

**HOJAS DIVULGADORAS**

# **Deshidratadoras de forraje**

Núm. 2 - 74 H

**RAMON PIQUERAS GRANELL**

Ingeniero Agrónomo



**MINISTERIO DE AGRICULTURA**

## DESHIDRATADORAS DE FORRAJE

Cuando los forrajes no pueden ser consumidos directamente en verde, se busca la forma de conservar, en la mayor proporción posible, los elementos nutritivos que contienen sus tallos, hojas y flores para el alimento del ganado en el momento adecuado. El porcentaje más elevado en dichos elementos se obtiene inmediatamente antes de la floración, descendiendo gradualmente desde ese momento; lo interesante será transformar o almacenar la planta en ese estado de máximo valor nutritivo.

Para ello pueden emplearse tres procedimientos, como son el ensilado, el henificado y el deshidratado. Es, sin embargo, el último el que obtiene una mayor concentración en materia seca, además de conservar en gran proporción los carotenos.

No vamos a entrar aquí en detalles sobre las ventajas e inconvenientes de los diversos procedimientos, para lo que hay estudios técnicos especializados, sino en describir el camino y principales características seguido en el proceso de deshidratación de forrajes. Esta técnica comenzó a experimentarse hace unos cincuenta años en Inglaterra, pacando rápidamente a extenderse por todo el mundo, donde hay ya una gran cantidad de instalaciones que producen millares de toneladas de forraje deshidratado en forma de harina o gránulo, que son las dos posibilidades finales.

En España, la mayor concentración de instalaciones deshidratadoras se sitúan en Aragón (Zaragoza principalmente), Navarra y la provincia de Lérida, siguiendo la comarca

del Duero; coincide con las comarcas tradicionalmente cultivadoras de alfalfa. En Aragón y Navarra están alrededor del 55 por 100 del total de instalaciones; en Lérida, el 12 por 100, y en la cuenca del Duero, sobre el 15 por 100, siendo el resto diseminado.

La duración media de la campaña es, en general, del 1 de mayo al 30 de octubre (180 días), en Aragón; en Lérida, del 15 de abril al 10 de noviembre (200 días), y en la cuenca del Duero, del 1 de mayo al 15 de octubre (165 días). Normalmente en estas zonas se consiguen seis cortes, aunque con variación temporal, por las condiciones climatológicas. Se puede considerar como media de días de trabajo, descontando imposibilidades de recolección, fiestas, reparaciones, etc., la de 140 a 150 días.

En estas jornadas la variabilidad de ocupación de las distintas instalaciones es grande, con intervalos del 60 al 100 por 100, lo que nos lleva a las consecuencias de la tabla I, como ejemplo de una instalación media, que analizaremos más adelante.

Fig. 1.—Vista general de una planta deshidratadora.

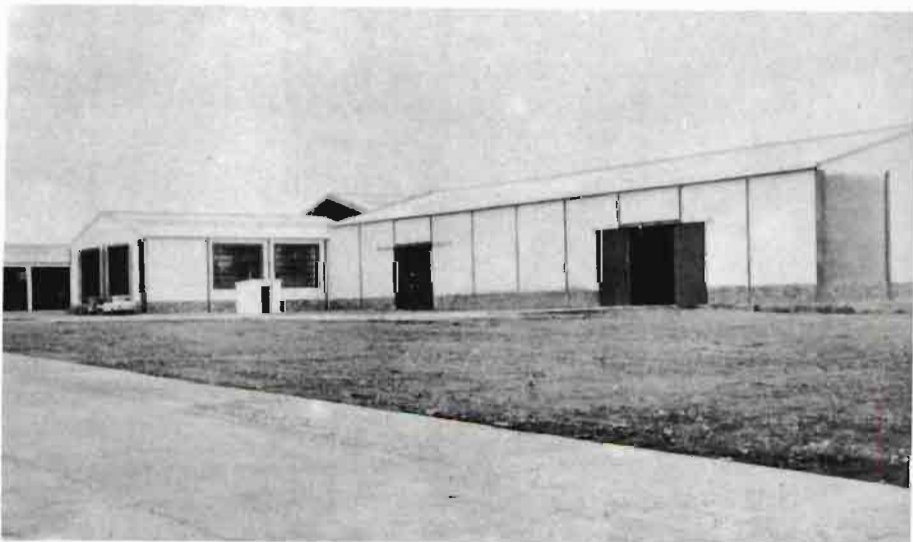


TABLA I

Indice de trabajo (%)	Horas de funcionamiento	Producto verde manipulado (Tm.)	Producto deshidr. total final (Tm.)
100	3.000	11.500	2.800
90	2.700	10.350	2.520
80	2.400	9.200	2.240
70	2.100	8.050	1.960
60	1.800	6.900	1.680
50	1.500	5.750	1.400

### SISTEMAS DE RECOLECCION

La recolección y transporte del forraje del campo a la fábrica se realiza, en general, de tres formas:

a) Con máquina propia de la fábrica, que se encarga de efectuar la recolección y transporte por su cuenta.

b) Con equipo contratado a un tercero y abonándole el kilogramo de alfalfa a pie de fábrica.

c) Comprando la alfalfa al agricultor a pie de fábrica.

El coste, realmente, viene a ser equivalente, aunque variando en un pequeño porcentaje, que podemos reflejar, según estudios realizados, en un 3 por 100 más en el caso b) y en un 2 por 100 más en el caso c) que en el a). Tanto en uno como en los otros casos, para la fábrica se pueden plantear las tres soluciones de continuidad de trabajo siguientes, considerando un horario de seis de la mañana a dos de la noche; es decir, 20 horas, con las cuatro restantes dedicadas al cuidado y reparaciones:

#### A) Equipo idéntico para toda la jornada en el campo.

Suponemos trece horas de recolección, de seis de la mañana hasta las siete de la tarde, con una capacidad horaria de la fábrica de 3.500 kg. de producto verde. Hará falta recolectar, durante todo el día, 70.000 kg. de forraje, lo cual

equivale a 5.384.6 kg. de forraje por hora. El estado del proceso en cada momento se expresa en el gráfico número 1.

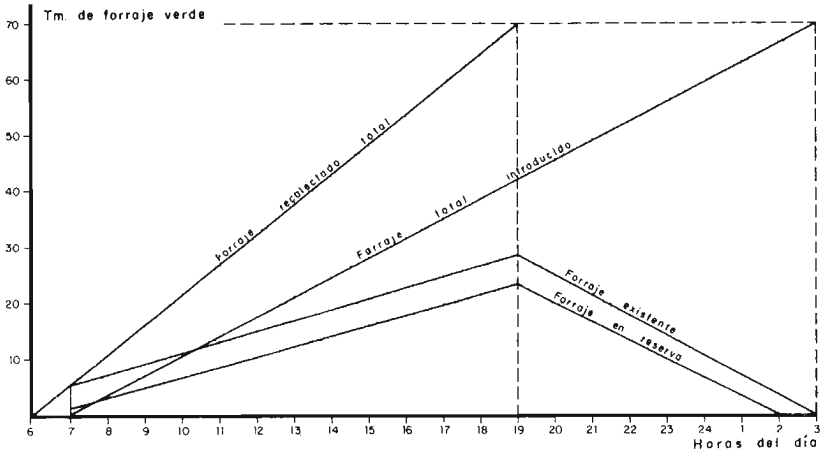


Fig. 2.—Gráfico número 1.

### B) Equipo distinto durante la jornada de trabajo en el campo.

Como es lógico, en este apartado las combinaciones pueden ser múltiples. Sin embargo, lo más común es hacer coincidir un turno de trabajo (ocho horas) idéntico y el otro (cinco horas) distinto.

El mejor sistema teórico en este caso será de ocho horas de 3.500 kg. por hora de recolección de forraje, la misma que se consume, y las cinco restantes de 8.400 kg. por hora. Con él se reduce al mínimo la reserva en las horas punta de calor, al mediodía, evitando los posibles deterioros de la masa de forraje, ya que no interesa que pasen más de cuatro horas desde el momento de la recolección hasta su entrada en fábrica (gráfico número 2).

Por lo tanto, según el proceso de recolección adoptado, determinaremos el equipo preciso de acuerdo con la maquinaria que se pueda disponer, aconsejando siempre po-

seer un equipo de reserva, tractor y remolque, para no hacer detenerse en ningún momento a la unidad de recolección ni a la de fabricación, la cual deberá contar con una disposición de descarga que pueda contener todo lo que se le vaya echando.

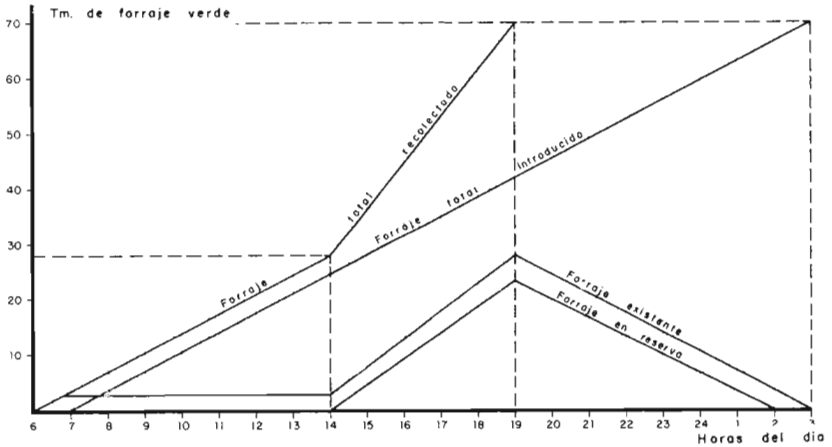


Fig. 3.—Gráfico número 2.

Esto último se consigue por una plataforma con plancha metálica de 1,5 a 2 m. de anchura y de 4 a 5 m. de longitud, que avanza hacia un rodillo de paletas colocado en una segunda plancha, que hace distribución homogénea del producto, con espesor uniforme, descargándolo en el cargador del deshidratador. Para un buen trabajo es conveniente que el forraje entre en la deshidratadora cortado en trozos de 2-3 cm., lo cual puede hacerse al segar lo o bien en el momento de cargar la máquina.

### CALCULO DEL AGUA A EVAPORAR

En general, la humedad inicial del forraje varía del 75 al 80 por 100, con humedades finales obtenidas del 8 al 10 por 100. Si, por ejemplo, tomamos 78 por 100 como humedad inicial para pasar al 9 por 100 final, esto quiere decir



Fig. 4.—Vista general del interior de la planta de deshidratación.

que el contenido de materia seca ha de pasar del 22 al 91 por 100, es decir, con una relación en peso de  $91:22=4,14$ , y por ello serán necesarios 414 kg. de forraje verde para obtener 100 kg. de producto deshidratado con un 9 por 100 de humedad residual.

La fórmula a aplicar en cada caso será:

$$Q = \frac{100 - h}{100 - H} 100$$

Siendo:

$Q$  = Kilogramos de forraje en verde por cada 100 kg. de producto deshidratado.

$H$  = Humedad inicial.

$h$  = Humedad final.

Los resultados se expresan en la tabla II.

Si el cálculo lo hacemos por el agua necesaria a evaporar, será:

$$Q' = \frac{H - h}{100 - H} 100$$

Q' = Kilogramos de agua necesarios a evaporar por cada 100 kg. de producto deshidratado.

H = Humedad inicial.

h = Humedad final.

Y, a la inversa, con una instalación capaz de evaporar Q'kg. de agua por hora, obtendremos una cantidad de producto deshidratado K, que será:

$$K = \frac{100 - H}{H - h} Q'$$

El primer caso se refleja en la tabla III, de tal forma, que si deseamos obtener una producción de n.100 kg. por hora de producto deshidratado, necesitaremos una instalación que evapore n.Q'kg. de agua por hora.

**TABLA II**

**Kilogramos de forraje en verde necesarios para obtener 100 kg. de producto deshidratado**

Humedad inicial (H)	Humedad final (h) en %		
	8	9	10
75	368,0	364,0	360,0
76	383,3	379,2	375,0
77	400,0	395,7	391,3
78	418,2	413,6	409,1
79	438,1	433,3	428,6
80	460,0	455,0	450,0

La determinación de la humedad del forraje verde se puede hacer analíticamente mediante una estufa y una balanza de sensibilidad hasta el miligramo. La muestra, que ha de representar lo más aproximadamente posible la media de los componentes (tallos, foliolos, etc.), se pone en la estufa y se calienta con temperaturas inferiores a los 95° C., considerando logrado el estado de secado completo cuando, des-



pués de dos pesadas sucesivas con un intervalo de dos horas, no difieren una de otra en más del 0,2 por 100. Para harinas se determina su humedad con aparatos eléctricos basados en la variación de resistencia eléctrica o conductividad.

TABLA III

**Kilogramos de agua a evaporar para obtener 100 kg. de producto deshidratado**

Humedad inicial (H)	Humedad final (h) en %		
	8	9	10
75	268,0	264,0	260,0
76	283,3	279,2	275,0
77	300,0	295,6	291,3
78	318,2	313,6	309,0
79	338,1	333,3	328,5
80	360,0	355,0	350,0

Sin embargo, estas determinaciones no son practicadas en la mayoría de las instalaciones de deshidratación, con los consiguientes problemas de excesos o defectos de humedad en la harina deshidratada si no se obtiene a los porcentajes correctos.

**SISTEMAS DE DESHIDRATACION**

La eliminación del agua de los forrajes puede hacerse, entre otros, por los métodos siguientes:

- a) Por presión. No se emplea por no ser de total eficiencia.
- b) Por absorción. Consiste en unos productos ávidos de agua que, puestos en contacto con el producto a deshidratar, producen una salida del líquido hacia ellos, disminuyendo sus posibilidades a medida que aumenta su conteni-

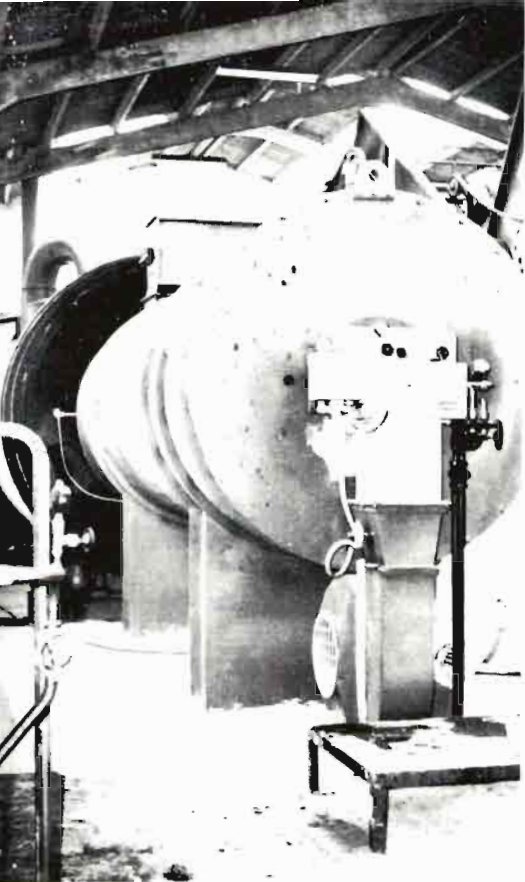


Fig. 5.—Hogar y cilindro giratorio para deshidratación del forraje.

do en agua. Aunque se ha empleado experimentalmente para secado de granos, para forrajes parece que no representan solución.

c) Mediante sistemas de rayos infrarrojos, de tal forma que se irradia el producto, produciendo una elevación térmica que evapora el agua. Si para productos homogéneos en calidad y espesor puede dar resultados positivos, para el forraje, con diversidad de estados, produce alteraciones perjudiciales a causa del exceso de temperatura en alguna zona irradiada en exceso.

d) Por corrientes de alta frecuencia, que producen elevación térmica del producto por los campos eléctricos generados. De momento, este método sólo se emplea experimentalmente, ya que si bien produce una deshidratación ca-

si perfecta, es un método muy caro y de difícil aplicación industrial.

e) Por calentamiento directo del producto mediante aire caliente. Se elimina el agua por evaporación a la presión atmosférica, siendo éste el principio de las deshidrataciones industriales de forraje.

## **DESHIDRATAACION INDUSTRIAL**

Se pueden emplear dos procedimientos según la temperatura del aire. Si aplicamos una temperatura de 200 a 300° C., el producto debe permanecer un cierto tiempo sometido a la acción del aire, en tanto que si la temperatura aplicada es de 800 a 1.000° C., con una rápida velocidad del aire, el tiempo es menor. Son los procesos llamados de baja y alta temperatura, respectivamente.

El primero es el que se empleaba al principio de conocerse las ventajas del secado, comenzando por poner el forraje sobre una parrilla, por debajo de la cual se introducía al interior de la masa aire caliente proveniente de un hogar. Con sólo este sistema se obtenían mejoras en la conservación de carotenos.

Un paso adelante lo constituyó el elevar la temperatura hasta los 500° C. en los secaderos "de redes", en donde el forraje se depositaba sobre unas redes que tenían un movimiento de traslación por el interior del secadero y durante el cual el agua se evaporaba por la corriente de aire caliente, dependiendo la velocidad de traslación de que se quisiese secar más o menos el producto. Sin embargo, por la heterogeneidad de la composición del forraje, el secado era distinto de unas partes a otras, dada la uniformidad del tiempo de secado, por lo que se buscaron nuevas soluciones.

El actual sistema entra dentro del grupo de "alta temperatura" y se lleva utilizando más de cincuenta años, con una eficacia muy aceptable.

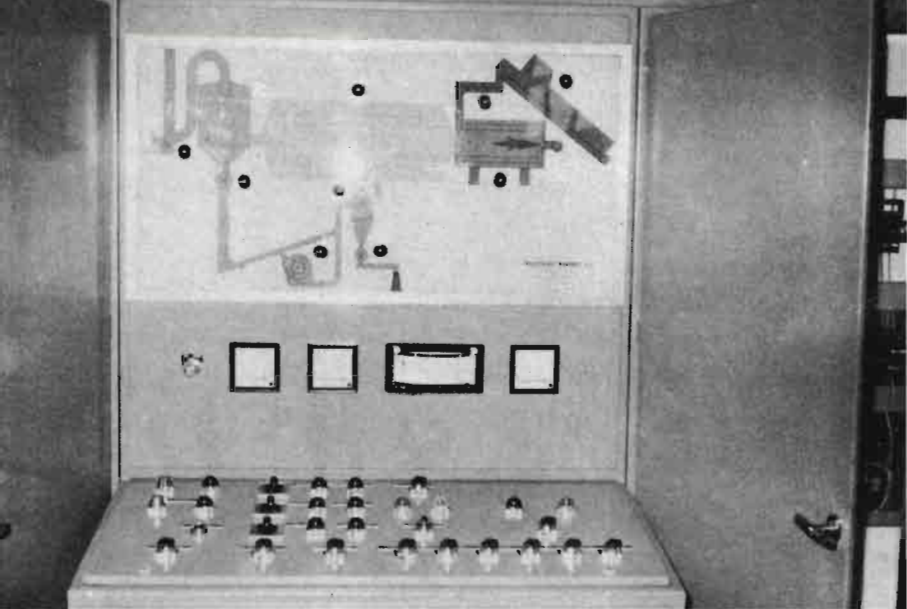


Fig. 6.—Detalle del cuadro de mandos, con pilotos que indican el funcionamiento de la instalación.

## DESCRIPCION DE LA INSTALACION

Como la transferencia del agua del forraje al aire circundante sólo se realiza cuando la presión de vapor del agua en el aire está por debajo del punto de saturación, se comprende la gran cantidad de aire necesario. La transferencia será asimismo gradual a causa del propio forraje, ya que al principio, con temperatura elevada, el agua se evapora rápidamente, pero luego el agua del interior, como ya ha bajado también un poco la temperatura exterior (a 300 ó 400° C.), tiene más dificultades en salir; de ahí el interés de que el forraje esté troceado finamente. Poco a poco, pues, esta transferencia de agua se hace más difícil, al estar la capa superficial del forraje seca y el aire circundante más frío y húmedo.

El sistema empleado en las instalaciones es el de secado rotativo. Esquemáticamente podemos decir que está formado por un cilindro giratorio horizontal, en donde se introduce el forraje, que es desplazado al otro extremo merced al empuje proporcionado por la aspiración del aire ca-

liente, ayudado a veces por una inclinación del cilindro o unas paletas interiores. Con la adecuada regulación, se consigue que el forraje se desplace durante un determinado tiempo de secado, variable de quince a treinta minutos.

El recorrido indispensable del forraje se consigue con un cilindro simple de unos 15 metros de longitud, o bien con un cilindro más corto, pero de mayor diámetro, de forma que el forraje tiene que hacer un recorrido sinuoso, tal como se indica en el esquema de una instalación (gráfico número 3).

De una u otra forma, el efecto a conseguir es que las partículas mayores y pesadas, con más dificultad para dejar en libertad el agua, tarden el mayor tiempo posible en llegar al extremo opuesto de salida y que las más finas sean fácilmente arrastradas y su permanencia en el cilindro sea menor. Se comprende que esto es necesario para obtener una uniformidad de secado, dada la heterogeneidad de la masa de forraje introducida (foliolos, tallos de más o menos diámetro, etc.). Las partículas de mayor peso y, por lo tanto, de difícil evaporación son lanzadas una y otra vez hacia las paredes por unos deflectores y por efecto de la rotación, para que el contacto con el aire resulte elevado; las partículas ligeras, con pérdida rápida de su agua, son arrastradas sin dificultad por la corriente de aire.

El buen deshidratado dependerá de la conjunción correcta, entre otras, de la temperatura del aire caliente de entrada, tiempo de secado, uniformidad de la carga del cilindro con forraje húmedo y temperatura del aire a la salida.

Del cilindro, y mediante un ventilador, el forraje y el aire son expulsados a un recolector, donde se separan por diferencia de densidades, saliendo el aire al exterior y pasando el forraje deshidratado al molino, donde es triturado en forma de harina.

En esta parte final, adonde llega el producto aproximadamente con la misma humedad en todas sus partes, es don-

Esquema de instalación

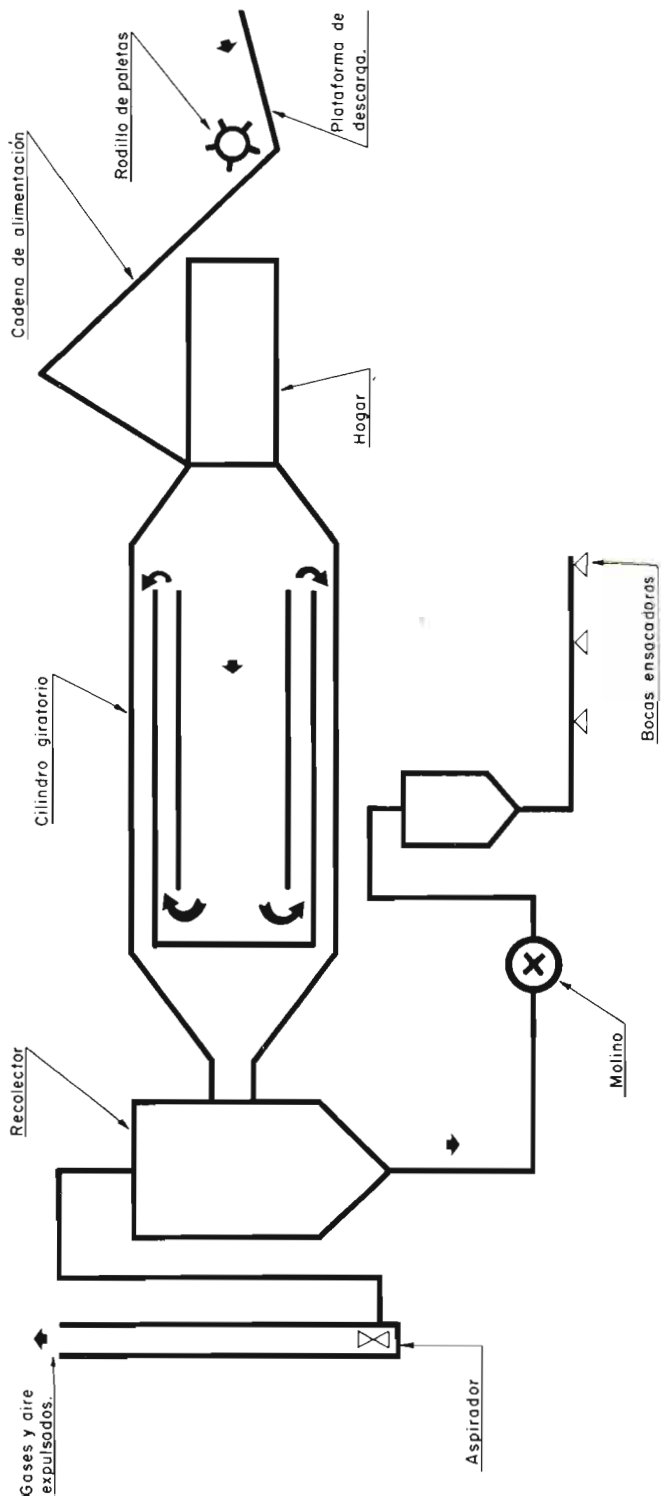


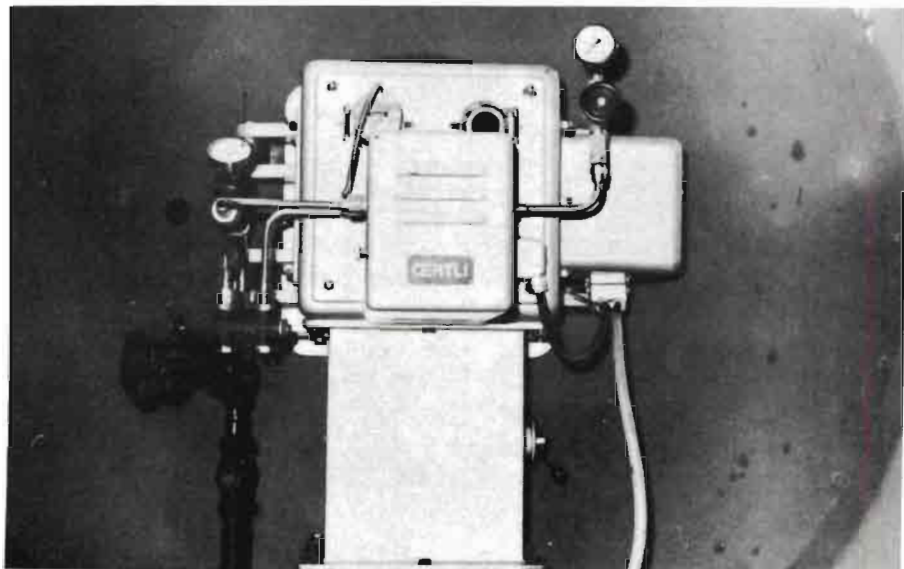
Fig. 7.—Gráfico número 3.

de se diferencian las diversas instalaciones, con mayor o menor recorrido posterior de la mezcla forraje-aire a través de los ventiladores, aumentando el tiempo de permanencia del producto en la corriente gaseosa. Puede constar de una torre vertical con serpentín de retorno, ventilador y ciclón separador; la ventaja del primero es que las partículas no forrajeras pesadas, piedras, hierros, etc., son retenidas y extraídas por una salida especial, evitando que lleguen al molino.

Los molinos empleados son los de martillos, interesando tengan sobrada potencia, ya que, al ser frecuente la variación de humedad final en 3-4 unidades, se pueden producir atascos. Se tendrá también en cuenta el diámetro de los agujeros de la parrilla. En la trituración debe evitarse la producción de calor, que si llega a afectar al producto le hace perder cualidades.

En los molinos hay dos partes fundamentales sometidas a desgaste, como son los propios martillos y la parrilla. Los martillos han de ser duros, formados por aleaciones de acero con manganeso, silicio, níquel, etc. La parrilla, como ha

Fig. 8.—Detalle del quemador con los aparatos de control.



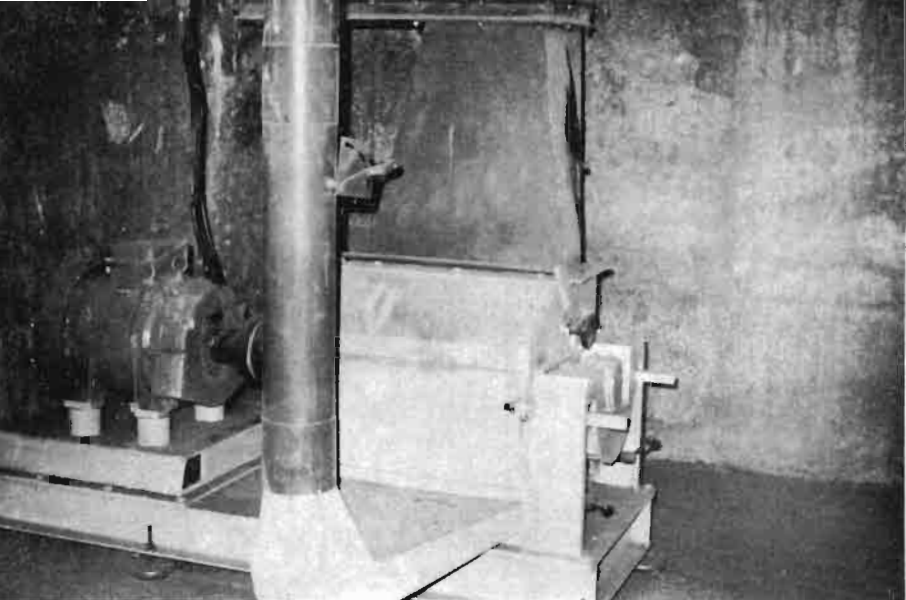


Fig. 9.—Molino de martillos instalado en el circuito final de deshidratación.

de tener relación el diámetro de los agujeros con su espesor, es también delicada, por la corrosión a que está sometida o por el peligro de golpes con algún cuerpo extraño que se haya podido admitir junto a la masa de forraje.

A veces el forraje deshidratado final no se presenta en forma de harina, sino de pequeños cilindros obtenidos por medio de prensas de pistón o de rodillos, accionadas por motor eléctrico independiente. En general, la forma de actuación es por presión de la harina contra una matriz de acero que tiene unos orificios por los que pasa el producto, resultando unos cilindros de longitud variable según la distancia de corte efectuada a la salida; por otra parte, el diámetro de estos cilindros puede variarse cambiando la matriz.

Al emplear granuladora se ha de tener en cuenta que, como en el prensado se calienta el producto, lo que no conviene, la humedad a la salida del cilindro debe ser unas dos unidades mayor que la de envasado. También es conveniente pasar el producto, antes del envasado, por un refrigerador, simplemente aire frío impulsado por un ventilador, para que pierda calor.



Con la granulación se obtienen ventajas considerables, como pueden ser reducción y retraso de la posible oxidación del producto (cosa que con la terminación en harina es frecuente si se almacena largo tiempo), reducción de volumen para el transporte o almacenaje, etc. No obstante, su empleo o no, dependerá del sistema de comercialización final del producto deshidratado.

## CONSIDERACIONES ECONOMICAS

La instalación de una deshidratadora exige una fuerte inversión, por lo que, en general, queda reservada a agrupaciones de agricultores. Estudiados por conceptos la inversión y gastos anuales correspondientes a una instalación de 3.000 kg. de agua evaporada por hora, resultan los siguientes porcentajes orientativos, que pueden tomarse como media o aproximación de cualquier otra instalación (tabla IV):

TABLA IV

Conceptos	Influencia (%)
Amortización (edificios y maquinaria) ... ..	12
Mano de obra (fija y eventual) ... ..	13
Interés (capital fijo y circulante) ... ..	5
Combustible (fuel-oil) ... ..	38
Energía eléctrica ... ..	13
Envases ... ..	9
Conservación ... ..	3
Varios (impuestos, seguros, etc.) ... ..	7
<b>Total</b> ... ..	<b>100</b>

Como los gastos fijos suponen, aproximadamente, el 25 por 100 de los gastos totales, para la rentabilidad de la instalación se ha de procurar alcanzar un índice de ocupación lo más elevado posible, ya que si no es así, el dinero que

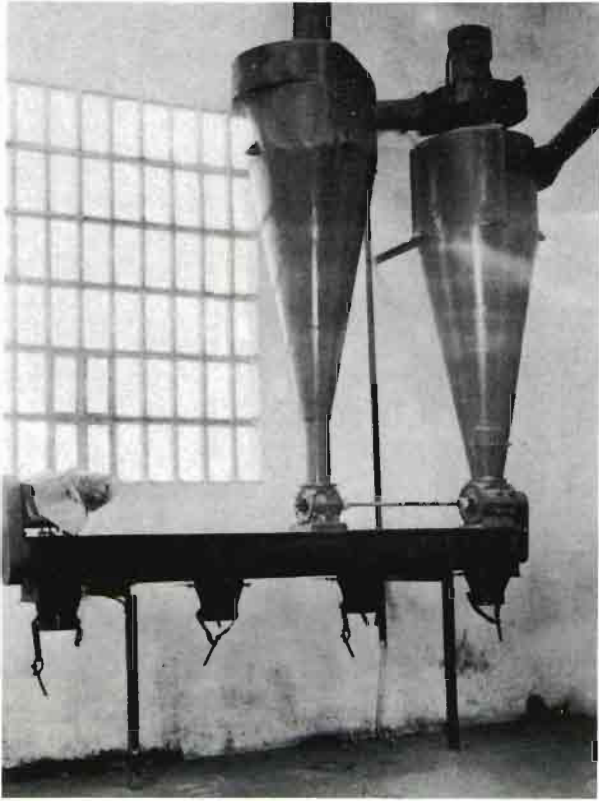


Fig. 10.—Bocas ensacadoras de harina de forraje.

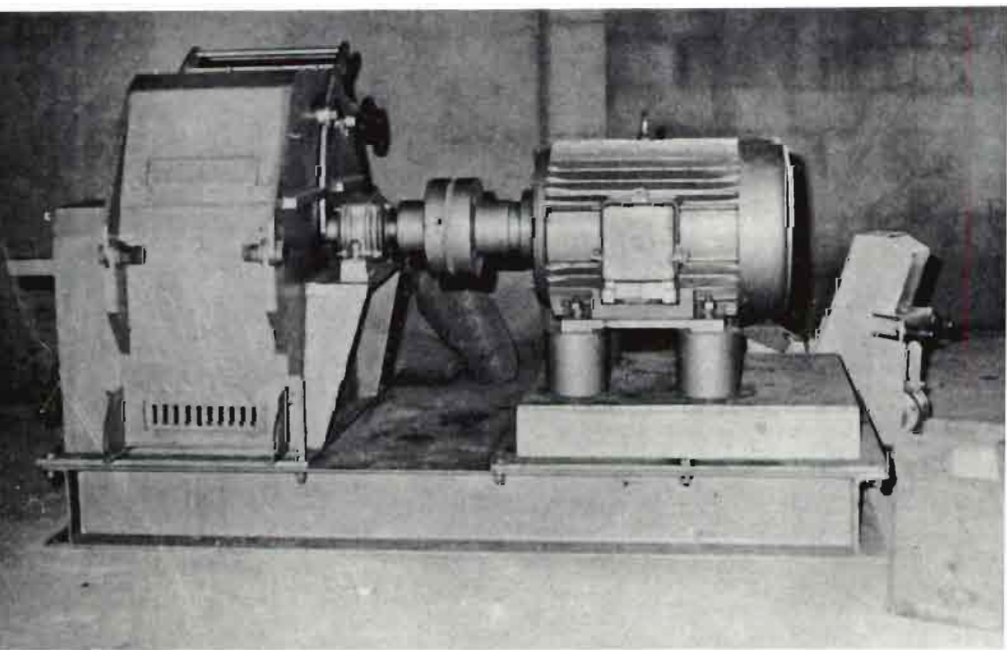
cuesta elaborar un kilogramo de producto seco sufre un incremento, deducido de estudios económicos, de, aproximadamente, 4 al 30 por 100 (tabla V).

TABLA V

Índice de ocupación	Horas de funcionamiento	Coste del kilogramo de producto seco (índice 100)
100	3.000	100,0
90	2.700	104,2
80	2.400	108,4
70	2.100	113,9
60	1.800	120,9
50	1.500	132,8

El volumen de trabajo efectuado o índice de ocupación ha de tenerse muy en cuenta al proyectar la instalación, pues puede dar lugar a precios resultantes no competitivos en el mercado si el diseño está hecho para un determinado volu-

Fig. 11.—Molino empleado para la fabricación adicional de piensos.



men de kilogramos a la hora de agua evaporada y sólo se emplea, por ejemplo, al 50 por 100, con lo que el precio resultante aumenta en más de un 30 por 100 (tabla V). El índice normal oscila, en la realidad, alrededor del 80-85 por 100 en la mayoría de las instalaciones.

Por último, debido a las partículas de tierra que el forraje lleva consigo durante el proceso, hay puntos de la instalación, como las paletas, ventiladores, codos, molinos, etc., que pueden llegar a corroerse en una campaña. Debe tenerse la precaución de revisar periódicamente estas partes y cambiarlas o repararlas si es preciso, sin esperar a su total avería, que originará paradas en el funcionamiento, con los consiguientes perjuicios económicos.

**PUBLICACIONES DE EXTENSION AGRARIA**  
**Bravo Murillo, 101 - Madrid-20**

Se autoriza la reproducción **íntegra** de esta publicación mencionando su origen: «Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura».