PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION AGROPECUARIA

MATERIAL DIDACTICO

(EDICION PROVISIONAL SUJETA A COMENTARIOS)

CURSO PARA LABORATORISTAS DE PLANTA DEL IDEMA

POR LUIS LIZARAZO

17 de Agosto al 5 de Diciembre 1970

TOMO No. 3

BOGOTA–COLOMBIA

CIRA

PRESENTACION

El presente volúmen presenta un resúmen de las conferencias dictadas por el Ingeniero Luis J. Lizarazo Jefe de la Unidad de Mercadeo del Programa Nacional de Capacitación Agropecuaria (PNCA) del IICA-CIRA, Colombia, para los participantes del curso de comercialización en clasificación y manejo de granos. El curso se dictó en las ciudades de Quito y Guayaquil del 17 al 29 de enero de 1972.

El Ministerio de la Producción y el IICA - Zona Andina señalaron como objetivos básicos del curso:

1. Adiestrar al personal técnico que manejaría los silos y bodegas de almacenamiento del Ministerio de la producción en los siguientes aspectos fundamentales:

   a. Proceso de tomar muestras de granos
   b. Elaborar la clasificación de los granos
   c. Utilizar eficientemente las tablas de clasificación con las cuales se harán los pagos y premios a los usuarios del sistema.

2. Propiciar el establecimiento de una metodología para las tablas de clasificación.

3. Iniciar la elaboración de un manual de clasificación

Desde luego, en la realización de este curso, se partió de la base de que la capacitación impartida a este grupo, al igual que la capacitación dada a otros grupos de funcionarios, debe ser un proceso continuado en el cual periódicamente, los mismos funcionarios identifiquen los problemas que encuentran en la ejecución de sus labores y señalen los aspectos que sería necesario ampliar con próximas actividades tanto del Ministerio de la Producción como del IICA.

Luis J. Lizarazo
Jefe Unidad Mercadeo PNCA
IICA-CIRA

Hugo A. Torres
Economista Agrícola-Comercialización
IICA - Zona Andina

Quito, enero de 1972.

B. MANEJO, TRATAMIENTO Y CONSERVACION DE GRANOS

SEGUNDA PARTE

CAPITULO I

EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS GRANOS

CAPITULO II

EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL AIRE Y SU IMPORTANCIA EN RELACION CON LOS GRANOS

CAPITULO III

ALGUNOS PRINCIPIOS PSICROMETRICOS

CAPITULO IV

EL SECAMIENTO

CAPITULO V

EL EQUIPO DE SECAMIENTO A BASE DE AIRE CALENTADO

CAPITULO VI

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SECAMIENTO DE UNA INSTALACION

CAPITULO VII

AIREACION DE LOS GRANOS

CAPITULO VIII

CONTROL DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS

CAPITULO I

1. EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS GRANOS

Acondicionar un grano significa: secarlo hasta el grado necesario para su buena conservación, librarlo de los materiales y cuerpos extraños que lo acompañan y extirpar los insectos que lo destruyen. El acondicionamiento se inicia o debe iniciarse en la finca inmediatamente después de la recolección y se perfecciona o completa como requisito previo para el almacenamiento.

1.1 El contenido de impurezas

Al cosechar el grano, bien sea que la operación se haga a mano o por medios mecánicos se recolectan simultaneamente muchos materiales distintos del grano, tales como; pedazos de tallo, plantas y semillas de malezas, terrones hojas etc. que luego deben ser eliminadas en la etapa de limpieza y secamiento.

1.1.2 Impurezas Removibles

Se clasifica dentro de este grupo toda materia diferente al grano tratado que pueda ser extraído por medios mecánicos adecuados, tales como cribas, zarandas, corrientes de aire, mallas etc. En las impurezas removibles es común que se presenten granos de otros cereales y semillas de algunas plantas consideradas como malezas tales como las avenas silvestres, el triguillo etc. las cuales pueden ser utilizadas como forrajes, apareciendo el concepto de impurezas con valor, y que dentro de algunos sistemas de clasificación son tenidas en cuenta en forma especial para establecer su participación dentro de la tolerancia establecida.

1.1.3 Materia Extraña

Son todas aquellas impurezas que no pueden removerse mecanicamente por tener la misma forma, peso específico y tamaño del grano de que se trate y que permanecer en el conjunto del grano como vicio o defecto inseparable.

Según la proporción en que se encuentren y sus características especiales, rebajan la calidad del producto, unas veces por concepto de apariencia como las pepas negras en el arroz blanco (bejuco o porotillo), otras por desmejorar el color del producto final como en la harina de trigo, en ocasiones por comunicar sabores indeseables como la manzanilla en el trigo y en no pocas oportunidades por la molestia que ocasiona el tener que quitarlas a mano para que no aparezcan en el producto final como las piedrecillas en las lentejas y los terrones en el fríjol y maní.

1.2 Determinación del contenido de impurezas

Existen diversas formas que permiten conocer y cuantificar el contenido de impurezas existentes en un determinado producto. Como se dijo anteriormente éstas se pueden separar a mano, empleando cribas, zarandas y aún fuertes corrientes de aire que las arrastre.

1.2.1 Pérdida de peso por limpieza

Sea cualquiera la forma empleada para separar las impurezas, la secuencia para su cuantificación se describe a continuación; a) se pesa la porción analítica la cual debe ser un fiel reflejo de la totalidad del producto; b) se limpia aplicandole cualquiera de los métodos indicados; c) se pesa la porción del producto limpio y no las impurezas separadas; d) se halla por diferencia entre la porción sucia y la porción limpia el contenido de impurezas; e) se relaciona la diferencia obtenida con el peso de la muestra sucia o porción inicial, y f) se reduce a porcentaje.

Ejemplo:

Peso de la muestra sucia	500 gramos.
Peso de la muestra limpia	460 gramos.
Peso de las impurezas removibles	40 gramos.

Cálculo porcentual.

500 grms = 100

40 grms = X

$$X = \frac{40 \times 100}{500} = 8\%$$

De la cuantificación anterior podemos concluir que el contenido inicial de impurezas removibles en el producto analizado es el 8%, el cual para efectos de secamiento y almacenaje debemos reducir a un menor porcentaje.

1.2.2 Aplicación de la tabla de descuentos por pérdida de peso en la limpieza

Para manipular los granos en forma eficiente es preciso establecer tolerancias máximas sobre el contenido de impurezas dentro del producto para garantizar la buena conservación del mismo y hacer un uso eficiente de la capacidad de almacenamiento, lo que hace necesario establecer descuentos que se le deben aplicar al peso de aquellas mercaderías que sobre pasen los límites máximos establecidos.

Para calcular estos descuentos en peso e indistintamente en dinero asi como para muchos otros cálculos relacionados con el manejo del grano, IDEMA elaboró una tabla que facilita su rápida determinación.

La base para el cálculo de la tabla parte del principio de que la composición del grano sucio como un todo es diferente a la composición del grano limpio y por lo tanto los porcentajes de pérdida de peso por limpieza no corresponden a la simple resta aritmética.

Ejemplo: 500 gramos de maíz con 8% de impurezas estan constituídos por: 460 gramos de maíz y 40 gramos de impurezas, es decir 92% de maíz y 8% de impurezas. Si deseamos que nuestro maíz quede solo con 3% de impurezas tenemos una nueva composición porcentual, como se expresa a continuación.

97% de maíz limpio y
3% de impurezas.

Podemos hacer el siguiente raciocinio para conocer el peso total que tendremos con esta nueva composición:

460 gramos de maíz limpio van a ser el 97%;
el 100% de maíz con 3% de impurezas que cantidad será?

$$\frac{460 \text{ grms.}}{X} = \frac{97\%}{100} \qquad X = \frac{460 \times 100}{97} = 474{,}22 \text{ Grms.}$$

Si hallamos la diferencia entre el peso inicial de la muestra con 8% de impurezas y el peso final de la muestra con 3% de impurezas tenemos:

500,oo gramos
- 474,22
25.78 gramos de pérdida de peso por limpieza.

Al hacer la relación de la pérdida de peso por limpieza respeto al peso de la muestra original tenemos.

500 = 100

$$X = \frac{25,78 \times 100}{500} = 5,15\%$$

25.78 X

Lo anterior nos sirve para aclarar que el porcentaje de pérdida de peso por limpieza no es simplemente la resta aritmética de porcentajes (8%-3% = 5%) sino un poco más. (5,15%

Basados en la anterior consideración obtenemos la siguiente fórmula que permite calcular en forma directa la pérdida de peso por limpieza:

$$X = 100 \frac{(Ii - If)}{100 - If}$$

X = porcentaje de pérdida de peso
Ii= impurezas inicial
If= impurezas final

Ejemplo: $X = \frac{100\ (8 - 3)}{100-3} = \frac{500}{97} = 5,15\%$

La tabla que se presenta en la siguiente hoja está dividida en dos partes; en la mitad inferior se incluyen una serie de factores que indican el peso a que quedarían reducidos 100 Kgrs. de grano al rebajar su contenido inicial de impurezas, desde los porcentajes encerrados en la columna horizontal inferior, hasta los porcentajes encerrados en la columna vertical del extremo derecho. Continuando con nuestro ejemplo tenemos:

X

a) Buscamos en la columna horizontal nuestro contenido de impurezas inicial (8%)

b) Buscamos en la columna vertical de la derecha nuestro contenido de impurezas final o sea con el que deseamos que quede (3%)

c) Buscamos el factor que corresp nda al punto donde se intercepten las dos líneas (94.85)

d) Restamos de 100 (cantidad original de producto), el factor hallado. (100 - 94,85 = 5.15%)

Como se puede apreciar por cualquiera de los métodos empleados el resultado final es el mismo (5,15%)

Si tenemos entonces que la cantidad de mercancía que se va recibir es de 7.000 Kgr. la cual tiene un 8% de impurezas y queremos qué cantidad de producto con 3% de impurezas nos queda, no tenemos sino que multiplicar esta cantidad por el porcentaje de descuento respectivo y el resultado restarselo a 7.000.

7.000 X 5,15 = 360,50 Kgr.
7.000 - 360,50 = 6.639,50 Kgr. con el 3% de impurezas o también multiplicar la cantidad por el factor que en la tabla corresponda a estas condiciones

7.000 X 94.85 = 6.639,50

1.3 Peso aproximado de los distintos granos y cantidad de granos en un gramo

No siempre tendremos a nuestra disposición todos los implementos necesarios para realizar un análisis y poder conocer la calidad exacta de un producto, pero si conocemos el peso aproximado de un grano y el número de granos que se necesitan para formar un gramo, podremos formarnos una idea de la composición de una mercadería.

Grano	Peso aproximado en miligramos	No. de granos en un gramo
Trigo.	32 (0,032 gr.)	31.
Cebada.	40 (0,040 gr.)	25.
Avena.	30 (0,030 gr.)	33.
Maíz duro	300-350 (0,350 gr.)	3-4.
Arroz descascarado.	20 (0,020 gr.)	50.
Maní descascarado	400 (0,400 gr.)	2-3.
Sorgo.	25 (0,025 gr.)	40.
Trigo para pasta.	60 (0,060 gr.)	16.
Cebada forrajera.	40 (0,040 gr.)	25.
Fríjol	600-700 (0600-0,700 gr.)	1-5

1.4 El contenido de humedad en los granos

Es considerado como uno de los factores más importantes para que un grano pueda conservarse y sea apto para su posterior comercialización.

Existen límites del contenido de humedad en los granos que garantizan que la calidad del producto no se alterará, teniendo en cuenta que el exceso de humedad es la causa principal del deterioro del grano.

Una de las características fundamentales de la vida es la respiración. La respiración se manifiesta en general como un fenómeno de combustión, tanto en las plantas como en los animales. En la respiración se producen gas carbónico y vapor de agua, con desprendimiento de calor. En los granos el fenómeno de la respiración se produce en intensidad variable según sea la temperatura del grano y su contenido de humedad y a expensas de la propia sustancia del grano que suministra el material que se descompone.

Los granos con un contenido de humedad bajo respiran muy lentamente y por esa razón es muy poco el consumo de su propia sustancia y muy pequeñas las cantidades de humedad y calor producidas que puedan afectarlos sensiblemente.

1.4.1 Humedad para la recolección

La mejor calidad de un producto se obtiene cuando la recolección se hace en la madurez plena del mismo, por lo tanto es conveniente conocer los diferentes grados de madurez por los cuales pasa el grano.

La maduración de los granos se califica como un proceso en el cual se completan todas las transformaciones que sufren los componentes del grano para llegar al reposo; se inicia con la madurez de leche que se caracteriza porque el grano tiene todavía cerca de un 50% de agua y muestra al partirlo un aspecto interior espeso y lechoso; continúa con la madurez amarilla en la cual el contenido de agua llega al 30 ó 40%, con una consistencia del grano que ya no es líquido sino hasta cierto punto compacto.

En la madurez amarilla la conexión con la planta madre se desliga y el grano se considera como fisiológicamente maduro. Avanzando más el proceso de madurez continúa el desecamiento hasta que las sustancias que forman el grano se depositan densamente juntas para formar el firme "cuerpo harinoso" o sea la madurez plena que se alcanza cuando el grano tiene de 20 a 22% de humedad.

En la mayoría de las regiones agrícolas de Colombia debido a los cambiantes estados climatéricos resulta difícil y peligroso esperar la plena madurez y hay que proceder a la recolección con humedades superiores.

1.4.2 Humedad de constitución y humedad de absorción

La humedad total de un grano está compuesta por agua de absorción y agua de vegetación o de constitución. La primera se encuentra generalmente en la superficie del grano. La segunda en s. interior la cual junto con otros materiales forma el grano en si.

1.4.3 Grano seco, húmedo, mojado o verde

Para designar el contenido de humedad de los granos se utiliza cierta terminología que permite su clasificación y que por ser de uso corriente se presenta a continuación:

Grano seco:	Es el que contiene el 14% de humedad o menos.
Grano Húmedo:	Es el que contiene más del 14% y menos del 18% de humedad.
Grano mojado: o verde	es el que contiene más del 18% de humedad.

1.4.4 Forma de cuantificar la humedad en el grano

Para cuantificar el contenido de agua de los granos se usan aparatos especiales llamados determinadores de humedad. Algunos de ellos extraen el agua contenida en el grano tales como el Brown Duvel por destilación y las estufas por evaporación. Otras se basan en principios físicos como el de la constante dieléctrica del grano y el de conducción de corriente eléctrica. Los primeros

son utilizados principalmente como patrones de referencia o calibración para los demas por ser bastante exactas sus determinaciones. Entre los segundos se pueden citar el Steinlite, el Motonco, el Tag, el Universal, el Cera-Tester etc, lo importante en este tipo de determinadores es que puedan calibrarse adecuadamente y rectificarse periódicamente de acuerdo a un aparato patrón.

Cuando se trata de cuantificar la humedad en los granos, es usual expresar su contenido en porcentajes es decir en forma relativa, presentandose dos formas de hacerlo según la base que se tome para su cálculo.

1.4.5 Base húmeda

Si tomamos por ejemplo 100 gramos de maíz húmedo, de los cuales resultan 20 gramos de agua y 80 de materia seca el contenido de humedad o sea los 20 gramos pueden relacionarse así:

Con los 100 gramos de máiz húmedo y tenemos el siguiente raciocinio.

100 gramos húmedos es el 100%
20 gramos de agua que porcentaje será?

$$\frac{20 \times 100}{100} = 20\%$$

Como se ha tomado como base para la relación los 100 gramos húmedos decimos que el contenido de agua del maíz es del 20% (base húmeda) (b.h)

1.4.6 Base seca

Si por el contrario relacionamos el contenido de agua con el contenido de materia seca y no con el total del grano tenemos:

80 gramos de materia seca es el 100%
20 gramos de agua que porcentaje será?

$$\frac{20 \times 100}{80} = 25\%$$

A este caso, hemos tomado como base para la relación los 80 gramos de materia seca y decimos que el contenido de humedad del grano es del 25% base seca. (b.s)

El porcentaje sobre la base húmeda tiene gran aplicación en la práctica, los probadores o determinadores de humedad, por ejemplo dan los resultados en base húmeda.

1.4.7 Efectos del exceso de humedad en el grano

El grano es un ser viviente y como tal necesita de condiciones especiales para desarrollarse: el agua es uno de los factores determinantes para que el grano desarrolle en forma activa su proceso vital el cual se manifiesta por el incremento en la respiración trayendo consigo el aumento de la temperatura del medio ambiente y del grano.

La función principal de los granos es que sirvan posteriormente como alimento humano y no el que desarrollen su proceso vital, encontramos que el exceso de humedad en el grano es la causa más directa de su deterioro el cual se traduce en:

a) pérdida de materia seca debido a la respiración del grano la cual transforma sustancias en gas carbónico, agua y calor.

b) Cambios químicos (acidez grasa) indeseables en las grasas almidones y proteínas.

c) Pérdida de poder germinativo.

d) Cambios indeseables en el color y buen aspecto del grano.

Es importante anotar que el exceso de humedad facilita el desarrollo de mohos y bacterias que al respirar producen mas agua, anhídrido carbónico y calor siendo este el factor que más influye en la elevación de la temperatura de los granos; además las condiciones adecuadas de humedad y temperatura propician la reproducción de insectos que destruyen el grano.

1.4.8 Pérdida de peso por secamiento

Para calcular el porcentaje de pérdida de peso que sufre un grano al extraerle el exceso de humedad se cumple el mismo principio descrito anteriormente en la limpieza, es decir que para hallar el porcentaje de pérdida no basta con hallar la diferencia entre humedad inicial y humedad final.

Supongamos que tenemos 5.000 Kgrs de maíz con 22% de humedad (b.h) y se quiere rebajar al 12% de humedad (b.h) Se desea saber los kilográmos de agua que deben extraerse y el peso del grano resultante.

A primera vista parecería correcto decir que se debe extraer el 10% (22-12=10%) de 5.000 o sea 500 Kgrs. de agua. En realidad este cálculo no es correcto porque la composición del grano húmedo es:

78 partes de materia seca y
22 partes de agua
100

Mientras que la composición del grano que llamamos seco es:

88 partes de materia seca
12 partes de agua
100

Para el primer caso los 5.000 kgrs. se descomponen en:

3.900 kgrs. de sustancia seca y
1.100 kgrs. de agua
5.000

Para el segundo caso conocemos su composición porcentual y la cantidad de materia seca, tenemos que averiguar la cantidad de maíz que nos queda con 12% de humedad, para lo cual hacemos la siguiente relación.

3.900 = 88%

X 100%

$$X = \frac{3.900 \times 100}{88} = 4.431,81$$ kgrs. de maíz con el 12% de agua.

Si teníamos 5.000 kgrs. iniciales con el 22% de humedad y ahora tenemos 4.431,81 kgrs. de maíz con el 12%, la pérdida de peso será la diferencia entre 5.000 y 4.431,81 que es 568.19 kgrs.

Podemos presentar esta pérdida de peso en porcentaje haciendo simplemente la siguiente relación.

5.000 100

568,19 X

$$X = \frac{568,19 \times 100}{5.000} = 11,36\%$$

De lo anterior deducimos que la pérdida de peso por secamiento no es igual a la simple diferencia de porcentajes (22-12=10%) sí no un poco mas (11,36%).

Al igual que para las impurezas se puede aplicar la siguiente fórmula que nos aligera los cálculos.

$$X = \frac{100\ (Hi - Hf)}{100 - Hf}$$

X= porcentaje de pérdida de peso
Hi= humedad inicial
Hf= humedad final

Ejemplo:

$$X = \frac{100\ (22-12)}{100-12} = \frac{100\ (10)}{88} = 11,36\%$$

1.4.9 <u>Aplicación de la tabla de descuento por pérdida de peso en el secamiento</u>

La parte superior de la tabla preparada por el Departamento de operaciones del IDEMA comprende una serie de factores que indican el peso a que quedarían reducidos 100 kgrs. de grano al rebajar su contenido inicial de humedad desde los porcentajes encerrados en la columna vertical del extremo izquierdo hasta los porcentajes encerrados en la columna horizontal superior, continuando con nuestro ejemplo tenemos:

a) Buscamos en la columna vertical del extremo izquierdo nuestro contenido de humedad inicial (22%)

b) Buscamos en la columna horizontal superior nuestro contenido de humedad final (12%)

c) Localizamos el factor que corresponda al punto en donde se intercepten las dos líneas correspondientes a 22% y 12% (88,63)

d) Restamos de 100 el factor hallado 100-88,63= <u>11,36%</u>

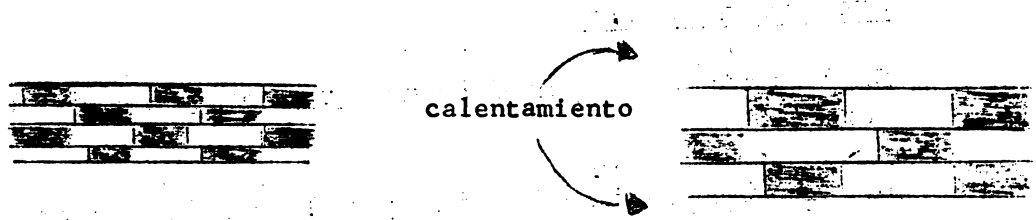
CAPITULO II

2. El contenido de humedad en el aire y su importancia en relación con los granos

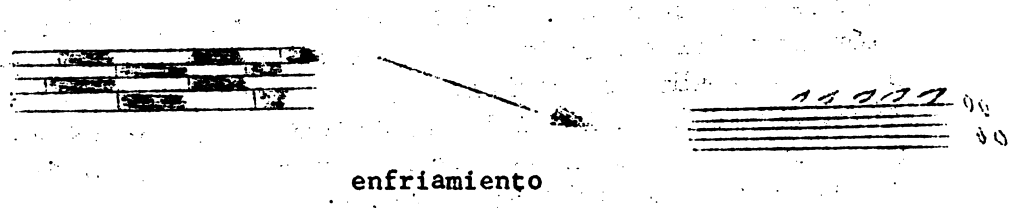
2.1 Humedad del aire

La humedad en este caso es el vapor de agua mezclado con el aire en la atmósfera. Dicho vapor proviene de la evaporación del agua que en estado libre existe en la superficie de la tierra y del vapor que exahalan los seres vivientes al respirar.

Se puede decir que el aire es una mezcla de gases y absorbe la humedad como una mezcla de gases y vapor de agua. El aumento de vapor de agua que el aire puede llevar en suspensión depende primordialmente de la temperatura. Si el aire se calienta, su capacidad para contener humedad se aumenta.



Igualmente, si el aire se enfría, su capacidad se ve disminuída y puede presentarse la condensación.



Tenemos entonces que para un volumen de aire cualquiera, un metro cúbico, por ejemplo, existe un límite máximo de contenido de vapor de agua, según la temperatura. Cuando el volumen de aire que se considera llega a ese límite máximo de contenido de humedad se dice que está saturado.

Los siguientes datos indican el peso de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire a saturación para diversas temperaturas.

TEMPERATURA	PESO DEL VAPOR DE AGUA EN GRAMOS POR M3
15°C	12.85
16°C	13.65
17°C	14.50
18°C	15.40
19°C	16.53
20°C	17.31

De ordinario, el aire solamente contiene para cada temperatura, una parte del vapor de agua que podría contener si estuviera a saturación.

La proporción en que el vapor de agua se encuentra en el aire puede medirse así:

2.1.1 Humedad absoluta

Es la masa de vapor de agua que hay por unidad de volumen.

La presión total ejercida por la atmósfera es la suma de las presiones ejercidas por sus componentes gaseosos (nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, vapor de agua etc.) Estas presiones se denominan presiones parciales de los componentes. Se ha podido comprobar que la presión parcial de cada uno de los gases que se encuentran en una mezcla es casi la misma que ejercería dicho gas si ocupara él solo todo el volumen que ocupa la mezcla, pues cada uno de los gases de una mezcla actúa con independencia de los demás. En la práctica se usa más que presiones, el peso del vapor contenido en una determinada unidad de volumen, o de peso del aire, Así se dice: gramos por metro cúbico; gramos por kilogramo de aire; gramos por libra de aire.

Cuando el aire contiene el máximo de vapor de agua que puede mantener, se dice que el aire está saturado y la humedad absoluta recibe el nombre de presión máxima de vapor; en otras palabras podemos decir que, cuando la presión parcial es igual a la presión máxima de vapor, el aire se halla saturado.

2.1.2 Humedad Relativa

Si la presión parcial es inferior a la presión máxima, el aire no está saturado. Se considera como humedad relativa la relación que existe entre la presión parcial (presión ejercida por el vapor de agua en un momento dado) y la presión máxima que corresponde para las mismas condiciones de temperatura, o en otras palabras, la relación que existe entre el peso del vapor de agua en un volumen dado y el peso del vapor de agua que ese mismo volumen es capaz de sostener a saturación y a la misma temperatura.

Ejemplo: Si la presión parcial del vapor de agua en la atmósfera es de 10 mm. de mercurio, su temperatura 20°C y la presión máxima para la misma temperatura es de 17,5 mm. Cuál es la humedad relativa?

$$HR = 100 \times \frac{10}{17,5} = 57\%$$

Si en lugar de usar las presiones se emplean los pesos del vapor de agua, la humedad relativa puede representarse por la expresión:

$HR = \frac{P}{P_,}$ en la cual: P = Peso del vapor de agua en una unidad de volumen. (humedad absoluta).

P, = Peso del vapor de agua contenido en la misma unidad de volumen a saturación (contenido máximo de vapor de agua que es capaz de sostener la unidad de volumen a una temperatura dada).

Ejemplo: un metro cúbico de aire a la temperatura de 15°C contiene 11 gramos de vapor de agua. Si ese mismo volumen de aire a saturación puede contener 12.85 gramos de vapor de agua, cuál es la humedad relativa?

$$HR = 100 \times \frac{11}{12,85} = 85,6\%$$

La humedad absoluta cambia poco durante el día especialmente en épocas de invierno; es mínima en las primeras horas del día, debido a que existe condensación y máxima después del medio día debido a la evaporación del agua ocasionada por el calor del sol. La humedad relativa

varía durante el día en relación inversa a la temperatura puesto que como se anotó anteriormente, ella es la relación entre la presión actual de vapor de agua o humedad absoluta y la presión máxima que corresponde a la misma temperatura.

2.2 Métodos para conocer la humedad relativa

2.2.1 Los higrómetros

Son aparatos que permiten conocer la humedad relativa del aire por medio de la dilatación o contracción que algunos cuerpos experimentan al entrar en contacto con la humedad del ambiente en que se colocan.

El Higrómetro metálico o de espiral es un aparato que tiene una pequeña espiral en cinta de cobre muy sensible, recubierta en su cara exterior por una película de una sustancia muy higroscópica,

El Higrómetro de cabellos es un aparato que contiene un haz de cabellos desengrasados, uno de cuyos extremos va fijo y el otro se enrolla en una polea que acciona una aguja indicadora la cual se mueve delante de un dial con graduaciones.

2.2.2 Los Psicrómetros

Son aparatos fundamentales para determinar la humedad relativa del aire, dato fundamental en el secamiento, aireación y control de la calidad en el almacenamiento de los granos.

En general un psicrómetro consta de dos termómetros, uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo que permanece cubierto por una funda de muselina mojada, la cual se prolonga hasta llegar al interior de un pequeño depósito de agua, con el objeto de que haya un constante abastecimiento de agua al termómetro. El recipiente de agua debe estar más o menos a una distancia de 3 cms con respecto al termómetro, con el fin de que no llegue más agua de la que la corriente de aire puede evaporar, y evitar asi que el termómetro no baje lo suficiente debido a que el agua está a una temperatura próxima a la del aire; por otra parte, si

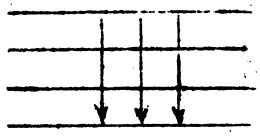
la cantidad de agua que llega no es la suficiente , la muselina se seca y el termómetro no se enfría lo suficiente.

Tanto en un caso como en el otro habrá una indicación de temperatura de saturación demasiado elevada y la humedad relativa que se deduzca será superior a la real.

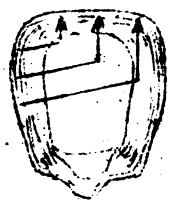
Una vez conocidas las temperaturas del bulbo seco y húmedo podemos conocer la humedad relativa haciendo uso de la carta psicrométrica o por medio de una reglilla de corredera que al hacer coincidir las lecturas nos da directamente el porcentaje de humedad.

2.3 Equilibrio de humedades entre el aire y el grano

Cuando el grano y el aire se ponen en contacto, con el tiempo se establece un equilibrio entre el contenido de humedad del grano y la humedad relativa del aire circundante. Debe quedar bien claro que éste equilibrio no es una igualación de cantidades físicas de humedad, sino un equilibrio de presiones o energía.



Presión del vapor de agua contenida en el aire.



Presión del vapor de agua contenida en el grano

Si la presión o energía del vapor de agua que existe en el aire es mayor que la que corresponde en equilibrio en el grano, el aire perderá humedad y el grano se humedecerá hasta que el equilibrio se restablezca, e inversamente cuando la energía del vapor del agua del grano es superior a la del aire el grano se secará hasta que el equilibrio se restablezca.

En esta forma se puede decir que si la humedad relativa del aire circundante en contacto con el grano, es mayor que la que corresponde en equilibrio al contenido de humedad del grano ; el aire perderá humedad y el grano se humedecerá hasta que el equilibrio se restablezca y si la humedad relativa del aire circundante en contacto con el grano es inferior en condiciones de equilibrio.

Al contenido de agua del grano, éste se secará y el aire se humedecerá hasta encontrar el equilibrio.

2.3.1 Niveles de equilibrio de humedades del aire y el grano

Con fines didácticos se presenta a continuación los contenidos de humedad de diversos granos en equilibrio con diferentes humedades relativas para temperaturas ambientales comprendidas entre 20°C y 30°C. Las cifras concernientes a la humedad relativa versus contenido de humedad se tomaron de una representación gráfica obtenida a través de puntos localizados a partir de los datos originales del ensayo.

NIVEL DE EQUILIBRIO ENTRE GRANOS CON DIVERSO CONTENIDO DE HUMEDAD Y AIRE CON HUMEDADES RELATIVAS DISTINTAS

Clase de grano y contenido de Humedad (b.h.)	HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE									
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
Arroz cáscara	9.8	10.3	10.9	11.5	12.2	12.9	13.7	14.7	15.8	17.6
Arroz descascarado	9.7	10.3	11.0	11.6	12.3	13.0	13.7	14.6	15.5	
Arroz semielaborado	10.6	11.3	11.9	12.6	13.3	14.0	14.7	15.8	16.9	
Arroz elaborado	10.9	11.6	12.3	13.1	14.0	14.7	15.4	16.5	17.7	
Sorgo	10.4	11.0	11.5	12.0	12.9	13.8	14.8	15.8	17.3	18.8
Maíz amarillo	9.0	9.7	10.4	11.2	12.1	13.1	14.1	15.4	16.8	19.2
Maíz Blanco	9.9	10.6	11.3	12.1	12.9	13.8	14.7	16.0	17.4	
Trigo	10.5	11.2	11.9	12.6	13.4	14.2	15.3	16.4		
Soya	7.5	8.0	8.6	9.3	10.4	11.6	13.2	14.8	16.9	19.
Fríjol común	10.4	11.0	11.9	12.8	14.0	15.2	16.9	18.6		
Cebada	10.2	10.8	11.4	12.1	12.8	13.5	14.6	15.8	17.6	19.5
Semilla algodón	7.3	7.8	8.4	9.1	9.6	10.1	11.5	12.9	16.2	19.6

2.3.2 Efecto de la Humedad del grano sobre el aire circundante

Es importante hacer notar que mientras no haya renovación permanente del aire que circunda al grano, predominará la humedad del grano sobre la del aire, lo cual permite que en lugares de alta humedad relativa se pueda almacenar granos siempre y cuando se tenga el cuidado de no exponer el producto a corrientes continuas de aire ambiente.

El ejemplo que se presenta a continuación nos demuestra en qué forma predomina la humedad del grano sobre la del aire.

En un metro cúbico de maíz desgranado, aproximadamente 0.6 del espacio está ocupado por el grano y 0,4 por el aire intersticial (mezcla de aire y vapor de agua). Si aceptamos que un metro cúbico de maíz con el 13% de humedad (b.h.) pesa 700 kgrms (70 kg de peso hectolítrico), en el maíz habrá 91 kilogramo de agua (13% de 700=91) y 609 kilogramos de materia seca.

El aire intersticial en condiciones de equilibrio con el 13% de humedad del grano y a la temperatura de 20°C, temperatura a que se supone está el maíz tiene una humedad relativa de 65%.

Hemos anotado en páginas anteriores que el contenido de vapor de agua que el aire puede sostener depende de la temperatura y encontramos que para una temperatura de 20°C un metro cúbico de aire puede contener 17.31 gramos de vapor de agua, así que podemos mediante una simple regla de tres calcular la humedad absoluta del aire cuando su humedad relativa es del 65%.

17.31 100

x 65

$$x = \frac{17,31 \times 65}{100} = 11,25$$ gramos de vapor de agua por m^3.

Luego los 0.4 de m^3 contendrán:

1 m^3 contiene 11,25 grm.

0,4 m^3 X

$$x = \frac{11,25 \times 0.4}{1} = 4,5 \text{ grms}$$

o sea 0,0045 kilogramos.

Resulta asi que el agua contenida en el grano (91 kgrs) es unas 20.222 veces mayor que el vapor de agua contenido en el aire intersticial.

$$\frac{91.000 \text{ gramos}}{4.5 \text{ gramos}} = 20.222$$

Si cambiamos las condiciones del aire ambiente y en lugar de un aire con 65% de humedad relativa tomamos un aire con 80% de humedad relativa a la misma temperatura de 20°C tenemos:

17,31 gramos	100
X	80

$$x = \frac{17,31 \times 80}{100} = 13,84 \text{ gramos de agua por } m^3$$

Los 0,4 de m^3 contendrán

13.84 x 0,4 = 5.5 gramos de vapor de agua o sea 0,0055 kgrs.

Si comparamos las dos situaciones observamos que:

0,4 de m^3 de aire a 20°C y con 80% de H.R contiene 0,0055 kg

0,4 de m^3 de aire a 20°C y con 65% de H.R contiene 0,0045 kg
diferencia 0,0010 kg

De lo anterior podemos deducir que el aire con 80% de H.R al ponerse en contacto con el grano, rebajará su humedad relativa hasta el 65% que es el equilibrio ya que el grano absorberá los 0,0010 kgrs de agua sin aumentar sensiblemente su humedad.

2.3.3 La humedad relativa y el desarrollo de los mohos

Una vez entendida la condición de equilibrio entre la humedad en el grano y la del aire que lo rodea, se puede entrar a analizar la relación que existe entre la humedad relativa y la facilidad de desarrollo de los mohos en los granos.

Los mohos se encuentran presentes en todos los granos y su crecimiento es la causa principal del rapido deterioro de estos, pero para que los mohos crezcan se necesitan condiciones apropiadas de temperatura y humedad; si se ejerce control sobre uno cualquiera de estos factores se conseguirá el efecto deseado.

La lógica nos indica que el método a seguir es el de llevar el contenido de humedad del grano a un nivel tal en el cual los mohos no puedan multiplicarse; se debe tener en cuenta que la humedad relativa del aire establece un equilibrio con el contenido de humedad del grano, por lo tanto en condiciones normales de temperatura es realmente la humedad relativa del aire la que influye en que los mohos se reproduzcan o nó y en la rapidez con que lo hagan.

2.3.4 El valor de la humedad relativa por encima de la cual se favorece su propagación es el de 75%. Sin embargo, en almacenamientos prolongados se ha comprobado que existen hongos que se desarrollan con humedad relativa del 65%.

El contenido de humedad de los granos y la humedad relativa en equilibrio es diferente para cada grano; sin embargo se ha demostrado que existe en la humedad relativa un valor común para todos los granos debajo del cual no existe propagación de mohos. Este valor es aproximadamente el de 60% y se le denomina nivel seguro de almacenamiento.

Si nos remitimos al cuadro en donde se especifica el contenido de humedad de los granos para que se establezca el equilibrio con un aire que tenga una H.R de 60% vemos que es bastante bajo lo cual presenta algunas limitaciones para su aplicación práctica, ya que en algunas oportunidades el secamiento excesivo del grano perjudica la calidad comercial del producto como por ejemplo en el fríjol.

CAPITULO III

3. ALGUNOS PRINCIPIOS PSICROMETRICOS

3.1 La psicrometría

Es la parte de la termodinámica relacionada con el estudio de las características, comportamiento y procesos de las mezclas de aire y vapor de agua.

Cuando se eleva la temperatura de un cuerpo tienen lugar fenómenos muy diversos; generalmente los gases (aire), sólidos y líquidos se dilatan, existiendo de ordinario una transmisión de calor. El estudio de estos fenómenos y el de los cambios de energía que tienen lugar a la transmisión de calor constituyen el objeto de la termodinámica.

Es esencial que la distinción entre cantidad de calor y temperatura sea interpretada con toda claridad. Estas expresiones suelen, generalmente confundirse en la vida ordinaria. Supongamos dos recipientes, uno de los cuales contiene una pequeña y otro una gran cantidad de agua; si las colocamos sobre dos mecheros de gas indenticos y los calentamos durante el mismo tiempo es evidente que, al cabo de este tiempo la temperatura de la pequeña cantidad de agua se haya elevado más que la de la grande. En este ejemplo se ha suministrado la misma cantidad de calor a cada recipiente de agua pero el aumento de temperatura no es el mismo en los dos casos, en razon de la diferencia de masas

3.1.1 Conceptos básicos sobre calor sensible y calor latente. Se sabe que la materia puede existir en estado sólido, líquido o gaseoso. Así, el agua existe en estado sólido (hielo), en estado líquido y en estado gaseoso (vapor).

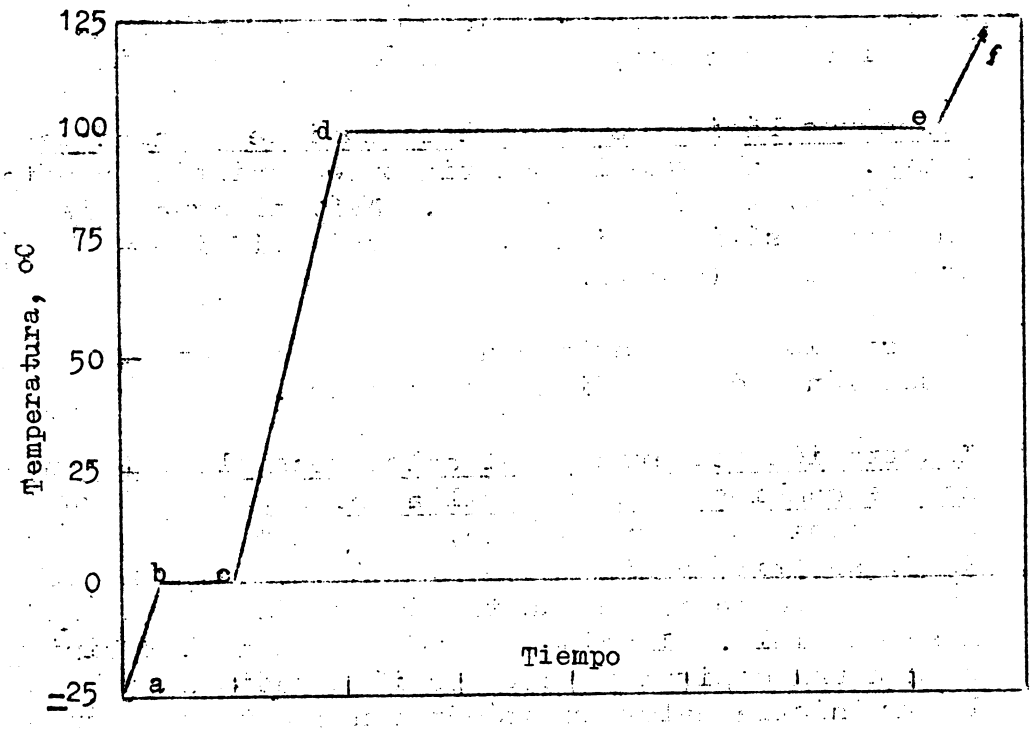
Los cambios de un estado a otro van acompañados de absorción o desprendimiento de calor.

3.1.2 Ilustración del efecto del calor sensible y latente en los cambios de estado del agua. Supongamos que se toma hielo de una nevera, cuya temperatura es de -25°C, se tritura rápidamente, se coloca en un recipiente y se introduce un termómetro dentro de esta masa de hielo. Imaginémos que se rodea el recipiente con una espiral de calefacción (resistencia) que le suministra calor en proporción constante y supongamos que el hielo no recibe calor de ninguna otra fuente.

Se observará que la temperatura del hielo aumenta continuamente como se indica en la gráfica adjunta, entre los puntos a y b , o sea, hasta que la temperatura ha llegado a 0°C. Tan pronto como se ha alcanzado esta temperatura, se observará algo de de agua líquida en el recipiente. En otras palabras el hielo comienza a fundirse. La fusión es un cambio de estado de sólido a líquido, sinembargo, el termómetro no indicará aumento de temperatura y aunque se suministre calor en la misma proporción que anteriormente, la temperatura permanecerá a 0°C hasta que todo el hielo se haya fundido.

Tan pronto como se haya fundido la última porción de hielo, la temperatura comienza a elevarse de nuevo en proporción constante, desde c hasta d (ver figura). Cuando se haya alcanzado la temperatura de 100°C (punto d), comenzarán a escapar de la superficie líquida burbujas de vapor; o sea el agua comienza a hervir. La temperatura permanecerá constante en 100°C hasta que todo el agua haya desaparecido, d á e ha tenido otro cambio de estado pasando el agua de estado líquido al gaseoso.

3.1.3 Representación gráfica.



La temperatura permanece constanteddurante cada cambio de estado.

La cantidad de calor que ha de suministrarse a una sustancia para cambiar de estado sin causar aumento de temperatura se conoce con el nombre de calor latente. En el gráfico se identificaría como la cantidad de calor agregado durante el tiempo transcurrido entre b y c (calor de fusión) y entre d y e (calor de vaporización el cual permanecerá involucrado en la mezcla de vapor de agua y aire.

El aumento de temperatura para alcanzar el punto de fusión y el punto de ebullición se conoce como calor sensible, que para nuestro gráfico será el calor agregado entre los puntos a y b y posteriormente entre c y d.

3.1.4 Métodos por medio de los cuales se comunica el calor. Existen tres métodos de comunicar el calor:

Conducción Si una cuchara metálica se coloca sobre una llama o dentro de un recipiente que contiene un producto caliente, el otro extremo o mango de la cuchara se va calentando cada vez más, aunque no está en contacto directo con la llama. Decimos entonces que el mango de la cuchara se calentó por conducción del calor a través de la sustancia que forma la cuchara.

Convección La expresión convección se aplica a la propagación del calor de un lugar a otro por un movimiento real de la sustancia caliente. Son ejemplos de esto la calefacción de una casa por circulación de aire caliente proveniente de una estufa. Si la sustancia caliente es obligada a moverse por un ventilador o una bomba, el proceso se denomina de convección forzada. Si la sustancia se mueve a causa de diferencias de densidad, se denomina convección natural o libre.

Radiación Cuando colocamos la mano en contacto directo con un radiador de calefacción de agua caliente, el calor alcanza la mano por conducción a través de las paredes del radiador. Si la mano se mantiene ahora encima del radiador, pero no en contacto con él, el calor alcanza la mano por medio de un movimiento de convección hacia arriba de las corrientes de aire. Si se coloca la mano a un lado del radiador todavía se calienta aún cuando la mano

no esté en la trayectoria de las corrientes de convección. El calor que alcanza ahora a la mano es por radiación.

El proceso de secamiento de los granos se realiza por el método de convección, esto es, mediante el desplazamiento de la masa de aire calentado, a través del lecho de sólidos (masa de grano dentro del secador). Naturalmente se presentan en dicho proceso, las otras dos formas de comunicación de calor, pero su incidencia es tan pequeña que no se tiene en cuenta.

Las nociones hasta aquí descritas nos facilitan básicamente el conocimiento y comprensión de algunos de los varios conceptos comprendidos en el estudio de la carta psicrométrica, la cual veremos a continuación.

3.2 La carta psicrométrica

3.2.1 Definición. La carta psicrométrica resume una familia de líneas, representadas por una serie de gráficas superpuestas dentro de un sistema de coordenadas rectangulares. Estas gráficas han sido construídas en forma tal que expresen un conjunto de relaciones complejas existentes entre una masa de aire y vapor de agua, sometida a una presión normal; considerada a través de una escala de temperatura (abcisa) y tomando la humedad absoluta del aire como la ordenada, graduada en una escala normal.

Su importancia radica en que mediante la utilización de dos parámetros a saber: Bulbo húmedo y Bulbo seco, definidos en la carta, podemos conocer automáticamente, la totalidad de las características de la mezcla aire-vapor de agua, para tales condiciones. Bases éstas que nos permiten en lo que a nuestro interés se refiere establecer la forma adecuada del empleo del aire en los procesos de aireación y secamiento de los granos, y así mismo visualizar su resultado.

Esquema sencillo de una carta psicrométrica con los diferentes datos que en ella se pueden hallar.

1. Temperatura del punto de rocío, condensación o saturación.
2. Temperatura del bulbo seco (temperatura del aire ambiente).
3. Humedad absoluta del aire.
4. Temperatura del bulbo húmedo.
5. Entalpía o calor total de aire.
6. Humedad relativa.
7. Volumen específico.

3.2.2 Temperatura del bulbo seco (t.b.s.). La adición de calor sensible aumenta la temperatura del material. Este calor sensible se mide con un termómetro ordinario o de ampolleta seca.

3.2.3 Temperatura del bulbo húmedo t.b.h.). Es la registrada por el termómetro cuyo bulbo se cubre con una muselina húmeda y se pone en contacto con una corriente de aire de velocidad constante. Nos permite encontrar la cantidad total de calor de una mezcla de aire y vapor de agua.

Al hacer pasar aire a través de la muselina húmeda se presenta un proceso de evaporación. El calor necesario para tal evaporación tiene que suministrar el aire. Lo anterior reduce lo contenido de calor sensible del aire y por consiguiente su temperatura, pero a la vez aumenta el contenido de calor latente de la mezcla de aire y vapor de agua exactamente en la misma proporción. Este proceso se llama saturación adiabática (calor total constante). En la capa de aire que rodea el termómetro de bulbo húmedo se presenta una saturación adiabática y ofrecerá por lo tanto una medida directa del contenido térmico total de la mezcla del aire y vapor de agua.

3.2.4 Temperatura del punto de rocío (t.p.r.). Temperatura a la cual se inicia la condensación de la humedad contenida en el aire cuando este se enfría.

3.2.5 Humedad absoluta. Es el peso del vapor de agua contenido en un volumen o en un peso determinado de aire, para los fines de la carta psicrométrica se mide en gramos de humedad por kilogramo de aire seco.

3.2.6 Volumen específico. Es el volumen ocupado en metros cúbicos por una mezcla de aire y vapor de agua por kilogramo de aire seco para una temperatura determinada.

3.2.7 Calor total o Entalpía. Es la suma del calor sensible más el calor latente contenido en un cuerpo; como el aire atmosférico contiene cantidades variables de vapor de agua, el calor latente de este vapor se debe sumar al calor sensible de la mezcla de aire y vapor de agua con el objeto de obtener el calor total de la mezcla o Entalpía.

3.2.8 Forma de usar la carta psicrométrica. Haciendo uso de los datos que nos pueda suministrar un psicrómetro podemos conocer todas las características del aire ambiente mediante el manejo de una carta psicrométrica. Con dos datos cualesquiera que se tengan se puede obtener las demas características del aire; tales como la humedad relativa; humedad absoluta; volumen específico, Entalpía, punto de rocío etc.

Ejemplo ilustrativo - Primera parte.

Mediante la lectura de los datos que nos suministra un psicrómetro tenemos:

Temperatura del bulbo seco = 25°C
Temperatura del bulbo húmedo = 21°C

Se pide encontrar en la carta psicrométrica:

a) La temperatura del punto de rocío
b) La humedad absoluta
c) El volumen específico
d) La Entalpía
e) La humedad relativa

Desarrollo En la parte inferior de la carta localizamos la temperatura del bulbo seco 25°C.

Sobre la curva de saturación (última curva de la izquierda de la carta). Localizamos la temperatura del bulbo húmedo 21°C. Subimos por la línea vertical del bulbo seco, hasta encontrar la línea oblicua que corresponde a la lectura del bulbo húmedo. Ver gráfico anexo.

Encontramos el punto A, el cual tiene las siguientes características:

Está sobre la cuarta curva de izquierda a derecha a partir de la curva de saturación que corresponde al 71% de humedad relativa.

coincide su posición sobre una línea horizontal la cual nos permite conocer en su extremo derecho la cantidad de agua en gramos de humedad que contiene el aire por kilogramo de aire seco (14.1 kilogramos x Kgr de aire seco), o sea la humedad absoluta.

Al extremo izquierdo de la misma línea y sobre la curva de saturación encontramos un valor en grados centígrados que se conoce como la temperatura del punto de rocío (19.1°C), que nos indica la temperatura a la cual el agua que contiene ese aire en forma de vapor se condensa.

En la parte izquierda de la carta y por fuera de la curva de saturación, encontramos una escala que nos indica el calor total o Entalpía que contiene el aire en el punto A, expresado en unidades calóricas (19 kilocalorías por Kgr de aire seco), es decir la cantidad de kilocalorías que necesita un kilogramo de aire para aumentar en 1°C su temperatura. A presión normal el calor específico del aire es igual a 0,241 kilocalorías por kilogramo de aire seco.

El volumen específico es decir el volumen que ocupa un kilogramo de aire en las condiciones anotadas es de 0.863 metros^3 por kilogramo de aire.

Segunda parte

Si el aire del ejemplo anterior lo sometemos a calentamiento hasta una temperatura de 50°C tenemos lo siguiente:

La humedad absoluta y el punto de rocío no varían, por cuanto nos desplazamos por sobre la misma línea horizontal hasta encontrar la línea vertical del bulbo seco, que nos determina la localización del punto B.

Al calentarse el aire, este se dilata y adquiere una mayor capacidad de absorción de vapor de agua, como también su calor total aumenta ya que lo hemos calentado.

Las nuevas condiciones serían:

Humedad relativa = 18%
Temperatura del bulbo húmedo = 27,5°C

Volumen específico = 0,934 m^3 por kg de aire seco
Entalpía = 25.3 kilocalorías por kgr de aire seco

El calor agregado se encuentra por simple diferencia entre la Entalpía del aire caliente y la Entalpía del aire inicial o ambiente que para nuestro ejemplo es de 25.3-19 = 6,3 kilocalorías por kgr de aire seco.

Tercera parte Si el aire una vez calentado lo ponemos en contacto con un producto que esté húmedo por ejemplo cualquier grano con 20% de humedad el cual no está en equilibrio con las condiciones del aire, el aire absorberá agua del grano y se la llevará en forma de vapor, lo cual supone una saturación parcial de este aire que para efectos del ejemplo lo llamamos aire exhausto.

Suponemos que el aire una vez haya atravesado la masa de grano húmedo sale con las siguientes condiciones las cuales las podemos determinar nuevamente por medio de un psicrómetro.

Temperatura del bulbo seco 30,5°C
Temperatura del bulbo húmedo 27,5°C

Como se puede observar la temperatura del bulbo húmedo no varía debido a que se sucede un secamiento adiabático es decir a calor constante, en el cual el calor sensible del aire permite que el agua del grano se evapore, este vapor de agua lleva consigo ese mismo calor en forma de calor latente el cual se incorpora nuevamente al aire.

El nuevo punto C encontrado tiene las siguientes características:

Humedad relativa = 81%
Humedad absoluta = 22,5 gramos por kgr de aire seco
Volumen específico = 0,89 m^3 por kg de aire seco
Temperatura del punto de Rocío = 26,8°C

La humedad extraída del grano se determina por la sim-
ple diferencia de humedades absolutas del aire antes
y después de la operación (secamiento).

Humedad absoluta inicial = 14,1 gramos por kg de aire

Humedad absoluta final = 22,5 gramos por kg de aire
Diferencia 8,4 gramos por kilogramo de aire seco

<u>Cuarta parte</u> Si se desea saber la eficiencia en la utilización del calor como medio para extraer humedad del grano; tenemos que considerar los puntos siguientes:

a) Se partió de la base de un secamiento Adiabático es decir a bulbo húmedo constante, pudiendo este aire extraer agua del grano hasta un punto tal en en el cual la temperatura del bulbo seco, la temperatura del punto de rocío y la temperatura del bulbo húmedo sea la misma, es decir 27.5°C, a esa temperatura el aire se encuentra saturado y su contenido máximo de vapor de agua es de 23.7 gramos por kilo de aire seco.

El aire al iniciarse la operación ya contenía 14.1 gramos de agua por lo tanto podemos decir que el máximo de agua que podemos extraer con nuestro aire caliente es de 9.6 gramos por kilo de aire seco.

Si tenemos encuenta que nuestro aire solo extrajo 8.4 gramos de agua hacemos una simple relación para calcular la eficiencia en la utilización de nuestro calor del airo.

9.6 gramos es el 100% de agua que podemos extraer 8.4 gramos qué porcentaje será?

$$\frac{8.4 \times 100}{9.6} = 87.5\%$$

CAPITULO IV

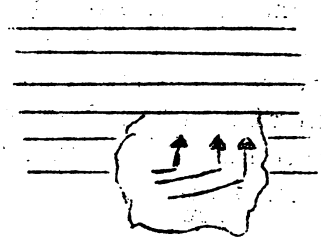
4. EL SECAMIENTO

El agua se extrae del grano por evaporación en el aire con poder desecante (sediento) que lo rodea, el cual la aleja de aquel y debe renovarse en forma permanente para lograr el secamiento.

4.1 Algunos principios básicos en el secamiento de granos

Cada líquido tiene su propia presión de vapor que tiende a producir la evaporación del líquido. La evaporación tiene lugar cuando la presión de vapor del líquido excede la correspondiente a la resistencia de la presión presentada por el aire que lo rodea. Entonces, la mayor cantidad de evaporación se logrará cuando exista una gran diferencia entre éstas dos presiones.

4.1.1 Como funciona el aire desecante. Para lograr un secamiento efectivo (evaporación) es necesario alcanzar como se dijo anteriormente, la mayor diferencia entre la presión de vapor de la humedad contenida en el grano y la presión presentada por el aire.



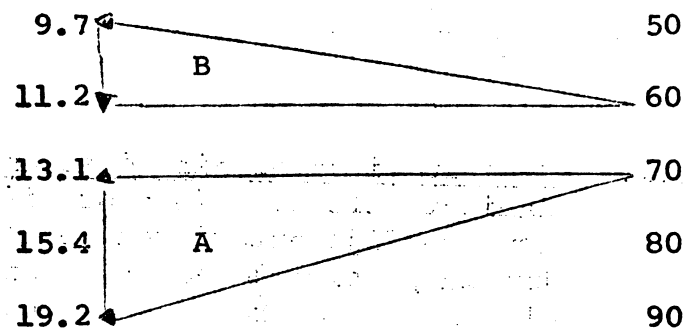
La diferencia en las presiones depende de las condiciones ambientales debido a que el aire atmosférico contiene humedad en forma de vapor de agua proveniente de la respiración de plantas, animales y de la evaporación de ríos, lagos etc.

Esta situación es la que nos obliga, en la mayoría de los casos, a efectuar el calentamiento del aire el cual al no adicionarsele humedad permite bajar la presión de vapor del aire, creando un aire "sediento" que absorve efectivamente la humedad del producto que entre en contacto con él. Entonces el principal fundamento del secamiento es asegurar un contínuo paso de aire caliente (sediento) a través de productos con una presión de vapor mayor o sea en desequilibrio con la del aire.

Debemos recordar que existen equivalencias para las presiones de vapor de humedad en el aire y contenido de humedad en los granos que nos permite establecer en forma cuantitativa condiciones de equilibrio entre la humedad relativa del aire y el contenido de humedad del grano.

Para el caso del maíz tenemos por ejemplo los siguientes datos:

Humedad del maíz (b.h)%	H.R. del aire %
9.7	50
11.2	60
13.1	70
15.4	80
19.2	90



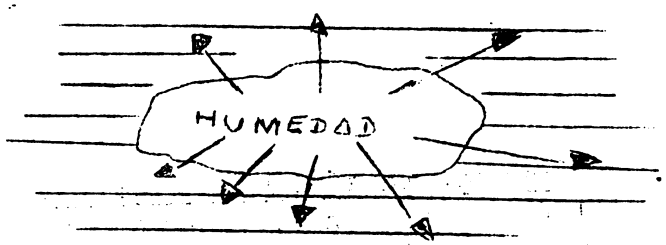
a) Si el maíz con el 19.2% de humedad lo exponemos a una corriente permanente de aire con 70% de humedad relativa, el agua del grano se evaporará hasta el punto en el cual se restablezca el equilibrio entre la humedad relativa del aire y el contenido de humedad, del grano (13.1%); existe secamiento.

b) Si el maíz con 9.7% de humedad lo ponemos en contacto con una corriente de aire que tenga 60% de humedad relativa, parte del agua que en forma de vapor contiene el aire se incorpora en el grano hasta restablecer el equilibrio correspondiente (11.2%); el grano se humedece.

Entonces podemos decir, que aire con capacidad desecante, es aquel cuya humedad relativa es inferior a la que corresponde en equilibrio para un grano determinado con un contenido también determinado de humedad.

Teóricamente el proceso parece muy simple: Al calentar un producto que contiene agua ésta se evapora y desaparece, y cuanto más alta sea la temperatura que se aplique, tanto mas rápidamente desaparecerá la humedad.

Es decir, que existe la necesidad de calentar el producto que se va a secar. El calentamiento del producto a secar aumenta la presión de vapor de la humedad contenida. Este calentamiento aumenta la diferencia entre la presión de vapor de la humedad en el producto y el aire externo; con ésto se alcanza gran promedio y rapidez.



Cuando el producto se calienta, la humedad interna va al exterior siendo evaporada y transportada por el aire desecante pero al llevar a la práctica esta sencilla teoría, en especial cuando se trata de secar granos, el proceso se complica puesto que hay un sinnúmero de factores que limitan su aplicación.

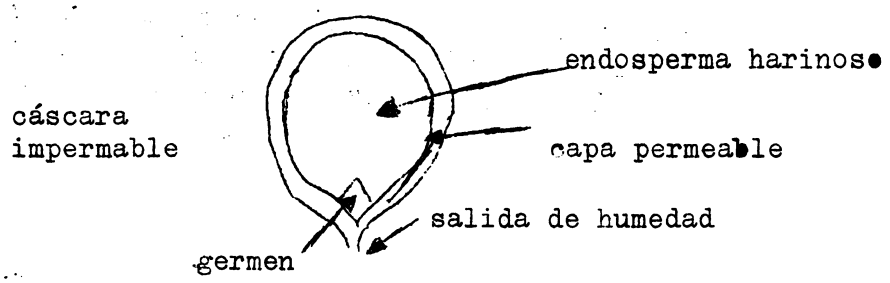
4.2 Control de la calidad durante el secamiento

Se deben tener en cuenta cuando se realiza el proceso de secamiento, algunos factores que afectan la calidad del producto, los cuales es necesario entrar a analizar.

4.2.1 Rata de difusión. Se entiende por tal la velocidad con que se desplaza el agua contenida en el grano, la cual está sujeta a limitaciones de varias ordenes. Con el calor se desarrollan fuerzas internas dentro del grano que hacen migrar la humedad; si se trata de acelerar esta migración mas allá de cierto límite (por medio de altas temperaturas, mucho aire caliente y tiempos de retención muy cortos) el agua puede pasar a través del pericarpio del grano y resquebrajarlo.

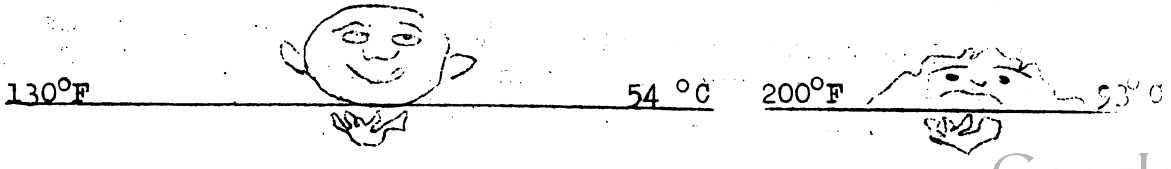
4.2.2 Remoción de la humedad interior. El pericarpio o envoltura de los granos es impermeable, el verdadero control de la calidad en el secamiento consiste, en que la humedad interna se traslade a través del endosperma o capa porosa hasta encontrar la capa impermeable y de allí se deslice hasta la punta del grano (especie de cordón umbilical presente en todos los granos por donde recibieron su alimento y humedad) para ser evaporada en debida forma.

Ejemplo: En un grano de maíz tenemos las siguientes características.



4.2.3 Temperatura física del grano. Para mantener la calidad del grano su temperatura (diferente de la temperatura del aire) no debe exceder de 54°C (130°F). En general se puede decir que todo producto tiene una temperatura límite mas allá de la cual no debe pasarse.

Así por ejemplo, en el caso del arroz que es un grano de los más delicados, la temperatura física del grano no debe exceder de 45°C.



Temperaturas de secamiento mayores pueden usarse si el calor se aumenta de acuerdo al aumento de humedad por evaporarse. Esto es si el calor se usa como calor latente en evaporación.

Se puede concluir hasta ahora, segun los puntos analizados, que la temperatura de secamiento debe estar inter-relacionada con el tiempo de secamiento y el contenido de humedad del grano. Es sabido que mientras mas seco esté el grano mas alta es la temperatura que puede soportar sin perder poder germinativo.

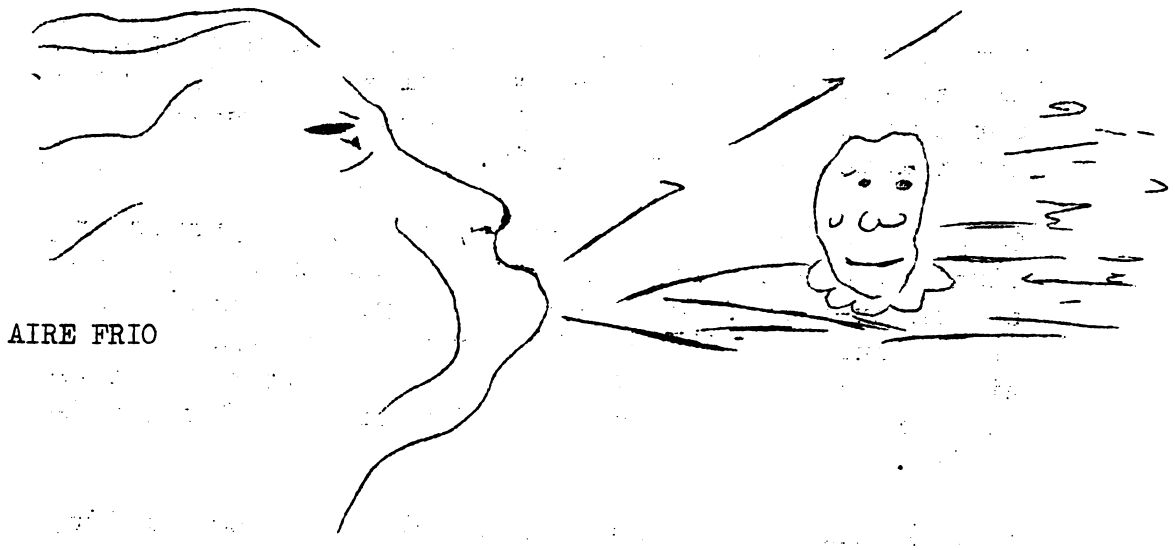
También mientras menos sea el tiempo de exposición, mayor podrá ser la temperatura del aire. El secamiento del arroz en cáscara tiene exigencias muy especiales que se resumen a continuación:

a) Si el secamiento se hace en un solo pase, la temperatura no debe pasar de 37,8°C en el aire desecante.

b) Si el secamiento se hace por etapas o en varios pases dejando períodos de reposo o temple, se usan temperaturas mayores que varían segun el contenido de humedad del grano y la humedad del ambiente. En forma adjunta el estudiante encontrará un compedio de tablas con diversas temperaturas de secamiento para arroz. Cuando este tiene contenidos distintos de humedad y condiciones ambientales también distintos.

4.2.4 <u>Enfriamiento del grano</u>. Para mantener la calidad del grano es necesario el enfriamiento una vez que el grano se haya secado y esto es particularmente importante cuando el grano se va a almacenar por algun tiempo.

El proceso de enfriamiento es similar al de secamiento. El aire a la temperatura ambiente pasa a través del producto, el cual pierde calor. Este calor es transferido al aire aumentando su temperatura y bajando la temperatura del producto. La temperatura del producto alcanza un valor más bajo debido a la evaporación de humedad adicional.



Cuando el grano se almacena caliente, el calor residual continúa produciendo la migración de humedad desde el centro hasta la superficie de los mismos granos hasta que su temperatura y la del medio ambiente se iguale. Durante este período, la humedad en la superficie del grano y la temperatura elevada son el campo ideal para la fermentación y formación de mohos. Es importante anotar que para conseguir una óptima calidad del grano, es necesario hacer <u>este enfriamiento en forma lenta</u> o de lo contrario se corre con el riesgo de requebrajamiento del producto.

4.3 <u>Métodos de secamiento</u>

Existen diversos métodos mediante los cuales podemos eliminar el exceso de agua que contienen los granos, con el fin de hacerlos comercialmente aptos.

4.3.1 <u>Secamiento en el campo</u>. Debemos recordar que el clima ejerce su influencia en el contenido de humedad de los granos en todas sus fases: antes de la recolección, durante la recolección y durante el almacenamiento. El hombre solo puede controlar esta influencia durante el período de almacenamiento; antes de la recolección poco puede hacer, salvo elegir el mejor momento para hacerla.

El secamiento en el campo conocido mas comunmente como secamiento natural, precisamente por los factores antes anotados, es muy incierto en los países tropicales

Este tipo de secamiento se puede definir diciendo que es aquel que ocurre en el período comprendido entre la madurez del grano y la recolección del mismo. Si las condiciones del tiempo son favorables el grano dejado en el campo sin cosechar llegará a equilibrar su contenido de humedad, con la humedad relativa del aire ambiente.

El secamiento en el campo es relativamente el mas económico de todos, pero además de las limitaciones que se deducen de las condiciones de equilibrio de humedad las cuales en la mayoría de los casos no permiten que los granos lleguen a un contenido de humedad que garantice su almacenamiento sin peligro, existen otras que impiden prolongar o posponer el período de recolección tales como:
a) Las lluvias extemporaneas; b) la necesidad de preparar el terreno para los cultivos siguientes; c) el crecimiento de malas hierbas; d) el ataque de pájaros e insectos; e) la propensión de algunas variedades al volcamiento y desgrane, y f) la necesidad de vender el producto.

4.3.2 Secamiento en patios al sol. Es un sistema de secamiento que presenta múltiples inconvenientes principalmente por la dificultad que existe en controlar las condiciones ambientales. Algunas veces cuando el tiempo lo permite se puede hacer uso de éste método.

Los principales inconvenientes que presenta este sistema los enumeramos a continuación:

a) El grano debe colocarse en capas de poco espesor (10 cm en promedio o menos) lo cual exige superficies considerables. Como ejemplo se pude decir que para secar un bulto al sol se requieren 2 metros cuadrados de patio.

b) El peligro de daño por lluvias ocasionales es permanente.

c) El grano requiere atención constante para cambiarlo de posición y evitar su deterioro.

d) Requerimiento de gran cantidad de mano de obra lo que hace costoso el proceso.

e) Al no poderse tener control sobre las condiciones del medio ambiente se está sujeto también a altas temperaturas que pueden perjudicar la calidad del grano.

f) Los métodos utilizados para cambiar de posición el grano ocasionan roturas.

Las anteriores consideraciones hacen que auncuando este sistema de secamiento parezca más económico, resulte en la mayoría de los casos poco beneficioso por las pérdidas que resultan debido al desmejoramiento de la calidad del producto.

4.3.3 Ventilación natural. El movimiento del aire se origina en las diferencias de temperatura de los vientos lo cual ocasiona corrientes de intensidad variable, que se pueden aprovechar haciendolas pasar a través de una masa de grano. El grano sometido a éste proceso llega a perder humedad solamente cuando el aire que circula a través de él está más seco que el aire que está en contacto con el grano.

Existen diversos tipos de instalaciones que permiten utilizar estas corrientes de aire, siendo los más comunes los de forma rectangular y cilíndrica para lo cual se les acondicionan pisos perforados, claraboyas túneles etc. Este sitema es mas de acondicionamiento de grano húmedo, que de secamiento para almacenar por largos períodos, ya que en períodos de lluvias el grano puede tomar cantidades perjudiciales de agua.

4.3.4 Aireación o aire atmosférico mecanicamente impulsado o succionado. El aire atmosférico, por naturaleza es un medio que seca lentamente debido a que sus temperaturas son relativamente bajas. Por consiguiente no debe esperarse un secamiento rapido cuando se utiliza aire sin calentar, además se debe tener en cuenta que en climas tropicales como el de Colombia las

condiciones atmosféricas con humedades relativas superiores en su mayoría a 65%, dificilmente sirve para extraer humedad de productos que se van a almacenar.

Se puede considerar en terminos generales que la aireación con aire sin calentar se utiliza con propósitos distintos a los del secamiento, siendo aprovechada con mayores ventajas para los siguientes fines: a) mantener en condiciones apropiadas los granos cosechados húmedos hasta que estos puedan ser secados. b) evitar desmejoramientos de la calidad al permitir mantener en condiciones apropiadas los productos durante los períodos de reposo, cuando el proceso de secamiento es por etapas. c) extraer el calor del grano cuando éste es cosechado húmedo o secado. d) permitir mantener los productos almacenados en condiciones normales de temperatura. c) eliminar olores objetables o residuos de fumigantes. y f) permitir la aplicación de fumigantes.

4.3.5 Aire calentado y forzado o succionado a través del grano. El término aire calentado se refiere al aire cuya temperatura se ha elevado con el suministro artificial de calor para comunicarle energía térmica disponible para el secamiento.

El calentamiento del aire significa obtener humedades relativas inferiores a las que en equilibrio corresponden para un determinado contenido de humedad del grano que se quiere secar.

Aire calentado y forzado quiere decir, aire sometido a presión por un abanico y con energía térmica aplicable al secamiento.

Este método de secamiento puede usarse con cualquier condición de tiempo y por ser regulables la temperatura, la cantidad de aire que se hace pasar por el grano y el tiempo que el grano permanece en contacto con el aire desecante, permite llevar adelante operaciones satisfactoriamente controladas.

ANEXO No. 1

ALGUNOS ASPECTOS IMPORTANTES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN EL SECAMIENTO DE ARROZ

Número de veces que se debe pasar el grano por el secador

Para arroces que superen un contenido de humedad del 20% se hace necesario pasarlo cuatro veces por el secador.

El proceso es el siguiente:

Primer secamiento. Extraer la humedad por encima de 19 por ciento

Segundo secamiento. Extraer de un 2 a 3 por ciento del contenido de humedad.

El tercero y cuarto secamiento. Extraer de 1 a 2 por ciento del contenido de humedad.

La capacidad de muchos secadores se reduce cuando se usa este procedimiento con arroces de alto contenido de humedad inicial, por lo cual en algunos casos se trata de secar el arroz en una sola etapa, utilizando aire de secamiento a baja temperatura.

Tiempo que debe permanecer el Arroz dentro del secador

Para arroces con contenido de humedad hasta 23 por ciento se sugiere aumentar el período de secamiento en 9 minutos por cada 1% que aumente el contenido de humedad.

Ilustración:

Para humedades de %	Tiempo de duración minutos
23	30
24	39
25	48
26	57
27	66
28	75
29	84
30	93

Tiempo adecuado de reposo entre los secamientos

La mejor manera de evitar que el arroz se "queme" por exceso de humedad, consiste en disminuir el período de reposo entre los secamientos. No es recomendable la práctica deliberada de permitir que aumente

la temperatura del arroz en silos durante el período de reposo.

La capacidad máxima del secador se alcanza cuando el arroz se envía a a un silo tan pronto como la humedad de la cáscara se ha removido. Mientras el arroz está en el silo, la humedad interior migrará a la cáscara seca.

El equilibrio se alcanza usualmente entre las 12 y 24 horas y el grano estará entonces listo para la nueva etapa de secamiento. En general para humedades altas, el segundo secamiento deberá realizarse mas pronto que los siguientes. Esto se debe al "calor de secamiento" que queda en el grano después de la primera etapa.

Contenido de humedad hasta el cual debe secarse el Arroz

Para arroces que se almacenen por más de seis meses, el contenido de humedad no debe sobrepasar el 13% .

Debido a que el arroz que sale del secador no es uniforme en su contenido de humedad es necesario secar el grano hasta que la humedad promedia se encuentre por debajo del 13% para evitar que en lote no hayan porciones con humedad excesiva.

En un lote se encuentran comunmente variaciones entre 1 y 2 por ciento de humedad.

Comportamiento en el secamiento de diferentes variedades de arroz

Varios factores relacionados entre si, tales como tamaño del grano, consistencia y espesor de la cáscara, afectan la velocidad a la cual una variedad perderá la humedad. Las pruebas de laboratorio sobre cuatro variedades, demostraron que el Blue Bonnet es el que más fácilmente pierde humedad; luego siguen el Rexoro y el Zenith.

Deberá enfriarse el Arroz después del secamiento?

Probablemente no se obtiene ninguna ventaja al enfriar el grano entre secamientos, a no ser que se proyecte prolongar fuera de lo usual la iniciación de la próxima etapa.

Si el arroz va a almacenarse, deberá enfriarse con el aire frío después del último secamiento. En enfriamiento final deberá hacerse de preferencia, cuando la humedad ambiente se encuentre bajo el punto de saturación. No se registra aumento en el contenido de humedad del grano cuando la temperatura del arroz se halla por encima de la temperatura atmosférica.

Varios ensayos han comprobado que el arroz seco pueda enfriarse rápidamente a 4.5°C en un secador con aire frío sin detrimento de la calidad molendera.

TEMPERATURAS OPTIMAS DEL AIRE PARA EL SECAMIENTO DEL ARROZ EN CASCARA

Tablas guias expresadas en grados centígrados, para la selección de las temperaturas óptimas del aire para secamiento del arroz, en relación con el contenido de humedad del grano y las condiciones atmosféricas.

La serie de tablas contempla temperaturas atmosféricas que van de 15.6°C a 37.2°C, con intervalos entre si de 0.6°C; por lo tanto la amplitud de la escala considera prácticamente todos los casos posibles de temperatura para nuestro medio.

INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LAS TABLAS

Es imprescindible conocer: a) la temperatura del aire exterior; b) estado higrométrico del aire; y c) la humedad del arroz al entrar en el secador.

a) Para conocer la temperatura del aire exterior debemos hacer uso de un termómetro común, con graduación de 0 a 50°C o bien utilizar el termómetro de bulbo seco de Psicrómetro.

b) La determinación de la humedad del aire atmosférico o estado higrométrico se puede conocer por medio de un higrómetro que nos da directamente la humedad ambiente, o indistintamente por un Psicrómetro compuesto por un termómetro de bulbo seco y otro de bulbo húmedo.

   Las tablas adjuntas permiten la utilización de cualquiera de estos dos instrumentos, ya que tiene los valores para porcentaje de humedad y los valores para el bulbo húmedo.

c) Determinación de la humedad del arroz con cualquier clase de probador de humedad.

   Con los datos obtenidos a), b) y c) buscamos la tabla en cuyo encabezamiento figure nuestra temperatura ambiente (a) determinada por el termómetro común de bulbo seco; nos fijamos en las filas horizontales de porcentaje de humedad o de temperatura de bulbo húmedo el valor que nosotros hemos determinado por el procedimiento (b) y en la intersección de esta última columna y la del grado de humedad del arroz (columna izquierda) encontramos la temperatura del aire que debe tener al entrar en el secador.

Como ejemplo: supongamos que en un día cualquiera determinamos que:

Con el Psicrómetro:

Temperatura bulbo seco ..... = 25°C

" " humedo ..... = 19,4°C

o con el Higrómetro:

Porcentaje humedad ..... = 62 %

Porcentaje de humedad del arroz al entrar al secador..... = 18 %

En la tabla encabezada por 25°C encontramos que en la intersección de la columna 19°4C ó 62 % (según que utilicemos el Psicrómetro o el Higrómetro) con la fila 18 % porcentaje de humedad nos da el valor de 46°7, temperatura que deberá tener el aire de secado.

Si hacemos la misma determinación para un día con 36°,7 de temperatura exterior y con 35°6 de temperatura del bulbo húmedo y 19 % de humedad de arroz, el valor que encontraremos para la temperatura del aire será: 55°C.

TEMPERATURA ATMOSFERICA 15°,6

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	94-85	83-76	72-68	64-59	55-49	46,38
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	15-14,4	13,9-13,3	12,8-12,2	11,7-11,1	10,6-9,8	8,9-7,8
16 o menos	41,1	40,6	40	39,4	38,9	38,3
16,1-16,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,3-16,4	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,5-16,6	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,7-16,8	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,9-17	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
17,1-17,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
17,3-17,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,5-17,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,7-17,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,9-18,0	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
18,1-18,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,3-18,4	48,3	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,5-18,6	48,9	48,3	47,2	46,7	46	45,6
18,7-18,8	49,9	48,9	48,3	47,2	46,7	46,1

TEMPERATURA ATMOSFERICA 16°,1

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DE AIRE ATMOSFERICO (%)				
	90	80-72	72,64	57-50	44-39
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)				
Porcentaje	15	14-13	13-12	11-10	9-8
16 ó menos	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,1-16,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,3-16,4	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,5-16,6	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,7-16,8	43,9	42,8	42,2	41,7	41,1
17,1-17,2	44,4	43,9	42,8	42,2	41,7
17,3-17,4	45	44,4	43,9	42,8	42,2
17,5-17,6	45,6	45	44,4	43,9	42,8
17,7-17,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,9-18	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,1-18,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,3-18,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,5-18,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,7-18,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,9 y más	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2

TEMPERATURA ATMOSFERICA 16°,7

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)				
	95-83	79-68	64-57	53-48	43-37
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)				
Porcentaje	16,1-15	14,4-13,3	12,8-11,7	11,1-10	9,4-8,3
16 ó menos	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,1-16,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,3-16,4	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,5-16,6	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,7-16,8	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,9-17	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
17,1-17,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,3-17,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,5-17,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,7-17,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,9-18	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,1-18,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,3-18,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,5-18,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,7-18,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,9- y más	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2

TEMPERATURA ATMOSFERICA 17°2

Humedad con tenida en el arroz	HUMEDAD DE AIRE ATMOSFERICO (%)				
	95-84	80-71	65-58	54,49	45-39
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)				
Porcentaje	16,7-15,6	15-13,9	13,3-12,2	11,7-10,6	10-8,9
16 ó menos	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,1-16,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,3-16,4	42,2	47,7	41,1	40,6	40
16,5-16,6	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,7-16,8	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,9-17	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
17,1-17,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,3-17,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,5-17,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,7-17,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,9-18	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,1-18,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,3-18,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,5-18,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,7-18,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,9 y más	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2

TEMPERATURA ATMOSFERICA 17°,8

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)				
	95	90-77	75-62	57-48	40-34
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)				
Porcentaje	17,2	16,7-15,6	15-13,9	13,3-12,2	11,7-10,6
16 ó menos	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,1-16,2	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,3-16,4	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,5-16,6	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,7-16,8	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,9-17	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17-1-17,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,3-17,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,5-17,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,7-17,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,9-18	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,1-18,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,3-18,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,5-18,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,7-18,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,9 y más					

TEMPERATURA ATMOSFERICA 18°,3

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	95-90	83-79	74-63	58-44	40-36	31-28
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje		16,7-16,1	15,6-14,4	13,9-12,2	11,7-11,1	10,6-10
16 ó menos	41,7	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,1-16,2	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,3-16,4	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,5-16,6	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,7-16,8	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,9-17	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
17,1-17,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,3-17,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,5-17,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,7-17,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,9-18	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,1-18,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,3-18,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,5-18,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,7-18,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,9 y más	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2

TEMPERATURA ATMOSFERICA 18°,9

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	95-90	82-73	71-63	60-55	50-44	42
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	18,3-17,8	17,2-16,1	15,6-14,4	13,9-12,8	12,2-11,1	10,6
16 ó menos	41,7	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,1-16,2	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,3-16,4	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,5-16,6	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,7-16,8	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,9-17	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
17,1-17,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,3-17,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,5-17,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,7-17,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,9-18	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,1-18,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,3-18,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,5-18,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,7-18,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,9 y más	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2

TEMPERATURA ATMOSFERICA 19°,4

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	95-85	80-72	66-63	60-50	47-45	42
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	18,9-17,8	17,2-16,1	15,6-15	14,4-12,8	12,2-11,7	11,1
16 ó menos	41,7	41,1	40,6	40	39,4	38,9
16,1-16,2	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,3-16,4	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,5-16,6	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,7-16,8	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,9-17	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
17,1-17,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,3-17,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,5-17,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,7-17,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,9-18	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
18,1-18-2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,3-18,4	48,5	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,5-18,6	48,9	48,5	47,8	47,2	46,7	46,1
18,7-18,8	49,4	48,9	48,5	47,8	47,2	46,7
18,9 y más	50	49,4	48,9	48,5	47,8	47,2

TEMPERATURA ATMOSFERICA 20°

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	94	90-85	80-75	68-63	58-53	
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	19,4	18,9-18,3	17,8-16,7	16,1-15	14,4-13,3	12,8-11,7
16 ó menos	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,1-16,2	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,3-16,4	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,5-16,6	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,7-16,8	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,9-17	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,1-17,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,3-17,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,5-17,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,7-17,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,9-18	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,1-18,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,3-18,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,5-18,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,7-18,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,9 y más	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8

TEMPERATURA ATMOSFERICA 20°,6

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	95	90-83	76-71	65-60	55-51	45-44
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	20	19,4-18,3	17,8-16,7	16,1-15	14,4-13,3	12,8-12,2
16 ó menos	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,1-16,2	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,3-16,4	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,[illegible]
16,5-16,6	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,7-16,8	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,9-17	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,1-17,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,3-17,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,5-17,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,7-17,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,9-18	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,1-18,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,3-18,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,5-18,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,7-18,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,9 y más	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8

TEMPERATURA ATMOSFERICA 21°

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	96-91	90-80	74-73	63-60	56-52	47-45
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	20,6-20	19,4-18,3	17,8-16,7	16,1-15,6	15-13,9	13,3-12,8
16 ó menos	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,1-16,2	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,3-16,4	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,5-16,6	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,7-16,8	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,9-17	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,1-17,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,3-17,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,5-17,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,7-17,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,9-18	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18-1-18,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,3-18,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,5-18,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,7-18,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,9 y más	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8

TEMPERATURA ATMOSFERICA 21°,7

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	94-85	79-75	70-62	58-50	45-37	34
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	21-20	19,4-18,9	18,3-17,2	16,7-15,6	15-13,9	13,3
16 ó menos	42,2	41,7	41,1	40,6	40	39,4
16,1-16,2	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,3-16,4	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,5-16,6	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,7-16,8	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,9-17	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
17,1-17,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,3-17,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,5-17,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,7-17,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,9-18	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
18,1-18,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,3-18,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,5-18,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,7-18,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,9 y más	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8

TEMPERATURA ATMOSFERICA 22°,2

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	96	89-86	81-72	68-58	54-45	33,27
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cont.)					
Porcentaje	21,7	21-20,6	20-18,9	18,3-17,2	16,7-15,6	15-14,4
16 o menos	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,1-16,2	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,3-16,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,5-16,6	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,7-16,8	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,9-17	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,1-17,2	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,3-17,4	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,5-17,6	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,7-17,8	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,9-18	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,1-18,2	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,3-18,4	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,5-18,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,7-18,8	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,9 y más	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3

TEMPERATURA ATMOSFERICA 22°,8

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	95-90	84-81	76-68	63-59	54-48	42-36
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	22,2-21,7	21-20,6	20-18,9	18,3-17,8	17,2-16,1	15,6-14,4
16 ó menos	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,1-16,2	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,3-16,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,5-16,6	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,7-16,8	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,9-17	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,1-17,2	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,3-17,4	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,5-17,6	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,7-17,8	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,9-18	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,1-18,2	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,3-18,4	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,5-18,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,7-18,8	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,9 y más	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3

TEMPERATURA ATMOSFERICA 23°,3

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	96,91	86-78	72-69	65-55	52-43	41-37
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	22,8-22,2	21,7-20,6	20-19,4	18,9-17,8	17,2-16,1	15,6-15
16 ó menos	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,1-16,2	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,3-16,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,5-16,6	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,7-16,8	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,9-17	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,1-17,2	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,3-17,4	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,5-17,6	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,7-17,8	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,9-18	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,1-18,2	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,3-18,4	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,5-18,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,7-18,8	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,9 y más	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3

TEMPERATURA ATMOSFERICA 23°,9

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)					
	94	91-87	82-78	74-65	64-61	58-53
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)					
Porcentaje	23,3	22,8-22,2	21,7-21	20,6-19,4	18,9-18,3	17,8-16,7
16 ó menos	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,1-16,2	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,3-16,4	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,5-16,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,7-16,8	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,9-17	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,1-17,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,3-17,4	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,5-17,6	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,7-17,8	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,9-18	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,1-18,2	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,3-18,4	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,5-18,6	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,7-18,8	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,9 y más	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9

TEMPERATURA ATMOSFERICA 24°,4

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	96	91-87	82-76	72-68	64-60	53-52	48
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	23,9	23,3-22,8	22,2-21	20,6-20	19,4-18,3	17,4-16,7	16,1
16 o menos	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,1-16,2	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,3-16,4	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,5-16,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,7-16,8	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,9-17	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,1-17,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,3-17,4	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,5-17,6	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,7-17,8	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,9-18	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,1-18,2	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,3-18,4	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,5-18,6	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,7-18,8	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,9 y más	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3

TEMPERATURA ATMOSFERICA 25°

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	95-91	86-83	78-72	67-65	62-57	53-51	49
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	24,1-23,9	23,3-22,8	22,2-21	20,6-20	19,4-18,3	17,8-17,2	16,7
16 ó menos	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40
16,1-16,2	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,3-16,4	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,5-16,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,7-16,8	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,9-17	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
17,1-17,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,3-17,4	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,5-17,6	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,7-17,8	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,9-18	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
18,1-18,2	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,3-18,4	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,5-18,6	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,7-18,8	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,9 y más	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3

TEMPERATURA ATMOSFERICA 25°,6

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	95	90-85	83-79	75-73	68-64	59-57	54-51
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	25	24,4-23,9	23,3-22,8	22,2-21,7	21-20	19,4-18,9	18,3-17,2
16 ó menos	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,1-16,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,3-16,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,5-16,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,7-17,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,9-17	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,1-17,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,3-17,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,5-17,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,7-17,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,9-18	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,1-18,2	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,3-18,4	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,5-18,6	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,7-18,8	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,9 y más	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9

TEMPERATURA ATMOSFERICA 26°,1

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	96	92-88	84-76	69-65	62-59	55-48	42-40
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	25,6	25-24,4	23,9-22,8	22,2-21,7	21-20,6	20-18,9	18,3-17,8
16 ó menos	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,1-16,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,3-16,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,5-16,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,7-16,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,9-17	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,1-17,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,3-17,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,5-17,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,7-17,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,9-18	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,1-18,2	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,3-18,4	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,5-18,6	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,7-18,8	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,9 y más	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9

TEMPERATURA ATMOSFERICA 26°,7

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	95-93	87-81	77-72	69,62	59,56	53-43	40
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	26,1-25,6	25-24,4	23,9-23,3	22,8-21,7	21-20,6	20-18,9	18,3
16 ó menos	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,1-16,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,3-16,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,5-16,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,7-16,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,9-17	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,1-17,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,3-17,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,5-17,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,7-17,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,9-18	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,1-18,2	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,3-18,4	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,5-18,6	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,7-18,8	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,9 y más	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9

TEMPERATURA ATMOSFERICA 27°,2

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	98-93	90-78	77-69	69-60	56-54	49,43	41
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	26,7-26,1	25,6-24,4	23,9-23,3	22,8-21,7	21-20,6	20-19,4	18,9
16 ó menos	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6
16,1-16,2	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,3-16,4	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,5-16,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,7-16,8	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,9-17	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
17,1-17,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,3-17,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,5-17,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,7-17,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,9-18	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
18,1-18,2	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,3-18,4	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,5-18,6	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,7-18,8	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,9 y más	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9

TEMPERATURA ATMOSFERICA 27°,8

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	95	93-91	83-79	74-67	63-60	56-52	49,43
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMERO (Cent.)						
Porcentaje	27,2	26,7-26,1	25,6-25	24,4-23,3	22,8-22,2	21,7-21	20,6-19,4
16 ó menos	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,1-16,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,3-16,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,5-16,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,7-16,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,9-17	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,1-17,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,3-17,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,5-17,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,7-17,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,9-18	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,1-18,2	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,3-18,4	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,5-18,6	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,7-18,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,9 y más	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4

TEMPERATURA ATMOSFERICA 28°,3

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	96-92	89-85	81-76	70-69	63-57	55-50	47-46
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	27,8-27,2	26,7-26,1	25,6-25	24,4-23,9	23,3-22,2	21,7-21	20,6-20
16 ó menos	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,1-16,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,3-16,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,5-16,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,7-16,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,9-17	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,1-17,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,3-17,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,5-17,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,7-17,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,9-18	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,1-18,2	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,3-18,4	51,1	50,6	50	49,4	18,9	48,3	47,8
18,5-18,6	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,7-18,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,9 y más	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4

TEMPERATURA ATMOSFERICA 28°,9

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	97-93	89-84	79-74	68-64	60-58	54-48	44
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	28,3-27,8	27,2-26,7	26,1-25	24,4-23,9	23,3-22,8	22,2-21	20,6
16 ó menos	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1
16,1-16,2	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,3-16,4	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,5-16,6	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,7-16,8	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,9-17	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
17,1-17,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,3-17,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,5-17,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,7-17,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,9-18	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
18,1-18,2	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,3-18,4	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,5-18,6	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,7-18,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,9 y más	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4

TEMPERATURA ATMOSFERICA 29°4

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	96	92-88	83-82	77-73	68-64	62-55	51-49
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	28,9	28,3-27,8	27,2-26,7	26,1-25,6	25-24,4	23,9-23,3	22,2-21,7
16 ó menos	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,1-16,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,3-16,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,5-16,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,7-16,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,9-17	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,1-17,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,3-17,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,5-17,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,7-17,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,9-18	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,1-18,2	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,3-18,4	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,5-18,6	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,7-18,8	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,9 y más	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50

TEMPERATURA ATMOSFERICA 30°

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	97-92	89-85	79-77	73-69	65-63	59-55	52-48
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	29,4-28,9	28,3-27,8	27,2-26,7	26,1-25,6	25-24,4	23,9-23,3	22,8-22,2
16 ó menos	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,1-16,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,3-16,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,5-16,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,7-16,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,9-17	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,1-17,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,3-17,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,5-17,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,7-17,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,9-18	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,1-18,2	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,3-18,4	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,5-18,6	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,7-18,8	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,9 y más	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50

TEMPERATURA ATMOSFERICA 30°,6

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)						
	95-91	88-80	76-73	69-65	62-58	55-50	49,48
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)						
Porcentaje	30-29,4	28,9-27,8	27,2-26,7	26,1-25,6	25-24,4	23,9-23,3	22,8-22,2
16 ó menos	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,1-16,2	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,3-16,4	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,5-16,6	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,7-16,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,9-17	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,1-17,2	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,3-17,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,5-17,6	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,7-17,8	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,9-18	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,1-18,2	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,3-18,4	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,5-18,6	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,7-18,8	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,9 y más	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50

TEMPERATURA ATMOSFERICA 31°,1

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	95	92-87	84,1-79	77,1-72	70-64	59-55	52-48	47
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	30,6	30-29,4	28,9-28	27,8-27,2	26,7-25,6	25-24,4	23,9-23,3	22,8
16 ó menos	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,1-16,2	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,3-16,4	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,5-16,6	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,7-16,8	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,9-17	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,1-17,2	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,3-17,4	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,5-17,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,7-17,8	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,9-18	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,1-18,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,3-18,4	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,5-18,6	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,7-18,8	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,9 y más	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50

TEMPERATURA ATMOSFERICA 31°,7

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	95-92	88-84	80-76	74-70	66-61	56-54	53-49	43
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	31,1-30,6	30-29,4	28,9-28,3	27,8-27,2	26,7-25,6	25-24,4	23,9-23,3	22,8
16 ó menos	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	41,7
16,1-16,2	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,3-16,4	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,5-16,6	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,7-16,8	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,9-17	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,1-17,2	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,3-17,4	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,5-17,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,7-17,8	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,9-18	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,1-18,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,3-18,4	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,5-18,6	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,7-18,8	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,9 y más	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50

TEMPERATURA ATMOSFERICA 32°,2

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	96	92-91	84	80-75	70-66	64-60	57-53	51-50
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	31,7	31,1-30,6	30	29,4-28,3	27,8-27,2	26,7-26,1	25,6-25	24,4-23,9
16 ó menos	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,1-16,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,3-16,4	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,5-16,6	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,7-16,8	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,9-17	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,1-17,2	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,3-17,4	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,5-17,6	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,7-17,8	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,9-18	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,1-18,2	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,3-18,4	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,5-18,6	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,7-18,8	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,9 y más	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6

TEMPERATURA ATMOSFERICA 32°,8

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)								
	97	94	84	76	71	62	58	53	51
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)								
Porcentaje	32,2	31,7	30,6	29,4	28,3	27,2	26,4	25,6	25
16 ó menos	41,6	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2	48,5
16,1-16,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,3-16,4	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,5-16,6	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,7-16,8	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,9-17	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
17,1-17,2	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,3-17,4	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,5-17,6	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,7-17,8	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,9-18	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
18,1-18,2	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,3-18,4	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,5-18,6	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,7-18,8	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,9 y más	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50

TEMPERATURA ATMOSFERICA 33°,3

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	98	85	81	73	67	61	54	50
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	32,8	31,1	30,6	29,4	28,3	27,2	26,1	25
16 ó menos	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8	42,2
16,1-16,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,3-16,4	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,5-16,6	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,7-16,8	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,9-17	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
17,1-17,2	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,3-17,4	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,5-17,6	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,7-17,8	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,9-18	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
18,1-18,2	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,3-18,4	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,5-18,6	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,7-18,8	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,9 y más	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6

TEMPERATURA ATMOSFERICA 33°,9

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	97	92	85	78	71	64	58	51
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	33,3	32,8	31,7	30,6	29,5	28,3	27,2	26,1
16 ó menos	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,1-16,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,3-16,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,5-16,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,7-16,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
16,9-17	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,1-17,2	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,3-17,4	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,5-17,6	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,7-17,8	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
17,9-18	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,1-18,2	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,3-18,4	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,5-18,6	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,7-18,8	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6
18,9 y más	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1

TEMPERATURA ATMOSFERICA 34°,4

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	98	91	83	75	67	62	55	51
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	33,9	32,8	31,7	30,6	29,4	28,3	27,2	26,1
16 ó menos	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3	42,8
16,1-16,2	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,3-16,4	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,5-16,6	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,7-16,8	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
16,9-17	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
17,1-17,2	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,3-17,4	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,5-17,6	51,1	50,6	50,	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,7-17,8	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
17,9-18	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
18,1-18,2	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,3-18,4	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,5-18,6	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,7-18,8	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6
18,9 y más								

TEMPERATURA ATMOSFERICA 35°

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	96	88	81	74	68	62	56	52
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	34,4	33,3	32,2	31,1	30	28,9	27,8	26,7
16 ó menos	47,2	46,7	46,1	45,6	45	4,4	43,9	43,3
16,1-16,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,3-16,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,5-16,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
16,7-16,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
16,9-17	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,1-17,2	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,3-17,4	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,5-17,6	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
17,7-17,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
17,9-18	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,1-18,2	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,3-18,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,5-18,6	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6
18,7-18,8	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1
18,9 y más	55,6	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7

TEMPERATURA ATMOSFERICA 35°,6

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	97	90	81	76	68	61	56	52
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	35	33,9	32,8	31,7	30,6	29,4	28,3	27,2
16 ó menos	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,3
16,1-16,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,3-16,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,5-16,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
16,7-16,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
16,9-17	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,1-17,2	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,3-17,4	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,5-17,6	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
17,7-17,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3
17,9-18	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,1-18,2	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,3-18,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,5-18,6	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6
18,7-18,8	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1
18,9 y más	55,6	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7

TEMPERATURA ATMOSFERICA 36°

Humedad contenida en el arroz	HUMEDAD DEL AIRE ATMOSFERICO (%)							
	98	90	84	78	69	63	56	53
	TEMPERATURA DEL TERMOMETRO HUMEDO (Cent.)							
Porcentaje	35,6	34,4	33,3	32,2	31,1	30	28,9	27,8
16 ó menos	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9	43,9
16,1-16,2	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4	43,9
16,3-16,4	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45	44,4
16,5-16,6	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6	45
16,7-16,8	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1	45,6
16,9-17	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7	46,1
17,1-17,2	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2	46,7
17,3-17,4	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8	47,2
17,5-17,6	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,3	47,8
17,7-17,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9	48,4
17,9-18	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4	48,9
18,1-18,2	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50	49,4
18,3-18,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6	50
18,5-18,6	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1	50,6
18,7-18,8	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7	51,1
18,9 y más	55,6	55	54,4	53,9	53,3	52,8	52,2	51,7

CAPITULO V

5. EQUIPO DE SECAMIENTO A BASE DE AIRE CALENTADO

5.1 El abanico para mover el aire.

Es esta una máquina ideada para producir corrientes artificiales de aire que penetren capas de grano de profundidad variable.

5.2 Lo que se requiere conocer de los abanicos

Varias cosas importa conocer respecto de los abanicos, siendo las mas importantes las que a continuación se presentan:

- Las presiones estáticas que pueden desarrollar para forzar el aire a través del grano.
- La entrega de aire que puedan dar contra presiones estáticas determinadas.
- La velocidad que necesitan para vencer las presiones estáticas presentadas por los granos.
- El consumo de energía (potencia) en las distintas condiciones de operación.

Las anteriores características se miden en unidades de distinto tipo que nos permiten representarlas en valores numéricos.

La presión estática se mide en pulgadas de agua.

La entrega de aire o volumen de aire se mide en pies cúbicos por minuto (PCM) o (CFM). La velocidad del abanico se mide en número de revoluciones por minuto (RPM).

El consumo de energía o potencia en caballos de fuerza (H.

Las casas fabricantes de abanicos, en su mayoría suministran catálogos técnicos en los que aparecen todos estos datos para los distintos tamaños y series de abanicos, con lo cual se facilita la elección del abanico que se necesita o permiten estudiar las características de un equipo que se quiere adquirir.

5.3 Tipos de abanicos.

Los abanicos para insuflar o succionar aire a través de una masa de grano se pueden dividir en dos tipos generales:

a) Abanicos de flujo axial en los cuales el aire se desplaza en dirección paralela al eje en que están montadas las hélices. Estos abanicos pueden tener sus aletas de diversas formas bien sea planas, curvas, discos, etc.

b) Abanicos de flujo radial o centrífugo. En este tipo de abanico el aire al entrar en su interior cilíndrico es atrapado entre sus palas, describe un movimiento helicoidal y sale finalmente a gran velocidad en plano tangente a las palas.

Los abanicos de flujo centrífugo se dividen en tres clases segun sea la posición de las palas que van montadas en la periferia del rotor: a) abanicos de palas curvadas hacia adelante los cuales son sobrecargables, es decir que cuando se acercan a la libre propulsión la potencia que requieren se maximiza con el riesgo de dañar el motor; b) abanicos de palas curvadas hacia atrás en sentido contrario al de rotación, los cuales no se sobre-cargan, requieren una potencia máxima cuando se acercan al 65% de libre propulsión, existe menos riesgo de que su motor se queme; c) abanicos de palas rectas que tienen características intermedias entre los dos anteriores.

En los esquemas que se presentan en las hojas siguientes se puede apreciar los diversos tipos de abanicos, como también las características de cada uno según las condiciones de operación.

Las casas productoras calibran mediante sistemas experimentales sus abanicos por medio de ductos o túneles de prueba provistos de equipo especial que mide las presiones desarrolladas en el interior del ducto y las relaciones de ésta con la descarga o entrega de aire del abanico y el consumo de energía para velocidades variables del mismo.

Con carácter meramente didáctico se presenta en la siguiente gráfica una serie de curvas comercialmente calibradas para un abanico axial cuando éste es sometido a diferentes velocidades. Como se puede deducir el conocimiento de este tipo de gráficas es de suma importancia ya que nos permite estudiar todas las características del abanico.

5.4 Leyes generales de operación de los abanicos.

Los abanicos siguen ciertas leyes generales de operación que resultan de gran utilidad para conocer los efectos que el cambio de velocidad puede traer sobre la descarga de aire, la presión estática y la demanda de energía.

Estas leyes podemos enunciarlas y expresarlas en la forma siguiente:

a) La descarga o entrega de aire varía directamente con la velocidad del abanico.

$$\frac{\text{Vol. de aire inicial}}{\text{Vol. de aire obtenido}} = \frac{\text{Velc. inicial}}{\text{Nueva velocidad}}$$

$$\frac{PCM_1}{PCM_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2}$$

b) La presión estática varía directamente con el cuadrado de la velocidad del abanico.

$$\frac{\text{Presión estática inicial}}{\text{Nueva presión estática}} = \left(\frac{\text{Velocidad inicial}}{\text{Nueva velocidad}}\right)^2$$

$$\frac{P.E_1}{P.E_2} = \left(\frac{RPM_1}{RPM_2}\right)^2$$

c) La potencia necesaria para acciónar el abanico varía con el cubo de la velocidad del abanico.

$$\frac{\text{Potencia inicial}}{\text{Potencia requerida}} = \frac{\text{Velocidad inicial}}{\text{Nueva velocidad}}$$

$$\frac{P\ H_1}{P\ H_2} = \left(\frac{RPM_1}{RPM_2}\right)^3$$

Para variar la velocidad de un abanico no siempre es necesario cambiar el abanico, basta con agrandar o disminuír el diámetro de su polea, por lo tanto, es necesario conocer también la relación que existe entre las velocidades de las poleas, para lo cual se puede decir que la velocidad de una polea con relación a otra varía en relación inversa con la longitud de sus diámetros.

$$\frac{\text{Diametro de A}}{\text{Diametro de B}} = \frac{\text{Velocidad de B}}{\text{Velocidad de A}}$$

5.5 Ejemplos aclaratorios.

Necesitamos hacer pasar por una masa de grano 15.000 pies cúbicos de aire por minuto, y la presión estática que se debe vencer es de 5" (pulgadas de agua). Se tiene un ventilador que nos está entregando 10.000 PCM a una presión estática de 3" (pulgadas de agua) y una velocidad de 600 RPM. El motor que tenemos es de 5 caballos de fuerza y girará a 1800 RPM con una polea de mando que tiene 4 pulgadas de diámetro. Se pide calcular las revoluciones del ventilador para producir los 15.000 PCM, el diámetro de la polea nueva del ventilador y la potencia del motor.

Desarrollo:

Aplicando la primera ley de los abanicos tenemos:

$$\frac{10.000 \quad PCM}{15.000 \quad PCM} = \frac{600 \quad RPM_1}{X \quad RPM_2}$$

$$X = \frac{15.000 \times 600}{10.000} = \underline{900} \text{ RPM}$$

Es decir que la velocidad del abanico para producir 15.000 pies cúbicos de aire por minuto tiene que ser de 900 RPM.

Ahora debemos saber si a esa velocidad el abanico es capaz de vencer una presión estática de 5 pulgadas de agua para lo cual aplicamos la segunda ley de los abanicos en la cual:

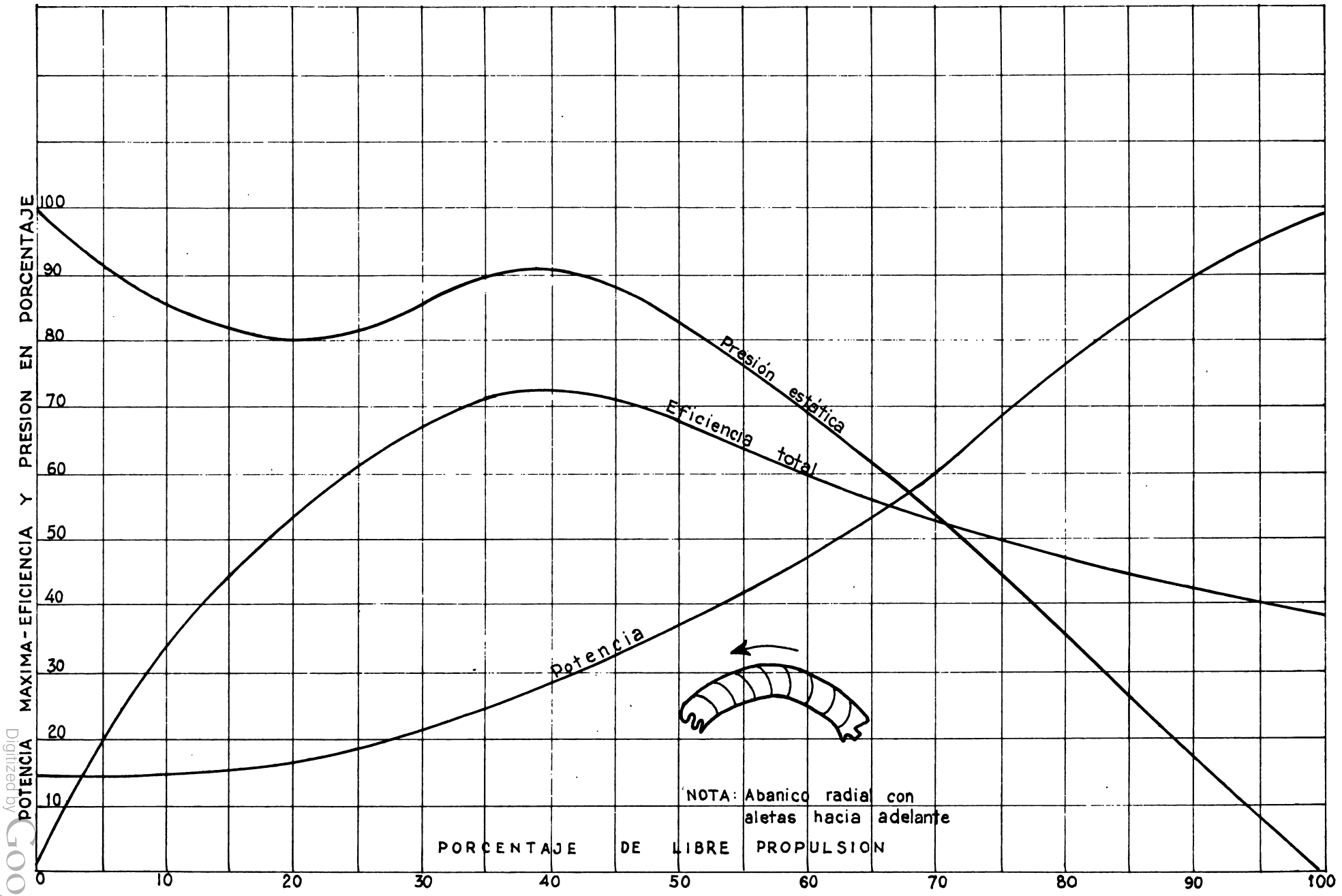
$$\frac{3" \quad PE_1}{X \quad PE_2} = \left(\frac{600 \quad RPM_1}{900 \quad RPM_2}\right)^2$$

$$X = 3'\left(\frac{900}{600}\right)^2 = \frac{3"}{0,4356} = 6,7"$$

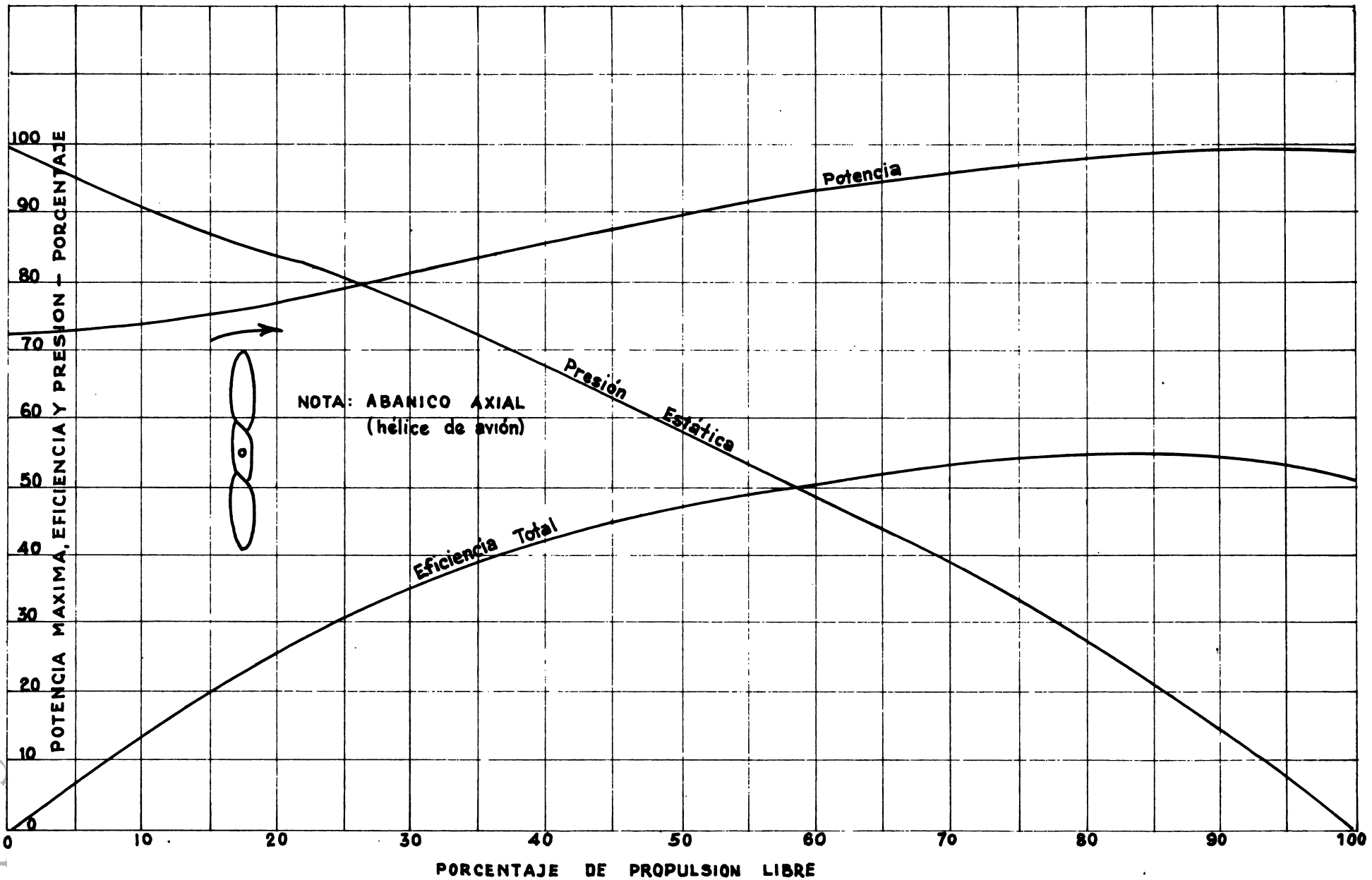
Es decir que el abanico a esa nueva velocidad sí nos proporciona la presión estática necesaria para hacer pasar los 15.000 PCM de aire a través del grano.

Como es lógico el hecho de que nuestro abanico, gire a una mayor velocidad y pueda vencer una mayor presión estática, ésto implica un mayor consumo de potencia, por lo cual debemos calcular las especificaciones de el nuevo motor para lo cual hacemos uso de la tercera ley de los abanicos:

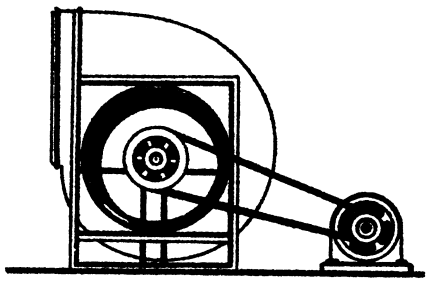
$$\frac{5 \quad HP_1}{X \quad HP_2} = \left(\frac{600 \quad RPM_1}{900 \quad RPM}\right)^3 \qquad X = 5\left(\frac{900}{600}\right)^3 = 16,8 \text{ HP}$$

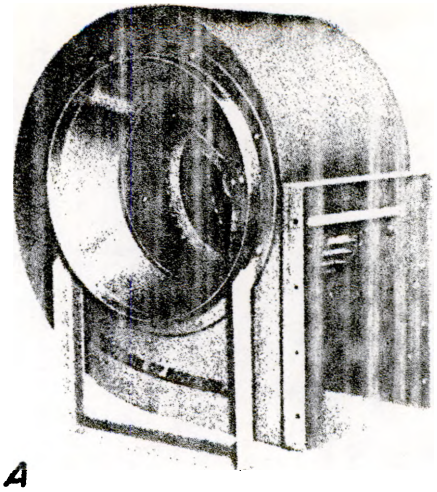


CARACTERISTICAS DEL ABANICO RADIAL

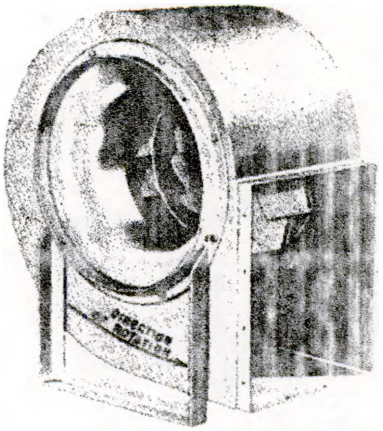


CARACTERISTICAS DEL ABANICO AXIAL

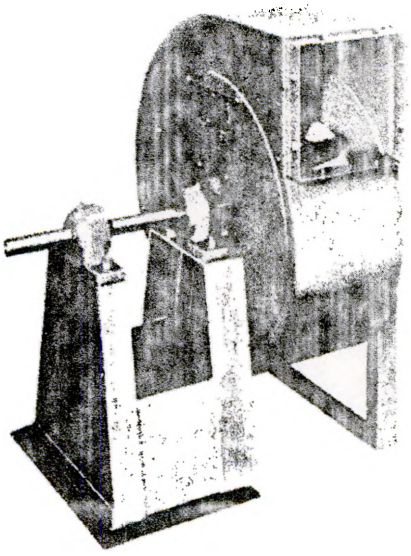




A



B



C

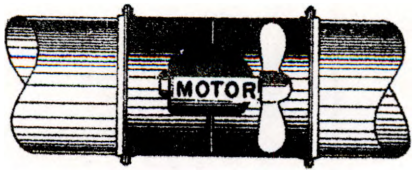
Figura 4.- Ventilador centrífugo, que consiste de un rotor de ventilación o rueda, con una caja de tipo caracol. El rotor del ventilador puede estar equipado con hojas de borde radial o con tres otros tipos.

A. Rotor de ventilador equipado con hojas de borde curvado hacia adelante.

B. Rotor de ventilador equipado con hojas de borde curvado hacia atrás.

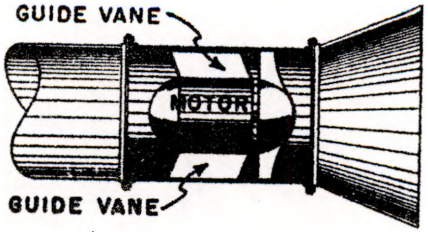
C. Rotor de ventilador equipado con hojas de borde recto.

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE NEG. BN-3882 AGRICULTURAL MARKETING SERVICE



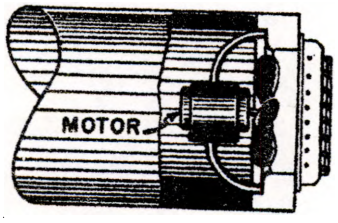
A. VENTILADOR DE TUBO AXIAL

Un ventilador de tubo axial consiste de un rotor de flujo axial, dentro de un cilindro, Está diseñado para impulsar aire sobre un cuadro amplio de volúmenes a presiones estáticas medias a bajas.



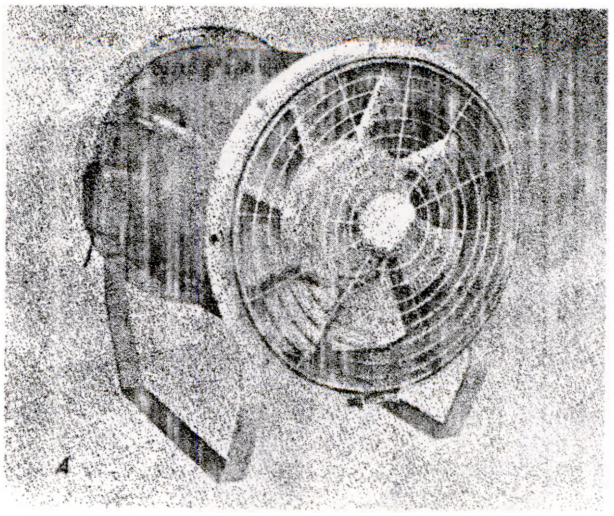
B. VENTILADOR DE PALETA AXIAL

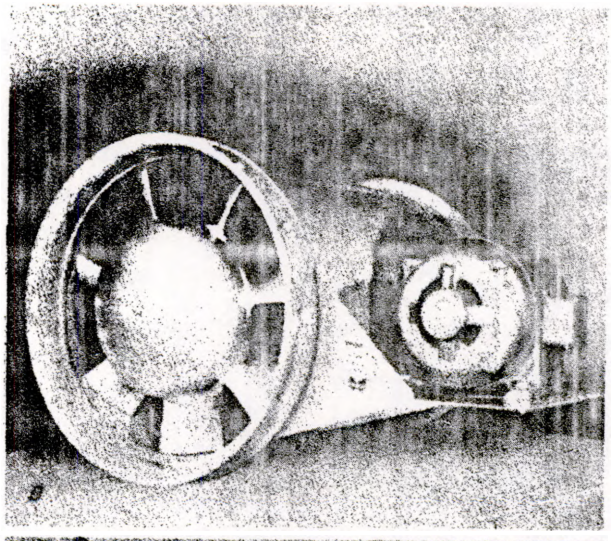
Un ventilador de paleta axial consiste de un rotor de flujo axial, dentro de un cilindro, en combinación con un juego de paletas de dirección del aire, colocado antes o después del rotor. Está diseñado para impulsar el aire sobre un cuadro muy amplio de volúmenes y presiones.

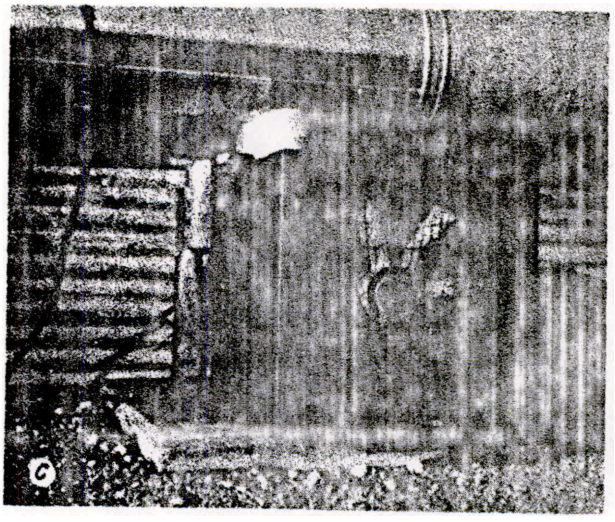


C. VENTILADOR PROPULSOR

Un ventilador propulsor consiste de un ventilador de flujo axial dentro de un anillo o placa de montaje. Está diseñado para propulsar el aire, en un cuadro amplio de volúmenes, a bajas presiones, estáticas.







U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

NEG. BN-3883 AGRICULTURAL MARKETING SERVICE

FIGURE 5.—Axial flow fans.

Como no existen motores comerciales con ese caballaje, debemos instalar uno de 20 HP que nos permita mover el abanico a esa velocidad, generar ese volumen de aire y vencer esa presión estática.

Las revoluciones del motor son 1800 por minuto y la polea del motor tiene 4" de diámetro; primeramente podemos calcular cuál es el diámetro de la polea del ventilador cuando éste giraba a 600 RPM para lo cual hacemos:

$$\frac{4''}{X} = \frac{600}{1800} \quad ; \quad X = \frac{4 \times 1800}{600} = 12''$$

Es decir que la polea que tiene el ventilador es de 12" de diámetro; ahora queremos saber cuál debe ser el diametro de esa polea para que el ventilador gire a 900 RPM, si la polea de mando del motor y las revoluciones del motor no cambian.

$$\frac{4''}{X} = \frac{900}{1800} \quad ; \quad X = \frac{(4) \quad (1800)}{900} = 8''$$

5.6 Resistencia del grano al flujo de aire.

Todo aquello que impida, obstaculice o haga difícil el paso del aire hace que la presión estática aumente, así tenemos que si una masa de grano es depositada sobre la vía por donde debe circular el aire, es apenas lógico que la presión estática se vea aumentada. La presión estática que un abanico debe desarrollar para forzar el paso del aire a través de esa masa de grano, depende de varios factores, siendo los principales los siguientes:

a) La clase de grano; la cual es diferente para cada grano. (en las siguientes hojas se encontrará gráficas ilustrativas a este respecto).

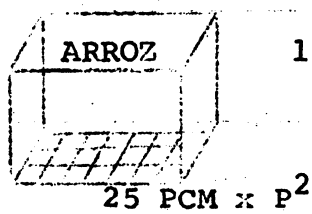
b) El espesor de la capa de grano, es decir el recorrido que el aire tiene que hacer para atrevesar la masa de grano. (ver gráficas adjuntas)

c) El régimen o cantidad de aire que se desea pasar por cada unidad de grano el cual está dado en la mayoría de los casos en PCM por bushel o en pies cúbicos de aire por minuto por pie cúbico de grano.

La velocidad que debe imprimírsele al aire para que circule por cada unidad de grano una cantidad determinada de aire, se debe entender, como la cantidad de aire que debe pasar por <u>unidad de superficie</u> (pie cuadrado), durante una unidad de tiempo (un minuto), para que se cumpla el regimen deseado.

Ejemplos:

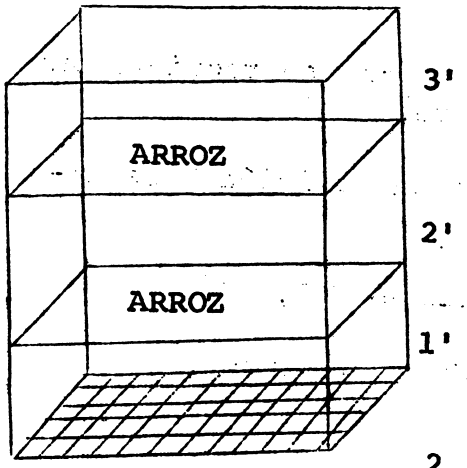
A) Tenemos como producto arroz y un espesor de la capa de grano de 1 pie, se desea saber cuál es la presión estática y la velocidad del aire si la cantidad de aire por unidad de grano, que se desea hacer pasar es de 25 PCM x P^3 de grano. Según el gráfico adjunto podemos encontrar que la resistencia al paso del aire es de 0.75" de agua, y la velocidad del aire es de 25 PCM por P^2 de superficie, lo cual nos daría para nuestro caso un régimen o cantidad de aire por pie cúbico de grano de 25 P^3 de aire, que es lo estipulado.



1' de grano $\frac{25}{1}$ = 25 PCM x P^3 de grano

B) Tenemos el mismo arroz del problema anterior pero lo queremos secar en capas de 3 pies de espesor; si el abanico de que se dispone solo es capaz de vencer una presión estática de 0.75" de agua, se desea saber cuál sería la nueva velocidad del aire por unidad de superficie y cuál sería la cantidad de aire por pie cúbico de grano.

Según el gráfico tenemos que para la presión de 0.75" de agua y una capa de 3 pies la velocidad del aire por unidad de superficie es solo de 13.50 PCM x Pie cuadrado; por consiguiente, la cantidad de aire por pie cúbico de grano también es inferior siendo para el caso de 4.5 PCM x P^3 de grano.



$$\frac{13.50}{3} = 4.5 \text{ PCM x } P^3 \text{ de grano}$$

13.50 PCM x P^2

c) Si el mismo arroz se fuera a secar en capas de 8 pies de profundidad y se deseara hacer pasar 3 pies cúbicos de aire por pie cúbico de grano cuál sería la resistencia al paso del aire y cuál la velocidad del aire por unidad de superficie?

Al remitirnos al gráfico encontramos que la presión estática del aire debería ser de 3.5" de agua y que la velocidad del aire por unidad de superficie debe ser de 24 PCM x P^2.

Problema:

Se desea secar arroz haciendo uso del abanico axial de 27" de diametro cuyas curvas de descarga se presentaron en páginas anteriores; el secador es estacionario para grano a granel y cuyo piso es de malla. Se pide determinar el área del piso del secador para alturas del grano de 1 pie, 3 pies y 8 pies, teniendo en cuenta que la presión máxima para este tipo de abanico es de 2" de agua. El motor con que está equipado el abanico es de 5 caballos de potencia y el abanico gira a 2.850 RPM (posición A). Se debe partir de la base que un buen régimen de aire por unidad de grano es de 24 PCM x P^3 de grano; es preciso anotar que estas condiciones solo se alcanzan en nuestro problema para capas de 1 pie de espesor; para los dos casos restantes se eligen presiones de 1.75" y 2" respectivamente, estando el nuevo régimen por consiguiente sujeto a estas limitaciones.

a) Altura de 1 pie

Para el régimen de 24 PCM x P^3 de grano se requiere una presión de 0.75" de agua en el aire.

A esta presión nuestro abanico en la posición A es capaz de entregarnos 14.200 PCM luego

$$\text{Area del piso} = \frac{14.200}{24} = 591,6\ P^2$$

$$592\ P^2 \times 1 \text{ pie de alto} = 592\ P^3 \text{ de grano}$$

$$\frac{592\ P^3}{35,31\ P^3} = 16,76\ m^3$$

Suponemos que el peso hectolítrico del arroz es de 53 kgr. luego 16,76 x 530 = 8.882.80 kilos de arroz es la capacidad del secador.

El tiempo de secamiento para esta operación se considera en 3 horas aproximadamente.

b) Para altura de 3 pies

Debido a que no nos es posible mantener ese régimen de aire por unidad de grano, debemos seleccionar aquel más apropiado, que para el caso es de 8 PCM x P^3 la cual nos dá una velocidad por unidad de superficie de 24 pies y una presión de 1.75" de agua; para estas condiciones nuestro abanico nos puede entregar 10.800 PCM, luego

$$\text{Area} = \frac{10.800}{24} = \underline{450\ P^2}$$

$$450 \times 3 \text{ pies de alto} = 1.350\ P^3$$

$$\frac{1.350\ P^3}{35.31\ P^3} = 38.33\ m^3$$

38.33 x 530 Kg. = 20.261 kilos de capacidad del secador

Como es apenas lógico el régimen del aire disminuyó de 24 pies cúbicos por minuto por P^3 de grano a 8 PCM x P^3 luego el tiempo de secamiento será mayor en esa misma proporción.

$\frac{24}{8} = 3$, es decir que se necesitan 9 horas para secar los 20.261 kilos.

Capa de 8 pies

Por razones similares a las expuestas en el caso anterior, el flujo de aire para 8 pies debe ser solo de 16 pies cúbicos por minuto por pie cuadrado de piso para una presión de 2" de agua que es lo máximo que nos ofrece nuestro ventilador, esto significa que cada pie cúbico de arroz va a recibir solamente

$$\frac{16}{8} = 2 \text{ pies cúbicos por minuto de aire}$$

Para estas condiciones nuestro abanico nos entrega 9.200 PCM

$$\text{Area} = \frac{9.200}{16} = \underline{575 \ P^2}$$

$$575 \times 8 = 4.600 \ P^3$$

$$\frac{4.600}{35.31} = 130 \ m^3$$

130 x 530 kilos = 68.900 kilos de capacidad

El tiempo que se requeriría para realizar el secamiento sería de $\frac{24}{2}$ = 12 veces mas que el del primer caso es decir 36 horas aproximadamente.

5.7 Velocidad del aire (pies cúbicos de aire por minuto por pie cuadrado de piso) y cantidad de aire que pasa por el grano (pies cúbicos de aire por minuto por cada pié cúbico de grano)

Arroz en cáscara

Presión estática en pulgadas de agua	Capa de arroz de 1 pie de espesor		Capa de arroz de 3 pies de espesor		Capa de arroz de 8 pies de espesor	
	PCM de aire por pie cuadrado de piso	PCM de aire por pie cúbico de arroz	PCM de aire por pie cuadrado de piso	PCM de aire por pie cuadrado de arroz	PCM de aire por pie cuadrado de piso	PCM de aire por pie cúbico de arroz
0,25	12,00	12,00	6,00	2,00		
0,75	25,00	25,00	13,50	4,50		
1,00	31,00	31,00	16,00	5,30	8,50	1,06
1,50	42,00	42,00	21,75	7,20	12,50	1,56
2,00	50,00	50,00	26,50	8,80	15,00	1,87
2,50	60,00	60,00	30,10	10,00	18,50	2,31
3,00	67,50	67,50	35,00	11,60	21,00	2,62
3,50	76,00	76,00	40,00	13,30	24,00	3,00
4,00	80,00	80,00	43,00	14,30	25,75	3,21

Maíz desgranado

Presión estática en pulgadas de agua	Capa de maíz de 1 pie de espesor		Capa de maíz de 3 pies de espesor		Capa de maíz de 8 pies de espesor	
	PCM de aire por pie cuadrado de piso	PCM de aire por pie cuadrado de maíz	PCM de aire por pie cuadrado de piso	PCM de aire por pie cuadrado de maíz	PCM de aire por pie cuadrado de piso	PCM de aire por pie cuadrado de maíz
0,25	24,50	24,50	12,50	4,16	6,00	0,75
0,75	45,00	45,00	24,00	8,00	12,50	1,56
1,00	55,00	55,00	28,00	9,33	15,00	1,87
1,50	90,00	90,00	36,50	12,16	19,00	2,37
2,00			44,00	14,66	23,50	2,93
2,50			50,00	16,66	27,00	3,37
3,00			55,50	18,50	30,00	3,75
3,50			62,50	20,83	34,50	4,31
4,00			67,00	22,33	37,00	4,62

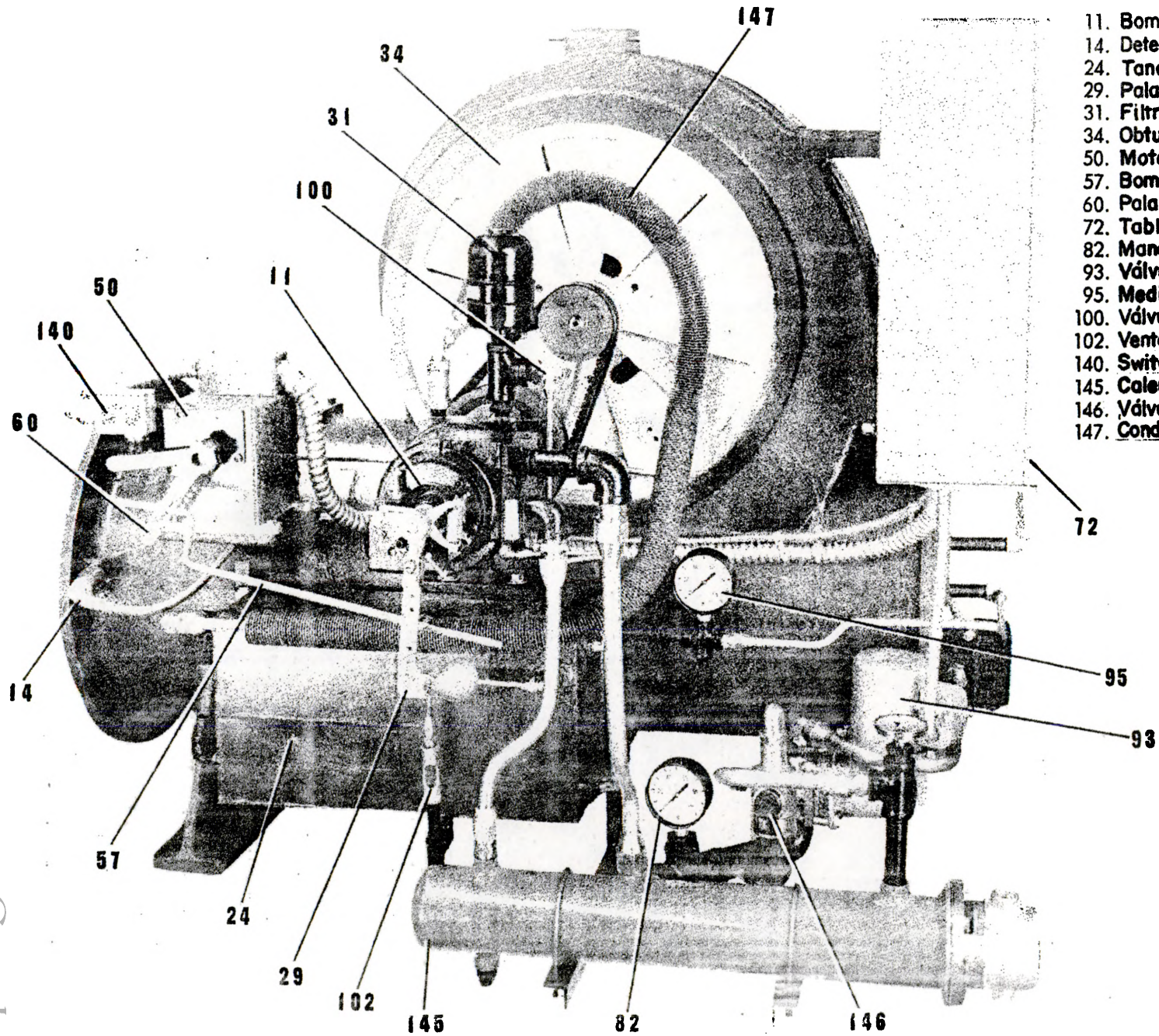
6. El Generador de aire caliente

El calor que el aire necesita para aumentar su temperatura y así poder reducir el contenido de humedad relativa del aire que va a entrar en contacto con el grano, para que éste a su vez tenga poder desecante, debe ser suministrado por alguna fuente.

Existen diversos tipos de generadores de aire caliente según sea el tipo de combustible que se utilice para producir el calor, siendo los principales los de aceite (ACPM), Full Oil; gas propano gas butano; carbón, cascarilla de arroz, leña y algunos eléctricos. El calor que el generador produce puede transmitirse al aire en forma directa o indirecta.

En forma directa el aire primario se mezcla con los productos de la combustión y con aire secundario el cual aumenta su temperatura para luego ser movido por el abanico y entrar en contacto con el grano.

En forma indirecta el aire primario y los productos de la combustión que salen del quemador se hacen pasar por un intercambiador metálico para luego salir al exterior sin mezclarse con el aire desecante. Este al entrar en contacto con las paredes del intercambiador se calienta y pasa luego por el grano sin mezclarse con los productos de la combustión.



11. Bomba de aire-combustible
14. Detector de llama
24. Tanque de aire-aceite
29. Palanca reguladora
31. Filtro de aire
34. Obturador de aire
50. Motor modulador
57. Bomba medidora y varilla ajustable
60. Palanca reguladora
72. Tablero de control
82. Manómetro de presión del combustible
93. Válvula de combustible (Solenoide)
95. Medidor de presión de aire primario
100. Válvula de ajuste de aire comprimido
102. Ventanilla de observación de nivel de aceite
140. Switch de encendido en frío
145. Calentador auxiliar eléctrico
146. Válvula auxiliar (opcional)
147. Conducto de aceite de lubricación

IP-398

Explicación del diagrama de combustible del flujo en una unidad generadora de calor para secadora "Aeroglide".

Mediante la acción de la bomba "E" el combustible es enviado desde el tanque de abastecimiento hasta el mecanismo medidor de aire y combustible "I", una vez se le haya dado paso a éste por medio de las llaves de paso "A" "F" y "G", instaladas convenientemente en el circuito.

Las válvulas de cheque "B" y "D" impiden que el combustible se regrese al tanque y el manómetro "C" permite conocer la presión a la que está actuando la bomba. El calentador de combustible "X" es opcional y se omite cuando se trabaja con A.C.P.M. (aceites delgados). Antes de llegar al regulador se encuentra otro cheque "H".

El regulador o medidor de aire y combustible envía las cantidades necesarias a la tobera del quemador mediante la acción del Programador el que a su vez recibe los impulsos que le envía el Termostáto, los transforma en movimientos mecánicos por medio de dos (2) varillas o palancas conectadas al regulador, las que actúan como válvulas automáticas para dar paso al aire y combustible necesarios para producir la mezcla en la tobera del mezclador.

El aire requerido se toma del ambiente, pasa a través del depurador "J" y la válvula de cheque "Y" y el medidor lo envía por medio de la llave reguladora "K" al tanque de aire y aceite "M" localizado debajo del regulador, el cual contiene la cantidad necesaria de aceite para la lubricación del sistema, aceite que al ser comprimido dentro del tanque por la capa superior del aire, circula hacia el regulador (línea con rayas inclinadas) y retorna por el otro extremo al mismo depósito.

El aire primario que envía el regulador a través de este tanque "M" sale directamente hacia la tobera y su presión puede observarse en el manómetro "N", instalado a la salida del tanque. Por la ventanilla de observación "O" se puede apreciar el nivel de aceite lubricante.

El combustible ya regulado o medido pasa a través del calentador auxiliar "P", cuya temperatura la registra el termómetro "O", llega a la llave de tres vías "R" para finalmente entrar por el precalentador "S" a la tobera o boquilla en donde se produce la atomización de la mezcla la cual es inflamada por un arco voltaico que producen los electrodos "W". El combustible sobrante vá del medidor al tanque de abastecimiento pasando por la llave de retorno "U" y el manómetro "L". La llave de tres vías "R" tiene instalado un microsuiche magnético el cual acciona una válvula que permite que el combustible pase al quemador cuando éste esté funcionando, o retorne al tanque de abastecimiento por la misma línea que llega a la llave de retorno "U", cuando el quemador no está encendido.

6.1 Partes principales que componen un generador de aire caliente para calentamiento directo

En términos generales se puede enumerar las principales partes de la unidad generadora en los siguientes términos:

a) Un abanico pequeño que proporciona el aire primario que se va a mezclar con el combustible nebulizado por el atomizador.

b) Una bomba de combustible que empuje el combustible al atomizador.

c) Un dispositivo para atomizar el combustible.

d) Una cámara de combustión, generalmente revestida de material refractario.

e) Una cámara de mezcla para revolver el aire a alta temperatura que sale de la cámara de combustión con aire ambiente para obtener aire desecante a la temperatura deseada.

f) Controles para prevenir fallas en la combustión y en el funcionamiento del generador.

El gráfico que se adjunta en la página siguiente permite al alumno formarse una mejor idea de las distintas partes de estas unidades.

6.2 El consumo de calor

Unidades de calor

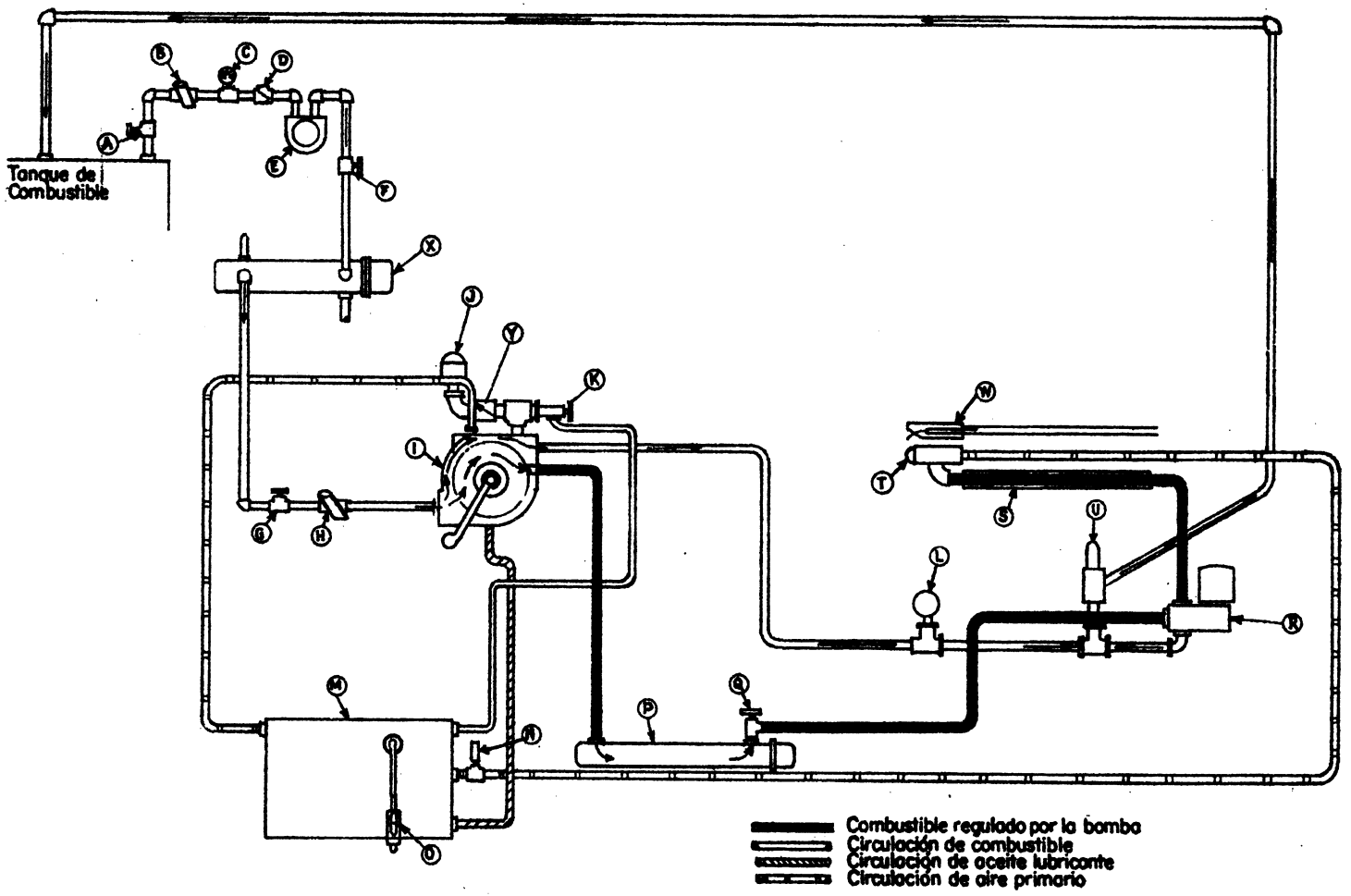
En el sistema decimal, la unidad térmica se denomina gran caloría o kilo caloría y se define como la cantidad de calor que ha de recibir o desprender 1 kilogramo de agua para que su temperatura aumente o descienda en un grado centígrado.

En el sistema inglés la unidad térmica es el BTU (British termal unit) y se describe como la cantidad de calor que ha de recibir o desprender 1 libra de agua para que su temperatura aumente o descienda 1 grado (fahrenheit).

Calor específico del aire

En el sistema decimal es la cantidad de kilo calorías que

DIAGRAMA DE FLUJO DE AIRE Y ACEITE EN UNA UNIDAD GENERADORA DE CALOR



A LLAVE PRINCIPAL DE PASO DE COMBUSTIBLE
B FILTRO PARA EL COMBUSTIBLE
C MANOMETRO DE PRESION AL VACIO
D VALVULA DE CHEQUE
E BOMBA CIRCULAR ABASTECEDORA DE COMBUSTIBLE
F LLAVE DE PASO
G LLAVE DE PASO
H FILTRO DE COMBUSTIBLE
I REGULADOR CIRCULAR DE AIRE Y COMBUSTIBLE
J FILTRO DE LA BOMBA DE AIRE
K REGULADOR DE PRESION PARA EL AIRE PRIMARIO
L MANOMETRO DE PRESION DEL COMBUSTIBLE
M TANQUE DE ACEITE Y AIRE
N MANOMETRO DE PRESION PARA LA SALIDA DE AIRE PRIMARIO
O VENTANILLA DE OBSERVACION NIVEL DEL ACEITE
P CALENTADOR AUXILIAR PARA COMBUSTIBLE
Q INDICADOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE
R VALVULA DE TRES VIAS
S CUBIERTA DEL PRECALENTADOR
T BOQUILLA
U VALVULA PARA EL RETORNO DEL COMBUSTIBLE
W PILOTO DE GAS O ELECTRODOS
X CALENTADOR DE COMBUSTIBLE
Y VALVULA DE CHEQUE

necesita un kilogramo de aire para aumentar en 1 grado centígrado su temperatura. Su valor es igual a 0,241 kilo-calorías por kilogramo de aire. En el sistema inglés es la cantidad de BTU que se necesita 1 libra de aire para aumentar en 1 grado fahrenheit su temperatura. Su valor es igual a 0,241 BTU por libra de aire.

Para determinar el calor suministrado al aire existen diversas formas siendo unas más empíricas que otras pero que para efecto de cálculos son de gran validez.

a) $Q = V \times AT \times 1.08$

en donde: Q = cantidad de calor por hora

V = Volumen de aire necesario para transportar Q en PCM

AT= Incremento de temperatura con relación al ambiente que se necesite en grados fahrenheit.

1.08= Factor de conversión de unidades

Ejemplo: Averiguar el calor total por hora de una secadora cuyo ventilador genera 42.000 PCM a una temperatura de secamiento de 110°F

Temperatura ambiente 55°F 110°F - 55°F = 55°F
$Q = 42.000 \times (55)(1.08) = 2'494.800$ BTU/hora

Como lo que interesa en últimas es conocer el consumo de combustible de la secadora, existe para ello la cantidad de kilo-calorías o BTU que generan por galón así:

ACPM = 135.000 BTU por galón
Full Oil = 145.000 BTU por galón
Propano (gas) 92.000 BTU por galón
Butano = 102.000 BTU por galón

Es conveniente recordar que 1 kilo-calorías es igual a 3,96 BTU .

Para el problema anterior solo necesitamos dividir:

$$\frac{2'494.800}{135.000} = 18,48 \text{ gal/hora}$$

Otra forma más completa de conocer el consumo de combustible de una unidad generadora de calor es mediante la siguiente formula:

$C = M (t_2 - t_1) c$
C = calor suministrado al aire
M = peso del aire
t_1= temperatura ambiente
t_2= temperatura de secamiento
c = calor específico del aire

Si aplicamos esta fórmula para el mismo ejemplo anterior, tenemos lo siguiente: para lo cual es necesario recurrir a la carta psicrométrica siendo preciso conocer primero las condiciones del aire ambiente el cual tiene un HR de 70%.

Cálculo de M

Según la carta psicrométrica el aire a 55°F y 70% de HR el contenido de HA es de 0.0065 libras/libra de aire; al calentar el aire a 110°F encontramos que su volumen específico es de 14.5 P^3 por libra.

Peso del aire que el abanico entrega por hora

$$\frac{42.000 \times 60}{14.5} = 173.793 \text{ libras}$$

$$C = 173.793 \times (55) \times (0.241) = 2'303.626 \text{ BTU por hora}$$

Si un galón de ACPM genera 135.000 BTU tenemos:

$$\frac{2'303.626 \text{ BTU}}{135.000 \text{ BTU}} = 17,08 \text{ galones hora}$$

Como se puede apreciar en los cálculos con una y otra formula los resultados son muy parecidos.

Para trabajar en el sistema métrico decimal, se deben hacer las conversiones del caso de grados fahrenheit a centígrados y de libras a kilos.

6.3 Limitaciones en la cantidad de aire que pasa por el grano versus eficiencia en la utilización de l calor.

La máxima cantidad de aire que puede usarse para obtener eficiencias satisfactorias en el aprovechamiento del calor que lleva el aire desecante que pasa por el grano, depende de la temperatura de dicho aire, de la clase de grano y de la humedad del mismo. Es apenas lógico comprender que a medida que el contenido de humedad de los granos es alto será más fácil eliminarla, e inversamente cuando ésta disminuye los granos la retienen y son difíciles de secar. No todos los granos soportan en igual forma las temperaturas de secamiento, por lo cual para cada grano existe una temperatura apropiada para el aire de secamiento que permite que la calidad del grano no sea alterada. Existen algunos valores máximos de la cantidad de aire que debe pasar por unidad de tiempo y por cantidad de grano para obtener buenas eficiencias térmicas.

En el siguiente cuadro se puede apreciar las cantidades de aire en PCM por bushel de grano, que debe pasar por diversos contenidos de humedad en el grano y a diferentes temperaturas de secamiento, en secadoras de flujo contínuo, en las cuales el aire circula por el grano solamente una vez.

PCM por bushel de grano

Temperatura del Aire Desecante		MAIZ		ARROZ CASCARA	
		HUMEDAD FUNCIONAL			
°F.	°C.	24%	18%	24%	18%
149	65	45	30	65	40
131	55	35	20	50	30
113	45	25	15	35	20
95	35	20	10	25	10

Como puede apreciarse a un menor contenido de humedad del grano, la cantidad de aire que se debe hacer pasar debe ser menor para obtener una buena eficiencia térmica, ya que es más difícil extraer el agua del grano.

Existen algunos índices que nos permiten evaluar si un secamiento es eficiente desde el punto de vista de la utilización del calor obtenible del aire, y se dice que cuando éste es superior al 60% es eficiente, o que cuando 1 galón de ACPM elimina más de 7 galones de agua el proceso también es eficiente. Existen también algunas gráficas que nos permiten apreciar que a medida que el grano seca, la eficiencia disminuye considerablemente en razón de que el agua en el grano ya no puede extraerse con la misma facilidad. En el gráfico siguiente se puede apreciar la cantidad de calor (expresada en BTU) requerida para evaporar una libra de agua en soya o maíz a diferentes contenidos de humedad.

6.3.1 <u>Cálculo para determinar el calor suministrado al aire en terminos de kilocalorías y consumo de combustible en galones</u>. Tomemos como base el mismo ejemplo anterior, en el cual se desea saber el calor suministrado al aire de un secador cuyo ventilador genera 42.000 PCM; si sabemos que la temperatura del medio ambiente es de 25°F y la humedad relativa del 70%, la temperatura de secamiento es de 110°F.

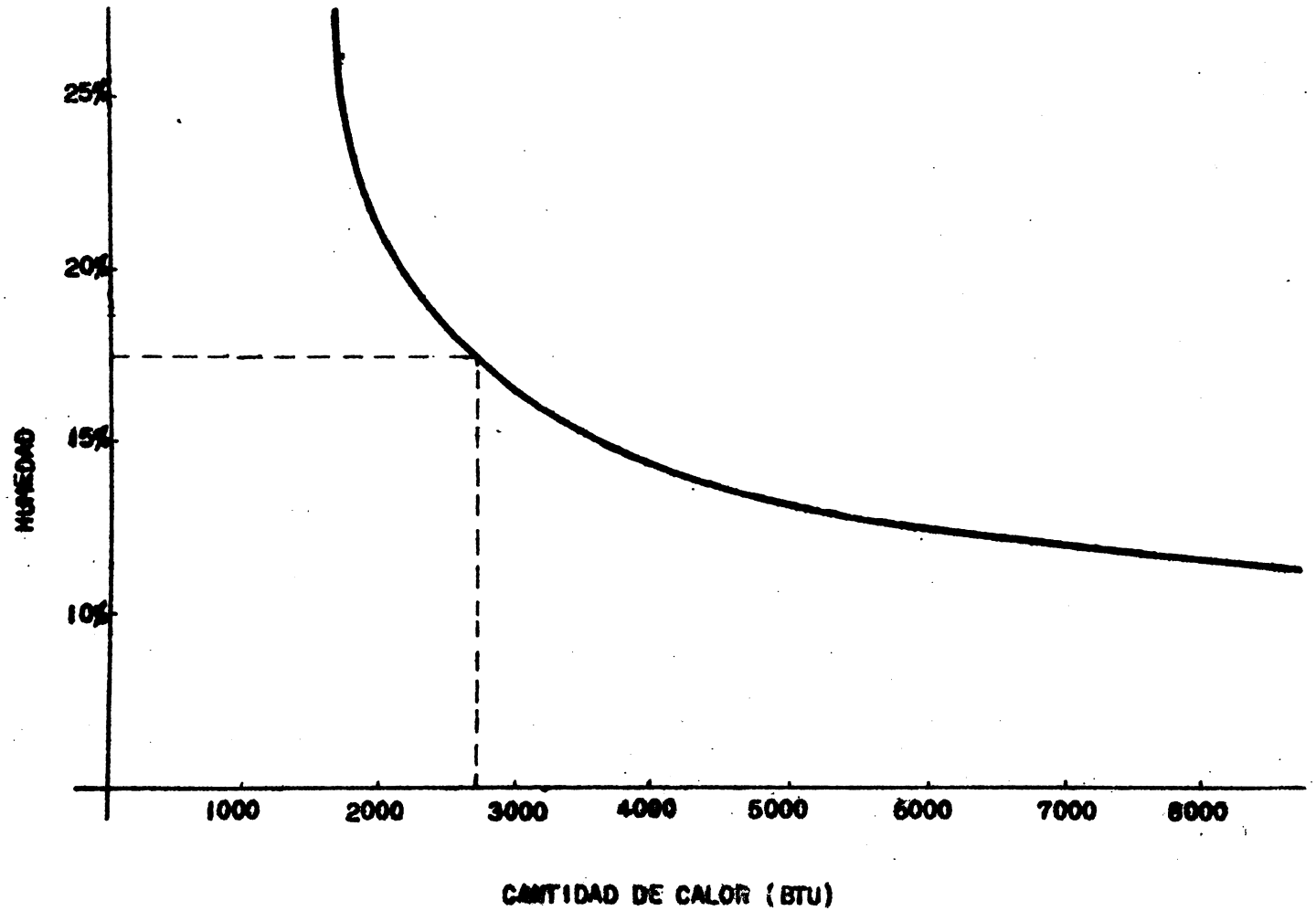
Primeramente, debemos convertir los pies cúbicos por minuto a metros cúbicos por hora y los grados fahrenheit a grados centígrados.

$$\frac{42.000 \times 60}{35.31} = 71.340 \text{ metros cúbicos por hora}$$

Temperatura ambiente = 55°F = 12.7°C, si sabemos que la humedad relativa es del 70% nos remitimos a la carta psicrométrica y localizamos nuestras condiciones del aire ambiente el cual tiene una humedad absoluta de 6 gramos de humedad por kilo de aire; calentamos ese aire a 110°F es decir, 43.3°C y hallamos el volumen específico del aire que es de 0.904m³/kg Con estos datos podemos calcular el peso del aire puesto que,

1 kg	0.904 m³	$X = \frac{71.340}{0.904} = 78.916$ kilos de aire por hora
X	71.340 m	

CANTIDAD DE CALOR REQUERIDA PARA EVAPORAR UNA LIBRA DE AGUA (HUMEDAD) DE SOYA O MAIZ A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD



EJEMPLO :

PARA SECAR DEL 20% — 15% SE GASTAN 2700 BTU/LBS. (VALOR PARA 17.5%)

DENOMINACION: CALOR NECESARIO PARA SECAR UNA LIBRA DE HUMEDAD	FECHA	ESCALA	MATERIAL	CANTIDAD	DIBUJO No.
				1	

$C = M (T_2 - T_1) c$
C/hora = 78.916 (43.3 - 12.7) 0,241
C/hora = 580.544,47 kilocalorías por hora

Se debe tener presente que un galón de ACPM genera 34.000 kilocalorías, luego el consumo por hora sería igual a:

$$\frac{580.544,47}{34.000} = 17.36 \text{ galones hora}$$

7. <u>El recipiente para el grano</u>

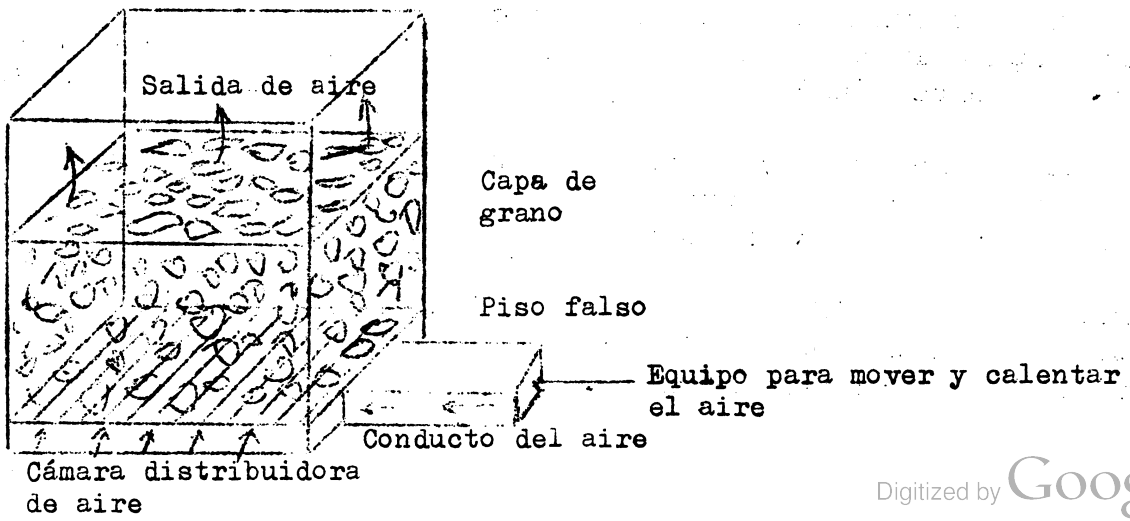
Los recipientes para los granos que se van a secar pueden ser de diversas formas, pero en general se pueden clasificar en dos grupos a saber:

a) Recipientes para secamiento estacionario
b) Recipientes para secamiento en flujo

Los recipientes para secamiento estacionario, comprenden dos modalidades diferentes, y hacen relación a la forma como se deposita el grano para ser secado; así tenemos secamiento estacionario a granel y secamiento estacionario en sacos o bultos. El secamiento estacionario tal como su nombre lo indica, el producto está quieto recibiendo la corriente de aire desecante siempre en el mismo sentido y por consiguiente por la misma cara del grano.

Los recipientes para secamiento estacionario a granel a su vez pueden ser de características diferentes, principalmente en lo que hace relación a la profundidad o espesor de la caja de grano que debe atravesar el aire.

Uno de los modelos más comunes de recipientes para secamiento a granel es el tipo de silo circular o rectangular con piso de malla y paredes de metal o mampostería, con una cámara para distribución del aire debajo del piso tal como puede verse en el esquema siguiente:



Este tipo de recipiente se utiliza para capas de grano de profundidad variable, según sea el equipo de que se disponga.

Básicamente el proceso requiere los siguientes equipos:

a) Un tanque de mampostería o silo de metal con el fondo perforado en el cual se almacena el grano después de haber recibido una limpieza preliminar o prelimpieza.

b) Un equipo para mover determinada cantidad de aire y calentarlo a determinada temperatura.

c) Una cámara y conducto de aire por la cual se inyecta el aire natural o el aire calentado a través del fondo perforado del recipiente.

Para aplicar este sistema de secamiento, existen tres métodos los cuales presentan sus ventajas y desventajas:

Primer método: Es el método denominado de una sola capa a gran altura , consiste en llenar el silo hasta una altura considerable con grano que contenga alto contenido de humedad y secarlo en su totalidad. Tiene como ventajas el de requerir menos atención, menos manipuleo y cuando la H.R. es baja, llega a resultar económico.

Entre las desventajas se le pueden anotar el que los equipos no suelen tener la suficiente capacidad para contrarrestar la presión estática que presenta la columna de grano, siendo imposible suministrar el mínimo volumen de aire por unidad de volumen de grano. Lo anterior, ocasiona que el tiempo de secamiento sea demasiado largo corriéndose el riesgo de que las capas superiores de la columna de grano se dañen, bien sea por ataque de hongos o porque se "ardan".

Segundo método: Es el método denominado de múltiples capas o cargas. Consiste en llenar el silo hasta poca altura con grano húmedo, cuando la parte superior de esta primera capa esté casi seca, se le añade otra capa e ir secando sucesivamente hasta llegar a determinada altura. En este método cada capa no debe ser superior a 405 pies.

Tiene entre otras ventajas las siguientes: Se pueden utilizar los silos hasta una mayor altura; se puede secar rapidamente las primeras capas debido al mayor suministro de aire.

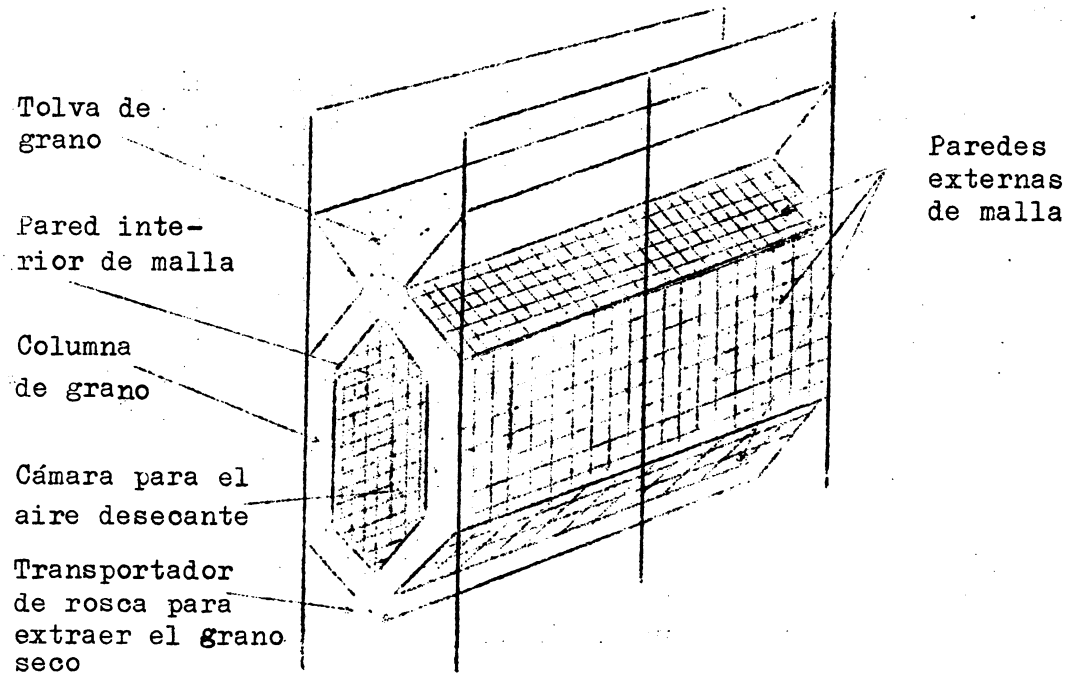
Desventajas: A medida que se van añadiendo capas el sistema se va haciendo más lento debido al menor volumen de aire que va recibiendo la unidad de volumen de grano.

Tercer método: Es el denominado de una sola capa o carga a poca altura, con alta humedad y secarlo hasta su totalidad. Cuando el grano está seco se desocupa el silo, y se deposita el grano a otro silo o se ensaca; las capas en este método no deben ser superiores a 4 pies.

Ventajas: El proceso de secamiento es mas rápido, no se corren riesgos de que el grano sea atacado por mohos o que se arda.

Desventajas: No se utiliza la capacidad del silo durante el secamiento, requiere mucha manipulación y equipo especial para vaciar el silo rápidamente.

Otro tipo de secadores estacionarios a granel son aquellos cuya columna de grano es delgada y que generalmente son equípos portátiles como por ejemplo la secadora New Holand, secadoras con dirección reversible del aire etc; en el siguiente grafico se presenta un esquema general de este tipo de secadoras.



Secadores estacionarios para grano ensacado.

Cuando se quiere conservar la identidad de los lotes de granos, se utiliza el secamiento en sacos. El recipiente en este caso adopta la forma de un caballete o de un tunel, con huecos de tamaño adecuado para la colaboración de los sacos de acuerdo a los esquemas que se presentan en el siguiente gráfico.

Para secar en sacos, se debe preferir sacos permeables es decir, que su tejido no sea tan fuerte que ofrezca gran resistencia al paso del aire. No es conveniente que los sacos estén muy llenos y apisonados puesto que esto dificulta el paso del aire a través del grano además se debe tener en cuenta que en lo posible todos los bultos o sacos tengan el mismo grasor, prefiriendose profundidades o grasores que no pasen de 20 a 23 cms. Cuando la mercancía viene muy sucia la eficiencia se ve disminuida, ya que las impurezas obstaculizan el paso del aire a través del producto, además gran parte del aire desecante arrastra humedad de las impurezas y no del grano; en algunos casos es aconsejable hacer una prelimpieza del grano antes de secarlo. En este tipo de secadores la temperatura del aire no debe ser superior a 37,5°C. Temperaturas que por encima de ésta puede tener como consecuencia un sobre secado de la capa inferior y correr con el riesgo de que el saco de yute o fique se queme.

Otro sistema de secar granos ensacados lo constituye la formación de un tunel a partir de los propios sacos llenos de grano. La principal ventaja de este sistema es de que una vez terminado el secamiento el espacio queda libre y totalmente habilitado para almacenar mercancía.

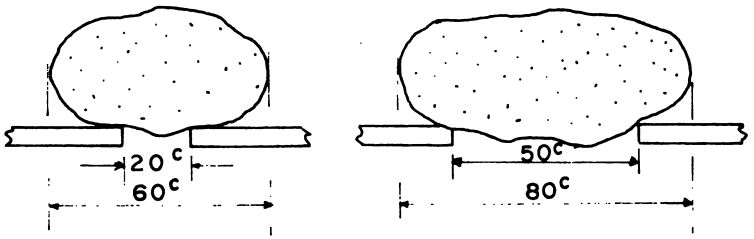
En la construcción de este tipo de tunel se requiere cierta destreza para evitar escapes y que el tunel se le caiga. Es importante para hacer el tunel que los sacos no estén demasiado llenos y que estén perfectamente cerrados.

La disposición de los sacos para hacer el tunel puede ser de diferentes maneras, según las características del equipo de que se disponga. Una de las formas es colocando los sacos de tal forma que su eje longitudinal forme ángulo recto con el del tunel, el grosor de la capa a desecar resulta aquí tres veces mas gruesa, lo que se deduce que la presión del aire habrá de ser mayor.

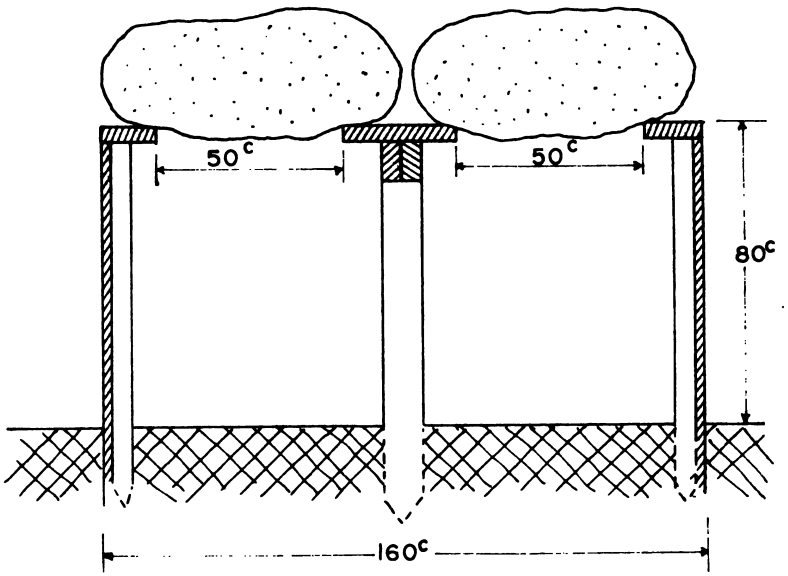
También la disposición de los sacos puede ser de tal forma que el eje longitudinal de los sacos esté paralelo al del tunel pundiendo ser las paredes del tunel de una o dos hileras, lo importante es que por todos los lados del tunel el grosor sea el mismo.

7.1 Recipientes para secamiento en flujo

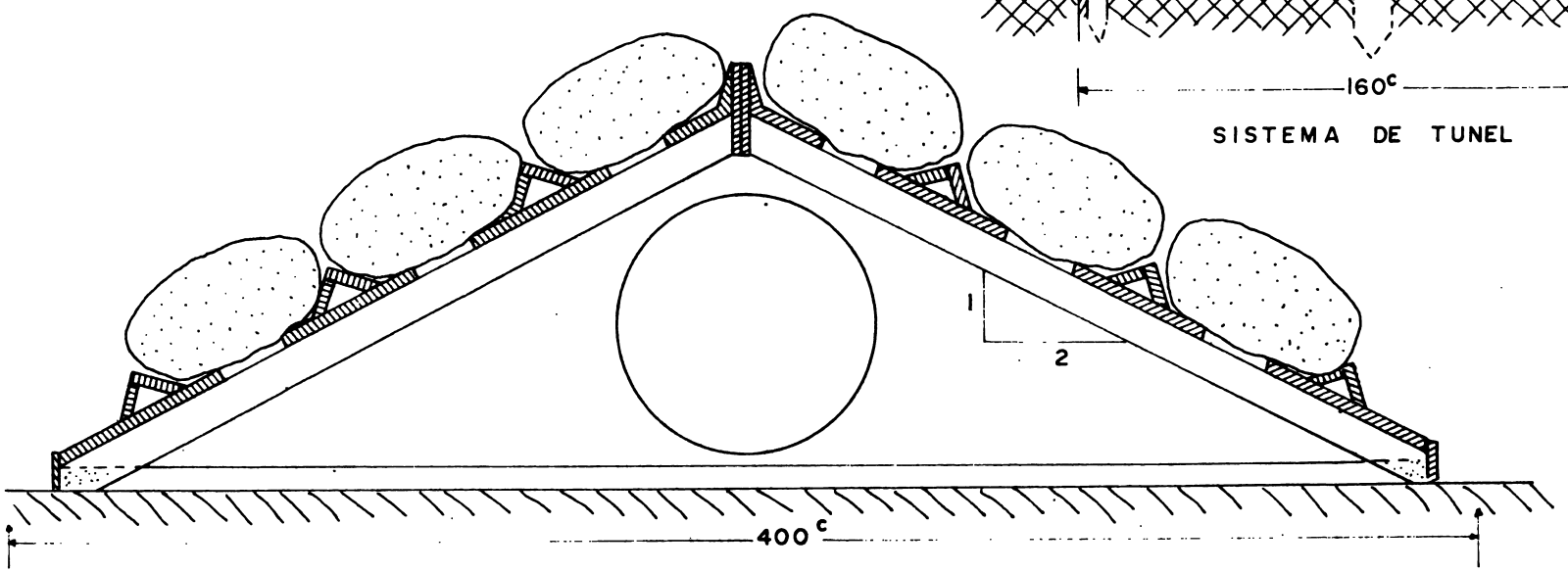
Los recipientes de este tipo reciben en forma contínua grano húmedo, y entregan permanentemente grano seco. El grano en el interior del recipiente se desplaza y cambia contínuamente de posición, presentando así alternativamente a la acción del aire desecante diversas partes de su superficie.



DIMENSIONES DE LOS SACOS APROXIMADA



SISTEMA DE TUNEL



SISTEMA DE MARCOS EN - A -

SISTEMA DE SECAMIENTO EN SACOS

guf
IV-1-1.970

Dentro de los secadores de flujo se pueden distinguir dos tipos de recipientes; a) los recipientes de columna delgada y b) los recipientes compactos de ductos intercalados.

Recipientes de columna delgada

Se componen en esencia de dos columnas paralelas que forman las paredes de una cámara de distribución de aire. La forma del recipiente obliga al grano que fluye a cambiar constantemente de posición. El grueso de la capa de grano que atraviesa el aire está entre 10 y 15 cms. lo cual permite hacer pasar grandes cantidades de aire por el grano. Este tipo de recipiente fue ideado especialmente para el secamiento de arroz en cáscara a base de considerables cantidades de aire a temperaturas relativamente bajas. Tiene el inconveniente de la gran altura que requiere en proporción al rendimiento por hora. El gráfico siguiente ilustra uno de los modelos mas conocidos.

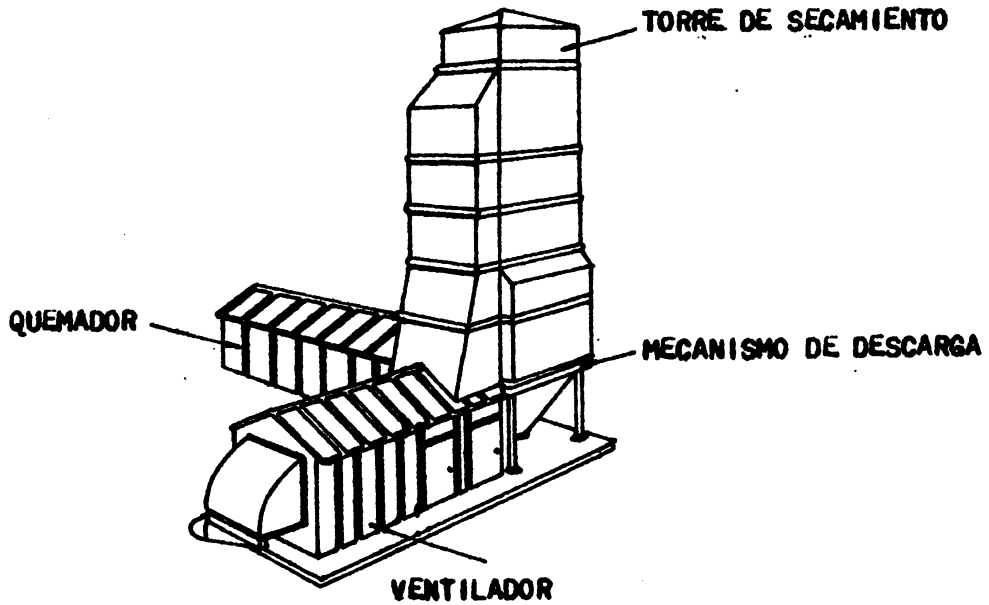
Recipientes de ductos horizontales transversales con aire succionado

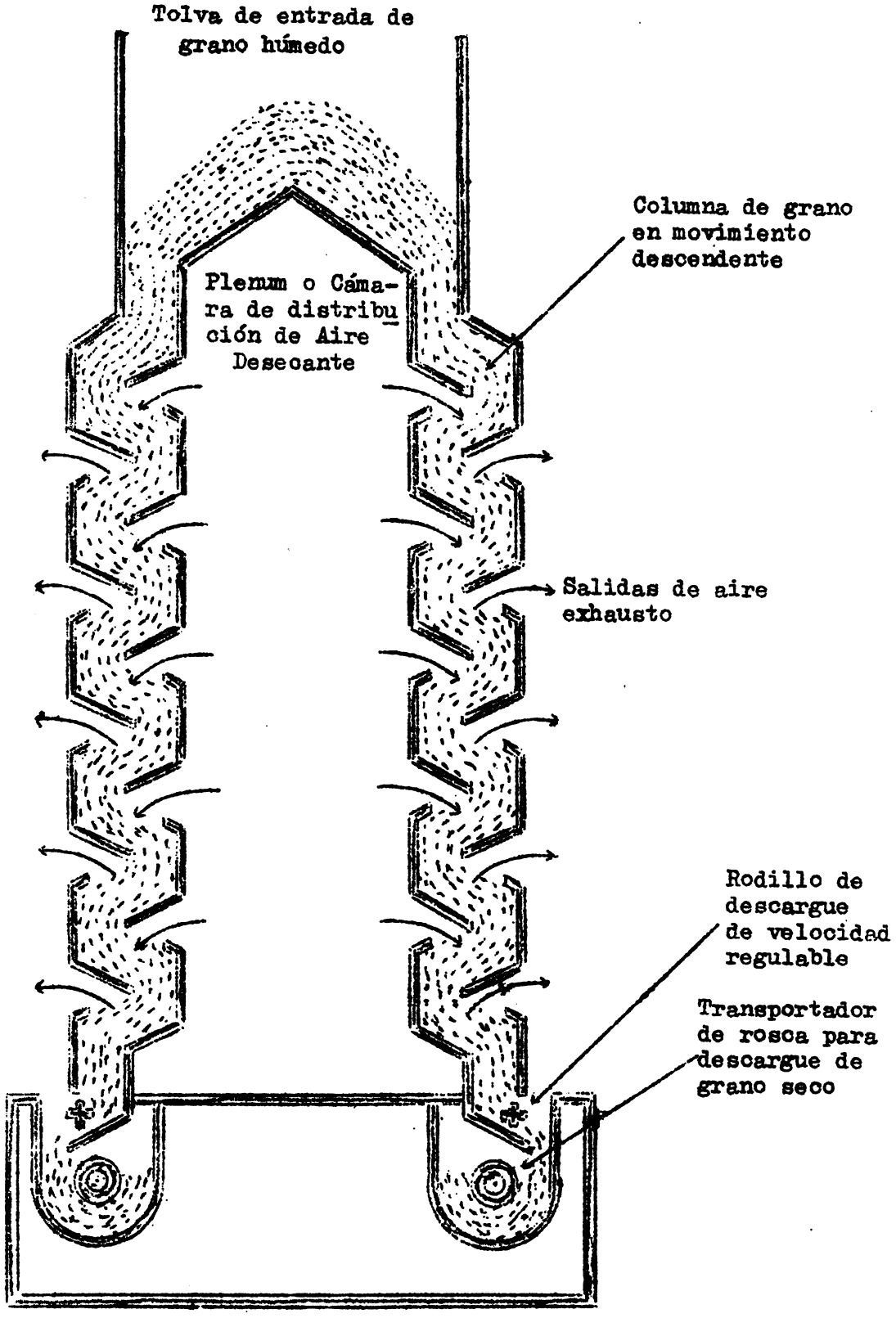
Se componen de las mismas partes que los recipientes anteriores La diferencia consiste en que utilizan ductos transversales, en que la unidad generadora de calor está separada del abanico el cual se ubica en la salida del aire exhausto y en que se utiliza un solo abanico para manejar aire desecante y el aire de enfriamiento, los cuales se traen en lugar de ser impulsados.

La gran mayoría de las secadoras de intemperie están equipadas con ductos transversales.

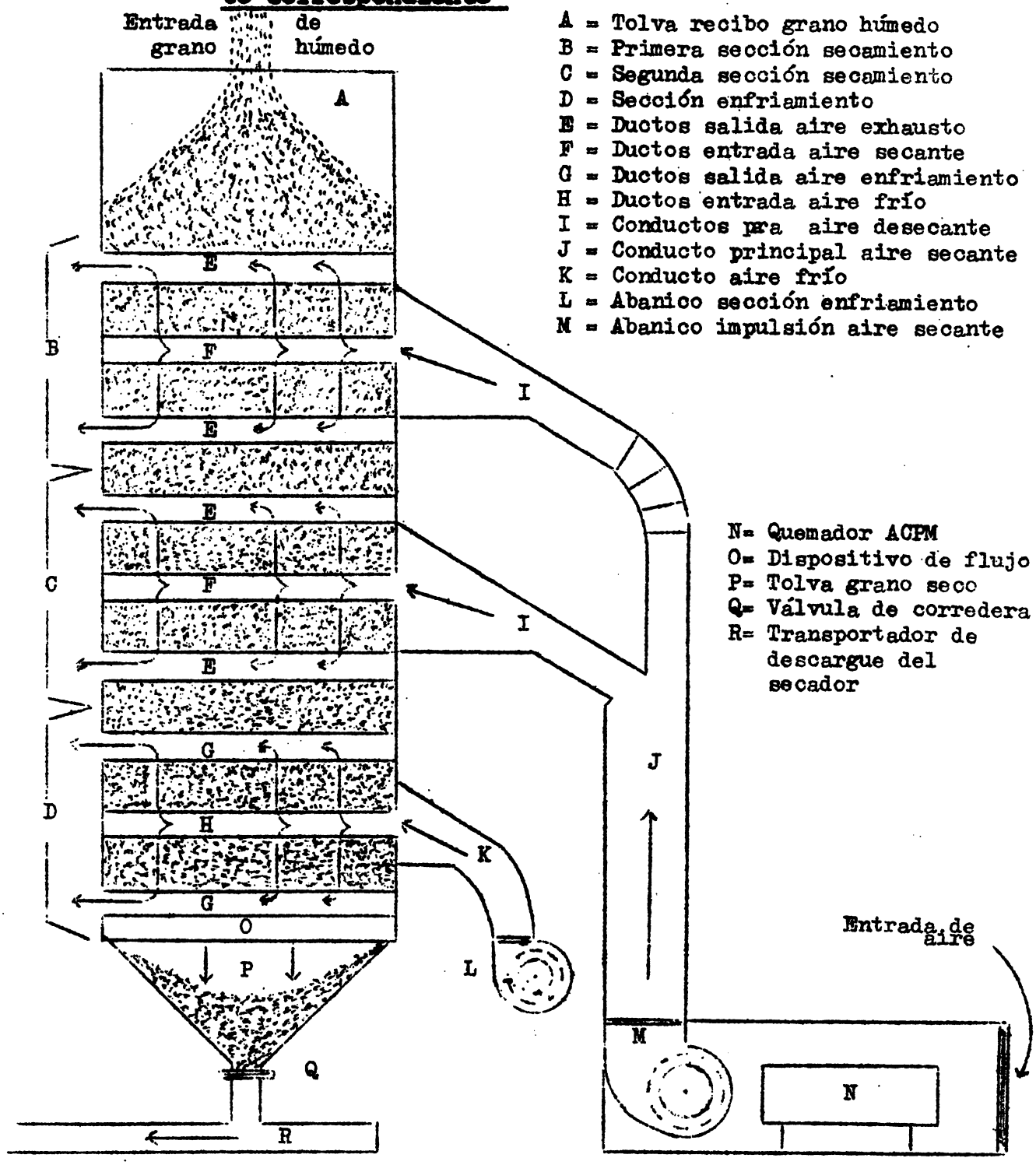
Los dibujos siguientes muestran la colocación de los ductos y un esquema del movimiento del aire cuando se acoplan una sección de secamiento y una de enfriamiento para ser trabajadas por el mismo abanico en un recipiente diseñado para usar ductos transversales.

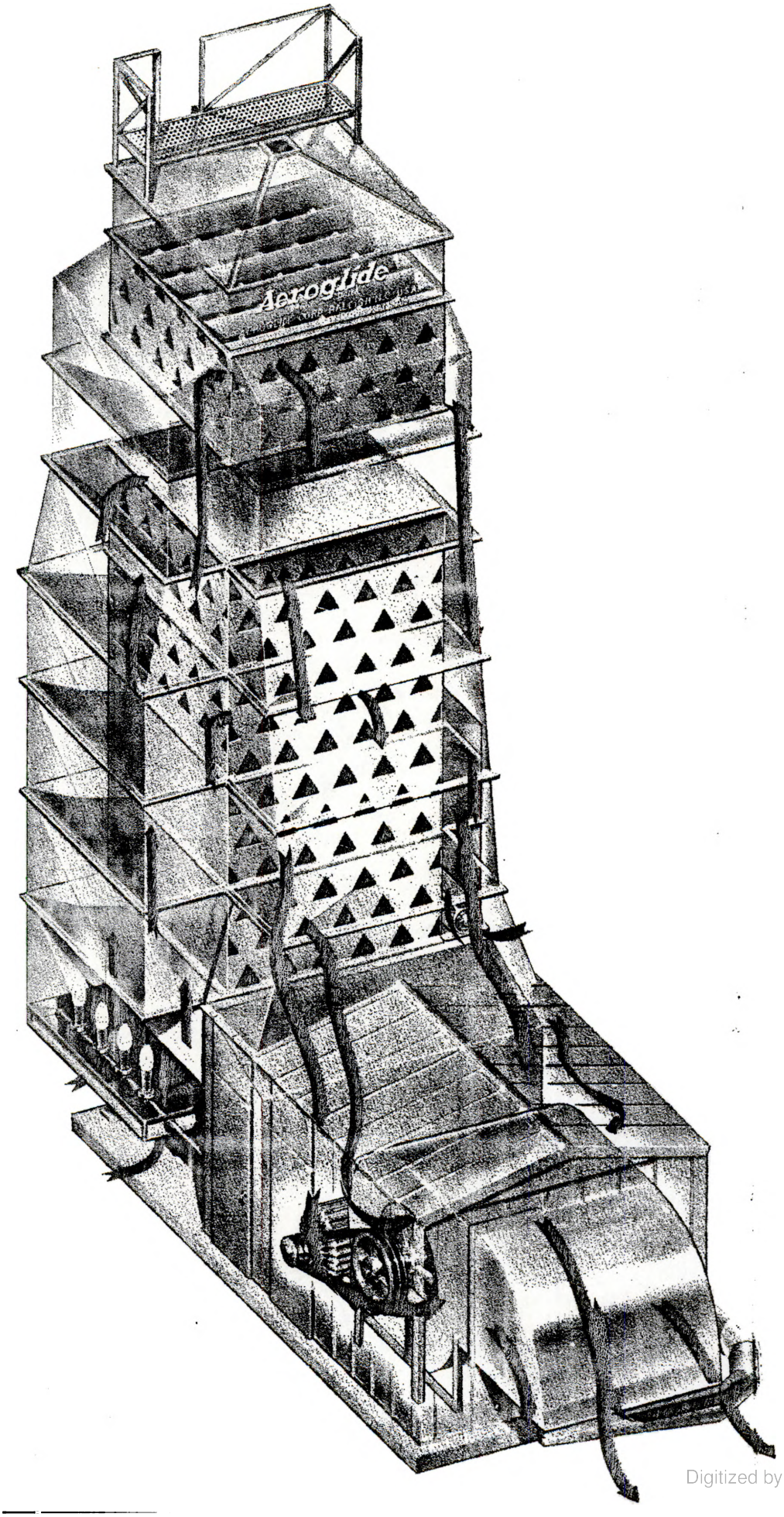
SECADORA MEZCLADORA de GRANOS





Dibujo esquemático de un recipiente de ductos horizontales paralelos y la unidad de secamiento correspondiente





CAPITULO VI

6. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SECAMIENTO DE UNA INSTALACION

Los cálculos que se presentan son fácilmente aplicables, y podrían ser de gran utilidad para orientar el trabajo tanto de diseño, como de mejor utilización del equipo y determinación del consumo de combustible.

6.1 Duración del secamiento

Para calcular el tiempo de secamiento en un secador de cualquier tipo, es decir, estacionario o en flujo se requiere conocer tres factores que permiten hacer los cálculos y que se presentan a continuación.

a) La cantidad de aire desecante que pasa por el grano, estimada en libras de aire por minuto o en kilos de aire por minuto.

b) La capacidad desecante del aire expresada en libras de agua, por libra de aire o en kilogramos de agua por kilogramo de aire.

c) Carga de secamiento del grano expresado en libras o kilogramos de agua, que deben ser removidos.

El tiempo de secamiento entonces está dado en minutos y es igual a:

$$\text{Tiempo de secamiento en minutos} = \frac{\text{Carga de secamiento (en Klgs. o libra)}}{\text{Cantidad de aire por minuto (Kgs. o libras)} \times \text{Cantidad de agua que extrae cada Kgs. o libra de aire}}$$

Como se puede apreciar se debe trabajar en las mismas unidades cuando se aplique la fórmula, bien sea en libras o en kilogramos.

Se debe tener presente para facilitar los cálculos, las siguientes equivalencias.

1	metro cúbico	=	35,314	pies cúbicos
1	bushel	=	1,25	piés cúbicos
1	metro cúbico	=	28,38	bushel
1	bushel de maíz	=	25,5	kilogramos
1	bushel de arroz	=	20	kilogramos
1	bushel de trigo	=	27	kilogramos
1	bushel de cebada	=	23	kilogramos

Para calcular los diferentes componentes de la fórmula se debe seguir los pasos que se enumeran a continuación.

a) Para calcular la carga de secamiento, se debe conocer de antemano la cantidad de grano a secar, su contenido de humedad inicial y el contenido de humedad con que debe quedar conocido ésto, aplicar la fórmula $x = \frac{100\ (H_i - H_f)}{100 - H_f}$

b) Para calcular la cantidad de aire por minuto se debe conocer la cantidad de aire que el abanico es capaz de generar a diferentes presiones estáticas. Se debe recordar que la presión estática es diferente para cada grano y para cada altura de la capa de grano.

Una vez conocido el volumen de aire que va a pasar a través del grano debemos buscar el volumen específico del aire desecante (caliente), Para poder calcular el peso del aire basta con dividir el volumen del aire por su volumen específico.

c) La cantidad de agua que extrae cada kilogramo de aire se calcula simplemente como la diferencia de humedades absolutas entre al aire desecante y el aire exhausto, para lo cual es necesario hacer uso de la carta psicrometrica. En páginas anteriores se dijo que en promedio la eficiencia térmica podía ser del 60%; como es de suponer esta eficiencia cambia bastante durante toda la operación del secamiento; es elevado al comienzo, cuando el grano está muy húmedo y se reduce a medida que el grano se va secando.

EJEMPLO

Por una capa de maíz de 3 piés de altura se desea hacer pasar aire a razón de 12 piés cúbicos por minuto, por cada pié cúbico de maíz. El abanico de que se dispone es de 27" de diámetro y sus características son las que figuran en páginas anteriores de este texto. Se desea calcular:

a) El área del piso del secador
b) La velocidad del abanico
c) La cantidad o peso del maíz que puede secarse en cada operación.
d) La duración aproximada del secamiento
e) Demanda de combustible por hora.

Asúmanse los siguientes datos:

Aire inicial : 15°C bulbo seco
12°C bulbo húmedo

Temperatura de secamiento 55°C.

Eficiencia térmica del aire desecante 60%

DESARROLLO

Velocidad del aire: 12 PCM x 3 pies de alto = 36 PCM por pié. cuadrado de piso.

Presión Estática.

Para alcanzar la velocidad calentada de 36 PCM x P^2, según nuestro gráfico que se halla en páginas anteriores en el cual se representan las relaciones entre presión del aire y velocidad del aire a través del grano, encontramos que para esa velocidad y para una capa de maís de 3 piés la presión estática que debe vencer el abanico es de 1,50 pulgadas de agua. A esta presión se le debe agregar 0.50 pulgadas de agua por pérdida de presión en los ductos.

Cantidad de aire que entrega el abanico.

Nos referimos al gráfico en el cual aparecen las características del abanico axial de 27" de diámetro a diferentes velocidades y encontramos que para una presión de 2 pulgadas de agua y a una velocidad de 2.400 RPM nos entrega 3.000 PCM de aire.

Area del piso del secador.

Conociéndo la cantidad de aire que nos puede generar el abanico y la velocidad del aire por pié cuadrado que nos permita obtener el régimen de aire por unidad de grano, solo debemos dividir

$$\frac{3.000 \text{ PCM}}{36 \text{ PCM x } P^2} = 84 \text{ piés cuadrados (aprox.)}$$

Cantidad de Maíz

Volumen del secador= Superficie de la base por altura
Volumen del secador= $84P^2$ x 3 pies de alto

Volumen = 252 pies cúbicos

$1m^3$ - 35,314 P^3

X - 252 P^3

$$X = \frac{252}{35.314} = 7,135\ m^3$$

Con un peso hectolítrico de 70 kgr. la cantidad de maíz sería de:
7,135 x 700 kgr = 4.994 kilos de maíz húmedo

6.2 Tiempo de secamiento

a) Carga de secamiento o agua por extraer.
Si suponemos una rebaja de humedad del 24% al 12% esto significa que:

$$X = \frac{4994(24-12)}{100-12} = 681,2 \text{ kgrs de agua por extraer}$$

b) Capacidad desecante del aire
En las condiciones iniciales de 15°C de bulbo seco y 12°C de bulbo húmedo la humedad absoluta por kilogramo de aire es de : 7,5 grms
Si se calienta este aire a 55°C y se satura, su humedad absoluta sería de 20,0 grms
Luego el 100% de capacidad de extracción de agua es 12,5 grms

Como se supone que la eficiencia térmica del aire desecante será del 60%, encontramos entonces que cada kilogramo de aire que pasa por el grano nos va a extraer (12.5 x 60)=7,5 gramos de agua o sea 0,0075 kgr de humedad por kgr de aire.

c) Cantidad de aire
El abanico mueve 3.000 PCM de aire a la temperatura de 55°C o sea:

$$\frac{3.000}{35,314} = 84,95\ m^3 \text{ de aire por minuto.}$$

El volumen específico del aire a 55°C es de 0.9375 m^3/kgr de aire, luego:

0.9375 m^3 - 1 kgr
84.95 m^3 - X

$$X = \frac{84,95\ m^3}{0.9375\ m^3} = 90,61 \text{ kgr de aire por minuto}$$

Conociendo los datos anteriores podemos reemplazar en nuestra fórmula para así conocer el tiempo de secamiento.

Tiempo de secamiento en minutos $= \frac{681,2}{90,61 \times 0,0075} = 1,0002$ minutos

o sea 16 horas y 42 minutos

Demanda de combustible por hora

$C/h = M\ (T_2 - T_1)\ 0241$

$C/h = (90.61)\ (60)\ (40)\ 0,241$

C/hora= 52.408 kilocalorías

Consumo de aceite= $\frac{52.408}{34.000} = 1,5$ galones hora

6.3 Problema de secamiento

Se desea saber:

a) Capacidad de secamiento
b) Tiempo de secamiento
c) Número de galones de agua extraídos por galón de ACPM
d) Consumo de combustible
e) Cantidad de BTU consumidos, para extraer una libra de agua

De un secador estacionario, del cual conocemos las siguientes especificaciones:

Diámetro del silo 7 metros
Capa de grano 8 pies
Presión estática que debe vencer el abanico 4"
Cantidad de aire por Pie^2 de piso: 37 PCM
El grano llega con el 22% de Humedad para rebajas al 14%

Condiciones ambientales: T.B.S 26°C y H.R. 80%
Temperatura de secamiento: 55°C

Peso hectolítrico del maíz 75 kilos
Condiciones del aire de salida: TBS 35°C y HR 70%

Desarrollo

Superficie del piso:
$3.1416 \times 12.25 = 38.48\ m^2$
$38.48 \times 10.7636 = 414.18$ Pies^2

Volumen de silo:
414.18 x 8 = 3.313.44 Pies^3
3.313.44 ÷ 35.31 = 93.84 m^3

a) Capacidad de secamiento

1 m^3 pesa 750 kgr
93.84 X

$$X = \frac{93.84 \times 750}{1} = 70.380 \text{ kgrms (a)}$$

Flujo de aire:

Si por 1 Pie^2 pasan 37 P^3
por 414.18 P^2 X

$$X = \frac{414.18 \times 37}{1} = 15.324,66 \text{ PCM}$$

15.324,66 ÷ 35,31 = 434 m^3 por minuto

Remitiéndonos a la carta psicrométrica obtenemos:

Condiciones ambientales:	Aire calentado:	Aire exhausto:
H.A = 17.2 grms/kilo aire	H.A= 17.2 Grm/kls	H.A= 25.5 grms kilo aire
H.R = 80%	H.R= 18%	H.R= 70%
TBS = 26°C	TBH= 30.2°C	TBH= 30.2°C
	TBS= 55°C	TBS= 35°C
	V.E= 0.95 m3/kilo	

Eficiencia = HA2 - HA1 = 25.5 - 17.2 = 8.3 gramos de agua/kilo

Cantidad de aire en kilos por minuto:

Si 0,95 m^3 pesan 1 kgr.
los 434 m^3 pesarán X

$$X = \frac{434}{0.95} = 456,84 \text{ kgrms/minuto}$$

b) Tiempo de secamiento:

$$\text{Carga de secamiento} = \frac{70.380\ (22-14)}{100-14} = \frac{70.380 \times 8}{86} = 6.546,97 \text{ K.}$$

$$TS = \frac{6.546.97}{456.84 \times 0.0083} = 1.727 \text{ minutos}$$

1.727 ÷ 60 = 28 horas 47 minutos = 28.78 horas (b)

c) Consumo de combustible: $C = (T_s - T_a)\,c$

M = 456,84 x 60 = 27.410.4 Kgrms/hora
C = 27.410.4 (55-26) 0.241 = 191.571,29 kilocalorías

191.571,29 ÷ 34.000 = 5,634 galones/hora
5,634 x 28,78 = 162,15 glns. consumo total ACPM (c)

d) <u>Galones de agua extraídos por galón de ACPM</u>:

6.546,97 ÷ 3,785 = 1.729,7 galones de agua

Si 162,15 gln. ACPM - extraen 1.729,7 glns agua
1 " " X " "

X = 1.729,7 ÷ 162,15 = 10,6 glns agua por galón ACPM (d)

e) <u>Cantidad de BTU consumidos para extraer una libra de agua</u>:

Kgrms. a grms = 6.546,97 x 1000= 6.546.970 gramos
Grms. a libras = 6.546,970 ÷ 453 = 14.452,4 libras

191.571,29 x 28,78 = 5.513.421,72 kilocarías total

5'513.421,72 ÷ 0.252 = 21'878.657,6 BTU total

21'878.657,6 - 14.452,4 = 1.513,8 BTU/libra de agua

CAPITULO VII

7. AIREACION DE LOS GRANOS

7.1 Definición

Es el proceso mediante el cual se hace generar un movimiento de aire a través de granos almacenados a índices bajos de flujo por minuto y por unidad de volumen de grano almacenado, para fines diferentes del secado, buscando conservar o aumentar su valor.

7.2 Las partes principales de un sistema de aireación son:

Uno o mas abanicos para suministrar el aire necesario a la presión estática requerida.

Ductos o conductos para introducir o sacar el aire del grano almacenado.

Tubos de suministro o abastecimiento para conectar los abanicos con los ductos.

Un motor para mover cada abanico.

Controles para regular el funcionamiento de los abanicos.

El almacen en que debe estar instalado el sistema.

7.2.1 El abanico. Es una máquina ideada para producir corrientes artificiales de aire que penetren en capas de grano de pronfundidad variable.

La selección de los abanicos o ventiladores para aireación depende de:

1. Volumen de aire que sea necesario impulsar.

2. Presión estática a la que debe funcionar el ventilador para impulsar el aire a través del grano y del sistema de aireación. La presión estática variará con el índice de flujo del aire; profundidad del grano, tipo, el tamaño y condición en que se encuentre dicho grano y resistencia del sistema de ventilación.

El tamaño de los granos el contenido de humedad y la cantidad de material extraño en el grano afectan la resistencia de éste al flujo del aire. Por ejemplo la resistencia del trigo es mayor que la del arroz en cáscara, el grano de sorgo y el maíz.

Como ejemplo, al hacer pasar 1/10 pies^3 de aire por 100 pies de maíz desgranado, la presión estática será aproximadamente 7-1/2 pulgadas de agua. En comparación para obtener el mismo índice de flujo del aire a través de 100 pies de trigo la presión estática sería de mas de 25 pulgadas de agua o sea mas de tres veces la del maíz.

La resistencia de la mayor parte de los granos al flujo del aire aumenta casi en proporción directa a su profundidad de almacenamiento. La variación del índice de flujo del aire para cualquier grano, afecta también la presión estática y la energía necesaria.

7.2.1.1 Tipos de abanicos. Para la aireación usan tanto ventiladores de flujo axial (PROPULSOR) como de flujo radial (CENTRIFUGO) para presiones estáticas del grano y del sistema que no sean mayores de 4 pulgadas de agua, se utiliza uno cualquiera de estos tipos. Para presiones mayores se usan comunmente los abanicos centrífugos.

En los abanicos de flujo axial (PROPULSORES) el diseño de las aletas puede ser plana o curva, en forma de hélice de avión, de disco o tornillo etc.

El desplazamiento del aire se efectúa en dirección paralela al eje en que estan montadas las hélices.

En los abanicos de flujo radial centrífugo según la posición de las palas que van montadas en la periferia del motor, tenemos tres tipos:

1. De palas curvadas hacia adelante. Tiene un número elevado de hojas y funciona a una velocidad relativamente baja. Una objeción en contra de este ventilador es que el motor puede sobrecargarse, si se disminuye la presión estática, de tal modo que el ventilador proporcione una mayor cantidad de aire.

2. De palas en hojas rectas, es denominado, frecuentemente, ventilador de presión o bomba aspiradora industrial. Es muy utilizado para airear granos en almacenes verticales. Se sobrecarga también cuando disminuye la presión estática, pero en forma menor que el anterior.

3. De palas curvadas hacia atrás. Funciona a gran velocidad. Es un poco mas eficiente, pero mas costoso que los anteriormente descritos. Tiene una característica de autolimitación de los caballos de fuerza. Si el tamaño del motor es apropiado para el funcionamiento del abanico, cerca del punto de maxima eficiencia, no habrá peligro de sobrecarga.

7.2.1.2 Conexiones de los abanicos. Aunque el resto del sistema de aireación puede ser adecuado el sistema no funcionará ventajosamente a menos que el ventilador esté conectado correctamente. Una mala conexión del ventilador puede reducir el flujo del aire hasta en un 25% o más.

El aire debe entrar a un ventilador en una línea tan recta como sea posible. Ciertos codos cortos e internos restringen el rendimiento del ventilador son mas convenientes los codos con un diametro de garganta mayor. Los cambios bruscos de tamaño de los tubos pueden causar reducciones del volumen de aire.

7.2.2 Ductos o conductos. Son cámaras colocadas entre los granos, por las cuales el aire es introducido o extraído del grano. A estas cámaras se les denomina también, colector, tunel, conducto de aireación, ducto de aire, cámara plena etc.

7.2.2.1 Tipos de ductos. Los ductos pueden ser circulares, arqueados, rectangulares o en forma de V invertida o de U.

Los ductos perforados tienen aberturas espaciadas uniformemente sobre sus superficies, para permitir el paso del aire por la superficie del conducto. La superficie de las perforaciones debe ser igual por lo menos al 10% de área total de la superficie del ducto. Cada abertura debe ser suficientemente pequeña para no dejar pasar los granos que vayan a ser aireados. Por ejemplo, los orificios redondos de 3/32" (0.2 cm) de pulgada de diámetro o ranuras de 5/64 (0.1 cm) de anchura, no dejaran pasar los granos normales de trigo. Pueden usarse orificios mayores para maíz desgranado, semillas de soyas y otros granos grandes.

Los ductos perforados se fabrican comúnmente de metal martillado o estirado. Se usa también una estructura de acero, cubierta de metal estirado, que a su vez es cubierto por una red de alambre.

También se usan como conductos para la ventilación ductos de pared cerrada, de madera o metal con un lado abierto e inclinado hacia abajo; la V invertida es una de las formas mas simples.

7.2.2.2 Las dimensiones importantes de un sistema de ductos son:

1. El tamaño.- Area transversal y la longitud, que influye en la velocidad del aire dentro del ducto y la uniformidad del flujo del aire a través del grano.

2. El area.- De la superficie, circunferencia o perímetro del ducto, que afecta las pérdidas de presión estática del grano que rodea al ducto.

3. La distancia entre los ductos. Espaciamiento de los ductos que influye en la uniformidad del flujo del aire a través del grano entre los ductos.

En la construcción de los sistemas de ductos para almacenamiento vertical (SILO) se tiene en cuenta la carga estática del grano sobre los mismos que puede alcanzar 1.500 libras por pie^2 o sea 681 klg. por 0.0929 m^2. Además, el ducto debe soportar una carga adicional cuando se encuentre en el camino del grano que es sacado del silo. Esta última carga puede ser varias veces el peso estático del grano, estas consideraciones son tenidas en cuenta en la selección e instalación de ductos.

El ducto perforado de tipo vertical (para silos) se instala contra la pared interna del silo con el extremo mas bajo conectado a un tubo de suministro. Este tubo se extiende a través de la tolva, del suelo o de los cimientos hacia una conexión múltiple o un ventilador directamente.

7.2.3 Tubos de suministro . Los tubos de suministro se ocupan del paso del aire entre el ducto y el ventilador. Generalmente, son tubos redondos de metal laminado liso deberán estar bien apoyados y fijos. Una velocidad máxima del aire de 2.500 pies por minuto, 762 m^3 por minuto, es permisible para los tubos de suministro, pero es preferible una velocidad de 1.500 a 2.000 pies^3 por minuto.

A menudo, es necesario utilizar codos para que los tubos de suministro den vuelta, los codos van en su forma de simple codo cuadrado al de piezas múltiples. El codo cuadrado deberá evitarse, debido a las pérdidas de presión relativamente elevadas, debidas a la fricción en los codos de ese tipo.

Los ramales de derivación de los tubos de suministro deben disponerse de tal modo que corten la corriente de aire, con el fin de disminuir hasta donde sea posible las pérdidas de esas conexiones.

Los cambios bruscos, de tamaño de los tubos causa también pérdidas en el volumen de aire y deben evitarse con un sistema múltiple, deberá proveerse una puerta corrediza y regulador, en el tubo, para cada unidad de almacenamiento. Esos reguladores pueden ajustarse para controlar la ventilación de cada tolva y pueden cerrarse cuando la aireación sea suficiente.

7.2.4 Motor impulsor del abanico. Para impulsar los abanicos se usan, generalmente, motores eléctrico de diferentes tipos y tamaños. La mayoría de los abanicos, solamente necesitan un impulso rotatorio inicial bajo a medio. Las instalaciones están diseñadas comúnmente para un funcionamiento a velocidad constante. Usualmente, se requiere un motor de abanico cerrado y enfriado, cuando haya polvo del grano y además se requiera una protección contra el clima.

Al escoger el tamaño de motor para el funcionamiento de un abanico, es aconsejable seleccionar por lo menos, el tamaño inmediatamente superior al de los requisitos del abanico. Los motores pueden conectarse directamente al husillo del ventilador o por medio de poleas en V.

Donde se disponga de corriente trifásica se recomienda un motor de inducción cilíndrica o de jaula de ardilla, pueden ir desde 1/8 de caballo de fuerza hacia arriba.

Para el funcionamiento de los abanicos son convenientes los motores de inducción monofásica; pero son mas costosos que los trifásicos.

7.2.5 Controles de los motores. El equipo de control para motores de abanicos para aireación consta de:

1. Medios para poner en marcha y detener el motor.
2. Medios para desconectar el motor de la fuente de energía eléctrica.
3. Protección de sobrecarga y de bajo voltaje para el motor.
4. Protección de cortos circuitos para el motor y los circuitos derivados de él.

Un interruptor de arranque del motor, magnético o manual, con protección incluída contra la sobrecarga, es aconsejable para los motores de un caballo de fuerza y mayores. Los motores más pequeños deben tener protección contra la sobrecarga del interior del motor o fusibles de retraso o interruptores de circuito, ajustados de acuerdo al amperaje del motor. En los circuitos de los motores deberán incluirse fusibles de retraso o interruptores de circuitos, ajustados de acuerdo al amperaje del motor, para protección contra los cortos circuitos en el alumbrado.

En sistemas avanzados se usan controles automáticos de motores para limitar la ventilación a los períodos favorables de tiempo y para reducir la mano de obra requerida. Permiten que los ventiladores sigan funcionando durante la noche, en los fines de semana y los días de fiesta, cuando, en muchas fábricas o almacenes, no hay ninguna persona de servicio. Además con controles automáticos, es posible aprovechar el tiempo favorable para airear, mientras que, con controles manuales, gran parte del buen tiempo para la aireación puede no aprovecharse.

Los controles automáticos de motores para abanicos se hacen generalmente, con termostatos e higrostatos ordinarios, de los utilizados en aparatos de calefacción y de aire acondicionado. Relojes, cronómetros de intervalos, interruptores de selección, luces de piloto y medidores del tiempo transcurrido se añaden, a veces al sistema para controlar todavía mas el funcionamiento de los abanicos y para proporcionar al operario informes sobre cantidad de tiempo de funcionamiento de los abanicos. Excepto para los motores de fracciones pequeñas de caballo de fuerza, se necesitan arranques magnéticos del motor, cuando se usan controles automáticos.

Gráfica Explicativa.

En la presente gráfica se explica el funcionamiento de un control automático mediante un circuito de sistema de control, que emplea un termostáto de límite superior, un termostáto de límite inferior, un hignostáto; los tres conectados en serie y un medidor del tiempo transcurrido. El termostáto de límite superior, impide el funcionamiento del sistema cuando la temperatura del aire es superior al límite ajustado y el termostáto de límite inferior impide el funcionamiento cuando la temperatura del aire es inferior a la del punto ajustado. El hignostáto impide el funcionamiento cuando la humedad relativa del aire es superior al punto de ajuste.

El diseño de la caja y de la situación del tablero de control son importantes para el funcionamiento apropiado de los sistemas de control deben estar rodeados de aire, en las mismas condiciones que el que es impulsado a través del grano; pero no deberán situarse en lugares excesivamente polvosos o ventosos. Lo mejor es una caja bien ventilada en un lugar sombrío.

Los controles automáticos deben mantenerse en buen orden de funcionamiento y ajustarse adecuadamente, para no perder su efectividad para seleccionar condiciones atmosféricas favorables. Por consiguiente requieren inspecciones y reparaciones ocasionales.

Los relojes deberán ajustarse cada vez que se interrumpa el servicio eléctrico al tablero de control. Los elementos sensibles a la humedad en los higrostatos son particularmente sensibles al polvo y deben mantenerse limpios. Los elementos sensitivos, hechos de cabellos, deberán reemplazarse cada año o cada dos años.

7.2.6 El almacén en que debe estar instalado el sistema. Con la siguiente ilustración gráfica se puede apreciar la disposición de un sistema múltiple de aireación, instalado en una red de silos.

Gráfica.

Sistema de ventilación para 24 divisiones, cada una de 18' de diámetro, 102 pies de profundidad y con un contenido de 20.700 bushels de trigo, tres tubos múltiples, cada uno conectado a 8 divisiones de silos, tres ventiladores centrífugos y tres motores eléctricos de 7-1/2 caballos de fuerza.

7.3 Definición de términos. Ventilación o Aireación. Es el movimiento del aire a través de granos almacenados a indices bajos de flujo de aire por minuto y por unidad de volumen de grano almacenado.

Flujo de aire. Es el volumen de aire en movimiento y se expresa en pies cúbicos de aire por minuto (PCM) los indices de flujo de aire utilizados para la aireación de granos están generalmente entre 1/10 y 1/20 de pies^3 por minuto por bushel.

Presión estática. Es una medida de la fuerza o presión que deben ejercerse sobre el aire para hacerlo circular a través del grano y del sistema de ventilación, se mide en pulgadas de agua.

Zona de enfriamiento. Es la porción de la masa de grano en almacenamiento en que la temperatura desciende durante la ventilación.

Etapa de enfriamiento. Es el tiempo necesario para mover una zona de enfriamiento a través de toda una cantidad determinada de granos en almacenamiento.

7.4 Usos de la ventilación

7.4.1 Enfriamiento del grano almacenado para prevenir o reducir el crecimiento de moho y las actividades de los insectos. El enfriamiento del grano almacenado para impedir el crecimiento de moho y las actividades de los insectos, incluye la eliminación tanto del calor natural como del generado por el procedimiento de secamiento artificial.

No existe ninguna temperatura óptima de almacenamiento para los granos. El contenido de humedad del grano, su uso probable (para alimentos, aceites o como simientes) y la duración del período de almacenamiento (semanas, meses o años), son factores que determinan la temperatura apropiada de almacenamiento.

La mayor parte de los mohos de los granos crecen lentamente o no lo hacen en forma inmediata, a temperaturas inferiores a 21°C, cuando los granos tienen un contenido de humedad que no supera al 14%.

La reproducción de insectos, se hace muy difícil a temperaturas inferiores a 15.5°C.

Aunque la ventilación es útil para proporcionar temperaturas más bajas a los granos almacenados, que contribuyen a prevenir las infestaciones serias con insectos y las pérdidas consiguientes de granos, no reemplazará enteramente a la fumigación y a otros medios directos de control de los insectos.

7.4.2 Igualación de temperaturas de los granos almacenados, para evitar el movimiento de la humedad de los granos calientes a los frios. Las temperaturas de los granos almacenados son igualadas para evitar que la humedad pase de los granos calientes a los fríos. Este movimiento de la humedad es normal en cualquier almacen en que existan variaciones apreciables de las temperaturas de los granos. Puede ocurrir en ciertos lugares que por fenómenos atmosféricos los granos situados cerca de las paredes expuestas y de las superficies superiores, se enfrien mas rápido que los que se encuentran en el centro de las tolvas. Esta diferencia de temperaturas puede ocasionar pequeñas corrientes de convección en el almacen, de tal modo que el aire mas caliente, que se eleva del centro de la masa de granos, lleve humedad de los granos mas calientes a los mas fríos. La acumulación de la humedad puede ser lo bastante importante para causar la formación de mohos y de costras en la superficie de la masa de grano y deterioro en otras partes de las tolvas o los almacenes.

En los granos almacenados que tengan temperaturas uniformes, la migración de la humedad no tiene lugar.

7.4.3 Eliminación de olores de los granos almacenados. El olor "fresco" de los granos es una de las características mas notables del grano ventilado. El moho y la rancidez de los granos causan olores comunes de almacenamiento. Esta condición es minimizada por las temperaturas mas frías del grano y la ventilación eliminará o reducirá esos olores. Algunos olores pueden disiparse rápidamente, con unos cuantos cambios de aire, mientras que otros son persistentes y requieren períodos mas prolongados de ventilación. Algunos olores son eliminados solo temporalmente o su intensidad disminuye, por medio de la ventilación.

Los olores de putrefacción y fermentación es raro que puedan eliminarse enteramente por medio de la ventilación además, la disipación de los olores del grano almacenado no asegura la liberación del moho y la rancidez.

Los requisitos de tiempo de funcionamiento de los ventiladores para eliminar los olores no están perfectamente definidos, usualmente se acostumbra ventilar durante 30 minutos a 1 hora, o más, una vez cada dos o cuatro semanas o siempre que el almacenista lo estime conveniente. Con los índices de flujo de aire que son recomendados para la ventilación, son necesarios de 5 a 20 minutos para un cambio completo en los granos almacenados.

7.4.4 Aplicación de fumigantes a los granos almacenados. La introducción de fumigantes por medio de un sistema de aireación es un método práctico de fumigación del grano. La distribución de fumigantes es usualmente mas uniforme y la dosis requerida inferior, que para los métodos de gravedad, los fumigantes pueden purgarse del grano, después de un período prescrito de exposición, haciendo funcionar el ventilador durante unas cuantas horas.

Con flujo uniforme de aire, el fumigante puede introducirse en el grano, aproximadamente en el tiempo requerido para un cambio completo del aire.

Es conveniente dejar 10 a 20 minutos para que el fumigante entre a la corriente de aire lo cual requiere un flujo de aire de aproximadamente 1/10 P.C.M. o 1/20 P.C.M. por bushel. Pueden utilizarse índices mayores de flujo de aire en un sistema cerrado, donde el fumigante puede circular nuevamente a través del grano.

Las temperaturas optimas del grano para la aplicación económica y efectiva de fumigantes varían, de acuerdo con el método de aplicación, cuando se aplica sin aireación a la superficie del grano almacenado, las temperaturas de éste deben ser de por lo menos 18°C. Esto es necesario para que la penetración de gravedad del fumigante hasta el fondo del grano almacenado a granel, en concentraciones letales se realice. Las temperaturas del grano son menos importantes cuando los fumigantes se aplican por medio del sistema de ventilación. El fumigante puede distribuirse efectivamente a todas las porciones de la masa de grano bajo un cuadro bastante amplio de temperaturas del grano.

7.4.5 Conservación de granos húmedos en almacenamiento por breves períodos. La ventilación disminuye los riesgos de calentamiento expontáneo, cuando es necesario conservar granos húmedos en almacenamiento , por breves períodos. La ventilación contínua elimina el calor generado por el desarrollo del moho, la fuente principal del calor, y, asimismo, hace que sea mas lento el crecimiento del moho y otras deterioraciones, reduciendo la temperatura de los granos. Sin embargo, no se han establecido límites superiores definidos de humedad y temperaturas para los granos húmedos bajo el sistema de ventilación.

La aireación puede utilizarse durante los períodos de fuertes recepciones de granos húmedos. Al prever condiciones seguras de conservación, la carga sobre el secador puede distribuirse con mayor amplitud y manejar, así, más grano, durante un período dado de recolección.

7.5 Dirección de la corriente de aire.

Los ventiladores se hacen funcionar, ordinariamente, para aspirar el aire hacia abajo, con el fin de enfriar el grano almacenado. Esto obedece a dos razones: 1) La tendencia natural del aire para ascender del grano caliente a la superficie superior mas fría es contrarrestada, en parte, y 2) el aire que sale, que es, de ordinario relativamente caliente y húmedo, es expedido a través del grano caliente y no por la superficie mas fría del grano, donde podría tener lugar cierta condensación.

En regiones muy calurosas puede haber ciertas ventajas en obligar al aire a ascender, a través del grano. La ventaja principal de este "flujo invertido" es que el calor retenido bajo el tejado puede eliminarse hacia arriba, en lugar de que salga por debajo, atravesando el grano. Asimismo, el grano mas caliente de la parte superior puede enfriarse, sin hacer que el aire caliente pase por el grano frío del fondo. Esto puede reducir el tiempo de enfriamiento y, así, reducir el costo.

7.6 Elementos que deben tenerse presente en un proceso de aireación.

El mantenimiento de la calidad comercial del grano almacenado por medio de la ventilación, involucra un movimiento de aire atmosférico de temperatura aceptable y humedad relativa apropiada. Evidentemente, no puede esperarse que la aireación mejore de manera notable en el grano de baja calidad.

7.6.1 Contenido de humedad de los granos.

El grano puede absorver humedad del aire que lo rodea o cederle la suya propia. A veces el grano no pierde ni gana humedad en este caso se considera que se encuentra en su equilibrio de contenido de humedad para la temperatura y la humedad relativa del aire que rodea a grano. (Ver tabla de equilibrio entre la H.R. del aire y el contenido de humedad del grano).

7.6.2 Condiciones atmosféricas. La temperatura y la humedad relativa del aire exterior cambia, frecuentemente, con las variaciones que ocurren cada día, sin embargo, para el ajuste apropiado de los reguladores de humedad y temperatura, o por medio de la determinación de las condiciones atmosféricas antes y durante la aireación, pueden asegurarse condiciones apropiadas de aireación.

7.6.3 Temperaturas del aire. Las temperaturas mensuales máximas del aire para el enfriamiento de granos son seleccionadas sobre la base de registros metereológicos pasados (cuando es posible) o sobre resultados de pruebas de aireaciónes anteriores. Son apropiadas tanto para el control manual como automático de los abanicos.

7.6.4 Humedad relativa del aire. Es aconsejable ventilar el grano con aire que tenga humedades medias aproximadas al punto de equilibrio con el grano a contenidos de humedad por debajo del 14%. La aireación contínua del grano almacenado, utilizando aire con un contenido elevado de humedad, aumentará la humedad del grano. Sin embargo, la ventilación con aire con un contenido de humedad hasta el 80% ha sido satisfactoria cuando la temperatura del aire es por lo menos 10 grados mas baja que la del grano. El grano ventilado en esas condiciones deberá inspeccionarse con frecuencia, para asegurarse de que no está sufriendo deterioro.

Las humedades diarias del aire fluctuan, normalmente, sobre un cuadro muy amplio, de cerca de 100% durante la noche y la madrugada hasta menos de 60 a 70 por ciento en días claros.

Si se almacenan granos con temperaturas de 35° á 37.7°C o mas elevadas y con cierto exceso de humedad, puede ser conveniente hacer funcionar el ventilador cuando la humedad relativa del aire sea superior al 80 por ciento. Se logrará cierto enfriamiento y

los índices de flujo de aire para la ventilación son usualmente tan bajos que cualquier cambio de humedad en el grano será extremadamente lento.

7.6.5 Cambio de la humedad de los granos durante la ventilación. Cierto proceso de secamiento tiene lugar cuando el grano es enfriado por medio del aire. Al pasar a través del grano, el aire de enfriamiento se calienta y se encuentra en condiciones de admitir mas humedad, debido a su aumento de temperatura. Cualquier aumento de la humedad en el aire enfriador deberá proceder del grano.

La forma de secamiento que se realiza mediante la ventilación, tiene influencia también sobre el índice de enfriamiento, y la cantidad de enfriamiento que resulta de la evaporación de la humedad, es considerable. El grano cercano a la entrada del aire puede enfriarse a la temperatura del aire mucho antes de que se reduzcan las temperaturas del grano en otras partes del almacenamiento. Sin embargo, habrá poco peligro de humedad excesiva del grano, si el grano no está mas frío que el aire que circula a través de él; y si la aireación no se continua en tiempo de humedad elevada después de que el grano haya sido enfriado casi a la misma temperatura del aire.

7.6.6 Temperatura del grano. Cuanto mayor sea la temperatura del grano tanto mas se calentará el aire al pasar a través del grano y cada pie cúbico de aire eliminará calor adicional. Por consiguiente, se necesita aproximadamente la misma cantidad de tiempo para enfriar todo el grano a la temperatura del aire, sin tener en cuenta la temperatura inicial del grano. Sin embargo, cuando el contenido de humedad del grano se reduce, durante la ventilación el enfriamiento adicional resultante de la evaporación del agua, acortará el tiempo de enfriamiento.

7.7 Forma en que se realiza el proceso de enfriamiento del grano a través de la aireación.

7.7.1 Zonas de enfriamiento. Grafico. Conforme progresa la ventilación, se establece una zona de enfriamiento que avanza, a través del grano, en la dirección del flujo de aire. Todo el grano que se encuentra detrás de la zona de enfriamiento estará casi a la temperatura de entrada del aire; todo el grano delante de dicha zona se encontrará casi a la temperatura inicial del grano.

La profundidad y la forma de la zona de enfriamiento dependerán del índice de flujo del aire, de la cantidad de enfriamiento o calentamiento que tenga lugar cerca de las paredes del almacen y la cantidad de concentración de grano aplastado y de materias extrañas en el grano almacenado.

Debido a que el grano se enfría por zonas, el flujo del aire deberá ser adecuado para mover la zona de enfriamiento a través del grano dentro de un límite permisible de tiempo. Existe peligro de deterioro del grano en la parte del almacen que se enfría al final, particularmente en los climas mas cálidos. Este factor es de consideración mas importante en el establecimiento de límites de tiempo para completar la etapa de enfriamiento. Asimismo, al seleccionar los índices de flujo del aire deberán tomarse en consideración requisitos razonables de energía y el clima favorable para la ventilación.

7.7.2 Etapa de enfriamiento. Es el tiempo necesario para mover una zona de enfriamiento a través de toda la masa de grano almacenado.

7.8 Tiempo necesario para enfriar el grano. El tiempo requerido para enfriar el grano variará con el índice utilizado de flujo del aire, la cantidad de enfriamiento resultante de la evaporación de la humedad del grano durante la aireación y la uniformidad del flujo del aire a través del grano. Un ventilador debe funcionar a un número aproximado de 100 horas a un índice de flujo de aire de 1/10 P.C.M. por bushel, para enfriar un grano almacenado caliente .

El tiempo requerido para el enfriamiento, con índices de flujo de aire diferente de 1/10 P.C.M. por bushel (0.00283 m^3 por minuto y por cada 0.3523 hl), es inversamente proporcional al índice utilizado del flujo del aire. O sea, si el índice de flujo del aire se reduce a 1/20 P.C.M. (0.001415 m^3 por minuto) las horas calculadas de funcionamiento del ventilador serán el doble de las indicadas antes.

7.9 Aplicación de la aireación.

7.9.1 Prevención del enmohecimiento y de la actividad de los insectos. Los ventiladores deben ponerse en marcha en cuanto se llene el almacen con grano caliente, si las condiciones atmosféricas son apropiadas. Las temperaturas del grano deberán reducirse tan pronto como sea posible, para minimizar el enmohecimiento y la actividad de los insectos.

Una vez que se haya iniciado una zona de enfriamiento a través del grano, deberá desplazarse por él. De otro modo, puede haber zonas en el almacen (la zona de enfriamiento) donde las temperaturas del grano varíen lo bastante para producir deterioro.

7.9.2 Como igualar las temperaturas de granos almacenados. La ventilación para igualar las temperaturas del grano almacenado puede comenzar siempre que la temperatura del aire sea 5 a 8 grados centígrados mas baja que la porción mas caliente del grano almacenado.

7.10 Uso de indicadores de temperatura de los granos.

La vigilancia estrecha de los cambios de temperatura de los granos almacenados, es muy importante. Esos cambios junto con otras indicaciones de calidad, influyen en los programas de ventilación o para mover el grano de almacenes no ventilados. Cuando el grano es aireado y se hace poco o ningun movimiento, es importante la utilización de equipo indicador de la temperatura, que sea digno de confianza.

Los indicadores más comunes de temperaturas de los granos son termómetros de mercurio y pares termoeléctricos. Pueden usarse termómetros bimetálicos y regristradores o resistencias térmicas con elementos de resistencia eléctrica; pero tienen limitaciones que reducen su uso.

La mayor parte de los almacenes verticales modernos utilizan alambres aislados de pares termoeléctricos envueltos en cables de acero que van cubiertos de una capa resistente a la corroción y a los fumigantes. Esos cables son suspendidos permanentemente del techo de los almacenes y conectados a un potenciómetro situado en el centro, donde pueden observarse las temperaturas.

Las temperaturas elevadas del grano sirven como advertencia de posibles daños debidos a los insectos, microorgánicos o a fallas en la ventilación. Por consiguiente, el equipo indicador de la temperatura puede usarse regularmente, registrándose los resultados.

Cuando se descubra cualquier elevación anormal de la temperatura, deberán establecerse registros diarios, hasta que la acción de corrección que se haya emprendido resulte efectiva. Si el grano está siendo ventilado, las temperaturas deberán registrarse, por lo menos una vez a la semana, hasta que todo el grano haya alcanzado la temperatura deseada.

CAPITULO VIII

8. CONTROL DE PLAGAS EN GRANOS ALMACENADOS

8.1 Tratamiento contra insectos

8.1.1 La descripción y biología de los principales insectos que atacan el grano almacenado. La facilidad y frecuencia con que se desarrollan los insectos perjudiciales en nuestros climas cálidos y medios constituye uno de los más graves problemas para la conservación de los granos.

Algunos tratadistas estiman que alrededor del 5% de los granos producidos anualmente en el mundo son consumidos o destruidos por los insectos. En nuestro medio, donde la actividad de los insectos es permanente, se cree que el porcentaje de destrucción de los granos es un poco mayor al 5% estimado como promedio para la producción mundial de granos.

Los ataques de los insectos no solamente ocasionan pérdidas físicas en la mercadería almacenada sino pérdidas por concepto de rebaja de la calidad de los productos que atacan. Aparte de eso producen calentamientos y aumento de la humedad del aire intergranular, propiciando con ello la propagación de mohos y bacterias.

Para proteger con eficacia los granos almacenados se hace necesario conocer el ciclo biológico de los insectos perjudiciales que los atacan, los hábitos de vida de cada especie y las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo.

De los numerosos insectos que atacan a los granos hay algunos que los parasitan, es decir, que viven en su interior aún cuando la apariencia externa del grano no lo revele a simple vista.

Estos insectos constituídos en tal forma que pueden perforar la cubierta protectora de la semilla para llegar a la parte interna, se denominan como de "infestación primaria" porque abren el camino a otro amplio grupo de insectos destructores que no son capaces por si solos de penetrar a través de la dura cubierta del grano.

Los insectos que aprovechan el camino abierto por las depredaciones de la infestación primaria, se conocen como insectos de "infestación secundaria".

La infestación puede iniciarse en el campo pero es en el almacenamiento donde cobra intensidad y fuerza si las condiciones resultan favorables; de ahí la necesidad de dedicar gran atención tanto al manejo del grano como a los tratamientos indispensables para una conservación adecuada.

La temperatura y la humedad son factores importantes para la propagación de los insectos que atacan los granos. El desarrollo óptimo tiene lugar entre los 20 y 35°C y en cuanto a humedad, es favorable, proporcionalmente, la que supere el 9% en el grano y su correspondiente humedad de equilibrio en el aire o sea un 45%.

Significa esto que nuestros climas medios y calientes, son altamente favorables para el desarrollo de los insectos que atacan los granos, tanto por temperatura como por humedad puesto que esta última fluctúa entre 60 y 85% en el aire y los granos, aún para almacenar en silos, nunca se secan por debajo del 12% de humedad, b.h.

Para algunos de los gorgojos, especialmente para el gorgojo del arroz, la reproducción solamente cesa a los 9°C y dejan de alimentarse cuando la temperatura es inferior a los 7°C.

Los insectos de la infestación primaria viven durante el período larval dentro del grano del cual se alimentan. Los insectos de la infestación secundaria, salvo algunas excepciones, se instalan en la parte exterior del grano y se alimentan de los granos quebrados, de los granos atacados por los insectos de la infestación primaria o del polvo y residuos resultantes de dicho ataque. Las larvas de los insectos de la infestación primaria no pueden vivir fuera del grano; en cambio las larvas de los demás insectos se trasladan libremente de un grano a otro.

8.1.2 Insectos que causan la infestación primaria. Los siguientes son los más importantes:

1. Calandra granaria o Sitophilus granarius
2. Calandra orizae o Sitophilus orizae
3. Sitotroga cerealella
4. Rhizopertha dominica

1. Calandra granaria (L) o Sitophilus granarius (L)

Nombres comunes: Gorgojo de los graneros o gorgojo del trigo.

El insecto adulto es un cucarroncito de color castaño o negruzco cuya cabeza se prolonga en una trompa larga y delgada provista al final de dos fuertes mandíbulas. Su tamaño no excede los 4½ milímetros, está desprovisto de alas funcionales, sus alas coríaceas o élitros están soldados y su tórax está cubierto de puntos alargados.

La larva es blancuzca y carnosa, de 2,5 a 5 mms. de largo y no tiene patas.

Ataca toda clase de granos, prefiere los climas templados a los cálidos y es plaga exclusiva de los graneros o depósitos de granos. Comen vorazmente tanto el adulto como la larva. El adulto vive de 7 a 8 meses como término medio y la hembra pone de 50 a 250 huevos generalmente, a razón de uno en cada grano. Por medio de sus potentes mandíbulas la hembra taladra el grano hasta una profundidad de 1½ milímetros, coloca allí un huevo y obtura la perforación con una cubierta cerosa para protegerlo y hacerlo imperceptible a la vista.

Después de 10 o 12 días de puesto el huevo, nace la larva que se alimenta del grano hasta que se transforma en pupa o crisálida al cabo de 4 semanas.

En estado de crisálida dura unos días, finalizados los cuales se convierte en insecto adulto.

En condiciones muy favorables puede completar su ciclo en 4 semanas o un mes.

Generalmente se encuentra donde existe el gorgojo del arroz.

2. Calandra orizae (L) o Sitophilus orizae (L)

Nombres comunes: Gorgojo del arroz, gorgojo negro, gorgojo volador.

Se le llama gorgojo del arroz porque Linneo lo encontró en este grano, pero ataca a todos los granos y es la plaga principal que entre nosotros ataca al maíz, al arroz, al sorgo y al trigo almacenado.

Es un cucarroncito de trompa alargada que tiene un aspecto parecido al gorgojo de los graneros pero difiere de él en tres aspectos: a) tiene alas funcionales y es un robusto volador; b) presenta en la espalda o sea en los élitros, cuatro manchas de color rojo claro que contrastan con el color del resto del cuerpo que es castaño rojizo, casi negro; c) las pequeñas protuberancias que tiene en el tórax son redondeadas en vez de alargadas.

Rara vez mide más de 3,1 mms. de largo. El tamaño de este insecto depende hasta cierto punto de la clase de grano disponible; en granos pequeños como el sorgo es un insecto pequeño pero en el máiz alcanza su máximo crecimiento. La gran variación en el tamaño, que resulta de la cantidad de alimento disponible, induce a considerar que los tamaños grandes y pequeños constituyen diferentes especies.

El adulto vive de cuatro a 5 meses y la hembra pone de 300 a 400 huevos durante este período.

Los primeros estados del gorgojo del arroz son similares a los del gorgojo de los graneros, y el ciclo de huevo a adulto lo pueden completar en 30 días si las condiciones resultan favorables.

3. Sitotroga Cerealella (Oliv)

Nombres comunes: Palomita de los cereales, polilla de los granos.

Es el segundo insecto en importancia después de los gorgojos como plaga de los granos almacenados.

Empieza su ataque en el campo cuando los granos comienzan a madurar y si la recolección se demora puede ocasionar daños muy graves.

Las larvas se alimentan dentro de los granos y a menudo hilan filamentos de seda entre los granos infestados.

Los adultos son pequeñas maripositas de color opalino sucio, más o menos intenso, de unos 10 mms. de longitud y de ½ pulgada de extremo a extremo de las alas abiertas, que vuelan en silos y depósitos o caminan sobre la superficie de los granos. Ataca especialmente al arroz y al maíz y está diseminada por todo el país.

La polilla de los granos pone sus huevos sobre el grano hasta en cantidad de 40 huevos por postura; en el ciclo entero pone unos 389 huevos. Las larvas o gusanos penetran luego en el grano y completan su desarrollo ocultas a la vista; antes de penetrar al grano han comido buena parte del endospermo y del germen y preparado una salida que más tarde tejen débilmente con un cocón de seda para favorecer el escape del insecto adulto una vez cumplida la fase de pupa o crisálida.

La evolución de huevo hasta polilla se completa en menos de 5 semanas.

4. Rhizopertha dominica (Fab.)

Nombres comunes: Taladrador o barrenador pequeño de los granos, taladrillo de los granos.

Es un cucarroncito diminuto de unos 2 mms. de longitud, alargado, cilíndrico, de color rojizo oscuro o negro. Sus élitros son rugosos y la cabeza es grande y prominente, ligeramente curvada por debajo del tórax. Tiene poderosas mandíbulas con las que puede taladrar superficies muy duras habiéndose encontrado algunas veces en la madera. Tanto el adulto como la larva causan grandes daños en los climas cálidos, pues atacan una gran variedad de granos.

La hembra pone los huevos en la superficie de los granos depositados de a uno o en racimos.

Los huevos eclosionan a los pocos días y las pequeñas larvas de color blancuzco comienzan a comer activamente, ya sea aprovechando el polvo producido por los adultos o taladrando directamente los granos. Las larvas completan su desarrollo dentro del grano o en el polvillo que las rodea, se transforman en ninfas y, más tarde, dan lugar al adulto que se abre camino fuera del grano.

El período de huevo a adulto dura un mes aproximadamente.

Insectos de la infestación secundaria.

Los siguientes son los mas importantes :

1. Tenebroides mauritanicus
2. Tribolium confusum
3. Tribolium castaneum
4. Oryzaephilus surinamensis
5. Laemophloeus minutus
6. Lasioderma serricorne

1. Tenebroides mauritanicus (L)

Nombres comunes: Cadella, carcoma grande de los granos

El adulto es un cucarroncito de 8 a 10 mms. de largo, de forma oblonga, achatado, con élitros aproximadamente planos y de color negro. La larva mide unos 18 mms. de largo, es carnosa, de cabeza negra y tiene en la extremidad posterior dos apéndices de color negro en forma de gancho. La larva de la Cadella puede minar la madera de los depósitos formando galerías para ocultarse allí largos períodos en espera de la llegada de nuevos lotes de grano o para transformarse en ninfa.

Tanto el adulto como la larva se alimentan de preferencia con el germen de los granos, pero atacan cualquier grano, especialmente los que ya han sufrido daños por causa de los gorgojos o de la palomita de los cereales. Las hembras ponen huevos durante la mayor parte de su vida y si las condiciones son favorables pueden poner hasta mil huevos que depositan en racimos sobre las substancias que han de alimentar a las larvas.

Las larvas eclosionan entre 7 y 10 días y completan su desarrollo en el término de 2 a 14 meses según sean o no favorables las condiciones de vida. Los adultos viven de 1 a 2 años. Este insecto vive en la oscuridad.

2. Tribolium confusum (Duv.)

Nombres comunes: Sabandija confundida de la harina, gorgojo confuso de la harina.

Este insecto debe su nombre a que durante muchos años se le confunció con el Tribolio castaño o gorgojo rojo de la harina.

El adulto es un cucarroncito de color castaño rojizo brillante, de unos 3½ mms. de largo, achatado y de forma ovalada.

Es plaga muy serie en molinos, depósitos de harina y productos con ella elaborados; se le encuentra en los silos, bodegas, etc., donde vive comiendo el polvo del grano, los granos partidos y el afrecho. No ataca el grano sano pero cuando se encuentra en gran cantidad produce calentamientos.

La hembra puede vivir un año o más y durante este tiempo pone de 400 a 500 huevos distribuídos sobre la harina, los granos y otros productos alimenticios. En condiciones favorables el ciclo de huevo a adulto dura cuatro semanas aproximadamente.

3. Tribolium castaneum (Herbst), o Tribolium ferrugineum (Fab.)

Nombres comunes: Escarabajo herrumboso de la harina, gorgojo de la harina.

Este insecto es muy parecido al anterior y su ciclo y hábitos de alimentación son también similares.

La diferencia de mayor relieve entre los dos tribolios consiste en que los segmentos de las antenas del Tribolium confusum engruesan gradualmente desde la base hasta el extremo, en tanto que en el Tribolium castaneum engruesan bruscamente en la extremidad.

Una peculiaridad del Tribolium castaneum es la de comunicar un olor y gusto desagradables a los productos que infesta.

4. Oryzaephilus surinamensis (L)

Nombres comunes: Escarabajo de sierra de los granos, carcoma dentado de los granos.

El adulto mide de 2½ a 3 mms. de largo y se caracteriza porque a cada lado del tórax tiene 6 proyecciones en forma de dientes de sierra. Abunda en los depósitos de granos y en los molinos y se alimenta de granos partidos, polvo de granos, productos y subproductos, provenientes de los granos. Penetra toda clase de paquetes que contengan alimentos farináceos. Vuela poco pero es muy ágil y rápido.

Los adultos viven en promedio de 6 a diez meses. Las hembras ponen de 45 a 285 huevos cada una depositándolos aisladamente sobre las substancias alimenticias o en las grietas de los granos.

El ciclo de huevo a adulto se cumple en un período que cubre de tres a cuatro semanas. Las larvas se mueven de un lado a otro libremente comiendo lo que encuentran y cuando completan su crecimiento elaboran un delicado capullo uniendo trocitos de granos u otros alimentos con una substancia viscosa que segregan para pasar allí la etapa siguiente de su metamorfosis.

5. Laemophloeus minutus (Oliv)

Nombres comunes: Carcoma achatada de los granos.

Es uno de los insectos más pequeños entre los que atacan los granos almacenados, pues el adulto mide solamente de 1 a 1½ mms. de largo. Es de color castaño rojizo y se distingue porque las antenas tienen una longitud que equivale a 2/3 de la del cuerpo.

Se le encuentra asociado en gran número con el gorgojo del arroz y prefiere granos y harinas en mal estado.

Las larvas tienen predilección por el germen del trigo y frecuentemente, en los cereales infestados se encuentran muchos granos cuya substancia de reserva no está dañada pero les falta el germen. También se alimentan de insectos muertos.

El ciclo de huevo a adulto se cumple de ordinario en 9 semanas pero si las condiciones son favorables puede completarse en el término de 5 semanas.

6. Lasioderma serricorne (Fab.)

Nombre común: Carcoma del tabaco:

Es como su nombre lo indica un parásito del tabaco almacenado pero se le encuentra a veces en granos y productos de molienda almacenados y en los subproductos de oleaginosas. Se trata de un pequeño y robusto coleóptero, ovalado de color castaño rojizo, de aproximadamente 2½ mms. de largo, de distribución cosmopolita. Los adultos viven de 2 a 4 semanas y durante este período las hembras pueden poner hasta 100 huevos cada una. El ciclo de huevo a adulto dura unas seis semanas.

7. Carpophilus dimidiatus (F.)

Nombres comunes: Gorgojo alimocho del maíz, gorgojo minador del maíz, gorgojo de la savia del maíz.

Este insecto puede reconocerse fácilmente por la forma peculiar de sus élitros, que son cortos y truncados dejando al descubierto la punta del abdomen.

Es un cucarroncito pequeño de color castaño oscuro y de forma oblonga ovoide que mide de 2,5 a 3 mms. Se alimenta por lo regular de frutas y vegetales en mal estado y también de la savia que exudan las plantas enfermas. Abunda en especial en los campos cultivados con maíz, acumulándose sobre las mazorcas dañadas cuyos granos constituyen su principal alimento. Con frecuencia se le encuentra en los molinos arroceros donde se propaga en los residuos formados por el arroz partido. Se le encuentra en abundancia en el Valle del Río Magdalena.

8. Polillas

Según Gallego M., Luis F. 1967 en su "Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre en Colombia" "en nuestro país existen las siguientes polillas, todas ellas perjudiciales para los granos, sus productos y subproductos.

Corcyra cephalonica (Staint). Polilla del arroz, polilla de la harina.

Plodia interpunctella (Hbn). Polilla india de la harina.

Anagasta (Ephestia) kuhniella (Zell). Polilla de la harina del Mediterráneo.

Anagasta (Ephostia) cautella (Wal). Polilla del cacao, de sus derivados y otros productos como arroz y sorgo.

Dechomerisgrammivora (Meyrick). Polilla de las mazorcas del maíz.

Stenoma sp. Polilla de las semillas del ajonjolí y

Tinea posible granela, Polilla del maíz.

9. Los gusanos de la harina

A veces se encuentran en los granos y en los productos de la molienda, gusanos de 2½ a 3 cms. de longitud, de color amarillo miel unos y, otros de color castaño oscuro. Son las larvas de dos coleópteros llamados Tenebrio amarillo (Tenebrio molitor-L) y Tenebrio oscuro (Tenebrio oscurus - Fab.), que tienen hábitos nocturnos y buscan la oscuridad.

Los gusanos de la harina prefieren alimentarse con granos o cereales molidos, húmedos o en malas condiciones. Atacan sin embargo toda clase de harinas, subproductos, semillas, residuos de molinos, restos de carne, insectos muertos, etc.

El adulto de "Tenebrio amarillo" es un cucarrón de 1,3 cms. de largo aproximadamente, de color castaño oscuro o negro brillante.

8.2 Los gorgojos del fríjol.

Mención especial merecen los insectos que atacan el fríjol almacenado en nuestro país, cuya capacidad de destrucción es tremenda en climas cálidos y medios, pues reducen a polvo los granos que atacan.

Las dos especies principales son:

El Acanthoscelidas obtectus (Say), y el Zabrotes subfasciatus (Boh.), ambas conocidas como gorgojo del fríjol.

La hembra del insecto coloca sus huevos sobre los granos y la pequeña larva penetra en el fríjol para vivir allí hasta llegar al estado adulto y luego salir. El ciclo de vida de estos gorgojos no se ha determinado en forma definida pues varía mucho de acuerdo con las condiciones ambientales (temperatura y humedad). Se cree que de huevo a adulto el ciclo se cumple entre 5 y 9 semanas.

El adulto del "Tenebrio oscuro" es similar al anterior y se diferencia por su color que es negro intenso y opaco.

Psócidos o piojos

En el grano, ~~sus productos~~ y subproductos pululan a veces unos diminutos insectos no ~~mayores en tamaño~~ que la cabeza de un alfiler y parece que los atraen especialmente las harinas y las muestras de granos. Son insectos de cuerpo blando que se parecen a los piojos, de color gris pálido o blanco amarillento, antenas largas y delgadas, sin alas y de 1 mm. de tamaño aproximadamente. Se alimentan con una gran variedad de materias orgánicas de origen vegetal o animal y son molestos más por su presencia que por el daño que ocasionan. Sin mebargo, cuando se encuentran en abundancia, pueden ocasionar calentamientos perjudiciales en el grano. Las hembras se reproducen sin apareamiento y cada hembra puede poner hasta 100 huevos. El ciclo de huevo a adulto se cumple en 3 semanas.

Acaros

Los ácaros del grano, sus productos y subproductos, son seres de tamaño casi microscópico, de color blanco grisáceo y cuerpo blando con numerosos pelos largos en las patas y la espalda. No son insectos porque los adultos tienen 8 patas y el cuerpo se divide de manera imprecisa en dos partes. No tienen alas.

Se les encuentra a menudo en el grano almacenado, en las harinas, en el salvado, etc. y a veces se propagan con tal rapidez que el grano parece adquirir movimiento. Cuando la infestación es intensa, los pellejos de las mudas y los cuerpos muertos se acumulan formando masas blandas debajo de los encarres de sacos. La presencia de gran número de acaros provoca exudaciones en el grano, le comunica olores desagradables y lo destruye con su acción roedora.

Los ácaros se reproducen y viven en ambientes húmedos, con poca luz y mal aireados. Su difusión se hace por medio de los más diversos vehículos: viento, insectos, ratones, pájaros, envases vacíos, etc.

8.3 Los microorganismos

Los granos tienen en el momento de almacenarse, cantidades variables de esporas de hongos y otros microorganismos que adquieren en el campo donde se cosecharon o también en el mismo almacen si las condiciones son propicias para el desarrollo de ellos. En muestras de granos de trigo han sido aisladas por algunos investigadores entre 3.000 y 57.000 esporas en cada grano. Los distintos géneros de hongos identificados por los investigadores en diferentes partes del mundo, muestran que las poblaciones de dichos microorganismos son cosmopolitas. Los principales son:

Penicillium, Aspergillus, Alternaria, Fusarium, Cladosporium y Rhizopus.

Se considera que los daños causados por los hongos, reducen en un 2% la producción de granos en el mundo. Demeritan la calidad industrial, las propiedades alimenticias y el poder germinativo.

Los hongos que infectan el embrión de las semillas, disponen en esta área del grano, de mayor concentración de nutrientes debido a lo cual se reproducen con gran rapidez y originan la pérdida del poder germinativo de este material atacado, ocasionando un grave daño, es decir calentamiento y aceleración del metabolismo de los granos.

El olor y sabor desagradables característicos de los granos infectados por los hongos, les hacen perder su calidad y reducen su aprovechamiento como alimento humano y de animales domésticos. La producción de ciertas toxinas y enzimas por el hongo, que atacan los hidratos de carbono, grasas y proteínas dañando su calidad, pueden ser funestas para los organismos que consumen granos afectados por hongos. Por ejemplo el Aspergillus fumigatus provoca la Aspergillosis en aves y otros animales, manifestandose la enfermedad por trastornos digestivos, respiratorios y nerviosos y aún en el hombre causa serias consecuencias.

Como es lógico los almidones, harinas y maltas derivados de granos infectados de hongos son de calidad muy inferior en la industria y llegan a ser rechazados en el mercado. El grupo de hongos que daña a los granos almacenados pertenece a formas simples. Su tamaño es microscopio pero debido a grandes colonias que forman es posible observarlos a simple vista.

HONGO: Definc. Hongo del Latin fungus y del griego Spongos. Semejanza a esponja. Es un vegetal acotiledoneo, sin tallos ni hojas, vida generalmente terrestre en forma saprófitica y parásita. Sub-reino criptogamas, tipo talofitas (plantas con talo sin tallo, raíces ni hojas). El talo es el aparato vegetativo de las talófitas.

Los hongos más comunes que atacan los granos son llamados Mohos. Como las demás plantas muestran en su período de vida dos fases diferentes:

Una vegetativa y la otra reproductiva. El cuerpo del hongo está formado de pequeños, finos y abundantes filamentos conocidos con el nombre de Hifas, las que a su vez forman una malla o

micelio. El Micelio, al llegar a su madurez, forma pequeños filamentos verticales llamados conidióforos, sobre los cuales se originan una gran cantidad de pequeños esporos o conidias, también dentro de estructuras especiales llamadas esporangios.

Las especies de hongos que se encuentran atacando el grano, dependen principalmente de la clase de grano y de las condiciones ambientales y pueden hallarse tanto en el interior como en el exterior del grano. Se localizan especialmente en regiones húmedas y calientes. La mayor parte de estos hongos inician su ataque cuando el grano está en proceso de desarrollo o de maduración.

Muchas de estas especies son formas parásitas que en el campo pueden atacar otras partes de la planta, además de la semilla. Otros hongos atacan el grano únicamente en almacenamiento y superficialimente y son comunes para casi todas las regiones. Las esporas de estos hongos son fácilmente llevadas por el viento de un lugar a otro.

En semillas de cosechas recientes por lo cual se les llama hongos de campo. Estos infectan la semilla en el campo y en la siguiente cosecha si se utilizan semillas infectadas con estos hongos producen daños en la raíz pero no deterioran los granos almacenados.	Helminthosporiun Fusarium Alternaria Cladosporium Mucor Giberella	Aspergillus Penicillum Rhizopus	Hongos de almacen y que se desarrollan superficialmente en el grano. Estos hongos no infectan los granos antes de las cosechas.

Los hongos crecen y se reproducen cuando los factores ambientales le son favorables. Entre los factores que tienen mayor influencia sobre la actividad de los hongos, están, la humedad y la temperatura. También están los factores, tiempo de almacenamiento, condiciones del grano e infestación de insectos.

8.4 Factores que tienen influencia en el desarrollo e invasión de hongos en los granos almacenados

Las condiciones o factores que favorecen el desarrollo de los hongos en los granos almacenados son:

1) Contenido de humedad del grano
2) Temperatura
3) El tiempo de almacenamiento
4) La condición del grano
5) Infestación de insectos

8.4.1 Contenido de humedad: Este factor es el mas importante; en general, los contenidos de agua en el grano superiores al 13% favorecen el crecimiento de los hongos, perjudicando su calidad. Granos almacenados en Tibaitatá con más del 13.5% de humedad mostraron aumento en la invasión de hongos (Asperguillus glaucus) con disminución en el porcentaje de germinación. Las muestras de granos almacenados por debajo del 13.5% durante un tiempo de 2-4 años, no fueron invadidas por hongos y mostraron alto porcentaje de germinación. El Aspergillus glaucus es muy perjudicial porque mata los embriones y los mancha de una coloración café o negra aún en granos con 13-14% de humedad (base húmeda).

Ciertas especies de Penicillium se hallan también en granos en estado de deteriodo, especialmente en maíz. A veces invaden los embriones de estos granos y los cubren o reemplazan con una masa de esporas que dan coloración azul al pericarpio en la región del embrión. Las especies de Penicillium requieren para su desarrollo un contenido de humedad de 15-17% pero pueden invadir los granos a temperaturas mas bajas que las requeridas por las especies de Aspergillus, Las invasiones de Penicillium ocurren donde el maíz se almacena con alto contenido de humedad y temperaturas moderadamente bajas.

Hay algunas causas que afectan el contenido de humedad durante el almacenamiento. El contenido de humedad en ensayos hechos fue mayor siempre en las capas superiores (Hasta un 3% mayor) por la absorción de vapor de agua del aire (o sea el equilibrio en relación con la humedad relativa del aire).

Algunos trabajos investigativos han demostrado que los límites inferiores a los cuales pueden desarrollarse los hongos son del 75% de humedad relativa. Es decir, es el punto crítico ya que un aumento en el contenido de humedad del grano y un aumento en la temperatura propicia el desarrollo de mohos. No obstante, se ha reportado recientemente el crecimiento de Aspergillus a humedades relativas del 65-70% con contenidos de humedad del grano del 13,5%.

Cuando la humedad relativa del medio ambiente alcanza un 75% la mayoría de los granos alcanzan un equilibrio del 14% (b. humedad). Con esta humedad las esporas de los hongos contenidas en los granos germinan y se desarrollan acelerándose su crecimiento si la temperatura está entre los 25-35°C. Un 60% de humedad relativa es un nivel seguro de almacenamiento.

De acuerdo con las necesidades de humedad los hongos se clasifican en:

Hidrófitos, cuando el mínimo de H. relativa que requieren es del 90%.

Mesófitos, Cuando el mínimo de H. relativa que requieren es del 80-90% (Penicillium).

Xerófitos. Cuando el mínimos de H. relativa que requieren, es menor de 80% (Aspergillus).

Hay otras causas que afectan el contenido de humedad en el grano como son la evaporación de la humedad de un lote que pasa a otro, y las mezclas de granos cuyos contenidos son diferentes.

8.4.2 Temperatura y su influencia: Los hongos de granos almacenados crecen mas rapidamente a temperaturas de 25-35°C. Su crecimiento es muy lento a 15°C y es casi nulo su desarrollo a 10°C. Si se quiere almacenar grano con un contenido mayor de 14-15% es preferible almacenarlo a temperaturas tan bajas como es posible. (Clide y López).

La rata de crecimiento disminuye cuando la temperatura pasa de 40-43°C, aunque algunos crecen aún hasta 55°C. En todo caso el hongo y otros microorganismos necesitan una temperatura optima para que se desarrollen con gran rapidez. Si la temperatura está fuera del margen necesario para el crecimiento el hongo muere, siendo repentina su muerte si está mas allá del máximo y lenta si está abajo de la mínima. Hay especies de hongos, según algunos autores, que pueden soportar temperaturas tan bajas como 8°C bajo cero y tan altas como 76°C pero estas especies no son de las que afectan los granos almacenados.

8.4.3 El tiempo de almacenamiento: Mientras mas alto es el contenido de humedad y la temperatura del grano, mas corto es el tiempo que puede tenerse el grano almacenado

sin el riesgo de ser dañado por los hongos. Los hongos se empiezan a desarrollar a los 3-4 meses, cuando la humedad de los granos están entre 14-15% y a una temperatura de 20-25°C. Cuando el grano tiene humedad entre el 13-14% el grano puede almacenarse por un año sin que haya una perdida considerable en su calidad, según el clima. Entre el 12-13% puede almacenarse por varios años sin riesgo de que haya daños por hongos.

8.4.4 La condición del grano: Cuando el grano no ha sido invadido por hongos puede almacenarse por mucho mas tiempo sin sufrir daño.

8.4.5 La infestación por insectos: Al desarrollarse insectos, se aumenta la humedad la cual es aprovechada por hongos y se aumenta la temperatura propicia a dichos microorganismos.

8.5 Insecticidas

Unas de las armas efectivas que el hombre tiene para estirpar los insectos que atacan a los granos es el uso de sustancias con poder suficiente para exterminarlos y limitar su propagación.

8.5.1 Propiedades que debe tener un buen insecticida

1) Elevada toxicidad para los insectos
2) Baja toxicidad para los animales de sangre caliente y plantas
3) Efecto muy rápido
4) Emanación de un olor débil, no irritante ni desagradable
5) Acción manifestada sobre el mayor número posible de especies de artropodos
6) Químicamente estable para asegurar una acción insecticida prolongada
7) Permitir su aplicación en forma económica

8.5.2 Grupos de insecticidas

Los insecticidas pueden reunirse en los siguientes grupos teniendo en cuenta su manera de obrar sobre los insectos

1. Insecticidas estomacales
   Son aquellos que causan la muerte de los insectos por vía digestiva.

2. Insecticidas de contacto

Son los que matan los insectos después de penetrar al organismo por la piel o cutícula.

3. Insecticidas fumigantes

Son sustancias que en estado gaseoso ocasionan la muerte de los insectos al penetrar por el sistema respiratorio o por la cutícula.

Naturalmente esta agrupación es convencional porque a veces un mismo insecticida puede obrar en dos o en tres de las formas anteriormente relacionadas como se verá al tratar cada insecticida en particular.

8.6 Tratamientos contra insectos

Los tratamientos contra insectos comprenden los siguientes pasos o etapas:

1. Limpieza rigurosa de todos los sitios, bodega o silo en que puedan acumularse residuos de granos, de productos, de sub-productos o simplemente acumulaciones de polvo y basura, los cuales una vez reunidos deben quemarse.

2. Aplicación de insecticidas residuales a las superficies que no entren en contacto con los granos, como paredes, techos, etc.

3. Aplicación de insecticidas a las superficies que hayan de entrar en contacto con los granos para evitar la contaminación de éstos y aplicación de insecticidas preventivos a la masa de grano.

4. Aplicación de insecticidas curativos

5. Desinfectación de empaques vacíos

8.6.1 Productos utilizados en la desinfectación de las instalaciones y tratamientos exteriores o complementarios:

1. D.D.T.
2. Lindano
3. Clordano
4. D.D.T. CLORDANO
5. D.D.T. HEPTACLORO y otros

Descripción de los productos:

1. D.D.T. Su nombre técnico es: Dicloro defenil Tricloroetano.
En estado puro es una sustancia cristalina, blanca, con un punto de fusión de 108-109°C. densidad: 1.556. Es estable bajo condiciones ordinarias. El producto comercial puro contiene hasta un 75% de principio activo.

Es casi insoluble en agua moderadamente soluble en petróleo y aceites vegetales y bastante soluble en algunos solventes orgánicos comunes.

Se encuentra en forma de: polvo, en concentraciones del 1 al 10%. Soluciones en solventes orgánicos y aceites minerales, en diversas concentraciones.

Concentrados emulsificables, a diversas concentraciones.

Polvo mojable en concentraciones de 25; 50 a 75%

Por ser soluble en las grasas se disuelven en la cutícula exterior de los insectos, penetra en las capas interiores y se difunde en los lipoides y lipoproteínas, llegando así a las terminaciones nerviosas.

Es insecticida de contacto y en algunos casos actúa como veneno estomacal.

Su acción se manifiesta de la siguiente manera:

1. Por parálisis periférica de las patas
2. Parálisis progresiva del sistema nervioso
3. Muerte del insecto

Aunque de acción lenta para las mayorias de los insectos, su efecto mortífero es seguro y de acción irreversible.

Por tener efectos residuales tóxicos no debe aplicarse directamente ni mezclarse en ninguna forma con granos o productos destinados a la alimentación de personas o animales.

Se utiliza en suspensión acuosa (utilizando el polvo mojable) sobre las paredes de los almacenes o depósitos, ventanas, etc., siempre y cuando se encuentren vacíos con anterioridad.

2. Lindano. Es el nombre comercial adoptado para referirse al isomero gamma puro del exacloruro de benceno (BHC) obtenido del 99% por lo menos del producto puro y solamente vestigio de otros isomeros.

El producto tecnicamente puro es sólido, cristalino, de color blanco y prácticamente sin olor.

Los insecticidas formulados con este principio activo actúan por contacto e ingestión y también como fumigantes de acción limitada. Se considera tóxico para los animales de sangre caliente en una relación igual a un 20% de la toxicidad del D.D.T.

Se elimina rápidamente de las grasas por lo que no se han encontrado residuos después de haberse tratado los vacunos repetidamente con productos al 0,05%.

Se encuentra en forma de: polvo, en concentraciones de 1; 2; y 3%.

Polvo mojable, en concentraciones de 5; 6; y 2%. Una de las formas comerciales es el "verindal contra gorgojo" de la casa Schering insecticida para el polvoreo a base de 1.1% de isomero gamma del BHC; 98.9% de cuerpos y adherentes especiales.

El verindal se recomienda para el espolvoreo de paredes, cielo raso, pisos, maderamenes, inclusive ranuras y demás sitios frecuentados por los gorgojos, en proporción de 1 a 2 kilos de polvo por cada 100 m^2 de superficie.

Otros productos comerciales a base de exacloruro de benceno y sus isomeros tienen los nombres de:

"666"; "Gammexone"; "gammtox"; "Gamex"; "Lexone"; con olores mas o menos pronunciados.

En estos productos las concentraciones se expresan en términos del isomero gamma a pesar de estar presente los otros isomeros por ser el gamex mas activo. El BHC y sus isomeros tienen la misma fórmula química condensada pero difiere en su forma espacial; las propiedades insecticidas de los distintos isomeros varían de uno a otro desde nula a muy alta.

3. Clordano. El principio insecticida activo es el octaclorometano tetrahidroindano que representa entre un 60 a 75% del producto técnicamente puro. En este último estado es un líquido viscoso ambarino, de olor apenas perceptible. Actua por contacto e ingestión asignándosele además cualidades fumigantes. Su efecto residual no es tan prolongado como el D.D.T. Su acción tóxica dura de 2 a 3 semanas, volatilizandose paulatinamente durante este lapso.

Es muy persistente debido a su estabilidad frente a los agentes que comunmente podrán originar su alteración.

Comercialmente se conoce con los siguientes nombres:

Clordane
Clordano
Velsicol 1068
Octacloro
1068
Rivicol
Formas y concentraciones comerciales
Polvo = 1 a 10%
Soluciones en aceite minerales = 0.2 a 50%
Concentrados emulsificables = 20 a 74%
Polvo mojable = 40 a 50%

Aplicación. Asperjar soluciones, emulsiones o suspensiones de polvo mojable, de 1-2%, sobre paredes de bodegas, etc.

Mezclas de insecticidas

También son usuales las mezclas de DDT-Lindano; DDT Clordano; DDT-Heptacloro etc.

En estos preparados a base de dos insecticidas, el poder tóxico es mayor que la suma de la toxicidad potencial de cada uno de ellos cuanto actúa separadamente.

El fenómeno se llama sinergismo y se aprecia incluso en algunos casos en que una de las sustancias no acusa por sí sola ningún poder mortífero, no obstante lo cual, actuando en sinergismo con otra que tiene acción tóxica, alcanza una efectividad mortífera superior.

Existen muchas marcas comerciales para estas mezclas de insecticidas que pueden utilizarse para la desinfectación de las instalaciones y para tratamiento exteriores o complementarios, pero cuando se trate de su uso debe atenderse a las características de cada producto de que se trate para no hacer un uso indiscriminado que podría tener consecuencias graves. Es imprescindible ajustarse a las especificaciones y a las dosis indicadas por los fabricantes y consultar a personas especializadas en el ramo; en caso de dudas sobre la materia.

8.6.2 Productos para incorporar al grano en tratamiento preventivos y superficies que entren en contacto con el mismo.

Productos a base de Lindano; productos a base de piretrinas y butóxido de Piperónico;-Productos a base de Malathion; Productos a base de Bromodan; Productos a base de Sevin.

Los insecticidas que usan como preventivos obran en dos formas:

1. Atacan a los insectos en el momento de su aplicación, y

2. Por medio de su poder residual, que se extiende a varios meses, impiden que el grano se reinfeste.

Debido a esto, los productos que se emplean en tratamientos preventivos, se denominan como "Protectores de grano".

Requisito fundamental para su uso.

NO EXCEDER LAS TOLERANCIAS QUE RIGEN PARA SU USO Y SEGUIR LAS INSTRUCCIONES DADAS POR LOS FABRICANTES

Descripción de los productos:

1. Productos a base de Lindano

Es importante no excederse de dos o tres partes por millón de principio activo por tonelada de grano, en tratamientos preventivos, tolerancia que puede aumentarse hasta un maximo de 5 partes por millón en el caso de productos atacados por gorgojos.

2. Productos a base de piretrinas y butoxido de piperonilo

Es una mezcla sinérgica de productos insecticidas, que presenta la ventaja de no dar lugar a ninguna objeción en cuanto a su aplicación en los granos, por parte de las autoridades sanitarias de todos los países del mundo.

De las flores del piretro se extraen la piretrina I y II, principios activos que se emplean en la elaboración de insecticidas domésticos desde hace mucho tiempo.

Las piretrinas son líquidos viscosos, insolubles en el agua, pero solubles en muchos solventes orgánicos (petróleo, bencina, alcoholes, etc.) que se hidrolizan con facilidad, perdiendo rápidamente sus propiedades tóxicas.

Las piretrinas son esencialmente un insecticida de contacto de acción neuromuscular instantánea que mata a los insectos por paralisis y no ofrece prácticamente ningún peligro para los animales vertebrales.

Su poder residual es bajo y de muy corta duración

Los extractos de piretro se estabilizan y se mejora su protección residual con la adición de butoxido de piperonil, compuesto sintético organico de propiedades insecticidas sinergénicas.

El butoxido de piperonil, se emplea a veces solo como insecticida en pulverizaciones emulsiones, polvos mojables, espolvoreos y aerosoles pero su utilización principal tiene lugar cuando se le mezcla con piretrinas.

Las piretrinas sinergizadas se expenden en forma de polvo para espolvoreos y en forma de productos emulsionables.

Una de las mezclas más conocidas en el comercio se conoce con el nombre de Pirenone.

3. Productos a base de Malathion

El Malathion es un insecticida fosforado, que se ha incorporado con éxito a la lucha contra las plagas de los granos almacenados. El principio activo es el Malathion grado técnico, con una riqueza mínima de 95%, siendo un producto soluble en muchos solventes orgánicos y poco en el agua.

Comercialmente se formula en estado líquido concentrado al 50% con solventes y emulsificantes que permiten mezclarlo con el agua y en forma de polvo en concentraciones del 1%.

Los productos comerciales tienen un olor intenso que se asemeja al del sulfuro de carbono, que desaparece luego de haberse efectuado los tratamientos.

La toxicidad del Malathion para el hombre y los animales es una de las más bajas entre los insecticidas comerciales admitiéndose en; Estados Unidos una tolerancia de ocho partes por millón del producto activo. Tiene este insecticida la propiedad de que durante las primeras tres semanas de efectuado el tratamiento se pierde parte del principio activo, pero luego, si la dosis inicial fué prudencialmente alta, el resto permite proteger adecuadamente la mercadería. Debido a esto se considera que la tolerancia de aplicación puede llegar hasta 10 partes por millón del producto activo.

Es necesario tener en cuenta que su manipuleo puede resultar peligroso si se ingiere, inhala o absorbe a través de la piel.

4. Productos a base de Bromodan

Químicamente considerado este insecticida es un brometil-hexaclorobiciclohepteno. El principio activo al estado puro es de color blanco y prácticomente inodoro, funde a 75-79°C y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos, principalmente hidrocarburos clorinados. Es de buena resistencia contra los agentes ácidos pero es atacado por lo álcalis.

Actúa por contacto e ingestión y ha demostrado poseer buenas propiedades gorgojicidas De acuerdo con estudios organizados en Alemania Occidental respecto del Bromodan, el DDT resulta ser 50 veces más tóxico y el Lindano, arriba de 100 veces.

5. Productos a base de Sevin

Como Sevin se conoce, el carbamato sintético que tiene por designación química la de:

1-naftil-N-metilcarbamato. El producto químicamente puro es un sólido cristalino de color blanco, esencialmente inodoro, que funde a 142°C. Es soluble en solventes orgánicos, especialmente en acetona, dimetilformamida y mezcla de cresoles. Los productos comerciales se presentan en forma de polvos y polvos mojables y son eficaces contra una amplia variedad de insectos.

Su toxicidad es inferior a la del DDT, Lindano y no es acumulable en los organismos animales. Actúa por contacto e ingestión.

Nota: Tanto el Bromodán como el Sevin fueron ensayados con éxito por los servicios especializados de la Junta Nacional de Granos de la República Argentina, como "protectores" de los granos almacenados, pero su uso no se ha generalizado aún hasta el punto de que firmas como la Schering que bajo el nombre de Cebicid Dust 5% expende un producto que contiene 5%

de Sevin y 95% de materiales inertes, lo recomienda únicamente para aplicación en cultivos agrícolas.

8.6.3 Productos utilizados para tratamiento curativos. En los tratamientos curativos se trata de estirpar de manera total las plagas que se encuentren en los granos ocasionándoles la muerte en cualquier estado en que se hallen. Se caracterizan los tratamientos curativos por su acción rápida y efectiva y porque no dejan residuos protectores después de su aplicación.

Los productos que se emplean en los tratamientos curativos obran en forma de gas. y la costumbre los ha bautizado con el nombre de fumigantes. En su manual de fumigación contra insectos, Monrro dice: "En la terminología moderna un fumigante es una sustancia química que, a temperatura y presión determinada puede existir en estado gaseoso en concentración suficiente para resultar letal a un insecto perjudicial dado".

Los fumigantes llegan a los tejidos de los insectos mediante la respiración. En ellos, el oxigeno, de acuerdo con su sistema respiratorio, penetra por las aberturas llamadas espiráculos ubicadas a cada lado del cuerpo, continua por la traquia y traqueolos y luego se difunde entrando en solución en el contenido celular.

Los fumigantes pueden obrar en dos formas:

1. Desplazando el aire impidiendo que el oxigeno llegue a los insectos.
2. Ejerciendo su acción química sobre las enzimas respiratorias estorbando así el uso del oxigeno por los tejidos.

Las condiciones que debe reunir un fumigante ideal son:

1. Elevada toxicidad para los insectos
2. Inofensivo para los animales superiores
3. Sin efecto nocivo sobre plantas maderas, metal, cuero, y textiles.
4. Sustancia vaporizable que pueda mantenerse en forma liquida o sólida para facilitar su manejo.
5. Liberación de gas o vapor en forma económica, rápida y fácil.

6. Difusión rápida
7. Que permanezca como gas después de su liberación.
8. Que no sea absorbido por líquidos o sólidos con los que pueda entrar en contacto.

Desde luego el fumigante ideal no se ha encontrado todavía.

Los fumigantes se utilizan para combatir toda clase de insectos que atacan a los granos y deben aplicarse siempre en recintos confinados o sea: En cámaras fijas de presión normal o al vacío. Por circulación forzada del gas tóxico dentro del mismo depósito o silos o bajo carpas impermeables si se trata de productos embolsados o en sacos.

Principales productos utilizados en los tratamientos curativos.

División de los fumigantes

De acuerdo con la forma en que se manejan los fumigantes se pueden dividir en:

1. Fumigantes líquidos
2. Fumigantes gaseosos y
3. Fumigantes sólidos

1. Fumigantes líquidos. Son productos que generalmente se adquieren en forma de líquidos, más o menos densos que a determinadas temperaturas generan gases o vapores más pesados que el aire, desplazándose con relativa facilidad por toda la masa del cereal sometido a tratamiento. Según sus características estos fumigantes se pueden aplicar en dos formas:

   1o. Roci dos en la capa superior de los cereales ya almacenados, actuando por simple gravedad.

   2o. Rociados sobre los granos en el momento de ser ensilados.

En el primer caso podemos considerar el bromuro de metilo y la mezcla tetracloruro de carbono-sulfuro de carbono, usados también como fumigantes

para granos embolsados bajo carpa a prueba de gas.

Como fumigantes líquidos podemos considerar: el Bromuro de metilo, la mezcla tetracloruro de carbono-sulfuro de carbono y otras mezclas líquidas fumigantes especiales como el dicloruro de etileno-tetracloruro de carbono.

BROMURO DE METILO

Algunas propiedades

Fórmula química	CH_3Br
Punto de ebullición	3, 6°C
Peso específico gaseoso (aire=1)	3,27 a 0°C

Límites de inflamabilidad en el aire:	Inflamable
	Ninguno a concentraciones bajas; a concentraciones elevadas huele fuertemente a moho o tiene un olor dulzón que marea
Propiedades químicas pertinentes	Poderoso disolvente de sustancias orgánicas, especialmente caucho natural Cuando está puro no es corrosivo para los metales
Método de desprendimiento como fumigante	De botellas cilíndricas de acero o de latas de 1 libra donde se encuentra licuado a presión.
Pureza comercial:	99,4%
Plásticos que ataca menos:	El polivinilo y el polietileno

Características generales como fumigantes.

No es tan tóxico para la mayoría de los insectos como el HCN y otros fumigantes; sin embargo otras propiedades hacen del bromuro de metilo un fumigante eficaz y de muchas aplicaciones. Las más importantes de esas propiedades son: la facultad de penetrar rápida y profundamente en materiales sorbentes a la presión atmosférica normal; sus vapores se disipan rápidamente lo que permite manejar sin peligro productos a granel después de airearlos convenientemente; es poco soluble en agua; como no es inflamable ni explosivo, se puede usar sin precauciones especiales contra incendios.

A las concentraciones normales de fumigación es inodoro. Este inconveniente se remedia mezclándole un cuerpo que sirva de aviso como la cloropicrina o el acetato de amilo, en el momento de envasarlo. La Cloropicrina se mezcla en proporción del 2%.

TOXICIDAD

El efecto del bromuro de metilo en el hombre y en otros mamíferos parece que varía según la intensidad de la exposición. A concentraciones no fatales inmediatamente, esta sustancia química ocasiona síntomas neurológicos. Las concentraciones elevadas pueden producir la muerte por lesión pulmonar y trastornos circulatorios asociados. La iniciación de los síntomas tóxicos se retrasa y el período de latencia puede variar entre media hora y 48 horas, según la intensidad de la exposición y la reacción personal del paciente.

Al entrar en contacto con la piel del hombre el brumuro líquido o el gaseoso en fuertes concentraciones puede producir ampollas de mayor o menor gravedad.

En los insectos ataca el sistema nervioso y su acción puede retrasarse por lo cual hay que esperar un mínimo de 24 horas para observar la efectividad de su aplicación.

Uso del bromuro en cereales y productos de molinería.

El bromuro se usa extensamente para la fumigación de todos los cereales productos que de ellos se extraen. Por sus buenas condiciones de penetrabilidad es especialmente útil para tratar harinas empacadas pero debe tenerse cuidado en no rebasar las concentraciones ni los períodos de exposición recomendados.

El único material que no debe fumigarse es la harina de soya con toda su grasa porque pueden producirse olores y sabores perjudiciales. Residuos en productos alimenticios fumigados.

La experiencia adquirida en la fumigación de productos alimenticios con bromuro de metilo desde hace más de veinte años, en diversos lugares del mundo, indica que no se producen efectos perjudiciales por la ingestión de alimentos tratados normalmente con este fumigante. Pruebas obtenidas en estudios experimentales demuestran también que el bromuro de metilo, aplicado correctamente, es un fumigante inocuo para productos destinados al consumo humano.

Mezclas de sulfuro de carbono con tetracloruro de carbono.

El sulfuro o bisulfuro de carbono (CS_2) fue uno de los primeros fumigantes empleados en gran escala. Es un líquido incoloro, o amarillento, más denso que el agua (densidad a aproximada: 1,3); gasifica rápidamente a temperaturas superiores a los 18°C; tiene gran poder de penetración y buen efecto mortífero sobre los insectos; los vapores, que son dos y media veces más densos que el aire, deben su desagradable olor fétido a la presencia de impurezas tales como el sulfuro de hidrógeno.

El sulfuro o bisulfuro de carbono figura entre los fumigantes menos poderosos porque se necesitan dosis ponderales relativamente elevadas.

Los vapores del bisulfuro forman con el aire una mezcla muy explosiva y sumamente peligrosa, razón por la cual su uso como fumigante va decayendo cada vez más.

Para disminuir los riesgos de explosión se mezcla con tetracloruro de carbono en proporción de 30% de sulfuro de carbono y 70% de tetracloruro, lo cual forma una mezcla fumigante de bastante uso por ser relativamente económica.

El tetracloruro de carbono casi no se usa solo como fumigante por ser de baja toxicidad para los insectos los cuales obligaría a usar dosis muy elevadas y períodos de exposición muy largos.

El tetracloruro de carbono un líquido de olor similar al éter e incoloro, enérgico disolvente de grasas, ininflamable y no explosivo.

El TC desempeña un papel útil en la fumigación como ingrediente de mezclas, especialmente en el tratamiento de cereales, porque permite reducir el riesgo de incendio de otros fumigantes como el bisulfuro de carbono, el dicloruro de etileno y el acrilonitril●.

Otra particularidad interesante del TC es la de que cuando se mezcla con otros fumigantes de tipo líquido, facilita la distribución del tóxico principal por la masa de cereales. Ejemplo de esto es la mezcla de TC con dibromuro de etileno.

Otras mezclas fumigantes.

El empleo de mezclas líquidas fumigantes es procedimiento muy empleado en países que como Estados Unidos manejan a granel la totalidad de sus granos.

Las mezclas se encuentran ya preparadas para ser utilizadas en los elevadores y silos, pudiéndose aplicar sin necesidad de máscara, debido a que se gasifican lentamente y tienen

una toxicidad relativamente baja para el hombre. Por lo general son compuestos a base de dibromuro de etileno, dicloruro de etileno y tetracloruro de carbono. Los distintos productos activos que forman parte de la mezcla tienen características distintas de operación, actuando el tetracloruro de carbono en las capas inferiores, el dicloruro en la parte media y el dibromuro en el sector superior del grano tratado.

Ejemplos de estas mezclas fumigantes líquidas son los productos que con los nombres de Dowfume EB5, ofrece la Dow Chemical International de EE.UU., cuya composición es la siguiente:

Dowfume 75

Dicloruro de etileno	70%
Tetracloruro de carbono	30%

Dowfume EB-5

Tetracloruro de carbono	64%
Dicloruro de etileno	29%
Dibromuro de etileno	7%

Estas mezclas se aplican fácilmente incorporándolas en forma contínua a la corriente del grano o bien rociando los granos con estos productos en el silo a intervalos regulares, sobre cámaras que no excedan de 3 metros de altura. Además tienen la ventaja de resultar eficaces aún sin ser totalmente hermético el ambiente a tratar.

2. Fumigantes gaseosos. Como fumigantes gaseosos se pueden citar el anhídrido carbónico, el óxido de etileno y el ácido cianhídrico, que en la práctica han sido desplazados por los fumigantes anteriormente tratados debido a que requieren equipos costosos para su aplicación y en el caso del ácido cianhídrico, personal especialmente capacitado por ser este cuerpo de toxicidad muy elevada.

3. Fumigantes sólidos. Dos son los productos principales empleados con éxito, cuya aplicación y comportamiento son semejantes, pues deben incorporarse a la masa del cereal mientras se llena el depósito generando gases tóxicos Cianuro de calcio (granulado).

Las casas fabricantes lo expenden en tambores de 45 Kgs., desde los cuales se vierte el producto sobre la corriente del grano. Al entrar en contacto con el grano el cianuro se descompone generando lentamente gas cianhídrico (HCN) que se difunde por todo el recinto del silo. Después de algún tiempo el gas se disipa y solo queda un residuo de carbonato de calcio o de granalla de cal.

Cuando se trabaja con cianuro hay que tener el cuidado de proveer la mayor ventilación posible a fin de difundir los gases que puedan acumularse en el ambiente en que están colocados los operarios pues las emanaciones del HCN son siempre peligrosas.

La presencia del HCN se reconoce por su característica, olor de almendras amargas.

La mercadería ensilada debe llenar por lo menos el 90% de la capacidad del silo para evitar que el gas se difunda en recintos no ocupados lo cual se traduce en disminución de la concentración del gas en el aire intergranular.

No conviene fumigar con cianuro el maíz blanco porque se mancha y, en consecuencia, se rebaja su calidad comercial.

Toxicidad del HCN

El HCN es un veneno poderoso de acción rápida. En el hombre y en los animales de sangre caliente produce la asfixia al inhibir las enzimas respiratorias y hace que los tejidos sean incapaces de absorber oxígeno de la sangre en forma normal. La acción tóxica es reversible. En la práctica esto significa que una persona que haya perdido el conocimiento por completo a causa de los efectos del cianuro,

pero cuyo corazón siga latiendo todavía, puede recuperarse aún si se le aplican a tiempo antídotos y remedios apropiados.

En cuanto a los insectos, el HCN es uno de los tóxicos más eficaces que se conocen. Tiene también un rápido efecto paralizador sobre muchas especies, que debe tenerse en cuenta cuando se fumiguen granos porque las concentraciones subletales pueden producir una muerte aparente o sea lo que alguien llamó la "estupefacción protectora". Desde el punto de vista práctico esto significa que las concentraciones recomendadas deben alcanzarse lo más rápidamente posible durante la aplicación del fumigante.

Fosfuro de aluminio

En el comercio se expende en forma de tabletas o pastillas un compuesto químico formado por fosfuro de aluminio y carbamato amónico, que al exponerse a la humedad se descompone lentamente dando fosfamina (H_3P), hidróxido de aluminio y anhídrido carbónico.

La fosfamina, fosfina o fosfuro de hidrógeno es un gas inflamable y muy venenosos.

El empleo en forma de tabletas tienen dos ventajas muy importantes para el manejo de la fosfamina en fumigación de granos: 1o. La mezcla de los gases desprendidos resulta incombustible y 2o. la liberación de la fosfamina se retrasa, con lo cual se disminuyen los peligros de envenamiento para las personas que aplican el producto. Los comprimidos tienen peso de 3 gramos cada uno y al contacto con la humedad ambiente o con el propio grano, empiezan a desprender fosfamina aproximadamente una hora después de introducirlos en el cerealmhasta quedar finalmente un residuo formado por hidróxido de aluminio inerte que desaparece cuando se mueve el grano.

Con temperaturas del grano superiores a 15°C y humedades granulares por encima del 10%, la

descomposición se completa a los tres días; a niveles inferiores de temperatura y humedad se prolonga hasta cinco días.

Según los fabricantes, las autoridades competentes de los Estados Unidos han declarado que el producto no deja residiuos tóxicos en los granos tratados y en consecuencia está exento de tolerancias.

Toxicidad de la fosfamina. La fosfamina es muy venenosa para el hombre. La concentración máxima permisible para una exposición diaria contínua es muy baja. La fosfamina tiene un olor que recuerda el del carburo y se dice que, incluso a bajas concentraciones, este olor advierte suficientemente de la presencia del gas.

Productos comerciales. Uno de los productos comerciales más conocidos para la generación de fosfamina, se expende bajo el nombre de Phostoxin.

8.6.4 Dósis y concentraciones. Hay que distinguir con toda claridad la diferencia que existe entre dosis y concentración.

8.6.4.1 Dósis. Es la cantidad de fumigante aplicada para un volumen determinado. Se expresa en dos formas: peso de la sustancia química aplicada por volumen tratado o; volumen de la sustancia química aplicada por volumen tratado.

Peso por volumen. Para la designación práctica de la dosis, está forma de expresión es la más conveniente por dos razones: el peso del fumigante y el volumen del espacio en que está contenido el grano pueden determinarse fácilmente. En el sistema métrico decimal el peso por volumen se expresa en gramos por metro cúbico. Ejemplo: para fumigar maíz en silos con bromuro de metilo se recomienda la dosis de 30 gramos de bromuro por metro cúbico de capacidad de silo.

En el sistema inglés el peso por volumen se expresa en libras u onzas aveirdupois por

millar u onzas aveirdupois millar de pies cúbicos. Ejemplo: para fumigar arroz en cáscara en silos con bromuro de metilo se recomienda la dosis de una libra de bromuro por por cada 1.000 pies cúbicos de capacidad de silo.

En los informes experimentales de laboratorio, las dosis se expresan en miligramos por litro (mg/l), que equivale a gramos por metro cúbico.

Volumen por volumen. A veces en el tratamiento de cereales se utilizan fumigantes de tipo líquido y la dosis se puede expresar en litros por metro cúbico de espacio tratado o en galones por un número determinado de bushells.

8.6.4.2 Concentración. Desde el momento en que una dosis cualquiera de fumigante penetra en el recinto que se va a fumigar, desaparecen progresivamente moléculas de gas del espacio de que se trata, bien sea por el proceso de sorción y solución o por escape real del sistema como a veces ocurre. La concentración es la cantidad real de fumigante presente en el espacio aéreo de cualquier parte del sistema de fumigación en un momento dado. Puede decirse, por tanto, que la dosis es siempre conocida porque es una cantidad determinada de antemano y en cambio la concentración tiene que investigarse analizando muestras si quiere conocerse puesto que varía con el tiempo y el espacio debido a los factores enumerados y a otros que intervienen en la fumigación.

En las relaciones entre gases y sólidos, sorción es el término utilizado para describir la retención total de gas resultante de la atracción y la retención de moléculas por todo material sólido presente en el sistema.

En la práctica para contrarrestar el fenómeno de sorción se aplica una dosis ligeramente más elevada que la que se considere satisfactoria para el tratamiento de un grano determinado y en cuanto a la pérdida por escapes debe cuidarse mucho que se reduzca al mínimo posible con el fin de asegurar el éxito de la fumigación.

En general, para que una fumigación resulte efectiva es indispensable que la concentración del fumigante se mantenga durante un período suficiente de tiempo.

8.6.4.3 Período de exposición. El tiempo que el fumigante necesita estar en contacto con el grano para provocar la muerte de los insectos se conoce como "el período de exposición", que depende entre otras cosas, de la concentración alcanzada por la aplicación de una dosis determinada.

A menores dosis, mayor período de exposición y a la inversa.

La temperatura del lugar en que se trabaja tiene también un papel de importancia en la dosificación y en el período de exposición porque cualquier fumigante es mucho más efectivo a temperaturas elevadas que a temperaturas bajas; ello depende del punto de ebullición del producto de que se trate.

Teniendo en cuenta lo anterior y algunos otros factores de importancia, se puede decir que sobre la concentración de los fumigantes en un espacio determinado, influyen:

1) La hermeticidad de la cámara o espacio por fumigar.

2) Las dosis aplicadas

3) La distribución del fumigante que depende de:
   a. El punto de aplicación
   b. La densidad del fumigante usado
   c. La circulación

4) La temperatura

5) La naturaleza del producto fumigado que incluye:
   a. Tamaño de las partículas (grano, harina, etc.;
   b. Limpieza del producto;
   c. Humedad del mismo;
   d. Capacidad de absorción

6) Método de embalaje. En general el embalaje disminuye la efectividad de los fumigantes.

7) Sistema de apilamiento. Apilamientos espaciados permiten la penetración más rápida del fumigante.

8.7 Aplicación de Insecticidas. Labores de limpieza y desinfectación de instalaciones, equipos, medios de transporte y empaques

8.7.1 Bodegas desocupadas para mercadería en sacos.

1. Antes de proceder a ocupar la bodega se barrerán a fondo los techos, paredes, columnas, planchones de madera (pisos removibles para colocación de mercadería), pisos, etc. haciendo llegar la acción enérgica de esta tarea a todo lugar o hendija que pueda servir de escondite a los insectos. Estas tareas deberán ejecutarse en el orden anotado, es decir, iniciarlas con el barrido de los techos, seguir con las paredes, etc., y por último los pisos. Conviene mucho que en el desarrollo de este trabajo se humedezcan ligeramente las superficies con agua y desinfectante, para evitar que se levante polvo que se depositaría de nuevo en las superficies barridas y ocasionaría además molestias a los trabajadores encargados de la limpieza. El humedecimiento debe ser suave, sin mojar, calculando bien la cantidad de líquido a emplear. Esta labor, desde luego, solo se puede hacer de manera satisfactoria cuando se usan máquinas asperjadoras adecuadas.

2. Se recogerán cuidadosamente los residuos de la limpieza y se destruirán por el fuego.

3. Se aplicarán los insecticidas de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

Para paredes, techos y superficies que no hayan de quedar en contacto con los granos:

DDT- en polvo mojable al 50% de concentración.
½ kg. en 1,5 hasta 2,5 glns. de agua por

cada 100 ms^2. de superficie.

LINDANO. En polvo para espolvoreo, concentración de 1% de Isómero gamma.
1 a 2 kgs. de polvo por cada 100 ms^2. de superficie.

MALATHION- en líquido, al 57% de concentración 250 centímetros cúbicos del producto líquido en 1,5 a 2,5 galones de agua, por cada 100 ms^2. de superficie. (2,5% y 1,5% aproximadamente de producto puro).

CLORDANO- en polvo mojable al 40 o 50% de concentración.
½ kg. en 1,5 hasta 2,5 glns. de agua por cada 100 ms^2 de superficie.

OTROS PRODUCTOS, según recomendaciones de los fabricantes.

La cantidad exacta de agua para una área dada se determina mediante la práctica y de acuerdo con el equipo de aspersión de que se disponga.

8.7.2 Bodegas que contienen mercadería en sacos

En estos casos se hace la misma cuidadosa labor de limpieza descrita en el punto 1), incluyendo el barrido de los encarres de grano que tengan polvo o suciedad.

Para los techos, paredes, columnas, planchones, pisos y encarres de mercadería se utilizarán solamente insecticidas como el Lindano, Malathion, Piretrinas y otros productos de los recomendados para incorporar a la mercadería. Cuando existen granos en la bodega, es mejor no usar el DDT, ni el Clordano para el tratamiento de las superficies por el peligro de que el grano pueda contaminarse al hacer la aplicación de dichos productos.

El Lindano, el Matathión y las Piretrinas, se aplicarán en las proporciones indicadas en el punto 3).

8.7.3 Encarres en formación.

1. Espolvorear o asperjar el piso o los planchones.

2. Espolvorear o asperjar cada camada o plancha de sacos a medida que se va construyendo el encarre.

3. Al terminar el encarre, espolvorear o asperjar las caras laterales y la superior, lo mismo que el piso, las paredes y las columnas adyacentes, si las hay.

Al hacer las aspersiones tengase cuidado para humedecer y no mojar los encarres de sacos.

4. Repetir periódicamente la aplicación de insecticidas según lo dicho en el parágrafo anterior.

8.7.4 Encarres o pilas ya formadas. Después de una rigurosa limpieza de toda la bodega y del barrido de las caras de los encarres (arrumes o pilas) de mercancía en sacos, se procede al espolvoreo o aspersión de los encarres, extendiendo esta labor a todas las superficies interiores del depósito.

La periodicidad de los tratamientos posteriores se halla condiconada al mayor o menor grado de infestación de los encarres y a la temperatura del lugar en que se trabaja.

Al segundo o tercer día de hecha la aplicación de insecticidas, aparecen un gran número de insectos muertos o seriamente afectados en las bases de los encarres y superficies adyacentes, que provocan el deseo de barrerlas de inmediato en la creencia de que los insectos pueden diseminarse o infestar otros encarres. En realidad, como la acción de los insecticidas que se usan es irreversible, los insectos afectados mueren al cabo de algún tiempo, (máxime al quedar en contacto con el insecticida esparcido en el piso.

Por tal razón "no deben barrerse los pisos alrededor de los encarres sino hasta después de cuatro días y en caso de hacerlo antes, por cualquier circunstancia, reemplazar la protección residual con una nueva aplicación de insecticida".

8.7.5 En silos. Antes de guardar el grano en silos se procederá a realizar las siguientes tareas de limpieza:

1. Estando el silo desocupado, se humedecerán razonablemente sus paredes interiores con agua y desinfectante antes de comenzar las tareas de rasqueteado y barrido.

2. Se barrerán prolijamente las paredes del silo rasqueteando si existen incrustaciones que lo requieran y volviendo a humedecer las paredes si fuera necesario, para evitar que los obreros trabajen en un ambiente insalubre.

3. Se recogerán cuidadosamente los residuos de la limpieza y se destruirán por el fuego.

4. Desde la boca superior del silo se aplicará insecticida en polvo, dirigiendo en todo sentido el pico de la máquina espolvoreadora, o bien líquido de la asperjadora, para obtener una distribución uniforme de insecticida en las paredes.

5. La labor de limpieza y aplicación de insecticida se extenderá a las patas de los elevadores, transportadores, tolvas de recibo, parque de máquinas, etc., durante los períodos en que permanezcan inactivos.

6. No deben espolvorearse o asperjarse insecticidas que no estén expresamente recomendados p para ser incorporados al grano.

8.7.6 Desin ectación de medios de transporte. Los vagones de ferrocarril, camiones, etc. usados para el transporte de granos, se barrerán cuidadosamente y luego se tratarán con insecticida en polvo o en líquido para eliminar hasta donde sea posible el peligro de difusión y contaminación.

8.7.7 Desinsectación de empaques desocupados. Se utilizarán insecticidas a base de Lindano, Matathión, Piretrinas sinergizadas, etc., procediéndose en esta forma:

1. Se desatan los bultos de empaques desocupados, se extienden sobre un piso uniforme, un saco al lado de otros, en varias filas y se tratan de un solo lado hasta que quede sobre ellos una ligera capa uniforme y perceptible de polvo o bien se humedecen ligeramente.

2. Se juntan los sacos tratados, colocando el lado no tratado de uno contra el lado tratado del siguiente, hasta completar el número de sacos que se acostumbre dejar en cada bulto y se amarran de nuevo.

3. A los encarres o pilas de sacos o bolsas así tratados, se les aplica un espolvoreo o aspersión que se repite cada 15 o 20 días en caso de que no se utilicen inmediatamente.

4. Si existen en depósito encarres de sacos desocupados que no pueden tratarse de inmediato en la forma descrita, por lo menos deben aplicarse espolvoreos o aspersiones externas cada 15 o 20 días hasta que se presente la oportunidad para realizar el trabajo completo.

5. Si la existencia de empaques es considerable y se dispone de equipo y material para fumigación bajo carpas este tratamiento, es desde luego el más efectivo y económico de todos. Para fumigación de empaques puede usarse dosis y tiempos un poco mayores que las acostumbradas para tratar granos.

8.7.8 Aplicación de insecticidas protectores al grano. Dosis. En el cuadro siguiente, se indican las dosificaciones de los productos insecticidas más usuales, expresadas en la cantidad de gramos necesarios para tratar 100 Kgs. de mercadería.

Cuadro de dosis

Producto	Principio activo	Dosis	Poder tóxico residual (actividad insecticida
Piretrinas sinergizadas con butóxido de piperonilo	0,06% de piretrinas y 1% de butóxido de piperonilo	100 a 120 gms. por 100 Kgs.	Seis meses aproximadamente.
LINDANO (Polvo)	0,6%	80 grms. por 100 Kgs.	Seis meses aproximadamente
	1,0%	50 grms por 100 Kgs.	
MALATHION (Líquido)	50%	20 cm3. por tonelada, más 300 o 700 cms^3 de agua (1)	Seis meses aproximadamente
MALATHION (polvo)	1,0%	100 grms por 100 Kgs.	Seis meses aproximadamente
BROMODAN (polvo) (2)	5,0%	100 gramos por 100 Kgs.	Seis meses aproximadamente
SEVIN (polvo) (2)	5,0%	50 gramos por 100 Kgs.	Seis meses aproximadamente

1/ La cantidad de agua puede ser inferior a 300 cms^3. por tonelada si se dispone de un equipo adecuado de aspersión.

2/ En el curso de los ensayos realizados por la Junta Nacional de Granos de la República Argentina se comprobó la eficacia de este insecticida como protector de granos.

La columna "poder tóxico o actividad insecticida" que figura en el cuadro, indica la persistencia de la acción protectora de los insecticidas en la mercadería tratada.

La característica principal de los insecticidas protectores es la de prevenir infestaciones en el grano almacenado, razón que obliga a tener siempre presente que:

1. Su acción no será efectiva si la mercadería está infestada y

2. La protección que ofrecen se verá anulada, o muy disminuída, si no se toman las medidas complementarias que ayuden a contrarrestar la infestación en el resto de la instalación o recinto dedicado al manejo y almacenamiento de los granos (labores de limpieza y desinsectación de instalaciones, equipos, etc.).

3.7.9 Factor de tolerancia. Se entiende por "tolerancia", las cantidades de principio activo residual contenidas en un insecticida que son admisibles para incorporar a un peso determinado de grano sin que provoquen efectos nocivos en los animales de sangre caliente.

Ejemplo: Al hablar del Malathion, en el presente texto, se dijo que la tolerancia de aplicación podría llegar hasta 10 partes por millón del producto activo, lo cual significa:

10 gms. de principio activo por 1'000.000 de grms. de cereal o 1 grm. de principio activo por cada 100 Kgs. de cereal.

Si observamos el cuadro de las dosis vemos que se recomienda aplicar 100 gramos de Malathion en polvo, del 1% de concentración, para cada 100 Kgs. de grano o sea efectivamente, 1 gramo de principio activo por 100 Kgs. de cereal.

Las dosis que figuran en el cuadro que se comenta son las máximas compatibles con las tolerancias por cual no deben sobrepasarse bajo ninguna circunstancia.

Cuando se usen productos comerciales de mayor o menor concentración que los incluídos en el cuadro de dosis, se harán los ajustes en las dosis de producto bruto a emplear para que siempre se aplique la cantidad recomendable de principio activo y nunca una mayor.

Ejemplo: Si se usa Malathion en polvo, del 4% solamente se podrán aplicar 25 grms de producto bruto por cada 100 kgs. de grano.

El factor de tolerancia impide, desde luego que una mercadería reciba dos tratamientos con el mismo insecticida protector por las consecuencias que puede acarrear el exceder los límites fijados.

8.7.10 Aplicación de insecticidas curativos para fumigar mercadería infestada. Las dosis de fumigantes a emplear para el tratamiento de cereales dependen en orden de importancia de los siguientes factores, la mayoría de los cuales se enumeró cuando se trató sobre su influencia en la concentración de los fumigantes:

1. Infestación y especies presentes;
2. Naturaleza del producto (tamaño de las partículas, limpieza del producto, humedad del mismo, capacidad de absorción);
3. Tiempo de exposición;
4. Hermeticidad de la cámara, recinto o coberturas instaladas;
5. Método de aplicación (del cual depende en gran parte su distribución adecuada);
6. Temperatura ambiente en el interior del grano

Son varios pues los conocimientos que deben tenerse en cuenta para lograr una efectividad completa en el manejo de los fumigantes.

La Junta Nacional de Granos de la República Argentina en su publicación "Desinsectación de Granos Almacenados", trae el siguiente cuadro;

8.7.11 Dosificaciones medias para fumigantes

Producto	En silos, elevadores u otras instalaciones (hermetizables). Por simple gravedad	Por recirculación forzada	Exposición mínima. Poder tóxico residual (actividad insecticida)
Bromuro de Metilo (gas licuado)	50 grms/m3 de capacidad de silo	- - - -	72 horas
		30 grms/m3 de capacidad del silo, etc.	24 horas
Sulfuro de carbono: 30% Tetracloruro de carbono: 70% Mezcla (líquido)	200 a 250 cms.3/m^3 de capacidad del silo, etc.	- - - -	72 horas
Cianuro de calcio granulado (sólido)	128 grms./m3 de capacidad del silo, etc.	- - -	6 a 10 días
Fosfuro de aluminio tabletas (sólido)	15 tabletas por tonelada		3 días
	12 tabletas por tonelada		4 días
	8 tabletas por tonelada		5 días

Las dosificaciones anteriores, especialmente en cuanto al Bromuro de Metilo se refiere, pueden variar y en realidad varían de manera considerable, cuando se trata de la práctica de la fumigación en nuestros medios tropicales, según puede verse a continuación:

8.7.11 Bromuro de Metilo. En Colombia po lo menos, el bromuro de metilo se ha convertido en el fumigante preferido por las razones siguientes:

1. Su efectividad contra la mayoría de los insectos que atacan los granos.

2. Las dosis relativamente bajas que son necesarias para conseguir efectos satisfactorios.

3. La posibilidad de aplicación inmediata y rápida en silos y en mercadería embolsada bajo carpa.

4. La economía de su aplicación.

5. Se encuentra con facilidad en el mercado.

8.8 Fumigación bajo carpas o encerados (maíz, arroz, trigo, sorgo, etc.).

Para carpas de cierre relativamente hermético y encarres de altura no mayor de 5 metros en total, mercadería en sacos de fique o yute no muy tupidos, que son los corrientes en nuestro medio y pisos de cemento, la dosis corriente es la de 1¼ libras de Bromuro de Metilo por cada 1.000 pies cúbicos de espacio para una exposición de 24 horas. Cuando se unen varias carpas y la hermetización resulta un poco deficiente, se utiliza una dosis de 1½ libras de Bromuro por cada 1.000 pies cúbicos y una exposición de 24 horas.

Traducido al sistema métrico, las dosis anteriores dan las equivalencias siguientes:

20 grms. de Bromuro por m^3 de espacio para 24 horas;
24 grms. de Bromuro por m^3 de espacio para 24 horas.

8.9 Tamaño de las carpas.

Las usuales tienen los siguientes tamaños y capacidades:

de 20' x 20' para aproximad. 150 bultos de grano de 62½ kgs
de 30' x 30' para aproximad. 400 bultos de grano de 62½ kgs
de 40' x 40' para aproximad. 700 bultos de grano de 62½ kgs

El tamaño de las carpas lo ha determinado la facilidad de su manejo; las de tamaño mayor que las anteriormente descritas resultan muy pesadas y voluminosas y se rompen al extenderlas sobre los bultos.

Cuando es necesario se hacen encarres muy grandes en los cuales se emplean hasta 5 carpas de 40' x 40', uniéndolas adecuadamente.

Las carpas deben ser livianas, no porosas, resistentes y que impidan el paso de la luz para evitar que las perforen los roedores alojados en los encarres, que tratan de escapar cuando comienzan a sentir los efectos del gas.

Las coberturas o carpas se hacen generalmente con los siguientes materiales:

1. Con telas engomadas. Son telas de algodón impregnadas con caucho sintético, impermeables, pero bastante pesadas.

2. Con telas plastificadas. Son mallas o telas ralas de algodón, recubiertas de cloruro de polivinilo que las hace resistentes y más livianas que las anteriores.

3. Con láminas plásticas. Son láminas de polivinilo o polietileno unidas electrónicamente o con cementos sintéticos apropiados.

8.10 Instrucciones Generales para Ejecutar la Fumigación en Bodegas

Además de los pasos incluídos en el punto 8.5.1, debe tenerse presente lo siguiente:

1. Revisión cuidadosa de las carpas que se van a utilizar, para constatar que éstas no estén rotas o porosas, que permitan el escape del gas.

2. Las carpas deben asegurarse en su parte inferior solamente con los talegos prensacarpas. El empleo de bultos ocasiona daños a las carpas; el manipuleo de éstos es más difícil y se corre el riesgo de reinfestación del arrume.

3. Revisión de los aplicadores y sus correspondientes mangueras, con el objeto de comprobar su buen estado para el servicio.

4. Las mangueras de los aplicadores deben distribuírse uniformemente en la plancha superior del arrume, de tal manera que cada una de las usadas, cubra una superficie aproximada de diez metros cuadrados.

   El extremo de cada manguera usada deberá asegurarse introduciendolo por el centro de dos bultos de la plancha superior del arrume colocados en forma de caballete, cuidando que la parte perforada o extremo, quede en la cámara formada por los dos bultos.

5. El arrume con dimensiones de 9.20 por 6.90 y 5 metros de altura esta proyectado para cubrirlo con 4 carpas de 12 metros cuadrados cada una y por lo tanto deben tomarse las precauciones necesarias para que los empalmes queden herméticos.

6. Para dosificar el Bromuro de Metilo se cubrirá el arrume multiplicando el largo por el ancho y por el alto de éste. La dosis de Bromuro de Metilo es de una libra por cada 28 metros cúbicos o fracción.

7. El arrume debe mantenerse carpado durante 24 horas como mínimo y despues de este tiempo se separan las carpas, teniendo la precaución de darle toda la ventilación a la bodega.

8. Para prevenir reinfestación tanto antes como después de la fumigación con Bromuro de Metilo, debe practicarse una aspersión con Malathion (1 galon de Malathion líquido emulsificable del 57% por 30 galones de agua) en los pisos, muros, techos y mercancias almacenadas en la bodega.

9. Aunque en las inspecciones quincenales no se detecten indicios de infestación, deben practicarse aspersiones generales (mercancias, bodegas, silos y maquinaría), cada 30 días con Malathion de la misma concentración dada en el punto anterior.

10. En las aspersiones anteriores, deben incluírse los empaques, las barreduras y las estibas.

11. Al hacer las aplicaciones de Malathion deben tomarse las precauciones necesarias para evitar contaminación de mercancias tales como manteca, aceites, azúcar, panela, sal, harina, etc.

8.10.1 Medidas para conservar el equipo de fumigación

En el éxito de toda campaña contra el ataque de insectos, es factor primordial el buen estado y conservación de los productos y elementos que se usan para tal fin; por lo tanto es indispensable tener en cuenta las siguientes consideraciones.

Carpas de Fumigación:

1. Estas no deben arrastrarse, ni pisarse.
2. Para guardarlas deben limpiarse convenientemente y doblarse cuidadosamente, teniendo en cuenta que la cara revestida de plástico quede hacia adentro.
3. Deben conservarse en lugares secos y donde no corran riesgo por ataque de roedores.
4. Por ningun motivo deben usarse para fines distintos a los de fumigación

Mangueras de los aplicadores:

1. Mientras no estén en uso deben conservarse convenientemente enrolladas, para evitar su rotura.
2. Cuando estén en uso se debe evitar pisarlas, para que no se dañen.

Aplicadores:

Una vez usados, deben limpiarse cuidadosamente, con el fin de evitar que la acción del fumigante los deteriore.

Aspersores:

Después de utilizados deben lavarse completamente y colocarlos en tal forma que el recipiente escurra para evitar daños por oxidación del metal.

Insecticidas:

Deben guardarse en lugares adecuados para evitar su alteración y el daño del empaque.

8.11 Fumigación en silos o recipientes hermetizables, por simple gravedad

El Bromuro se aplica en la parte superior del silo, en el espacio que siempre queda libre entre la superficie del grano y la tapa del silo, espacio que sirve de cámara de gasificación.

Para silos de menos de 12 ms. de altura (incluído el cono) basta una sola inyección en proporción de 50 grms. por m^3 de capacidad de silo y una exposición de 72 horas para que el gas alcance a penetrar hasta el fondo. La penetración del gas se facilita removiendo el contenido mediante un trasiego o transile si el grano lleva algún tiempo de almacenado.

Si la cantidad de grano excede los 12 metros, es indispensable bajar dicha altura hasta los 12 metros, y el resto de la mercancía que fue menester transilar se fumigará en otro silo o bien se volverá al silo original una vez transcurrido el tiempo de exposición, agregando una dosis adicional de 50 grms/m^3 sobre la mitad del volumen total del silo y dejando una exposición adicional de 72 horas. Para silos de más de 12 metros de altura resulta así una dosis total de 75 gramos por metro cúbico de espacio.

La fumigación con Bromuro de Metilo en silos o recipientes hermetizables, por simple gravedad, tienen según acaba de verse, las objeciones siguientes: 1o. Dosis elevada; 2o. Tiempos de exposición prolongados. Las dosis elevadas aumentan notablemente los costos; dosis elevadas y tiempos de exposición prolongados pueden causar daños en el grano y aumentar el Bromuro residual en el grano tratado.

A pesar de sus buenas características de penetración no es posible obtener una distribución uniforme del Bromuro en silos o en capas de grano cuya profundidad sea mayor de 6 metros.

8.12 Fumigación con Bromuro en silos o en otros recipientes equipados con mecanismos para recirculación del fumigante

Los inconvenientes anotados para la fumigación por gravedad se eliminan con la instalación de facilidades para la recirculación del gas. En principio el método es muy sencillo. Un abanico colocado en la parte inferior del silo impulsa el gas por un

conducto que penetre en la parte media del cono o tolva; una manguera o ducto que parte de la tapa del silo, regresa el gas al abanico y así el ciclo continúa hasta que se consigue uniformar la concentración del Bromuro en el recinto del silo. Luego se detiene el abanico por el tiempo que requiera el período de exposición terminado el cual, se desconecta la manguera o conducto que sirvió para la recirculación del gas, se pone en funcionamiento nuevamente el abanico y se insufla aire puro a través del grano hasta eliminar por completo el Bromuro. Naturalmente, el equipo que vaya a usarse debe diseñarse teniendo en cuenta la cantidad de grano, la altura del silo, el tipo de grano y el régimen de aireación que convenga establecer para que se logre circular entre 8 y 10 veces el volumen total del aire contenido en el silo dentro del menor término posible (20 a 30 minutos deben ser suficientes para esta operación).

En algunos países (Suiza e Inglaterra, especialmente), se encontró que la concentración del Bromuro era uniforme después de hacer circular cuatro veces el volumen de aire contenido en un silo lleno de grano.

En Colombia la mayoría de las instalaciones de silos de propiedad oficial o particular, están equipadas en la actualidad con mecanismos para la recirculación de fumigantes y para la aireación del grano. El equipo usado va desde baterías móviles para servir todos los silos de un conjunto hasta baterías estacionarias conectadas por ductos y llaves que incorporan dispositivos especiales para medir las concentraciones del fumigante.

Teniendo que combatir los ataques de las plagas de manera continua durante todo el año, en los países tropicales se hace imprescindible contar con instalaciones eficaces para aplicar fumigantes por recirculación.

Para sistemas de recirculación se han empleado con éxito dosis de 1 a 1¼ libras de Bromuro por cada 1.000 pies cúbicos de capacidad de silo o sea: de 16 a 20 gramos por metro cúbico, para una exposición de 24 horas.

8.12.1 Instrucciones para la Fumigación en Silos con Bromuro de Metilo

Después de constatar la necesidad de fumigar, se debe proceder de la siguiente forma:

1. Tapar cuidadosamente las compuertas, ensambles y orificios por donde se puede escapar el gas.

2. Calcular el volumen del silo en donde se encuentra el grano que se va a fumigar. El volumen del silo se calcula así:

Volumen del cilindro con la siguiente fórmula: $\pi r^2 h$

En la que: π = 3.1416

r^2 = cuadrado del radio.

h = altura del silo

Volumen del cono con la fórmula siguiente: $\pi \frac{r^2 h}{3}$

Sumando el volumen del cilindro y el volumen del cono, se obtiene el volumen total del silo.

Ejemplo:

Se trata de averiguar el volumen de un silo de las siguientes dimensiones:

Cilindro:

Radio 3 metros
Altura 20 metros

Cono:

Radio 3 metros
Altura 2 metros

Entonces:

Volumen del Cilindro:

$\pi r^2 h$ = 3.1416x9x20 = 565.4 metros cúbicos.

Volumen del cono:

$\frac{\pi r^2 h}{3} = \frac{3.1416x9x2}{3}$ = 18.8 metros cúbicos

Volumen total del silo:

565.4 + 18.8 = 584.2 metros cúbicos.

Como la dosis de Bromuro de Metilo es de una libra para cada 28 metros cúbicos, o fracción, para este silo se deben aplicar:

$$\frac{584.2}{28} = 21 \text{ libras de Bromuro de Metilo}$$

La dosificación del Bromuro de Metilo se calcula con el volumen total del silo, cámara o bodega donde se encuentre el producto que se va a tratar. Es decir que la dosificación es indiferente al número de bultos o kilos que contenga la instalación.

3. Para la aplicación del insecticida, de acuerdo con el sistema de recirculación del gas a través de la masa del grano, se procede en la forma siguiente:

Después de revisar el acople de las mangueras del ventilador a la parte superior y al cono del silo, se acciona el motor para que el aire inicie la circulación, succionando en el cono e insuflando por la parte superior.

Una vez que el aire esté en circulación, se aplica el Bromuro de Metilo por la parte superior del silo y de acuerco con la cantidad necesaria para el volumen de éste.

El gas recircula dentro de la masa de grano y esta operación debe prolongarse por espacio de 25 minutos.

Cumplidos los 25 minutos, se dá por terminada la operación, retirando los elementos usados y tapando las bocas de acople de las mangueras.

Después de 24 horas se considera que el Bromuro de Metilo ha efectuado la desinfestación.

Pasado el período de exposición del fumigante se debe muestrear el grano especialmente en el cono del Silo, para asegurarse del efecto causado por la aplicación del Bromuro de Metilo. En caso de que persista la infestación se debe proceder a refumigar el Silo.

Cuando no se disponga de equipo para fumigar por el sistema de recirculación, se aplicará el Bromuro de METILO en la parte superior del Silo, después de haber hermetizado éste y calculado la dosis correspondiente.

También se puede dividir la dosis para aplicar el Bromuro de Metilo en la parte superior, en la ventanilla de inspección y en el cono del Silo.

8.12.2 Mezcla de Sulfuro de Carbono (30%) y Tetracloruro de Carbono

El líquido se aplica desde la abertura superior del silo, rociando el grano a intervalos regulares, en capas no mayores de tres metros de espesor. La mezcla se incorpora mediante un tubo desde el exterior a razón de 200 a 250 cms^3/m^3 según la capacidad del silo. Luego se tapa la boca del silo en la forma más hermética que sea posible. Para mezclas de contenido distinto de bisulfuro y tetracloruro deben seguirse las dosificaciones recomendadas por los fabricantes.

8.12.3 Cianuro de Calcio (granulado)

En contacto con la humedad del ambiente o la humedad del grano genera un gas sumamente tóxico que es el ácido cianhídrico.

Se aplica a la corriente del grano y para ello, se requiere trasegar o transilar en su totalidad el grano que se quiere fumigar. El tambor que contiene el cianuro se suspende de un soporte especial sobre la corriente del grano cuyo aforo se averigua con anterioridad. Un corte especial practicado en el tambor que contiene el cianuro y la aplicación en dicho corte de un dosificador especial permite ajustar la salida de los gránulos al flujo del grano en forma que se incorpore la dosis correspondiente de cianuro por tonelada de grano.

Como la dosis fundamental es la de 128 gramos de cianuro por m. cúbico de capacidad de silo, la conversión a gramos de cianuro por tonelada de grano, se hace sirviéndose del peso hectolítrico del grano de que se trate. Ejemplo: Si se trabaja con maíz que tiene 75 Kgs. x hectolitro, el metro cúbico de dicho maíz pesará 0,750 toneladas. Para la tonelada de maíz resulta en este caso una dosis de 171 grms. de cianuro de calcio (granulado).

8.12.4 Fosfuro de aluminio

Se encuentra en forma de tabletas o pastillas que al ponerse en contacto con la humedad del ambiente o del grano genera un gas tóxico llamado fosfamina.

Se aplica por medio de un dispositivo especial directamente en el silo, de acuerdo con la velocidad de entrada del cereal y según la dosificación que se encuentra en el cuadro de Dosificaciones medias o sea: a razón de 8 tabletas por tonelada si el período de exposición es de 5 días; a razón de 12 tabletas por tonelada para 4 días de exposición y a razón de 15 tabletas por tonelada si el silo ha de permanecer cerrado solo 3 días.

La dosis de 15 tabletas es la usual para silos o depósitos que no se pueden hermetizar totalmente, caso en el cual el período de exposición se puede ampliar a 5 días para mayor seguridad en el tratamiento.

8.12.5 Observación importante (Grano en silos)

La aireación del grano después del período de exposición es de mucha importancia. Desgraciadamente éste solo se logra de manera relativamente fácil y eficaz cuando se dispone de equipos de recirculación. La inclusión de éstos cuando se diseñan nuevas instalaciones o su adición a las ya existentes es pues de consideración forzosa para asegurar en nuestros medios tropicales la conservación adecuada de los granos. La inversión adicional que ésto implica se recupera prontamente con el uso de dosis relativamente bajas, la rapidez con que se puede operar en un momento determinado y la ventaja considerable de evitar la diseminación de la infestación cuando se efectúa el transile de grano infestado o con manchas de infestación.

8.12.6 Anotaciones sobre la aplicación de los insecticidas protectores

En las instalaciones de algún tamaño que manejan grano suelto o a granel, la forma práctica y efectiva de incorporar al grano los productos protectores a base de polvos insecticidas o de diluciones acuosas, consiste en utilizar un dosificador mecánico regulable que agregue el insecticida a la corriente del grano en el momento de almacenarse éste en el silo o depósito, de acuerdo con las dosis correspondientes.

Cuando se maneja grano en sacos la única posibilidad de aplicar económicamente este tipo de insecticida sería con un dosificador especial intercalado en la corriente del grano que va a los sacos, despues de las labores de limpieza y secamiento, cuando éstas se cumplen en instalaciones mecanizadas.

Otro procedimiento para grano en sacos podría consistir en abrir éstos, hacer pasar el grano por el dosificador especial y ensacarlo nuevamente con el recargo consiguiente de mano de obra y, materiales para abrir los sacos, vaciarlos, volverlos a llenar, coserlos y pesarlos.

Finalmente si se trata de pocos bultos, el grano se puede regar sobre un piso, se espolvorea encima el insecticida, se remueve con una pala hasta lograr una mezcla completa y luego se empaca en sacos y se almacena.

En los dos últimos casos el grano a tratar debe estar, desde luego, seco y limpio.

8.13 Precauciones a observar en el manejo de los insecticidas

Los insecticidas que se mencionan en el presente trabajo son tóxicos y en consecuencia deben manejarse con el mayor cuidado posible para prevenir accidentes.

En la aplicación de insecticidas en polvo a base de DDT, Lindano, etc., debe evitarse: la ingestión del producto y, reducirse al mínimo posible la aspiración acudiendo al uso de caretas o mascarillas contra polvo. Después de la aplicación el operario hará una prolija higiene de su persona, incluso la ropa.

Tratándose de aplicaciones con otros productos de mayor peligro, deben seguirse minuciosamente las instrucciones dadas por los fabricantes en la propaganda y manuales que ellos distribuyen y en caso de duda consultar a un experto en la materia.

La siguiente es una síntesis de algunas de las principales recomentaciones.

8.13.1 Productos a base de Malathion

1o. Evitar el respirar la neblina de las pulverizaciones o atomizaciones (aplicaciones en polvo o suspensiones en agua).

2o. Evitar el contacto de la neblina con la piel o la ropa.

3o. Después de trabajar con Malathion, lavarse bien con agua y jabón las partes de la piel que hayan entrado en contacto con el producto.

4o. Cambiarse de indumentaria en caso necesario y lavar bien con agua y jabón las ropas que hayan estado en contacto con Malathion, antes de volver a usarlas.

5o. Usar caretas protectoras al aplicar aerosoles que contengan Malathion.

6o. Evitar la contaminación de alimentos y pastos.

7o. Poner los productos que contengan Malathion, fuera del alcance de niños y animales domésticos.

8o. Quemar o destruír los envases y no usarlos para ningún otro fin.

8.13.2 <u>Bromuro de Metilo</u>

Prohibir terminantemente la entrada a los lugares donde se haya fumigado con Bromuro antes de airearlos convenientemente y haber comprobado con el detector que no hay rastros de gas.

Por la tendencia difusora de los gases, en particular en el caso de las bodegas, debe tenerse en cuenta que éstos pueden difundirse a otros compartimientos, a través de aberturas, grietas o compuertas mal cerradas, con grave peligro para las personas que duermen o deambulan en las proximidades.

Al menor olor de acetato de amilo o de cloropicrina dar la voz de alarma e impedir totalmente el acceso al lugar hasta después de haber logrado una ventilación adecuada.

El olor a cloropicrina o a acetato de amilo, es desde luego indicio de la presencia del Bromuro pero no debe confiarse en dicha característica porque los vapores de dichos cuerpos indicadores no poseen las mismas características que los gases tóxicos con que se mezclan. La cloropicrina, por ejemplo, puede ser absorbida durante la fumigación con mayor rapidez que el Bromuro de metilo por muchos materiales y la desaparición de la cloropicrina de la mezcla puede crear una falsa sensación de seguridad.

También cuando se usan máscaras anti-gas puede suceder que, el depósito filtrante elimine el indicador y permita el paso de fumigantes inodoros como el Bromuro junto con el aire respirado.

Por las razones expuestas se hace necesario reconocer la presencia del Bromuro por medio de un detector de Haluros, aparato que siempre debe formar parte del equipo de fumigación. Las "lámparas de Haluros", como también se llama a los detectores, se basan todas en el mismo principio o sea, que la llama al entrar en contacto con un trozo de cobre limpio toma una coloración entre verde y azul cuando en el aire circundante hay vapores de un haluro orgánico. A medida que aumenta la concentración de haluro gaseoso, el color de la llama pasa de verde a azul verdoso o a azul.

Se conocen varios tipos de detectores y su diferencia de construcción depende del combustible que utilizan, el cual puede ser, petróleo para lámpara (Kerosene), metanol (alcohol desnaturalizado, alcohol metílico), acetileno y gas propano. Los más usados son los que funcionan con gas propano aun cuando resultan menos sensibles que los que queman petróleo o alcohol.

Las lámparas que queman propano son sensibles únicamente para concentraciones de 30 p.p.m. en adelante, en tanto que las que queman petróleo o alcohol lo son ya a partir de 10 p.p.m.

Las lámparas de propano aunque útiles para comprobar la eficacia de la ventilación después de las fumigaciones y para descubir fugas durante la fumigación, no sirven para encontrar los límites máximos de seguridad que están entre 17 y 20 p.p.m.

Desde este punto de vista que es fundamental, la mejor es la lámpara de alcohol aun cuando en la práctica no resulte tan fácil de operar como la de propano.

En el cuadro siguiente se dan a conocer las reacciones de dos de los tipos de lámparas más conocidos con las correspondientes coneentraciones de bromuro de metilo en el aire.

Las lámparas de haluros se emplean también para descubrir fugas de gas "freon" en los aparatos de refrigeración que usan dicho cuerpo.

Los detectores de haluros necesitan mantenerse en buen estado de limpieza, especialmente el anillo de cobre, porque si esta pieza se ensucia puede formarse una llama verde aunque no haya Bromuro de metilo en el aire.

8.13.3 Reacciones coloreadas de las lámparas detectoras de fugas de haluros

Concentración de Bromuro de Metilo con el aire en p.p.m.	Rreacción de la llama	
	Lámparas que queman alcohol metílico o Kerosen	Lámparas que queman gas propano
0	Ninguna reacción	Ninguna reacción
10	Tinte verde muy débil en el borde de la llama	Ninguna reacción
20	Borde verde claro en la llama	Ninguna reacción
30	Llama verde claro	Borde verde claro en la llama
100	Verde moderado	Verde moderado
200	Verde intenso, azul en los bordes	Verde intenso, azul en los bordes
500	Verde azul	Verde azul
1.000	Azul intenso	Azul intenso

Si el Bromuro se maneja descuidadamente puede derramarse sobre la piel; en este caso se experimenta poca o ninguna dificultad porque el producto se evapora rápidamente.

Pero si cae o se derrama sobre la ropa, guantes, u otros materiales que cubren la piel, aquellos pueden impregnarse y el Bromuro mantenerse en contacto estrecho y contínuo con la piel, durante largos períodos sin que la persona se percate de ello.

El resultado es la aparición de ampollas similares a las producidas por quemaduras debidas al calor o a congelaciones intensas.

Como precaución, debe prohibirse el uso de guantes de cualquier clase o de ropas ajustadas.

La ropa que se impregna de Bromuro por derrame de este producto sobre la misma, debe quitarse inmediatamente, ventilarse al aire libre y luego limpiarse cuidadosamente antes de volverse a usar.

8.13.4 Fosfuro de aluminio

Una de las formulaciones comerciales más conocidas lleva el nombre de Fostoxín y se expende en tubos herméticos que contienen comprimidos cilíndricos planos (pastillas) de 3 grms. de peso, cada uno.

Un comprimido de Fostoxín produce al entrar en contacto con la humedad: 1,0 grms. de Fosfamina; 1,2 grms. de anhídrido carbónico y, 0,8 grms. de hidróxido de aluminio que queda como materia inerte en el grano.

No existe legislación de tolerancia para los residuos tóxicos en el grano tratado con Fostoxín, porque según aseguran los fabricantes no quedan residuos tóxicos.

Ocho gramos de Fosfamina son suficientes para tratar una tonelada de grano en recipientes herméticos.

La Fosfamina empieza a desprenderse con cierta intensidad después de una hora de entrar las pastillas en contacto con la humedad.

En el Brumuro de metilo el límite de seguridad es de 0,065 miligramos por litro de aire, que equivale a 17 partes por millón. En la Fosfamina este límite de seguridad asciende a 60 partes por millón.

Durante el trabajo no es necesario utilizar máscara antigas. Pero es prudente contar con una que esté provista con filtro contra fosfamina que si es preciso entrar en un recinto que contenga dicho gas.

Se recomienda tener presente las precauciones siguientes:

1) Manejar los comprimidos desde los tubos evitando el contacto directo con la piel;
2) Destapar los envases al aire libre;
3) No fumar ni comer durante la aplicación;
4) Lavarse las manos después del trabajo;
5) No permanecer en los recintos cerrados cuando se perciba el olor a carburo.

8.13.5 Cianuro de calcio (granulado)

Durante la incorporación de este producto a la corriente de grano que cae a un silo puede suceder que la generación de gas tóxico se acelera debido a la humedad del ambiente con el consiguiente aumento de la concentración en el espacio cercano a la boca del silo. Esto se debe a que al caer el grano al silo se produce una corriente ascendente de aire que arrastra ácido cianhídrico, el cual escapa por la boca del silo. También puede suceder que algo del cianuro quede adherido al dispositivo de aplicación del producto y se descomponga directamente en ese lugar.

Cuando se aplica cianuro de calcio (granulado) es pues imprescindible disponer de una ventilación adecuada y tener a mano una máscara antigas con el filtro que corresponda para usarla en caso necesario.

Bajo ningún pretexto se debe entrar en un recinto que contenga gas cianhídrico; hay que esperar a que desaparezca todo indicio del tóxico a menos que se use la máscara antigas.

La presencia de ácido cianhídrico en el ambiente se nota por su olor de almendras amargas.

Detección del HCN

Se han utilizado con éxito papeles preparados especialmente para revelar la presencia del HCN en concentraciones peligrosas. En la actulidad se usan generalmente dos tipos denominados: a) papel indicador de "anaranjado de metilo" y b), papel indicador de "acetatos de bencidina y cobre", respectivamente.

Los fabricantes o proveedores de fumigantes de cianuro de diversos tipos dan amplias instrucciones para la preparación y el empleo de papel indicadores. Algunos fabricantes suministran también papeles indicadores de anaranjado de metilo listos para su empleo y, otros emplean de diapositivos especiales para preparar los papeles indicadores de acetatos de bencidina y de cobre en el lugar de empleo.

8.13.6 La Máscara antigas

Es el utensilio más importante del equipo utilizado para la protección de las personas que trabajan con fumigantes. En Estados Unidos y el Canadá este dispositivo se denomina también "gas-mask" (máscaras o caretas protectoras contra los gases). La respiración se hace a través de un filtro, cuya misión es retener los gases o vapores tóxicos que contaminan el aire.

El depósito filtrante de este tipo de máscara proporciona una protección adecuada durante un cierto período de tiempo contra gases cuya concentración en el aire no exceda de 2 por ciento en volumen. El filtro contiene un absorbente químico o físico que es el encargado de impedir el paso de los gases tóxicos contenidos en el aire que se respira.

Se construyen depósitos filtrantes que impiden el paso de un gas o grupo de gases determinados. Es importantísimo comprobar antes de cada fumigación que el depósito filtrante de la máscara antigas es el apropiado para el determinado gas o mezcla de gases que se va a emplear en la labor de que se trate.

En el cuadro que se inserta a continuación se describen los tipos de depósitos filtrantes recomendados para usar con los fumigantes o grupos de fumigantes que se utilizan para el tratamiento de los granos.

8.13.6 Tipos de depósitos filtrantes para usar en las máscaras anti-gas

Fumigante	Designación del tipo de depósito	Contenido usual del depósito
Acrilonitrilo, sulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, clorobromuro de etileno, dibromuro de etileno, dicloruro de etileno, bromuro de metilo, naftaleno, tricloroetileno. (Igualmente toda mezcla de estas sustancias con una concentración total no superior a 2 por ciento en volumen en el aire).	Vapores Orgánicos	Carbón activado
Cloropicrina, óxido de etileno	Vapores orgánicos, gases ácidos.	Carbón activado y cal sodada u otras sustancias alcalinas granuladas.
Acido cianhídrido (HCN), anhídrido sulfuroso.	Gases ácidos (Generalmente se vende un depósito especial para HCN).	Cal sodada, piedra pomez básica o una preparación de hidróxido de sodio y carbón activado.
HCN, Cloropicrina (a veces se añade cloropicrina en pequeña cantidad al HCN como agente de aviso)	Vapores organicos, gases ácidos. (Generalmente se vende un depósito especial para HCN y cloropicrina).	Carbón activado y cal sodada u otras sustancias alcalinas granuladas.
Fosfamina	Para todo servicio.	Una combinación de absorbentes.

Como se dijo anteriormente, los depósitos filtrantes no deben utilizarse con concentraciones de gas en el aire mayores del 2% en volumen. A esta concentración o a otra aproximada que sea superior a las que normalmente se usan en la fumigación, el depósito filtrante solamente protege durante 10 minutos.

Cuando se emplean fumigantes como el HCN, que tienen un olor característico, el operario puede darse cuenta del agotamiento del filtro por el ligero olor inconfundible del fumigante.

Cosa similar puede ocurrir cuando se trabaja con Bromuro de metilo al cual se ha agregado cierta dosis de cloropicrina; pero, puede acontecer también, y ésto es lo peligroso, que la cloropicrina agregada al Bromuro se haya separado de este cuerpo y el Bromuro atraviese el filtro sin que el operario se de cuenta por la ausencia del olor que dicho gas tiene a bajas concentraciones.

Esto obliga a tener precauciones especiales con los filtros que se utilizan en fumigaciones con Bromuro, las cuales se resumen y presentan a continuación por tener suma importancia desde el punto de vista de la seguridad del operador.

8.13.7 Filtros contra Bromuro de metilo

Como el Bromuro de metilo puede encontrarse separado de su agente indicador (la cloropicrina), en cuyo caso resulta inodoro, se hace necesario determinar el tiempo durante el cual un depósito filtrante puede proteger.

La duración protectora de un elemento filtrante, en el caso que nos ocupa, depende de tres factores: el tipo de filtro, la concentración del gas respirado a través del filtro y la capacidad individual de respiración.

La concentración de gas respirado y el ritmo de respiración no se pueden conocer exactamente.

Por lo tanto, en la práctica, el período de tiempo máximo durante el cual un depósito filtrante puede usarse sin peligro, hay que calcularlo partiendo de la concentración correspondiente a la dosis real aplicada y a un ritmo vigoroso de respiración.

De acuerdo con estas ideas se confeccionó el cuadro siguiente que trae Monro en su obra "Manual de fumigación contra insectos", cuyos datos son valederos únicamente para el Bromuro de metilo en mezcla con cloropicrina (98% de Bromuro, 2% de cloropicrina).

8.13.8 Tiempo máximo recomendable para la utilización de depósitos filtrantes contra Bromuro de metilo

(Tipo para vapores orgánicos)

Concentración de Bromuro de metilo en grms/m^3	Tiempo máximo en minutos
16 - o menos	60
16 - 32	30
32 - 48	22
48 - 64	15

Una concentración del 2% en volumen en el aire equivale aproximadamente a una dosis de 80 grms/m^3 (o a 5 libras por 1.000 pies cúbicos). Esto quiere decir que el filtro no ofrece protección ninguna cuando se aplican dosis de 4 o más libras de Bromuro por cada 1.000 pies cúbicos de espacio.

El tiempo parcial que usa el filtro se registra en una tarjeta adherida al mismo y cuando se completa el tiempo máximo en minutos, el filtro se quita y se coloca uno nuevo.

Ejemplo: Si se tiene establecido que para la fumigación bajo carpas es suficinete la dosis de 1½ libras por 1.000 pies cúbicos (24 grms/m^3) y se usa siempre esa dosis, la duración útil del filtro no deberá exceder de 30 minutos.

8.14 Partes o tanto por ciento por volumen

En diversas partes de este texto se ha hecho uso de las expresiones "partes por millón en volumen" y "tanto por ciento en volumen", para expresar concentraciones de gases en el aire y conviene tal vez aclarar el contenido de estas expresiones por la importancia que tienen en el manejo de los fumigantes.

Las partes por millón, cuando se trata de gases en el aire, se utilizan para indicar niveles de peligro o seguridad en la toxicología del hombre y los mamíferos y en la higiene industrial aplicada. El tanto por ciento en volumen se usa para indicar los niveles de concentración en que pueden dar protección los elementos filtrantes o depósitos filtrantes de las máscaras antigas y también para expresar los límites de inflamabilidad y explosión de los gases en el aire.

Las partes por millón en volumen y el tanto por ciento en volumen dan los números relativos de las moléculas de gas presentes en un volumen determinado de aire. En ambos sistemas los valores vienen expresados por los mismos números, pero la coma de los decimales se halla en lugares diferentes (3,475 partes por millón por volumen de un gas es lo mismo que 0,3475 por ciento por volumen).

8.14.1 Conversión de valores de concentración

Mediante cálculos sencillos se puede pasar de peso por volumen a partes por volumen y viceversa. Para estos cálculos se toma en cuenta el peso molecular del gas y la constante de que la molécula gramo de un cuerpo gaseoso ocupa un volumen de 22,414 libros en condiciones normales (0°C y 760 mms de presión barométrica). Cuando se quieren valores exactos para otras temperaturas y presión en la forma acostumbrada para el manejo de los gases.

A. Convertir gramos por metro cúbico (o miligramos por litro u onzas por 1.000 pies cúbicos) en partes por volumen.

1o. Se multiplica el valor dado por la constante de Avogadro y el resultado se divide por el peso molecular. La cifra resultante es el número de centímetros cúbicos de gas por litro de aire.

2o. Dividiendo por 10 la cifra obtenida en (1o.), se obtiene el tanto por ciento por volumen.

3o. Multiplicando por 1,000 la cifra obtenida en (1o.) se encuentra el valor en partes por millón por volumen.

Ejemplo:

Convertir 80 grms/m^3 de Bromuro de metilo (peso molecular aproximado = 95).

$$\frac{80 \times 22,4}{95} = 18,86 \text{ c.c. por litro}$$

= 1,886, por ciento por volumen
2% aproximadamente

= 18.860 partes por millón por volumen

B. Convertir partes por millón (o tanto por ciento por volumen), de gas en gramos por metro cúbico (o miligramos por litro u onzas por 1.000 pies cúbicos).

1o. Se dividen las partes por millón por 1.000 o se multiplica el porcentaje por 10 para obtener el número de centímetros cúbicos de gas por litro de aire.

2o. Se multiplica la cifra obtenida por el peso molecular del gas y se divide por 22,4.

Ejemplo:

Convertir 18.860 partes por millón de Bromuro de metilo (peso mol. aprox. = 95).

1o. $\frac{18.860}{1.000}$ = 18,860 c.c. por litro

1,886% por volumen = 18,86 c.c. por litro

2o. $\frac{18,86 \times 95}{22,4}$ = 79,98 grms/m^3

o sea 80 grm/m^3 aproximadamente.

A continuación se presentan cifras comparativas para pesos y volumenes a diversas dosis y concentraciones de fumigantes para los gases más importantes a que se ha hecho referencia en el presente texto, calculadas de acuerdo con los métodos anteriormente expuestos, pero ajustadas a una temperatura de 25°C.

8.14.2 Dosis y concentraciones de gas en aire (25°C y 760 mm. de presión barométrica)

En volumen		Peso por volumen	
Partes por millón	Tanto por ciento	Gramos/m^3	Libras por 1.000 pies cúb.
		BROMURO DE METILO	
20-(1)	0,002	0,08	
50	0,005	0,19	
100	0,01	0,39	
200	0,02	0,78	
257	0,026	1,00	
500	0,05	1,94	0,12
1.000	0,10	3,88	0,24
4.121	0,412	16,00	1,00
20.000	2,00-(2)	77,65	4,85
		ACIDO CIANHIDRICO	
10-(1)	0,001	0,011	
50	0,005	0,055	
100	0,01	0,11	
200	0,02	0,22	
500	0,05	0,55	0,03
905	0,09	1,00	
1,000	0,10	1,105	1,07
14.473	1,44	16,00	1,00
20.000	2,00-(2)	22,10	1,38
		FOSFAMINA	
0,05-(1)	0,000005	0,00007	
20	0,002	0,03	
50	0,005	0,07	
100	0,01	0,14	
200	0,02	0,28	
500	0,05	0,70	
718	0,072	1,00	0,04
1.000	0,10	1,39	0,087
11.493	1,15	16,00	1,00
20.000	2,00-(2)	27,84	1,74

En volumen		Peso por volumen	
Partes por millón	Tanto por ciento	Gramos/m^3	Libras por 1.000 pies cúbicos
	SULFURO DE CARBONO		
20-(1)	0,002	0,06	
50	0,005	0,15	
100	0,01	0,31	
200	0,02	0,62	
321	0,032	1,00	
500	0,05	1,56	0,10
1.000	0,10	3,11	0,19
5.138	0,514	16,00	1,00
20.000	2,00-(2)	62,28	3.89

(1) Límite de seguridad máximo fijado en la Conferencia de Higienistas Industriales Oficiales de América - 1958.

(2) Concentraciones a cuyo nivel no ofrecen protección ninguna los elementos filtrantes que se usan en las máscaras antigas.

8.15 Otras precauciones y primeros auxilios en el caso de los fumigantes.

Por ser productos químcos volátiles, penetrantes y tóxicos, todos los materiales empleados como fumigantes pueden, de no usarse con las debidas precauciones, producir envenenamientos en los seres humanos expuestos a aquellos durante el trabajo de fumigación, antes o después de él. No obstante si se toman las precauciones oportunas, la labor no es más peligrosa que cualquiera otra técnica moderna, industrial o doméstica, que requiera el uso de productos químicos potencialmente dañinos.

Toda empresa, entidad o persona que trabaje con fumigantes o supervise su uso en los tratamientos que se hacen a los granos, tiene la obligación de estar suficientemente documentado y preparado en el manejo de dichos productos químicos para prevenir y evitar accidentes de consecuencias graves.

Se recomienda tener al día las instrucciones que imparten las casas fabricantes y mantener una provisión permanente y en buen estado, de aquellos elementos que como las lámparas detectoras de halógenos y los elementos filtrantes, son parte imprescindible del equipo de fumigación.

Para no entrar en detalles que alargarían en exceso el presente trabajo, se resumen a continuación las precauciones de índole general más importantes:

1o. En toda fumigación, en grande o en pequeña escala, nadie deberá trabajar solo.

2o. Los componentes de un equipo de fumigación deben adiestrarse en la aplicación de los primeros auxilios.

3o. El botiquín de urgencia deberá estar siempre provisto de los elementos necesarios, incluso instrucciones detalladas acerca de la naturaleza del envenenamiento por fumigantes o por otros productos fitosanitarios, junto con indicaciones de remedios e información para los médicos.

4o. Mantener una vigilancia médica apropiada, informando al médico de los productos químicos que se utilizan y la manera de aplicarlos.

5o. En el botiquín de urgencia se incluirán los antídotos correspondientes junto con los accesorios necesarios para su aplicación aunque ésta sea de competencia exclusiva del médico.

8.16 Control de Roedores

8.16.1 Especies más comunes que atacan los granos. El control de las ratas, o mejor dicho de los roedores es en general uno de los que más dan que hacer en un programa de conservación de granos, por la misma naturaleza y hábito de vida de dichos animales.

Las ratas pertenecen a tres especies distintas.

1. Rata Noruega o parda (Rattus Norvegicus)

2. Rata Techera o negra o blanca (Rattus rattus rattus).

3. Ratones (Mus musculus).

Las diferencias más notorias entre las tres especies nombradas son:

	R. Noruega	R. Rattus	Ratón
COLA:	Cola más corta que cuerpo más cabeza juntos. El color de la parte ventral es más claro (a toda edad).	Cola más larga que cabeza y cuerpo juntos. Mismo color dorsal y ventral (a todad edad).	De igual o ligeramente mayor longitud que la cabeza y cuerpo. De un mismo color en la parte de arriba como de abajo.
OREJAS:	Orejas pequeñas. Cercanas entre sí y cubiertas por el pelaje del cuerpo.	Largas, prominentes, bien diferenciadas.	Prominentes, grandes para su tamaño.

En lo que hace diferencias entre ratas jóvenes y ratones adultos, tenemos que tanto la rata noruega como R. rattus tienen la cabeza y patas grandes, fuera de proporción con el resto del cuerpo.

Ver gráfico siguiente.

La mayoría de los daños causados en los granos por los diversos roedores es causado por las ratas, especialmente por la parda y negra. Estas especies son originarias del Asia, y por medio de las embarcaciones fueron a dar a Europa y América. La rata parda de Noruega se desarrolla mucho mejor en los climas templados, vive en madrigueras que muchas veces llegan a profundidades de 50 centímetros. La rata negra o techera se desarrolla mejor en los climas cálidos, cerca a las costas. Habita con bastante frecuencia los pisos superiores y techos de los almacenes y depósitos, en donde pone de manifiesto sus excelentes características de trepadora.

Estas dos especies se han extendido por todo el mundo, y debido a sus rápidas prolificaciones su control se ha dificultado, de manera que ha llegado a ser imposible una erradicación completa.

Según un trabajo presentado en la Reunión Internacional sobre infestación de alimentos en Londres por el doctor A. Bernett, se describen los siguientes principios del control de los roedores.

1. El estudio de comportamiento de las ratas silvestres proporcionará una base para idear un sistema racional de control por envenenamiento.

2. Las ratas tienden a evitar los objetos que no les son familiares, inclusive los alimentos. La colocación de un cebo no envenenado durante varios días antes de colocar el veneno acostumbra a las ratas a un nuevo alimento en un lugar que les es familiar y las induce a comer cantidades relativamente grandes, con una rapidez relativa, cuando se añade el veneno. Este sistema del cebo previo no envenenado es más eficaz cuando se hace con cantidades de cebo mucho menores que la cantidad máxima que las ratas pueden comer en una noche.

3. Si un alimento nuevo contiene veneno, a menudo se toman dósis submortales en las primeras fases. Las ratas así envenenadas y que restablecen pueden rechazar después el mismo cebo; incluso es posible que rechacen con cebo diferente que contenga el mismo veneno, o un veneno diferente en la misma base. Para tratar las poblaciones residuales después de un primer tratamiento por veneno debe emplearse una nueva base y un nuevo veneno.

4. La colocación previa de cebos en pequeñas cantidades, seguida por el envenenamiento puede confiarse que proporcionará una mortandad de por lo menos 5%, según demuestran los censos.

5. El envenenamiento directo dá resultados muy irregulares.

6. El control sistemático de una región rural redujo el número de ratas a menos de una en cada 10 acres.

7. El control sistemático de una región tropical fuertemente infestada, redujo la población de ratas a un nivel muy bajo. Este bajo nivel persistió durante un año.

8. Las cloacas de Londres, se vieron en gran parte libres de ratas después de dos tratamientos. Sin embargo, la población de las cloacas se restablece rápidamente, a menos que se hagan tratamientos regulares de mantenimiento, y a menos que se combatan las infestaciones en las superficies.

9. La fumigación, la pulverización con cianuro, las trampas y el empleo de animales rapaces sólo tienen una aplicación y una utilidad limitadas en el control de las ratas. Los cultivos de microcrobios no han mostrado ningún éxito especial.

10. Se concluye que el empleo sistemático de los cebos previos no envenenados seguidos de otros envenenados, con tratamientos posteriores empleando materiales alternativos, es el mejor método ideado hasta ahora para la destrucción de las ratas.

11. El mejoramiento de la higiene y de la construcción de los edificios son medidas especiales en cualquier plan a largo plazo.

12. Queda mucho que aprender sobre el cambio en las poblaciones de roedores silvestres cuando se les somete a un control en gran escala. El control de los roedores del campo apenas si ha empezado. Quedan aún por resolver importantes problemas administrativos y educativos.

8.16.2 Orden de las medidas de control (según Spencer)

1. Exclusión de alimentos
2. Erradicación parcial (con cebos envenenados)
3. Hermetizar contra ratas. ½ " de luz impide el paso de ratas 1/3" de ratones
4. Sanidad (eliminación de nidos).
5. Erradicación "completa" (cebos envenenados, trampas y fumigantes).
6. Continuidad del programa de combate.

8.16.3 Métodos de control.

1. Mecánicos. Los métodos mecánicos consisten en trampas, lo que es un buen medio para exterminarlas, pero deben ser colocadas con mucho cuidado y esmero para obtener resultados satisfactorios.

   Este método de control tiene además sus ventajas, como es la de evitar que los animales vayan a morir a lugares inaccesibles, trayendo como consecuencia malos olores. No obstante éste no es un método que se puede aconsejar para combatir grandes poblaciones, por la laboriosidad que necesita y lo poco eficaz de sus resultados.

Comercialmente existen muchas clases de trampas, pero parece que la más práctica y útil hasta el momento es la de resorte o rompe-espinazo. Sin embargo Morgan y sus colaboradores (1.942-1.943) encontraron que el empleo en gran escala "En el Puerto de Londres, de trampas que partían el espinazo a las ratas, permitió inicialmente obtener buenos resultados, pero tras un período de dos o tres semanas sólo producía resultados muy escasos".

Esto nos demuestra que las ratas sometidas a un control sistemático por medio del empleo crónico de trampas, las evitarán más tarde, cualquiera que sea el alimento que se les ponga por cebo. Algunos autores consideran que el empleo de trampas en gran escala se considera eficaz contra los ratones cuando éstos pueden interceptarse entre sus nidos y el alimento.

2. Biológicos: El control biológico es el que se lleva a cabo por medio de animales rapaces y parece que es el método más antiguo conocido para el control de los roedores. Ejemplos de animales rapaces los tenemos en los gatos, mangostas, perros, etc. Probablemente el más eficaz de todos éstos animales es el gato, que inclusive se utiliza en las casas particulares; pero en general, este medio de control es únicamente útil cuando no existe ningún control sistemático.

El empleo de animales (gatos) en bodegas y depósitos de almacenes presenta el inconveniente a la vez de ensuciar las mercancías con sus excrementos.

Por otra parte el empleo de cultivos de microbios parece que no ha tenido nunca éxito. Se han empleado microbios, como "Salmonella esteritidis Gaerttner"y "Salmonella typhimurium" que son ambos patógenos humanos y se han presentado casos de envenamiento de alimentos al usarlos.

3. Químicos: Este es el método de control más eficaz que existe hoy día en la lucha contra los roedores que infestan los granos y alimentos almacenados. Se lleva a cabo por medio de cebos.

Los venenos más comunes empleados en la preparación de los cebos, son:

Escila Roja: (Red. Squilla). La extraen de bulbos secos de escilla marítima (urgine marítima). Acción específica contra ratas y ratones. Es veneno más seguro en cuanto evita desgracias a mamíferos superiores. La dosis letal consiste de 500 grms., por kilogramo de peso (de la rata); y de 200 -250 mgs. por kilogramo de Escila reforzada.

Ahídrido arsenioso o Arsénico blanco (AS203). Dosis letal: 50-150 mgs. por kilogramo. No es bien aceptado por las ratas. Es de acción lenta. Es peligroso para el operador y es bastante económico. Como antídoto se recomienda, dar de inmediato una solución fresca de hidrato férrico y óxido de Magnesio.

Sulfato de Talio: Es de alta efectividad en agua o cebos contra Rattus y Rattus Norvengicus. Es un polvo cristalino blanco, algo soluble en agua, acción lenta y acumulativa; puede ser absorbido por la piel. Es algo caro. Toxicidad contra ratas más o menos el doble del fósforo. Es muy peligroso y el antídoto no se conoce.

Antú - (Alfa - Naftil - Tiourea): Es el más peligroso después de la Excila roja. Es específico contra rata noruega. A dosis subletales provoca autoinmunización por varias semanas. Puede utilizarse en cebos o en polvos; se mezcla con Pirofilita en 1-4. Es muy tóxico a gatos, perros, cerdos, y pollos. El antídoto no se conoce.

10-80 (Flouracetato de Sodio): Es el más tóxico, 3-7 mgs. por kilogramo para rata noruega (al 50%) y 1%para rattus rattus. Es un compuesto cristalino blanco, inodoro, bien soluble en agua.

De acción my rápida (en 20 minutos). Actúa como veneno cardíaco y nervioso; no es acumulativo, no repele a las ratas. Usarlo en agua. El antídoto no se conoce.

Fósfuro de Zinc (fósforo): Es más seguro que el fósforo (pasta). No presenta peligro de incendio; es un polvo negro de olor desagradable (al hombre) Dosis letal: 40 mgs. por kilogramo. De alta efectividad. Se usa en rotación con la Escila roja. Tiene como antídoto el sulfato de cobre; dar 25 grs., en agua y repetir cada diez minuto hasta provocar vómito.

Warfarina o Compuesto 42: (3-Alfa- acetonilbenzil 1-4 hidroxycoumarin).

Polvo gris, algo soluble, en agua, inodoro e insípido acción anticoagulante. Versus rattus norvegicus y Rattus rattus y Musculus. La dosis debe repetirse cinco veces o más durante diez días. Los pollos son muy resistentes. Al 0.5% lo venden en el comercio y lo recomienda 1 en 19, lo que dá una concentración de 0,025%. Tiene como antídoto: inyecciónes antivenenosas de vitamina K.

Fumitantes

En el control de los roedores en general también tiene aplicación los sistemas de fumigación, pero siempre y cuando los agujeros y nidos sean de fácil acceso. Contra la rata noruega es aconsejable el cianuro de calcio, sólido y líquido, pero el gas producido por ésta substancia es muy peligroso para los seres humanos, y por lo tanto deben manejarlo personas expertas.

También el Bromuro de Metilo viene en cápsulas de vidrio de unos 20 cc. destinados para la aplicación en madrigueras.

8.16.4 Efectividad y peligros relativos de los rodunticidas mas comunes

RODENTICIDAS	Concentración recomendable en cebos, (peso).	Inocidad relativa a humanos y animales domésticos.	Efectividad relativa contra ratas.
Escila Roja (fortificada)	5-10%	1	6
Escila roja (extracto)	5-10%	1	6
Antú (solo contra ratas noruegas)	2-3%	2	4
Fosfuro de Zinc	1%	3	3
Anhidrido Arsenioso	3%	4	5
Sulfato de Talio	0,5%	5	2
10-80 (Flouracetato de Na).	0,025%		

Cebos y su localización adecuada: Las ratas como se ha visto tienen desconfianza de todo lo nuevo. Necesitan por lo tanto, una técnica especial para la preparación y aplicación de los cebos. Hay necesidad de aplicar primero cebos sin veneno para familiarizarlas con algo nuevo (reacción del objeto nuevo). Más tarde se colocarán los cebos ya tratados con el veneno escogido, en todos aquellos lugares preferidos y transitados por las ratas, corredores, entradas de madrigueras, etc.

Los cebos más comunes que se utilizan en el control de los roedores son: a) carne fresca, b) residuos de la elaboración del azúcar, c) frutas como papaya madura, bananos, etc., d) rebanadas de salchicha húmeda. e) masa de pan, y f) granos y arroz hervido.

Para los ratones es preferible usar cebos sin agua o que no sean solubles, pues no necesitan de tanta agua como las ratas, que si necesitan de cebos solubles.

El ratón es capaz de usar el agua de los granos con 16% de humedad.