Good Milling Practices to Increase Yield and Reducing Energy Consumption

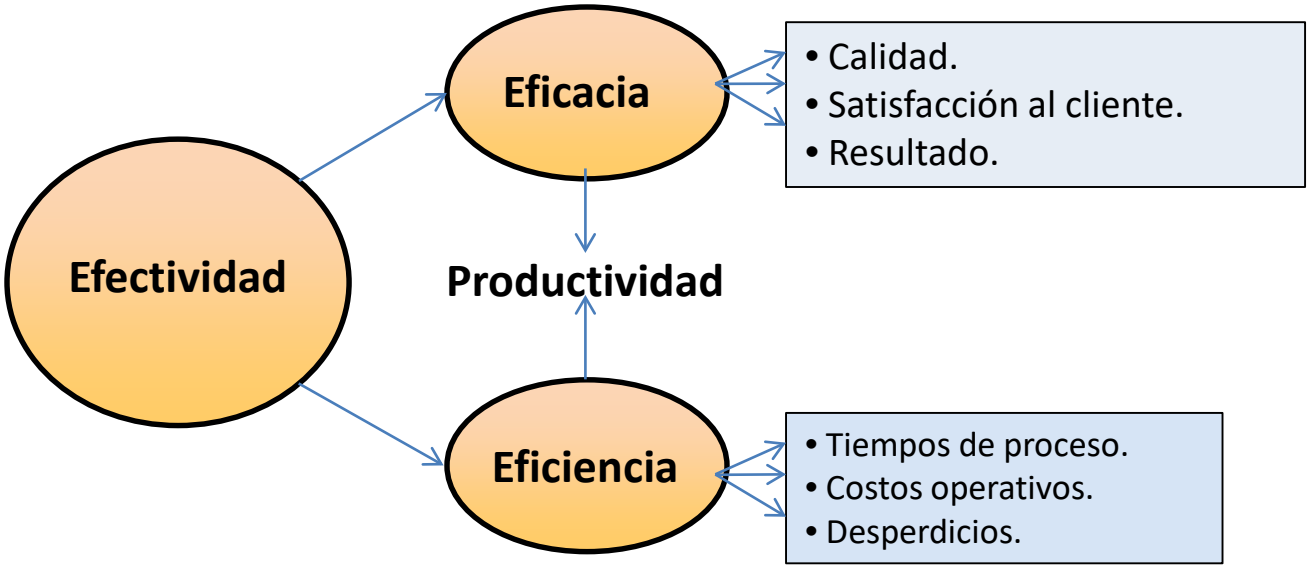
Buenas Prácticas de Molinería para Incrementar la Extracción y Reducir el Consumo de Energía

BIO Enzo Galluzzo Franzese

- + 24 años como profesor de ESLAMO
- + 29 años en la Industria Molinera
- + 4.500 alumnos a todo largo de Latinoamérica
- Intercambios tecnológicos y formación en el área de molinería en diversos Suiza, Italia, Alemania, Canadá y EEUU.
- Estudios formales en Ingeniería, Administración, MBA e Investigación de Operaciones.

Indicadores claves de desempeño en la Operación de un Molino

Los indicadores se clasifican según los factores claves de éxito:



- **Eficacia:** el nivel de logro de los requerimientos u objetivos.
- **Eficiencia:** producir los mejores resultados posibles con los recursos disponibles.

Los indicadores señalados como los de mayor importancia en la Operación de un Molino son:

- **Rendimiento y/o Extracción de Harinas "YIELD" (%)**

- **Consumo Energético (Kwhr/Tm Harina)**

- **Costo de Fabricación (US$/Tm)**

- **Operatividad:**

- OEE - Overall Equipment Efficiency (%)
- EDT - Emergency Down Time (%)
- STD - Standard Down Time (%)
- CDT - Comercial Down Time (%)

El Rendimiento y/o Extracción de Harinas es para los molineros el indicador mas importante de desempeño

- **En base TRIGO LIMPIO (TL):**

$$\%\,Extracción = \frac{Harina\ Producida}{Trigo\ Limpio\ Molido} \times 100$$

- **En base TRIGO SUCIO (TS) o comercial:**

$$\%\,Extracción = \frac{Harina\ Producida}{Trigo\ Sucio\ Molido} \times 100$$

Los rendimientos en base a Trigo Limpio y Trigo Sucio son los mas utilizados, no obstante, no resultan ser son los mejores para efectos de hacer "Benchmarking". En este sentido sugerimos el rendimiento llamado en base a trigo 14% de humedad:

$$\%\ Extracción\ TS\ 14\% = \frac{Harina\ Producida}{Trigo\ Sucio\ Molido\ a\ 14\%\ de\ Humedad}$$

Trigo Sucio Molido a 14% de Humedad = Trigo molido x (100 – humedad del trigo) / (100-14)

El consumo de energía es un indicador de mucha importancia en la gestión por el costo y por el impacto ambiental

Los kilovatios/hora (gasto energético) en una Tonelada de Harina se calculan de la siguiente forma:

$$\textit{Kwhr/Tm Harina} = \frac{\textit{Kwhr consumidos}}{\textit{Toneladas de Harina Producidas}}$$

Valores de referencia (E.Galluzzo):

	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO
CONSUMO KWHR/TM HARINA	< 75	> 75 < 80	> 80 < 85

El gasto energético puede ser expresado en otras unidades, por ejemplo: (Gj) Gigajoules/Tm

El costo de fabricación es otro indicador de consideración para la competitividad y la rentabilidad:

Costo de Fabricación o Manufactura: se define como costo de fabricación o manufactura la cantidad, medida en términos monetarios que la empresa asume en materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación para la transformación del trigo en harina en su respectiva presentación.

En concordancia con la variabilidad se clasifican en:

- Costos Fijos
- Costos Variables

Los costos pueden variar de forma relevante de un lugar a otro influenciados por el costo de la mano de obra y energía, así como, la dependencia de ella en concordancia con el nivel tecnológico.

Los indicadores de Operatividad tienen un gran impacto en la gestión y estos son los mas relevantes:

OEE - Overall Equipment Efficiency (%)

OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad

Disponibilidad = (TO / TPO) x 100

TPO= Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO= TPO - Paradas y/o Averías

Rendimiento = Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación / Nº Total Unidades)

Nº de unidades Conformes Calidad = Q = Nº de unidades Conformes/Nº unidades Totales

La Disponibilidad, el Rendimiento y la Calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

EDT - Emergency Downtime (%) Paradas Imprevistas

EDT = Tiempo de Paradas Imprevistas / Tiempo Disponible

SDT - Scheduled Downtime (%) Paradas Programadas

SDT = Tiempo de Paradas Programadas / Tiempo Disponible

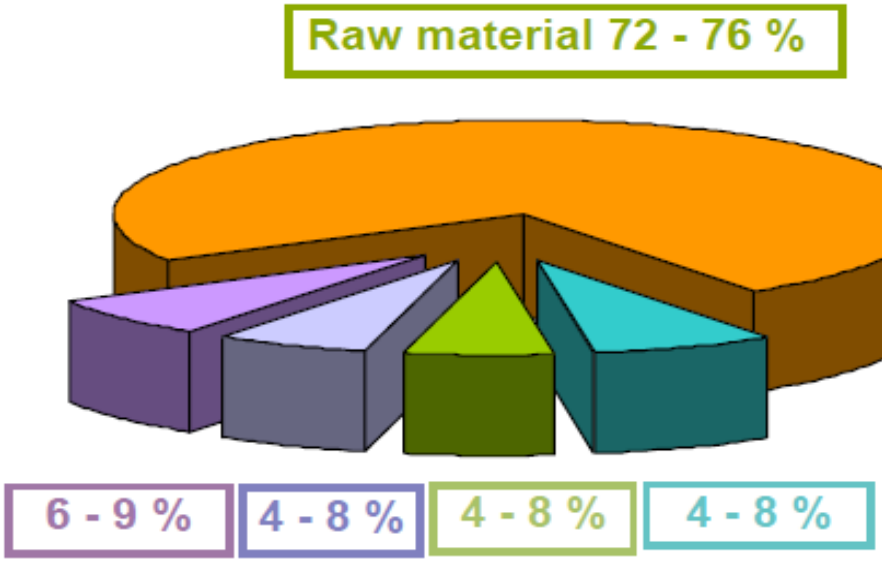
CDT - Comercial Down Time (%) Paradas Comerciales o Externas

CDT = Tiempo de Paradas Externas / Tiempo Disponible

La Estructura de Costos de forma general de un Molino de Harina de Trigo es la siguiente:

Raw material	**72 - 76 %**
Production:	**6 - 9 %**
Energy	3 - 4 %
Staff	2 - 4 %
Maintenance	~1 %
Distribution:	**4 - 8 %**
Packing	~2 %
Transportation	~2 %
Staff	~2 %
Marketing	~1 %
Capital cost:	**4 - 8 %**
Amortization	~4 %
Interest	~4 %
Profit	**4 - 8 %**

Tres (3) puntos de extracción generarían ahorros casi para cubrir los costos del personal de producción



La energía representa normalmente mas del 40% de los costos de producción

ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Mill Energy Harnessing and Conservation

Aprovechamiento y Conservación de la Energía en el Molino

ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Los Costos de la Energía Eléctrica

Los componentes que forman parte de la mayoría de los recibos de energía industrial son:

- ✓ Energía total consumida durante un periodo.
- ✓ Cargo por demanda.
- ✓ Tarifa horaria.
- ✓ Sanción por factor de potencia.

Energía total consumida durante un periodo.

Es la cantidad de energía eléctrica utilizada o consumida para el funcionamiento de los equipos.

Los Costos de la Energía Eléctrica

Cargo de demanda.

La cantidad de energía que tiene que estar en espera para poder cumplir con su demanda de energía máxima durante un periodo.

Tarifa horaria.

Hay proveedores que establecen horas pico de demanda, en estas horas el costo de la energía es superior, es decir, las horas de poca demanda resultan ser más económicas.

Los Costos de la Energía Eléctrica

Sanción por factor de potencia.

El proveedor sanciona o hace un cargo por el grado de ineficiencia con el cual se usa el suministro de energía.

Recomendaciones

a). Para poder disminuir el punto más alto de demanda de energía debemos:

- Mantener un buen factor de potencia. Este punto es tratado con más detenimiento próximamente.

Los Costos de la Energía Eléctrica

Recomendaciones

- Debemos evitar arrancar motores en paralelo, el consumo de energía más alto de un motor se produce en el arranque, ya que debe vencer la inercia inicial.

- Se deben arrancar los motores de mayor consumo primero, para evitar que el pico se convierta en acumulativo.

b). Para beneficiarnos de la tarifa horaria debemos:

- Programar los arranques de unidades de alto consumo en estas horas de baja demanda.

Los Costos de la Energía Eléctrica

- Programar y realizar los consumos esporádicos ó puntuales en estos periodos de baja demanda.
- Capacitar al personal para hacer en estas horas de baja demanda, lo que comúnmente se hace en horas pico. Este punto es como complemento a los puntos anteriores.

c). Para poder mejorar el factor de potencia debemos:

- Instalar banco de capacitadores en el centro de control; Si el factor de potencia está por debajo de 0,86 una inversión de este tipo tiene un retorno sumamente rápido.

Los Costos de la Energía Eléctrica

- Motores de gran tamaño (sobre dimensionados) disminuyen el factor de energía, se debe medir el uso de la energía actual, en comparación con el valor de energía para cada motor; sustituya por motores más pequeños cuando otros problemas impliquen cambio de motor.

Aprovechamiento y Conservación de la Energía Eléctrica

Hemos clasificado las recomendaciones bajo dos premisas:

- ✓ Buenas técnicas o practicas molineras.
- ✓ Optimización del funcionamiento de los equipos y máquinas.

BUENAS PRACTICAS O TÉCNICAS MOLINERAS

La buena molinería exige un control cuidadoso de las características del trigo antes de llegar al molino o primera trituración. Estas características son:

- Humedad del trigo.
- Textura del trigo.
- Tiempo de reposo o acondicionamiento.
- Consistencia en la carga o carga constante.

BUENAS PRACTICAS O TÉCNICAS MOLINERAS

Las variaciones no previstas a esta características causa que el molino pierda su balance y esto crea una tentación sobre los operadores a tomar uno o más de los siguientes pasos que desperdician energía:

Recomendaciones

- Humectar al trigo con la cantidad de agua apropiada y otorgar el tiempo de reposo apropiado para que el agua se haga uniforme en el grano.

Aprovechamiento y Conservación de la Energía Eléctrica

- Realizar evaluación de molienda a las trituraciones primarias al menos una vez por día, para esto se deben usar cernidores de prueba.
- Monitorear cuidadosamente el estado de los cilindros estriados y lisos.
- Evitar en lo posible los cambios de molienda y prolongar al máximo las moliendas de un mismo tipo de trigo y las de harina si originan otra distribución del producto.

Los aspectos o premisas a considerar en la Limpieza y Acondicionamiento:

Limpieza y Acondicionamiento

1. Tiempo de reposo adecuado
2. Monitoreo y Control de la humectación
3. Diseño del sistema de limpieza y acondicionamiento adecuado
4. Separación del acondicionamiento por diferencias de humedades en las materias primas
5. Monitoreo y control del proceso de limpieza

Aprovechamiento y Conservación de la Energía Eléctrica

- Utilice molienda por impacto, tan solo donde es realmente pertinente.

- Evaluar siempre la posibilidad de simplificar los diagramas.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Sistemas de transporte neumático de alta presión.

- Evaluar que sistema de alta presión es más conveniente, si el de presión o el de succión; en succión pueden haber varios ramales y en presión no es posible.
- Establecer un programa de limpieza y cambio de los filtros de los compresores de émbolos, en los sistemas neumáticos a presión.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

- Cerrar las válvulas colocadas después del ventilador de alta presión, al momento del arranque, luego abrirlas a lo requerido, de este modo se disminuye el pico de arranque del motor del ventilador; válvulas automáticas realizan esta función automáticamente.

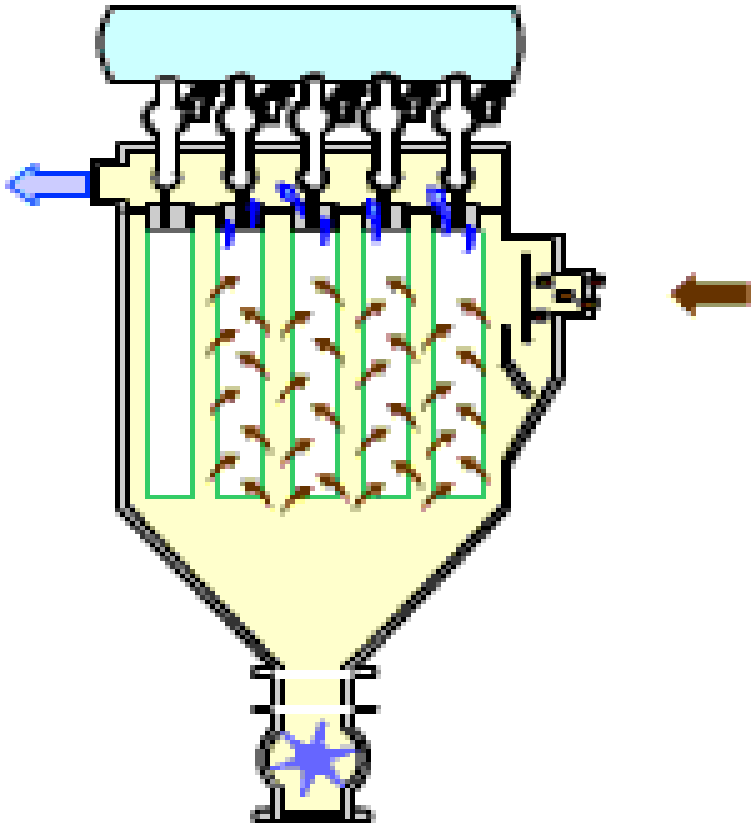
Sistemas de transporte neumático de alta presión.

- Mantener el sistema balanceado, es decir, relación aire/producto; Un sistema sobre dimensionado consumirá mas energía, de la que debería consumir.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

- Utilice el colector de polvo o filtro adecuado.
- Evitar escapes de aire hacia dentro o entradas de aire falso muy cerca del ventilador.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino



Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Sistemas de transporte neumático de alta presión.

- Evitar turbulencias de aire; cualquier cosa que perturbe el flujo de aire cuesta energía. Por ende, recomendamos:

a.- Evitar curvaturas de radio corto.

b.- Cambios abruptos en el diámetro de los tubos.

c.- Uniones fuera del flujo de aire.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Sistemas de transporte neumático de baja presión.

- Evaluar la cantidad de aire requerido en cada maquina o equipo, para el correcto diseño o subsecuente nuevo diseño del sistema.
- Utilice el colector de polvo o filtro adecuado. Ver mas adelante las recomendaciones en este sentido.
- Evitar escapes de aire hacia dentro o entradas de aire falso muy cerca del ventilador.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Sistemas de transporte neumático de baja presión.

- Graduar el regulador maestro de acuerdo a los requerimientos; Si este se encuentra en más de un 30% cerrado en operación normal, probablemente se pueda cambiar el ventilador y motor por uno de menor capacidad.
- Mantener aspiración únicamente cuando se necesite.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Sistemas recolectores de polvo (filtro de mangas).

- Instalar manómetros diferenciales en cada filtro, estos pueden ser tipo tubo U para medir en centímetros columna de agua. Los costos de energía para todo el sistema neumático aumentan con la diferencia de presión a través del filtro.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

a.- Si el Delta–P (diferencial de presión) es mayor a 10 cm en columna H_2O con las mangas nuevas el colector puede ser de menor capacidad.

b.- Si el Delta–P es mayor a 15 cm en columna H_2O es tiempo de cambiar las mangas, ya que estas se encuentran tupidas.

Sistemas recolectores de polvo (filtro de mangas).

c.- De producirse un rápido incremento en el diferencial de presión puede indicar que el colector de polvo es de menor capacidad del necesario, una falla en el sistema de limpieza del colector o una falla de diseño del sistema de colección.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

- Evaluar la permeabilidad de las mangas, algunos cambios en este sentido han logrado importantes ahorros, incluso evitar inversiones en cambio de colectores.
- Revisar el sistema de barrido, el más eficiente es la inyección de aire, pero este debe tener el aire limpio y seco, por ende se recomienda que provenga de un compresor de émbolos.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Sistemas recolectores o separadores de polvo (ciclones).

- Los reguladores de aire de estos sistemas deben ser graduados acorde a las necesidades de aire. Muchas veces por desbalance en el molino se abren completamente ocasionando un consumo adicional de energía.

- Medir periódicamente con un manómetro portátil los volúmenes y la velocidad del aire en las líneas individuales. También, de no contar con este recurso un molinero puede determinar las cantidades de aire necesarias.

- Adiestrar a los operadores para corregir problemas de desbalance a través de buenas técnicas de molinería, en lugar de hacer ajuste en los reguladores.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

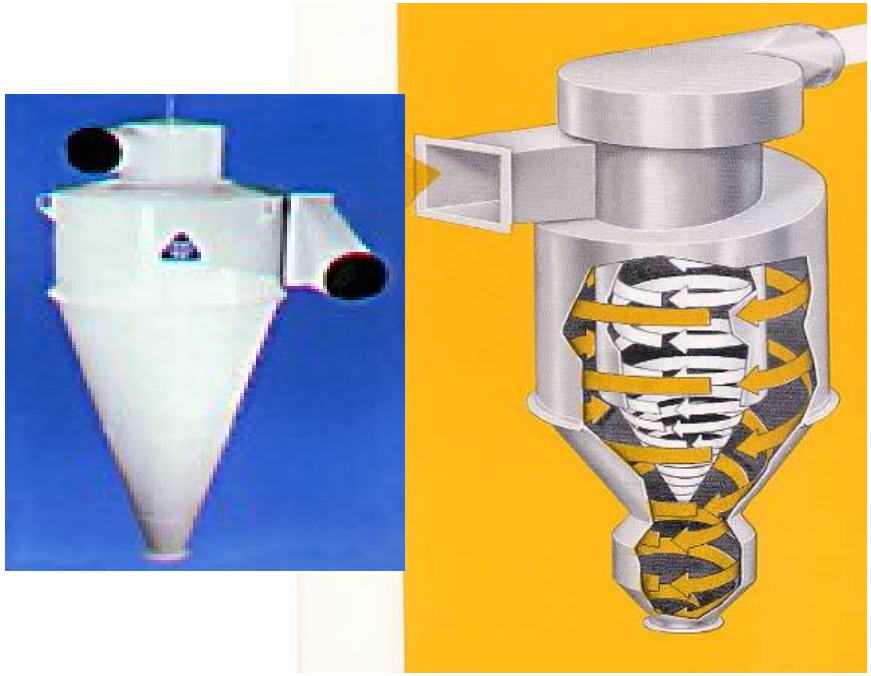
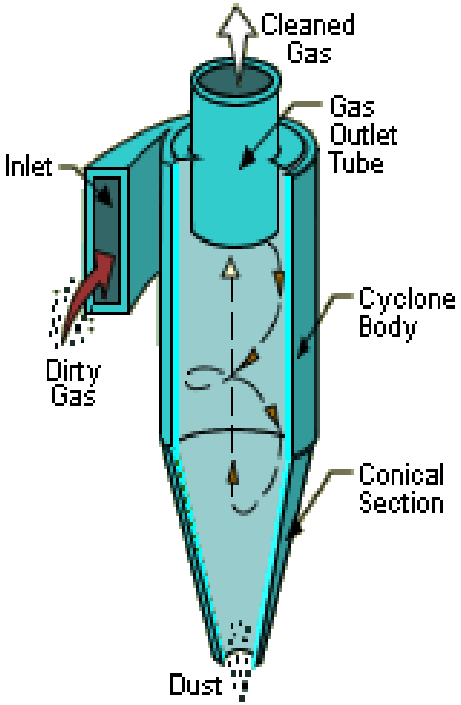


Figure 1. Top-Inlet Large-Diameter Cyclone



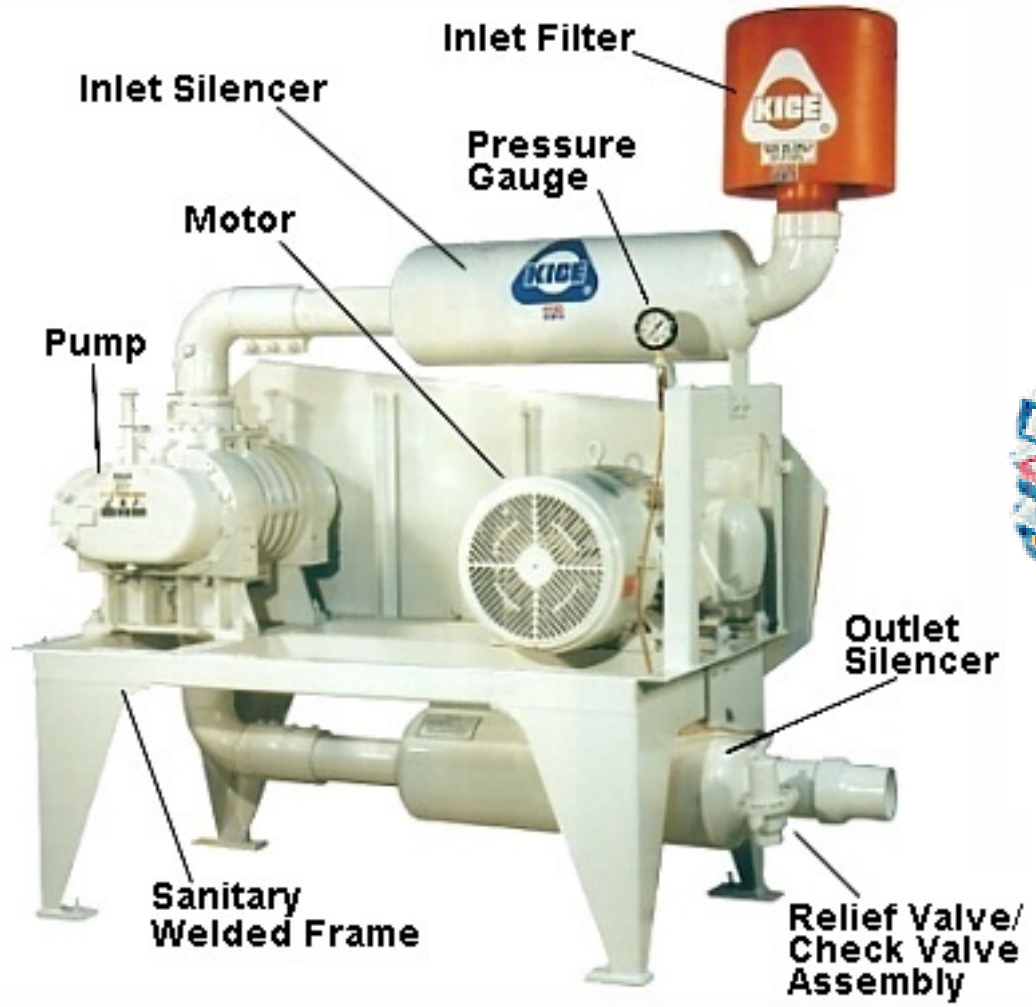
Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

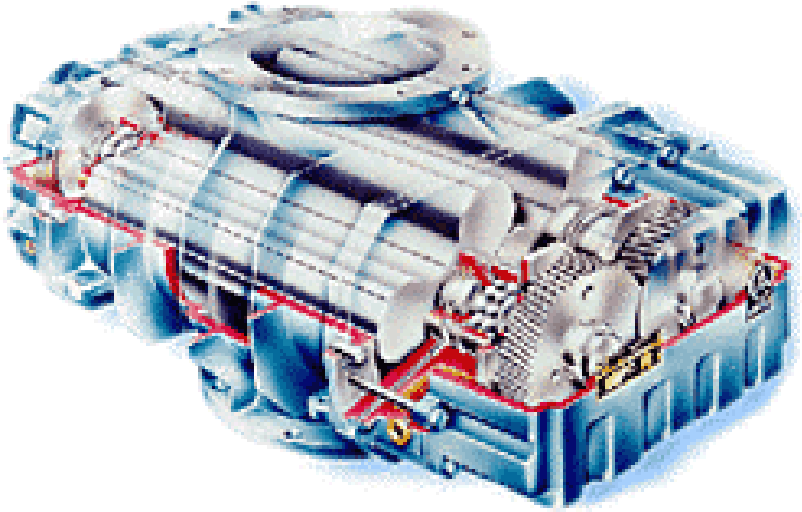
Recomendaciones

Sistemas de aire comprimido o generadores de aire (compresores).

- Evitar escapes o fugas; Realizar inspecciones en la línea, sobre todo en sistemas ocultos, como en el caso del filtro con barrido neumático.
- Mantener un programa de limpieza y cambio del elemento filtrante.
- Restringir el uso de aire comprimido para usos distintos a los pertinentes.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino





ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Cojinetes

- Evaluar donde se puede sustituir en equipos o maquinas de vieja data cojinetes lisos por cojinetes o balineras de rodillos o bolas, ya que estos disminuyen la fricción.

- Los bancos de cilindros con cierta antigüedad presentan cojinetes lisos (bocinas), actualmente existen diseños que permiten sustituirlos y así aumentar las revoluciones con la carga especifica en estos bancos. En los bancos de cilindros seleccionados como compresiones primarias, es un buen lugar para hacer estos cambios.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

- Mantener un plan adecuado de lubricación e inspección. La lubricación excesiva es tan perjudicial como la falta de lubricación en los cojinetes de bolas o de rodillos.

Recomendaciones

Transmisión de poder

- Inspeccionar la tensión de las correas regularmente; Correas muy apretadas causan perdidas por fricción excesiva en los cojinetes y correas flojas, ocasionan perdidas de energía al resbalar.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

- En transmisión con cadenas de tracción asegúrese de que los dientes están perfectamente alineados y la cadena apropiadamente lubricada. La transmisión con cadenas consume menos energía, pero se pueden usar solo en bajas revoluciones.

Recomendaciones

Cableado eléctrico

- El cableado debe ser el apropiado para el tamaño del motor, cableado por debajo del tamaño apropiado causa perdidas de energía debido a una resistencia eléctrica.

Optimización del Funcionamiento de los Equipos y Máquinas del Molino

Recomendaciones

Motores

Cada vez que tenga que rebobinar un motor, cambiar alguno evalúe colocar motores más eficientes, en este sentido se ha innovado mucho. Afortunadamente, hay motores sumamente eficientes disponibles. Los motores reductores con caja de reducción de velocidad incluida con ejes de potencia angulados a 90°, consumen mucha energía prefiera los de salida de líneas paralelas.

Good Milling Practices to Increase Yield

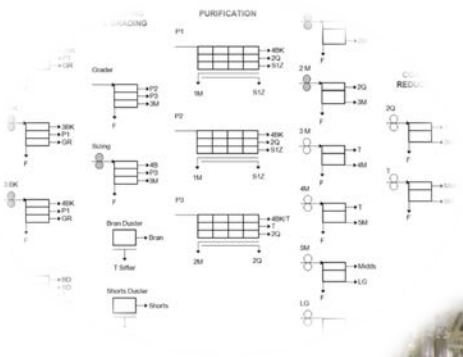
Buenas Prácticas de Molinería para Incrementar la Extracción

ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Los factores que afectan el rendimiento o extracción de harina son:

- ✓ **Materias Primas**

- ✓ **Diagrama de Molino**

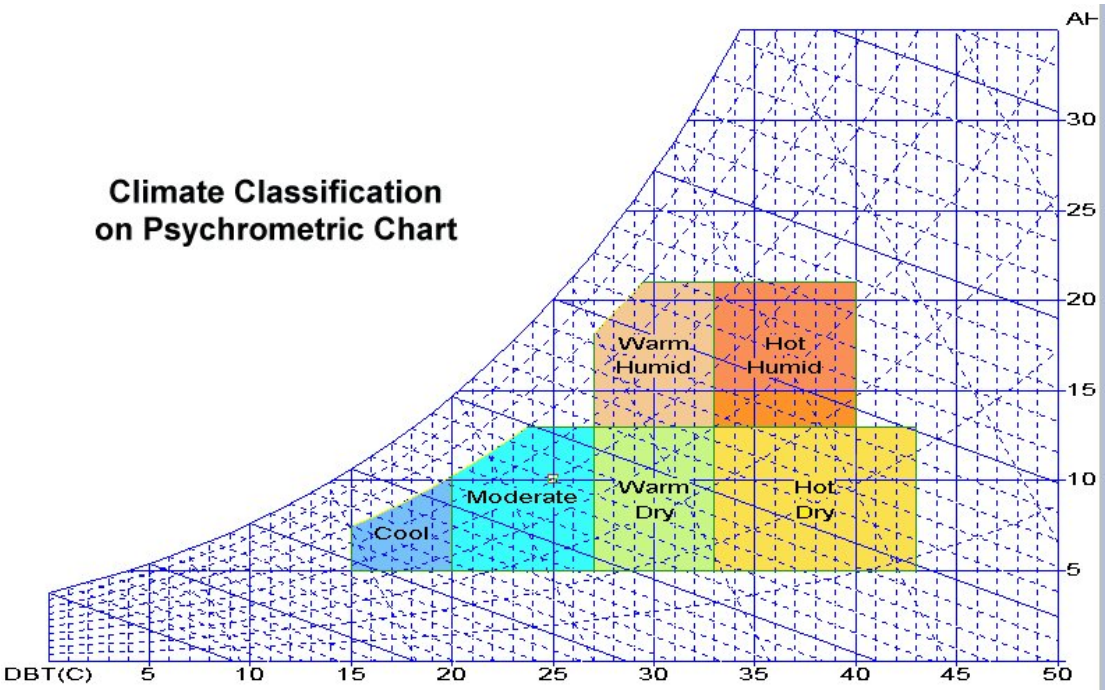


- ✓ **Aprovechamiento del Molino**

Las mermas afectan los rendimientos, incluso en algunos casos de forma importante:

- ✓ Pérdidas por disipación de calor
- ✓ Eficiencia de los recolectores de polvo
- ✓ Derrames de producto que no retornan al proceso

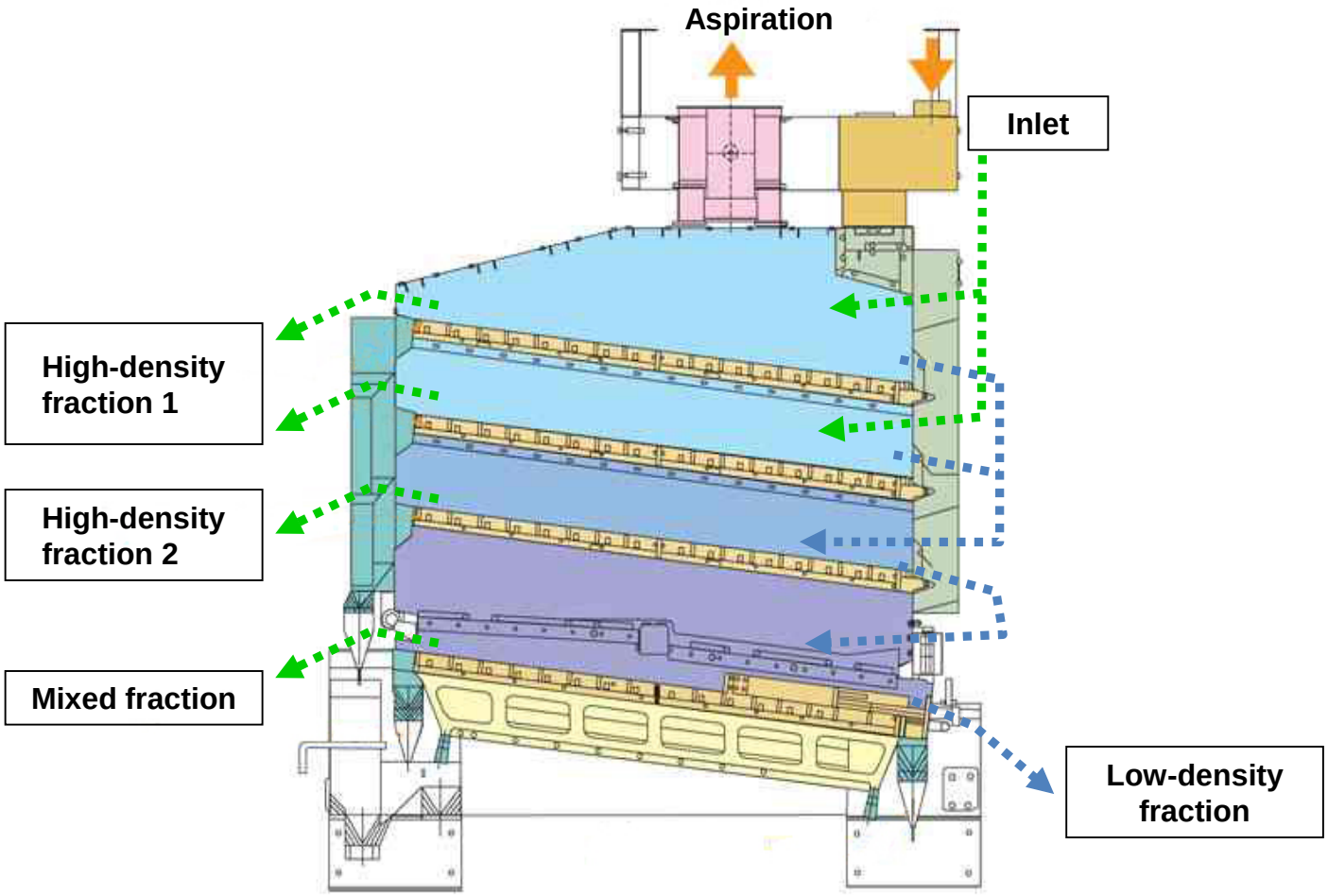
Grafica Psicométrica



Calidad del trigo/Limpieza del trigo

El no remover algunas materias en la limpieza como los los granos mermados o marchitos, pudiera ocasionar un incremento de las cenizas de forma importante que conlleve como consecuencia la perdida de rendimiento; 1% de estos granos no descartados puede impactar entre 2-4% en este indicador.

Flow Diagram of Density Grader

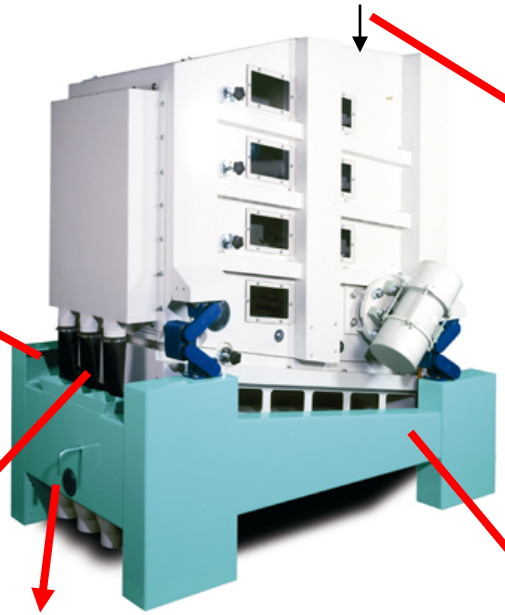


Las exigencias en materia de inocuidad alimentaria son crecientes y la limpieza de trigo se vuelve cada día mas importante, por ejemplo, la problemática de las micotoxinas…

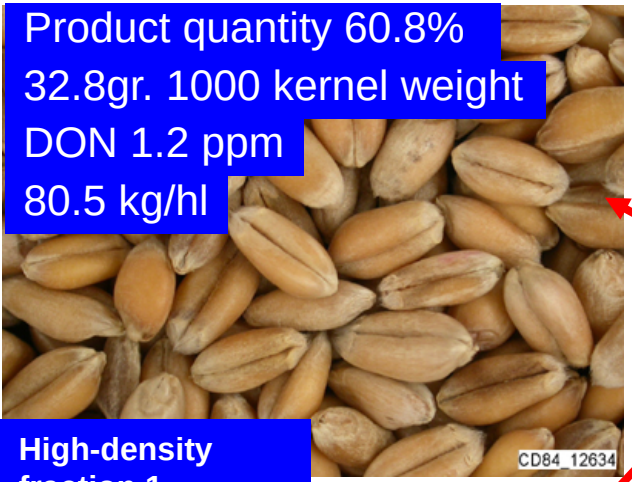
El hongo causante de las vomitoxinas es el Fusarium graminareum

US “Soft Red Winter” Wheat

Product inlet



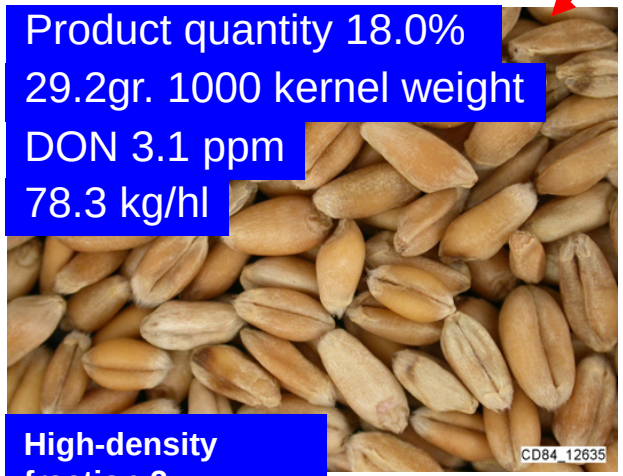
Mixed fraction from combi-cleaner



Product quantity 60.8%
32.8gr. 1000 kernel weight
DON 1.2 ppm
80.5 kg/hl

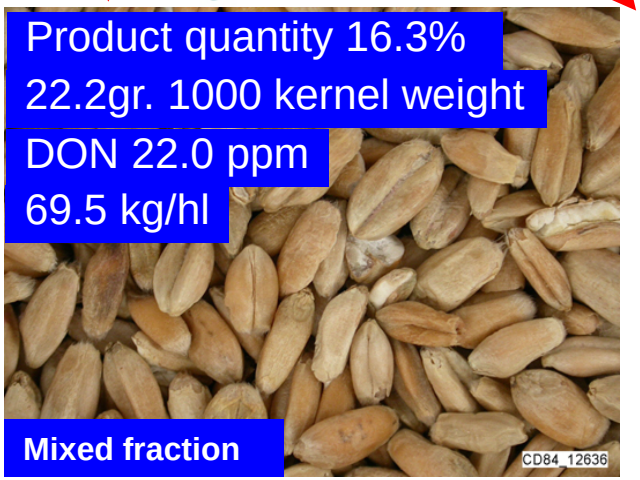
High-density fraction 1

Product quantity 100%
30.2gr. 1000 kernel weight
DON 7.5 ppm
76.9 kg/hl



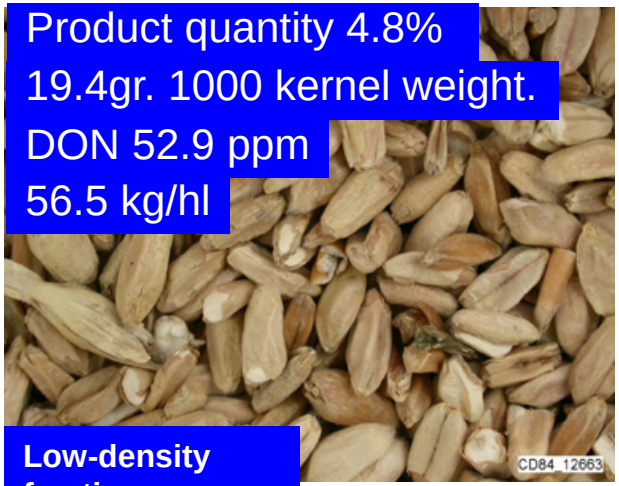
Product quantity 18.0%
29.2gr. 1000 kernel weight
DON 3.1 ppm
78.3 kg/hl

High-density fraction 2



Product quantity 16.3%
22.2gr. 1000 kernel weight
DON 22.0 ppm
69.5 kg/hl

Mixed fraction



Product quantity 4.8%
19.4gr. 1000 kernel weight.
DON 52.9 ppm
56.5 kg/hl

Low-density fraction

La calidad del trigo es responsable cerca de 75% de la calidad de las harinas y es muy complejo este ámbito…

- ✓ + 30.000 variedades de trigo
- ✓ + 14 especies
- ✓ + 1.000 variedades son comercialmente significativas
- ✓ + 500 variedades en EEUU
- ✓ IP (identity-preserved)
- ✓ Todos los meses del año se cosecha trigo; Enero es el mes donde se cosecha menor cantidad y Junio, Julio y Agosto los de mayor cosecha.

El trigo presenta una serie de características que afectan el desempeño, estas son:

- ✓ Peso hectolítrico
- ✓ Distribución del tamaño del trigo
- ✓ Humedad
- ✓ Dureza – PSI or SKCS
- ✓ Peso de 1000 granos (TKW)
- ✓ Número de caída (Falling Number)

Estos factores hacen que la calidad del trigo NO sea constante:

- ✓ Genética
- ✓ Clima (ciclos húmedos/secos y temperatura)
- ✓ Enfermedades/insectos
- ✓ Daño por germinación
- ✓ Operador/método

La Distribución de tamaño de dos (2) muestras de trigo HRW nos permitirá entender el impacto de esta característica…

Muestra	7W Grande (%)	8W Medio (%)	9W Pequeño (%)	Bandeja (%)
Muestra 1	61.2	31.8	6.8	0.2
Muestra 2	56.2	30.1	12.5	1.2

7W = 2.920 micrones
8W = 2.540 micrones
9W = 2.240 micrones

Importantes cualidades del trigo se muestran afectadas con el tamaño del grano

MUESTRA 1	GRANDE	MEDIANO	PEQUEÑO
Peso Hectolítrico (kg/Hlt)	78,33	72,84	69,56
TKW (grs)	32	19,5	15,5
Cenizas Trigo (%)	1,94	2,06	2,15
Proteína Trigo (%)	12,91	13,84	13,95
Extracción Harina (%)	69,7	65,5	62,1
Cenizas Harina (%)	0,40	0,43	0,50
Proteína Harina (%)	11,05	11,63	11,63

Las cenizas y proteínas están expresadas en base seca

Importantes cualidades del trigo se muestran afectadas con el tamaño del grano

MUESTRA 2	GRANDE	MEDIANO	PEQUEÑO
Peso Hectolítrico (kg/Hlt)	79,12	71,66	69,95
TKW (grs)	31,7	18,7	12,1
Cenizas Trigo (%)	1,98	2,09	2,23
Proteína Trigo (%)	13,14	14,19	14,07
Extracción Harina (%)	71,1	64,5	62,8
Cenizas Harina (%)	0,45	0,49	0,57
Proteína Harina (%)	11,05	11,86	11,40

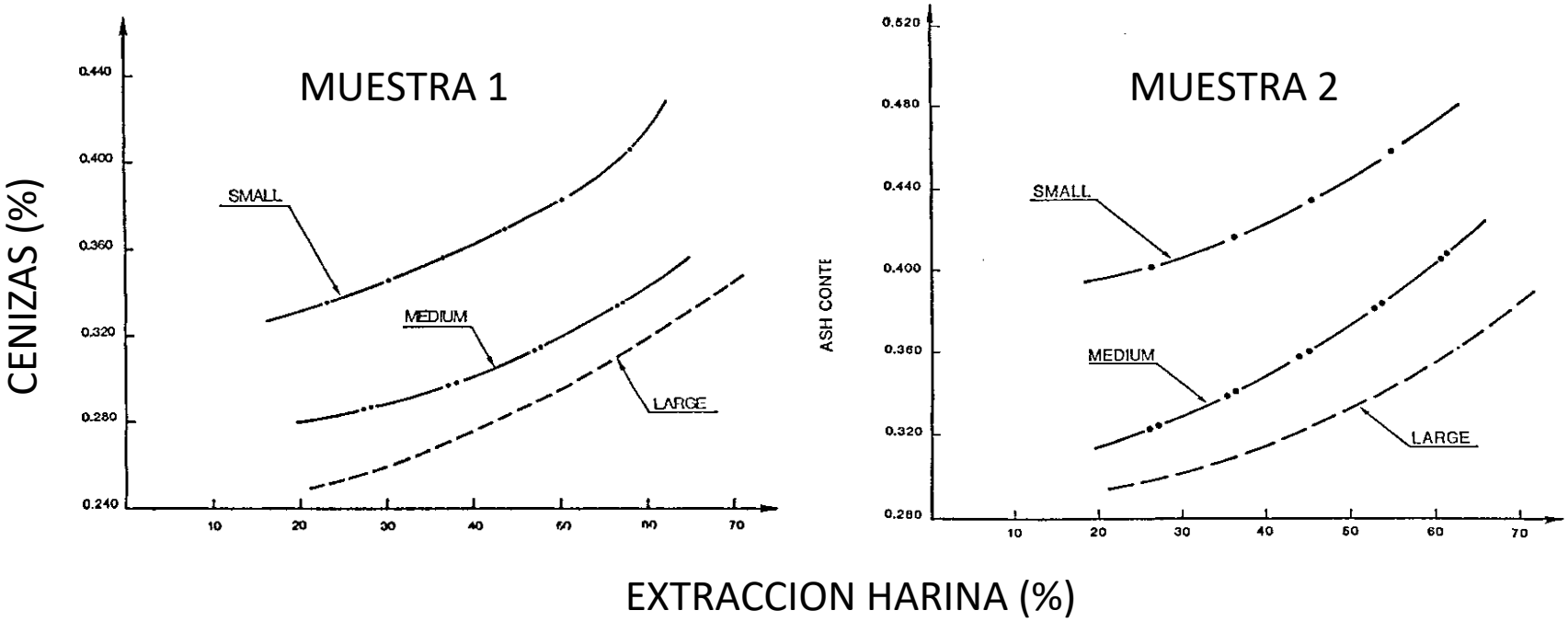
Las cenizas y proteínas están expresadas en base seca

Wheat Characteristics and Flour Results

Test Weight (lb/bu)	Flour Yield (%)	Bran (%)	Lb. Protein in bran from 100 lb. wheat	Lb. Protein in flour from 100 lb wheat	Protein in flour (%)	Spread in Protein Wheat & Flour
45	53.5	46.5	7.44	5.06	9.64	2.86
56	73.8	26.2	4.19	8.31	11.26	1.24
58	75.9	24.1	3.86	8.64	11.37	1.13
60	77.4	22.6	3.62	8.88	11.47	1.03
62	78.6	21.4	3.42	9.08	11.56	0.94
64	79.6	20.4	3.26	9.24	11.62	0.88

Las curvas de cenizas validan el impacto de las cualidades del grano en la calidad de las harinas obtenidas…

CURVAS DE CENIZAS



El peso especifico o hectolitrico es de gran impacto en la calidad del grano…

Peso específico (Kgs/Hlt)	Rendimiento de harina (%)	Salvado (%)	Libras de proteína en salvado de 100 libras trigo	Libras de proteína en harina de 100 libras trigo	Proteína en harina (%)	Diferencia de proteína entre trigo y harina
58,9	53.5	46.5	7.44	5.06	9.64	2.86
73,4	73.8	26.2	4.19	8.31	11.26	1.24
75,9	75.9	24.1	3.86	8.64	11.37	1.13
78,6	77.4	22.6	3.62	8.88	11.47	1.03
82,5	78.6	21.4	3.42	9.08	11.56	0.94
83,8	79.6	20.4	3.26	9.24	11.62	0.88

ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Comparación de Calidades de Trigo
Reportes de Embarques 2011 para Exportación

EVALUACION	HRW #1	CWRS # 2
Peso especifico (kg/hl)	78,5	81,4
Proteina (% 12 bh)	12,3	13,8
Peso de 1000 granos	29,6	34,8
Falling Number (seg)	413	442
Absorcion (%)*	57,1	62,9
Estabilidad (min)*	11	8,3
Trabajo W (10-4 joules)**	246	336

(*) Obtenido del análisis de la harina en el faninografo
(**) Obtenido del análisis de la harina en el alveografo

Las compras de trigo deben ser realizadas por VALOR y no por PRECIO…

HOW IT WORKS

Wheat	CWAD	HAD	CWAD	CWAD	HAD	MEX
Grade Wheat	2	1	3	1	2	N/A
Price US $/Mt	469	501	466	525	494	475
			LOWEST PX			
Hectoliter Weight (Test Weight) kg/Hlt	78	83,5	80,9	83,9	81,4	79,9
Total screnings	5,3	2,9	6,4	4,1	6	7,5
Moisture	13,3	10,9	12,6	12,2	11,4	9,7
Dockage	0,5	0,6	0,8	0,7	1	1,3
Specifications Quality:	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	NO_CUMPLE
Milled Material Index	97,4	102,1	96,7	99,5	98,1	0
Cost S/Mt (only milled material)	481,5	490,7	481,9	527,6	503,6	0,0
Teorical Yield (as is or commercial)	75,4	85,6	77,6	83,4	79,5	0
Real Cost with Teorical Yield (incluyed bran)	535,6	500,7	514,5	544,5	535,7	0,0

BEST OPTION

¿Qué molino tiene mejor desempeño operacional?

MOLINO "A"	
YIELD / EXTRACTION (%)	78,11
ENERGY COMSUPTION (Kwhr/Tm)	80,45
EDT (%)	3,10%
SDT (%)	9,70%
RUNNING TIME (%)	77,87

MOLINO "B"	
YIELD / EXTRACTION (%)	75,98
ENERGY COMSUPTION (Kwhr/Tm)	81,71
EDT (%)	0,90%
SDT (%)	5,60%
RUNNING TIME (%)	87,94

FLOUR ASH d.b. (%)	0,597
WHEAT ASH d.b. (%)	1,66
YIELD / EXTRACTION (%) TEORIC	80,33

FLOUR ASH d.b. (%)	0,591
WHEAT ASH d.b. (%)	1,87
YIELD / EXTRACTION (%) TEORIC	76,35

El Molino “B” tiene menor rendimiento en T1/B1 al compararlo con el Molino “A”, pero la diferencia entre el rendimiento teórico vs. real es mejor para el Molino “B”.

ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Rendimientos / Extracciones Esperadas
Curvas de Cenizas

% Extracción = 100* (6-1.80) / (6-CM)

Donde:

- 6 = Cenizas del Salvado (K)
- 1.8 = Cenizas de Trigo Entero
- CM = Cenizas de la Muestra

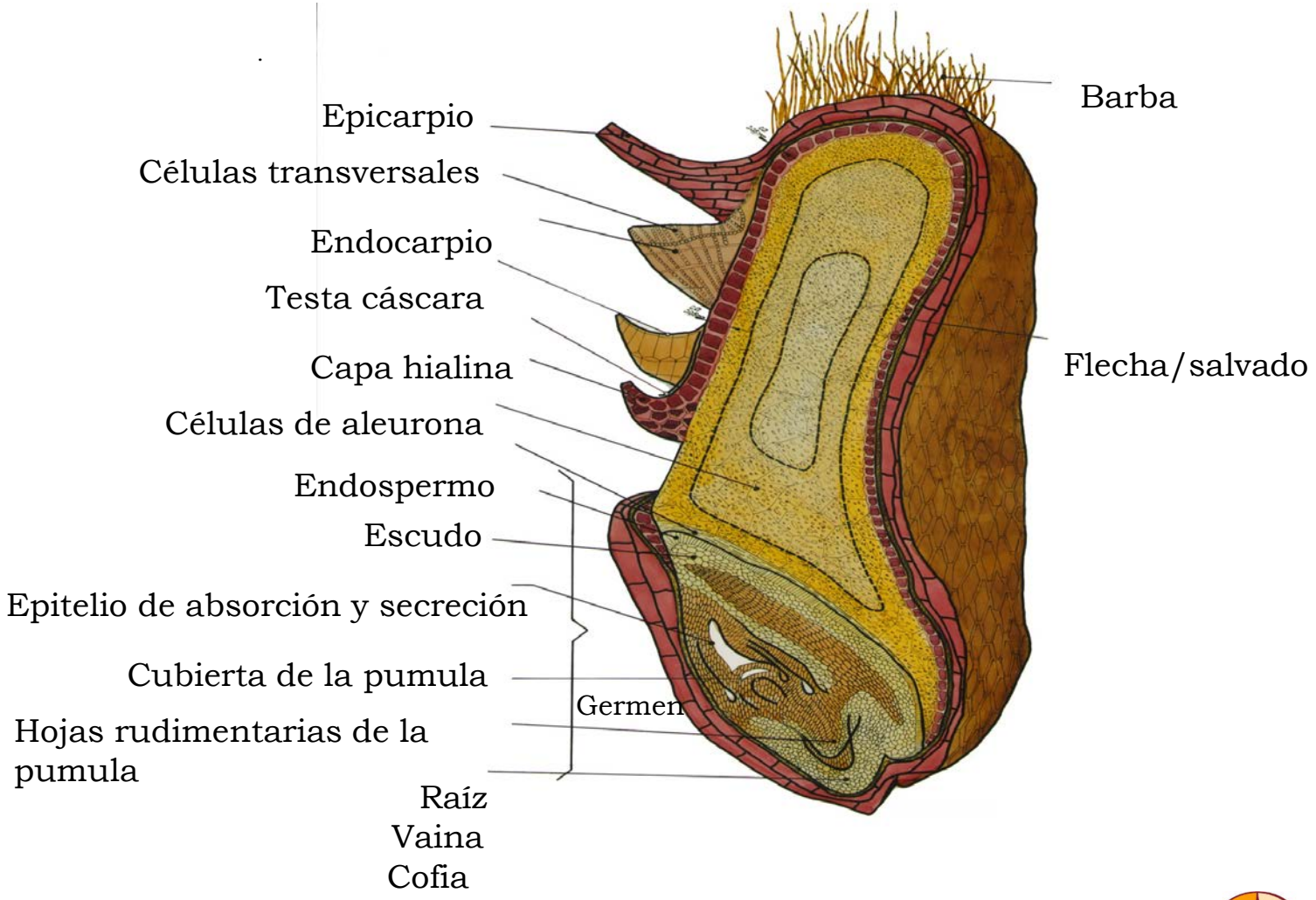
Cálculos perdidas por disipación de Calor

PDC(kgs) = ((HT1-HH) x (EH/100)) /100-HT1) + ((HT1-HS) x (ES/100)) /100-HT1) x CP

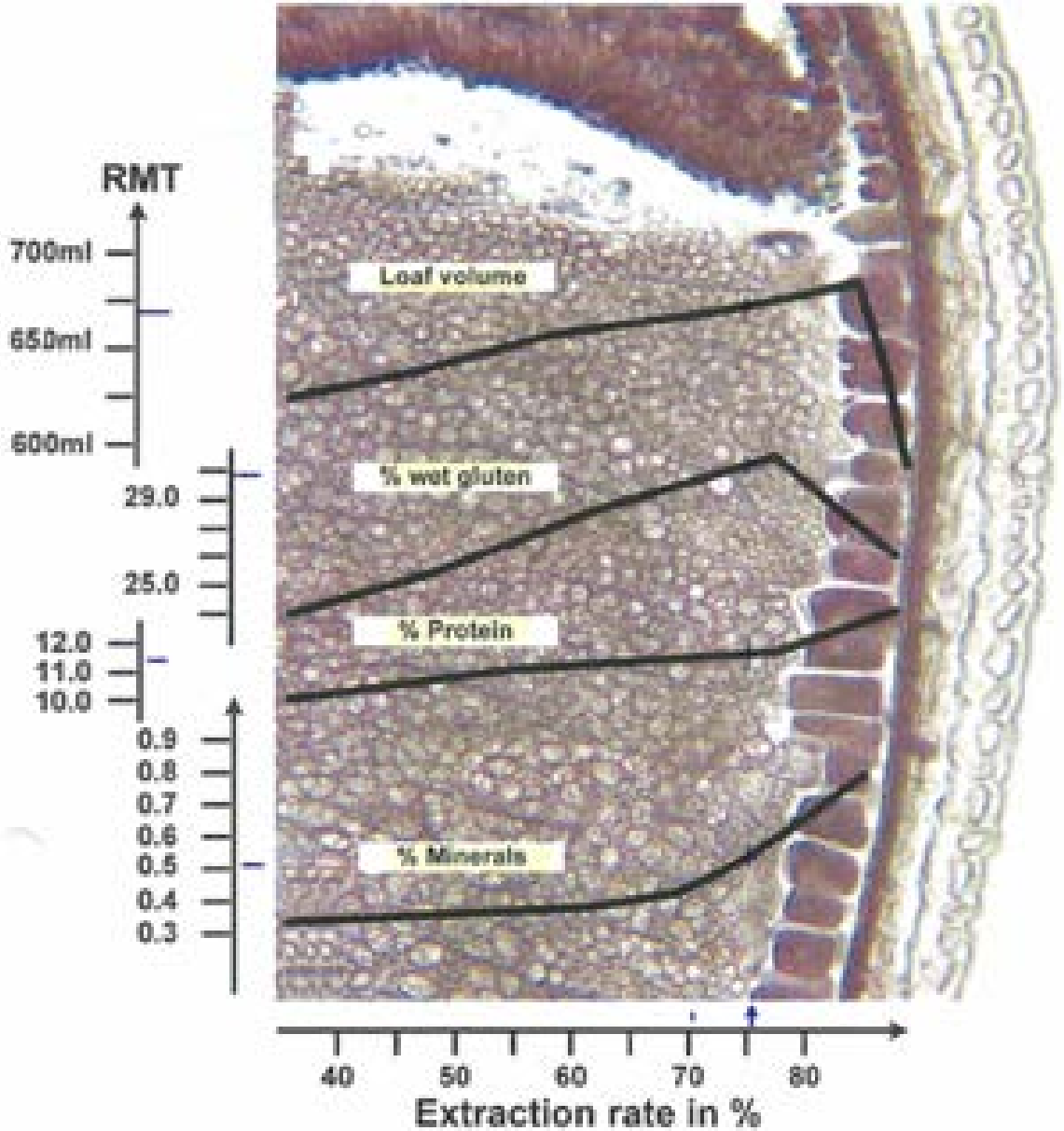
Donde:

- HT1= Humedad Primera Trituración
- HH = Humedad Harina
- EH = Extracción Harina
- HS = Humedad Salvado
- ES = Extracción Salvado
- CP = Cantidad Procesada

Grano de Trigo



Comportamiento de algunas variables a lo largo del proceso de molienda



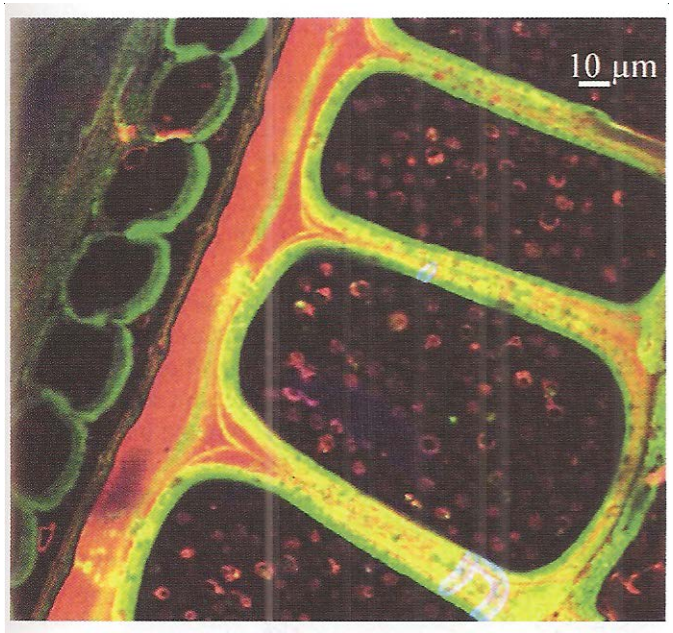
Distribución Porcentual de Materia Seca Total del Salvado entre las Capas Individuales

	Porcentaje del Trigo entero	Porcentaje del Salvado
Epidermis	3.9	26.9
Capa de células cruzadas	0.9	6.2
Testa	0.6	4.2
Aleurona y hialina	9.1	62.7
Total	14.5	100

Grosor Medio de Aleurona, Salvado Menos Aleurona y Salvado Entero

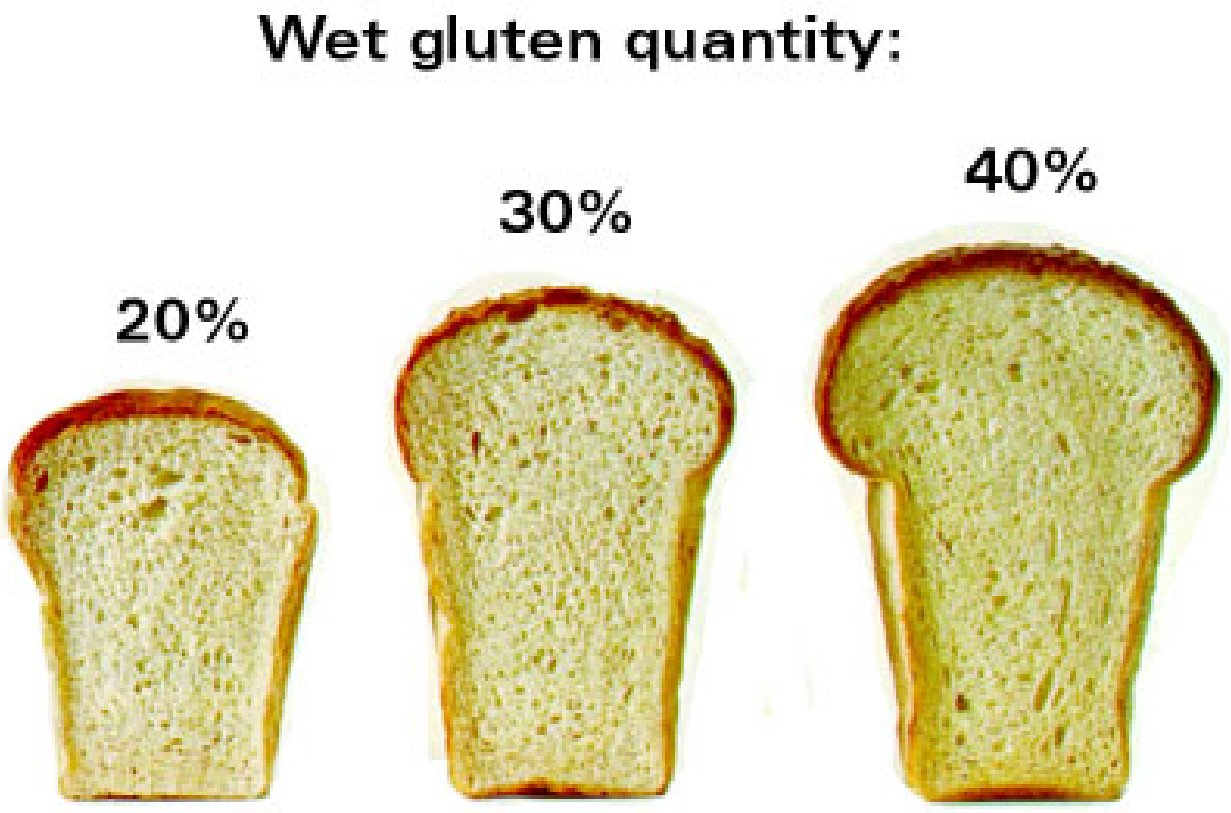
	Aleurona µ	Salvado menos Aleurona µ	Salvado entero µ
Granos grandes	46.6	60	106.5
Granos pequeños	46	55.5	101.5
Todos los granos (valor medio)	46	58	104
Rango de valores	32-55	39-73	-
Desviación estándar	4.6	7.0	-
S.E. de la media	+/- 1.04	+/- 2.18	-

The Aleurone Cells



The fluorescent component of the wall is ferulic acid (Fulcher et al AJBS 1972).

Incidencia del gluten en el volumen de pan



Existen una serie de factores con gran impacto en el desempeño del molino y en la calidad de los productos finales

- ✓ Calidad del trigo/Limpieza del trigo
- ✓ Humedad de acondicionamiento idónea y constante
- ✓ Tiempo de reposo o acondicionamiento ideal
- ✓ Longitud de molienda adecuada
- ✓ Correcta graduación o ajuste de las rendijas de molienda en las trituraciones
- ✓ Correcta graduación o ajuste de los purificadores
- ✓ Correcta graduación o ajuste de las compresiones
- ✓ Área de cernido y abertura del tamiz adecuada
- ✓ Desgaste de los cilindros de molienda

Objetivos del acondicionamiento de Trigo

- Ablandar el endospermo

- La extracción de harina puede ser incrementado
- Consumo energético / nivel de ruido de los bancos de molienda se reduce
- El contenido de cenizas en la harina se reduce

- Volver mas resistente la cáscara (salvado)

- La cáscara tiende a quebrarse menos y queda en pedazos mas grandes Hojuelas grandes de cáscara pueden ser mejor „limpiados“ con los rodillos estriados
- Menos pecas de salvadillo en la harina

- Ajuste del porcentaje de humedad de la harina

- Porcentaje constante de humedad = condiciones constantes de molienda
- Porcentaje constante de humedad = condiciones constantes de panificación
- Rentabilidad (ganancia) para el molinero

Factores que influyen en el tiempo de reposo

• Dureza de trigo	• Trigo duro Mas tiempo de reposo
• Contenido proteico	• Mas proteína Mas tiempo de reposo
• Temperatura ambiente	• Temperatura ambiente baja Mas tiempo de reposo
• Temperatura del trigo	• Temperatura del trigo baja Mas tiempo de reposo
• Porcentaje de humedad inicial	• Menos humedad inicial Mas tiempo de reposo
• Porcentaje de humedad final (deseada)	• Mas humedad final (deseada) Mas tiempo de reposo

Recomendaciones de humedades y tiempos de Reposo

Tiempos de Reposo y Humedades

- Humedad de Trigo en la primera trituración: 14,5% - 17,5 %

- Tiempo de Reposo: 6 - 48 Horas

El porcentaje de humedad en la primera trituracion es influenciado por:

- Dureza del trigo

Energía utilizada y perdida de humedad

- Porcentaje de humedad de la harina

Especificaciones de gubernamentales o del cliente

- Porcentaje de humedad del subproducto

Problemas de almacenamiento

- Problemas operativos

Problemas en el cernido y en el flujo por las tuberias

Acondicionamiento o reposo en dos (2) pasos:

1er Acondicionamiento:

- ✓ 2/3 del tiempo total del Reposo
- ✓ Adición de agua de 1.0 – 2.0% mas baja que la humedad deseada
- ✓ El máximo de 7% de adición de agua con rociador intensivo no debe excederse

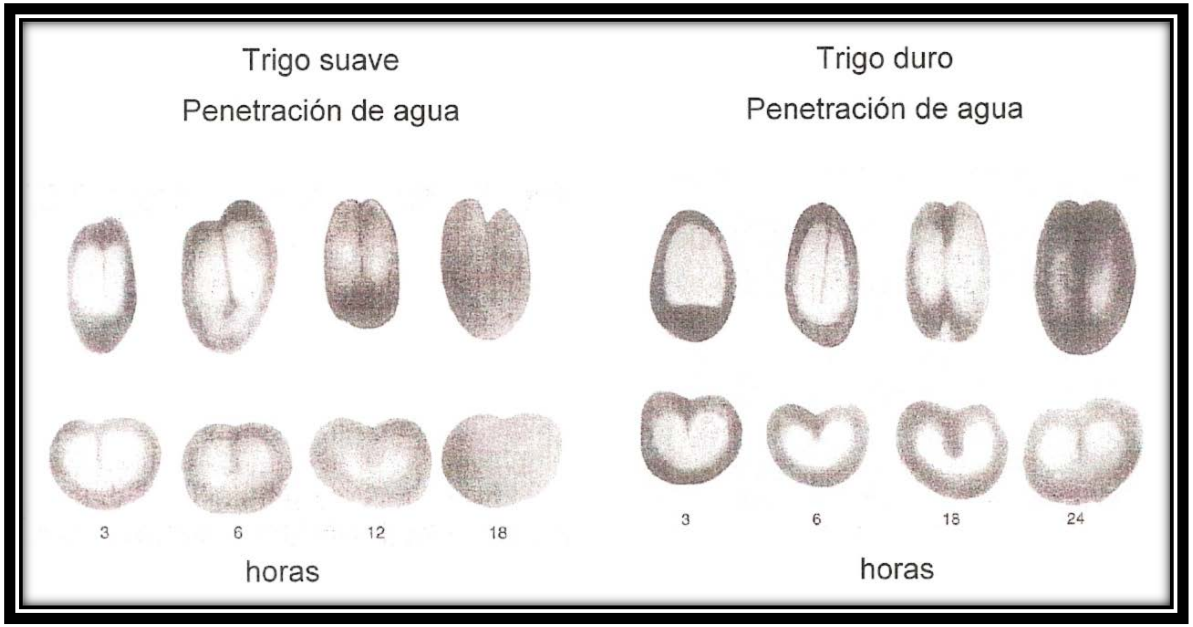
2do Acondicionamiento:

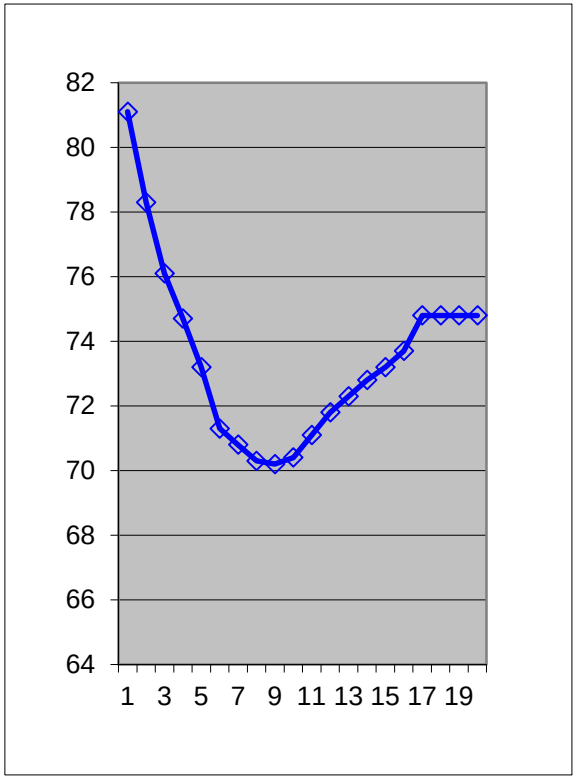
- ✓ 1/3 del tiempo total de Reposo
- ✓ 2do Reposo 8 – máx.. 12 horas (no más – se empieza a secar la cáscara)
- ✓ Adición de agua de 1.0 – mas. 2.0%

Acondicionamiento B1/T1:

- ✓ Adición de agua de 0.3 – 0.5%
- ✓ Tiempo de Reposo 15 - 20 minutos

Las variaciones en la humedad y en los tiempos de reposo ocasionan fluctuaciones en la distribución de los productos en el molino, por lo tanto, afectan las cenizas, la apariencia del producto, así como, la calidad funcional de la harina…





No se debe exceder el % de agua recomendado para el humectador

El acondicionamiento optimo del trigo es fundamental

	Conventional 12 hr		Conventional 16 hr		Test 20 hr	
Sieve µ	%	Ash %	%	Ash %	%	Ash %
1180	64.1	1.659	63.1	1.640	59.6	1.683
850	9.4	1.076	9.9	1.121	10.4	1.093
500	12.5	0.580	12.7	0.613	13.8	0.595
250	8.6	0.478	8.8	0.508	10.0	0.509
-250	5.5	0.480	4.4	0.498	6.4	0.468

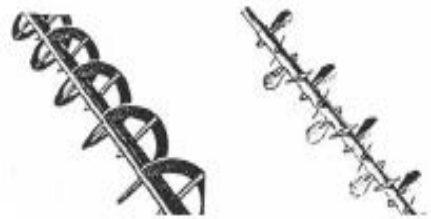
FPI – 10.5,
Action D:D
Diff. 1 : 2.5
Spiral 4%
Gap 0.5 mm
Dry wheat moisture 9.42%
Conditioned wheat moisture 15.23%

Diferentes equipos para humectar el trigo

Lento

- Rosca de paletas

H2O adición: < 3%



Rápido

- Rociador intensivo

H2O adición: < 5.5%

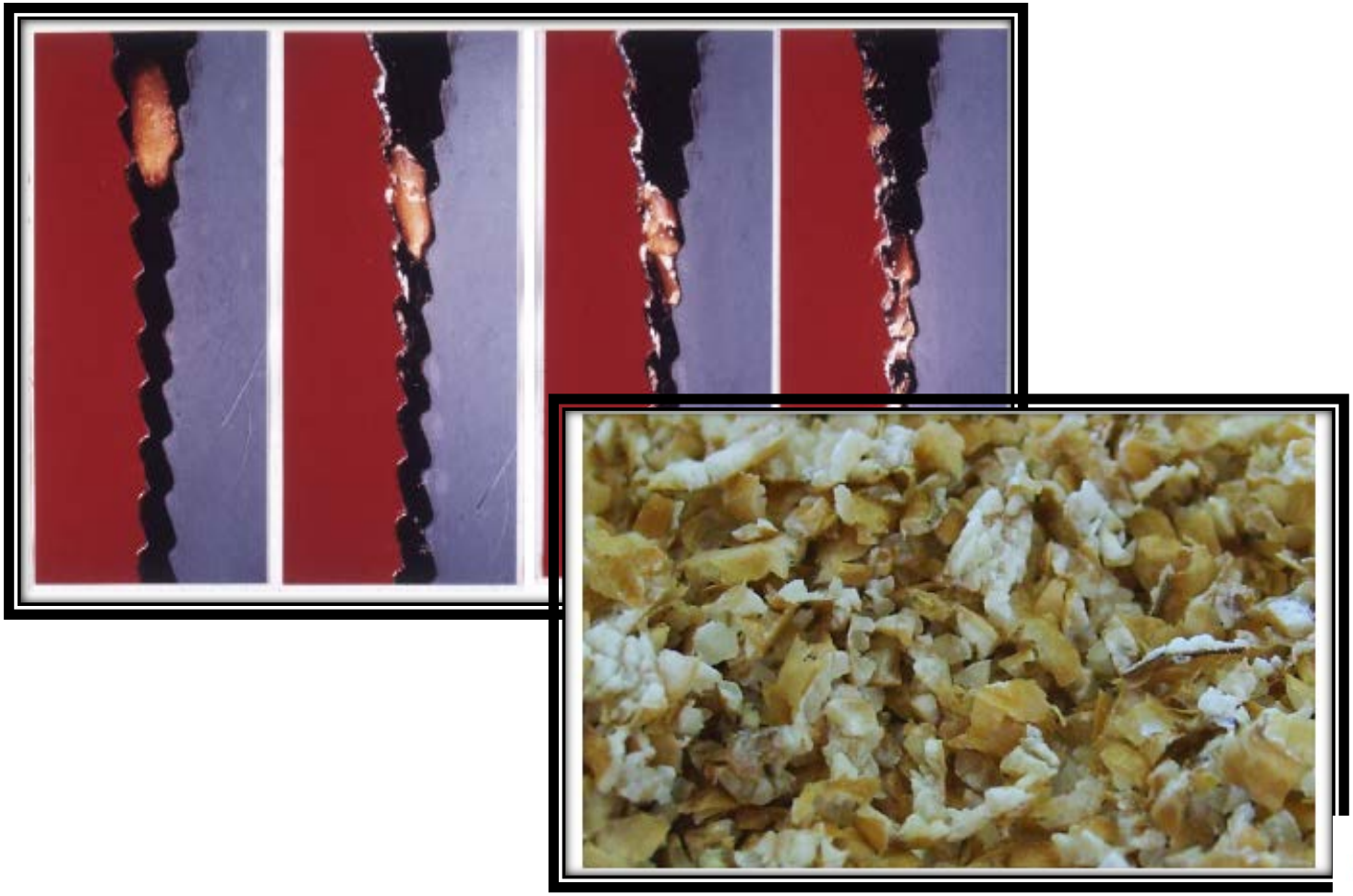
- Rociador de 3 rotores

H2O adición : < 7%

- Rociador turbo

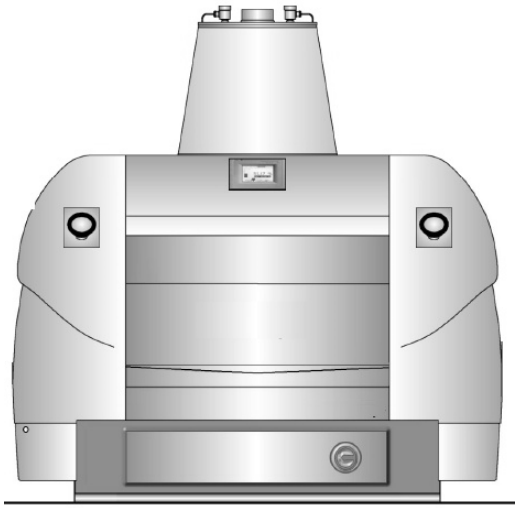
H2O adición: < 7%

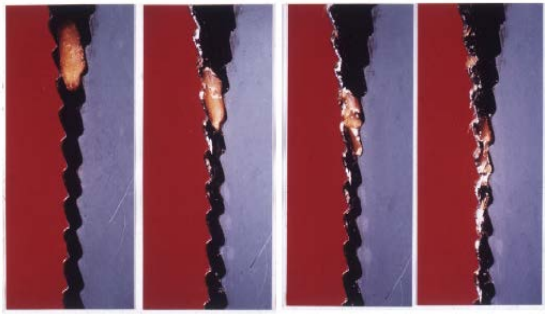
Longitud de molienda adecuada y correcta graduación o ajuste de las rendijas de molienda en las trituraciones



Los aspectos o premisas a considerar en el proceso de Molienda son:

Molienda





1. Diseño y diagramación adecuado; longitud de molienda, número de pasadas, etc.
2. Estado de los cilindros estriados
3. Estado de los cilindros lisos
4. Monitoreo y control de los ajustes de las rendijas de molienda
5. Características de los cilindros estriados y lisos

Longitud de molienda debe ser la adecuada en concordancia a la dureza del trigo que se procesa

LONGITUD DE MOLIENDA

10 mm/100kg/24 hr — **CONTEXTURA DEL GRANO** — **15mm/100kg/24 hr**

SOFT — **DURUM**

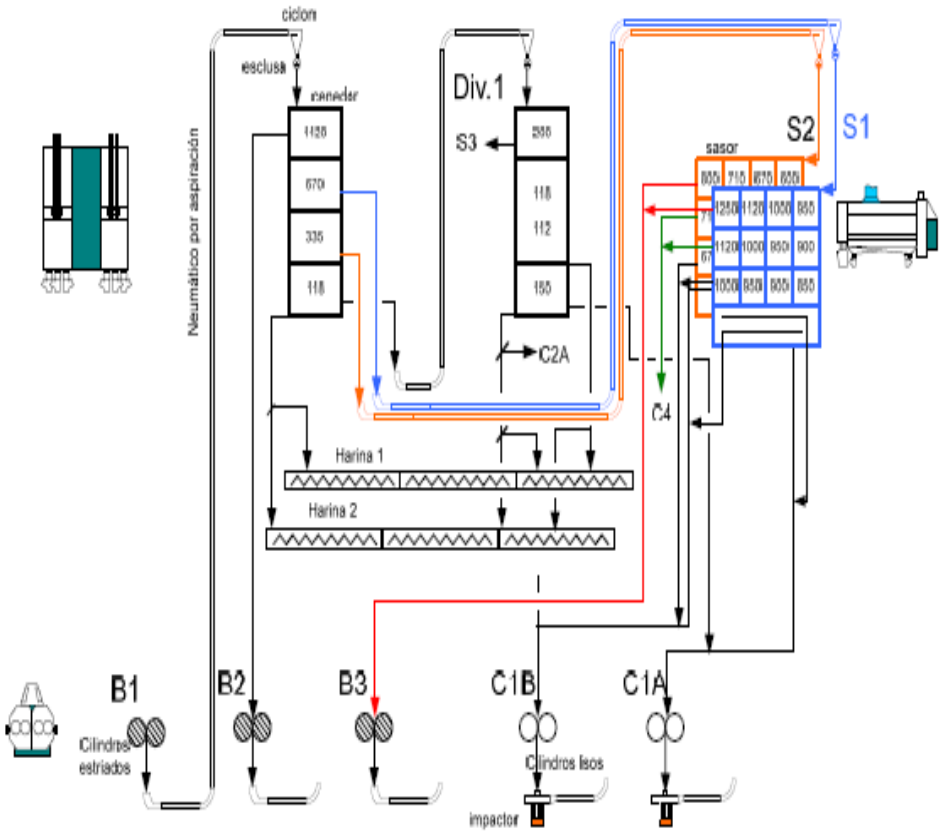
HARD TRITURACION 35%
SOFT TRITURACION 45%

Correcta graduación o ajuste de las compresiones

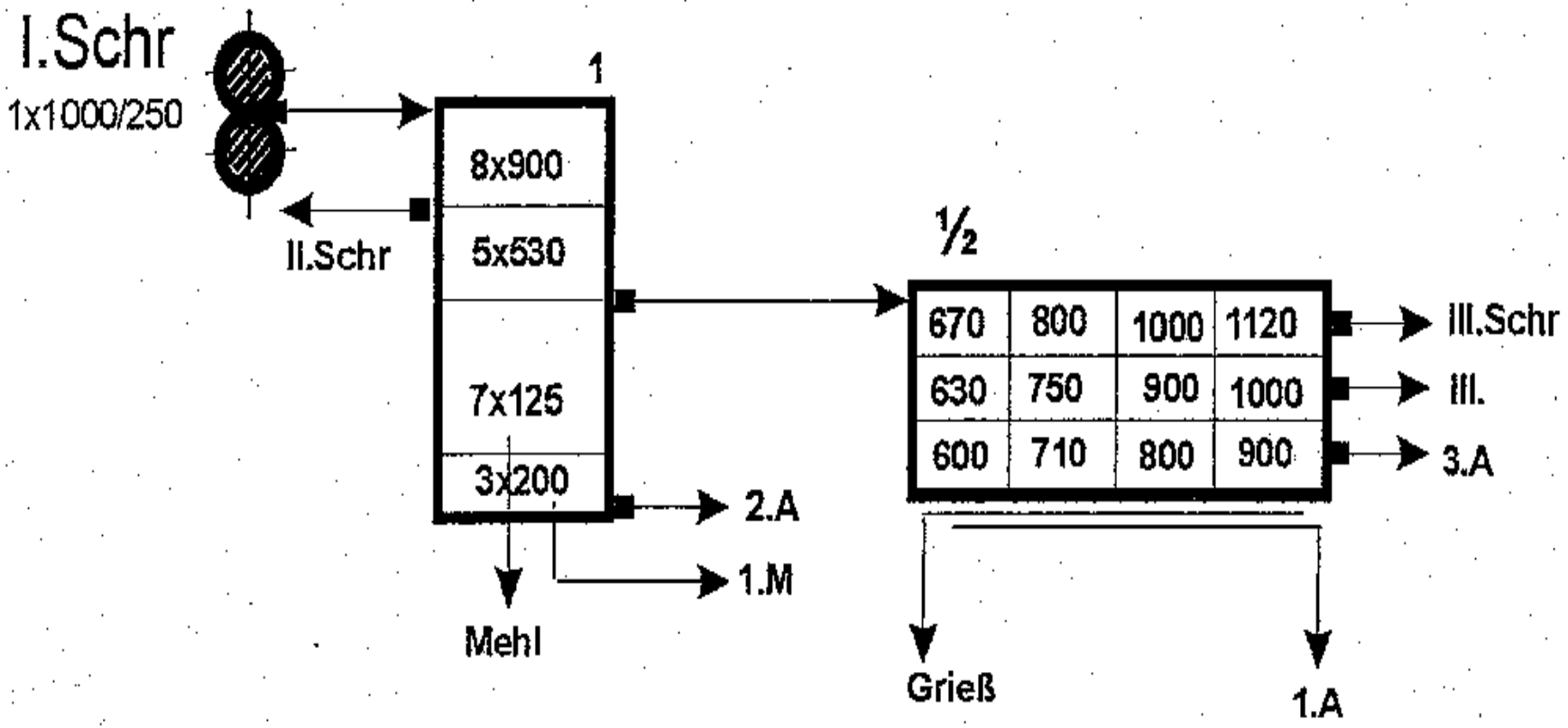
- ✓ Alimentación uniforme a lo largo del cilindro
- ✓ Disposición o configuración paralela de los cilindros
- ✓ Verifique la temperatura del producto
- ✓ Verifique la granulación del producto
- ✓ Compruebe el efecto de la molienda en el centro y en los extremos del banco de los cilindros
- ✓ Evalúe el correcto ahusamiento de los cilindros

Las trituraciones deben considerar una serie de aspectos importantes como lo son:

- ✓ Trigo hard 4 pasadas y rendimiento 75-76%.
- ✓ Trigo soft 4 1/2 - 5 pasadas y rendimiento 75-80%.
- ✓ Trigo hard 5 pasadas y molienda de afrecho para rendimiento de 78-80%
- ✓ Se dividen en grueso y fino las últimas dos pasadas.
- ✓ De acuerdo al rendimiento y calidad del trigo pasan 1-3 veces por cepilladora o bran duster; después de la III trituración, en durum no se utiliza salvo ciertas excepciones



Flujo de la Primera trituración



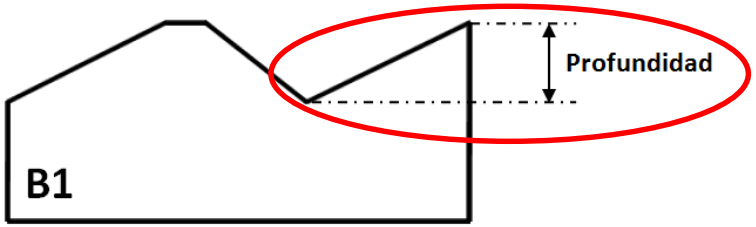
La correcta graduación o ajuste de las rendijas de molienda en las trituraciones propicia la eficiencia a la par de la calidad

	CARGA (%)	AJUSTE (%)	EXTRACCION (%)	EXTRACCION ACUMULADA (%)
B1	100,0	30,0	30,0	30,0
B2	70,0	45,0	31,5	61,5
B3	38,5	40,0	15,4	76,9
B4	23,1	30,0	6,9	83,8

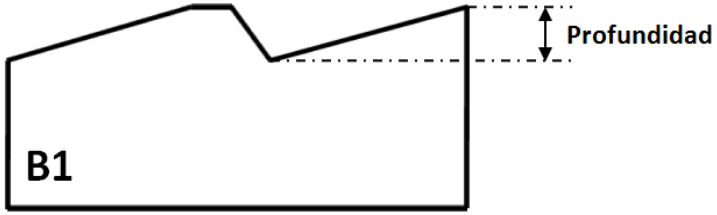
	Extracción B1	**Humedad (%)**	**Cenizas BS (%)**
Harina	77,7	14,1	0,57
Subproductos	20,5	12,7	6,05

Los cilindros estriados deben tener las estrías con las características adecuadas

A MAYOR ÁNGULO MENOS PROFUNDIDAD

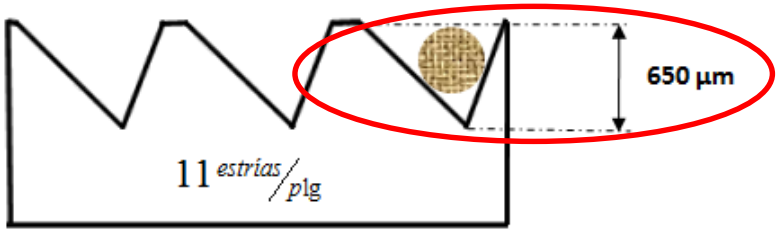


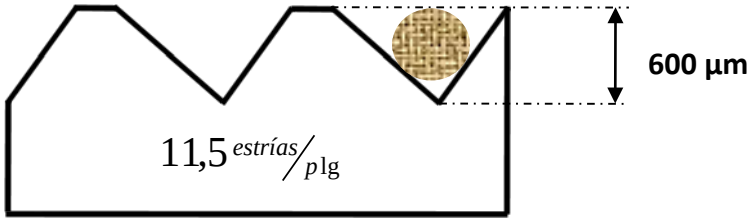
3,5 estrías/cm 40°/60°



3,5 estrías/cm 30°/70°

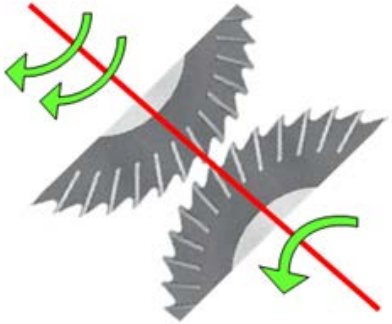
A MAYOR NÚMERO DE ESTRÍAS MENOS PROFUNDIDAD



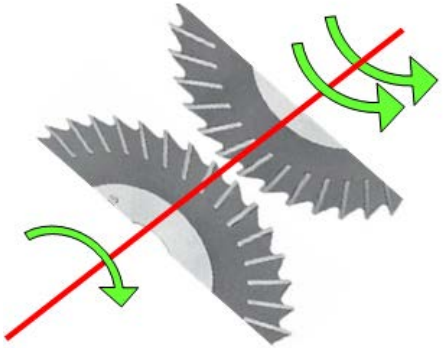


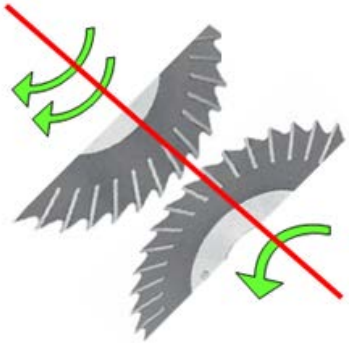
Los cilindros estriados deben tener la disposición adecuada para el correcto efecto de molienda

CORTE CONTRA CORTE

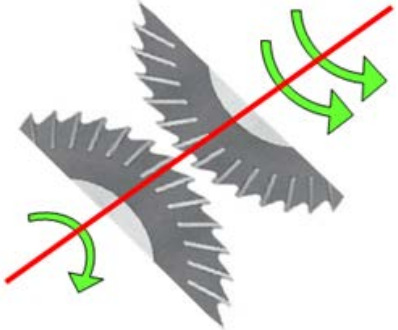


DORSO CONTRA CORTE





CORTE CONTRA DORSO

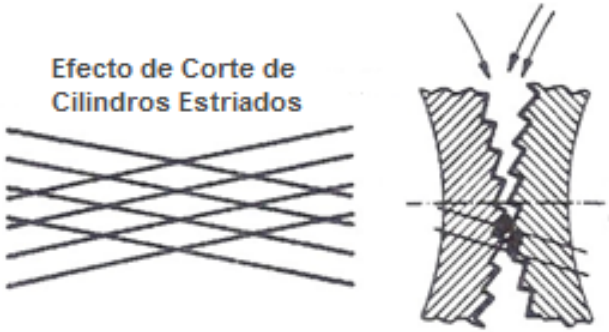


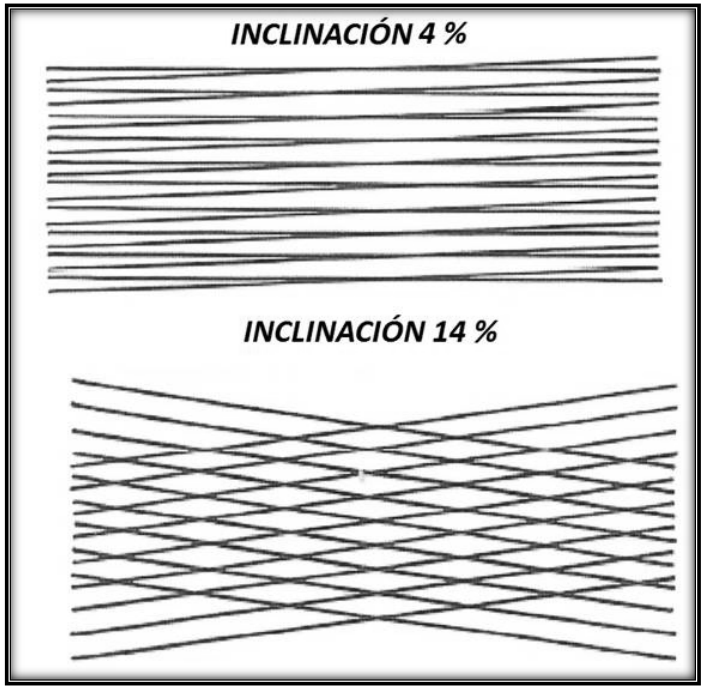
DORSO CONTRA DORSO

El espiral en los cilindros estriados es una de las características con mas impacto en el efecto de molienda

✓ Es la diferencia porcentual de la estría con respecto al eje longitudinal del cilindro.

✓ A mayor inclinación mayor corte de estrías (mayor puntos de corte)



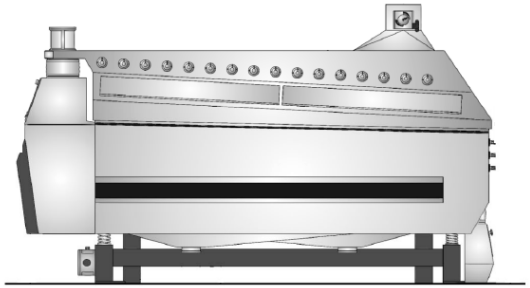


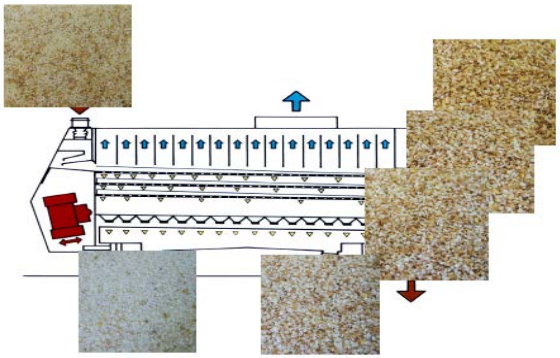
✓ **Inclinaciones Típicas:**

+ Expresadas en longitud: 20 - 87 mm/m
+ Expresadas en porcentaje: 2 – 8 %

Los aspectos o premisas a considerar en el proceso de Purificación son:

Purificación





1. Diseño y diagramación adecuada; área de purificación, secciones bien diagramadas, etc.
2. Tipo y abertura de las mallas adecuadas
3. Monitoreo de funcionamiento del purificador
4. Ajuste adecuado del purificador
5. Programa de revisión del purificador y mantenimiento general

Correcta graduación o ajuste de los purificadores

El purificador tiene una importancia muy grande en la obtención de harinas con bajo contenido de cenizas, esto siempre y cuando se trate de trigos semiduros, duros o extremadamente duros (durum o candeal).

Cortesía Ocrim

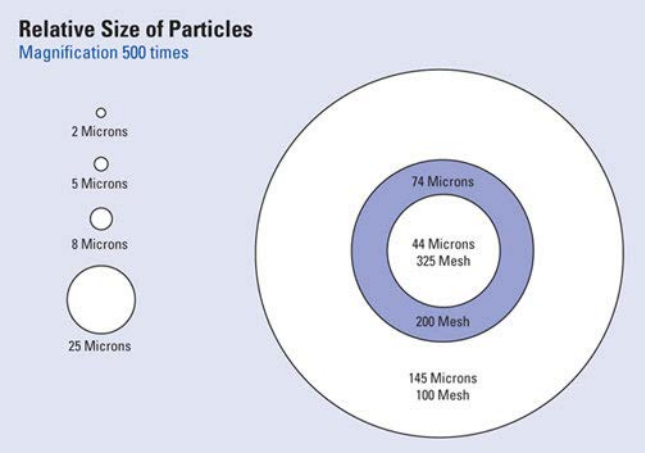
Los principios claves de funcionamiento del purificador son dos (2):

- ✓ **Resistencia a la corriente del aire o resistencia aerodinámica**

PESO ESPECÍFICO DE MATERIALES DE MOLIENDA

Material	Peso Específico
Endospermo	1,46
Almidon (87,5 % del endospermo)	1,48
Proteina (12,5 % del endospermo)	1,32
Salvado	1,27
Germen	1,34

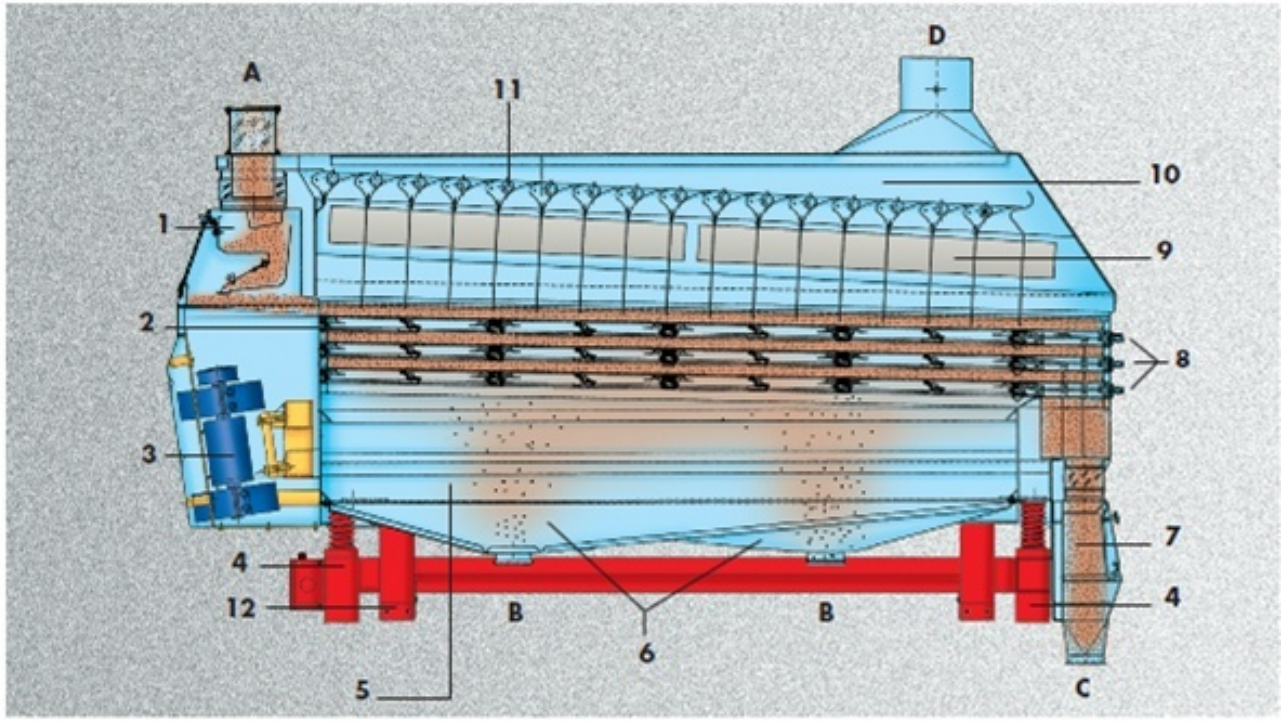
- ✓ **Tamaño de las partículas**



Elementos y partes del Purificador o Sasor

A Entrada
B Salida de Producto
C Salida Colas
D Aspiración

1 Grupo de Alimentación
2 Tamices
3 Motovibradores
4 Base bandejas oscilantes
5 Bandejas oscilantes
6 Canales colectores
7 Grupo de salida de colas
8 Seguros de tamices
9 Visores laterales de inspección
10 Canal de Aspiración
11 Valvulas de Aspíración
12 Soporte del Canal de Aspiración



Cortesía Buhler

Ajustes de los Purificadores o Sasores

Primeramente, antes de ajustar se debe verificar lo siguiente:

- ✓ Que la alimentación de entrada de entrada es pareja a través del tamiz y que la apertura de alimentación esta trabajando bien.
- ✓ Que todos los cepillos estén funcionando correctamente.
- ✓ Que no haya acumulación de material fibroso en las uniones entre los tamices.
- ✓ Que los conductos de aire estén libres.

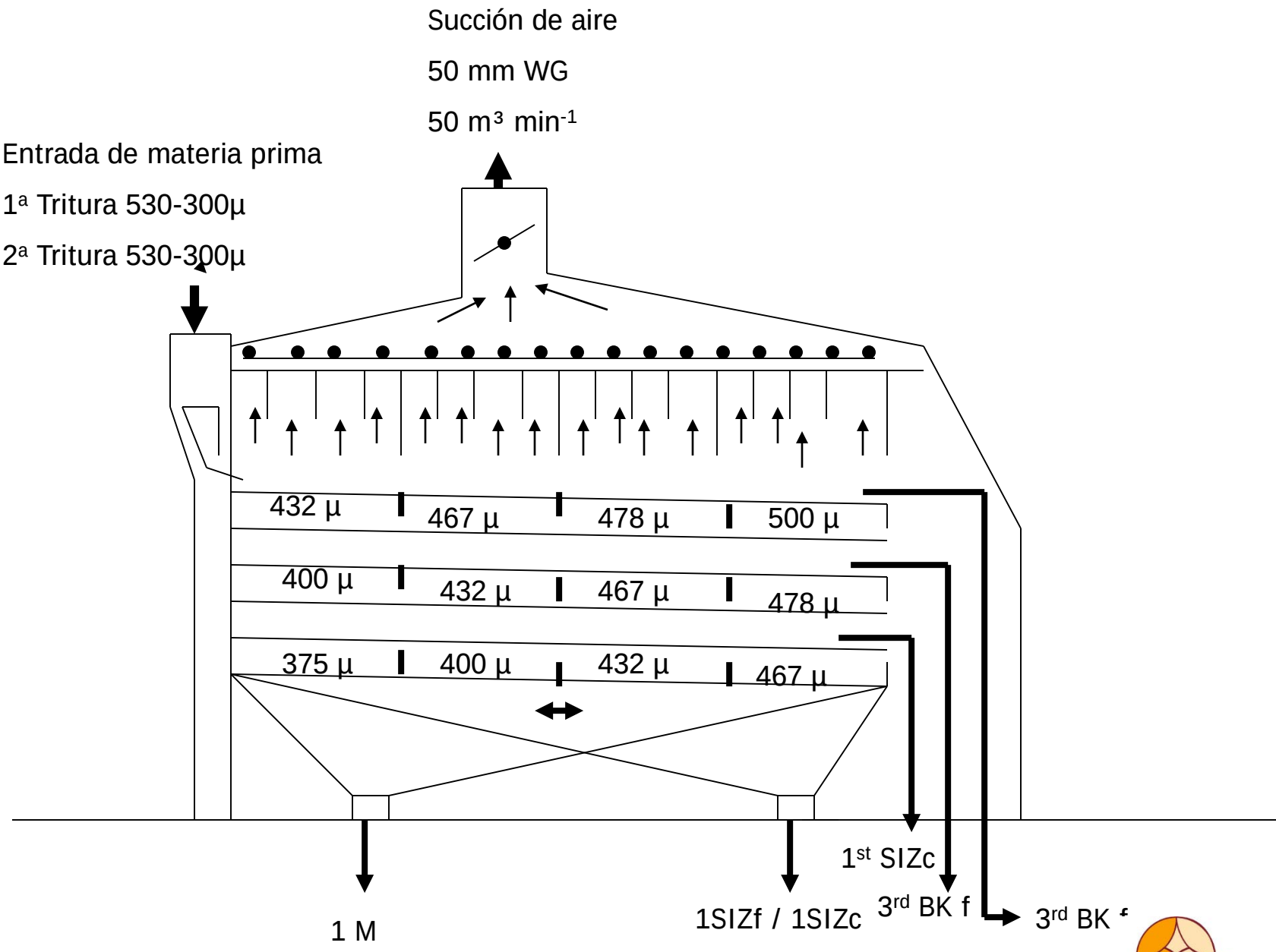
Ajustes de los Purificadores o Sasores

Luego:

- ✓ Ajustar la válvula maestra de aire con la finalidad de distribuir el producto equitativamente a lo largo del purificador.

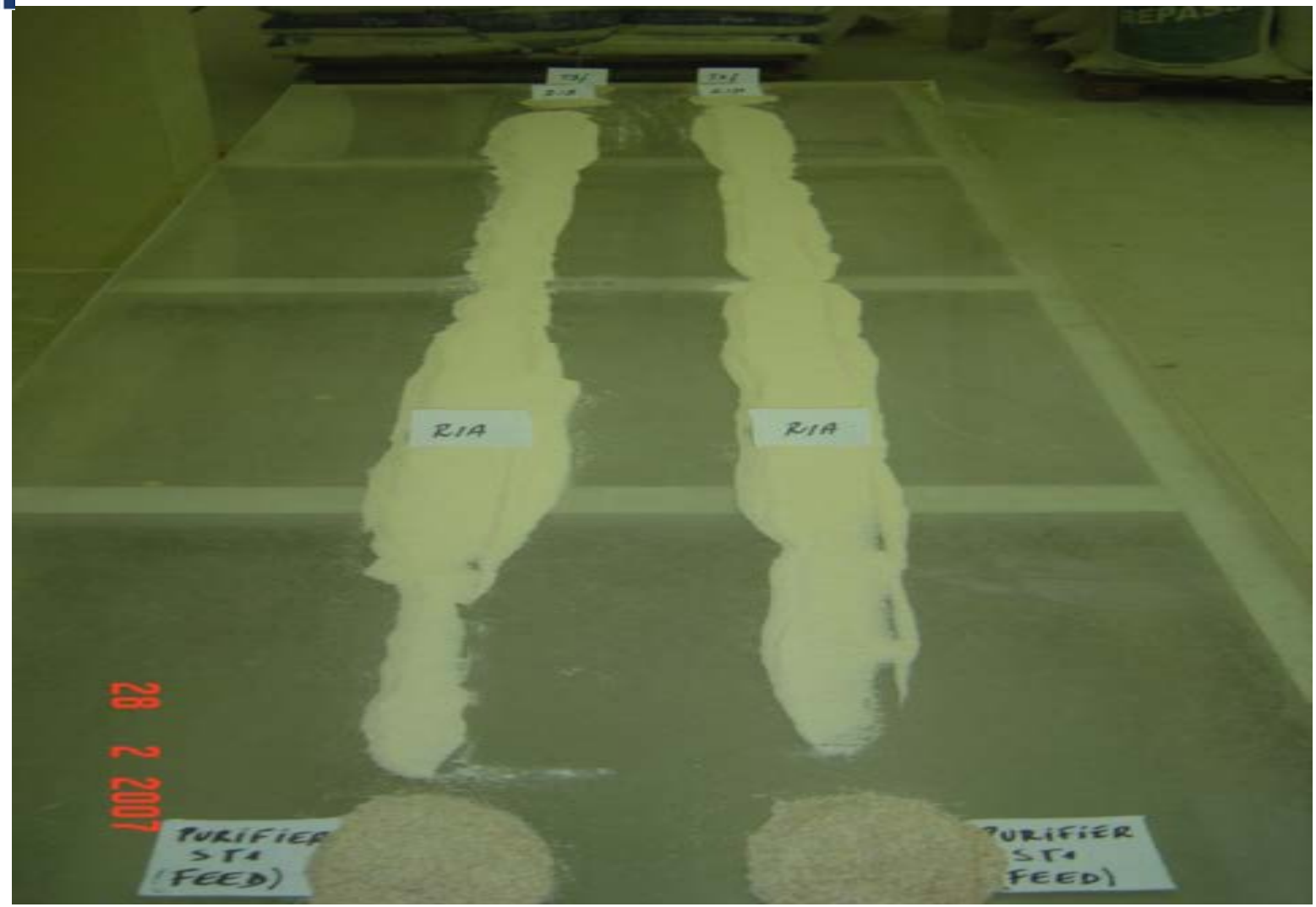
- ✓ Afinar el purificador ajustando las válvulas individuales de aire que controla la distribución del mismo dentro del purificador.

- ✓ Ajustar la división de los materiales que atraviesa.


Succión de aire
50 mm WG
50 m³ min-1
Entrada de materia prima
1ª Tritura 530-300µ
2ª Tritura 530-300µ
432 µ
467 µ
478 µ
500 µ
400 µ
432 µ
467 µ
478 µ
375 µ
400 µ
432 µ
467 µ
1st SIZc
3rd BK f
3rd BK
1 M
1SIZf / 1SIZc

Ceniza de los Materiales Antes y Después del Ajuste

Material	Antes (%)	Después (%)
Entrada	1.09	1.0
M1	0.65	0.47
1a Sémola (fina)	0.64	0.60
1ª Sémola (gruesa)	1.39	0.83
3a Trituración (fina)	1.92	2.12

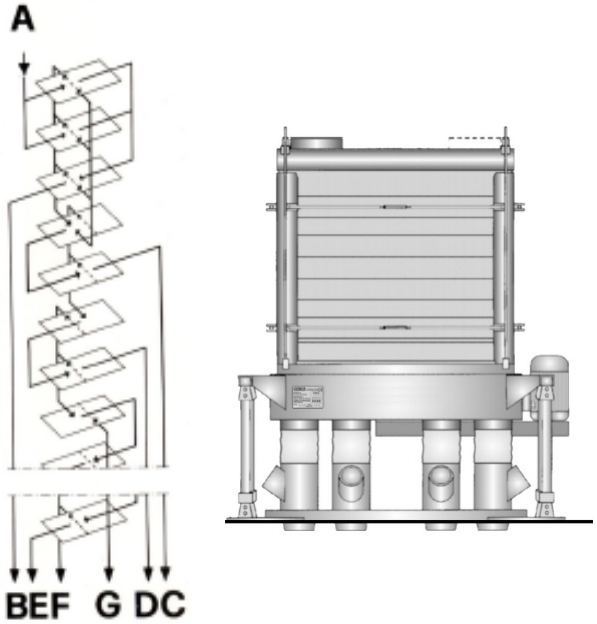

RIA
RIA
28 2 2007
PURIFIER
ST4
(FEED)
PURIFIER
ST4
(FEED)

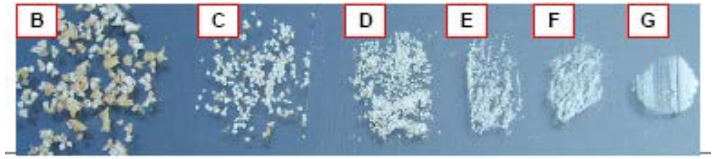
Velocidades de Aire Críticas para los Materiales del Molino

Producto	Vel. m/sec	Peso esp. kg/m³
Salvado grueso	3.5	250
Salvado fino	3.	300
Sémola gruesa	6.5	550
Sémola media	6	50
Sémola fina	5.5	600
Harina granular	3.5	550
Harina fina	3	550-600

Los aspectos o premisas a considerar en el proceso de Cernido son:

Cernido





1. Diseño y diagramación adecuada; área de cernido, secciones bien diagramadas, etc.
2. Tipo y abertura de las mallas adecuadas
3. Monitoreo de los pasajes
4. Monitoreo de la presencia de harina en el rechazo
5. Programa de revisión de las secciones de los plansifters y mantenimiento general

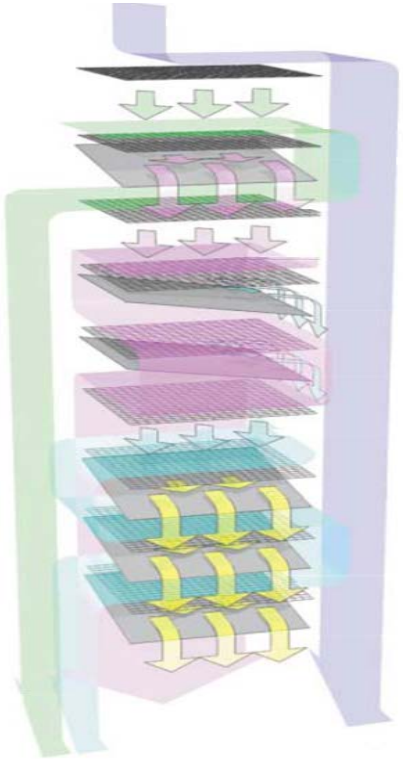
El área de cernido debe ser la acorde a la dureza del trigo, granulometría de la harina, humedad, etc...

0.05 m2/100kg/24 hr

CONTEXTURA DEL GRANO

HARD **SOFT**

0.065 m2/100kg/24 hr



DIAGRAMAS DE HARD Y SOFT

45-50% TRITURACION

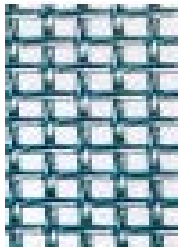
CLASIFICACION

50-55% HARINAS

Telas en usadas en molinos de harina

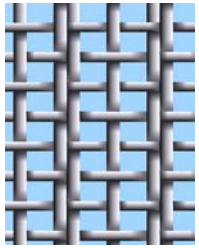
2.1 Plansifter

Nytal Wire Mesh

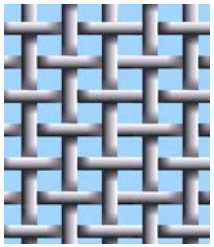


Eficiencia

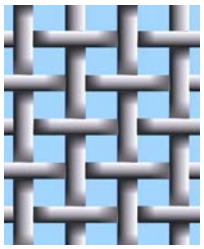
PA-XX - N
Normal Quality



PA-MF
Milling Forte



PA-XXX
Heavy Duty

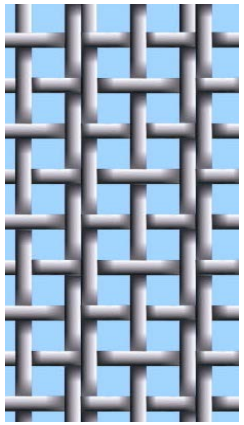


Duración

Las telas en los plansifters en molinos de harina

PA-XX - N

Milling / N-Quality

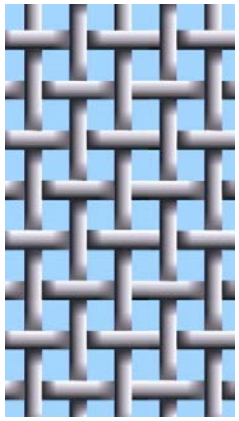


PA-XX se usa para trigo suave, bizcocho y pan de centeno.

XX-calidad tiene una superficie gruesa, grande porcentaje de superficie libre y muestra **el mejor efecto de tamización.**

PA-MF

Milling Forte

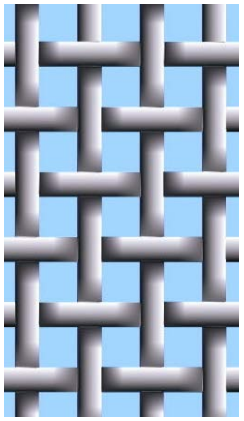


PA-MF se usa para trigo medio duro. Es la nueva generación para los marcos metálicos.

MF-tejidos están ajustados para mejor duración en **combinación con alto efecto de taminación.**

PA-XXX

Heavy Duty



PA-XXX se usa para trigo duro y "Durum"

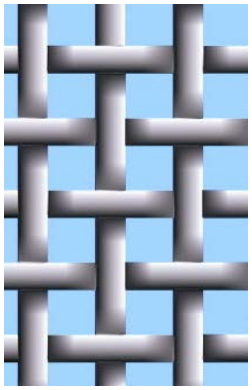
Están ajustadas para larga duración y **buena resistencia de abrasión.**

Telas en usadas en los purificadores en molinos de harina

2.2 Purificadores

PET-GG

Grit Gauze

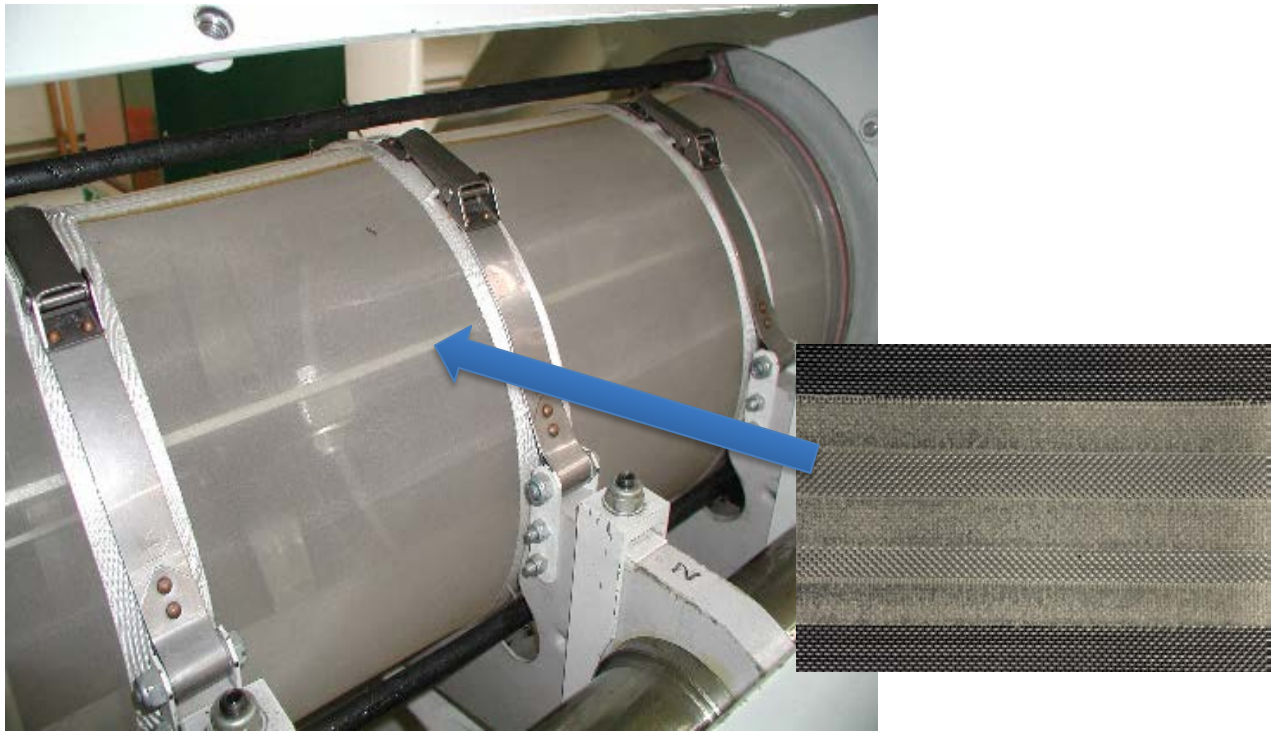


PET-GG no le afecta casi ningún cambio de humedad y temperatura. Tamizadores de polyester mantienen la tensión constante.
La superficie gruesa de la tela mantiene más tiempo el producto en el tamizador. Esto ayuda mejorar la separación.

Purificadores separan los productos por su peso y tamaño específico

Las telas en usadas en los Vibro/Turbo-cernedores en molinos de harina

2.3 Vibro-/Turbo-Cernedores



1a costura

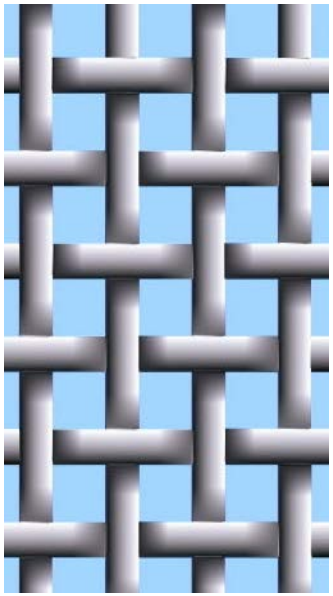
2a costura

3a costura

Las telas en usadas en los Vibro/Turbo-cernedores en molinos de harina

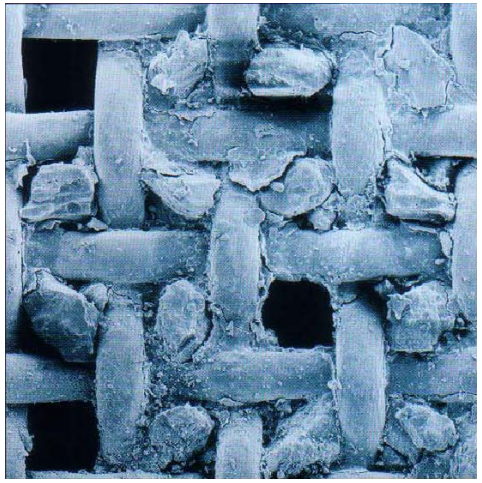
2.3 Vibro-/Turbo-Cernedores

PA-HD (ASTM)
Heavy Duty

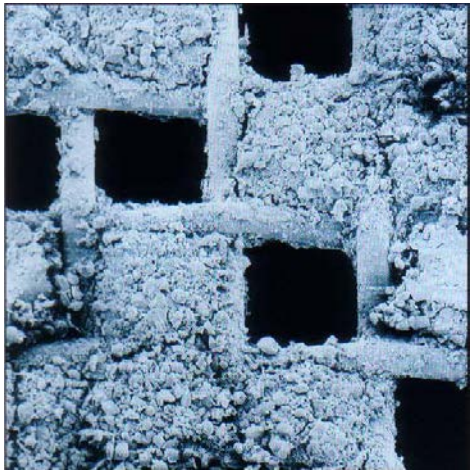


Tejidos PA-HD (ASTM)
aseguran un buena y eficiente
tamización y útil es la larga vida

El área de cernido debe mantenerse a plenitud, por lo tanto, se debe evitar la obstrucción de las mallas



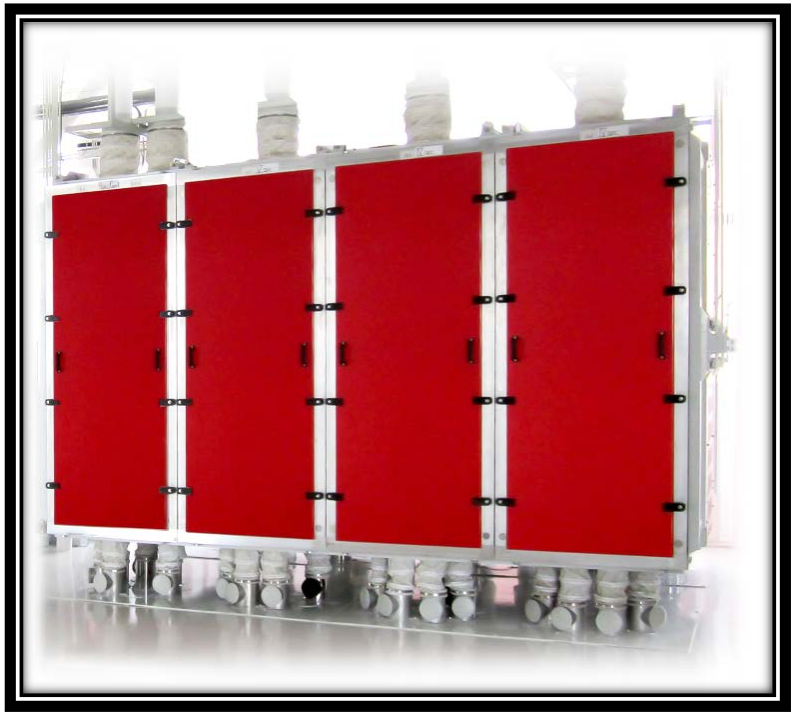
Es el proceso en que partículas muy finas, debido a su humedad, se adhieren a la superficie filtrante reduciendo el paso de las mismas entre ellas, hasta que finalmente las terminan cerrando y cubriendo.



Este proceso puede reducirse mediante:

- La elección de una tela con mayor superficie de cernido.
- Utilización de accesorios (limpiadores) acoplados a los tamices. (bolas de gomas, cepillos de limpieza, etc.)
- Limpieza periódica y cuidadosa de cada uno de los tamices de cernido

El escaso cernido, así como, el sobre cernido tienen impacto en la ceniza y granulometría, por lo tanto, en la calidad de la harina.

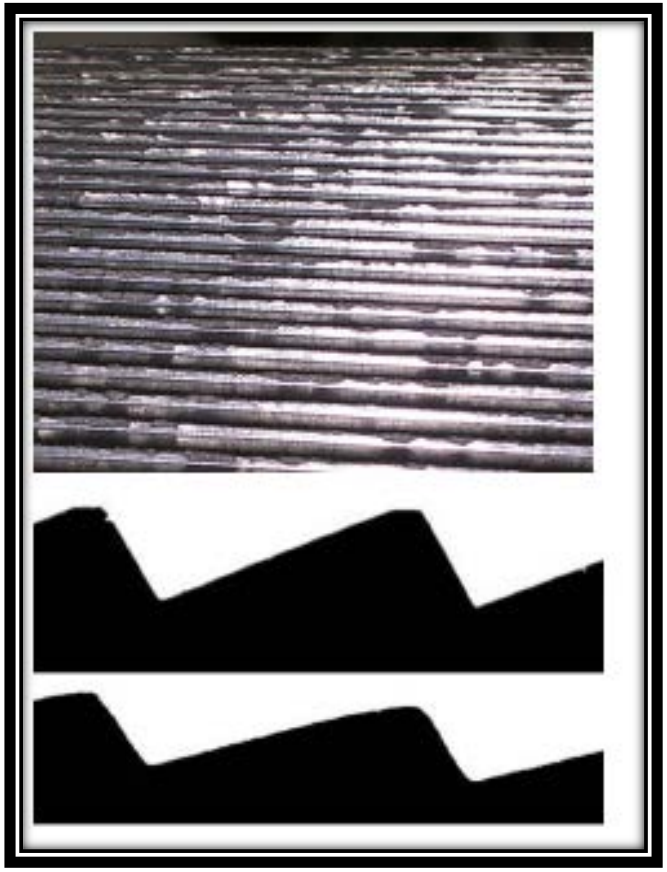


Valores referenciales para usar en la construcción de un diagrama de molienda de trigo panadero

SECCION	mm/100kg/24hr	mt2/100kg/24hr
B1/T1	1,0	0,007
B2/T2	1,0	0,007
B3/T3	0,7	0,0055
B4/T4	0,7	0,005
B5/T5	0,7	0,0045
C1 Fn	1,2	0,006
C1 Gr	0,8	0,0045
C2	1,0	0,0045
C3	0,7	0,004
C4	0,8	0,003
C5	0,6	0,0025
C6	0,5	0,002
C7	0,6	0,0025
C8	0,4	0,0015
C9	0,4	0,0015
TOTAL	**11,0**	**0,061**

ESLAMO
ESCUELA LATINOAMERICANA DE MOLINERÍA

Los cilindros estriados deben tener las estrías en buen estado para lograr otorgar el efecto de molienda deseado

Algunos métodos para medir el desgaste de los cilindros estriados son:

- ✓ "Memorizando" el aumento del calentamiento de la superficie del cilindro.
- ✓ Observando el aumento del amperaje de los motores eléctricos.
- ✓ Control del comportamiento reológicos de las harinas de cada pasaje estriado.
- ✓ Observando el grado de corte o aplastamiento que tenían los granos o partículas en cada pasaje estriado.