de poder ilustrar cada uno de los métodos y sus costos involucrados sobre una misma base, hemos escogido como una base arbitraria la remoción de 115.000 lbs de agua en 8 horas, base que permitiría el secado de 1,400 qq. de pulpa de café con 85% de agua para la producción de 250qq. de producto con un 10% de humedad. En el caso del secado al sol dicha cantidad de agua a eliminar para obtener la producción mencionada, se calculó por día sol y no 8 horas.

SECADO AL SOL

El secado al sol, tradicionalmente usado para el café en grano, ha tomado como la primera opción para el caso de la pulpa de café. En la Tabla 2 aparece el dato del área requerida para efectuar la operación bajo las condiciones de producción establecidas, para un ambiente de 60 a 65% de humedad relativa. Asimismo, se incluyen los costos de tiempo de secado estimado para la carga total (8 días sol), la carga por metro cuadrado (0.5 qq. de pulpa húmeda), los costos de construcción del patio (con pedrín y cemento) incluyendo el costo del terreno (costos fijos) y los costos operacionales (13 hombres por día).

Como puede apreciarse, la carga de pulpa húmeda en el área total calculada corresponde a 11.200 qq, lo cual representa ocho veces los 1,400 qq. de pulpa fresca prefijados como carga diaria. Esto, considerando los 8 días de sol que llevaría secar la pulpa, nos permite obtener un rendimiento de 250 qq. de pulpa seca por día, dado que el área total se cubriría en 8 días con porciones de 1,400 qq. de pulpa fresca o húmeda por día, y al término del octavo día la primera porción ya estaría seca, y así sucesivamente en los siguientes días de secado.

Como muestran los datos, por este método de secado al sol se necesita un área de secado bastante extensa (22.400 m^2), primordialmente debido al tiempo que toma el efectuar la operación, lo cual hace aparecer una cifra alta de costos de inversión o costos fijos (\$CA112,000.00), cuando se calcula sobre una base de \$CA5.00 por metro cuadrado, incluyendo el valor del terreno (asumido como \$CA0.10/ m^2) materiales y mano de obra. Sin embargo, los costos operacionales, representados por los operarios, aparecen relativamente bajos (\$CA52.00/día para los 13 operarios a \$CA4.00/persona/día), lo que representaría en realidad, en costos operacionales \$CA52.00/250 quintales de producto. Cabe señalar que el área total necesaria para efectuar la operación a un ritmo como el asumido (250 qq. de producto/día),

así como los costos operacionales, se verían afectados por las condiciones ambientales diarias (como lluvia, humedad relativa, temperatura et.) del lugar escogido para el secado. Para el caso del grano de café se han informado tiempos máximos de secado de hasta 15 días, lo cual consideramos se pudiese tomar como el máximo para el caso de la pulpa también.

Asumiendo un tiempo de vida de 10 años para el patio de secado al sol, el costo diario sería de \$CA30.68. Añadiendo a este costo el operacional de mano de obra (\$CA52.00/día), se puede deducir que el costo base, por quintal de producto seco, sería \$CA0.33. El costo por quintal así calculado, bastante crudamente, da a este proceso un gran atractivo económico. Sin embargo, dado el largo tiempo calculado como promedio que toma la operación (8 días), este proceso debe considerarse también en base a la calidad del producto, ya que éste fácilmente puede contaminarse microbiológicamente originando posibles problemas de intoxicación, así como también muy probablemente el proceso no sería capaz de asegurar una calidad general (incluyendo calidad nutricional) uniforme del producto final.

SECADO EN TÚNEL

Los secadores de túnel (Figura 2), como su nombre lo indica, consisten de un túnel dentro del cual circula aire calentado y carros que llevan las bandejas que contienen el material que se desea secar. Existen varios tipos de secadores de esta clase, entre los cuales destacan aquéllos con arreglo en paralelo, en contra-corriente y en contra corriente con recirculación de aire, que se ilustran en la Figura 2. En general, el túnel con arreglo a contra-corriente ha demostrado ser el tipo más eficiente para efectuar esta operación usando esta clase de secadores. Por lo mismo, este tipo se escogió para calcular la operación de secado para pulpa de café. Como se aprecia en la figura, este arreglo consiste básicamente en que los carros, conteniendo las bandejas, viajan en dirección contraria al flujo de aire caliente,

en contra posición con el túnel con arroyo en paralelo en el cual ambos (aire caliente y carros) viajan en la misma dirección. En todos los casos los carros pueden moverse por dispositivos tanto manuales -- como eléctricos o automatizados..

En la Tabla 3 pueden apreciarse los datos de área total de secado, ó área de bandejas, número de túneles totales, costo por túnel y costo total necesario para efectuar el secado de 1,400 qq. de pulpa de café fresca (85% de humedad) en seis horas. Dicho tiempo permite 2 horas laborables diarias para carga y descarga de carros, limpieza de equipos, etc. El cálculo del número de túneles necesarios está basado en túneles comerciales de 6.5 m. de longitud que contienen un total de 7 carros por túnel con 50 bandejas por carro con una área de bandeja de 0.84 m^2 (3 x 3 pies). Las condiciones operacionales tomadas para el cálculo fueron, velocidad del aire= 270 pies/min, temperatura del aire caliente entrante 120 C, y una carga de producto húmedo de 1.5 lb/pie².

Como podemos apreciar en este caso el costo de inversión en equipo (costo fijo) estimado (\$CA48.470.00) es substancialmente inferior -- que en el caso del costo fijo estimado para el secado al sol ----- (\$CA112,000.00). Considerando un tiempo de vida útil del equipo de -- 20 años esto representaría un costo de \$CA0.024 por quintal de producto seco. Este costo incluiría el de depreciación de edificio usado -- en área proporcional al tamaño del secador.

Considerando en los costos operacionales la mano de obra (0.5 hombre por día), el combustible, electricidad, mantenimiento, supervisión y misceláneos (Tabla 4), vemos que cuando el combustible a usar es diesel estos costos operacionales representarían \$CA1.21 por quintal de -- producto seco. Es de notar que el combustible representa un 90.25% de los costos operacionales aquí presentados y calculándolos de nuevo usando una mezcla de 50% diesel y 50% cascabillo de café, los costos operacionales por quintal de producto seco se reducirían virtualmente a --- \$CA0.48.

Considerando luego el costo por quintal de producto seco como la suma de los costos fijos y costos operacionales (aquí presentados bastante crudamente), podemos decir que el quintal de producto saldría a \$CA1.234 usando diesel como combustible y a \$CA0.504 usando una mezcla de 50% diesel y 50% cascabillo de café como combustible.

Puede apreciarse que el costo de \$CA0.504 por quintal de producto seco, aunque ya bastante atractivo, puede reducirse aún más usando mayores proporciones de cascabillo de café, u otro material residual en su defecto, como combustible en substitución del diesel, pudiendo acercarse más al costo por quintal de producto seco calculado para el método de secado al sol (\$CA0.33). No está de más señalar que un método mecánico de secado como el aquí discutido ofrecería la ventaja de obtener un producto de calidad general uniforme, sin los posibles problemas de contaminación microbiológica señalados para el caso del secado al sol.

Utilizando el dispositivo de recirculación de aire (71%) del secador de túnel a contra-corriente permitiría una reducción en los costos operacionales (primordialmente debido a reducción en combustible) del orden de 30%. Calculando costos para esta otra alternativa, el costo del quintal del producto seco, usando una mezcla de 50% diesel y 50% cascabillo de café como combustible, disminuiría de \$CA0.504 a ----- \$CA0.374, haciendo el método aún más atractivo.

SECADO EN TUNEL DE BANDA

En el caso del secador de túnel de banda (Figura 2), el material húmedo se carga sobre una banda transportadora con perforaciones que gira a través de secciones alternas que reciben el flujo de aire caliente de abajo hacia arriba y viceversa. Generalmente, como se muestra en la Figura 2, el material que sale de la banda transportadora cae a otra banda similar que atraviesa las últimas secciones del secador. Este mecanismo permite la mezcla del material para obtener ma-

por eficiencia de secado en las últimas secciones.

En la Tabla 3 se muestran los datos del área total de secado, número de túneles, costos por túnel y costo total necesario para obtener el rendimiento de 250 qq. de pulpa de café seca (10% humedad) en 6 horas. Las 2 horas restantes se dejan, como en el caso del secador de túnel a contra-corriente, para limpieza y mantenimiento del aparato. Las condiciones operacionales tomadas para estos cálculos fueron las mismas que para el caso anterior del secador de túnel con arreglo a contra-corriente.

Como puede apreciarse, el costo de inversión en equipo o costo fijo en este caso (\$CA55,000.00) es superior al calculado para el secador de túnel a contra-corriente (\$CA37,128.00), aunque siempre es considerablemente menor que el calculado para el secado al sol (\$CA112,000.00). Dicho costo, calculando un tiempo de vida de 20 años para el secador, representa un costo real de sobrecarga por quintal de producto seco de \$CA0.04, incluyendo la depreciación de edificio usado, en área proporcional al secador.

Dado que tanto el secador de túnel de banda como el rotatorio presentan básicamente los mismos costos operacionales que el secador de túnel con arreglo a contra-corriente (Tabla 4), podemos apreciar que el costo total de sobrecarga, incluyendo costos fijos y operacionales, por quintal de producto seco representa por este método \$CA0.52 al usar 50% diesel y 50% cascabillo de café (u otro material de desperdicio) como combustible. De nuevo, si aplicamos una recirculación de aire (71%) en este sistema los costos podrían reducirse a \$CA0.39 por quintal de producto seco, haciendo a este método también atractivo desde el punto de vista económico.

SECADO EN HORNO ROTATORIO

El horno rotatorio seleccionado para efectuar el secado de la pulpa de café fue el de tipo Roto-Louvre que aparece en la Figura 2.

Como puede apreciarse, la cámara rotatoria de este secador se carga - en un extremo mediante un tornillo alimentador, cuya velocidad fija - el grado de flujo del material húmedo. La cámara rotatoria posee la inclinación (cuyo ángulo puede ser variado a voluntad) que permite el flujo del material por gravedad hacia la salida del secador. El corte transversal del secador muestra las salientes en el diseño de la - cámara, las cuales permiten una mejor mezcla del material y su separación en partículas pequeñas conforme la cámara gira, todo lo cual ayuda a ofrecer una mejor área superficial en el producto para facilitar la remoción del agua. El aire caliente, por otro lado, entra a la - cámara de secado en toda su extensión de abajo hacia arriba y a lo -- largo.

En la tabla 3 se muestran los datos de área periférica, tiempo - de residencia del material, longitud, diámetro y costo del secador rotatorio tipo Roto-Louvre, calculados para una producción de 250 quin- tales de pulpa de café seca (10% de humedad) en 6 horas, permitiendo, de nuevo, dos horas diarias para limpieza y mantenimiento del equipo. Los datos fueron calculados para una temperatura de aire entrante de 120°C a una velocidad de 270 pies por minuto, condiciones similares a las usadas para el cálculo de los secadores anteriores. Como puede apreciarse, el costo de inversión de este tipo de secador es signifi- cativamente menor que el de cualquiera de los otros previamente discu- tidos. Asumiendo un tipo de vida útil de 15 años para este secador (que pudiera ser de 20 años como en el caso de los anteriores), este equipo representaría \$CA0.024 de sobrecarga en el precio por quintal de producto seco, incluyendo la depreciación del edificio en área proporcional a la utilizada para albergar dicho equipo.

Dado que este equipo representa básicamente los mismos gastos -- operacionales que los mecanizados citados anteriormente. (Tabla 4), po demos deducir, en forma similar a como lo hemos hecho en los casos anteriores, que en este caso la operación de secado representaría ---- \$CA0.505 por quintal de producto seco usando una combinación 50% de-

sol y 50% cascabillo de café como combustible; o bien \$CA0.375 por quintal de producto seco, usando el mismo combustible y aplicando una recirculación de aire al sistema.

Como puede verse, este sistema de secado por horno rotatorio ofrece altas posibilidades de aplicación dado su bajo costo de inversión. Este tipo de horno es ampliamente usado en los sistemas de producción de materiales para la manufactura de alimentos para animales.

CÓMPARACION DE LOS METODOS DE SECADO.

En base a lo discutido anteriormente es nuestra opinión que la mejor forma de efectuar el secado de la pulpa de café es a través de un método de secado mecánico y no usando el secado al sol, debido a que los primeros asegurarían una calidad uniforme del producto, minimizando posibles problemas de contaminación microbiológica o de cualquier otro índole, lo cual no es prevenible ni garantizado por el secado al sol.

De los métodos considerados aquí, creemos que el secador rotatorio es el que ofrece las mayores ventajas primordialmente debido a su baja inversión y a su simplicidad de manejo y funcionamiento continuo. Aun cuando se le compare con el secador de pila con doble fondo perforado (Figura 1), consideramos que el secador rotatorio presenta la ventaja de un funcionamiento continuo y no de tipo "batch" como aquél. Por lo mismo, en el INCAP hemos construido un secador rotatorio piloto, tipo Roto-Louvre, con una capacidad de producción de 200 lbs. secas de pulpa de café por hora.

Debido a que, como se muestra en la Tabla 4, el combustible representa el 90.25% de los costos operacionales en cualesquiera de los secadores mecánicos considerados, estamos concentrando nuestros esfuerzos actuales en el diseño de un quemador que supla la energía ne

cosaría para el secado de la pulpa de café en el secador rotatorio - tipo Roto-Lauvre, única y exclusivamente a partir de residuos agro-industriales. Esto con el fin de disminuir al máximo los gastos operacionales de secado mecánico, que son los que, como he mencionado antes, prácticamente definen el costo por quintal de producto seco.

En suma, podemos decir que el mayor problema en el secado mecánico de un producto como la pulpa de café no reside en el secador sino en el combustible a usarse, para hacer el proceso económicamente factible.

Para ilustración en la Tabla 5 se presenta el poder calorífico - de algunos materiales residuales de agro-industrias comparados con el del diesel, y su potencia calorífica relativa al incrementar su contenido de humedad. Como pueden apreciar, todos los residuos agro-industriales tienen un poder calorífico inferior al diesel, y es tan solo su bajo precio el que hace la diferencia en los costos operacionales. Asimismo, se puede ver la gran conveniencia de que dichos materiales residuales tengan un contenido bajo de humedad cuando se intenta usarlos como combustible, dado que su poder calorífico se ve significativamente mermado cuando el contenido de humedad del material excede de 11%. Es por ello que el residuo agro-industrial intentado como combustible debe estar accesible pero, preferiblemente, en una forma seca de lo contrario tendríamos que contar con una operación de secado previa para este material.

EXPERIMENTACION PENDIENTE

La experimentación que todavía falta para poder ofrecer un sistema y condiciones de secado definidas para la pulpa de café está, al menos en nuestra mente, prácticamente definida. Dicha experimentación pendiente aparece enumerada en la tabla 6.

En primer lugar, consideramos que deben diseñarse quemadores efi

cientes y prácticos para el uso de residuos industriales como combustibles en el secado de la pulpa de café, a través de un secador rotatorio tipo Roto-Louvre.

En segundo lugar, creemos que debe evaluarse el efecto que los gases de combustión de los diferentes materiales de desecho a usarse como combustibles puedan tener sobre la calidad tanto química como nutricional de la pulpa seca. Tampoco debe olvidarse la apariencia del material seco. Si alguno de los gases de combustión tuviese algún efecto no deseable, esto llevaría al diseño de un quemador indirecto que prácticamente no añadiría nada a los costos.

En tercer lugar, se debería proceder a optimizar el proceso de secado en sí, definiendo el tiempo de residencia del material en el secador, etc. a diversas temperaturas operacionales, debido a que, -- como es fácil suponer, el uso de temperaturas altas en el secador permitiría disminuir los costos operacionales por unidad del producto, -- debido al incremento de capacidad de producción.

En cuarto y último lugar, consideramos necesaria la evaluación biológico-nutricional del producto secado a diferentes temperaturas a través del proceso optimizado, ya que en la actualidad no hay datos -- confiables que indiquen el efecto de la temperatura de secado sobre el valor biológico-nutricional de la pulpa de café bajo un proceso -- optimizado.

Cabe señalar que dentro de un proceso optimizado el material a secarse nunca alcanzará la temperatura del aire usado para el secado. Esto presupone que el utilizar una temperatura de aire entrante de -- 120°C para el secado de la pulpa de café, como fue la utilizada para los cálculos presentados en este trabajo, no afectará significativamente el comportamiento biológico del material una vez el proceso sea optimizado. Dicha temperatura de aire entrante (120°C) ya ha mostrado no tener efecto alguno sobre la composición química del producto.

Dentro de la optimización del proceso de secado y la evaluación biológico-nutricional de la pulpa de café incluyo también el uso de aditivos que, como el metabisulfito de sodio, hidróxido de calcio y otros, promuevan buenos resultados y una operación de prensado (o similar) previa al secado, que pudiese reducir el contenido total de humedad del material y con ello posiblemente los costos de secado. La evaluación biológico-nutricional de dicha operación también debe contemplarse.

CONCLUSIONES

En base a lo expuesto en este trabajo se puede concluir que:

- 1.- El secado mecánico de la pulpa de café presenta las mejores ventajas para el procesamiento de este subproducto. Dado que dentro de los secadores considerados, el horno rotatorio tipo Roto-Louvre presenta las mejores características económicas y funcionales, éste parece ser el secador más recomendable.
- 2.- Ya que el combustible representa un 90.25% de los costos operacionales, que a su vez representan del 90.00 al 99.00% de los costos del producto final, el desarrollo de quemadores que utilicen residuos agro-industriales como fuente energética se hace necesario.
- 3.- Es necesario experimentar más para definir la posibilidad de usar eficientemente residuos agro-industriales como fuente energética mediante el diseño de quemadores apropiados; el efecto que los gases de combustión tengan sobre la calidad del producto; la optimización del proceso de secado; y el efecto que la temperatura de secado, en un proceso optimizado, tenga sobre la calidad global de la pulpa de café. La utilización de la pulpa de café en gran escala como alimento para ganado no podrá ser tecnológicamente y económicamente óptima mientras estas experimentaciones no se realicen.

4.- Aun cuando la pulpa de café sufra algún otro proceso en su sitio de producción (como ensilado, etc.), deberá ser socada previo a transportarse al sitio de utilización para la formulación de alimentos para ganado, para que su uso presente un atractivo económico al ganadero.

TABLA 1

MÉTODOS DE SECADO CONSIDERADOS COMO POTENCIALMENTE FACTIBLES PARA EL
SECADO DE PULPA DE CAFÉ

-
1. Secado al Sol
 2. Secador de pila con doble fondo perforado
 3. Socador de tunel
 4. Secador de tunel de banda
 5. Socador rotatorio
-

TABLA 2

DATOS TECNOLÓGICO-ECONÓMICOS DEL SECADO AL SOL PARA UNA PRODUCCIÓN DE
250 QUINTALES DIARIOS DE PULPA DE CAFÉ SECA⁺

Componente	Dato Calculado	Costo (en \$CA)
Carga	50 Lbs. por m ²	
Tiempo de secado ⁺⁺	8 días (promedio)	
Área total	22,400 m ²	
Costo de inversión	----	112,000.00 ⁺⁺⁺⁺
Costos operacionales ⁺⁺⁺	13 Hombres/día	52.00/día ⁺⁺⁺⁺

+ Considerando la pulpa húmeda con un 85% de humedad y el producto seco con 10% de humedad.

++ Datos obtenidos de productores de Anacafé, Guatemala. El dato promedio alto fue usado para estos cálculos.

+++ Solo se consideran costos de operarios, no de mantenimiento, administración, etc.

++++ Considerando un tiempo de vida promedio de 10 años para el patio de secado, estos costos representan una sobrecarga de --- \$CA0.33 por quintal de producto seco.

TABLA 3

DATOS TECNOLÓGICO-ECONÓMICOS DE SECADORES DE TÚNEL, TÚNEL DE BANDA
Y ROTATORIO TIPO ROTO-LOUVRE PARA LA PRODUCCIÓN DE 250 QUINTALES -
DIARIOS DE PULPA DE CAFÉ SECA⁺

Componente	Secador de túnel a contra-corriente	Secador de túnel de banda	Secador rotatorio tipo Roto-Louvre
Carga (lb/pie ²)	1.5	1.5	---
Tiempo de secado (min./carga)	185	25-35	25-35
Área total (pies ²)	6600	294	360
Número de túneles	2	2	---
Longitud (pies)	43	260	19
Diámetro (pies)	---	---	3
Costo unitario (\$CA)	16,564.00	27,500.00	---
Costo total (\$CA) ⁺⁺	37,128.00	55,000.00	28,000.00

* Considerando la pulpa húmeda con un 85% de humedad y la pulpa seca con 10% de humedad y, como condiciones operacionales, velocidad del aire - 270 pies/min promedio a una temperatura de aire entrante de 120°C.

++ Estos costos representan una sobrecarga al precio del producto seco de \$CA0.024, 0.04 y 0.024 en el caso del secador de túnel a contracorriente, de túnel de banda y rotatorio, respectivamente. Dichos secadores considerados con una vida útil de 20, 20 y 15 años, respectivamente.

TAI LA 4

COSTOS OPERACIONALES DE LOS SECADORES DE TUNEL A CONTRACORRIENTE,
TUNEL DE BANDA Y ROTATORIO POR QUINTAL DE PULPA DE CAFÉ SECA*

Componento	Costo (¢CA)	
	Sin recirculación de aire	Con recirculación de aire (71%)
Mano de Obra	0.0338 (2.8) ⁺⁺	0.0338 (3.8)
Electricidad	0.0034 (0.3)	0.0034 (0.4)
Combustible (diesel)	1.0920 (90.2)	0.7640 (86.6)
Mantenimiento	0.0422 (3.5)	0.0422 (4.8)
Supervisión	0.0034 (0.3)	0.0034 (0.4)
Miscelaneos	0.0352 (2.9)	0.0352 (4.0)
TOTAL	1.2100⁺⁺⁺	0.8620⁺⁺⁺

+ Para secado de pulpa de café (85% humedad) a 10% humedad con una temperatura de aire de 120°C.

++ Cifras en paréntesis representan el porcentaje del costo total.

+++ Usando una mezcla de diesel y cascabillo de café (50:50) el costo operacional total por quintal de producto seco puede reducirse a ¢CA0.44 sin recirculación de aire y a ¢CA0.35 usando recirculación.

TABLA 5

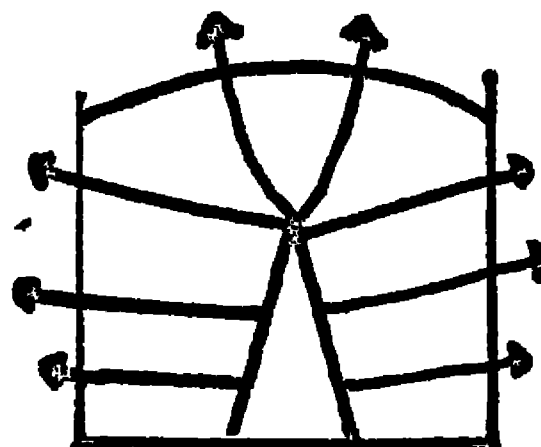
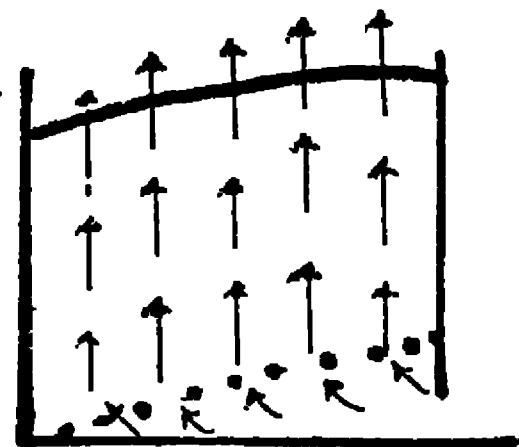
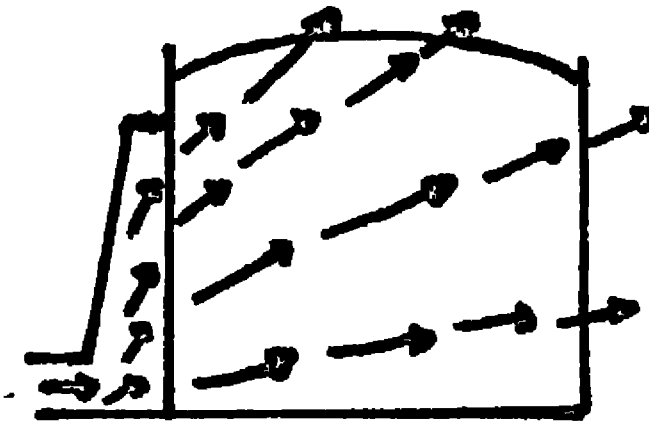
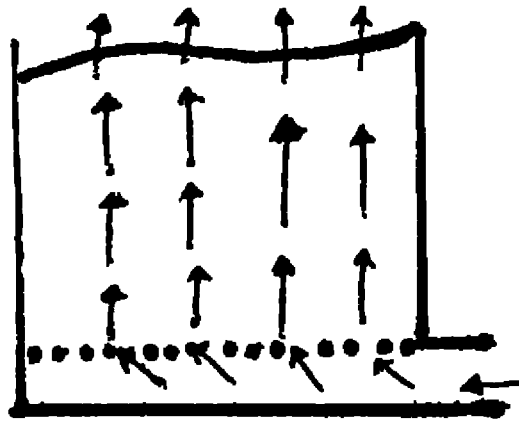
PODER CALORIFICO Y POTENCIA CALORIFICA RELATIVA DE DIVERSOS RESIDUOS
AGRO-INDUSTRIALES A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD

Material	Poder Calorífico (BTU/lb)	HUMEDAD (%)					
		11	20	30	40	50	60
		Potencia Calorífica Relativa					
Diesel	19.000						
Residuos de cudera	6.313	1	0.88	0.75	0.63	0.49	0.36
Residuos de café	5,952	1	0.88	0.75	0.63	0.49	0.36
Residuos de papel	5,772	1	0.88	0.75	0.63	0.49	0.36
Bagazo de Caña	4,510	1	0.88	0.75	0.63	0.49	0.36
Residuos de tabaco	4,149	1	0.88	0.75	0.63	0.49	0.36

EXPERIMENTACION PENDIENTE PREVIO A LA UTILIZACION TECNOLÓGICA Y ECONÓMICAMENTE OPTIMA DE LA PULPA DE CAFÉ POR EL GANADERO.

1. Diseñar quemadores que utilicen residuos agro-industriales como combustible en forma eficiente.
 2. Determinar el efecto de los gases de combustión sobre la calidad del producto.
 3. Optimizar el proceso de secado a diferentes temperaturas en -- función de tiempo de residencia y de tratamientos previos como prensado, aditivos, etc.
 4. Evaluación biológica-nutricional del efecto de la temperatura del secado optimizado sobre la calidad de la pulpa de café para ganado vacuno.
-

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE SECADORES DE PILA CON DOBLE FONDO PERFORADO

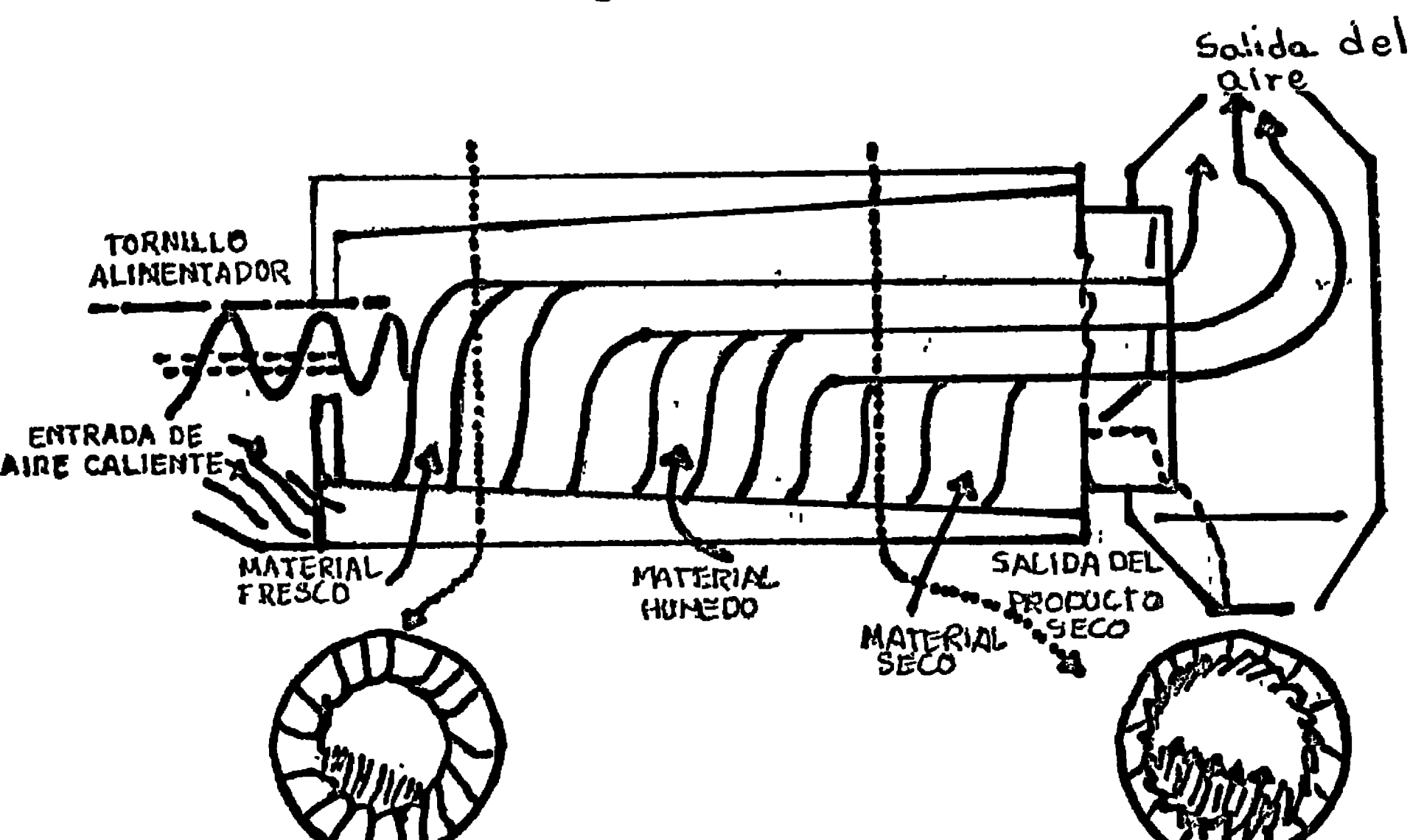


(Henderson y Perry, 1966).

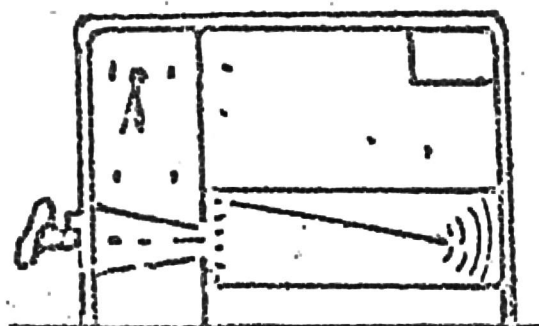
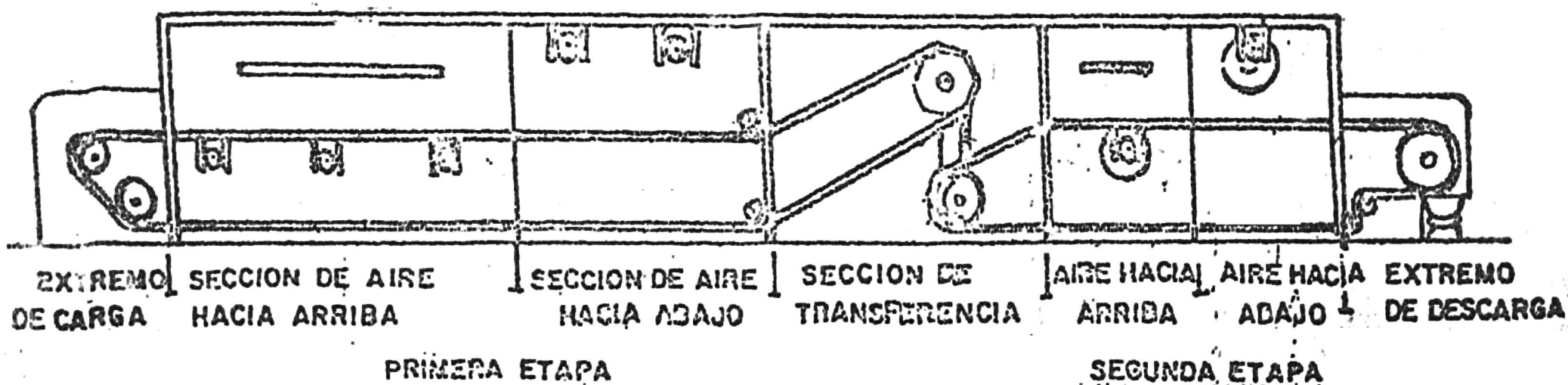
Incap 76-123

SECADOR ROTATORIO ROTO-LOUVRE

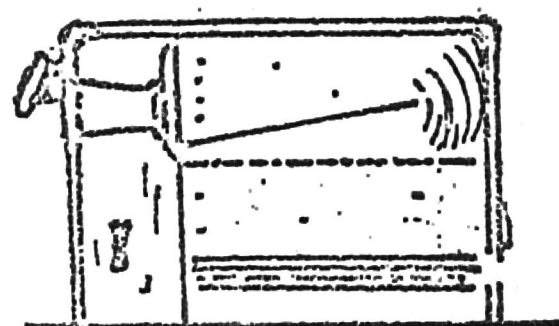
(Catálogo 2511 Link Bolt, 1934)



SECADOR DE TUNEL DE BANDA



SECCION TRANSVERSAL
(AIRE HACIA ARRIBA)

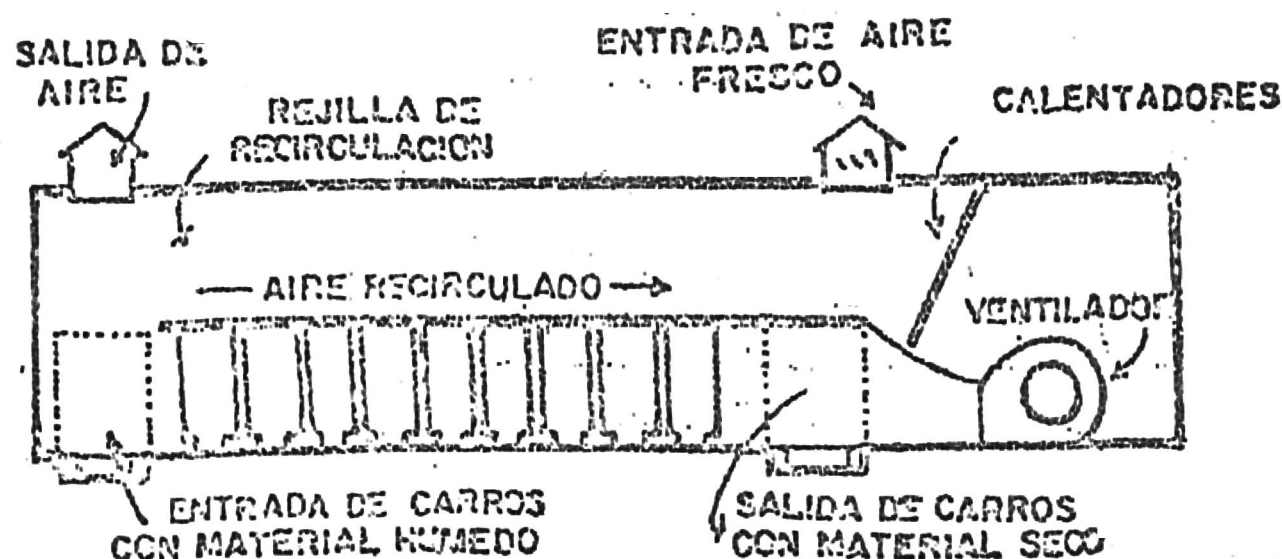
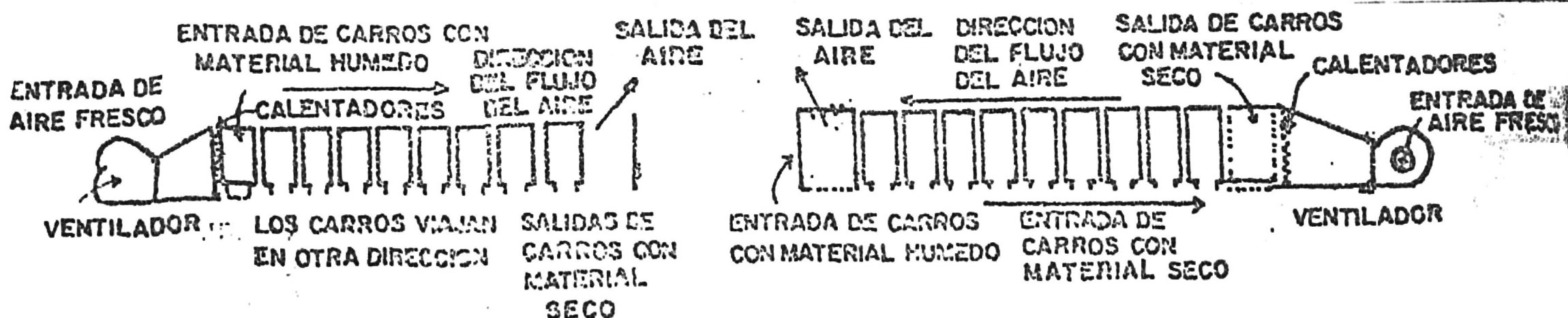


SECCION TRANSVERSAL
(AIRE HACIA ABAJO)

(Van Aradell y Copley, 1964.)

Incap 76-127

SECADOR DE TUNEL EN PARALELO, A CONTRA-CORRIENTE Y A CONTRA-CORRIENTE CON RECIRCULACION DE AIRE



(Van Aradell y Copley, 1964.)

Incap 76-128