

PRINCIPIOS BASICOS DEL SECADO ARTIFICIAL DE FORRAJES*

Hugo Reinel García B.**

1. RESUMEN

El método más antiguo en el campo para la elaboración del heno ha sido el natural, poco recomendable, ya que depende de las condiciones climáticas y además la reducción de la humedad es lenta, con la consecuente disminución de la calidad.

El secado por medio de secadoras mecánicas ha tenido poca aceptación por demandar combustibles costosos y por el desconocimiento de los parámetros de selección, operación y diseño.

Este artículo, presenta los principios básicos del secado en forrajes, así como esos parámetros, enfocando el secado, al empleo de aire natural y energía solar, además de los combustibles tradicionales.

De acuerdo con la cantidad de agua a remover en el secado, se hace énfasis en que es necesario secar parcialmente en el campo hasta 40% de humedad antes de llevar el producto al secador. Aún en estas condiciones el consumo de energía es alto debido al volumen de agua a remover, por lo cual en este trabajo se presentan como alternativas, el uso del aire natural o ligeramente calentado con energía solar, para disminuir los costos del secado. El secado de una tonelada de forraje hasta 15% a partir de 40% de humedad inicial, sirvió como ejemplo para el manejo de ecuaciones, figuras y tablas que permiten la selección y el diseño de los diferentes componentes de una planta de secado.

2. INTRODUCCION

El secado natural en el campo es el método más antiguo de los usados en la elaboración de heno (1). Sin embargo, es poco recomendable por causa de la dependencia de las condiciones climáticas y por la lentitud con que se reduce la humedad del forraje. Raschieri (10) afirma que las pérdidas en la desecación de forraje en el campo, llegan al 30% y en ocasiones pueden ser del 50%.

El secado artificial, por medio de secadoras mecánicas, permite conservar la calidad del forraje, con pérdidas mínimas de materia seca y no depende de las condiciones ambientales. Este secado en nuestro país ha tenido poca difusión debido principalmente a la gran demanda de combustibles costosos, al desconocimiento de los parámetros de selección, operación y diseño de las plantas de secado y porque en la ganadería colombiana han predominado las explotaciones de tipo extensivo.

El objetivo de este artículo es presentar los principios básicos del secado artificial de forrajes, así como los parámetros de diseño, selección y operación de los principales equipos de la planta de secado, enfocando este último hacia el uso del aire natural y de la energía solar, además de los combustibles tradicionales.

* Contribución del Programa de Procesos Agropecuarios de la División de Ingeniería Agrícola del ICA. Tibaitatá, A.A. No. 151123, Bogotá.

** Ingeniero Agrónomo M.Sc. del Programa de Procesos Agropecuarios.

3. ASPECTOS GENERALES DEL SECADO ARTIFICIAL.

Un secador mecánico de forraje se compone básicamente de: a) fuente de calor para elevar la temperatura del aire de secado, b) ventilador para impulsar el aire a través del producto y c) depósito donde se coloca el producto a secar. El consumo de energía, el tamaño del ventilador y del depósito, así como el tiempo de secado, dependen de factores tales como: temperatura, humedad relativa y caudal del aire de secado; variedad, cantidad a secar, madurez, humedad inicial, humedad final, longitud del corte y densidad del forraje (5, 6).

4. TIPOS DE SECADORES.

De acuerdo con la temperatura del aire de secado, los secadores se pueden clasificar en forma general en los de baja y los de alta temperatura. En los primeros, el aire se calienta a una temperatura hasta de 15° C por encima de la del ambiente. Esta categoría comprende aquellos secadores en los cuales se utilizan colectores solares como fuente de calor, y los secadores de aire natural. En los de alta temperatura, el calor del aire de secado está muy relacionada con el tiempo de exposición del forraje y se pueden clasificar en secadores de lotes y de lecho fluido. En los primeros, por la disposición estacionaria del producto, por la profundidad de la capa y por el tiempo prolongado de secado, se recomienda usar aire con temperatura máxima de 85-90° C (5). En los de lecho fluido se pueden usar temperaturas hasta de 500° C, debido a que el tiempo de permanencia del producto en el secador es de pocos segundos (2).

5. NECESIDADES DE ENERGIA PARA EL SECADO.

El consumo de calor en el secado de forraje depende de la masa de agua removida, la cual está determinada por: la cantidad de producto a secar, la humedad inicial y final del forraje y la eficiencia del secador. En la Tabla 1 se muestra la cantidad de agua que debe ser removida para obtener una tonelada de forraje a contenidos finales de humedad de 40%, 25%, 20%, 15% y 10%. Esta tabla se elaboró usando la ecuación 1, mencionada por Henderson (6).

$$E = \frac{(H_1 - H_2) P}{(100 - H_1)} \quad \text{Ec 1}$$

donde:

- E = Cantidad de agua a ser removida, kg.
- H₁ = Humedad inicial del producto, % base húmeda (b.h.).
- H₂ = Humedad final del producto, % b.h.
- P = Peso del producto a la humedad final, kg.

5.1. CALOR TEORICO REQUERIDO PARA EL SECADO.

El calor teórico necesario para evaporar el agua de un producto biológico se puede determinar por medio de la ecuación 2.

$$Q_1 = m_h \cdot L \quad \text{Ec 2}$$

donde:

- Q₁ = Calor teórico necesario para el secado, kcal.
- m_h = Masa de agua a evaporar, kg.
- L = Calor latente de vaporización, kcal/kg.

TABLA 1. Cantidad de agua (kg) a ser removida para obtener una tonelada de forraje a 40%, 25%, 20%, 15% y 10% de humedad final, a partir de diferentes contenidos de humedad inicial.

Humedad inicial (%)	Humedad final				
	40%	25%	20%	15%	10%
75	1.400	2.000	2.200	2.400	2.600
70	1.000	1.500	1.667	1.833	2.000
65	714	1.143	1.286	1.429	1.571
60	500	875	1.000	1.125	1.250
55	333	667	778	889	1.000
50	200	500	600	700	800
45	91	364	455	545	636
40	0	250	333	417	500
35	—	154	231	308	385
30	—	71	143	214	286
25	—	0	67	133	200
20	—	—	0	63	125
15	—	—	—	0	59

El calor latente de vaporización (L) es la cantidad de calor requerida para evaporar una unidad de masa (kg) de agua contenida por el forraje. Depende principalmente de la variedad, contenido de humedad, temperatura y longitud de corte del producto. Entre más bajo sea el contenido de humedad y la temperatura del forraje, mayor será el valor del calor de vaporización. Por la constitución biológica del forraje, se puede suponer que el calor latente de vaporización de éste, es ligeramente superior al del agua libre (540 kcal/kg). Asumiendo un valor promedio de 570 kcal/kg de agua evaporada y con datos de la Tabla 1, el calor teórico requerido para obtener una tonelada de forraje seco al 15% de humedad, cuando era de 75%, es:

$$Q_1 = 2.400 \text{ kg} \times 570 \text{ kcal/kg} = 1'368.000 \text{ kcal}$$

Si el contenido de humedad del forraje al entrar al secador fuera del 40%, el calor necesario sería:

$$Q_1 = 417 \text{ kg} \times 570 \text{ kcal/kg} = 237.690 \text{ kcal}$$

La mayoría de los autores (1, 5, 10) afirman que el forraje pasa de 75% a 40% de humedad en uno o dos días de secado en el campo, ahorrándose gran cantidad de energía. Según Raschieri (10), aunque el forraje reciba lluvia, antes de llegar al 40% de humedad, no se deteriora y en el caso de la alfalfa, las hojas comienzan a desprenderse cuando el contenido de humedad es inferior al 35%. Hall (5) menciona que para que el secado artificial de forraje resulte económico, sólo deben considerarse contenidos de humedad iniciales cercanos al 40%.

5.2. CALOR REAL REQUERIDO PARA EL SECADO.

Como la eficiencia del aire de secado es menor del 100%, el calor que se necesita en la práctica es mayor que el valor teórico. Por ejemplo, para obtener una tonelada de forraje al 15% de humedad, partiendo del 40%, teóricamente son necesarias 237.690 kcal, pero si la eficiencia es del 75%, el calor que debe llevar el aire de secado (Q_2) es:

$$Q_2 = \frac{237.690}{0,75} \text{ kcal} = 316.920 \text{ kcal}$$

Conocido Q_2 , es posible calcular la masa de aire (m_a) necesaria para obtener el secado del forraje por la ecuación:

$$m_a = \frac{Q_2}{C_p \cdot \Delta t} \quad \text{Ec 3}$$

donde:

$$C_p = \text{Calor específico del aire, kcal.kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$$

$$\Delta t = \text{Incremento de temperatura, °C}$$

Para el ejemplo en mención, considerando la temperatura del aire ambiente en 15°C y la del aire de secado en 85°C, el C_p en 0,24 kcal.kg⁻¹ . °C⁻¹ y el calor a transferir de 316.920 kcal, la masa de aire será de:

$$m_a = \frac{316.920}{0,24 \cdot 70} = 18.864 \text{ kg aire}$$

5.3. DETERMINACION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

En el secado a alta temperatura, una vez se ha determinado Q_2 el siguiente paso en la caracterización del secador es determinar el consumo de combustible. Este depende principalmente, además del calor necesario, de: el tipo de quemador a emplear, la clase de combustible y la eficiencia del quemador. Los quemadores se clasifican en términos generales, en: productos sólidos y en productos líquidos y gaseosos. En estos últimos se facilita el control automático de la temperatura y presentan eficiencias altas (85% a 95%), porque la mezcla aire-combustible es uniforme y balanceada (8).

Los quemadores de combustibles sólidos presentan eficiencias más bajas (50% a 70%) pero permiten el uso de productos menos costosos tales como leña y carbón. Según Marks y Baumeister (8), cuando en estos quemadores se usan intercambiadores de calor, para evitar la contaminación del producto por los gases de combustión, la eficiencia solamente es del 30% al 50%.

En cuanto a los combustibles, una característica importante es su poder calorífico, que es la cantidad de calor producida durante la combustión de una unidad de masa de combustible. En la Tabla 2 se presenta el poder calorífico inferior medio de diferentes combustibles, citado por Marks (8).

TABLA 2. Poder calorífico inferior medio de algunos materiales empleados como combustible (8).

Material	Poder calorífico (kcal/kg)
Carbón mineral	7.220
Leña (16% de humedad)	3.500
Bagazo de caña (35% de humedad)	2.780
A.C.P.M.	9.000*
Gas propano comercial	11.975
Gas butano comercial	11.765

* Para el ACPM el poder calorífico se da en kcal/litro.

El calor total que debe producir el combustible (Q_3), se determina dividiendo el calor que debe ser agregado al aire de secado (Q_2) por la eficiencia del quemador. Para el ejemplo que ha venido desarrollándose el valor de Q_2 es de 316.920 kcal; para un quemador de ACPM y asumiendo una eficiencia del 90%, el calor que debe producir el combustible es:

$$Q_3 = \frac{316.920}{0,9} \text{ kcal} = 351.133 \text{ kcal}$$

La cantidad de combustible requerido (m_c) para obtener una tonelada de forraje al 15% de humedad (partiendo del 40%) sería:

$$m_c = \frac{351.133 \text{ kcal}}{9.000 \text{ kcal/litro}} = 39 \text{ litros}$$

6. SECADO A BAJA TEMPERATURA.

En los secadores a baja temperatura es fundamental conocer las propiedades psicrométricas del aire de secado para establecer el potencial de secado del mismo. La carta psicrométrica (Figura 1) es una herramienta útil en las operaciones de secado a baja temperatura y permite establecer al potencial de secado, conociendo dos de las siguientes propiedades del aire: humedad relativa, temperatura de bulbo seco o húmedo, volumen específico, entalpía o humedad absoluta. Palmatier (9) y Booth y Shaw (3) entre otros, presentan información detallada sobre el manejo de la carta psicrométrica. En este artículo sólo se tendrán en cuenta los aspectos relevantes con el secado.

6.1. SECADO CON AIRE NATURAL.

En este tipo de secadores, se aprovecha la energía potencial del aire para la remoción de humedad del forraje. En la Figura 1, se muestra lo que ocurre en el secado con aire natural. Suponiendo que el aire entra al secador con una temperatura de 15°C y 70% de humedad relativa, se establece el punto 1 en la carta. El desplazamiento desde el punto 1, por la línea punteada hacia la derecha, permite establecer el contenido de humedad del aire. Este valor es de 0,0098 kg de agua/kg de aire seco. A medida que el aire atraviesa la capa de forraje, va ganando humedad, cedida por el producto y el desplazamiento se hace hacia el punto 2, por la línea de entalpía. Durante la mayor parte del proceso de secado, el aire saldrá del secador con humedad relativa cercana del punto de saturación (100%) y es posible asumir una media, para todo el proceso, de 96%. En estas condiciones, el aire sale del secador con 0,0116 kg de agua por kg de aire seco, o sea 0,0018 más que cuando entró al secador.

Conocido este valor y la cantidad de agua a remover, se puede calcular la masa de aire a utilizar así:

$$m_a = \frac{417 \text{ kg de agua}}{1,8 \times 10^{-3} \text{ kg de agua/kg de aire}} = 231.667 \text{ kg de aire}$$

6.2. SECADO CON ENERGIA SOLAR.

En la Figura 2, se puede observar lo que sucede durante el secado, cuando el aire se calienta por medio de colectores solares. Se supone que las condiciones del aire ambiente son las mismas del caso anterior (15°C y 70% de humedad relativa) y se ubica en la carta psicrométrica el punto 1. Como se vió anteriormente la humedad absoluta del aire en este punto es de 0,0098 kg/kg de aire seco. Si el calentamiento del aire es de 5°C, el punto 2 se localiza desplazándose por la línea de humedad absoluta hasta la intersección con la temperatura de 20°C. En el punto 2, la humedad relativa es de 52%. En el proceso de secado del forraje, el desplazamiento se hace en la carta por la línea de entalpía hacia el punto 3, determinado por la temperatura o humedad relativa del aire que sale del secador. Asumiendo una humedad relativa media de 96%, la humedad absoluta es de 0,0124 kg de agua/kg de aire seco. En este caso el potencial de secado del aire es de 0,0026 kg de agua/kg de aire seco y la masa de aire para el secado es de:

$$m_a = \frac{417 \text{ kg de agua}}{2,6 \times 10^{-3} \text{ kg de agua/kg de aire}} = 160.385 \text{ kg de aire}$$

Este valor es de 69,2% con relación al del aire natural.

7. SISTEMA DE VENTILACION.

7.1. GENERALIDADES.

El sistema de ventilación consta del conjunto motor-ventilador, de los ductos de ventilación en algunos casos y piso perforado en otros. Lasseran (7) afirma que los ventiladores para fines agrícolas se dividen en: axiales y centrífugos.

Los ventiladores axiales se componen de una o varias hélices que giran en el interior de una lámina cilíndrica y la dirección general del movimiento del fluido es paralelo al eje de la rueda. El rendimiento de este tipo de ventilador es del 65% al 85% y ciertos modelos permiten vencer resistencias relativamente altas (70 a 200 mm de columna de agua) con caudales elevados; además ocupan espacios reducidos y son fáciles de instalar, siendo los más recomendables para el secado de forrajes. Los ventiladores centrífugos se caracterizan por el hecho de que el fluido penetra paralelamente al eje de rotación y sale radialmente. También se caracterizan por vencer resistencias elevadas (superiores a 600 mm de columna de agua) a bajos caudales. Según la forma de las aspas del rotor, los rendimientos de algunos modelos pueden ser superiores al 80% y en otros del orden del 50%.

En el depósito de secado, el forraje se puede colocar sobre un piso perforado o sobre ductos de ventilación. Para secadores de poca capacidad se usa el primer sistema, el cual puede ser construido, como se muestra en la Figura 3 A, con malla de alambre de calibre grueso o listones de madera soportados por muros de ladrillo o postes de madera.

CARTA PSICROMETRICA

UNIDADES DEL SISTEMA METRICO

Presión Barométrica 77.100 kPa

2.250m. de Altura sobre el nivel del mar

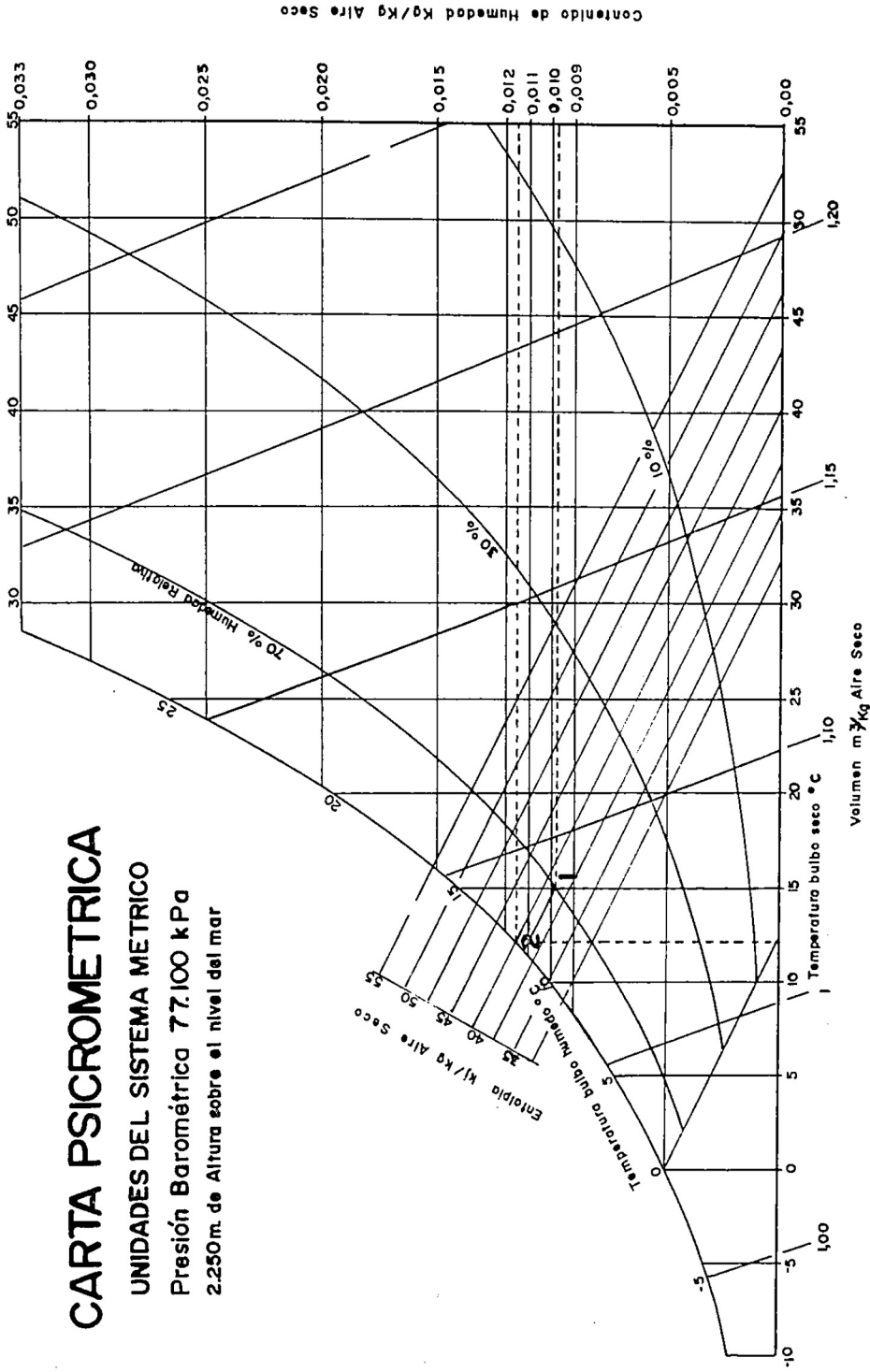


FIGURA 1. ESQUEMA DEL PROCESO DE SECADO CON AIRE NATURAL.

CARTA PSICROMETRICA

UNIDADES DEL SISTEMA METRICO

Presión Barométrica 77.100 k Pa

2.250 m. de Altura sobre el nivel del mar

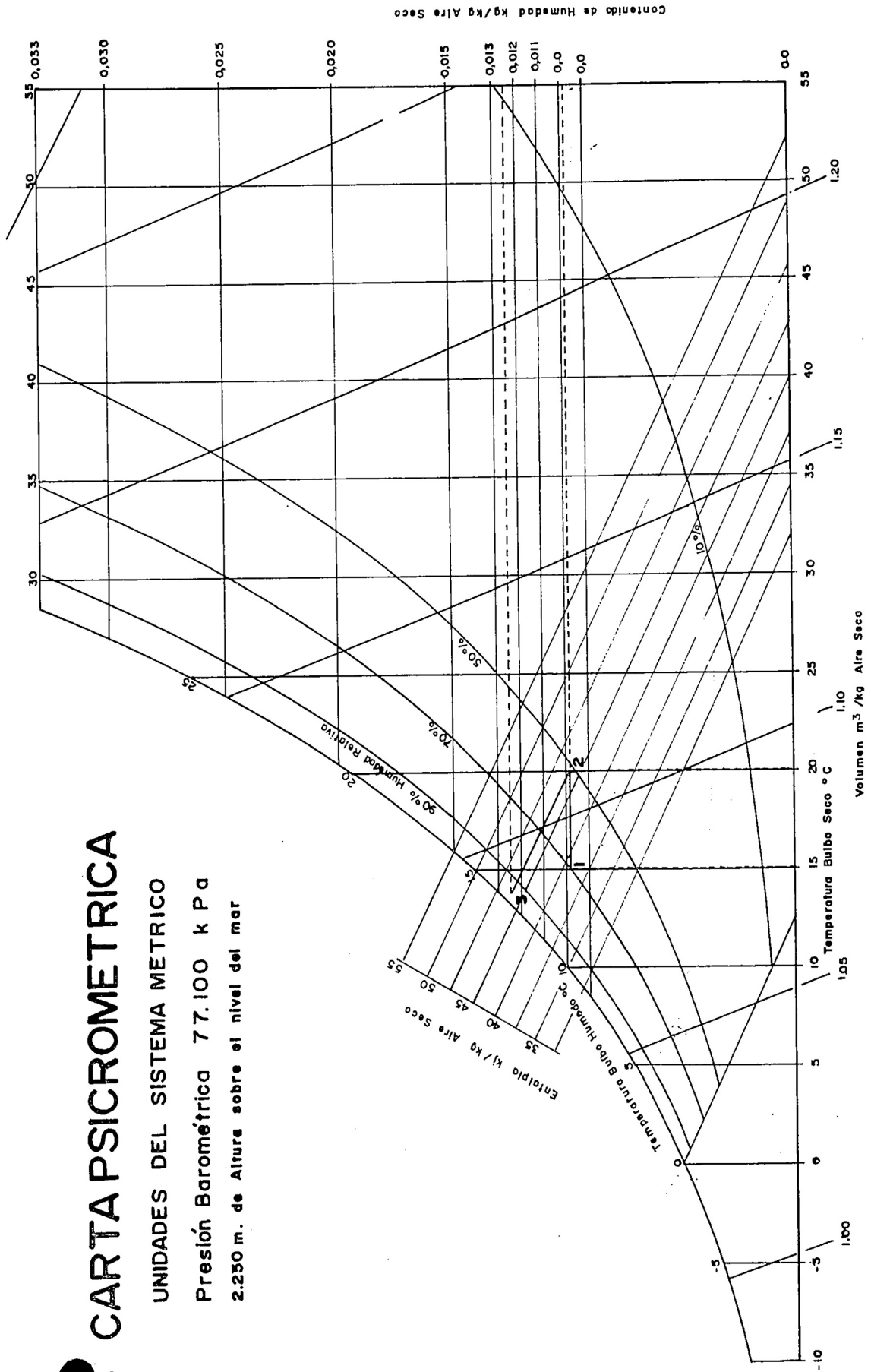


FIGURA 2. ESQUEMA DEL PROCESO DEL SECADO, EN SECADORES CON INCREMENTOS PEQUEÑOS EN LA TEMPERATURA DEL AIRE.

Aunque la distribución del aire es menos uniforme con los ductos de ventilación (Figura 3 B y 3 C), éstos son recomendables cuando se desea una baja inversión inicial de capital. Entre el ventilador y los ductos de ventilación existe el ducto principal. En la Figura 4, descrita por Booth y Shaw (2), se presentan tres posibilidades de ubicación y distribución de planta de un sistema de ventilación.

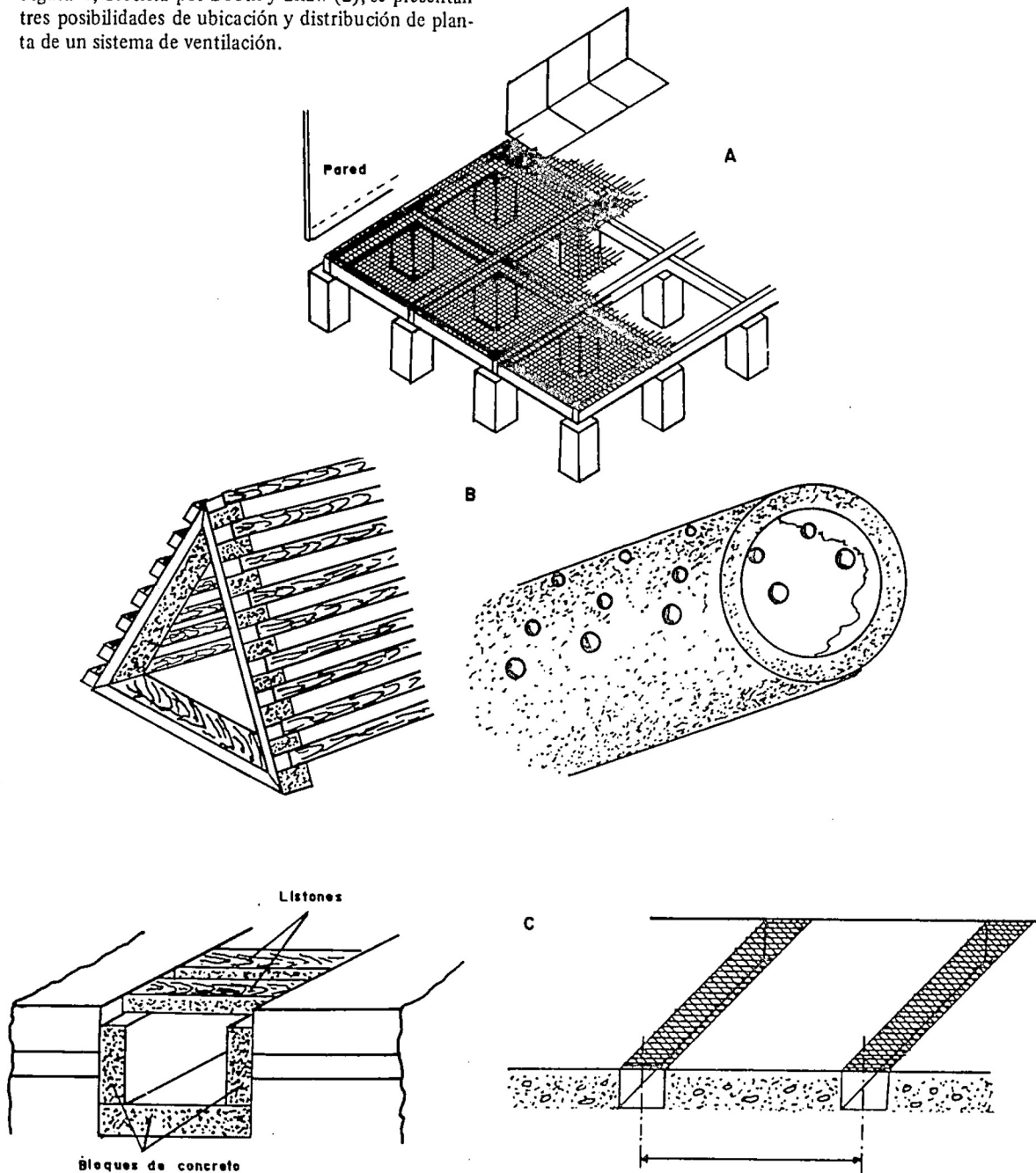
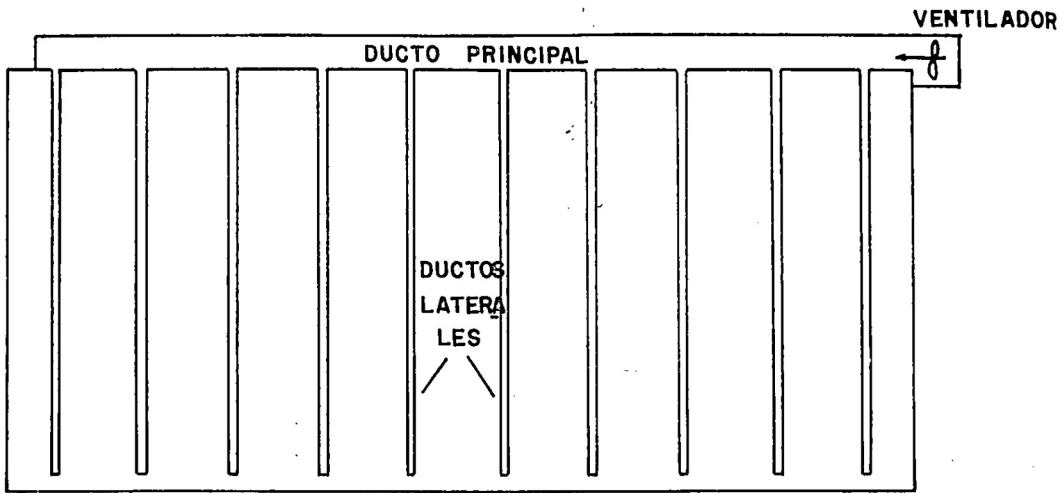
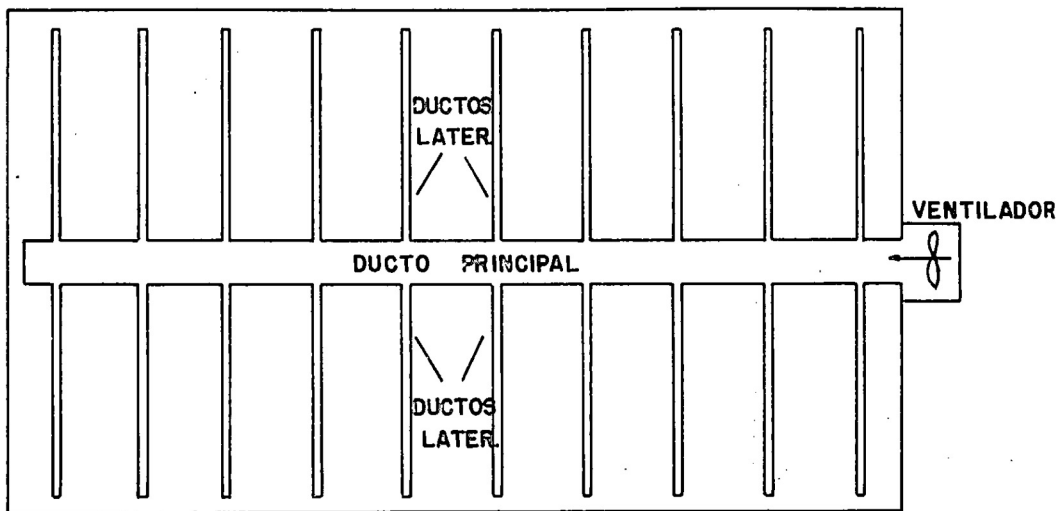


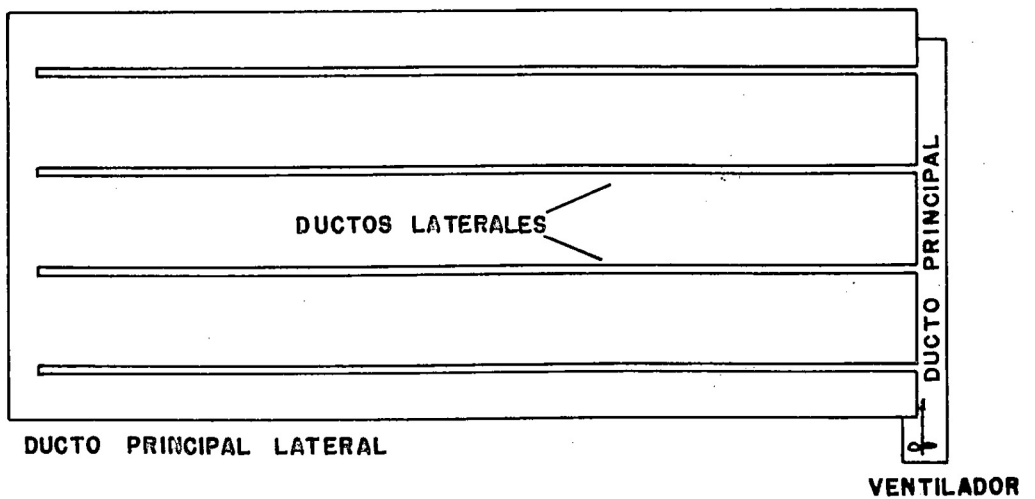
FIGURA 3. ESQUEMAS DE CONSTRUCCION: DEL PISO PERFORADO(A), DE DUCTOS DE VENTILACION: Superficiales(B)excavados en el piso(C).



A. DUCTO PRINCIPAL LONGITUDINAL



B. DUCTO PRINCIPAL CENTRAL



C. DUCTO PRINCIPAL LATERAL

FIG. 4. DIFERENTES SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LOS DUCTOS EN SECA
DORES DE FORRAJE.

7.2. FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL VENTILADOR.

Un factor importante en la selección y rendimiento del ventilador, además del caudal de aire a suministrar, es la resistencia que debe vencer para pasar a través del sistema de secado y del forraje. Esta depende del caudal, del tipo y contenido de humedad del forraje, del espesor de la capa y de las pérdidas de presión en los ductos.

7.2.1. Diseño de los Ductos.

Los ductos deben construirse de tal forma que las pérdidas de presión del aire sean mínimas y no deben presentar expansiones, contracciones o cambios de dirección bruscos. El área transversal de los ductos ha de calcularse, para que la velocidad en el ducto principal sea inferior a 13 m/s y en el secundario inferior a 8 m/s (2). La distancia máxima entre ductos debe ser igual a la mitad de la altura de la capa de forraje, pero es recomendable que no pase de 2 m. La longitud máxima de los ductos laterales no debe pasar de 10 a 12 y su distancia a las paredes debe ser igual a la mitad de la distancia entre ductos.

7.2.2. Caída de Presión a Través del Forraje.

La densidad del forraje es una propiedad importante en el diseño del depósito del secador, e influye significativamente en la pérdida de presión a través del material. La Figura 5 construida con base en la ecuación propuesta por Day y Panda (4), muestra la relación de la densidad con la profundidad de la capa de forraje de alfalfa y el contenido de humedad del mismo.

En la Figura 5 se puede estimar que el forraje de alfalfa con 40% de humedad y en una capa de 2 m de profundidad, presenta una densidad media aproximada de 160 kg/m³. Según datos de la Tabla 1, para obtener una tonelada de forraje con 15% de humedad y secado de 40%, se necesitan 1.417 kg. Esta masa ocupará en el depósito del secador un volumen de: 1.417/160 = 8,9 m³. Como la altura de la capa es de 2 m el área será de 4,5 m² aproximadamente.

La Figura 6 construida con base en una ecuación propuesta por Van Duyne y Kyelgaard (13) y utilizando la Figura 5 para calcular la densidad (D), permite determinar la resistencia al flujo de aire (en mm de columna de agua) del forraje de alfalfa a 40% de humedad, a diferentes profundidades, en función del flujo de aire por metro cuadrado de piso de secador.

Por cada 5% que disminuya la humedad, (a partir del 40%) la caída de presión a través del forraje se reduce en 6 a 8%. Además, del 40% en adelante, por cada 5% que aumente la humedad, se incrementa la presión en ese mismo valor hasta 55% a 60%, donde se obtiene el máximo, para luego comenzar a disminuir nuevamente.

Hall (5) afirma, que la profundidad mínima de la capa de forraje debe ser de 1,30 m para obtener una distribución uniforme del aire de secado. Para que el consumo de potencia no se incremente demasiado, el espesor de la capa se debe calcular de tal forma que la resistencia ofrecida por el forraje no sobrepase los 100 mm de columna de agua.

Además, el flujo de aire recomendado para secar forraje debe estar entre 4,6 m³/min⁻¹m⁻² de piso hasta 6 m³/min⁻¹m⁻² al usar aire a baja temperatura y 8 a 12 m³/min⁻¹m⁻² a alta temperatura.

Si el área que ocupa una tonelada de forraje a 40%, con altura de la capa de 2 m, es de 4,5 m² el caudal que debe dar el ventilador será de 27 m³ · min⁻¹, asumiendo un flujo de 6 m³ · min⁻¹ · m⁻² de piso. La resistencia al flujo de aire en estas condiciones, será de 21 mm de columna de agua (Figura 6).

7.3. CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR DEL VENTILADOR.

Sinico y Roa (11) afirman que la potencia del motor del ventilador se puede calcular por la siguiente expresión:

$$C = \frac{F \times P}{4570 \times E}$$

donde:

- C = Potencia del motor, caballos de fuerza (H.P.).
- F = Caudal global, m³/min.
- R = Resistencia al flujo de aire mm c.a.
- E = Eficiencia del ventilador.

Asumiendo una eficiencia del ventilador de 60%, la potencia del motor por cada tonelada de forraje seco a 15% y con aire a baja temperatura será de:

$$C = \frac{27 \text{ m}^3/\text{min} \times 21 \text{ mm c.a.}}{4570 \times 0,6} = 0,20 \text{ H.P.}$$

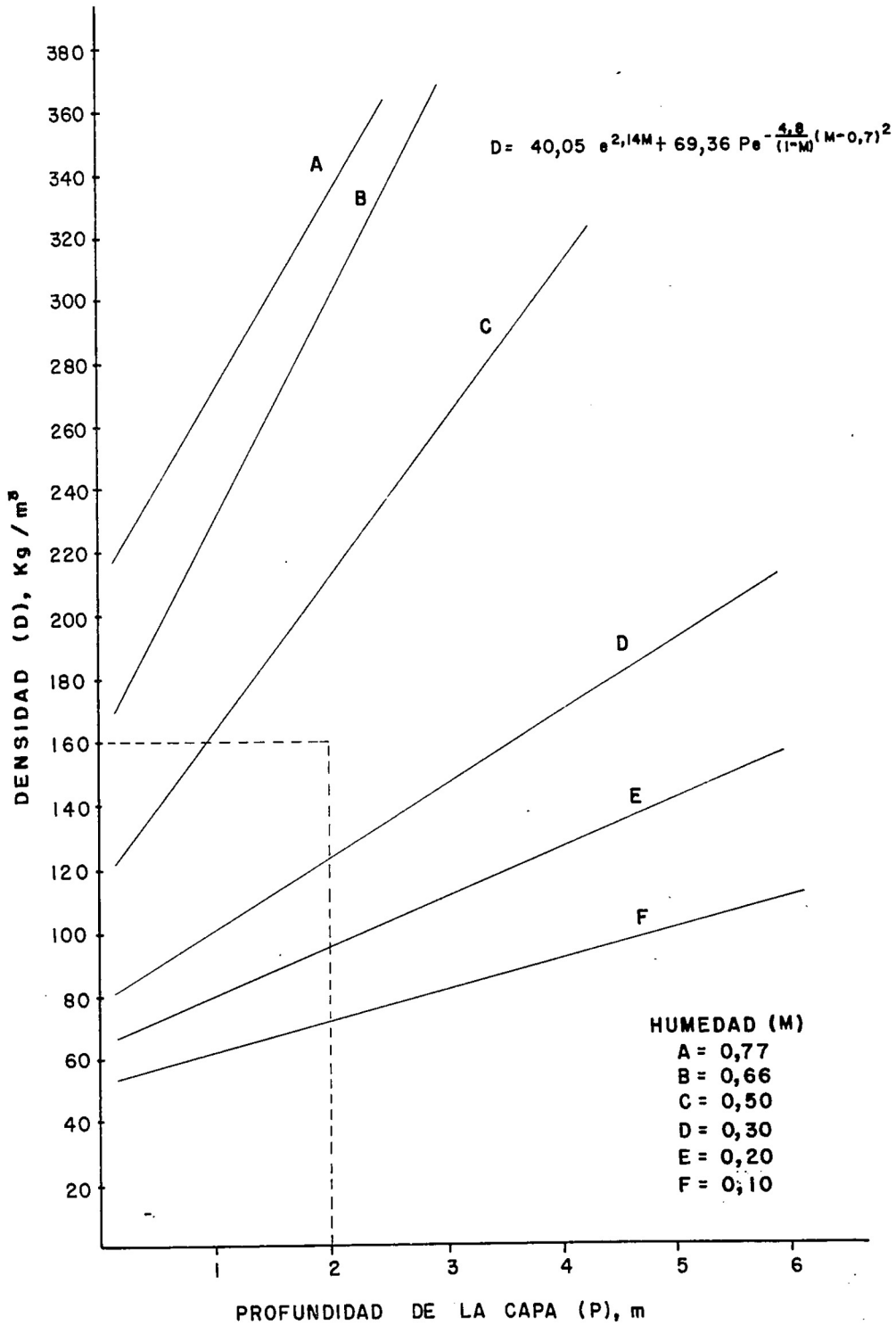


FIGURA 5. RELACION ENTRE LA DENSIDAD (Kg/m³), Y LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE FORRAJE DE ALFALFA (m) A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD.

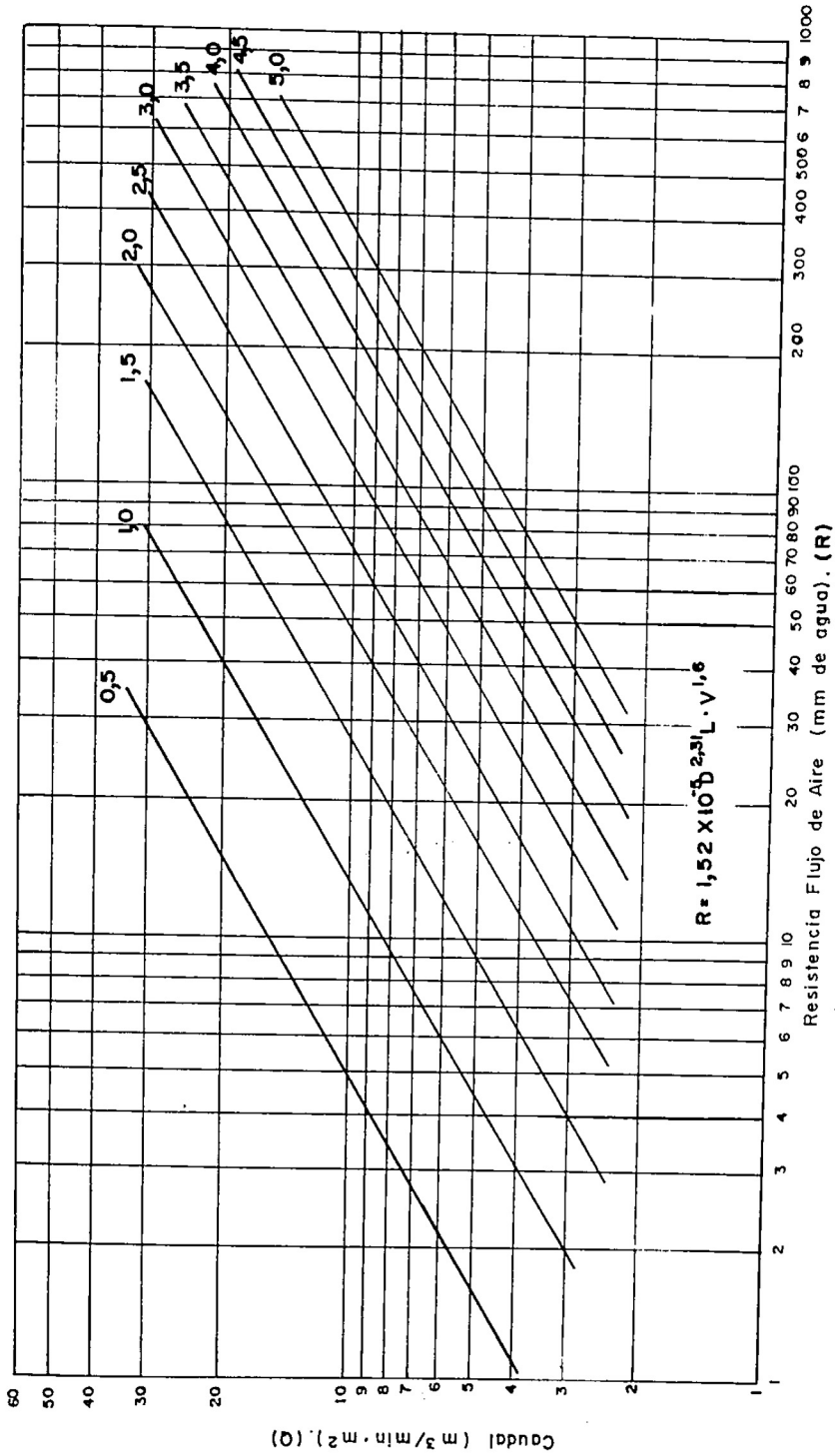


FIGURA 6. RESISTENCIA AL FLUJO DE AIRE (mm de agua), DEL FORRAJE DE ALFALFA A 40% DE HUMEDAD Y A DIFERENTES PROFUNDIDADES (m).

8. SUMMARY

Basic principles of artificial forage drying.

Natural drying of forage crops in the field has been the most common system for the production of hay. However that system shows two limiting factors: a low drying rate and the influence of adverse climatic conditions. Heated air artificial drying has been rarely used mainly due to high costs of fuels.

This paper shows the basic principles of forage

drying. Considering the amount of water to be removed, emphasis is given to the convenience of reducing moisture content in the field to 40% on a wet basis. At this level, the energy consumption for drying is still high. For this reason, two alternative methods are suggested: the use of natural air and the use of air heated by solar energy.

Selection methods and design of some components are showed through an example using 1 ton of forage whose moisture content is reduced from 40% to 15% wet basis.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARGUELLES M., G. Sistemas de preparación y almacenamiento de heno de raigras tetrelite (*Lolium hybridum* Hausskn) en la Sabana de Bogotá. Bogotá, ICA-UN Programa de Graduados para Ciencias Agrarias, 1980. 149 p. (Tesis M.S.).
2. BILANSKI, W. K. Ultrahigh temperature drying of alfalfa. St. Joseph, ASAE (paper 63.651). 1963. 15 p.
3. BOOTH, R. H.; SHAW, R. L. Principles of potato storage. Lima, International potato Center (CIP) 1981. p. 41-96.
4. DAY, C. L.; PANDA, H. M. Effect of moisture content, depth of storage and length of cut on bulk density of alfalfa hay. St. Joseph, ASAE, transactions v. 9 no. 3, 1966, p. 428-432.
5. HALL, C. W. Drying farm crops. East Lansing, Ann Arbor, 1957. 336 p.
6. HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. Agricultural Process engineering. New York, Wiley and Sons, 1955. 208 p.
7. LASSERAN, J. C. Aereacao de Graos. Trad. José Carlos Celaro e Miriam Costa Val Gomide. Viçosa, Centreinar, Serie Centreinar no. 2, 1981. 128 p.
8. MARKS, L. S.; BAUMEISTER, T. Manual del Ingeniero Mecánico de Marks. México, Unión tipográfica Hispanoamericana, 1967. p. 850-894.
9. PALMATIER, E. P. The psicrometric chart and its applications. St. Joseph, ASAE, Transactions (Estados Unidos) v. 11 no. 2, 1968. p. 181-184.
10. RASCHIERI, P. Deseccación de los productos vegetales. Barcelona Reveerté, 1965. p. 135-165.
11. SINICIO, R.; ROA, G. Simulacao matemática de secagem. Viçosa, Centreinar, 1980. 38 p.
12. THE ELECTRICITY COUNCIL ENGLAND AND WALES: Hay Drying. War. Wickshire, National Agricultural Centre, 1975. 66 p.
13. VAN DUYN, D. A.; KJELGAARD, W. L. Air flow resistance of baled alfalfa and clover hay. St. Joseph, ASAE, Transactions (Estados Unidos) v. 7 no. 3, 1964. p. 267-270.

Producción del ICA
Código: 00-2.1-02-84
Edición: Martha Mercado de Duque
Armando Mayorga D.
Arte: Armando Guerrero S.
Esteban Muñoz S.
Gonzalo Díaz R.
Impresión: División de Comunicación, Tibaitatá
Apartado Aéreo 151123 Bogotá
Ejemplares: 1.500

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA es un establecimiento público adscrito al Ministerio de Agricultura. Fue creado con el objeto de adelantar investigaciones y promover la aplicación de sus resultados con miras al desarrollo del Sector Agropecuario Nacional.

De acuerdo con el Decreto No. 133 de 1.976 del Ministerio de Agricultura, el Instituto tiene las siguientes funciones:

1. Promover, coordinar y realizar directamente o en colaboración con otras entidades, investigaciones biológicas y físicas, y estudios socioeconómicos con miras a aumentar el producto del Sector Agropecuario, dentro de las políticas adoptadas por el Gobierno Nacional.
2. Promover y aplicar los resultados de la investigación agropecuaria. Así mismo, adelantar estudios sobre métodos de transferencia de tecnología.
3. Preparar y capacitar personal profesional y técnico para su propio servicio.
4. Aplicar, desarrollar y controlar el cumplimiento de las normas que expida el Ministerio de Agricultura en materia de:
 - a. Prevención, diagnóstico y control de enfermedades y plagas que afecten a animales y vegetales;
 - b. Sanidad y calidad que deben cumplir los frigoríficos y plantas de procesamiento de carnes con destino a la exportación de acuerdo con los convenios celebrados con las autoridades de los países importadores;
 - c. Calidad, formulación, manejo, transporte y uso de fertilizantes, acondicionadores del suelo, herbicidas, fungicidas, insecticidas, demás plaguicidas de uso agrícola, defoliantes y regularizadores fisiológicos de plantas, alimentos para animales, sales, drogas y productos biológicos de uso veterinario;
 - d. Certificación de semillas;
 - e. Incubación e inseminación artificial animal.
5. Ejercer el control sanitario sobre importaciones y exportaciones de animales y vegetales y de productos de origen animal y vegetal a fin de prevenir la introducción de enfermedades y plagas que puedan afectar la agricultura y la ganadería del país, y certificar la calidad sanitaria de las exportaciones.
6. Promover la utilización de semillas certificadas y producirlas cuando sea necesario.
7. Promover la utilización de las técnicas de incubación e inseminación artificial animal y prestar los servicios necesarios en estas disciplinas.
8. Supervisar y evaluar la asistencia técnica agropecuaria especialmente la exigida por la Ley 5a. de 1.973 y sus Decretos reglamentarios, para los créditos otorgados con cargo al Fondo Financiero Agropecuario de conformidad con las normas adoptadas por el Gobierno Nacional.
9. Ejercer las funciones de investigación y de transferencia de tecnología agropecuaria requerida en los programas de desarrollo rural que se adelanten en colaboración con otros organismos del Estado.
10. Promover cursos de actualización, prestar servicios de asesorías y realizar otras actividades en materias agropecuarias en beneficio de profesionales, técnicos, agricultores y ganaderos.

DIVISION DE COMUNICACION
Bogotá, Colombia

Para el canje de esta
publicación diríjase a:

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA
(BAC)

Apartado Aéreo: 151123
Bogotá, D.E.