

REVISTA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

(TERCERA ÉPOCA)

MAQUINAS PARA LIMPIEZA Y PREPARACION DE SEMILLAS (*)

POR TEOFILO VICTOR BARAÑAO (*)

Introducción

Un lote de semillas es apto para la siembra, en nuestro concepto, cuando, además de hallarse exento de cuerpos extraños, reúne la condición de formar un conjunto cuyos elementos, los granos, posean uniformidad de caracteres intrínsecos y exteriores. Desde el punto de vista de este trabajo, estos últimos son los que nos interesan y ellos se refieren a la uniformidad en el peso, volumen, forma, color y grado de humedad de los granos.

La reunión de los mencionados caracteres en una muestra nos indicaría que estamos ante un lote ideal de granos para la siembra, a cuya uniformidad exterior tratamos de contribuir con medios mecánicos que constituyen el fundamento de este trabajo. Cualquiera que fuere el método empleado en la obtención de semillas, estaremos siempre más o menos distantes del conjunto ideal. Los procedimientos de cosecha en un campo de cría y multiplicación, meticulosos respecto a los cuidados para evitar mezclas de semillas de distintas líneas genealógicas, dan como resultado un conjunto alterado por la presencia de cuerpos extraños, restos del vegetal de donde proceden, cuerpos inertes procedentes del desgaste de las máquinas usadas en la cosecha, partículas térreas, etc. Cuando las semillas proceden de

(*) Tesis de profesorado, presentada a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires.

(*) Ingeniero agrónomo ; Profesor suplente de Maquinaria agrícola y Profesor adjunto de Mecánica agrícola de la Facultad de Agronomía de La Plata y de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, respectivamente.

cultivos ordinarios las impurezas están en mayor cantidad y son de mayor complejidad. Constituyen una mezcla de cuerpos varios a la que hay que agregar semillas extrañas, en la mayor parte de los casos, aunque en algunos, como la cosecha de maíz o girasol, dados los procedimientos de recolección, no presentan esta característica.

El producto cosechado impuro plantea dos problemas diferentes, según sea su destino. Para la industria la dificultad estará en la utilización como materia prima de una mercadería que, por su mezcla, obstaculice el proceso industrial; y tanta importancia tienen los cuerpos inertes, como las semillas extrañas. En cambio, si el producto se destina a la siembra, deberá someterse a una preparación que tienda a obtener un lote de semillas que se acerque, por sus caracteres extrínsecos, al que hemos definido anteriormente. Pero, en este último caso, el objetivo principal lo constituye la eliminación de semillas extrañas y, con especial interés, aquellas que, por su carácter de plaga, puedan infectar temporaria o definitivamente el predio.

En cada caso, en la prosecución del propósito, debemos contemplar los distintos aspectos del problema.

Así, para el industrial, la depuración de la materia prima entraña un problema económico. Le interesa conocer en qué proporción gravitará la operación de limpieza sobre el producto elaborado; y en caso de ser incompleta, en qué proporción se encontrará desvalorizado.

Para el agricultor la proporción no es la misma, sin apartarse de la faz económica del asunto. Al depurar la semilla, el costo de la limpieza incide en forma directa sobre ella, pero en forma indirecta sobre la cosecha obtenida con esta simiente. Luego, el costo de la operación tiene un denominador mayor: la cantidad cosechada. Y podemos agregar, no es un año sino en años sucesivos: incorporando al suelo una maleza cuyo efecto pernicioso gravitará sobre varias cosechas.

El grano obtenido por el agricultor se comercia tal cual sale de la trilladora, cosechadora o desgranadora. Pretender que éste mejore su producto por el tratamiento mecánico sería aumentar las expensas de la producción ⁽¹⁾. Al productor sólo le interesa que su mercadería,

(1) « Los métodos primitivos que seguimos para poner el cereal en debidas condiciones se traducen en exagerado costo.

« ¿ Quién no ha visto en nuestras estaciones las lonas cubiertas de cereales sobre las que se pasea un peón que con sus pies descalzos remueve los granos para que los rayos solares los sequen mejor ? ¿ Y esa máquina ventiladora para limpiar y clasificar el cereal, cuya manivela es penosamente accionada por uno o varios

que ha tratado de obtener en las mejores condiciones, compatibles con sus recursos, pueda ser comerciable. Ya el elevador o la fábrica se encargarán de ponerla en condiciones de limpieza.

Pero lo que debe hacer el agricultor, en forma individual o en forma cooperativa, es preparar la semilla para la siembra y éste es un asunto de maquinaria agrícola.

El problema es complejo; el examen de todas y cada una de las máquinas que fabricantes extranjeros y nacionales vuelcan en nuestro mercado y decir cuál de ellas pueden llenar eficientemente su cometido, sería una tarea ardua y saldría de los límites de un trabajo de esta índole. Hemos considerado oportuno tratar los principios fundamentales que utiliza la técnica para lograr, en lo factible, la limpieza y preparación de la semilla. La máquina es, en síntesis, la aplicación práctica de uno o más principios.

Esta es la forma como hemos abordado el tema.

I

LA ACCIÓN DEL AIRE EN MOVIMIENTO

Indudablemente, el elemento que se usó primitivamente para la limpieza de los granos ha sido el aire en movimiento, es decir, la acción del viento. En el procedimiento primitivo de trilla se utilizaba este medio para la separación del grano de la paja triturada por el pisoteo de los animales, y de los restos de la espiga en la trilla de cereales. Estos cuerpos, más livianos que el grano, son desplazados por la acción, aunque sea poco energética, del viento cuando se dejan caer libremente desde cierta altura.

hombres que ganan 8 pesos diarios? Es cierto que esto se va modificando paulatinamente y las máquinas a motor y las secadoras a vapor van sustituyendo gradualmente los sistemas primitivos. Con todo, subsiste el alto costo, por cuanto debe primero transportarse las bolsas hasta la máquina, vaciarlas, llenarlas nuevamente cuando la operación termina, coserlas y retornarlas a la pila.

« Recordemos que en el Canadá la limpieza y el secado se efectúa en los elevadores terminales provistos de maquinarias modernas que, al manipular enormes volúmenes de granos, funcionan con bajísimas expensas.

« Agréguese a ello, que el acarreo hasta las máquinas se realiza a granel por las cintas mecánicas de los elevadores en lugar de nuestros estibadores, tan eficientes hoy como en los tiempos de la flota frumentaria » (LUIS DUHAU, *Los elevadores de granos en el Canadá*, Buenos Aires, 1928).

Los cultivadores primitivos han limpiado rudimentariamente sus semillas con procedimientos análogos, arrojándolas hacia arriba, para que en la caída se separen los elementos más livianos bajo la acción de una ligera brisa. Prueba de ello son los implementos de que disponían los pueblos de agricultores, tales como palas de madera, paí-las, lienzos, etc., usados en estas prácticas.

La técnica, en la necesidad de valerse de este eficaz elemento, ha tratado de producirlo artificialmente; he ahí el origen de los ventila-dores.

La producción artificial del viento debe estar perfectamente regi-mentada para que pueda utilizarse eficientemente en la limpieza de semillas; es decir, la corriente de aire generada debe tener las siguientes características constantes: cantidad de aire en la unidad de tiempo y presión o velocidad de la masa flúida. Atendiendo a estos datos básicos debe calcularse un ventilador.

Teoría de los ventiladores ⁽¹⁾. — Un ventilador reposa sobre el siguiente principio: el aire removido por una serie de paletas unidas a un eje que gira a cierta velocidad; este aire, por la acción de la fuer-za centrífuga, desliza por las paletas, en el sentido del radio hasta la periferia y escapa al exterior. Si este sistema de paletas se mueve en el interior de una caja que lo encierre ajustadamente con respecto a los planos perpendiculares al eje de rotación, y la superficie de la cubierta exterior se aleje de la superficie engendrada por el borde exterior de las paletas, en forma gradual, según una espiral, hasta la abertura de salida, se tiene una corriente de aire fundamentalmente proporcional a la superficie de las paletas y a la velocidad periférica del sistema en movimiento, o sea el rotor. La dirección del movi-miento del aire al salir del rotor es una resultante de la dirección tangencial y de la dirección centrífuga; esto nos guiará en el estudio de la forma de las paletas. El aire que sale por la periferia produce, como consecuencia, una depresión en el centro del rotor, es decir, una aspiración y por consiguiente, tanto una como otra acción pueden ejecutar un trabajo más o menos considerable.

El problema que se nos presenta es el de desplazar una cierta cantidad de aire en la unidad de tiempo y a determinada presión;

⁽¹⁾ Nos detenemos sobre este argumento con el propósito de establecer los fun-damentos para el estudio crítico de los ventiladores en las máquinas de limpieza y clasificación.

la velocidad es consecuencia de la presión y recíprocamente. Con estos datos se puede calcular : 1° dimensiones de las paletas, y 2° velocidad periférica del rotor.

1° *Velocidad del aire a la entrada del ventilador* : La entrada del aire al ventilador debe ser lo más libre posible ; la abertura tendrá que ser tan amplia como sea posible y en ambos lados de la caja, cuando se trata de aventar la semilla, de manera que reduzca a un mínimo las resistencias que se oponen a la entrada del aire. Esta

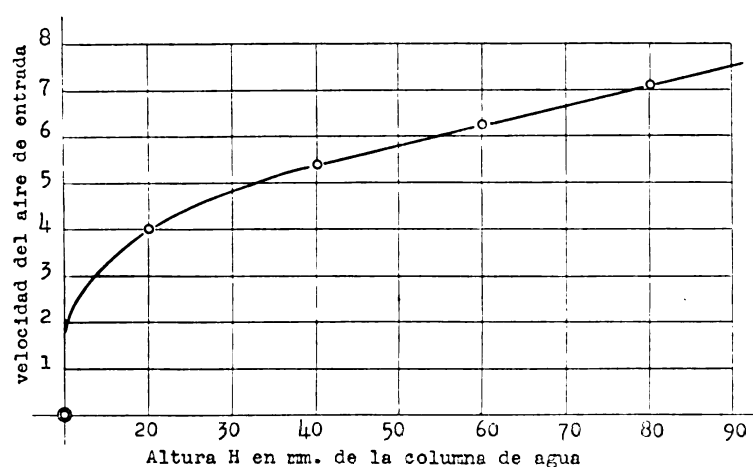


Fig. 1. — Gráfica de la velocidad del aire en un ventilador, en función de la presión manométrica ; columna de agua

abertura está limitada por la construcción misma, puesto que una superficie muy grande reduce la capacidad de la caja.

Según Pelzer, la velocidad de entrada que llama V_0 , tiene un valor determinado para cada presión que se desee obtener en la corriente de aire a la salida. Si la superficie de entrada fuera igual a la de salida, en las dos secciones reinaría la misma presión, pero el rendimiento mecánico quedaría reducido considerablemente.

La representación gráfica de la figura 1, da los distintos valores de la V_0 del aire a la entrada del ventilador, y la altura H de la columna de agua en mm. correspondiente. Así, para una presión de 50 mm. de la columna de agua, corresponde una velocidad V_0 , igual a 5,75 m/s. del aire a la entrada del ventilador.

2° *Cálculo del ventilador* : Para una cantidad de aire Q, en me-

tros cúbicos por segundo, y una velocidad de entrada V_0 , la superficie de la abertura de entrada será :

$$F = \frac{Q}{V_0}. \quad (1)$$

Cuando se trata de un ventilador para aventadora, como hemos dicho, es conveniente disponer de dos entradas de aire, una a cada lado de la caja ; en las aspiradoras no siempre se puede contar con doble entrada.

En el primer caso el diámetro de la abertura circular D_0 , será :

$$D_0 = \sqrt{\frac{H}{3,14} \cdot F} = 0,8 \sqrt{F} = 0,8 \sqrt{\frac{Q}{V_0}}, \quad (2)$$

y en el segundo caso :

$$D_0 = \sqrt{\frac{H}{3,14} \cdot F} = 1,128 \sqrt{F} = 1,128 \sqrt{\frac{Q}{V_0}}. \quad (3)$$

En un ventilador ideal las paletas giran a una distancia dada del eje, quedando este espacio central para la toma de aire sin cuerpo alguno que obstruya el paso. En la construcción del rotor no es posible prescindir de los rayos que unen las paletas con el eje, pero éstos deben reducirse al mínimo de sección. El diámetro de esta superficie, o sea de la circunferencia interior de las paletas, D_1 , se calcula por la fórmula :

$$D_1 = 1,2 D_0 = 1,35 \sqrt{\frac{Q}{V_0}} \quad (\text{para una entrada});$$

$$D_1 = 1,2 D_0 = 0,96 \sqrt{\frac{Q}{V_0}} \quad (\text{para dos entradas}). \quad (4)$$

Es decir, siempre un poco mayor que D_0 .

El diámetro exterior es 2 a 3,5 veces superior a D_1 , de donde :

$$D_2 = 2 D_1 \text{ a } 3,5 D_1, \quad (5)$$

según se trate de grandes o pequeños ventiladores.

Si llamamos H_1 , la presión teórica y R_1 , al radio correspondiente a D_1 , es decir, $\frac{1}{2}$ de D_1 , el número de revoluciones por minuto está dado por :

$$n = 845 m \sqrt{\frac{H_1}{R_1^3}}. \quad (6)$$

Fórmula deducida de la velocidad periférica, donde se substituye el valor de la velocidad por el de la presión H ; m es un coeficiente igual a 1,3. Esta fórmula se expresa en forma más sencilla tomando H igual a 0,80 de H_1 :

$$n = 12,30 \sqrt{\frac{H}{R_1^3}}. \quad (6)$$

Conociendo el número de revoluciones se calculan las velocidades lineales de los puntos extremos, internos y externos, de las paletas que corresponden a las circunferencias de radios R_1 y R_2 , respectivamente; velocidades que llamamos u_1 u_2 :

$$\begin{aligned} u_1 &= 0,104 R_1 n \\ u_2 &= 0,104 R_2 n. \end{aligned} \quad (7)$$

La forma de las paletas es generalmente trapezoidal; la base mayor está sobre el círculo de radio R_1 , y la menor, sobre el círculo de radio

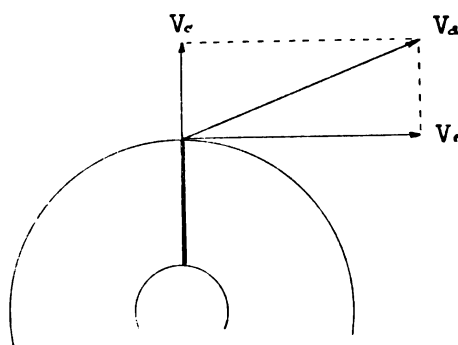


Fig. 2. — Vector resultante que representa la velocidad del aire en una paleta de ventilador

R_2 . El ancho, en la base mayor es proporcional a la cantidad de aire Q , e inversamente proporcional a la velocidad lineal en la circunferencia de radio R ; por lo tanto, llamando B a este ancho:

$$B = \frac{Q}{2\pi R_1 V_a}. \quad (8)$$

El ancho exterior b puede ser igual o menor que B . Si fuera igual a B , el aire desplazado del centro a la periferia se encontraría comprimido dentro de la caja, disminuyendo el rendimiento mecánico. De

aquí que sea necesario disminuir el ancho de B hacia b en una cantidad proporcional a la relación de los diámetros D_1 y D_2 . De tal manera, tendremos:

$$b = \alpha B \frac{D_1}{D_2} \quad (9)$$

(En el estudio experimental he introducido un coeficiente α igual a 1,25 para obtener la presión necesaria a la corriente de aire).

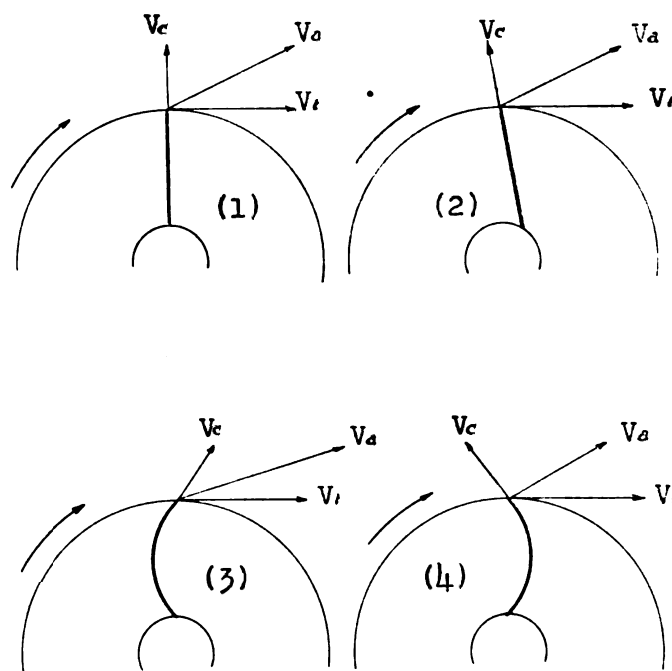


Fig. 3. — El vector de la velocidad del aire en las distintas formas de paleta

La velocidad del aire desplazado por las paletas está representada por el vector de la resultante cuyas componentes son las velocidades centrífuga y periférica o tangencial. La fuerza centrífuga imprime a la masa de aire una velocidad representada por el vector que sigue la dirección del plano de la paleta, o sea V_c . La velocidad tangencial está representada por el vector V_r . Buscando facilitar la entrada de aire con el menor choque y aumentar la velocidad absoluta V_a , se construyen de diversas formas y de distintas disposiciones en el rotor que pueden considerarse comprendidas en los cuatro tipos siguientes: planas radiales (fig. 3) (1) planas formando ángulo con el radio

(2), cóncavas en sentido del movimiento (3), y cóncava en sentido contrario (4).

Las disposiciones (1) y (3) permiten obtener una mayor velocidad absoluta que en los casos (2) y (4). Las experiencias han establecido que las formas convenientes son las que se acercan a una disposición mixta de la (1) y la (3), es decir, curva a la entrada para terminar con una disposición radial como en la (1). Esto permite disminuir el choque a la entrada y mantener la velocidad absoluta de la (1).

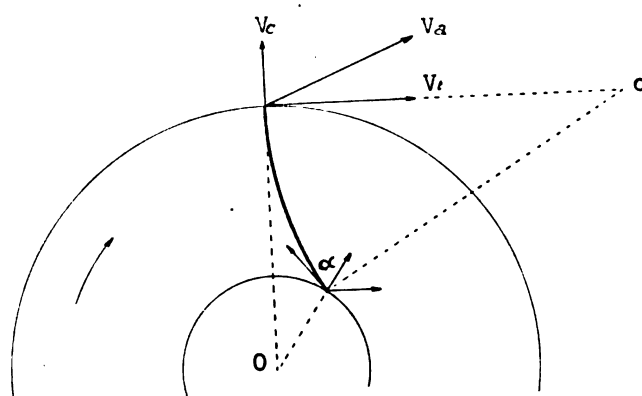


Fig. 4. — Paleta de curvatura racional

El ángulo α que forma la paleta con el radio está dado por la fórmula :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{u}{V_s}$$

y reemplazando los valores hallados :

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,654 \frac{B \cdot n \cdot R_1^2}{Q}$$

Pero las disposiciones de las paletas quedan determinadas por el radio de curvatura r , calculado por la siguiente fórmula :

$$r = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2R_1 \operatorname{sen} \alpha}$$

El número de paletas está regido por el espacio dejado entre dos paletas consecutivas. Un número excesivo dejaría un espacio reducido y el rozamiento del aire sería aumentado ocasionando una pér-

dida de rendimiento. En caso opuesto, el espacio exagerado produce remolinos detrás de cada paleta con el mismo efecto en el rendimiento y, lo que es más importante a los efectos de la eficiencia en la limpieza de semillas, la corriente de aire resulta fácilmente alterable con las variaciones inevitables de la velocidad de rotación.

Según Dollfuss, la separación entre las paletas en un buen ventilador debe ser de 0,20 m. a 0,22 m. Esto nos da la base para el cálculo por la fórmula :

$$Z = \frac{D_1 \pi}{t_1}, \quad (11)$$

donde t_1 es el valor lineal del arco de circunferencia de diámetro D_1 , cuyo valor numérico hemos hallado anteriormente.

La caja del ventilador está formada por dos planos perpendiculares al eje de rotación del rotor, con una o dos aberturas circulares en el centro y el borde exterior es una espiral cuyo origen es la circunferencia de radio R_1 y se va separando hasta la abertura de salida. Para determinar esta espiral es necesario conocer las dimensiones de la boca de salida, porque la altura de la sección es la separación máxima de la espiral. La superficie S es igual a :

$$S = \frac{Q}{V_a} = h B_1$$

de donde

$$h = \frac{Q}{B_1 V_a}. \quad (12)$$

B_1 es 1,25 de B . Luego la magnitud h se distribuye gradualmente en todos los puntos de la circunferencia de radio R_1 . De esta manera se obtiene el trazado de la espiral.

Por último, la potencia necesaria, teóricamente es igual a :

$$N_{\text{tr}} = \frac{QH}{75}$$

y la potencia efectiva, introduciendo el coeficiente de rendimiento 0,6 :

$$N_{\text{tr}} = \frac{1}{45} HQ.$$

Además, la fuerza absorbida para suministrar un metro cúbico de aire por segundo, según von Jhering, es la expresada en el gráfico siguiente :

Esto nos ha servido para construir dos tipos de ventiladores con carácter experimental y comprobar la aproximación de los resultados prácticos en la aplicación de las fórmulas que hemos expuesto.

Así, uno de los ventiladores ha sido calculado para obtener 9 metros cúbicos de aire por minuto, con una presión de 50 mm. Con la

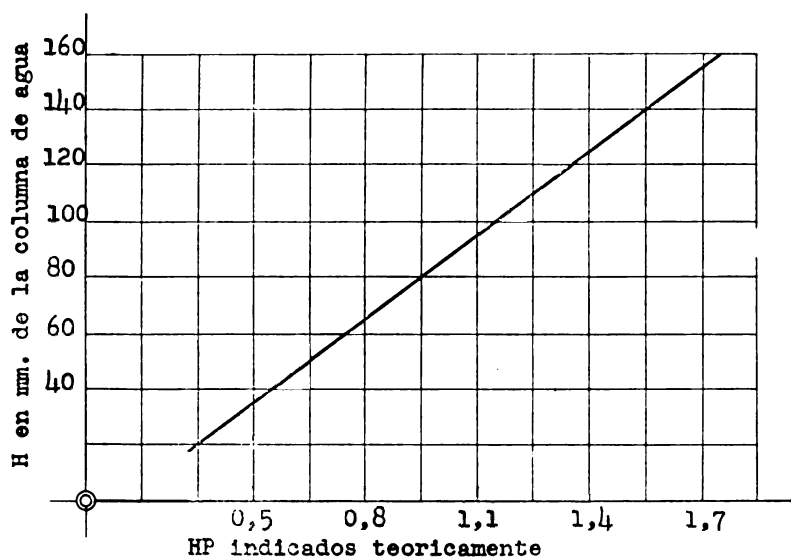


Fig. 5. — Gráfico de los HP indicados, según la presión manométrica: columna de agua

aplicación de las fórmulas hemos obtenido los siguientes datos para la construcción:

$F : 0,026 \text{ m}^3$	$B : 0,053 \text{ m}$
$D_o : 0,13 \text{ m}$	$b : 0,0212 \text{ m (?)}$
$D_i : 0,156 \text{ m}$	$\alpha : 63^\circ$
$D_s : 0,39 \text{ m}$	$r : 0,23 \text{ m}$
$n : 1400 \text{ rev/min}$	$h : 0,057 \text{ m}$
$U_i : 11,35$	$z : 6 \text{ paletas}$
$U_s : 28,4 \text{ m/s}$	$HP : 0,165$

Ensayo. — Construido el ventilador, debíamos proceder a comprobar el grado de aproximación entre la presión teórica calculada y la experimental con relación a la velocidad angular de 1400 rev/min, fijada por el cálculo. En segundo lugar, la cantidad de aire en la unidad de tiempo.

1° Para determinar la presión hemos usado un manómetro de agua, de vasos comunicantes abiertos (fig. 6) graduado en mm.

A una velocidad de 1400 rev/min, la presión ha sido de 42 mm en la columna de agua; es decir, menor que la presión calculada. Atribuida la diferencia al ancho exterior de las paletas, hemos corregido el defecto con un ancho mayor equivalente al coeficiente alfa de la fórmula (9); logrando con exactitud la altura de la columna en el manómetro (ver fotografía).

2° La cantidad de aire por minuto es consecuencia de la presión en la boca de la salida; por consiguiente :

$$Q = S \cdot v.$$

Valor calculado por medio de la superficie de la salida del ventilador y tomando la velocidad media correlativa de la presión media medida experimentalmente para evitar el coeficiente de rozamiento menor que la unidad.

3° La potencia absorbida, registrada por el medidor eléctrico, es de 14,50 kgm/s; siendo por cálculo 22,4 kgm/s.

Deducimos que para pequeños ventiladores el rendimiento disminuye y en lugar de 0,6, como establece von Jhering, es 0,5.

Otras determinaciones experimentales.

— Cambiando la forma de las paletas, de diseño mixto, por radiales planas, hemos comprobado que para la misma

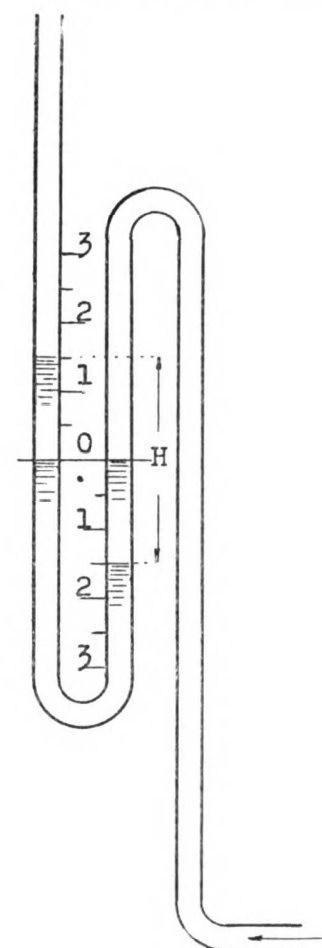


Fig. 6. — Esquema del manómetro usado en las experiencias

presión de aire, la fuerza motriz absorbida es mayor, o sea, absorbe 16,3 kgm/s; atribuible al choque del aire por el cambio brusco de dirección.

Además, para el mismo ventilador, la presión es proporcional al cuadrado de la velocidad. Por lo tanto, las inevitables variaciones de la velocidad están atenuadas en las variaciones de la presión.

Examen de los ventiladores en las máquinas de limpieza. — Con estos fundamentos teóricos podemos examinar los ventiladores en las máquinas de limpieza. Para ello es conveniente agruparlos en dos tipos, a saber: a) ventiladores para trabajar con la presión de la corriente de aire, en las aventadoras; b) ventiladores para trabajar con la depresión o aspiración, en las aspiradoras.

El esquema de la figura 8, representa un ventilador de una aventadora de tipo común, con las dimensiones anotadas. El número de revoluciones que fijan los fabricantes es de 180 por minuto.

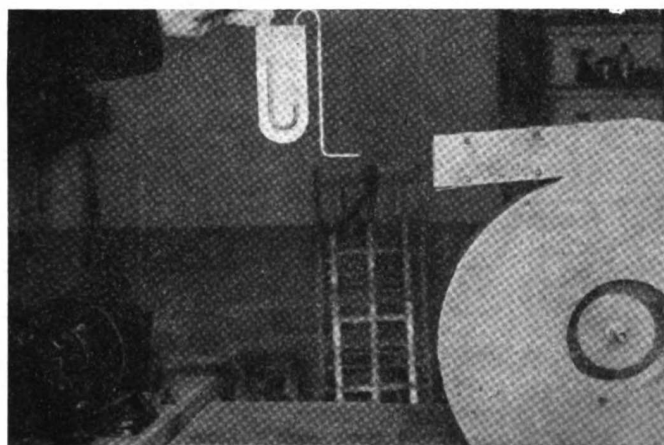


Fig. 7. — Ensayo de la presión del ventilador

Como la velocidad necesaria para una limpieza eficaz de los granos de trigo (hemos ensayado esta máquina con trigo) es de 8 m/s y siendo la abertura de salida, justamente donde el viento actúa sobre la cortina de semillas que caen de la tolva, es de 0,60 m por 0,80 mm, la cantidad de aire será:

$$Q = S \cdot v = 0,60 \times 0,80 \text{ m} \times 8 \text{ m/s} = 3,85 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Para la velocidad de 8 m/s corresponde una presión de 7,84 kg/m², que, expresada en milímetros de la columna de agua, es igual a 8 mm.

Para una altura H igual a 8 mm, la velocidad V_0 , es igual a 3 m/s y por lo tanto:

$$F = \frac{3,85 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m/s}} = 1,28 \text{ m}^2.$$

La superficie de la abertura de entrada debe ser $1,28 \text{ m}^2$; sin embargo, la máquina ensayada tiene dos aberturas rectangulares, con registros, con una superficie total de $0,43 \text{ m}^2$, es decir, un poco menor aun a la superficie de la salida, ocasionando una pérdida de rendimiento.

Otro defecto de la máquina lo constituye la disposición radial y la forma plana de las paletas con el inconveniente anteriormente señalado por el cambio brusco en la dirección del viento.

Y la deficiencia de mayor importancia es la que se puede apreciar por la relación entre el ancho y el diámetro del ventilador. El diámetro del rotor es de $0,75 \text{ m}$ y el ancho $0,80 \text{ m}$, es decir, una relación

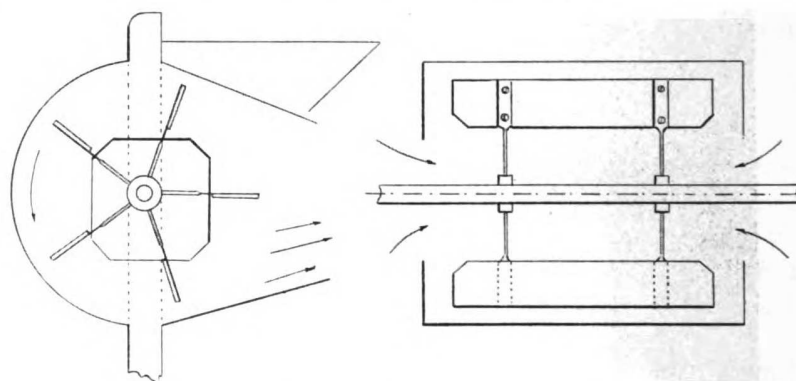


Fig. 8. — Corte transversal y longitudinal de un ventilador

casi 1. El ancho exagerado del rotor dificulta la entrada del aire llegando en mayor cantidad a los extremos y en menor proporción a la parte central. El efecto es bien notable: el material separado en los extremos, junto a las paredes de la caja de la máquina, es más pesado — algunos granos, semillas diversas — y en el centro, más liviano — restos de espigas, paja.

La energía absorbida por el ventilador es también mayor que la correspondiente para la producción de viento en un ventilador bien diseñado.

Otro tipo de ventilador muy frecuente en las aspiradoras es el representado en la figura 9. El conjunto tiende a ser una concepción más racional, pero adolece de algunos defectos, tales como la disposición de las paletas planas y formando un ángulo con el radio. Esto hace que la salida del aire no tenga la eficacia suficiente.

En efecto, el ángulo α , si bien es cierto que disminuye el efecto del choque a la entrada, reduce la velocidad absoluta V_a . El reducido número de paletas produce los remolinos detrás de cada una de ellas. Las aberturas, a la par de ser deficientes con relación a la boca de salida, dejan ver en el interior la parte central de las paletas, es decir, la entrada es prácticamente menor.

Finalmente, ensayando un tipo racional de ventilador, podemos establecer las siguientes leyes :

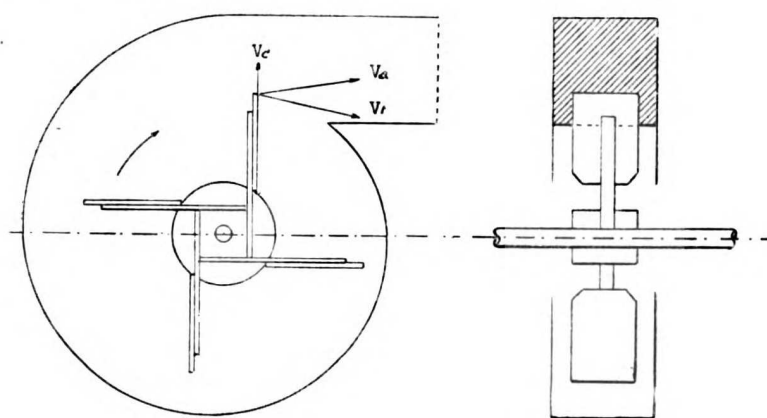


Fig. 9. — Croquis de un ventilador de construcción racional

a) La cantidad de aire suministrada por un ventilador, es proporcional al número de revoluciones del rotor ;

b) La diferencia de presiones es proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación.

A estas dos leyes hay que tenerlas presentes para utilizar un ventilador con la mayor eficacia y regimentar la corriente de aire eficientemente.

La utilización de la corriente de aire artificial

En rigor, el viento artificial separa los cuerpos por orden de pesos específicos. Si la mezcla la forman granos de distintas especies; restos orgánicos de las plantas, especialmente de la espiga en las gramíneas; materiales minerales, piedras y terrones de tierra; restos metálicos del desgaste de las máquinas de cosecha, etc., cada uno de estos elementos tiene un peso específico que varía desde el más liviano — paja y glumas — hasta el más pesado — piedras, hierro.

Bajo la acción de una corriente de aire que sopla horizontalmente, cada uno de ellos, dejado caer libremente, opone mayor o menor resistencia, dejando su trayectoria vertical para seguir la dirección de una resultante, que tiene entre sus dos componentes a la fuerza del viento sobre la superficie del cuerpo donde incide.

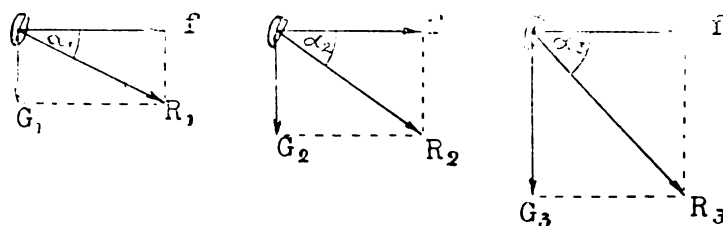


Fig. 10. — Trayectoria de granos de distinto peso e igual volumen impulsados por el viento

Si ponemos tres cuerpos del mismo volumen, de la misma forma y ofreciendo la misma superficie, pero de distinto peso que representamos por los vectores: G_1 , G_2 y G_3 (fig. 10).

La presión del viento repartida en la misma superficie produce la fuerza f en los tres casos, y las resultantes en cada caso R_1 , R_2 y R_3 . Si se consideran superpuestas las tres figuras, que sería la represen-

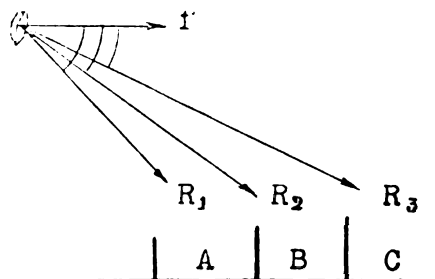


Fig. 11. — Tres trayectorias saliendo del mismo punto de origen

tación de la mezcla, cada uno se desviaría de la trayectoria vertical, cayendo en compartimentos distintos: A, B, C.

Este es el principio de la limpieza por medio de la corriente de aire artificial.

Ahora, para regimenter la corriente de aire es necesario conocer la masa del grano o bien su peso; luego, la sección del mismo para hallar la presión del aire necesario para lograr una desviación conveniente.

Tomamos, por ejemplo, un grano de trigo cuyo peso es de 0,0411 gr, y, la superficie de la sección máxima, que es la que ofrece generalmente el grano, es de 9,6 mm² (fig. 12).

Para una desviación de 45°, la presión que debe tener el viento, soplando horizontalmente, debe ser :

$$p = \frac{0,041 \text{ gr}}{9,6 \text{ mm}^2} = 0,0042 \text{ gr/mm}^2.$$

G : 0,0411 que corresponde a una velocidad de 8,2 m/s, según el cuadro siguiente :

$$F : 0,0411 \quad p : 0,0042 \text{ gr/mm}^2.$$

Presión en gr/mm².

Presiones	0.00098	0.002	0.0039	0.0061	0.0088	0.012
Velocidades	4	6	8	10	12	14

En otros casos, muy frecuentes en las máquinas de limpieza, la semilla cae sobre un plano inclinado que hace más eficiente la separación.

En efecto, supongamos un plano con una inclinación de 45°, el

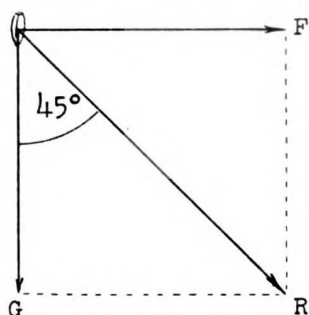


Fig. 12. — Trayectoria de 45° cuando la presión horizontal del viento equivale al peso del grano.

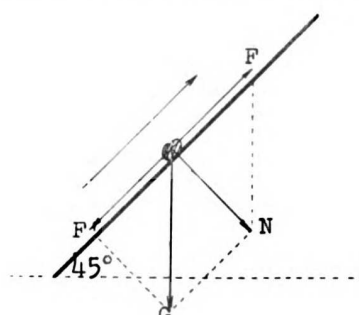


Fig. 13. — Equilibrio de un grano sobre un plano inclinado de 45°

viento sopla en la misma dirección y hacia arriba. Si el grano pesa 0,041 gr, es suficiente una fuerza F igual a G por seno de α ; igual a 0,7 de G, y en tal caso: 0,02 gr basta para equilibrarlo sobre el plano inclinado.

Esta fuerza corresponde a una presión de 0,003 gr/mm² y a una velocidad de 7,2 m/s (fig. 13).

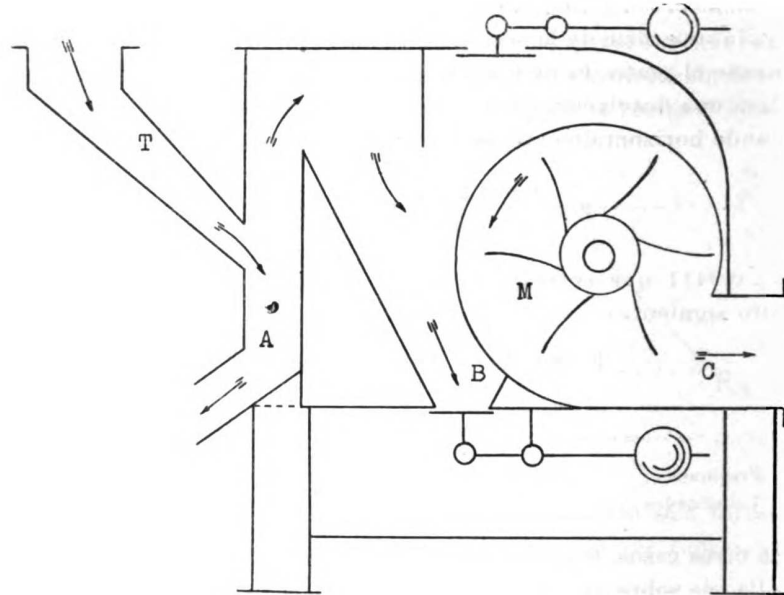


Fig. 14. — Corte de una aspiradora (esquema) ; salidas : A, B y C

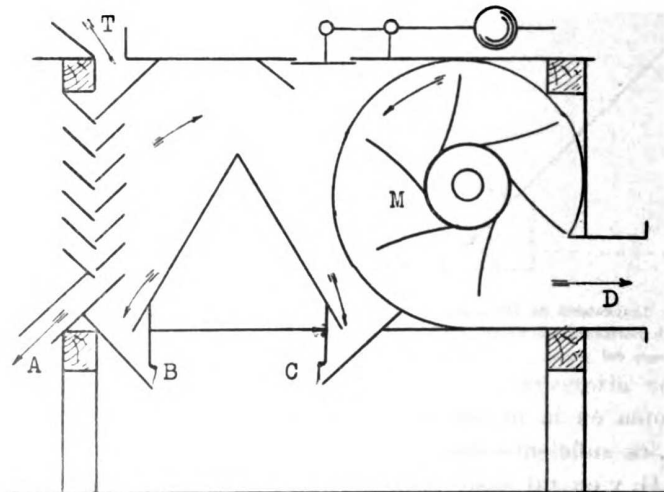


Fig. 15. — Corte de una aspiradora (esquema) ; salidas : A, B, C y D

Consideramos, ahora, un grano con carie, desde luego con un peso menor que el anterior, aunque de forma exterior igual, o bien, un grano vestido de menor peso específico, o granos de avena y cebada mezclados con el trigo; la acción del viento que puede equilibrar a un grano de trigo, normalmente constituido, hace remontar a los demás por el plano inclinado, efectuándose de este modo la separación.

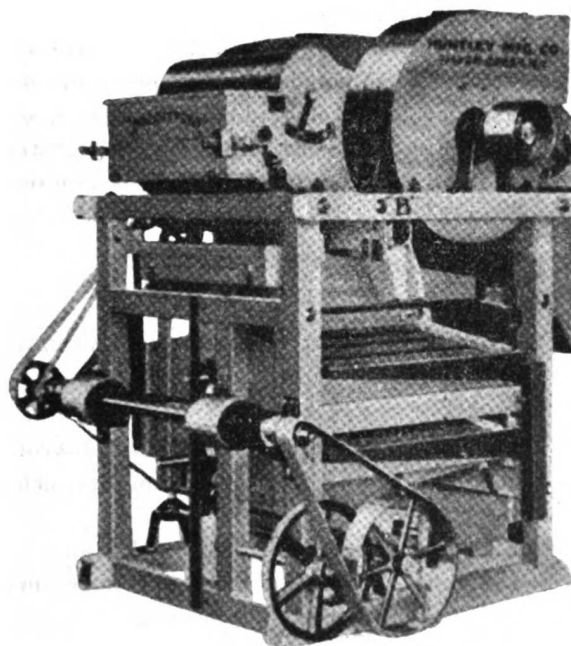


Fig. 16. — Aspiradora con un tipo de ventilador de construcción racional

Por último, hay otra disposición para utilizar la acción separadora del viento artificial: la corriente tiene una dirección opuesta ascendente a la caída vertical de los granos. En el esquema de la figura 12 se representa esta disposición.

Una corriente de aire de 14 m/s ejerce una presión capaz de equilibrar un grano de peso 0,0411 gr y de sección mínima 3,5 mm² — los granos caen generalmente de punta. El ventilador M puede producir una corriente de esta intensidad en la parte más estrecha del conducto, sección *a-b*, donde desembocan los granos.

La separación se hace de esta manera:

La mezcla que desemboca en el conducto a la altura *a-b*, soporta

la presión del viento, algo menor que la calculada para equilibrar los granos, correspondiente a una velocidad de 12 m/s; los granos que por su peso pueden vencer esta resistencia caen por el conducto y salen por la abertura A. Los otros más livianos siguen el camino ascendente, mientras los conduzca esta corriente; pero, al llegar a la cámara C, como la velocidad disminuye, caen al compartimiento B, y los materiales más livianos, llevados por la corriente, salen al exterior de la máquina por la abertura C.

En los tres casos la corriente de aire puede adaptarse a cualquier tipo de semilla. Con un cálculo análogo se puede establecer el régimen del viento artificial según el grado de limpieza que se desee efectuar. Siempre y por consiguiente la presión, es registrable para obtener una corriente que se adapte a distintos tipos de semillas.

II

LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DE SEMILLAS POR LAS DISTINTAS FORMAS DE LOS CUERPOS MEZCLADOS

a) Cuando las semillas y cuerpos extraños mezclados con las semillas a limpiar tienen un tamaño diferente, son más pequeños o más grandes.

Ejemplo: semillas de malezas mezcladas con el trigo;

b) Cuando tienen entre sí poca diferencia de volumen pero de distinta forma. Ejemplo: avenas mezcladas con trigo.

En el caso a) se emplean los cedazos, cribas y zarandas. En el caso b) la separación se hace por medio de planchas alveoladas o triadores ⁽¹⁾ (trieurs).

Para separar semillas y cuerpos más o menos grandes, se utilizan las telas metálicas y chapas perforadas, de distintas formas, tamaños y disposiciones. Nos ocuparemos en este capítulo de la parte orgánica y constructiva de estos elementos, prescindiendo del estudio del movimiento de que están animados para tratarlo especialmente en un capítulo siguiente.

Llamaremos con el nombre de cedazo a los órganos de las máquinas limpiadoras o clasificadoras, provistos de telas metálicas. Estas se construyen en forma de entramado con hilos de bronce, hierro o ace-

⁽¹⁾ Del verbo triar: escoger, entresacar.

ro. Las de los dos últimos materiales, generalmente galvanizados. Se encuentran en el comercio los tamaños de mallas y diámetros de hilos que se consignan en los siguientes cuadros ⁽¹⁾.

<i>Número de telas de bronce de 0,50 metros por 1 metro</i>			<i>Numero de telas de hierro estañado de 1 metro de ancho</i>		
2	16	45	18	36	54
4	18	50	20	38	56
6	20	60	22	40	58
8	25	70	24	42	60
10	30	80	26	44	62
12	35	90	28	46	64
14	40	100	30	48	66
			32	50	68
			34	52	70

Telas de hierro galvanizado anchos de 0,60, 1 m y 1,20 m.

<i>Número de telas</i>				<i>Número de alambre</i>			
2	17	15	12	10	25	23	20
2½	18	16	13	12	26	24	21
3	19	17	14	14	27	25	22
4	20	18	15	16	28	26	23
5	21	19	16	18	29	27	24
6	22	20	17	20	30	28	
7	23	21	18	25	31	29	
8	24	22	19	30	32	30	

Los números comerciales que corresponden a los distintos tipos de semillas son las siguientes :

<i>Semillas</i>	<i>Número de tela</i>
Maíz.....	3
Arvejas.....	2
Cebada.....	4
Trigo.....	5
Centeno.....	5
Lino.....	8
Nabo.....	20
Alpiste.....	16
Alfalfa.....	22
Lineta.....	10

⁽¹⁾ El número de la malla se entiende la cantidad de mallas por pulgada lineal. El número del alambre, la cantidad de unidades por pulgada de longitud.

Las cribas se construyen en chapas perforadas de hierro o acero, generalmente galvanizadas, o bien, aunque raramente, de zinc. Tienen sus ventajas sobre las telas metálicas, que son las siguientes: 1° la resistencia es mayor y las zarandas de grandes dimensiones no se deforman por el peso de las semillas; 2° ofrecen menor resistencia al deslizamiento por ser de superficie lisa; 3° se adaptan mejor a los distintos tipos de granos, por la forma de los orificios, y 4° sufren en menor grado el atascamiento, por la forma cónica de las perforaciones. Pero tienen también sus inconvenientes y desventajas sobre las telas: 1° mayor peso, y esto aumenta el efecto de las sacudidas en las zarandas cuando actúan animadas de movimiento, efecto siempre pernicioso para la estabilidad y duración de la máquina; 2° mayor costo, sobre todo si se tiene en cuenta el tamaño de las planchas que se fabrican y los inevitables desperdicios, y 3° el menor rendimiento en trabajo efectivo por la unidad de superficie, a causa del porcentaje de superficie nociva.

Los tipos comerciales de chapas para cribas por el número de la perforación — de procedencia americana — tienen como unidad de medida $1/64$ de pulgadas (0,39 mm). En los siguientes cuadros se indican todas las medidas.

Número de chapa de orificios circulares

(Cada unidad igual a $1/64$ ")

3	$6\frac{1}{2}$	13	22
$3\frac{1}{2}$	7	14	24
4	8	15	26
$4\frac{1}{2}$	9	16	28
5	10	17	30
$5\frac{1}{2}$	11	18	32
6	12	20	

Perforaciones oblongadas transversales :

$a : 12/64$	$b : 12/32$
$a : 16/64$	$b : 1/2$
$a : 24/64$	$b : 3/4$

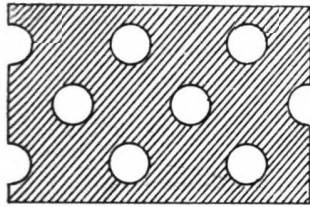


Fig. 17. — Chapa de orificios circulares

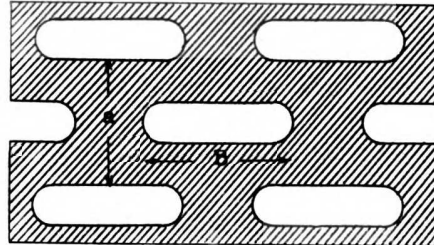


Fig. 18. — Chapa de perforaciones oblongadas transversales

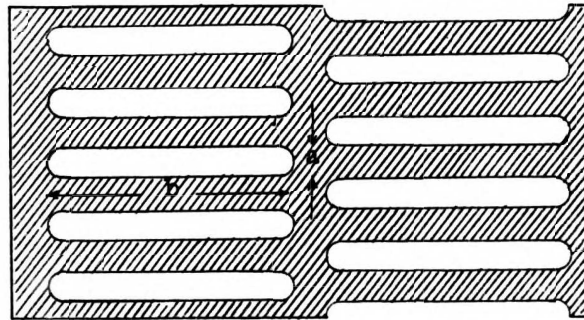


Fig. 19. — Chapa de perforaciones oblongadas longitudinales

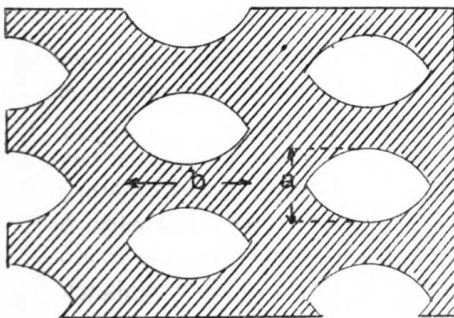


Fig. 20. — Chapa de perforaciones ojivales

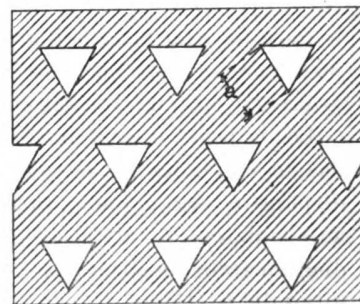


Fig. 21. — Chapa de perforaciones triangulares

Perforaciones oblongadas longitudinales :

$$b : 1/2''$$

$$a : 4, 4\frac{1}{2}, 5, 6, 7, 8, 9$$

$$b : 3/4''$$

$$a : 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28$$

$$b : 7/8''$$

$$a : 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30$$

$$b : 1''$$

$$a : 32, 40, 48$$

$$b : 1\frac{1}{4}$$

$$a : 48, 64$$

$$b : 1\frac{1}{4}''$$

$$a : 4\frac{1}{2}$$

$$b : 1\frac{1}{4}''$$

$$a : 7$$

$$b : 9/64''$$

Perforaciones ojivales :

$$a : 3/4''; \quad a : 24, 32$$

Perforaciones triangulares :

$$a : 6, 8, 10$$

Para separar las semillas y cuerpos extraños de una mezcla, por medio de las telas metálicas o de chapas perforadas, se construyen cedazos o zarandas, cribas o cernidores.

Los cedazos, o comúnmente zarandas, están, casi siempre, animadas de movimientos, se construyen sobre bastidores rectangulares y dispuestos según uno o varios planos. Cuando están animadas de movimientos de vaivén, se inclinan hacia la salida para que el producto marche, deslizándose. La inclinación es de 10-15 % de la longitud del bastidor.

Las zarandas pueden disponerse de dos maneras diferentes :

1ª Se disponen las unas a continuación de las otras, sobre un mismo plano; o,

2ª Se las dispone las unas sobre las otras, según varios planos.

En el primer caso, los tejidos de malla fina se encuentran a la entrada, siguiendo los demás en orden gradual de tamaño (fig. 22),

En el segundo caso, los tejidos o chapas de mayor abertura se encuentran en la parte superior (fig. 23).

La segunda disposición es la más común por la economía de espacio.

Como las zarandas forman parte integrante, con otros elementos

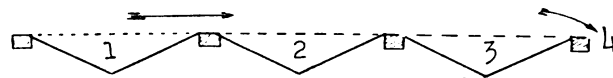


Fig. 22. — Zaranda compuesta por tres chapas dispuestas en un plano

de separación, de las máquinas de limpieza, se colocan en marcos o bastidores intercambiables para obtener la adaptación a los distintos tipos de semillas que se traten de limpiar.

Así, por ejemplo, se disponen para la limpieza del trigo: la primera malla será de un número 4, para separar los cuerpos groseramente mayores, tales como restos de espigas, paja, etc.; la segunda provista de agujeros oblongos cortos, detiene las semillas de avena y cebada,

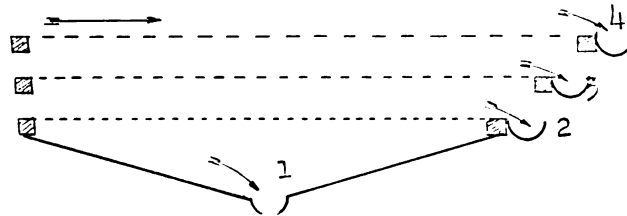


Fig. 23. — Las mismas chapas anteriores dispuestas en tres zarandas superpuestas

permitiendo el paso del trigo, y por último, una malla fina para los restos de granos, tierra y polvo.

Para zarandear 100 kg de impurezas finas por hora, se necesita 0,20 m² de superficie, mientras que para la misma cantidad de impurezas gruesas bastan 0,10 m². Es, pues, excesivo el tamaño de las zarandas gruesas y deficiente el de las zarandas finas en la disposición de la figura.

Es por esto que se disponen, ventajosamente, como se indica en la figura, donde las primeras ocupan una superficie igual a 1/3 de las últimas.

A causa del escaso rendimiento en trabajo* de separación de las zarandas, se ha ideado la disposición prismática y la cilíndrica de la superficie tamizante. Al mismo tiempo se cambia el movimiento vibratorio por uno más suave y regular: el movimiento circular al-

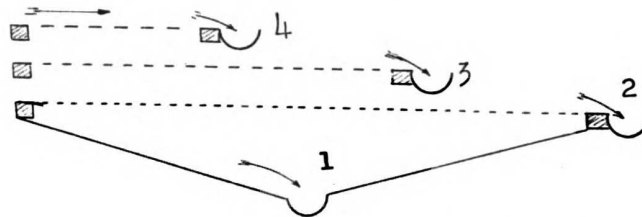


Fig. 24. — Zarandas superpuestas con medidas proporcionales al rendimiento de separación de productos

rededor del eje del prisma o del cilindro. La figura muestra el principio de la separación por un tipo de máquina de esta naturaleza. Cuando la superficie tamizante la constituye una tela metálica, llamados en este caso cernidores, tienen el inconveniente, causado por la inclina-

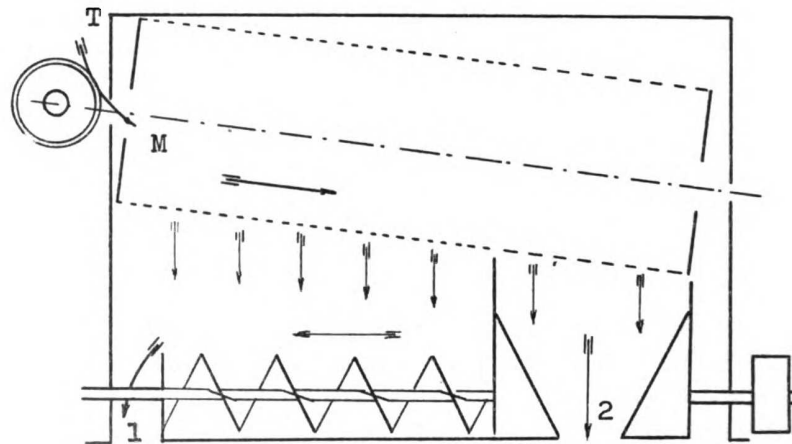


Fig. 25. — Esquema de una criba cilíndrica para limpieza de semillas

ción de la tangente a las paredes de la superficie cilíndrica y la posición del producto. Es así que, granos que pasan a través de una tela dispuesta en zaranda horizontal, son detenidos en un cernidor construido con la misma malla. Es por esto que se emplean únicamente chapas con perforaciones oblongas — cribas — y en algunos casos,

mallas especiales rectangulares, o bien, alambres arrollados en espiral.

Para que las semillas pueden seguir a lo largo de las cribas cilíndricas, animadas siempre de movimiento de rotación, con una velocidad de $m\ 0,90 - 1\ m/s$, se les da una inclinación respecto al eje, de $10\ \%$. En un solo cilindro se colocan, generalmente, dos secciones distintas de perforaciones. La primera hará la separación de cuerpos extraños finos, la segunda deja pasar las semillas a limpiar y sale por el extremo del cilindro el resto, compuesto por cuerpos de mayor tamaño.

Cuando las cribas cilíndricas se usan para clasificar semillas, el

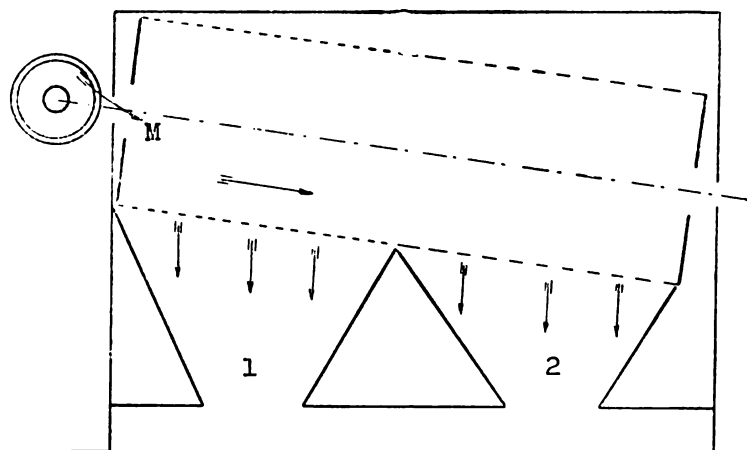


Fig. 26. — Esquema de criba cilíndrica para clasificar

ajuste de la perforación debe ser muy esmerado para poder tener una gran uniformidad en tamaño. El rendimiento, en este caso, disminuye y se supone que en una mezcla de semillas, previamente limpiadas de cuerpos extraños, deja pasar cada sección de cilindro, una parte alícuota de la mezcla. Por eso se disponen como se indica en el croquis de la figura 26.

Como el atascamiento es el más serio inconveniente en las cribas, se libran los granos de las perforaciones por medio de cepillos que frotan las superficies cilíndricas con cierta presión y colocados exteriormente. Estos cepillos, verdaderos frenos para los cilindros en movimiento, ocasionan una gran pérdida de trabajo mecánico y son causa de desgaste de las chapas y de ellos mismos. Se ha tratado de solucionar este inconveniente con la adopción de un cilindro desa-

tascador, compuesto por una serie de discos que actúan en la dirección del eje de las perforaciones empujando hacia el interior las semillas que, ajustándose a las perforaciones, obstruyen las cribas. Tanto estos cilindros como los cepillos van colocados en la parte superior, fuera de la zona de cribaje.

Se ha utilizado con buen resultado, para la clasificación de cereales, el tipo de criba de abertura variable. Es, en principio, una espiral de alambre cuyas espiras se pueden acercar o separar a voluntad. La variación es micrométrica; es ésta la ventaja en el ajuste para una buena clasificación.

Clasificadoras alveoladas: Triadoras. — Por medio de las cribas y zarandas podemos hacer una separación de semillas tales como lino de nabo, o trigo de nabo, yetón, etc., es decir, semillas que no puedan pasar a través de una malla o de una criba en ninguna forma, y otras que puedan pasar con facilidad.

Pero no tendremos el mismo resultado con una mezcla de trigo y avena, porque donde puede pasar el trigo, podrá pasar también la

avena si se coloca, por efecto del movimiento, en una posición que, teniendo menores dimensiones que el trigo, le permita atravesar los agujeros; es decir, de punta (fig. 27).



Fig. 27. — Forma en que puede disponerse un grano de trigo y otro de avena, en una criba.

Las chapas alveoladas tienen la función de escoger o entresacar los

distintos granos de una mezcla que por la razón expuesta no ha sido posible separarlos por los medios hasta ahora detallados.

Las clasificadoras de alveolos o triadores han sido inventadas en el año 1845 por M. Vachon, de Lyon. Consisten en un cilindro de chapa provista de alvéolos. Los alvéolos pueden ser repujados o fresados en la chapa. Los primeros tienen los bordes redondeados, mientras que los segundos tienen aristas vivas y con un número mayor de alvéolos por unidad de superficie.

Así, para un alvéolo de 5 mm de diámetro, la distancia de eje a eje de alvéolo es de 1,3 mm y de 2,2 mm para uno fresado y otro repujado, respectivamente; de donde resulta que el número de alveolos fresados es mayor en un 25 % a 30 %, para el mismo tipo y dimensiones. Esto constituye un factor importante para el rendimiento.

Los alvéolos fresados tienen aún otra ventaja: las aristas vivas rechazan mejor un cuerpo que no debe pasar a su interior, que los

bordes redondeados de los otros alvéolos punzonados. De manera que, empleando chapas fresadas, hay mayor probabilidad de rechazo de semillas y cuerpos extraños, de acuerdo al tamaño de las cavidades, y por lo tanto, una mejor limpieza y clasificación. Todas estas ventajas, como también las dimensiones exactas que permite el fresado, hace que se imponga este sistema sobre aquel, a pesar que el desgaste redondea las aristas por efecto del trabajo y disminuye la precisión de la clasificadora.

Teoría. — La figura 28 indica en forma esquemática el principio de la clasificación.

A, es una clasificadora de chapa estampada, y B una de chapa fresada. La máquina trabaja con una mezcla de trigo y de semillas de malezas de forma más o menos redondeadas. El cilindro, mar-

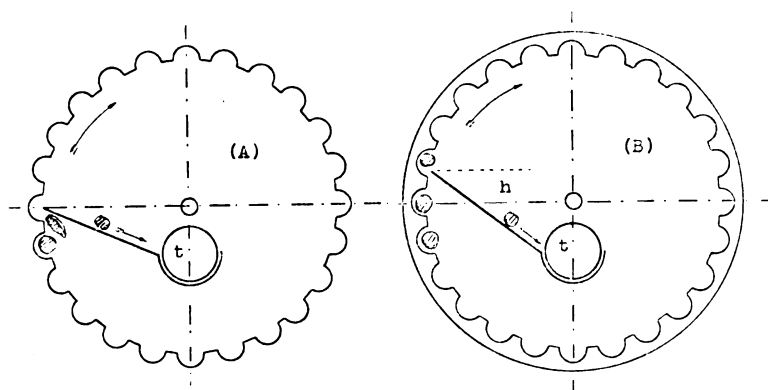


Fig. 28. -- Secciones transversales esquemáticas de clasificadoras alveoladas; A, chapa estampada. B, chapa fresada

chando en el sentido que indica la flecha, aloja en sus cavidades los distintos granos; pero a la altura próxima al diámetro horizontal, una chapa C, el «raspador», desaloja las semillas que no quedan contenidas totalmente en el alvéolo, tal como un grano de trigo y permite el paso de la semilla de maleza; ésta se desprende por gravitación al llegar a cierta altura, cae en la parte superior del raspador, se desliza hacia la canaleta *m* y de allí se recoge en el extremo del cilindro, por medio de un tornillo de transporte.

Si se trata de una clasificadora de chapa estampada, no bien ha pasado el diámetro horizontal, la carga del alvéolo se desprende y

cae (caso A). Pero si fuera de chapa fresada, la permanencia en el alvéolo alcanza una altura h sobre el mismo diámetro.

De aquí se deduce que, para obtener una buena clasificación, es indispensable hallar la altura h , para cada caso, es decir, para cada tipo de semilla, para cada número de alvéolo y velocidad de rotación. Altura que se encuentra experimentalmente haciendo variar la posición del raspador.

Las dimensiones de los alvéolos varían de 3 a 10 mm de diámetro y de medio en medio milímetro. Se adoptan alvéolos de 3 a 4 mm para pequeñas semillas; de $4\frac{1}{2}$ a $5\frac{1}{2}$, para extraer trigo o centeno, y de 7 a $7\frac{1}{2}$, para avena.

El rendimiento en trabajo efectivo es como sigue: 240 kg/hora y por metro cuadrado de superficie fresada; y de 210 kg/hora y por metro cuadrado de superficie estampada. Y expresado en otra forma: para triar 100 kg de trigo por hora se necesitan 0,42 m² de chapa fresada y 0,475 m² de superficie estampada. Desde luego que siempre con la velocidad de 0,35 m/s de velocidad lineal de la chapa.

Ahora bien, estos rendimientos son para la inclinación de los cilindros que indican los fabricantes, pero si se hace variar el ángulo de inclinación, varía el tiempo de permanencia del grano en el cilindro y por lo tanto, el rendimiento horario y, en consecuencia, el grado de clasificación de la mezcla.

Según los ensayos efectuados por el profesor Biedrzycki de la Universidad de Varsovia (*Ensayos de clasificadoras alveoladas, Machinisme Agricole et Equipement Rural*, París, mayo de 1936), el tiempo de permanencia en función de la inclinación, es la siguiente:

Angulo de inclinación del cilindro	Tiempo de permanencia de un grano en el cilindro
0°00'	0 ^m 11 ^s
0 30	0.07
1 30	6.04
2 30	5.04
3 30	4.05

Pero no sólo influye en el rendimiento el ángulo de inclinación; varía también por efecto de la mayor o menor abertura de la compuerta de la salida de los granos. Ocurre, así, algo semejante a la dinámica de los líquidos, donde la velocidad depende de la altura h de la fórmula fundamental de la hidráulica. En este caso, una mayor diferencia de altura entre la entrada y la salida de los granos, acelera la salida por efecto de la presión entre ellos.

El mismo autor obtiene los siguientes resultados para la máquina Neussaat :

Número de la abertura de la compuerta de salida de los granos	Tiempo de permanencia de los granos en la clasificadora
1.25	9.0"
1.50	8.0
1.75	8.0
2.00	6.4
2.50	6.3

El autor llega a la conclusión que para aumentar el rendimiento de la clasificadora, es necesario disminuir la velocidad de traslación de los granos, disminuyendo el ángulo de inclinación. Yo, por mi parte, he observado que las máquinas modernas de gran rendimiento, tienen muy poca inclinación o llega a ser nula, en algunos casos (fig. 31).

Es claro que, para una mezcla dada, la eficiencia de la máquina, dependerá del mayor o menor contacto de la masa de granos con la superficie del cilindro.

Al ocuparnos del movimiento, en general, veremos los otros aspectos de la clasificación en los triadores.

Clasificadoras alveoladas para mayor rendimiento. — La labor satisfactoria de clasificación por medio de chapas alveoladas tropieza con el factor desfavorable del escaso rendimiento en trabajo.

Se ha buscado de acelerar el trabajo evitando, así, la instalación de varios cilindros en batería para llegar a clasificar grandes cantidades de semillas, con el consiguiente costo de instalación y mayor espacio ocupado.

Esto ha dado origen a los dos sistemas siguientes : los cilindros con el eje de los alvéolos inclinados y sin raspadores, y los discos alveolados.

Cilindros con alvéolos de eje inclinado (fig. 29). — Las características de este sistema son las siguientes : los alvéolos tienen el eje inclinado con respecto al radio del cilindro, de manera que la célula contenga su carga durante un período mayor de la revolución del tambor y la despida por gravitación a una altura mayor, sobre el diámetro horizontal, que en las clasificaciones comunes ; los granos caen por gravitación en una canaleta *c*, que se prolonga por un lado en una chapa inclinada, pero no llega a tocar las paredes del

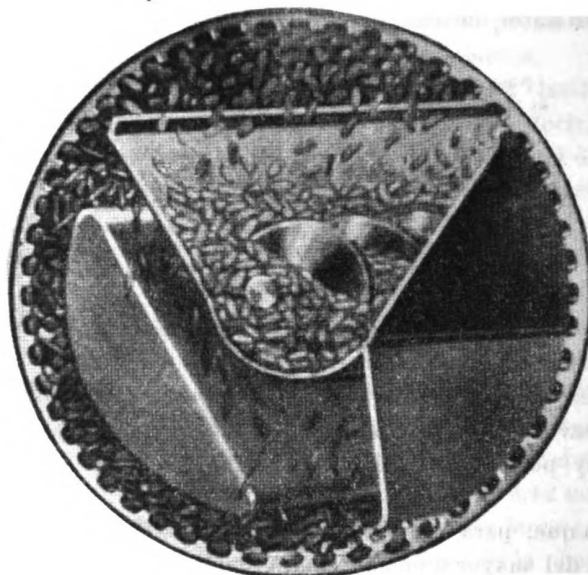


Fig. 29. — Clasificadora alveolada de alto rendimiento con alvéolos de eje inclinado; sección

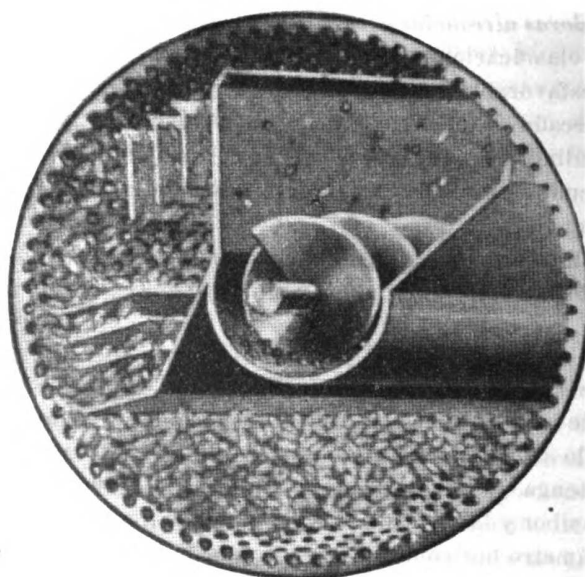


Fig. 30. — Clasificadora semejante a la anterior con chapas de distribución; sección

cilindro. Una pieza *m* de superficie cilíndrica, concéntrica al cilindro alveolado, en la parte inferior y plana en la cara superior, tiene por función facilitar el contacto de la mezcla con la chapa alveolada y, por otra parte, el deslizamiento de las semillas que no son contenidas en los alvéolos, por el plano inclinado de la parte superior, produciendo una rotación de los granos que facilita la entrada en las células. Otras veces, como muestra el de la figura 30, las chapas *m* producen el mismo movimiento de las semillas.

En esta construcción se puede llegar a una velocidad lineal del cilindro de 1,20 m/s.

Funcionamiento. — Si la mezcla fuera de semillas de trigo y avena, por ejemplo, se distribuyen en un espesor comprendido entre *m-n*. Los granos de trigo, contenidos en los alvéolos, son transportados por

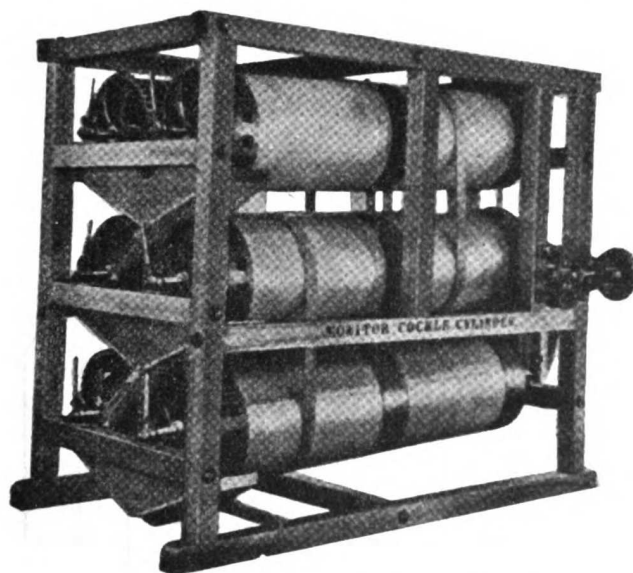


Fig. 31. — Armazón con seis clasificadoras alveoladas

el cilindro hasta una altura tal en que la acción de la gravedad vuelca el contenido en la chapa *c*. Los granos de avena, llegados a la altura *a*) caen en el espacio *d*). En forma análoga y con una regulación conveniente, se obtiene el calibrado de granos de trigo.

Si en la mezcla hubiera semillas pequeñas como nabo, rábano silvestre, yetón, etc., la chapa *c*, colocada en una posición más cerca de

la vertical, recibe estas semillas que recién a esta altura se desprenden de los alvéolos.

La mayor velocidad lineal pone en contacto con la mezcla de 5 a 6 veces mayor superficie celular; por consiguiente, el rendimiento aumenta en la misma proporción.

Eliminando el rozamiento entre chapa y raspador, se consigue una disminución del trabajo absorbido.

El tamaño y la escala de alvéolos es como en las clasificadoras comunes.

Clasificadora de discos alveolados. — Esta máquina está constituida por una serie de discos de 0,38 m de diámetro, montados sobre un

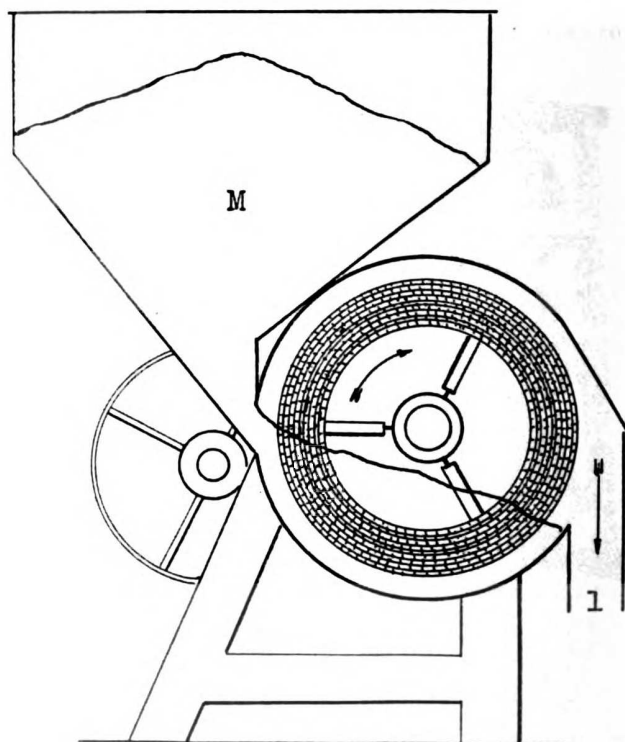


Fig. 32. — Corte esquemático de una clasificadora de discos alveolados

eje común, en posición horizontal y encerrados dentro de una caja cilíndrica de un diámetro de 0,42 m (figs. 32 y 33). La parte central es hueca y cruzada por tres rayos que por su forma plana e inclinada

a 45° hace las veces de tornillo de transporte para que la mezcla de semillas recorra esta parte central. La parte alveolada, en ambas caras del disco, tiene un ancho de 73 mm, o sea, una superficie de 14 decímetros cuadrados. Los alvéolos de cada disco, que son de forma trapezoidal, pueden ser de 3,5 a 9 mm de ancho.

El material más usado en la construcción de estas piezas es la fundición; se ha empleado el aluminio y el caucho con poco resultado. El primero tampoco ha dado un resultado satisfactorio; este tropiezo en el hallazgo del material es uno de los inconvenientes de este sistema. En primer término el desgaste, acentuado por la mayor velocidad de deslizamiento contra los granos, y luego la facilidad de oxidación. Se ha tratado de cubrir la superficie con una capa de barniz, pero con muy mal resultado; el aumento de temperatura por efecto del roce contribuye a que los granos se adhieran a los alvéolos al ablandarse el barniz, terminando con un atascamiento completo de los discos. Tal vez la solución estaría en algún material vidriado y resistente al choque.

Cada grupo, generalmente de 4 discos, tiene una descarga lateral, pudiendo llegar a 6 descargas para otros tantos lotes de clasificación.

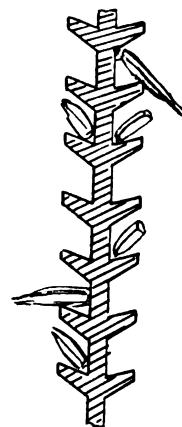


Fig. 33. — Sección de un disco

Funcionamiento. — La mezcla llegada al cilindro o cárter desde una tolva M, se dispone a lo largo del cilindro cubriendo los discos, que giran en el sentido que indica la flecha, poniéndose en contacto la masa de granos y la superficie alveolada. Las semillas, que por su forma pueden quedar contenidas en las cavidades, de forma trapezoidal como hemos dicho, y cuya base para la posición *a*) es ligeramente inclinada hacia el interior, son transportadas por el disco hasta *b*): el transporte es facilitado por la forma del alvéolo y por la velocidad de rotación del disco: 60 rev/minuto. Luego, al llegar a la altura *b*) del recorrido, por la forma inclinada de la cara opuesta a la base, la carga se desprende y, siguiendo la dirección de la tangente, cae en la descarga lateral N. El resto de la mezcla que no ha podido ser conducido en esta forma, pasa a lo largo del espacio central ayudado por los rayos de forma especial y sale al final del cilindro por una descarga en la base.

Como cada descarga corresponde a un grupo de 4 discos, del mismo tamaño de alvéolos, se recogerán semillas de la misma forma; desde luego, las células más pequeñas están a la entrada.

Supongamos un lote de trigo mezclado con semillas extrañas de de nabo, enredadera, yetón, avena fatua, avena, etc. La primera serie de discos, de 4,5 mm de ancho de alvéolo, elimina las siguientes semillas: nabo, enredadera, yetón y los granos rotos de trigo; la segunda serie, la mayor parte del trigo; la tercera serie, algo de trigo y avena fatua, y el resto que no puede ser contenido en los alvéolos de 9 mm, sale por la descarga de la base.

La limpieza y clasificación con este tipo de máquina dista mucho de ser absoluta, aun repitiendo la operación en tres pasajes sucesivos por la máquina, el mismo producto clasificado. Pero para la semilla ventilada y cribada previamente se puede tener un resultado satisfactorio. La ventaja de esta máquina reside en el mayor rendimiento en trabajo por efecto de la gran superficie de contacto. Así, una clasificadora de 24 discos, con un largo de 1,25 m aproximadamente, tiene una superficie alveolada de 2 m cuadrados. Además, se mueve con una velocidad lineal media de 1,10 m/s.

Rendimiento. — La cantidad de semilla que puede pasar en la unidad de tiempo depende del número de discos, puesto que la superficie cubierta debe ser constante. Hemos obtenido experimentalmente este resultado: de 25 a 30 kg/hora y por disco.

III

SEPARACIÓN DE SEMILLAS POR LA DIFERENCIA DE VELOCIDAD ADQUIRIDA AL CAER SOBRE UN PLANO INCLINADO

(Clasificadoras tipo caracol)

Si un conjunto de semillas de distinta forma, unas de forma aplastada y otras redondeadas, se colocan sobre un plano inclinado, el coeficiente de deslizamiento, medido por la inclinación del plano, será distinto para cada semilla. Sea el plano $m-n$, (fig. 34), de superficie lisa, sean a) y b), semillas de nabo y lino, respectivamente.

Una leve inclinación es suficiente para que la semilla redondeada se deslice; en cambio la semilla de lino necesita una inclinación de 30° .

Colocado el plano a una inclinación de 45° , admitiendo que el peso de cada semilla sea igual, la componente f_s en cada caso, producirá un movimiento de distinta velocidad, puesto que el coeficiente de deslizamiento es distinto. La fuerza viva adquirida al rodar, es diferente y esta diferencia se aprovecha como principio fundamental en el presente sistema de clasificación.

Es extraño que todos los autores que describen este tipo de máquina indiquen, como fundamento del principio, el peso específico que, como vemos en la consideración precedente, no entra en juego, comprobación que he hecho experimentalmente.

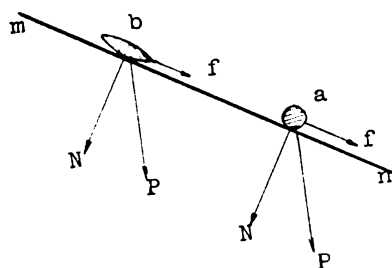


Fig. 34. — Semilla de lino y semilla de nabo en un plano inclinado

Ahora bien, si el plano inclinado se substituye por una rampa helicoidal alrededor de un eje vertical y con una inclinación transversal hacia el mismo eje, tendremos el siguiente efecto : las semillas, al deslizarse por esa rampa, describen una curva helicoidal, tanto más alejada del eje cuanto mayor es la fuerza viva adquirida. La inclinación de la rampa según un ángulo α , equilibra la acción de la fuerza centrífuga, para un tipo dado de semilla, tal como el lino ; pero no es suficiente para contener la otra semilla animada de mayor fuerza viva que remonta el plano y cae en otro que, por ser más ancho y con reborde, puede contenerla. En esta forma se efectúa la separación de ambas semillas de una mezcla.

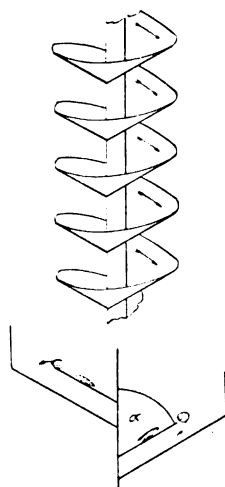


Fig. 35. — Clasificadora tipo « caracol » (esquema)

Las semillas de lino que corren por la rampa impiden que todos los granos redondos puedan deslizarse libremente y desprenderse para caer en el otro plano mayor. Esta es la causa que de una mezcla de ambas semillas, el producto recogido como nabo llegue a tener un grado de pureza absoluto ; pero no sucede lo mismo con el producto lino, que siempre tiene cierta porción de las otras semillas. Una cantidad menor de mezcla facilita la separación, pero, lógicamente, disminuye el rendimiento.

Los fabricantes han hallado la forma de disminuir este inconveniente multiplicando la superficie en un solo dispositivo con el aumento del número de rampas, que llega a ser de tres o cuatro chapas distanciadas entre sí tres centímetros, sobre el eje.

Rendimiento. — El movimiento de caída de las semillas es uniformemente acelerado y la aceleración es mayor para el nabo que para el lino.

De aquí se infiere que, para mayor altura de caída la clasificación es mejor. O bien, se puede aumentar la entrada de semilla. En otros

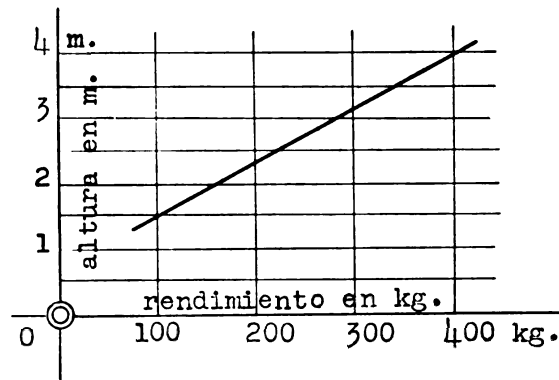


Fig. 36. — Gráfica de rendimientos de las clasificadoras de « caracol »

términos: el rendimiento en trabajo es proporcional a la altura de la máquina (gráfico de la fig. 36). Hay, además, una salida para la parte de mezcla que se desliza junto al eje, como ser partículas metálicas y gránulos de tierra.

Algunas veces se han reemplazado las chapas lisas de la rampa por chapas perforadas, haciendo las veces de zaranda y combinadas con este principio. El resultado ha sido muy relativo.

En cuanto a la eficiencia del trabajo podremos decir que, solamente en el caso considerado, mezcla de semillas de lino y semillas redondas, nabo, rábano silvestre, etc., el resultado llega a ser satisfactorio. Poca aplicación tiene para tratar semillas de cereales.

IV

LA CLASIFICACIÓN POR LA ACCIÓN DE LOS DISTINTOS MOVIMIENTOS

No es suficiente la acción de un movimiento particular para lograr una limpieza o clasificación de semillas. Su efecto va coordinado con los otros elementos cuyos principios han sido expuestos; en todos los casos, o en casi todos, su acción es indispensable y concurrente para que tenga efecto la separación. Los movimientos que consideramos son efectuados por los órganos de la máquina y transmitidos a las mezclas a limpiar.

1° *Movimiento rectilíneo alternativo*: Este es el más comúnmente usado para agitar la mezcla que contienen las zarandas. Puede ser producido en dos direcciones distintas: *a)* en la dirección paralela al plano de las zarandas, y *b)* en la dirección perpendicular al mismo.



Fig. 37. — Esquema del mecanismo para el movimiento rectilíneo alternativo para zarandas

En el caso *a)* se transforma un movimiento circular continuo en rectilíneo alternativo por medio de un sistema biela-manivela. La carrera es reducida, 5 cm. La biela forma un todo solidario con la zaranda, pero tiene suficiente flexibilidad — se construye de fresno — para no sacar a la zaranda de sus guías que le permiten sólo un movimiento rectilíneo.

El número de períodos es de trescientos por minuto. Aquí se nota el resultado de las zarandas de chapas; su mayor peso ocasiona mayor absorción de energía.

El objeto de este movimiento es distribuir uniformemente la masa de granos en la superficie de la zaranda que, como hemos dicho, tiene una inclinación del 10%, y coadyuvar al deslizamiento de los cuerpos que no pueden pasar a través de las mallas.

El movimiento rectilíneo alternativo en dirección perpendicular a plano de la zaranda, caso *b)*, es transmitido sólo a un extremo de ésta, mientras el otro extremo está apoyado o suspendido por resortes. El extremo sacudido es el opuesto a la entrada. Este sacudimiento es produ-

cido por una cama circular con borde dentado, que representamos en la figura 33, en desarrollo. Sobre ésta descansa un vástago solidario al extremo de la zaranda. El período ascendente dura el tiempo de recorrido a , y la caída es libre desde una altura h . Por ser muy frecuente el período, se le llama movimiento vibratorio.

El efecto, dada la velocidad y la violencia de sacudida, es evitar el atascamiento de las zarandas, a la par que produce la repartición uniforme y el deslizamiento de los granos.

A una acción semejante a ésta se le llama «limpieza a martillo» de las zarandas.

Otras veces el movimiento se transmite por un sistema biela-cigüeñal. La amplitud del recorrido es mayor; la frecuencia es de 300 a 350 periodos por minuto.

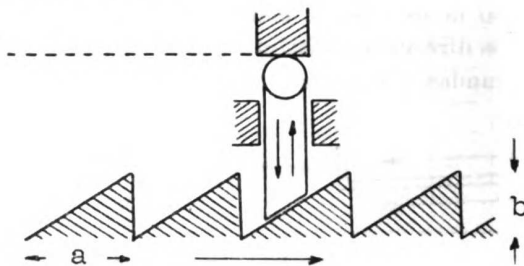


Fig. 38. — Mecanismo para producir movimiento vibratorio

Con este movimiento se obtiene un resultado particularmente importante en la limpieza de semillas.

La mezcla de semillas de lino y trigoyo resiste a la acción separadora de todos los elementos expuestos hasta ahora. Por el peso específico, por la forma y tamaño, no se puede lograr acción eficaz. Pero sometida a la acción de una zaranda cuyas perforaciones permitan pasar las semillas de trigoyo en sentido longitudinal y animada de este movimiento rectilíneo alternativo perpendicular al plano, dada la tendencia en general de las semillas a caer de punta, se llega a la eliminación, relativa, del trigoyo que cayendo longitudinalmente atraviesa la zaranda.

El rendimiento es sumamente reducido — de 30 a 40 kg/hora y por metro cuadrado — es un impedimento para la aplicación práctica del procedimiento. Esto por una parte, y por otra, el efecto pernicioso de las sacudidas que resienten la construcción de la máquina.

2° *Movimiento circular* : El propósito de cambiar el movimiento

rectilíneo por uno más lento y al mismo tiempo poner en contacto con la mezcla de granos una gran superficie tamizante, ha dado origen a las cribas exagonales y cilíndricas.

Pero aquí el conjunto de granos no se dispone en capas uniformemente distribuidas como en el caso anterior, sino que, rodando unos sobre otros, tienden a dar a la masa una forma particular como la que se indica en el esquema de la figura 39. En el continuo girar siguen la marcha que indican las flechas; pero al mismo tiempo, las semillas redondeadas adquieren mayor velocidad y se colocan en la periferia. Luego son las primeras en salir de la criba cuando el diámetro del orificio se lo permite. Comprobación fácil de hacer al observar el funcionamiento de la máquina. En cambio, un grano como el de avena, por la acción del movimiento, trata de colocarse en sentido paralelo al cilindro para poder seguir la marcha que le imprime la masa, que en otra dirección sería dificultosa.

Mientras la masa no se organiza en esta forma, ocurre que algunos granos atraviesan la criba, pero en el otro extremo del cilindro ya no sucede lo mismo; la salida de granos largos es escasa. Encontramos aquí una útil combinación del movimiento circular y la acción de las cribas para una clasificación mejor.

Es semejante el caso en las clasificadoras alveolares. La eficacia de la clasificación depende de la probabilidad de colocación de los granos en las células correspondientes. Además, que permanezcan en la célula hasta el momento de la descarga. La rotación favorece la colocación, siempre que la masa de granos tenga cierto volumen; al llegar al extremo opuesto del cilindro, la acción del movimiento impide la colocación en los alvéolos por los saltos que dan los granos al chocar contra la chapa.

De aquí se infiere que : o bien es necesario mantener la carga suficiente en el cilindro o disminuir la velocidad de rotación. También nos parece excesivo el largo de la mayor parte de los cilindros de este tipo.

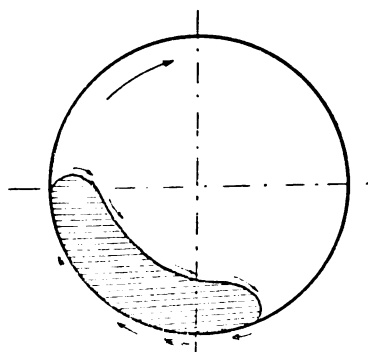


Fig. 39. — Esquema de la trayectoria de las semillas en una criba cilíndrica o en una clasificadora de alvéolos.

Por último, el movimiento de una biela a una manivela que gira en un plano horizontal y paralelo a un bastidor que contiene los granos mezclados con piedras del mismo tamaño de ellos, por la trayectoria del movimiento que imprime, según una curva ovoidal, proyecta los granos y las piedras con distintas velocidades y de esta manera se separan. Este es el principio de los despedregadores de uso industrial, pero de poca aplicación para el caso que nos ocupa.

V

LA LIMPIEZA UTILIZANDO LA DIFERENCIA DE CARACTERES EXTERNOS DE LAS SEMILLAS

Cuando los distintos medios de separación que hemos expuesto no son suficientes para clasificar dos tipos de semillas que, por su peso específico, forma y tamaño, son muy semejantes, se ha recurrido al carácter exterior, es decir, a diferencias físicas de los tegumentos.

Basándose en este principio se han ideado dos tipos de máquinas: las que utilizan la adherencia a telas colocadas en plano inclinado, y las que utilizan la adherencia a una substancia con la cual se trata la mezcla para luego separarlas por cierta propiedad así adquirida.

1° *Por adherencia a telas* : Si hacemos una consideración semejante al caso del plano inclinado, para una mezcla de semillas, pero substituyendo el material liso del caso anterior por una tela que, por su naturaleza, llegue a detener el deslizamiento y conseguir la adherencia completa a ella, conseguiremos separar ciertas semillas. Para que esto se cumpla es necesario que el equilibrio esté determinado por uno de los siguientes factores: la inclinación del plano con relación a la horizontal — ángulo α — la asperocidad, y el carácter adherente de la semilla. Estos factores pueden actuar juntos en forma concurrente.

Descansa sobre este principio básico la construcción de máquinas para separar las semillas de alfalfa y de cuscuta.

Es sabido que la dificultad que se opone a la depuración de la alfalfa es consecuencia de los caracteres físicos tan semejantes entre ésta y la cuscuta, que anula el efecto de las máquinas de clasificación. La rugosidad de las semillas de cuscuta, es la propiedad que se utiliza para, disponiendo convenientemente la inclinación del plano.

conseguir la adherencia a la tela que, rodando sobre los rodillos en el sentido que indica la flecha, se logra la separación (fig. 40).

La tela usada es una felpa especial, de precio elevado, y de poca duración, que se mueve a escasa velocidad. Una serie de dispositivos semejantes y dispuestos como se indica en el esquema, forman el conjunto de la máquina.

El elevado precio del equipo — próximo a 16.000 pesos — el escaso rendimiento, la poca duración de las telas y la eliminación incompleta de la cuscuta, son causas que se oponen a la aplicación práctica. Por esto no nos detenemos mayormente en su estudio.

2º *Por adherencia a ciertas substancias atraídas por imanes* : La atracción magnética es usada desde hace mucho tiempo para extraer las partículas metálicas, de hierro o acero, que en mayor o menor proporción tienen todos los lotes de semillas cosechados por medios mecánicos.

En los molinos harineros y demás fábricas se utilizan imanes de acción continua (fig. 41), por donde pasa toda la semilla en el proceso de limpieza. La cantidad de hierro es muy variable, pero lo corriente es una fracción de 0,02 a 0,3 por mil; no por eso deja de usarse el imán por la insignificante energía que absorbe, las grandes cantidades que puede limpiar con un resultado casi perfecto y una expensa reducida.

Se ha buscado la aplicación de este principio para extraer la semilla de cuscuta de la de alfalfa.

Si se trata la mezcla de semillas por una substancia que pueda adherirse a las semillas de cuscuta por la rugosidad de su tegumento, y no a la alfalfa, y luego, se la somete a la acción de imanes, la atracción magnética sobre esta substancia es suficiente para detener la semilla de cuscuta, ya sea sobre un plano inclinado, ya sea sobre la parte exterior de un cilindro en movimiento.

El mayor obstáculo que tiene este sistema es la dificultad para hallar la substancia adherente.

En ensayos experimentales se ha usado limadura de hierro fina-

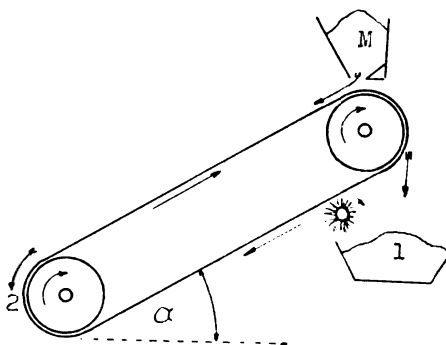


Fig. 40. — Esquema de una clasificadora por adherencia

mente pulverizada, y últimamente una mezcla de óxidos de hierro y óxido magnético. La limadura es de precio elevado, fácilmente oxidable; la segunda substancia, también costosa, se recupera en reducida proporción, 15 % de la cantidad empleada. Si se agrega a esto el precio de la instalación — próximo a 25.000 pesos — se verá el serio inconveniente para el uso práctico de este sistema.

Por otra parte, la *Cuscuta racemosa*, la más difícil de eliminar, por

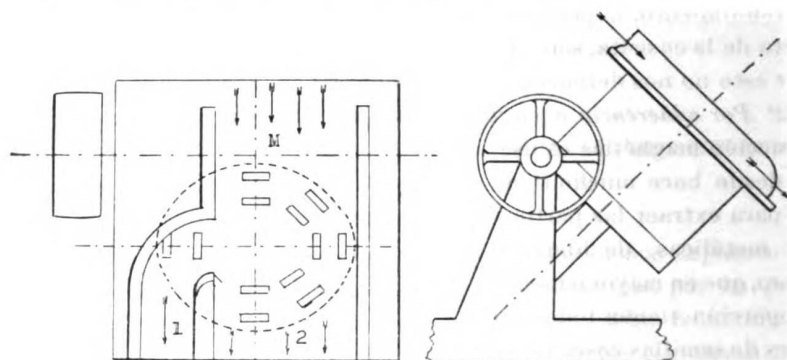


Fig. 41. — Representación esquemática de un imán de acción continua

factores que no es el caso analizar, no es tan peligrosa. La diferencia de precio entre la semilla libre de cuscuta y la impura, es tan poco que no compensa el costo de limpieza, que en substancia adherente se consume 0,50 peso por cada 10 kg de semilla.

Es por estas razones que ambos sistemas no tienen hasta el presente aplicación práctica.

VI

CONSIDERACIONES GENERALES

En este capítulo nos ocuparemos de ciertos aspectos del problema de la preparación de semillas, pero enfocado en conjunto y en general para no apartarnos del programa que hemos trazado.

Hemos procurado analizar el trabajo mecánico y el resultado agronómico de los elementos de limpieza y clasificación que se usan en las distintas máquinas, solos o combinando su acción, pero prescindiendo del análisis de determinado mecanismo. Así, por ejemplo, vemos reunidos en lo que genéricamente llamamos aventadora, la

acción de zarandas, la acción del viento y de los movimientos; el resultado de la máquina es la suma de los resultados parciales, y la energía absorbida, consecuencia de la dinámica de cada uno de los elementos actuando juntos.

Dinámica. — La cantidad de aire suministrada por un ventilador y la potencia absorbida la hemos expresado en el capítulo I, pero debemos establecer la cantidad de aire que necesita la semilla para conocer la energía necesaria.

Para 100 kg de trigo por hora se necesitan aproximadamente 5 m³/s de aire con la presión conocida. Como se absorbe 0,08 HP, por cada 5 m³ por segundo, tendremos 0,08 HP, por cada fracción de 100 kg de trigo aventado o aspirado. Para el maíz se necesita una cantidad igual, pero para semillas pequeñas, lino, nabo, etc., la cantidad se reduce a la mitad.

En las zarandas, el material empleado en la construcción con mayor o menor peso, hace variar considerablemente el trabajo mecánico. Influye también la velocidad del movimiento y la carga de semillas sobre el bastidor. Son datos tan variables que no es posible establecer los límites, ni siquiera aproximadamente, de la energía consumida.

Para las cribas se puede establecer la cantidad de 5 kg/s y por metro lineal de criba. Aunque el peso de la semilla debe ser constante, influye muchas veces el tipo de semilla, avena, cebada, lino o nabo, sobre el trabajo mecánico, y, lo que es muy importante, la presión ejercida por los cepillos limpiadores o destascadores.

Es más o menos el mismo consumo para las clasificadoras alveoladas.

Las clasificadoras de discos alveolados consumen de 2,5 a 3 kg/s y por disco.

La clasificadora tipo caracol tiene un consumo de energía equivalente al trabajo necesario para levantar la mezcla hasta la altura de la tolva de descarga. Teóricamente, una máquina de 4 m. de alto absorbe 400 kg por cada 100 kg de semilla.

El resultado de las máquinas y el problema de la limpieza y clasificación

Examinado el conjunto de máquinas con que se cuenta para tratar las semillas, podemos asegurar categóricamente que no se logra,

en forma absoluta, la solución del problema con ninguna de ellas. Pero debemos aclarar el concepto. Para que una máquina separe dos clases de semillas de una mezcla — el caso más simple — tendrá que dar como resultado dos lotes de semillas puras. Si consideramos otro caso, limpiar un lote de semillas de cuerpos extraños en su totalidad, siendo estos cuerpos extraños semillas de malezas, este resultado no se logra en absoluto, sino cuando hay una gran diferencia en formas y tamaños, como sucede con el trigo, que por medio de zarandas y cribas puede limpiarse totalmente; pero la limpieza de semillas de alfalfa para eliminar la cuscuta queda aún hoy como un problema sin solución. Lo mismo acontece con la semilla de lino y la de trigoyo.

Es axiomático que todo problema técnico lleva implícito un problema económico. Al decir esto lo aplicamos a nuestro caso; obtener semillas perfectamente depuradas puede ser factible, pero con expensas exageradas que obstaculicen la operación. Tal es el caso concreto de la eliminación de la cuscuta. La diferencia entre el precio de semilla limpia y el de infectada con cuscuta, es menor que el costo de la limpieza. La solución del problema técnico depende del problema económico.

En otro caso concreto: el lino mezclado con nabo dificulta el proceso de elaboración de aceite de linaza, y el industrial debe depurar la semilla antes de la molienda. Pero el nabo, obtenido como residuo, produce tanto o más que el lino, y el costo de la limpieza está compensado con creces.

En este caso el problema económico facilita la solución del problema técnico.

El conocimiento de los elementos de limpieza aplicados a las máquinas, nos permite usarlos en la forma más conveniente para cada caso particular. Al proyectar una instalación para la preparación de una semilla dada, debemos reunir los elementos de mayor eficacia pero sin superponer los efectos. Sin embargo, es común observar en los equipos que las zarandas planas de las aventadoras o de las aspiradoras y las cribas se encuentran reunidas en la misma instalación, cuando sólo se admitiría esta superposición cuando se usan las primeras para limpiar y las segundas para clasificar.

La acción del viento artificial es un recurso que no tiene una aplicación muy frecuente y yo estimo, sin duda, de un gran resultado práctico fundándome en la economía de la energía absorbida, la economía en la construcción y los efectos logrados con cualquier tipo de semilla.

Es de esperar que se difundan las máquinas que utilizan este elemento que, por otra parte, en las máquinas modernas interviene en forma preponderante. (El ingeniero Walther E. Fischer en, *Neuzeitliche Saatgutbereiter*, de Z. des V. D. I. de mayo 1934, describe ocho tipos de máquinas, todas con viento artificial, la mayor parte en dirección vertical.)

CONCLUSIONES

a) La limpieza de las semillas de todo cuerpo extraño, por medio de las máquinas en uso, no es posible en todos los casos, siempre que se contemple a su vez la solución del problema económico.

b) El problema económico hay que referirlo a las cosechas que se obtengan con semillas mezcladas con malezas y con semillas depuradas.

c) El conocimiento de los elementos de limpieza nos permiten usarlos racionalmente en cada caso particular.

BIBLIOGRAFÍA

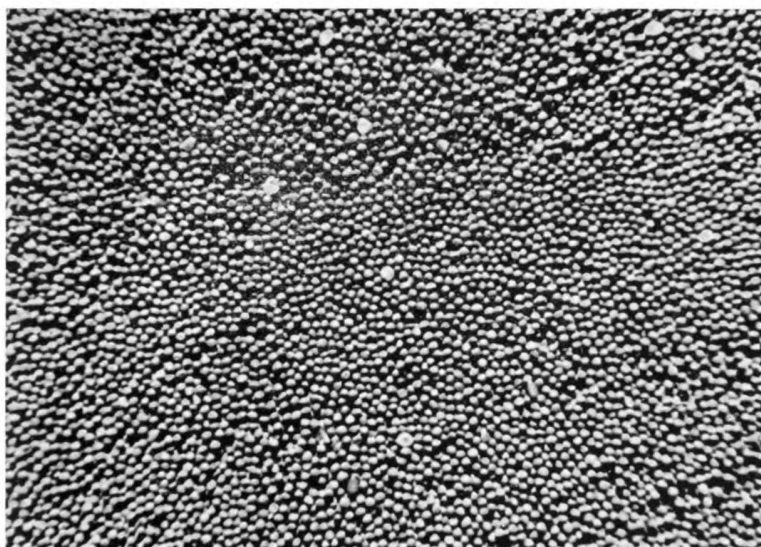
- BAUMGARTNER, F., *Les machines de meünerie*, Paris, 1934.
BIEDRZYCKI, *Maehinisme Agricole et Equipement Rural. Ensayos de triadores*, Paris, mayo 1934.
BOYLE, JAMES E., *Pensylvania Farmer. Trigo sin limpiar*, U. S. A., 1937.
DUHAU, LUIS, *Los elevadores de granos en el Canadá*, Buenos Aires, 1928.
FISCHER, WALTHER E., *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieur. Neuzeitliche Saatgutbereiter*, Berlin, mayo 1934.
HÜTTE, *Manuel de l'ingénieur*, Paris y Liège, 1920.
MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA NACIÓN, *Informes de los concursos oficiales de máquinas de limpieza*, Buenos Aires, 1933.
PETERY VON, W., *Publicación del M. de A. de la Nación. Observaciones e investigaciones sobre semillas extrañas, etc.*, Buenos Aires, 1925.
PARODI, L. R., *Las malezas de los cultivos en el partido de Pergamino*, Buenos Aires, 1925.
TARCHETTI, A., *La selezione meccanica dei cereali*, Pisa, 1928.
UNITES STATES, *Department of Agriculture. Clearing grain with bates aspirator*, U. S. A., mayo 1926.

Résumé. — On étudie dans ce travail, les machines pour le nettoyage et préparation des semences, groupées selon le principe dans lequel s'appuie la séparation des corps mélangés, de la façon suivante : 1° Par l'action de l'air en mouvement; 2° Par les formes différentes des corps mélangés; 3° Par la différence de vitesse acquise en tombant sur un plan incliné; 4° Par l'action des mouvements divers; 5° Par la différence de caractères externes des semences. Les conclusions sont :

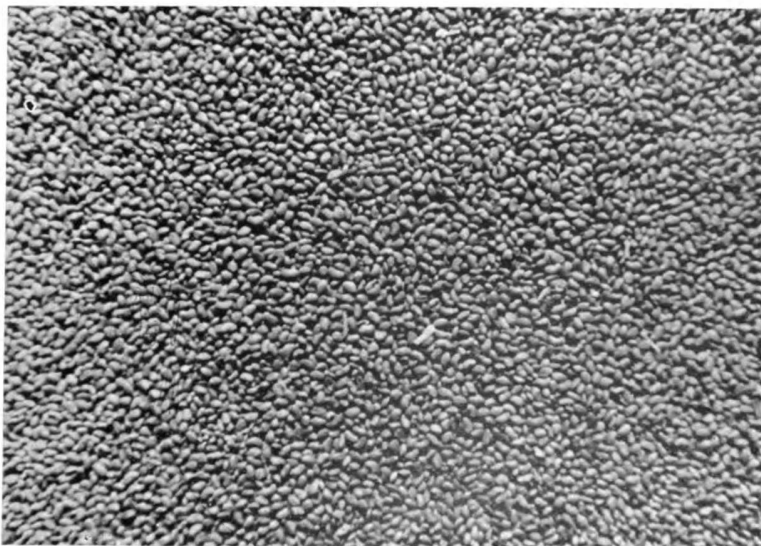
a) Le nettoyage des semences, de tout corps étrange, par des machines employées dans l'actualité, n'est pas possible dans tous les cas si on pense à la fois à la solution du problème économique.

b) Il faut rapporter le problème économique, aux récoltes obtenues avec des semences mélangées avec les semences sauvages, et des récoltes obtenues avec des semences dépurées.

c) La connaissance des éléments employés dans les machines de nettoyage nous permettent de les employer rationnellement dans chaque cas.



Producto obtenido de la muestra primitiva, primera pasada, completamente libre de lino
(Nabo) (Máquina « caracol »)



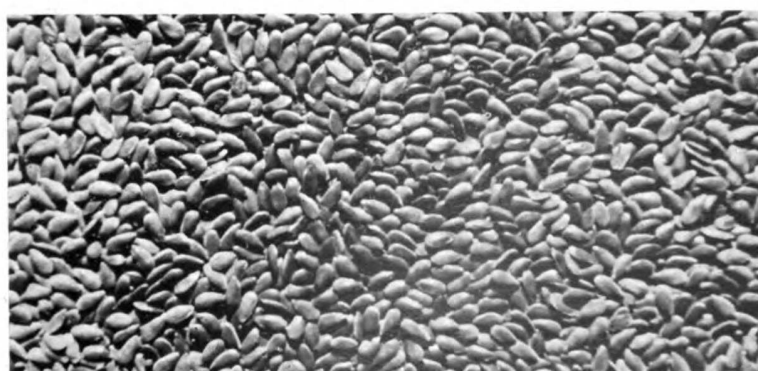
Semilla de alfalfa pasada por zarandas. Uniformidad de tamaño pero muy infectada de malezas



Muestra de la mezcla de lino y nabo antes de pasar por la máquina caracol



Producto de la muestra anterior, primera pasada, con gran cantidad de nabo



Producto de la muestra anterior, segunda pasada, con 5 % de nabo



Muestra tal cual sale de la cosechadora, con cuerpos extraños, restos de espigas
semillas diversas, etc.



Muestra clasificada con triador. Se nota la uniformidad de tamaño



Muestra obtenida de una clasificadora de discos. La uniformidad no es tan apreciable
como en la muestra anterior



Conjunto de semillas pequeñas, fragmentos de granos, granos livianos, restos de espigas
Producto separado por zarandas y ventiladores



Producto separado por las cribas de limpieza



Cuerpos livianos extraídos por aspiración