

CONSERVACION DE GRANOS ALMACENADOS

REV: DICIEMBRE 2006

LOS GRANOS SON MATERIALES HIGROSCOPICOS

- Tienen a recibir o entregar humedad al ambiente que los circunda.
- Es decir tienden a equilibrar su humedad con la de los espacios intersticiales.
- Se han estudiado las humedades de equilibrio de diferentes granos en diferentes condiciones. Estas tablas, o gráficas, se denominan Isotermas.

Temp.		Relative Humidity, Percent								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
F	C	Equilibrium Moisture Content, Percent								
35	2	6.3	8.3	9.9	11.3	12.6	13.9	15.3	16.9	19.1
40	4	6.1	8.2	9.7	11.1	12.4	13.7	15.1	16.6	18.8
45	7	6.0	8.0	9.6	10.9	12.2	13.4	14.8	16.4	18.5
50	10	5.9	7.9	9.4	10.7	12.0	13.2	14.6	16.1	18.2
55	13	5.8	7.7	9.2	10.5	11.8	13.0	14.3	15.9	17.9
60	16	5.7	7.6	9.1	10.4	11.6	12.8	14.1	15.6	17.7
65	18	5.6	7.5	9.0	10.2	11.4	12.6	13.9	15.4	17.4
70	21	5.6	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.7	15.2	17.2
75	24	5.5	7.3	8.7	9.9	11.1	12.3	13.5	15.0	17.0
80	27	5.4	7.2	8.6	9.8	11.0	12.1	13.4	14.8	16.8
85	29	5.3	7.1	8.5	9.7	10.8	12.0	13.2	14.6	16.6
90	32	5.3	7.0	8.4	9.6	10.7	11.8	13.1	14.5	16.4
95	35	5.2	6.9	8.3	9.4	10.6	11.7	12.9	14.3	16.2
100	38	5.1	6.8	8.2	9.3	10.4	11.6	12.8	14.1	16.0

TABLAS ISOTERMAS

- Las tablas difieren un poco para las diferentes variedades y según el secado haya sido continuo o haya tenido procesos de “rehumedecimiento”, pero para efectos prácticos las cifras anteriores pueden considerarse adecuadas.
 - *Isoterma*: a temperatura constante

CARTA SICROMETRICA

- Gráfica para establecer las relaciones en el aire entre:
 - Humedad relativa.
 - Humedad absoluta.
 - Temperatura de bulbo seco.
 - Temperatura de bulbo húmedo.
 - Densidad.



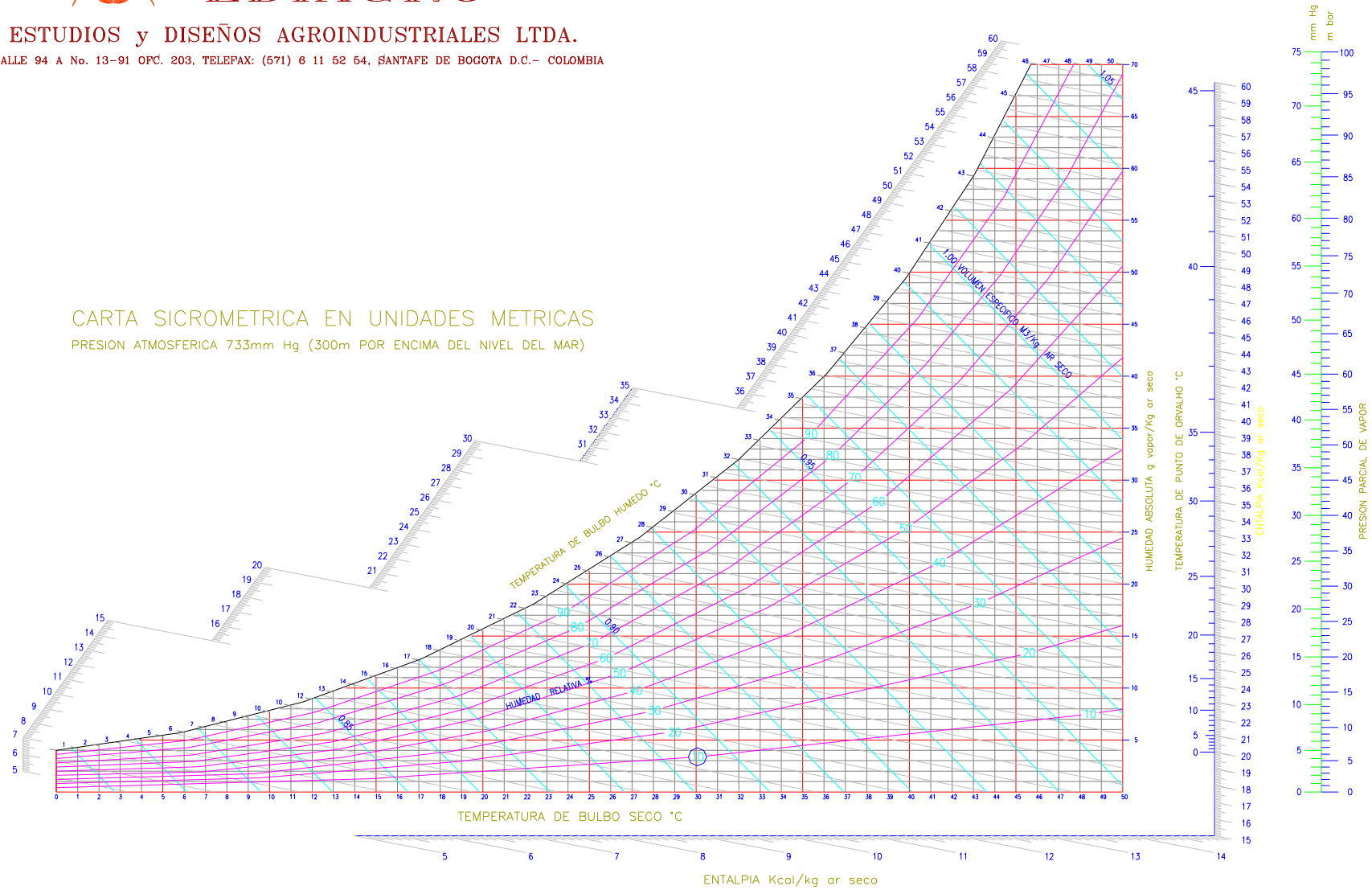
EDIAGRO

ESTUDIOS y DISEÑOS AGROINDUSTRIALES LTDA.

CALLE 94 A No. 13-91 OPC. 203. TELEFAX: (571) 6 11 62 54, SANTAFE DE BOGOTA D.C.- COLOMBIA


CARTA SICROMETRICA EN UNIDADES METRICAS

PRESION ATMOSFERICA 733mm Hg (300m POR ENCIMA DEL NIVEL DEL MAR)



EJEMPLO

- La temperatura ambiente promedio de los Llanos durante la noche se puede estimar en 75 F (24 C)
- Con aire a temperatura ambiente, si la humedad relativa es superior a 60 %, la humedad de equilibrio que alcanza el grano, con suficiente tiempo, es superior a la que puede considerarse segura para almacenaje: 12.5% aproximadamente.



		Relative Humidity, Percent								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
F		Equilibrium Moisture Content, Percent								
35°		6.3	8.3	9.9	11.3	12.6	13.9	15.3	16.9	19.1
40°		6.1	8.2	9.7	11.1	12.4	13.7	15.1	16.6	18.8
45°		6.0	8.0	9.6	10.9	12.2	13.4	14.8	16.4	18.5
50°		5.9	7.9	9.4	10.7	12.0	13.2	14.6	16.1	18.2
55°		5.8	7.7	9.2	10.5	11.8	13.0	14.3	15.9	17.9
60°		5.7	7.6	9.1	10.4	11.6	12.8	14.1	15.6	17.7
65°		5.6	7.5	9.0	10.2	11.4	12.6	13.9	15.4	17.4
70°		5.6	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.7	15.2	17.2
75°		5.5	7.3	8.7	9.9	11.1	12.3	13.5	15.0	17.0
80°		5.4	7.2	8.6	9.8	11.0	12.1	13.4	14.8	16.8
85°		5.3	7.1	8.5	9.7	10.8	12.0	13.2	14.6	16.6
90°		5.3	7.0	8.4	9.6	10.7	11.8	13.1	14.5	16.4
95°		5.2	6.9	8.3	9.4	10.6	11.7	12.9	14.3	16.2
100°		5.2	6.8	8.2	9.3	10.4	11.6	12.8	14.1	16.0

24°C = 75°F

EJEMPLO, SECAMIENTO

- Si la temperatura se aumenta a 38° C (100° F), temperatura utilizada normalmente en las llamadas secadoras de alberca para arroz (*Lister, en Venezuela*), se consigue el efecto de reducir la humedad relativa del aire como se indica en la tabla siguiente (preparada con la carta sicrométrica).

HUMEDAD DE EQUILIBRIO A 38 C

HUMEDAD AMBIENTE A 24 C	HUMEDAD DEL AIRE DESECANTE AL CALENTARLO A 38 C	HUMEDAD DE EQUILIBRIO DEL GRANO
70%	32%	8.4%
80%	35%	8.7%
90%	41%	9.7%
100%	47%	10.2%

EJEMPLO, SECAMIENTO

- Es decir que, aún con aire ambiente de alta humedad, se consigue extraer humedad de arroz si la temperatura de secado es de 38°C.
- Naturalmente la velocidad de secado disminuye gradualmente a medida que la humedad relativa del aire desecante aumenta.

AIREACION DE LOS GRANOS

- Sistema desarrollado en los Estados Unidos hacia 1950, para ayudar a conservar los enormes excedentes de la posguerra.
- En EE.UU, Argentina, Uruguay, países europeos ..., la inyección de aire después de las cosechas implica **enfriar** el grano aprovechando las condiciones ambientales del otoño.

AIREACION DE LOS GRANOS

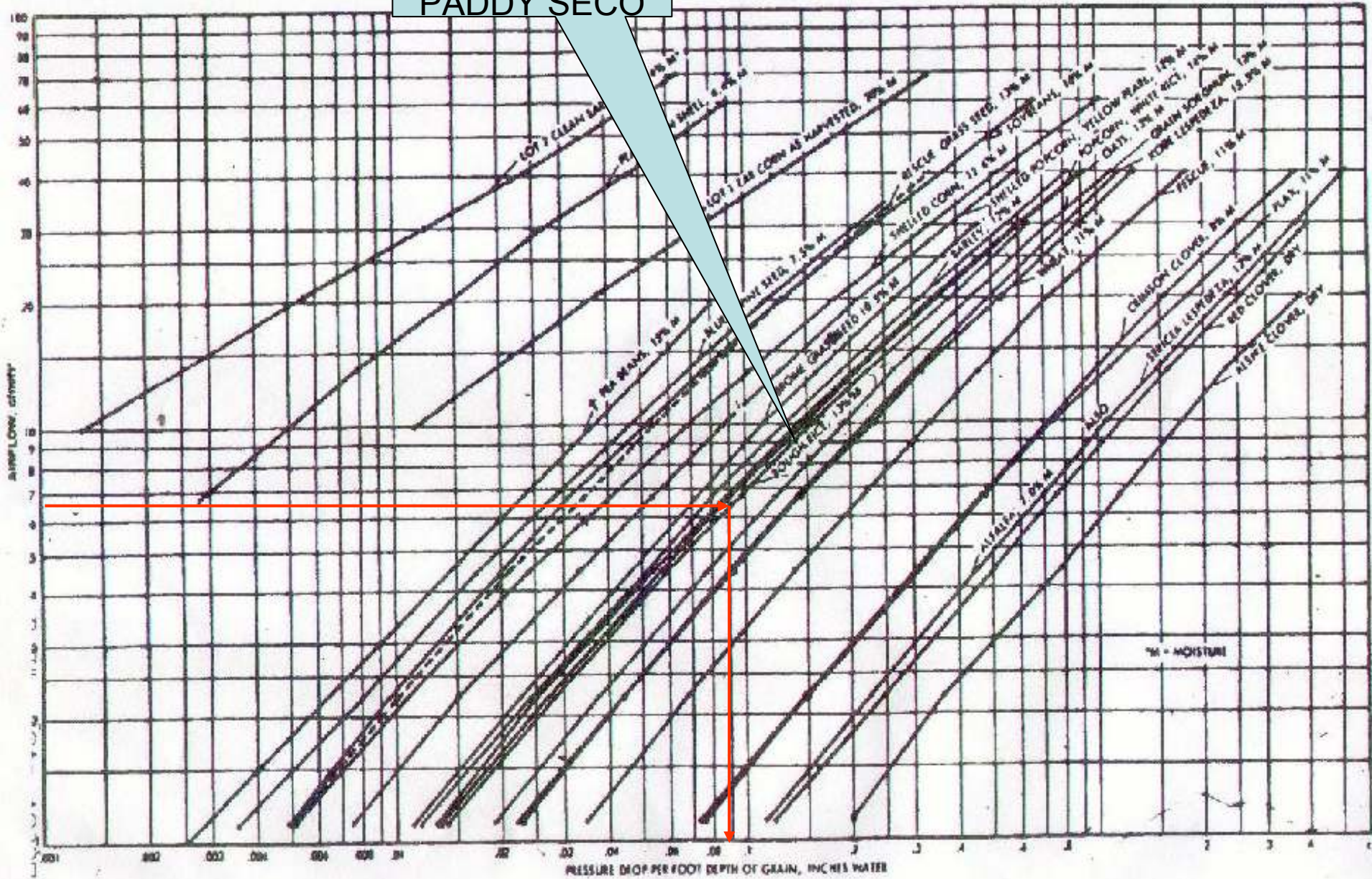
- En el trópico el uso de la aireación está **limitado** a conseguir:
 - Ligero enfriamiento,
 - Reducción de temperatura de “puntos calientes”,
 - Extracción de un poco de humedad del grano,
 - Remoción de aire de condensación (con ventiladores de aire extraído).

AIREACION DE LOS GRANOS

- Aire inyectado o extraído (??).
- La cantidad de aire por unidad de peso de grano se relaciona con el tiempo de avance de los frentes de “enfriamiento” y de “secado”.
- Pisos perforados en los silos.
- Ventiladores con capacidad para vencer la capa de grano (presión estática). Tablas de C-K.Shedd.



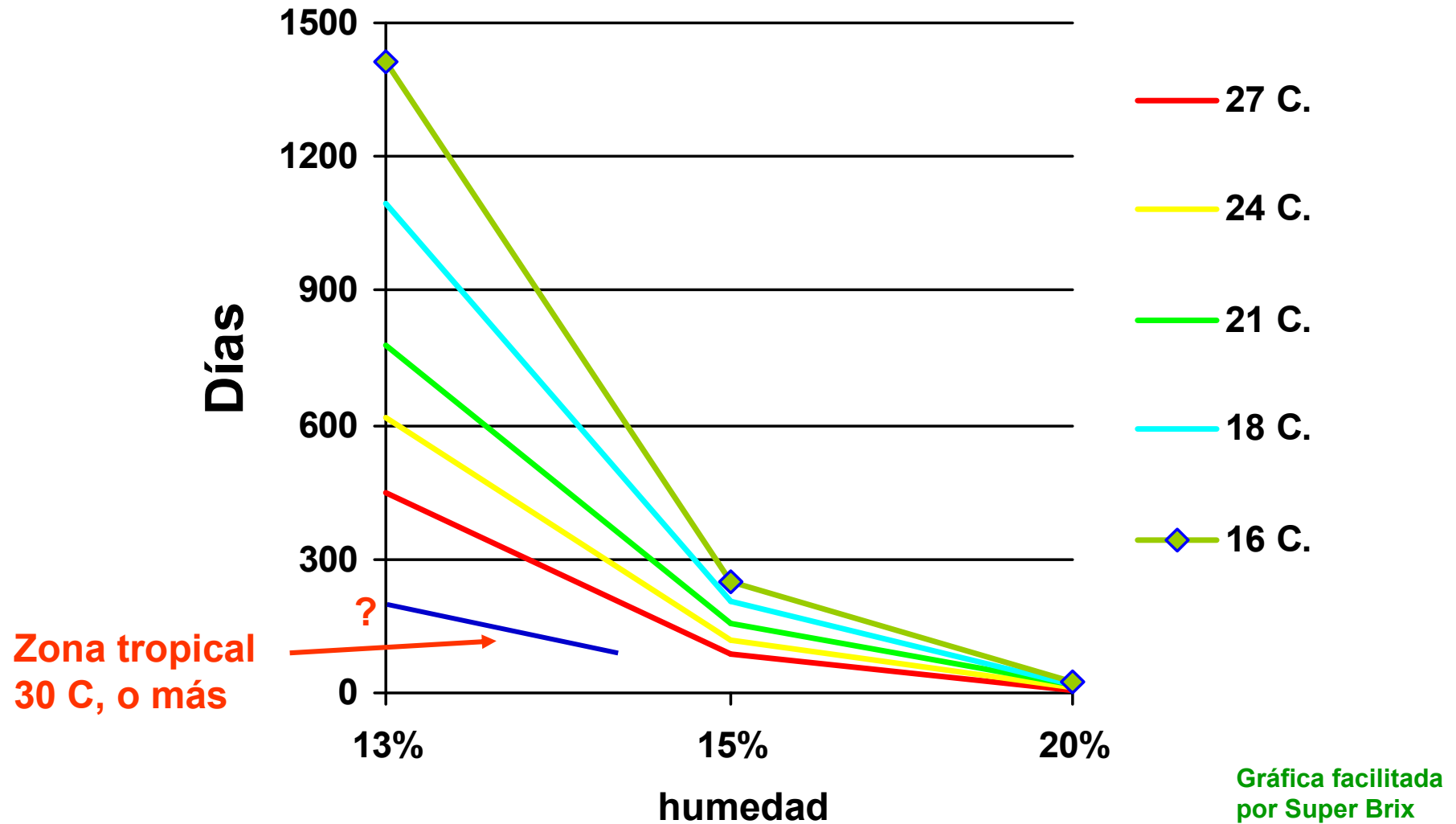
PADDY SECO



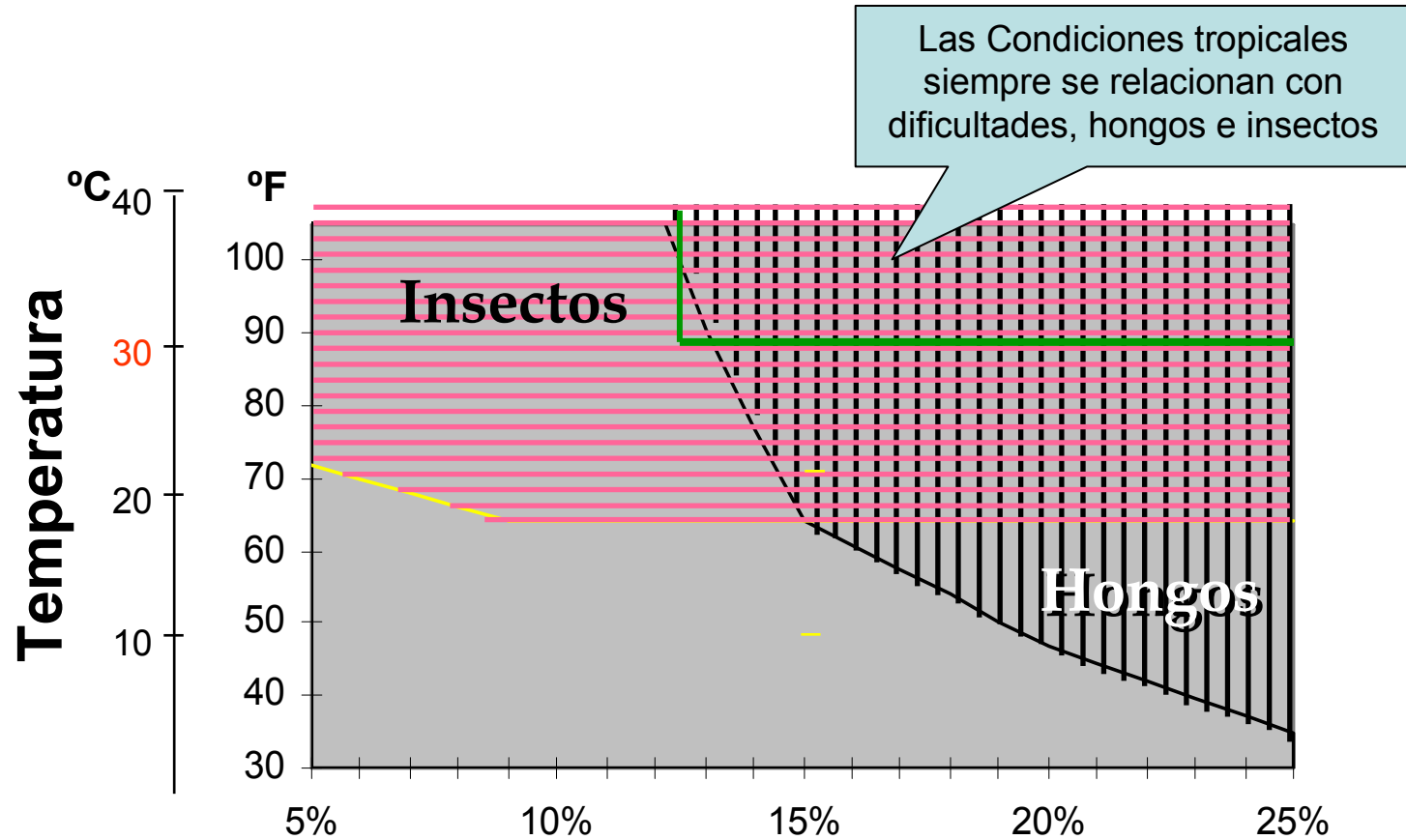
Tiempo de Almacenamiento

- Cuando empieza a deteriorarse el grano?
 - El día en que se cosecha
 - Aumenta con alta humedad
 - Aumenta con alta temperatura
- Qué hacer para maximizar el tiempo de almacenamiento?
 - Acondicionar el grano con la brevedad posible
 - Mantener las condiciones apropiadas dentro del silo

Período de Almacenaje Seguro (Maíz)



Condiciones favorables para hongos e insectos



Humedad del grano

Gráfica facilitada por Super Brix

DESARROLLO DE HONGOS

- En el aire ambiente de todas las zonas de producción y almacenaje de granos están presentes esporas de hongos.
- Cada especie de hongos tiene su “ecosistema” de desarrollo óptimo (Temperatura y *Humedad Relativa*).
- Las especies dañinas de hongos de almacenaje suspenden su desarrollo cuando la *Humedad Relativa* de los espacios intersticiales es inferior a 62%.

TEMP.

Relative Humidity, Percent

10 20 30 40 50 60 70 80 90

		Equilibrium Moisture Content, Percent								
F	C									
35	2	6.3	8.3	9.9	11.3	12.6	13.9	15.3	16.9	19.1
40	4	6.1	8.2	9.7	11.1	12.4	13.7	15.1	16.6	18.8
45	7	6.0	8.0	9.6	10.9	12.2	13.4	14.8	16.4	18.5
50	10	5.9	7.9	9.4	10.7	12.0	13.2	14.6	16.1	18.2
55	13	5.8	7.7	9.2	10.5	11.8	13.0	14.3	15.9	17.9
60	16	5.7	7.6	9.1	10.4	11.6	12.8	14.1	15.6	17.7
65	18	5.6	7.5	9.0	10.2	11.4	12.6	13.9	15.4	17.4
70	21	5.6	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.7	15.2	17.2
75	24	5.5	7.3	8.7	9.9	11.1	12.3	13.5	15.0	17.0
80	27	5.4	7.2	8.6	9.8	11.0	12.1	13.4	14.8	16.8
85	29	5.3	7.1	8.5	9.7	10.8	12.0	13.2	14.6	16.6
90	32	5.3	7.0	8.4	9.6	10.7	11.8	13.1	14.5	16.4
95	35	5.2	6.9	8.3	9.4	10.6	11.7	12.9	14.3	16.2
100	38	5.1	6.8	8.2	9.3	10.4	11.6	12.8	14.1	16.0

EL PROBLEMA DE LA DISPERSION DE LA HUMEDAD EN LOS GRANOS INDIVIDUALES

- La humedad de los granos individuales de arroz recibido del campo tiene alta dispersión, originada en la diferencia de maduración de dichos granos, derivada, a su vez, principalmente, de su colocación en la espiga y de diferencias varietales que inducen diferente tiempo de floración de las partes de la espiga.

DISPERSION DE LA HUMEDAD EN LOS GRANOS INDIVIDUALES

- En la dispersión de la humedad inciden, además, otros aspectos como:
 - Mezcla de variedades en la semilla utilizada (Colombia, Venezuela, Ecuador),
 - Presencia de roedores en los cultivos que pueden trozar tallos que luego rebrotan y maduran con tardanza (notorio en Venezuela),
 - Variabilidad en las condiciones climáticas durante la recolección (trópico).

DISPERSION DE LA HUMEDAD EN LOS GRANOS INDIVIDUALES

- En los cuadros que siguen se utiliza el indicador estadístico de desviación estándar para reflejar la magnitud de la dispersión de la humedad de los granos individuales en la muestra.
- Las gráficas que siguen muestran el orden de maduración normal de los granos en la espiga.

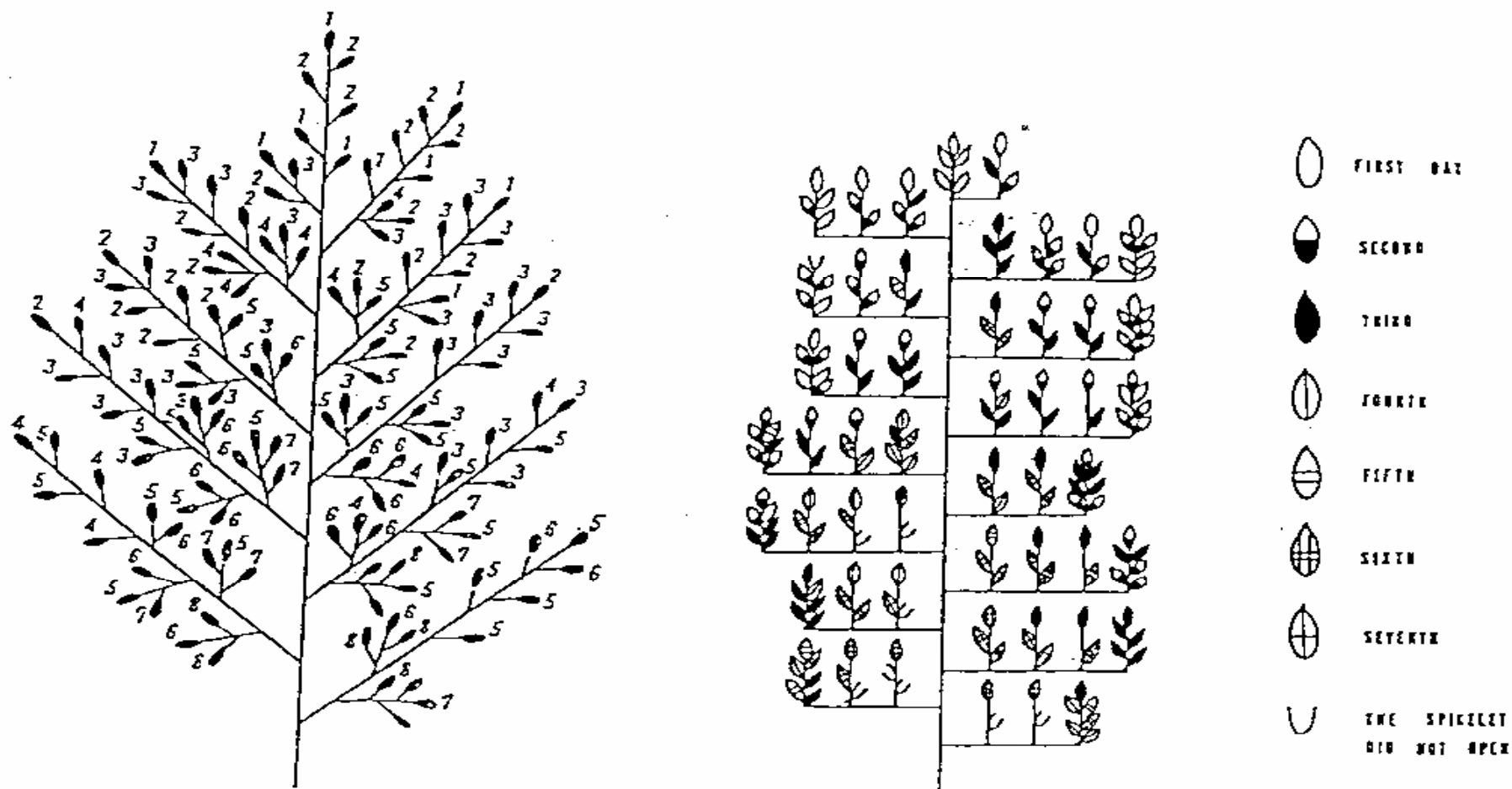
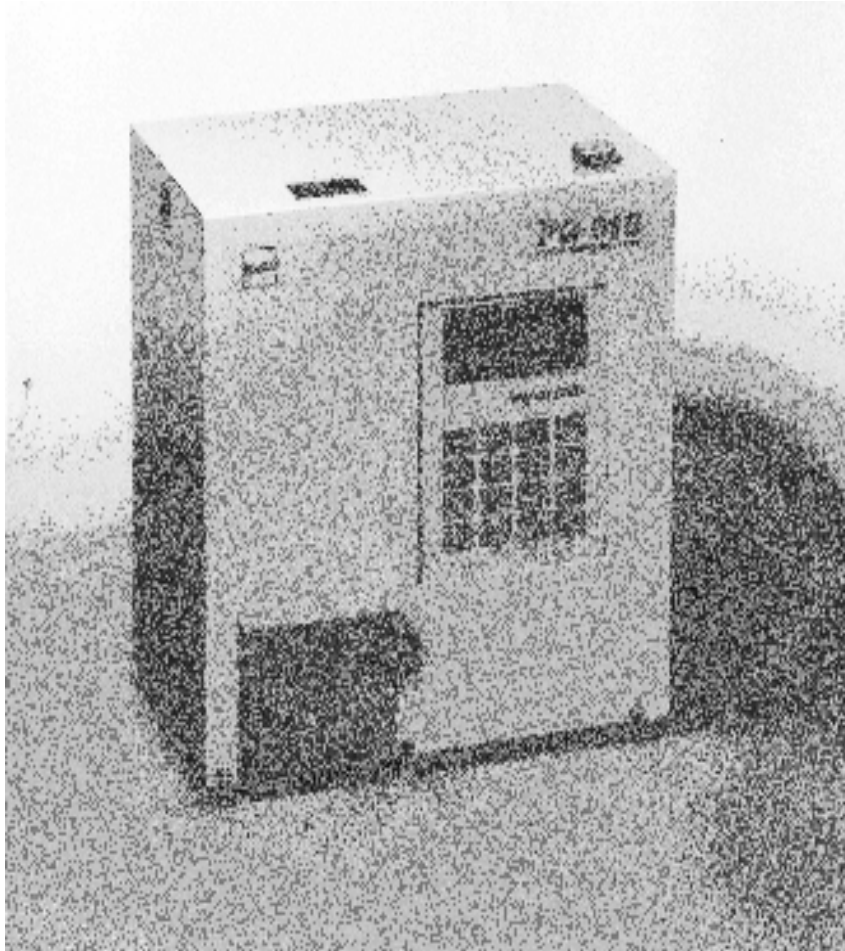


Fig. 12 Examples of flowering order on a panicle (left: from Matsushima 1957, numerals of 1,2,3 ... mean flowering dates, showing the 1st, 2nd, 3rd day after heading, respectively; right:from Vergara 1970)

EQUIPO PARA MEDICION DE LA DISPERSION DE LA HUMEDAD



- Determinador de la humedad individual de los granos.
KETT PQ-510

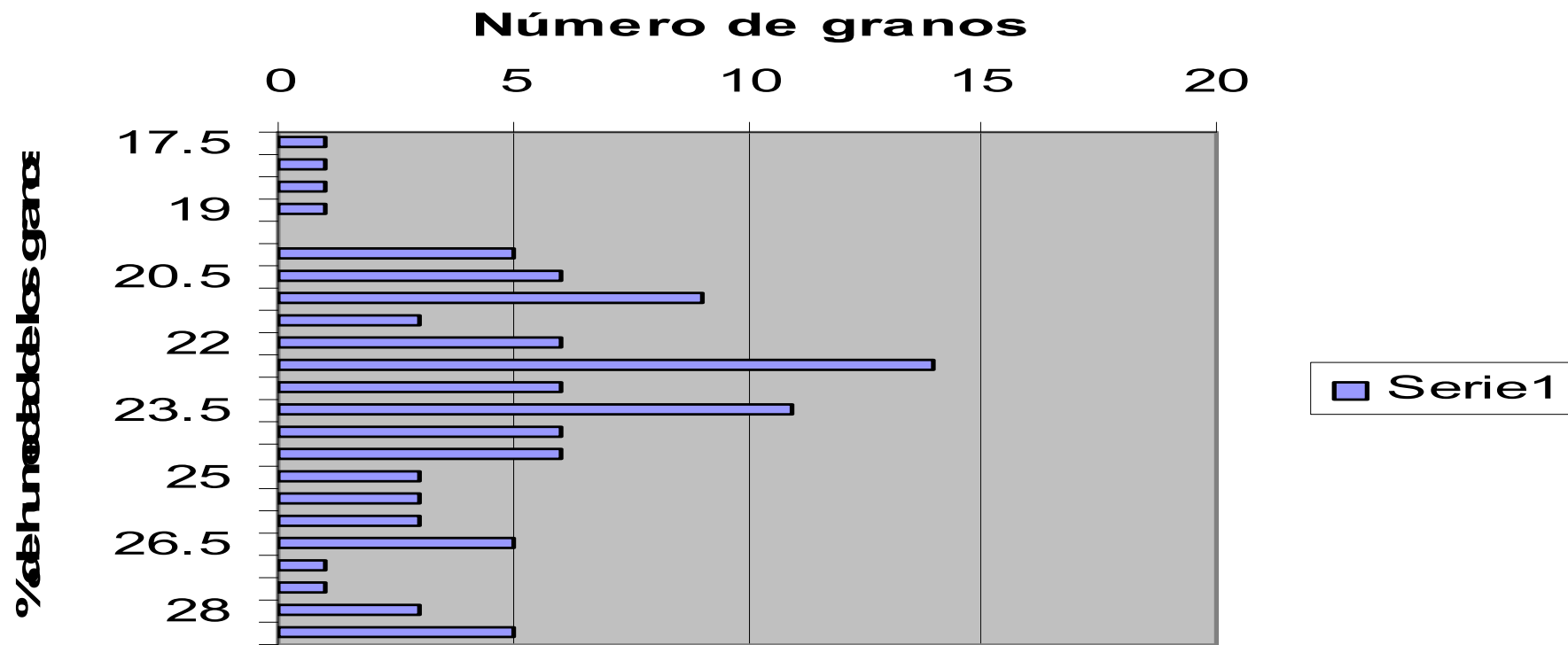
DISPERSION DE LA HUMEDAD

- En las gráficas siguientes se aprecia la dispersión de la humedad en granos recibidos del campo, de diferentes variedades, en molinos de arroz, en Venezuela en 2002.
- Es importante observar los extremos de las variaciones de humedad.

GRANO DE CAMPO

Dv std 2.46

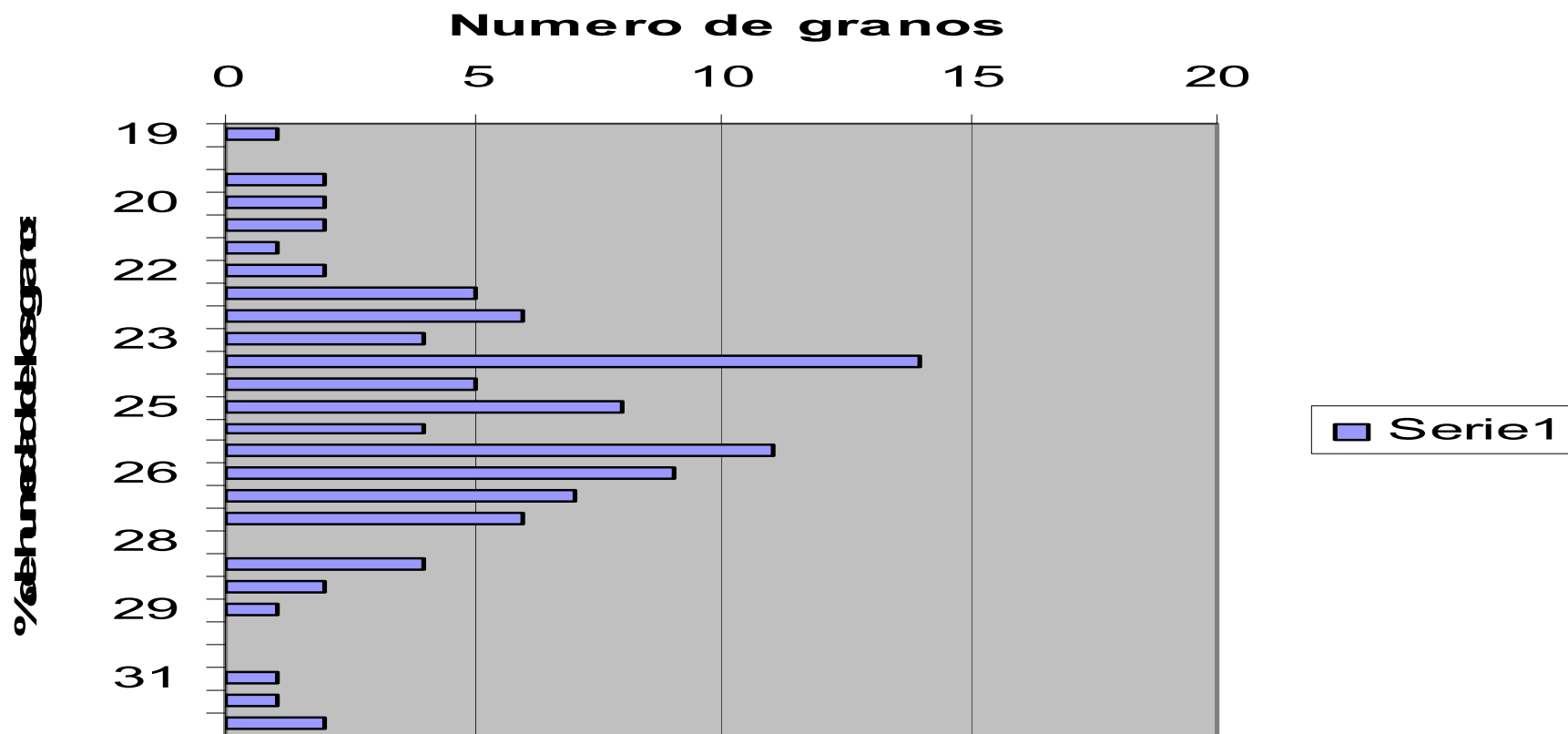
Dispersión de la humedad de arroz paddy recibido de campo H% promedio 23,4% Dv std 2,46



GRANO DE CAMPO

Dv std 2.58

**Dispersión de la humedad de arroz
paddy humedo recibido del campo
2 H% prom 25,4% Dv std 2,58**



VARIACION DE LA DISPERSION

- Se han observado varios casos extremos con granos de campo cuya *desviación estándar* fue superior a 4.0.
- Dichos casos corresponden a mezclas varietales sumadas con floración inducida más de una vez, por diversas razones (resiembra, ataque de roedores ...).

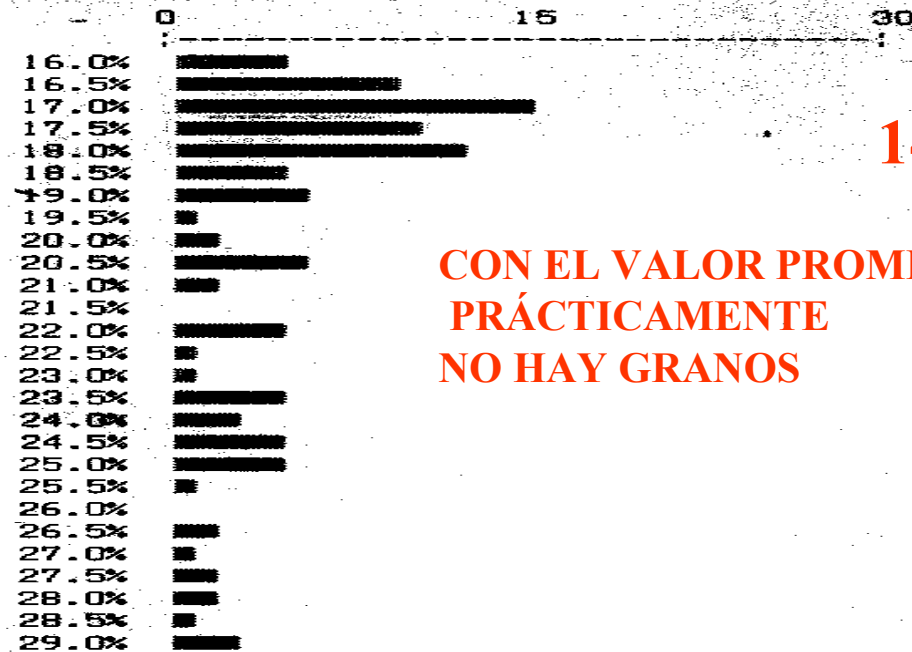
GRANOS DE CAMPO CON "VARIAS COSECHAS" MEZCLADAS, Dv std 3.85 y 4.08

PG510 : Ver 1.0
 TIME : 15:23
 DATE : 02/05/07
 GRAIN : PADDY
 NUMBER OF KERNELS : 100 PCS.
 AVERAGE : 20.6 %
 STANDARD DEVIATION : 3.85
 TEMP. : 30.2 °C

TIME : 14:18
 DATE : 02/05/07
 GRAIN : PADDY
 NUMBER OF KERNELS : 100 PCS.
 AVERAGE : 22.4 %
 STANDARD DEVIATION : 4.90
 TEMP. : 31.1 °C

PROMEDIO

HISTOGRAM

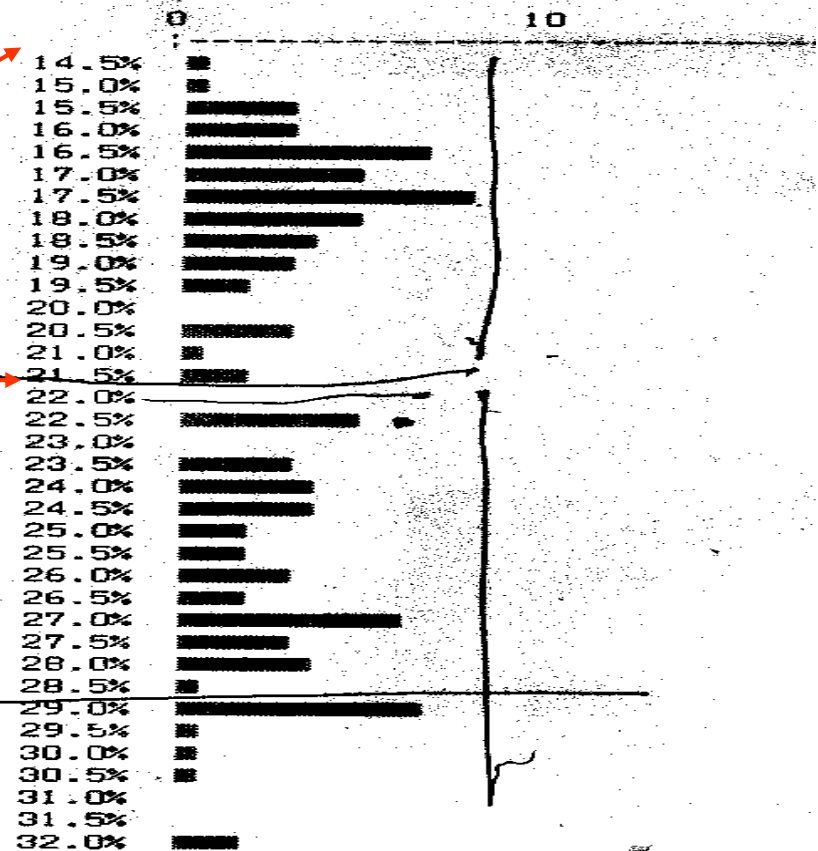


14%

CON EL VALOR PROMEDIO
PRÁCTICAMENTE
NO HAY GRANOS

32%

HISTOGRAM



ALMACENAJE, INDICADORES

- En la tabla siguiente Ediagro propone un primer intento de clasificación de los rangos de variación de la dispersión de la humedad en zonas tropicales (no conocemos indicadores de otras fuentes). Es necesario mencionar que todavía hace falta analizar más información sobre el tema.

**CLASIFICACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LA HUMEDAD DE GRANOS
INDIVIDUALES
GRANO PARA SECAMIENTO**

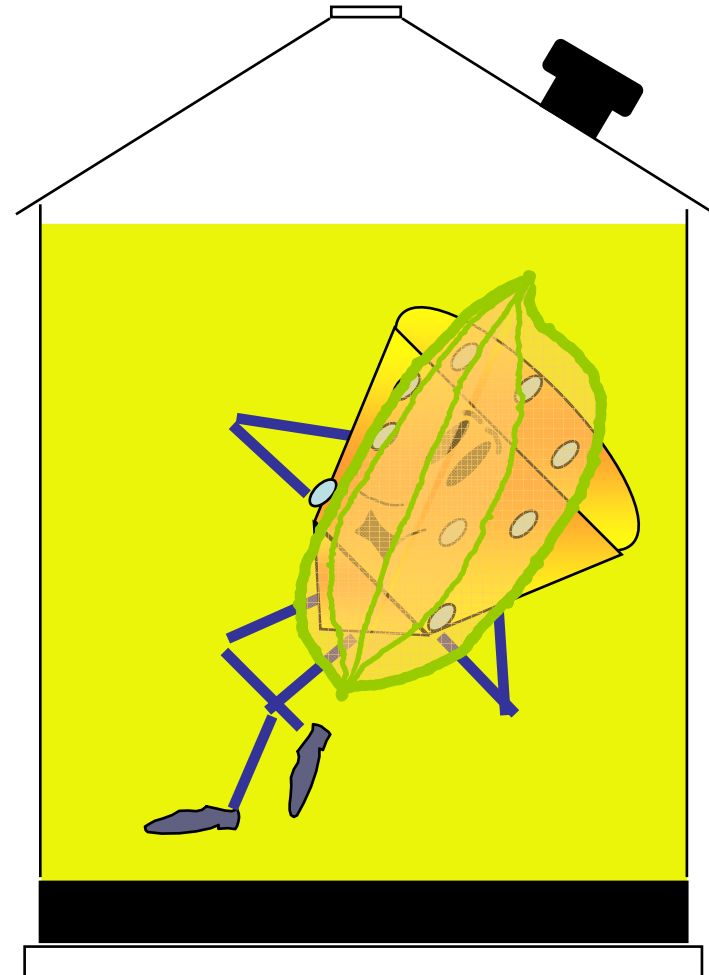
	Baja	Media	Alta	Muy alta
Grano de campo	Desviación Estándar Inferior a 1	Desviación Estándar entre 1 y 1,7	Desviación Estándar entre 1,7 y 2,5	Desviación Estándar superior a 2,5
Comentarios	Grano de fácil manejo	Se deben tomar precauciones relacionadas con la temperatura de secado inicial.	Se deben aumentar las precauciones relacionadas con la temperatura de secado inicial. Puede presentar problemas posteriores durante el almacenaje.	Se deben extremar las precauciones relacionadas con la temperatura de secado inicial. No sobrepasar 45 C en torres y 32 C en Albercas. Debería tratar de consumirse con la mayor brevedad posible.

**CLASIFICACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LA HUMEDAD DE GRANOS
INDIVIDUALES
GRANO PARA ALMACENAJE**

	Baja	Media	Alta	Muy alta
	Desviación Estándar Inferior a 0,7	Desviación Estándar entre 0,7 y 0,8	Desviación Estándar entre 0,8 y 0,9	Desviación Estándar superior a 0,9
Comentarios	Grano de muy buenas condiciones para almacenar	Grano que exige control de temperatura en zonas de alta humedad relativa	Grano que exige controles cuidadosos de temperatura durante su almacenaje.	Grano que debería vigilarse con extremo cuidado y procesarse antes de 30 días.

¿Por qué Airear?

- El grano es un organismo VIVO
 - Respira.
 - Genera humedad y calor.
 - Estas condiciones facilitan desarrollo de hongos e Insectos.



Gráfica facilitada
por Super Brix

Programación de aireación

- Para ejecutar una aireación exitosa deben evaluarse las variables que inciden en la efectividad de la misma.
- La aireación debe ser programada de acuerdo con las condiciones ambientales presentes y el estado del grano

Para programar una aireación se necesita:

1. Conocer las condiciones del aire intergranular que va a ser **reemplazado**.
2. Conocer las condiciones del aire ambiente que va ser **introducido** dentro de la masa de granos.

1. Conocer las condiciones del aire intergranular

- Temperatura: Se utilizan los datos del sistema de termometría.
- Humedad del aire intergranular: Se utiliza la gráfica de isotermas de equilibrio para conocer HR% del aire intergranular.
- Con la tabla sicrométrica se determina la humedad absoluta contenida en el aire intergranular.

2. Conocer las condiciones del aire ambiente que va a ser forzado

- Determinar las variaciones de temperatura y humedad relativa del aire a través del día y la noche en las fechas y lugar donde se va a realizar la aireación.
- Identificar la variación de la temperatura y la humedad absoluta del aire.
- Establecer los puntos críticos cuando no se puede realizar aireación.

Control de la aireación

- La aireación no es un trabajo de corto tiempo. Usualmente se necesitan muchas horas de aireación para cambiar la condición de temperatura del aire intergranular.
- La temperatura de la masa de grano irá evolucionando a medida que se va realizando la aireación.

Control de la aireación

- Al avanzar la aireación, la temperatura de las capas inferiores disminuye, pero la de las capas intermedias y superiores aumenta a medida que se va desplazando el frente fresco de abajo hacia arriba, formando un frente más caliente que va avanzando lentamente hacia arriba hasta salir del grano.

Condiciones adecuadas del aire para airear

- Menor temperatura que la del aire que se va a cambiar (intergranular)
- Igual, o ligeramente menor, contenido de humedad absoluta. Si tiene mucho menos se producirá un efecto **secante**, si tiene más, se producirá un refrescamiento del grano, seguido de una elevación de humedad y temperatura rápidos en las siguientes semanas.

Diseño de un Sistema de Aireación

- Condiciones del ambiente
- Tiempo de almacenamiento
- Grano
 - Tipo de grano
 - Condiciones del grano

Tamaño del silo

- Distribución del aire
- Economía

Diseño del Sistema

Ratas de aire

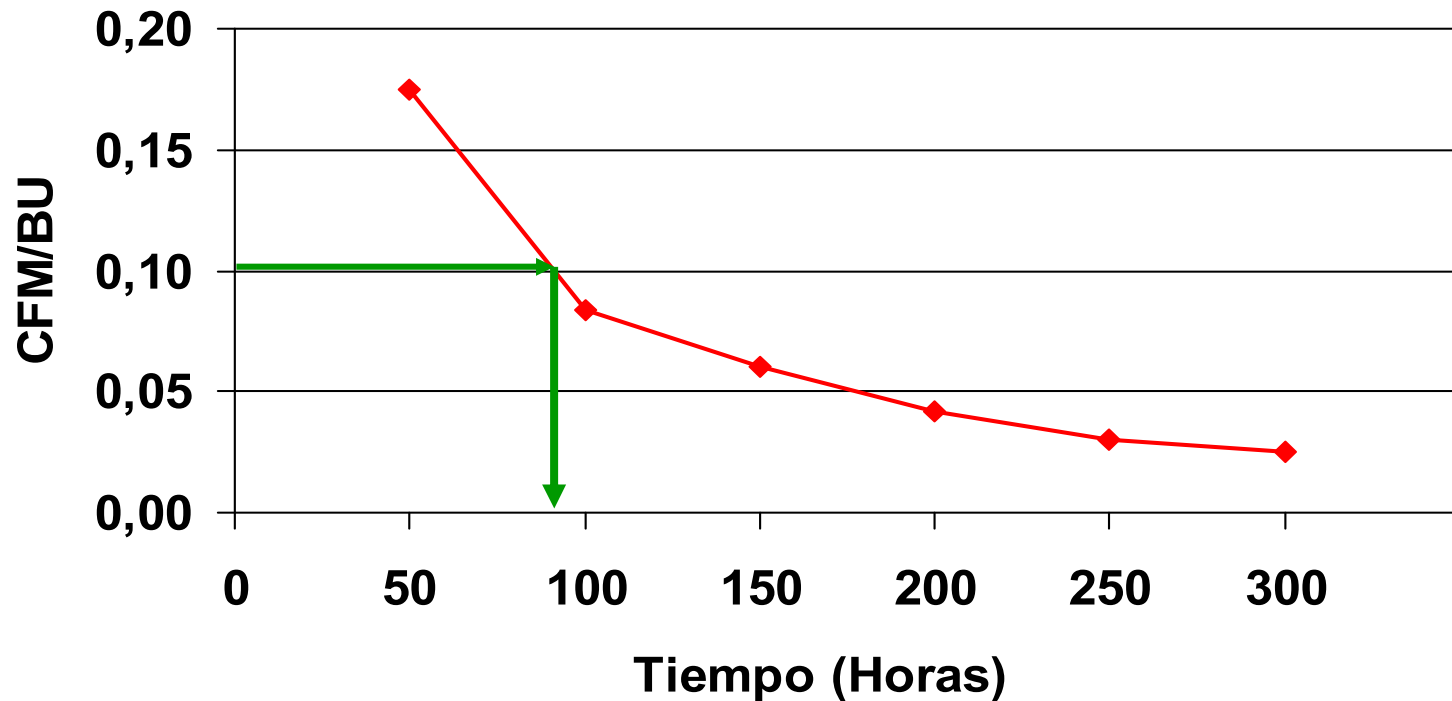
- 0.05 - 0.20 cfm/bu. (1/20 to 1/5)
- 0.0009 - 0.0037 m³/s - tonelada

Normalmente se diseña para:

- 0.10 - 0.14 cfm/bu (1/10 to 1/7)
- 0.0019 - 0.0027 m³/s - tonelada

Diseño del Sistema

Tiempo Aproximado de Aireación
Para subir o bajar la temperatura del grano
a la temperatura ambiente



Gráfica facilitada
por Super Brix

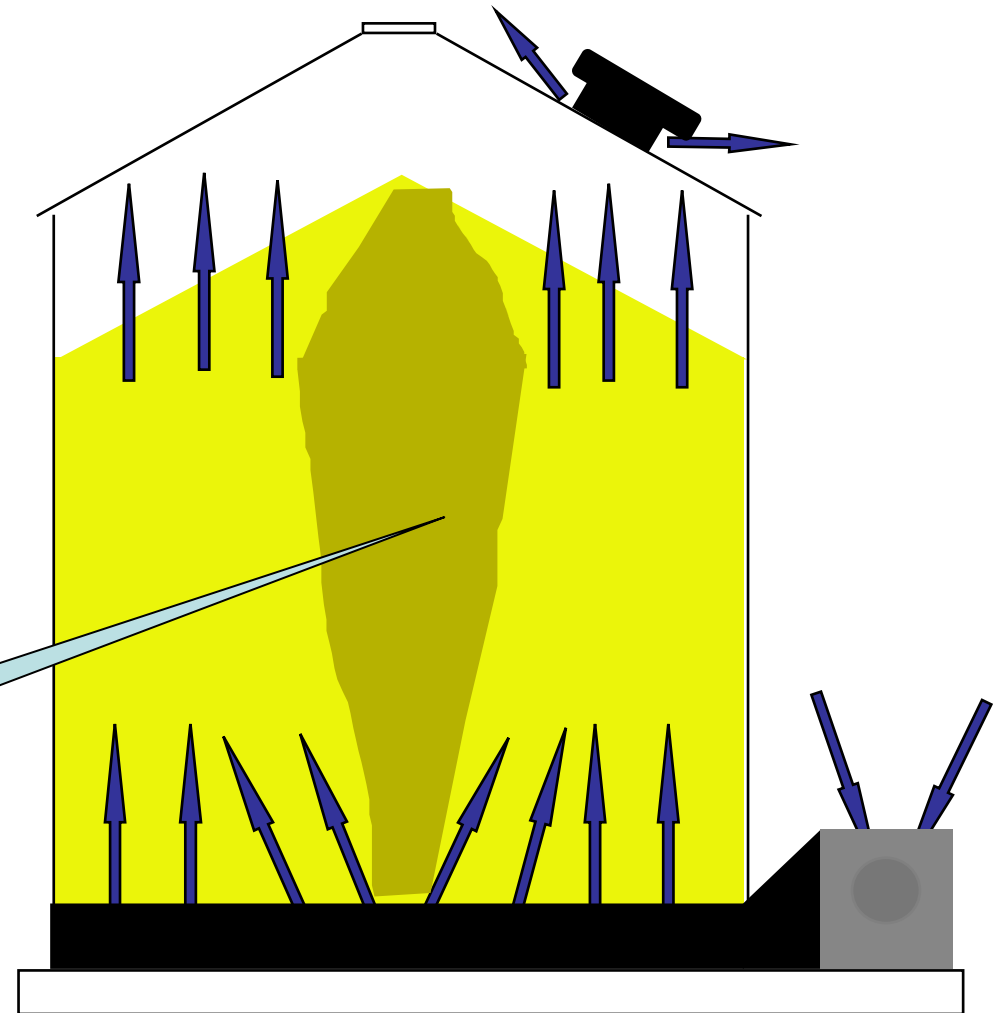
Problemas en Aireación

- Material extraño (grano sucio)
- Suciedad en la vía de acceso y salida del aire
- Sobrellenado del silo
- Condensación en el techo

Problemas de aireación

- Material extraño en el centro

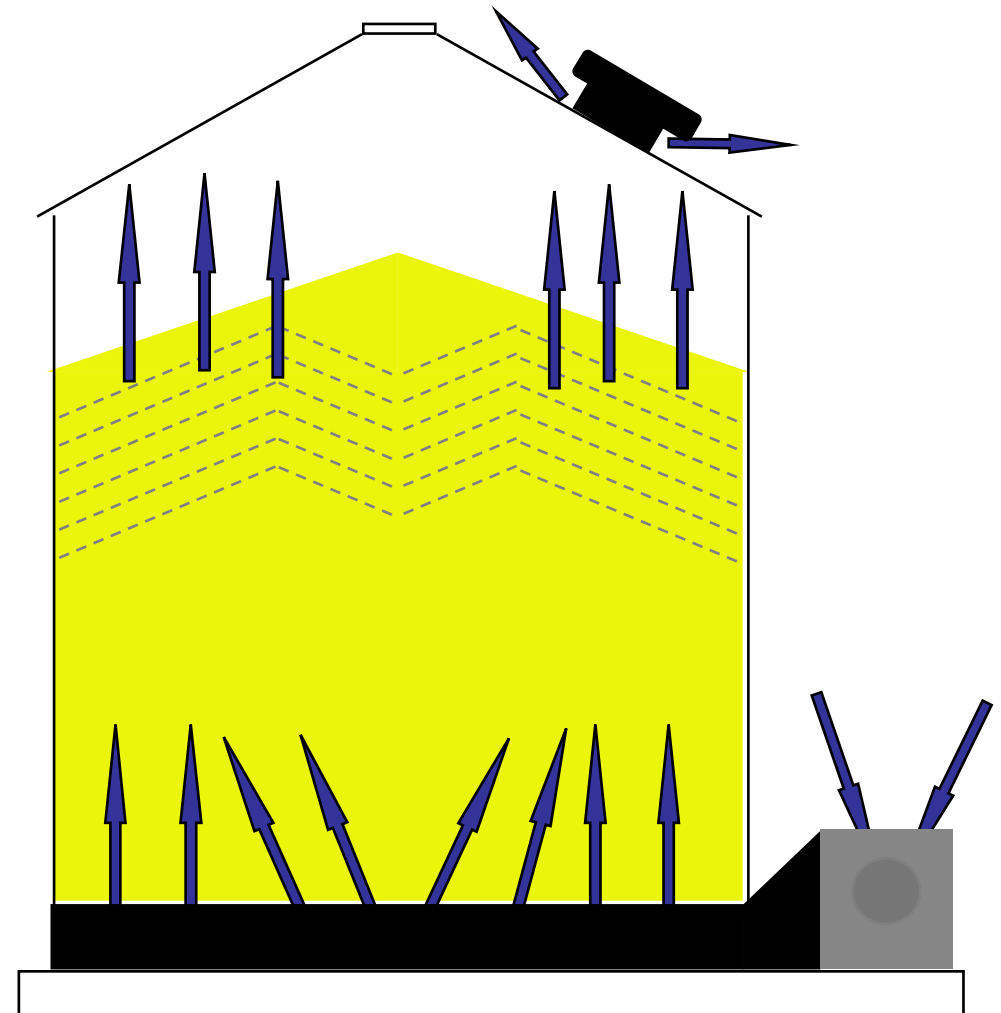
No hay flujo de aire



Gráfica facilitada
por Super Brix

Solución de aireación

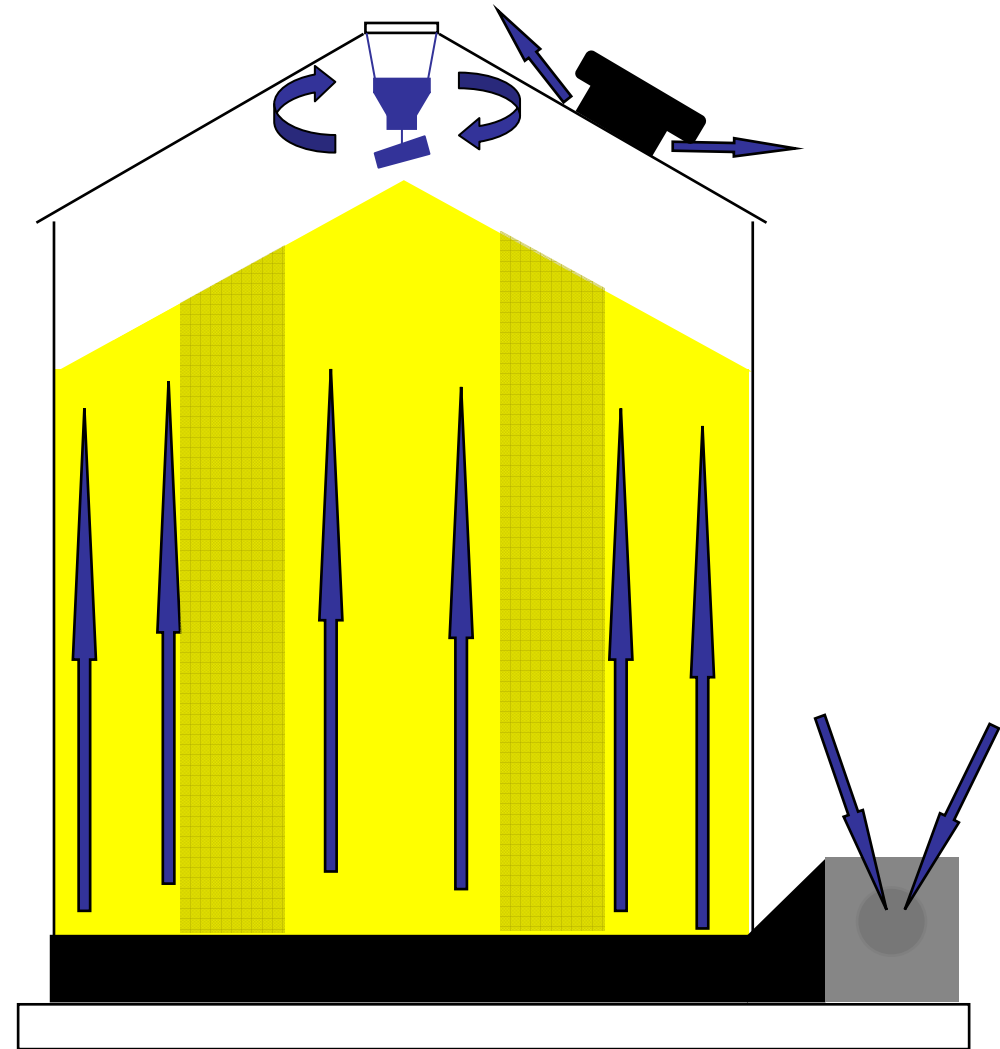
- Durante el llenado, vaciar el centro cada 24 horas para hacer un cono en el cereal.



Gráfica facilitada
por Super Brix

Solución de aireación

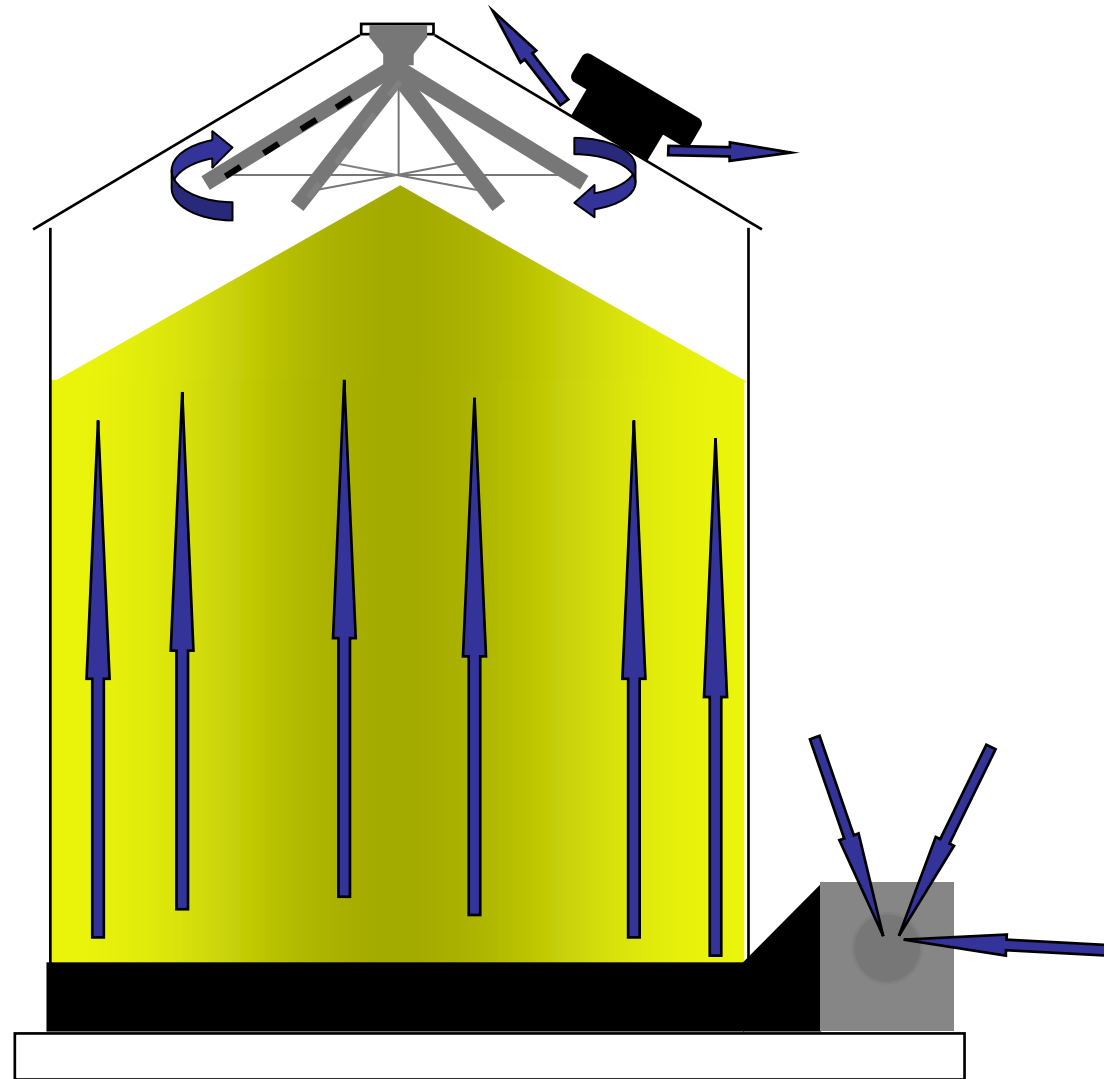
- Distribuir el material extraño
 - Centrífuga
 - Separación por densidad



Gráfica facilitada
por Super Brix

Solución de aireación

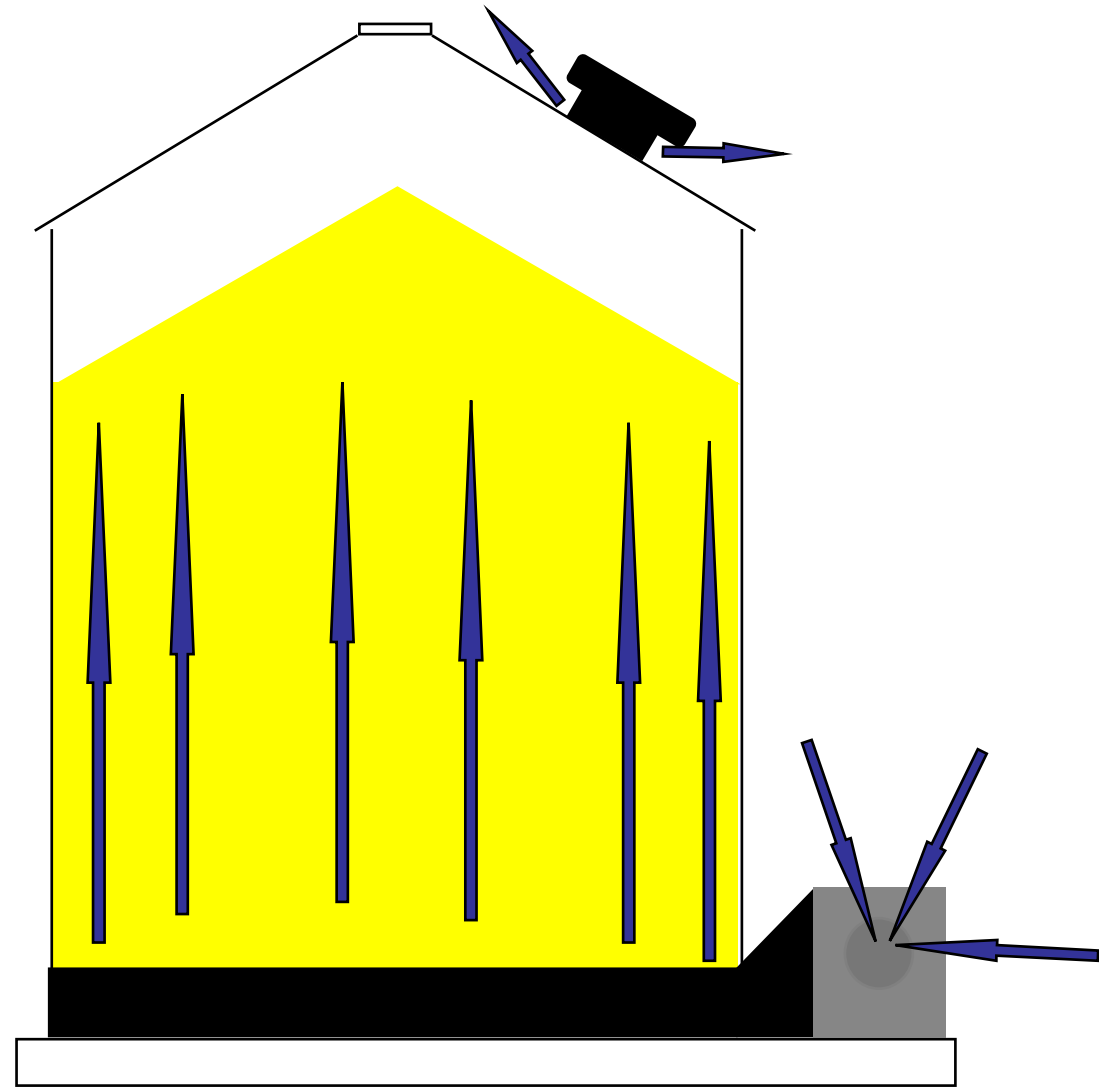
- Distribución de material extraño
 - Sistema que usa la gravedad.
 - No se tiene separación por densidad.



Gráfica facilitada
por Super Brix

Solución de aireación

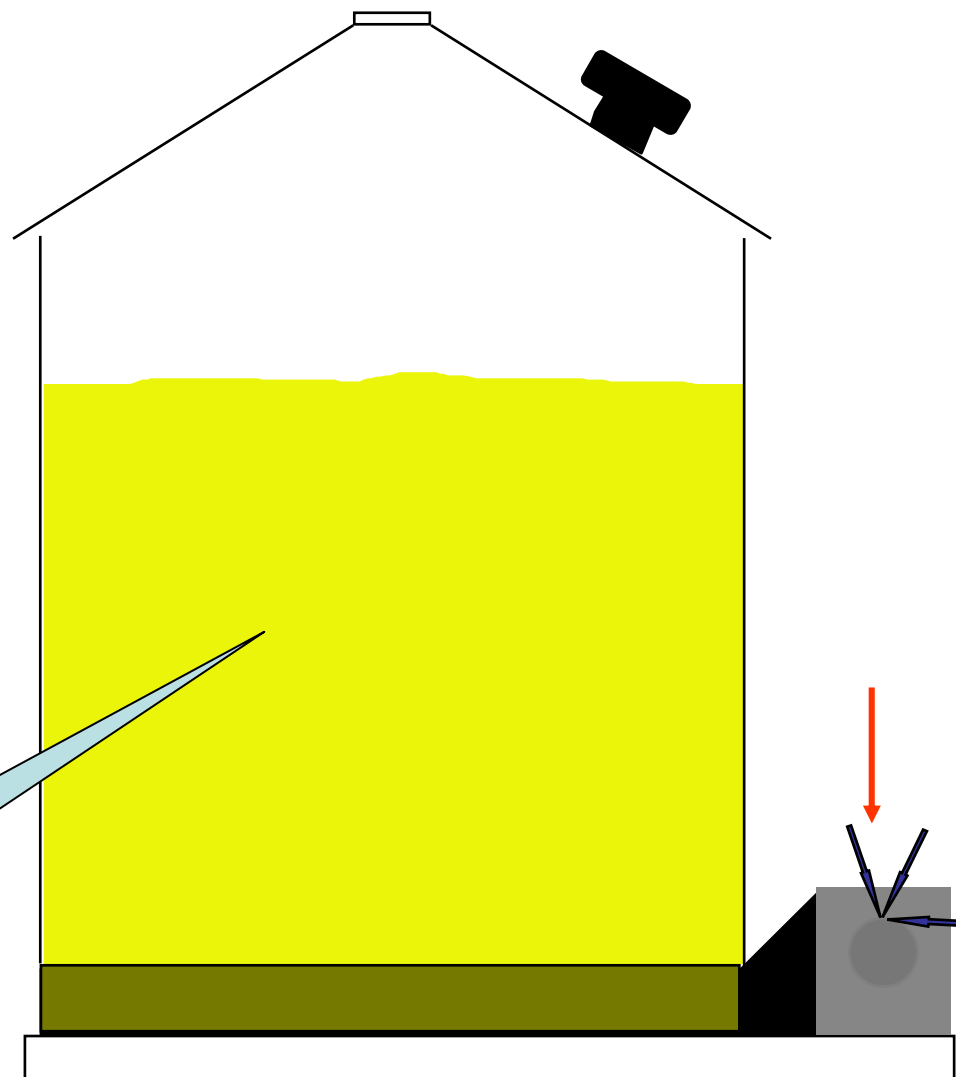
- Limpiar el grano antes de almacenarlo.
- Nota: cada máquina limpiadora difícilmente puede remover más de 1.5% de impurezas



Problemas de aireación

- Túnel sucio
- Perforaciones de piso tapadas
- Ventiladas de techo tapadas

No hay flujo de aire

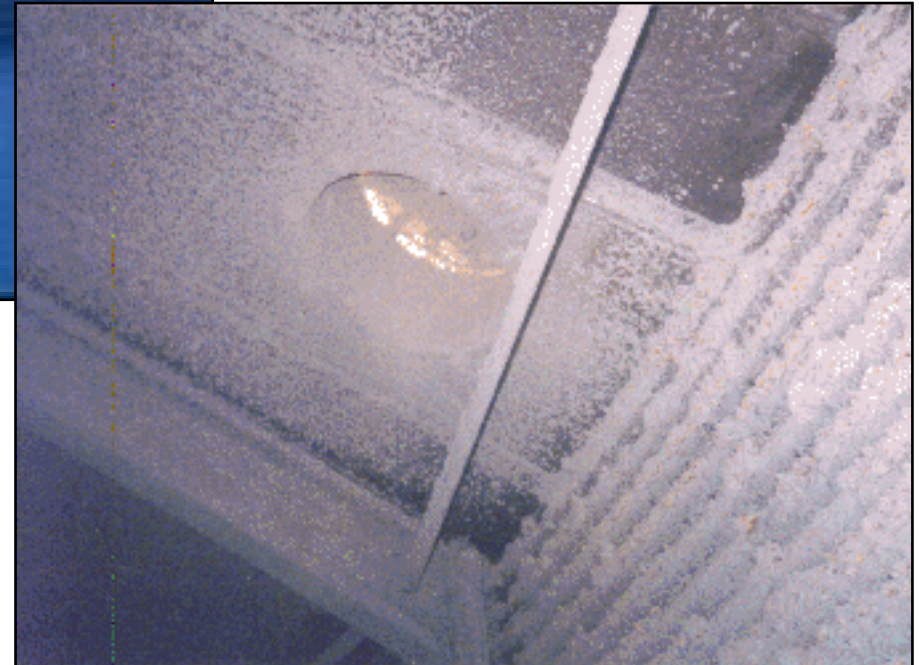


Gráfica facilitada
por Super Brix

Problemas de Aireación



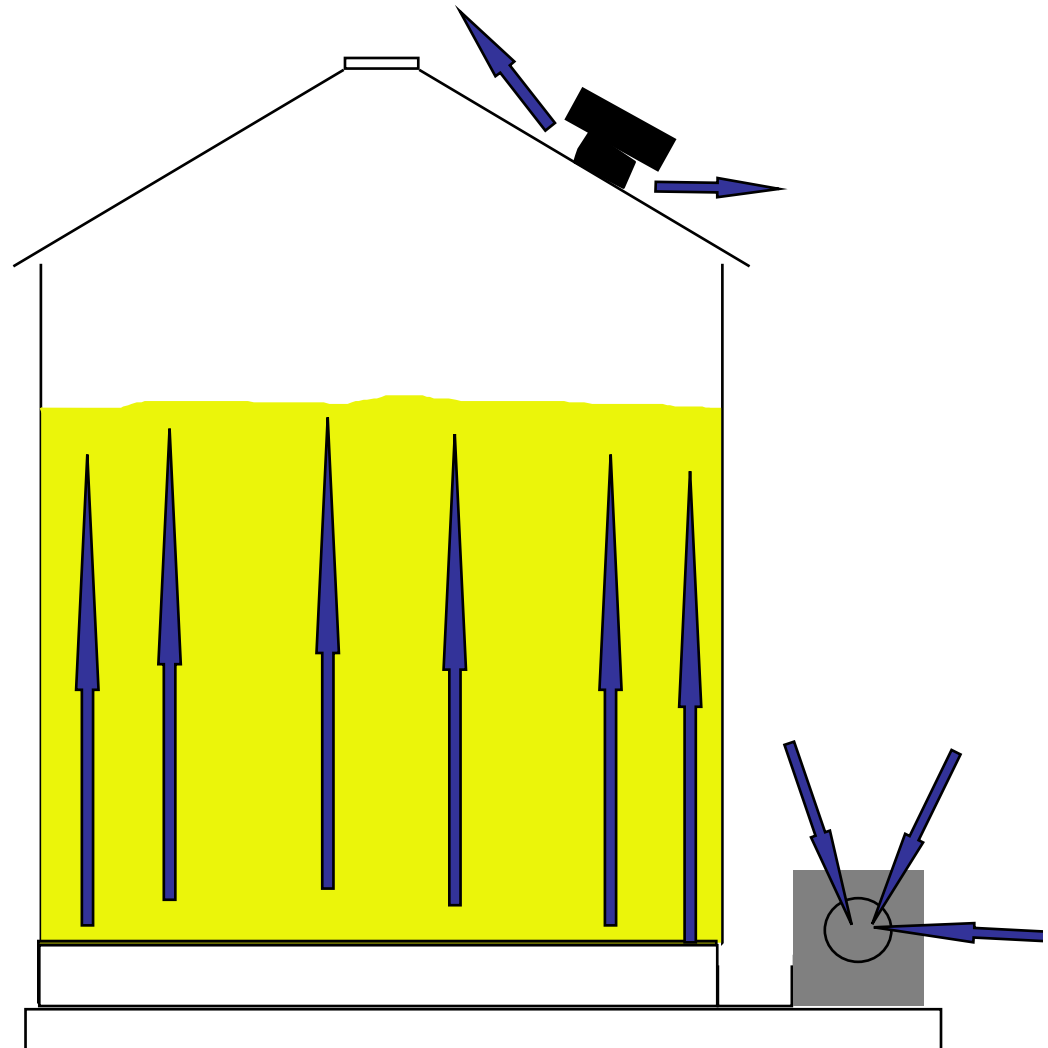
Salidas de aire
obstruidas



Gráfica facilitada
por Super Brix

Solución de Aireación

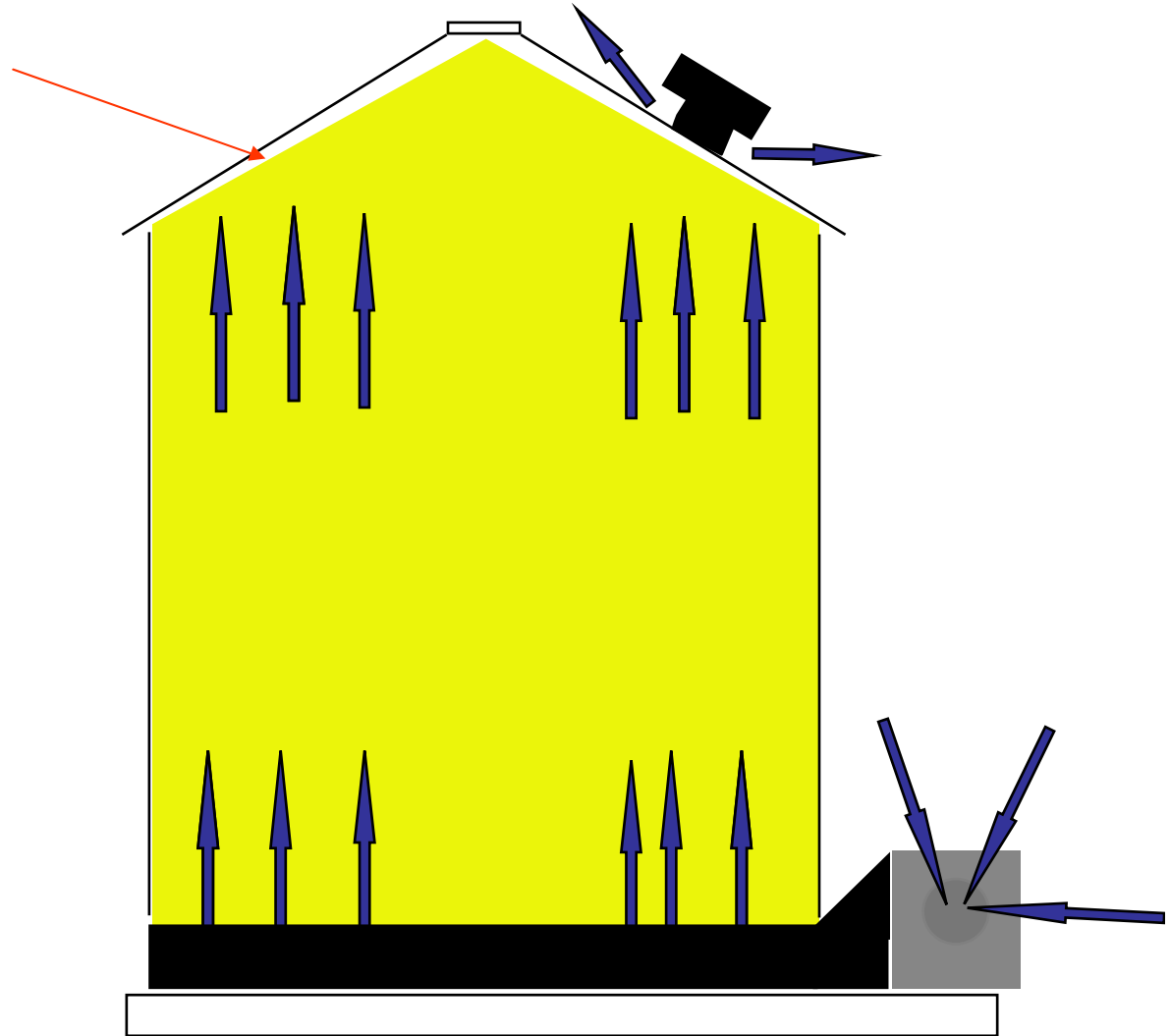
- Limpiar los túneles, ductos, pisos y ventilas de techo antes de llenar el silo



Gráfica facilitada
por Super Brix

Problemas de Aireación

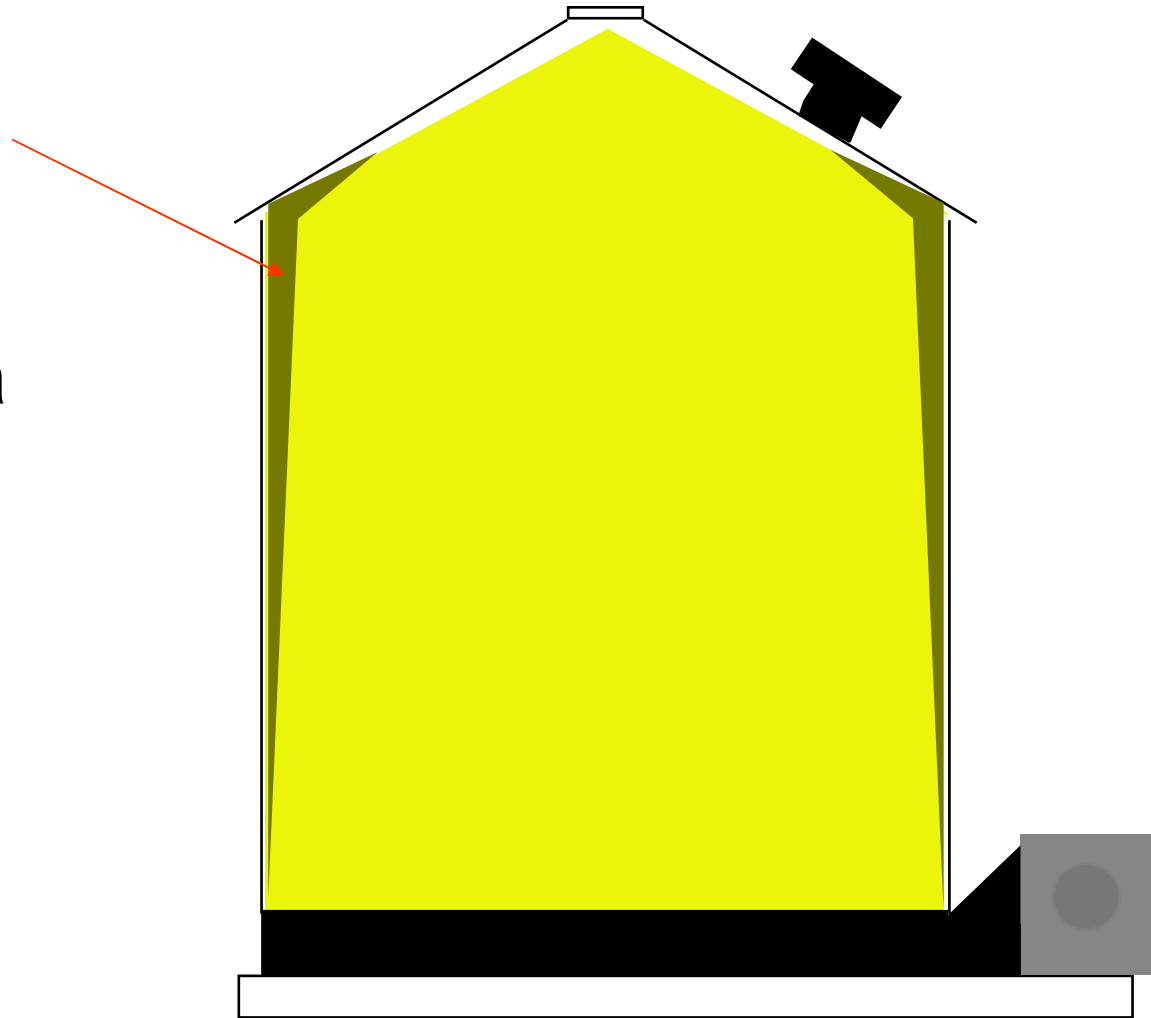
- Sobre-llenado del silo



Gráfica facilitada
por Super Brix

Problemas de Aireación

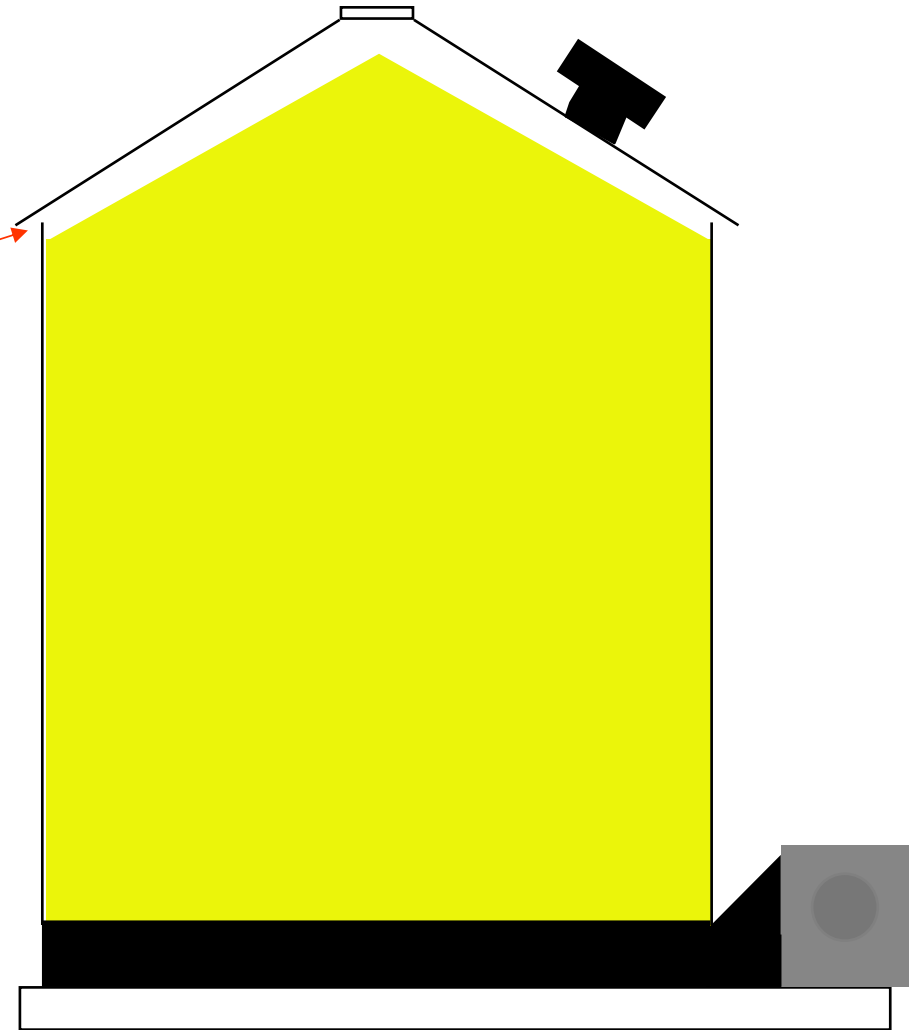
- Cereal se daña en las paredes



Gráfica facilitada
por Super Brix

Solución de Aireación

- Llenar hasta nivel recomendado:
 - 1" por debajo del alero



Gráfica facilitada
por Super Brix

Problemas de Aireación

- Condensación dentro del silo:
 - Se presenta con diferencias de 9°C , o más, entre temperatura interna y externa.

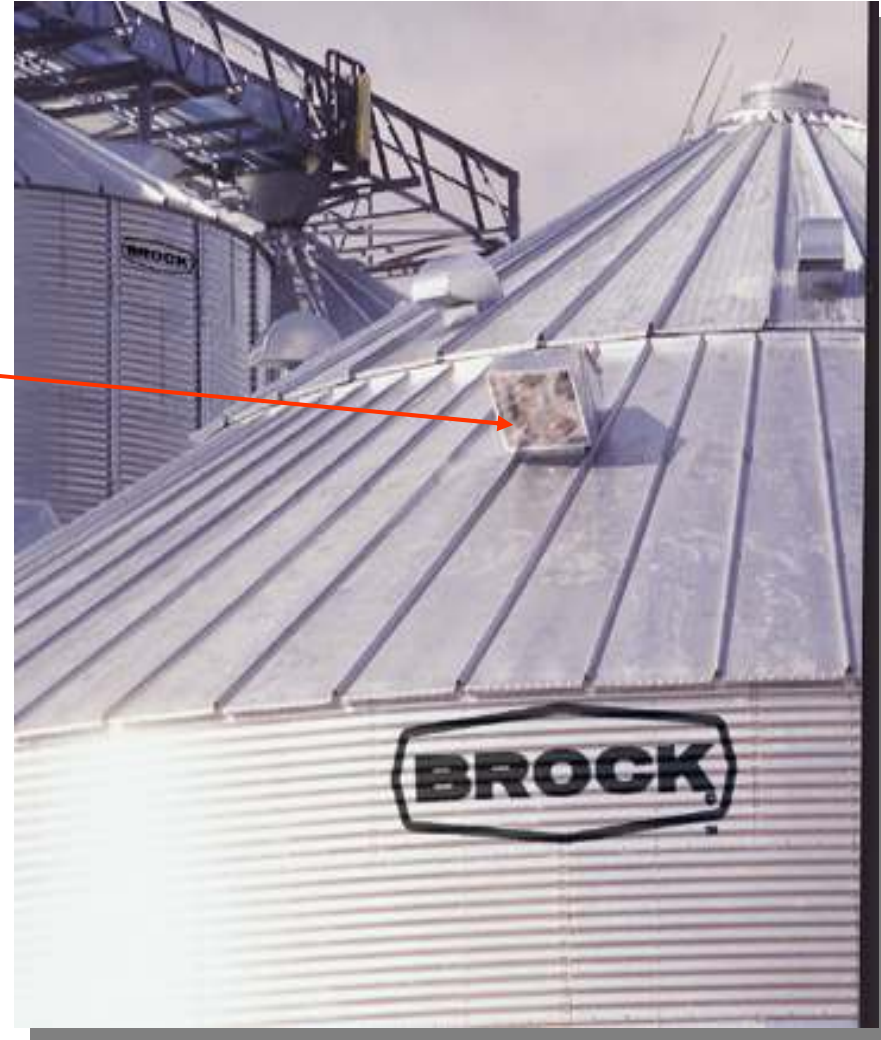
Solución de Aireación

- Instalar ventilas adecuadas en el techo
- Instalación de ventiladores extractores forzados.

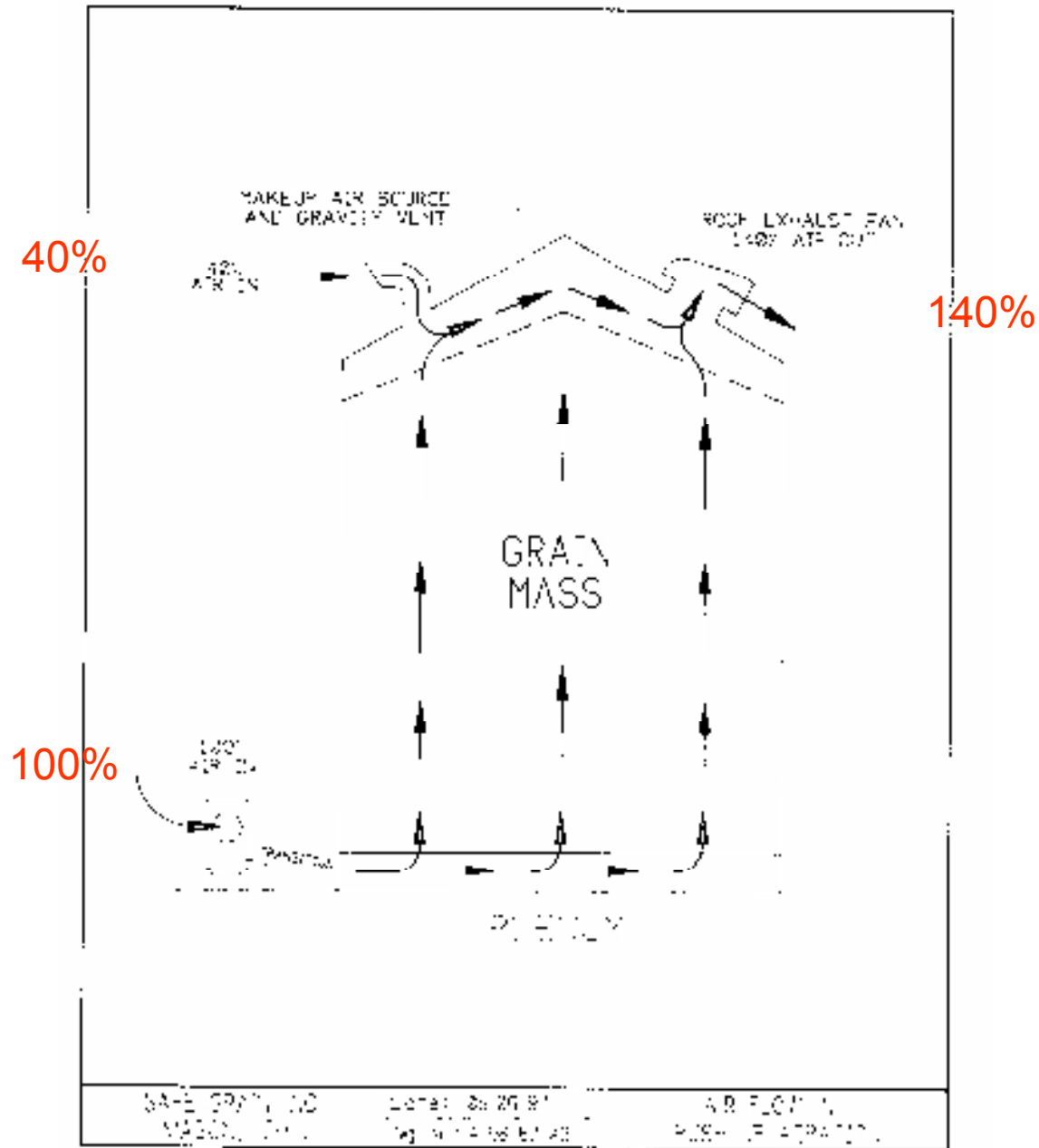
Extractores forzados

- Pueden fijarse a la estructura del techo, previamente reforzada.

Los llamados ventiladores *eólicos* son, normalmente, simples “salidas” de aire de convección. Un “sombbrero chino” hace el mismo trabajo.



Gráfica facilitada
por Super Brix

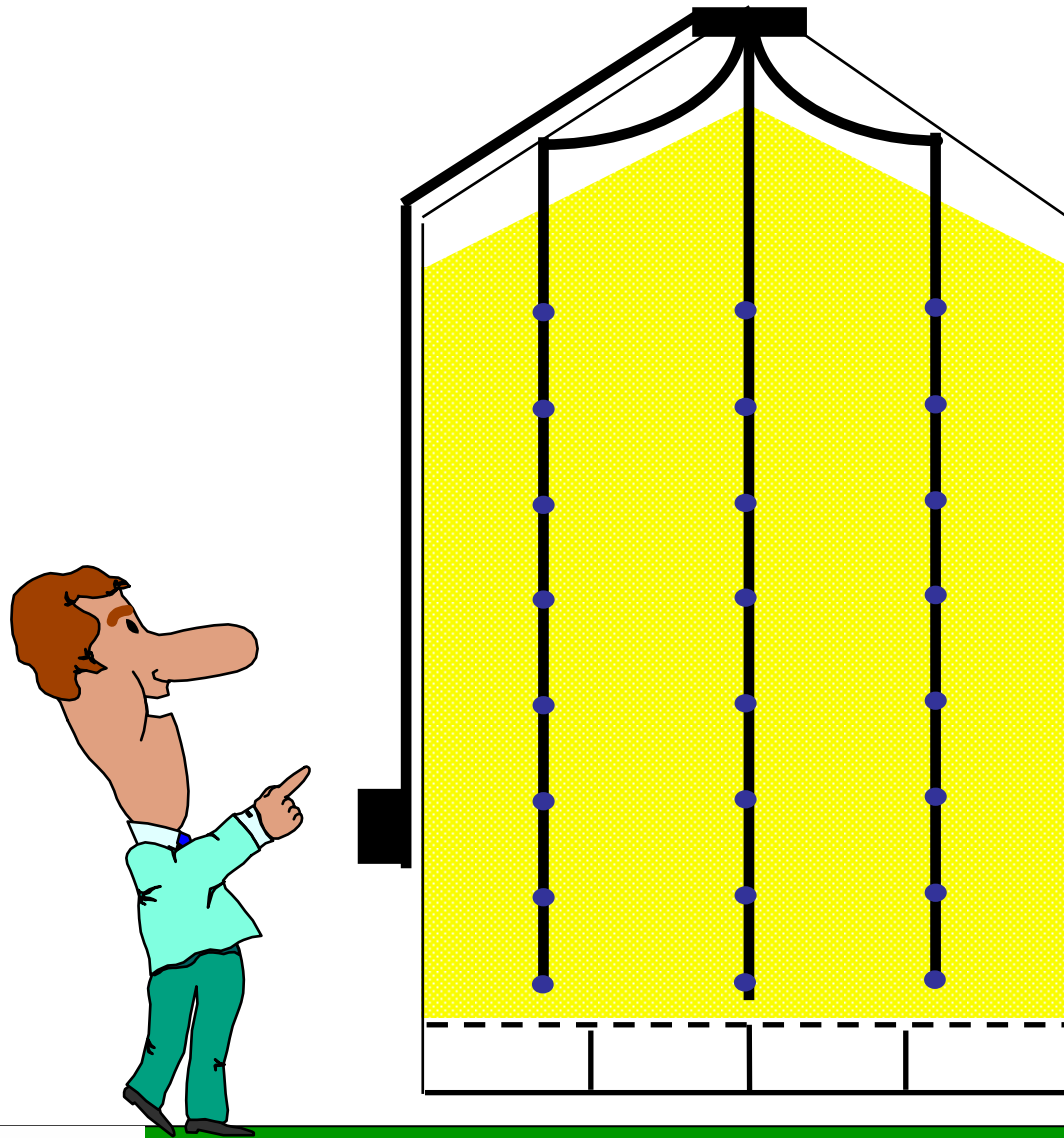


**VENTILADORES
EXTRACTORES
PARA ZONAS
TROPICALES**

Control de temperatura

- La temperatura es un indicador de la estabilidad del grano durante el almacenamiento.
- La elevación de la temperatura en la masa de grano almacenada es síntoma de acumulación de calor por:
 - Respiración de granos con alta humedad
 - Desarrollo de hongos favorecidos por la alta humedad intergranular
 - Desarrollo de insectos.

Sistema de Termometría



Gráfica facilitada
por Super Brix

Medición de la temperatura del grano almacenado

- Sistema de termometría fija en los silos o bodegas graneleras
- Termometría portátil, con lector manual, cables o sondas de profundidad.
- Toma de muestras por trasiego o recirculación.
- Otros sistemas: cañas o testigos inmersos en el grano.

Lecturas de la termometría fija

- Componentes del sistema:
 - Cables que contienen varios puntos de lectura de temperatura.
 - Cajas de transferencia de la información procedente de los puntos de lectura de los cables.
 - Sistema de lectura. Manual o fijo. Simple o computarizado.

Uso de la información de la termometría.

- Lectura de temperatura periódica.
- Registro de la información en planillas o en matrices electrónicas.
- Análisis de la EVOLUCION de la temperatura en cada uno de los puntos de lectura.
- Análisis de la EVOLUCIÓN de la temperatura por estratos. Arriba, al centro, al fondo, en los costados, etc...

Significado de las lecturas de la termometría.

- Un calentamiento concentrado en la parte superior del grano puede evidenciar:
 - Condensación en la tapa del silo y humedecimiento de la capa superior del grano.
 - Inicio de una infestación en la parte alta del grano o en la superficie.

Significado de las lecturas de la termometría

- Un calentamiento concentrado en la base del silo, puede evidenciar:
 - Inicio de una infestación en el fondo del silo, proveniente de las bocas de descarga, o los ductos de aireación.
 - Humedecimiento de la capa inferior del grano por diversas circunstancias.

Significado de las lecturas de la termometría

- Un calentamiento en el centro del silo, puede evidenciar:
 - Desarrollo de infestaciones que iban con el grano almacenado.
 - Concentración de humedad en parte del grano almacenado.
 - Desarrollo de hongos.

Acciones que se desprenden de la información de termometría

- Evaluación de la tendencia de incremento de temperatura, teniendo en cuenta que el incremento se vuelve exponencial con el paso e los días.
- Evaluación del tiempo de almacenamiento restante para determinar la conveniencia económica de realizar controles.

Acciones que se desprenden de la información de termometría

- Programación de control de aireación.
- Programación de trasiego o recirculación para confirmar la situación y destruir estructuras calientes en la columna central del grano almacenado.
- Programación de fumigaciones.
- Programación de consumo en un período corto.

Variaciones de las lecturas de la termometría.

- Cuando se mueve el grano por recirculación o trasiego se pierde la historia del control. Se inicia una nueva “historia”.
- Ninguna elevación de temperatura en el interior del grano es despreciable.
- Una elevación de más de 5 °C, en relación con la temperatura inicial o de equilibrio, indica una situación que debe ser tenida en cuenta.

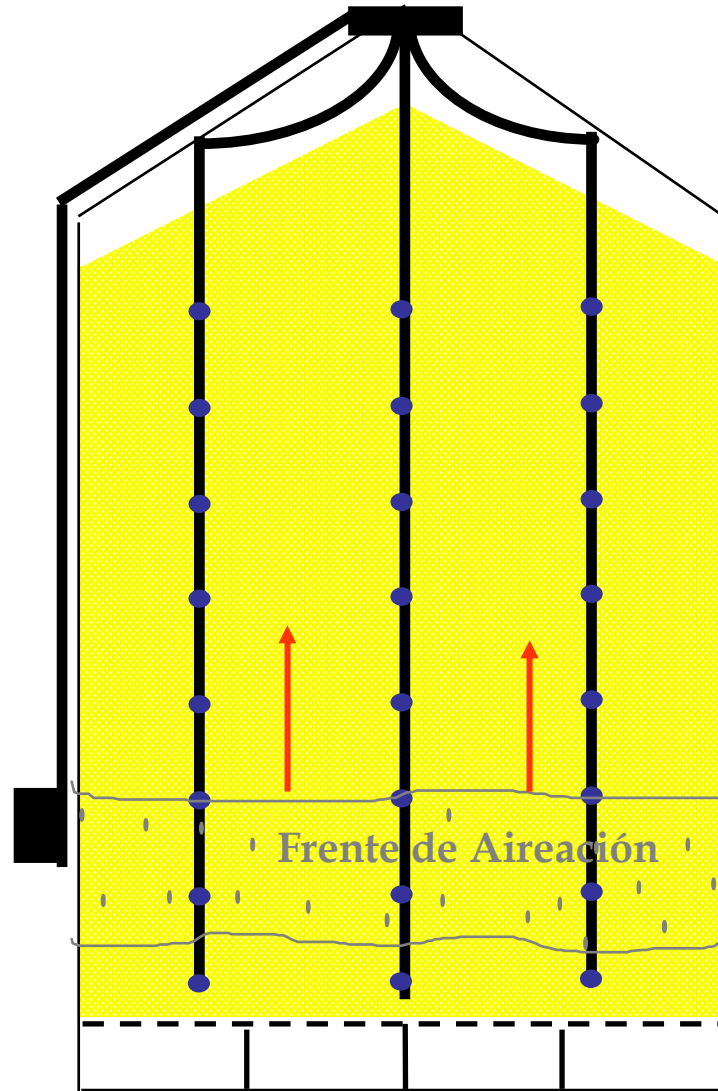
Efectos de la recirculación en la temperatura del grano.

- La recirculación (mover el grano dentro del mismo silo) permite romper estructuras de calentamiento en la columna central, desarrolladas a partir del material fino acumulado allí. Al depositar el grano nuevamente sobre la superficie superior, el calentamiento podría reiniciarse allí.
- Es poco probable que la temperatura de esa porción de grano disminuya. Ayuda un poco en las etapas iniciales.

Efectos del traseigo en la temperatura del grano.

- Mover el grano de un silo a otro, destruye las estructuras de calentamiento.
- Puede difundir hongos y mezclar los granos que están ocasionando el calentamiento, por toda la masa de granos.
- Es posible que en forma inicial el calentamiento sea cortado, pero luego de algunos días o semanas se reiniciará.
- Trasegar en presencia de bajas temperaturas puede ayudar.

Ejemplo avance de frente de aireación



Gráfica facilitada
por Super Brix

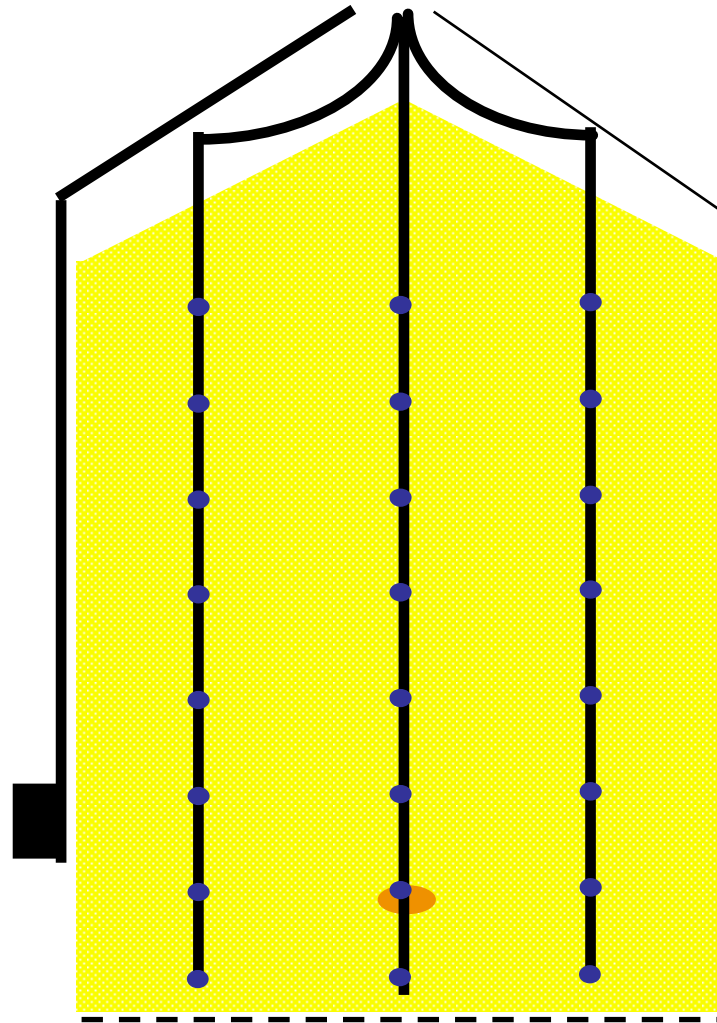
Ejemplo lecturas de Temperatura

Cable #1

T/C Número						
Fecha	1	2	3	4	5	6
Feb/18	30	30	30	32	31	30
Feb/20	28	28	28	32	31	30
Feb/22	28	28	28	28	28	28

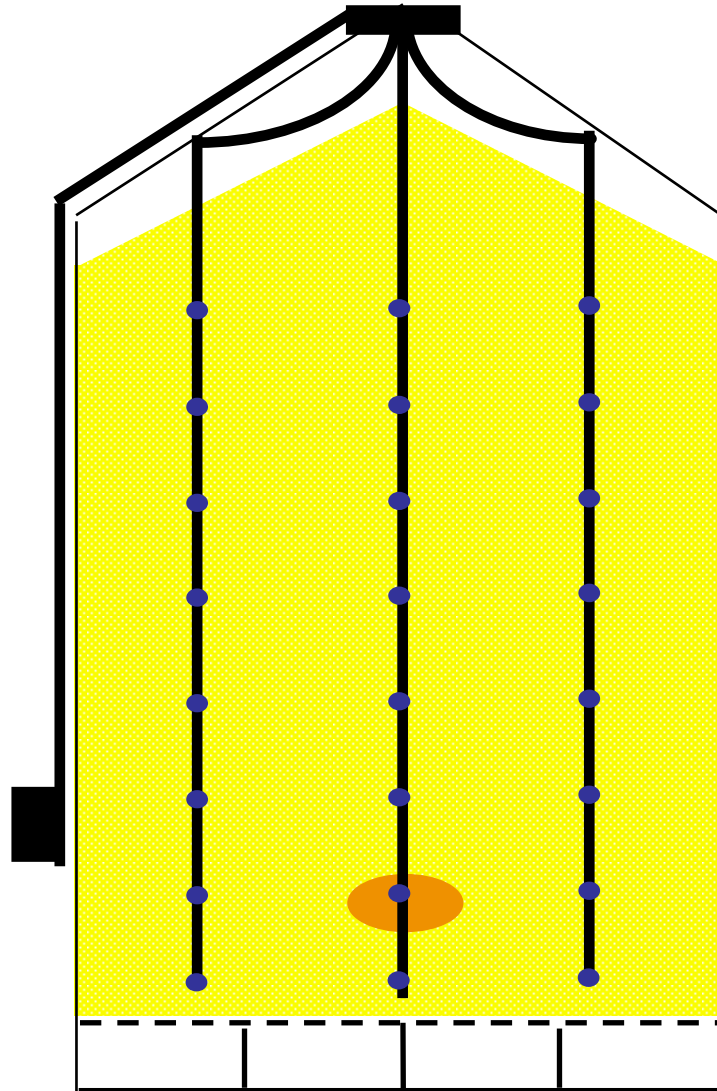
Observar enfriamiento

Foco de Calentamiento



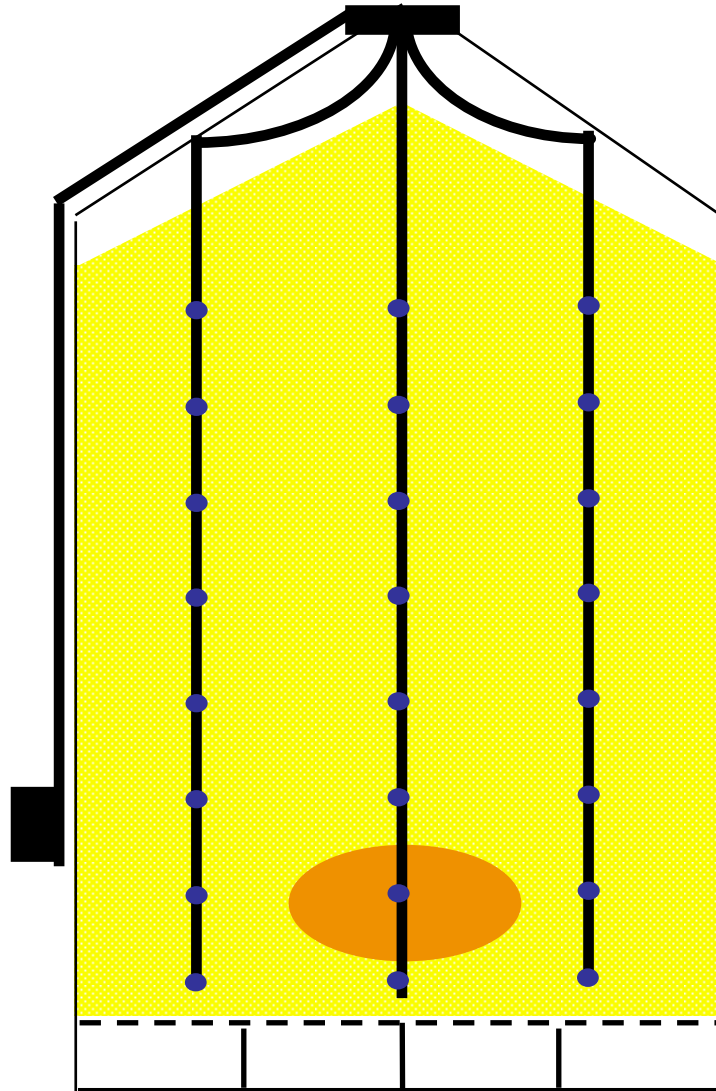
Gráfica facilitada
por Super Brix

Foco de Calentamiento



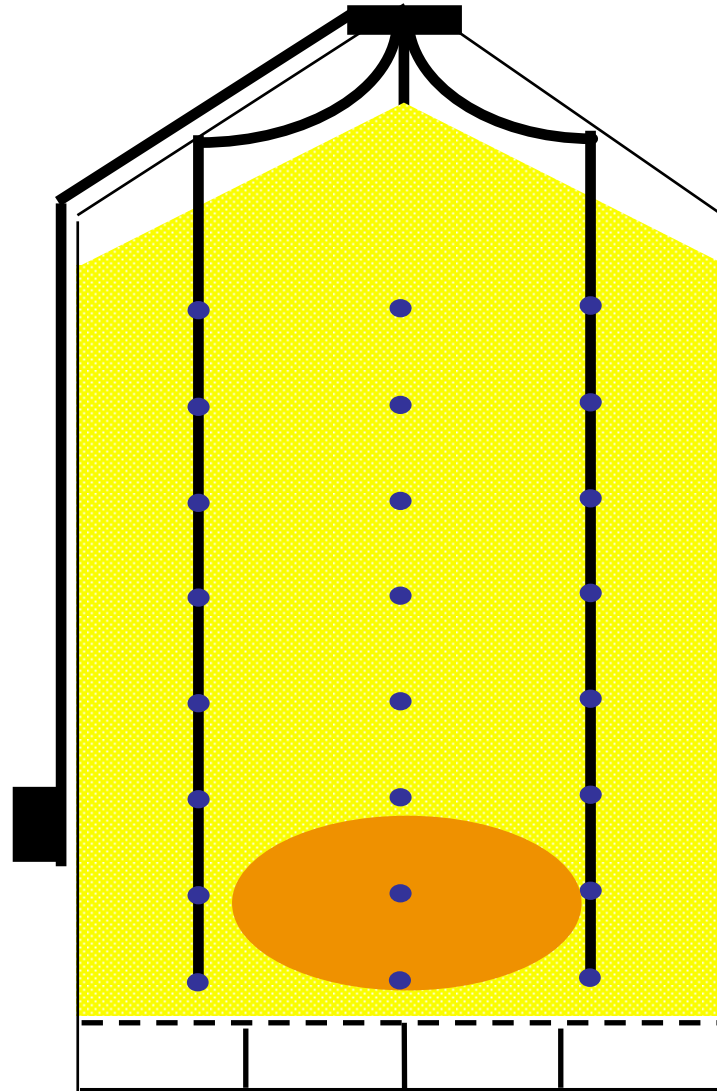
Gráfica facilitada
por Super Brix

Foco de Calentamiento



Gráfica facilitada
por Super Brix

Foco de Calentamiento



Gráfica facilitada
por Super Brix

Lecturas de Temperatura

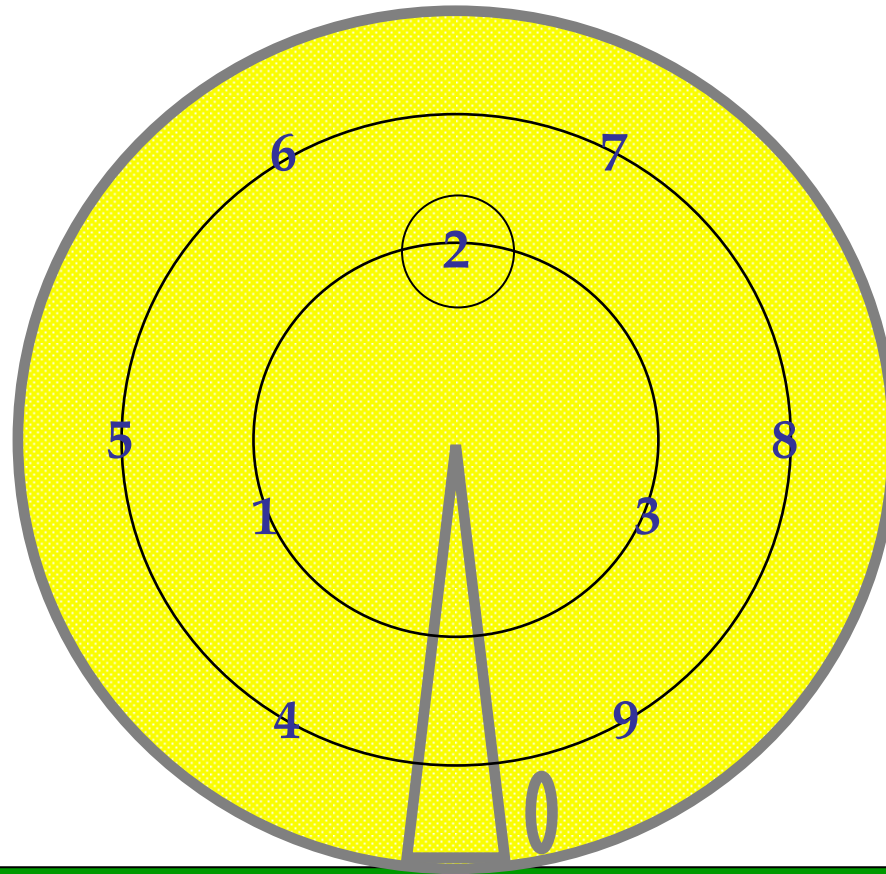
Cable #1

T/C Número

Fecha	1	2	3	4	5	6
Abr/11	30	29	29	29	29	29
Abr/19	32	30	29	29	29	29
Abr/26	34	32	32	29	29	29

Instalación de Cables de Termometría

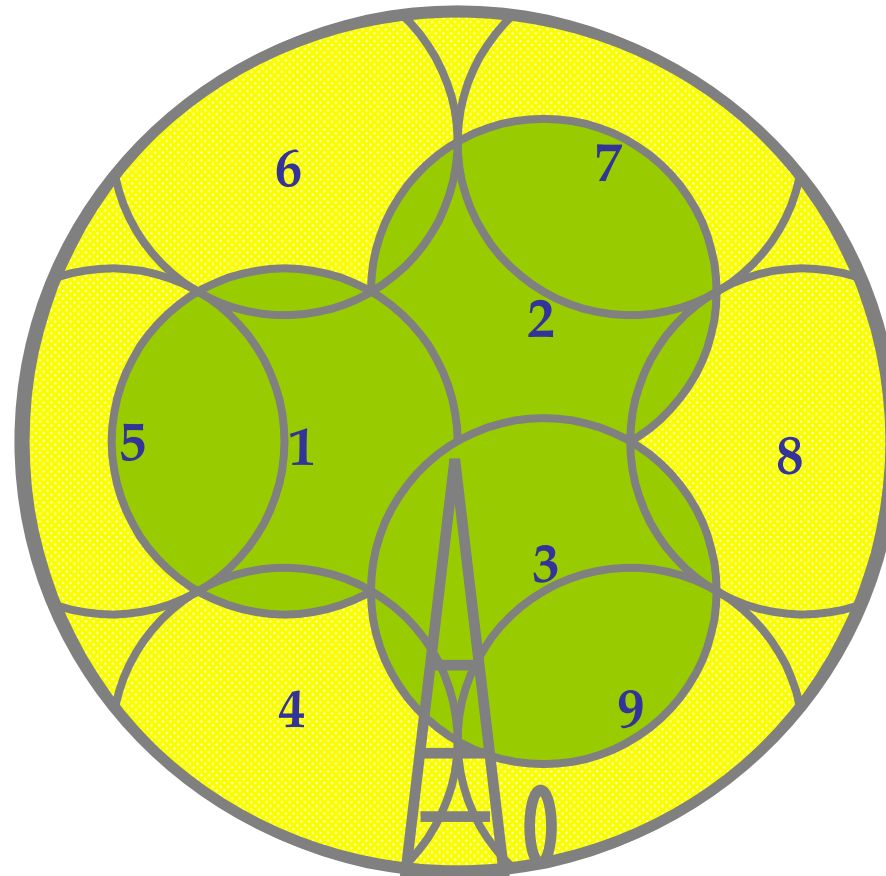
Area de Sensibilidad del Cable
12' (3.65m) Radio/2-3 Días



Gráfica facilitada
por Super Brix

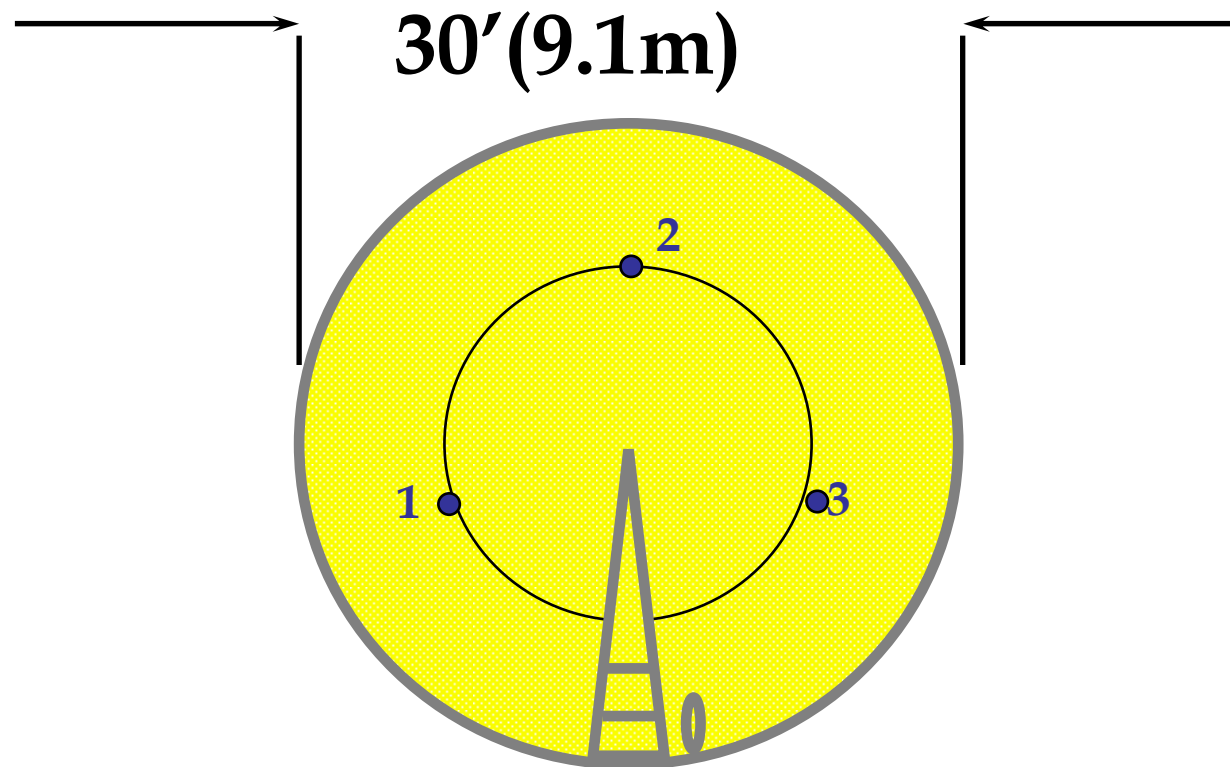
Area de Sensibilidad del Cable

12' (3.65m) Radio/2-3 Días



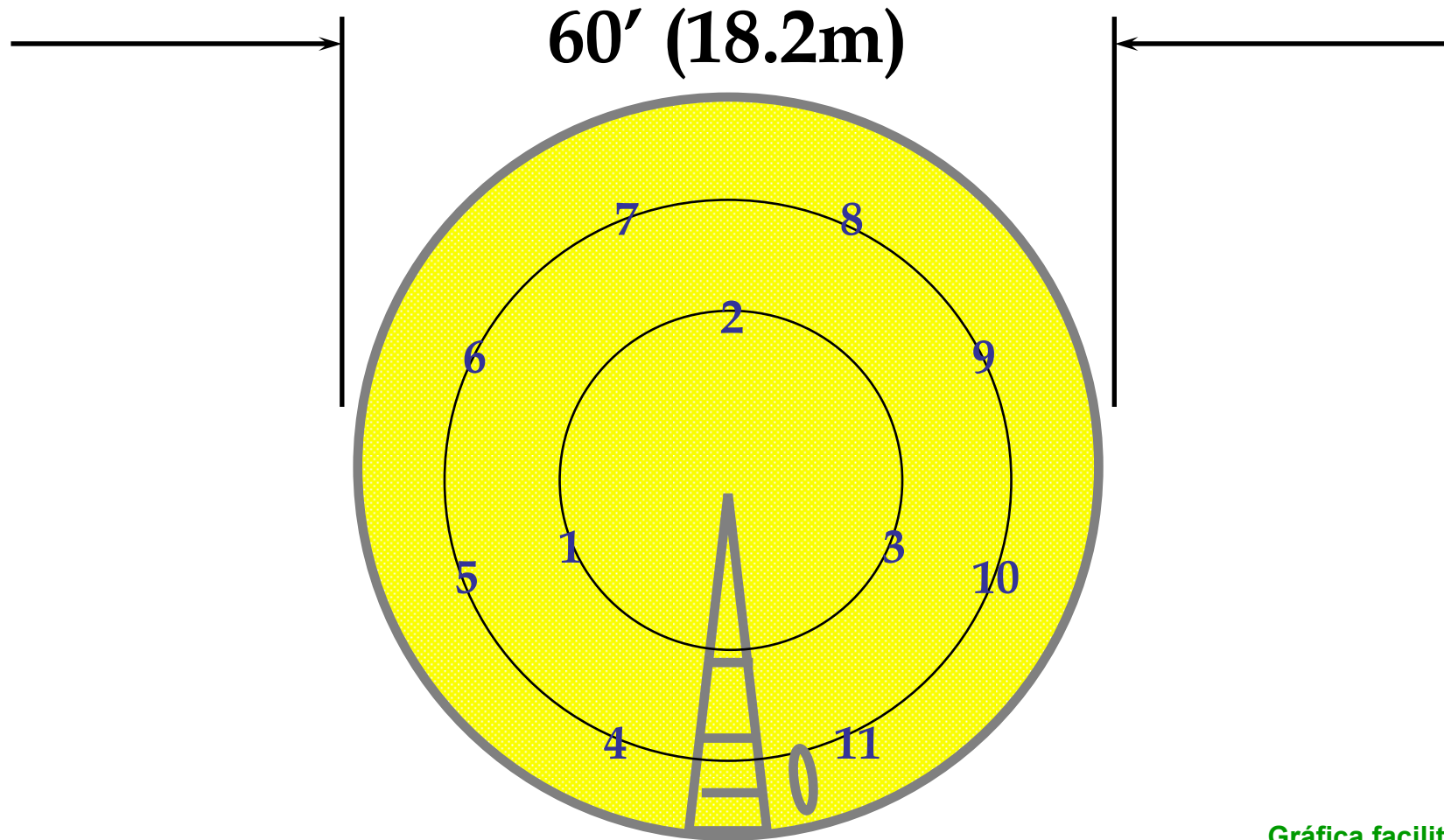
Gráfica facilitada
por Super Brix

30' (9.1m) Silo



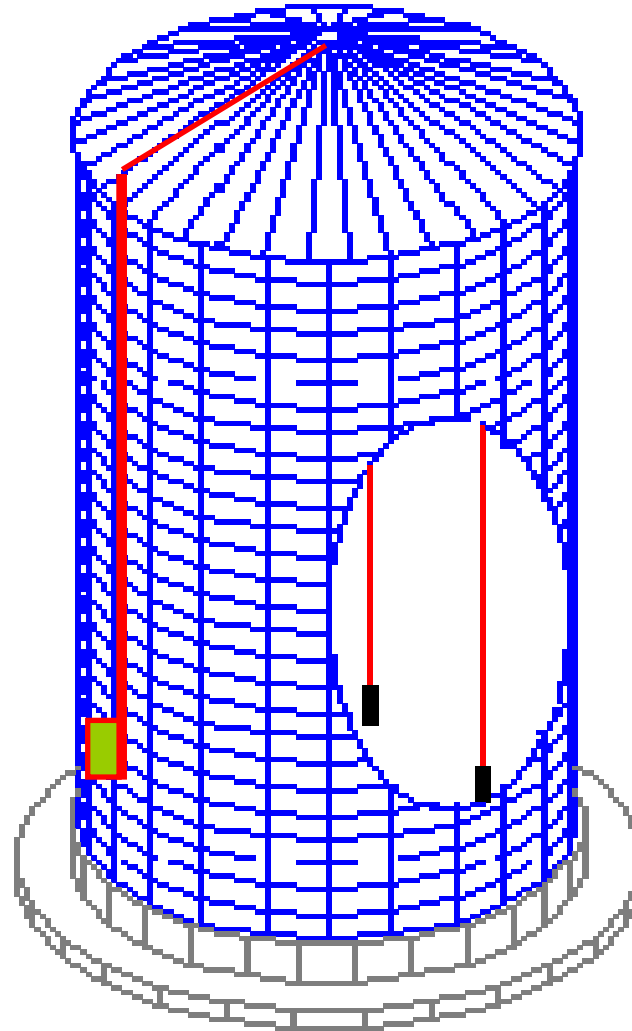
Gráfica facilitada
por Super Brix

60' (18.2m) Silo



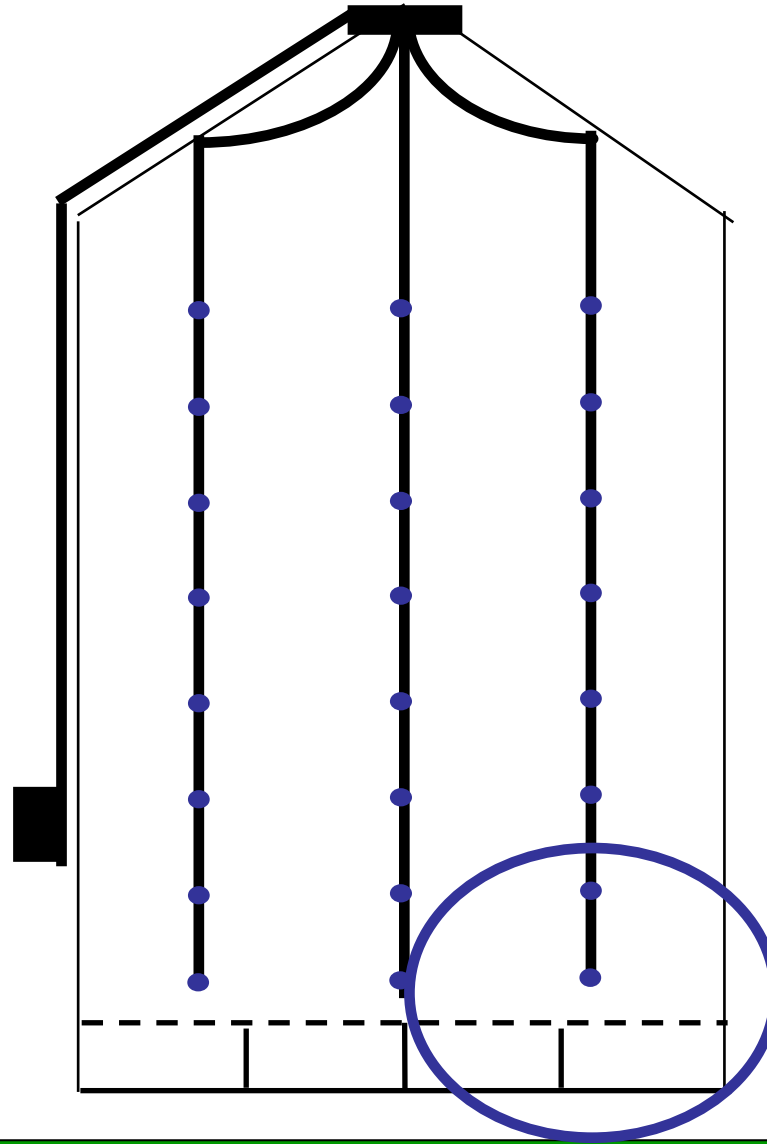
Gráfica facilitada
por Super Brix

Ubicación de la Caja de Lecturas

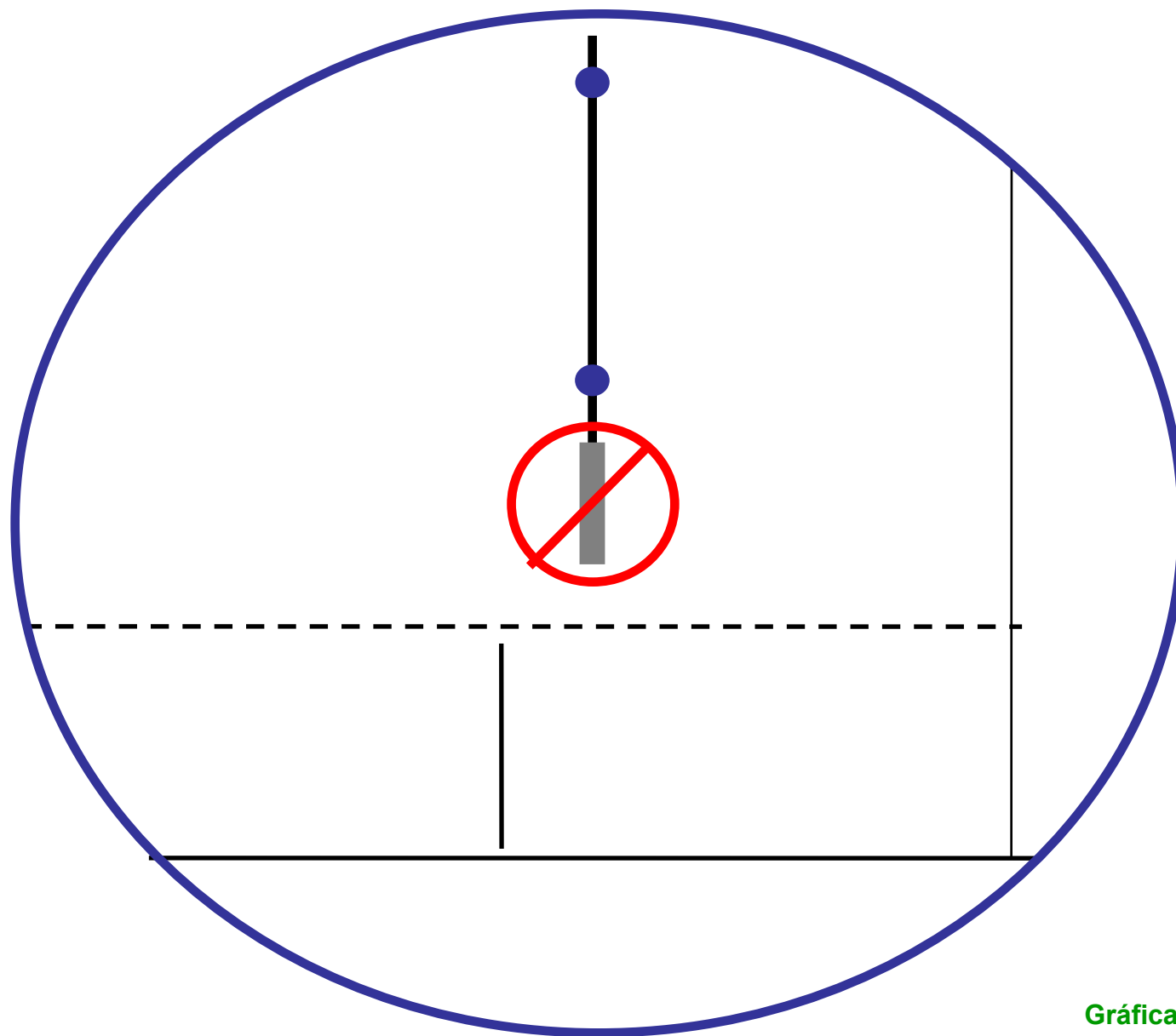


Gráfica facilitada
por Super Brix

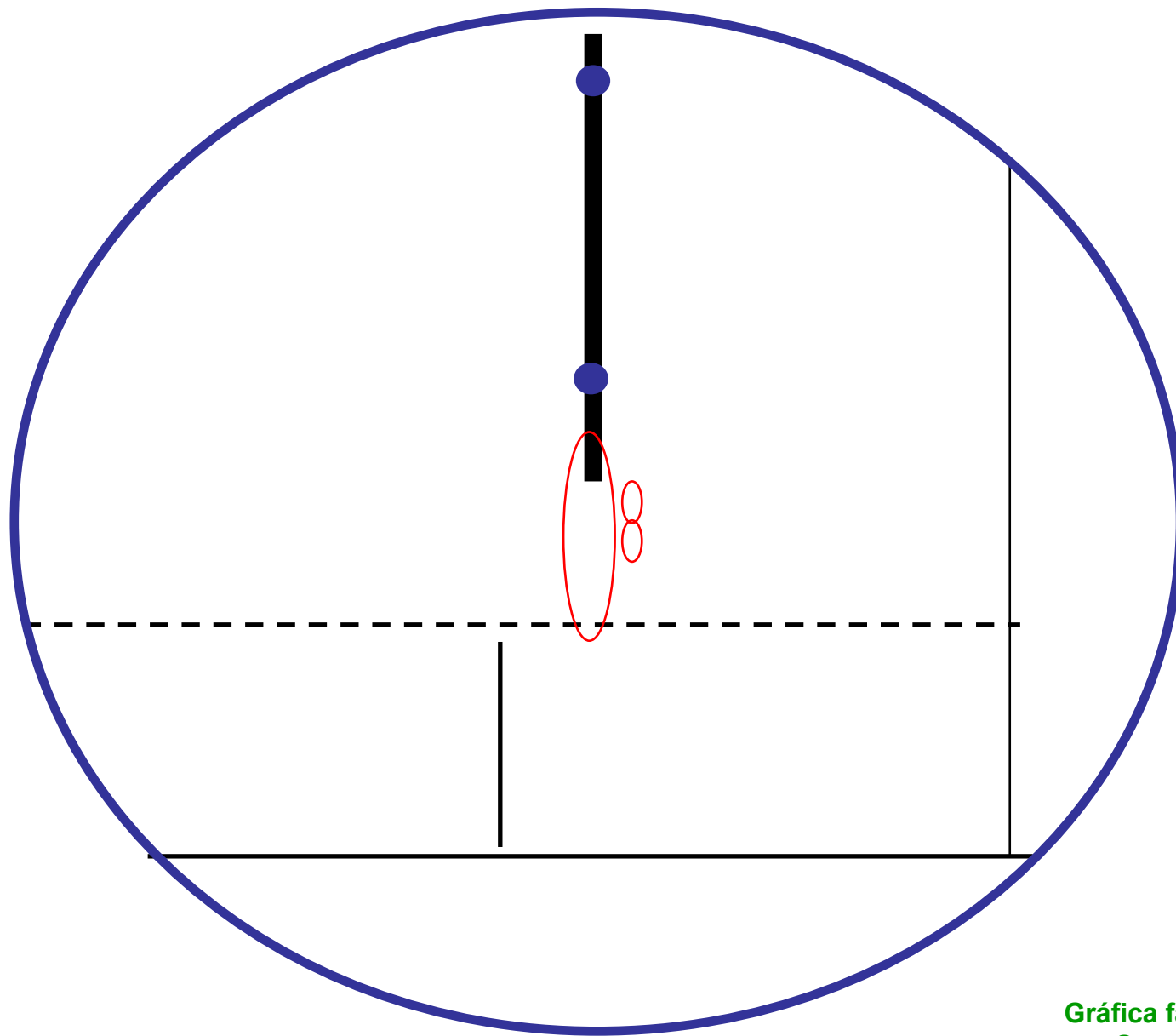
Anclaje de Cables



Gráfica facilitada
por Super Brix

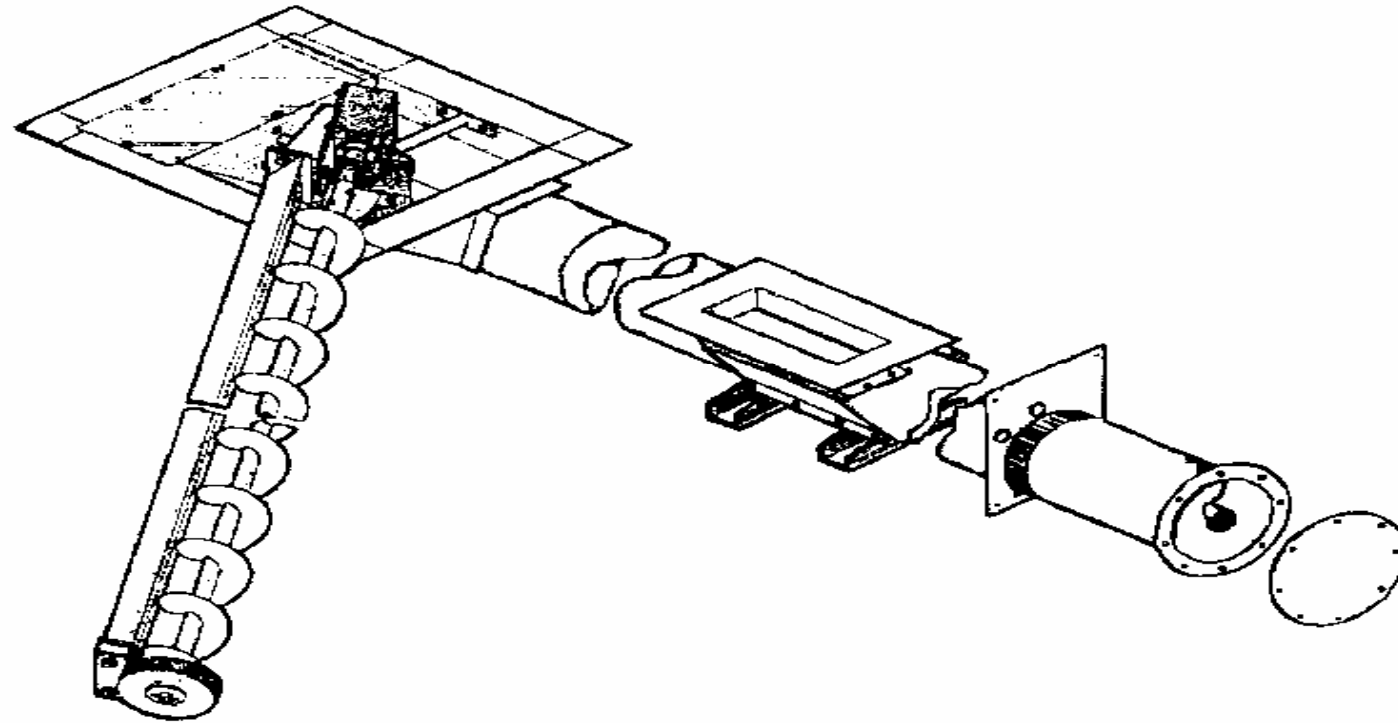


Gráfica facilitada
por Super Brix



Gráfica facilitada
por Super Brix

Anclaje de Cables



Gráfica facilitada
por Super Brix

CRITERIOS PARA AIREACIÓN DE SILOS, RESUMEN

- Los hongos, causantes del mayor deterioro en los granos, no se desarrollan de manera apreciable si la *humedad relativa* (HR) de los espacios intersticiales es menor a 62%.
- La HR anterior corresponde a una *humedad de equilibrio* del arroz de 12.5% aproximadamente.
- Las relaciones de temperatura, *humedad relativa* y *humedad absoluta*, se establecen con ayuda de la carta sicrométrica.

CRITERIOS PARA AIREACIÓN DE SILOS, RESUMEN

- En las condiciones de los Llanos se pueden tener temperaturas mínimas en la noche de 20°C con HR de 95% (alta humedad pero sin lluvia). La *humedad absoluta* del aire en estas condiciones es de aproximadamente 14 gramos de vapor por kg de aire seco.

CRITERIOS PARA AIREACIÓN DE SILOS, RESUMEN

- Durante el día se puede llegar a tener temperaturas promedio de 35 °C con HR de 95% (alta humedad pero sin lluvia), la *humedad absoluta* en este caso es 33 gramos de vapor por kg de aire seco.
- No es posible esperar, en ningún caso, que el grano almacenado en silos en los Llanos, durante varias semanas, tenga una temperatura inferior a la temperatura promedio de las 24 horas. Se podría suponer que este promedio oscila alrededor de 32 o 33 °C

CASO 1

- El grano se ha calentado hasta llegar a 40°C Se analiza la posibilidad de airear durante la noche con 20 C y HR 95%. Al iniciar la aireación el aire toma contacto con el grano y de manera muy rápida se calienta hasta acercarse a la temperatura del aire. En este proceso transporta calor hacia el exterior del silo y va reduciendo la temperatura del grano.

CASO 1

- Para analizar el “peor de los casos” (desde el punto de vista de la HR) se puede suponer que el aire llega hasta la temperatura promedio de 32 C mencionada anteriormente. Con base en la *humedad absoluta* de 14 gramos por kg de aire seco la HR del aire se establece alrededor de 43%; es decir que el aire no está trayendo humedad del exterior que pueda afectar el desarrollo de hongos.

CASO 2

- El grano se ha calentado hasta llegar a 40 °C Se analiza la posibilidad de airear durante la noche con 25 C y HR 95%. Se puede suponer que el aire llega hasta la temperatura promedio de 32 C mencionada anteriormente. La humedad absoluta del aire exterior es 20 gramos por kg de aire seco y la HR del aire al tomar contacto con el grano y adquirir la temperatura de 32 C se establece alrededor de 58%.

CASO 2

- Es decir que aunque el aire no está trayendo humedad del exterior que pueda afectar el desarrollo de hongos, ya está llegando prácticamente a este límite. En consecuencia este sería el límite en el que se podría airear con alta HR.

CASO 3

- El grano se ha calentado hasta llegar a 40°C y se desea airear de día, cuando las temperaturas ambientes van a ser superiores a la temperatura promedio del día y la noche (32 C). En este caso la aireación se podría hacer cuando la HR sea inferior a 55% (o 50% si se desea ser un poco más conservador) pues en ningún caso al aire llegará a humedad superior al límite de 62% de desarrollo de hongos.

LA PRACTICA

- El almacenaje de granos por plazos medianos (más de 3 o 4 meses) en los trópicos es una carrera entre el deterioro por calentamiento y el resecamiento.
- Las condiciones del aire de aireación no son controlables y difícilmente tienen las condiciones necesarias para enfrentar los problemas que se pueden presentar.
- Normalmente se aplica aire cuando se detectan calentamientos y las condiciones ambientales lo permiten.

LA PRACTICA

- Se debe seguir el principio de terminar todo proceso de aireación iniciado para evitar daños mayores causados por una “bolsa” de aire caliente dejada a mitad de camino.
- Normalmente se prefiere una merma por resecado a una pérdida de precio por calentamiento.
- Se debe establecer con base en los criterios anteriores el valor del “disparador” de alta temperatura.

LA PRACTICA

- En el trópico almacenajes de 7 u 8 meses deben ser considerados como “largo plazo”, pues en ningún momento se cuenta con aire verdaderamente frío que se pueda inyectar para controlar el desarrollo de insectos y hongos, como se hace en Brasil o Estados Unidos.
- Las experiencias de almacenajes largos en Colombia y Venezuela siempre terminaron con grano de color ambarino y afectado por insectos.

LA PRACTICA

- Si se presentan, es necesario hacer un diagnóstico claro sobre el origen de calentamientos del grano, insectos u hongos, y en la diferencia de las soluciones.

ENFRIAMIENTO (REFRIGERACION)

Principios de la refrigeración de granos

- La temperatura del grano en almacenamiento tiene correlación con la respiración y el desarrollo de calor en la masa de granos.
- A menor temperatura menor respiración y desarrollo de calor.
- A menor temperatura menos cantidad de pérdida de peso por respiración y deshidratación.

EN EL TROPICO NO SE CUENTA NUNCA CON AIRE AMBIENTE FRIO



Efectos de la refrigeración

- Los insectos no se reproducen debajo de 18°C y se mueren por debajo de 13°C
- Cuando se refrigeran los granos, el uso de insecticidas disminuye fuertemente, quedando limitado al uso de insecticidas de protección de equipos e instalaciones, por aspersión o nebulización.

Efectos de la refrigeración

- Al refrigerar la masa de granos se evita el riesgo de condensación interna y los consecuentes daños por rehumedecimiento como los granos dañados por calor, germinados y los dañados por hongos.
- *“Ley del vaso de whisky”:*
 - *Interior frío y exterior caliente: Condensación en el exterior, nunca en el interior.*
 - *En los granos almacenados en el trópico no se presenta la aplicación de esta Ley.*

Refrigeración vs aireación.

- La refrigeración se aplica durante las 24 horas del día, por los días que son necesarios para refrigerar toda la masa de granos y luego se suspende hasta que el recalentamiento se inicie.
- En el trópico, la ventilación convencional, con aire ambiente, solo puede ser aplicada a determinadas horas del día cuando la comparación de las condiciones ambientales y las del aire dentro de la masa de granos lo permiten.

PERDIDAS EN UNA INFESTACION

Un insecto durante su vida consume en promedio	24	Miligramos
Infestación alta (200 insectos por kg)	4,8	Consumo por ciclo: gramos por kg de grano.
Infestación media (100 insectos por kg)	2,4	Consumo por ciclo: gramos por kg de grano.
Infestación baja (15 insectos por kg)	0,4	Consumo por ciclo: gramos por kg de grano.

COSTOS DE ENFRIAMIENTO

- El cálculo de costos depende de la zona climática donde se ubica el equipo.
- Los costes típicos de refrigeración oscilan entre 4 y 12 kw-h por tonelada métrica, correspondiendo el primero a lugares de clima templado y el valor más alto a climas tropicales, con muy alta temperatura y humedad ambiental.

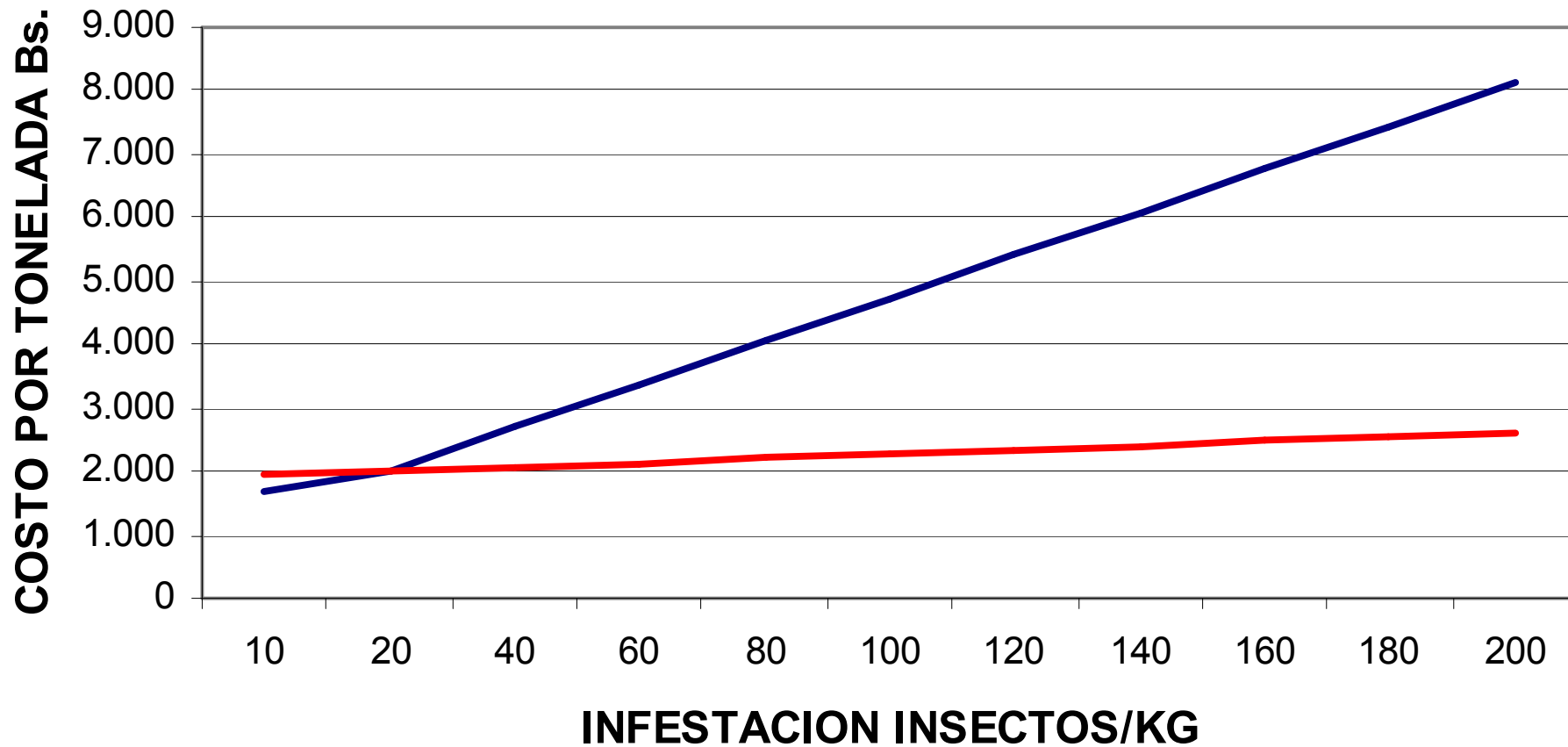
COSTOS DE ENFRIAMIENTO

- Las economías con el sistema de refrigeración se deben calcular comparando con:
 - Costos de sobre-secado del producto,
 - Aireación convencional,
 - Minimización de mermas de peso y calidad,
 - Tratamientos químicos, volteos de grano, etc.

UN EJEMPLO EN VENEZUELA

2006

COSTO CONSERVACION GRANO, INCLUYE PERDIDAS



— Costo fumigacion — Costo con frio