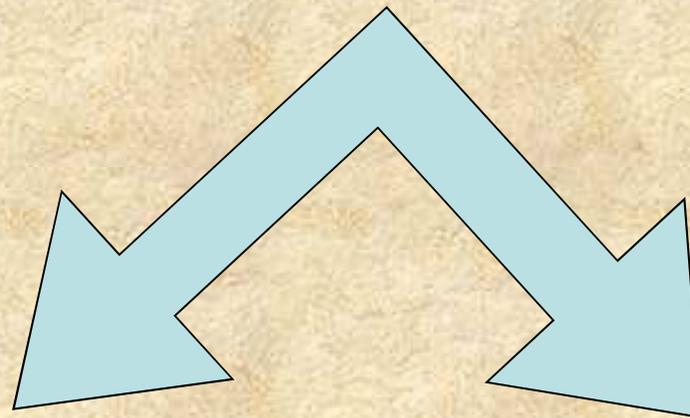


REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE ALIMENTOS

El termino reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que un alimento se puede cortar, romper, desmenuzar, triturar o descomponer en piezas o partículas mas pequeñas

Reducción de Tamaño de Alimentos



SÓLIDOS

**Desintegración Mecánica
de Sólidos: Corte,
Molienda, Trituración y
Pulverización**

LÍQUIDOS

**Emulsificación ,
Homogenización y
Atomización**

REDUCCIÓN
DE TAMAÑO

DE SÓLIDOS



DESINTEGRACIÓN MECÁNICA DE SÓLIDOS



Aplicación de FUERZAS MECÁNICAS para
reducir el tamaño de un alimento

Corte, Molienda, Trituración, Pulverización

REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE SÓLIDOS

Existen muy diversas razones por las que es conveniente reducir el tamaño de los alimentos sólidos en la Industria Alimentaria:

Mejora la palatabilidad e incrementa los usos del producto



Frutas y Verduras: enteras sin piel, rebanadas, troceadas, pulpas, jugos
Granos de cereales: producción de productos derivados de ellos (harinas, sémolas, almidones)

Facilita la extracción de constituyentes



- Extracción de jugo o pulpa
- Extracción de azúcar, café
- Extracción de aceites

Aumenta la relación superficie/volumen del sólido



aumenta la vel. de transferencia de calor y masa, lo que permite optimizar y controlar operaciones como: deshidratación, congelación, tratamiento térmico, escaldado, horneado, fritura, lixiviación, etc

Permite mezclas íntimas y homogéneas



- Masas de panificación
- Mezclas de productos

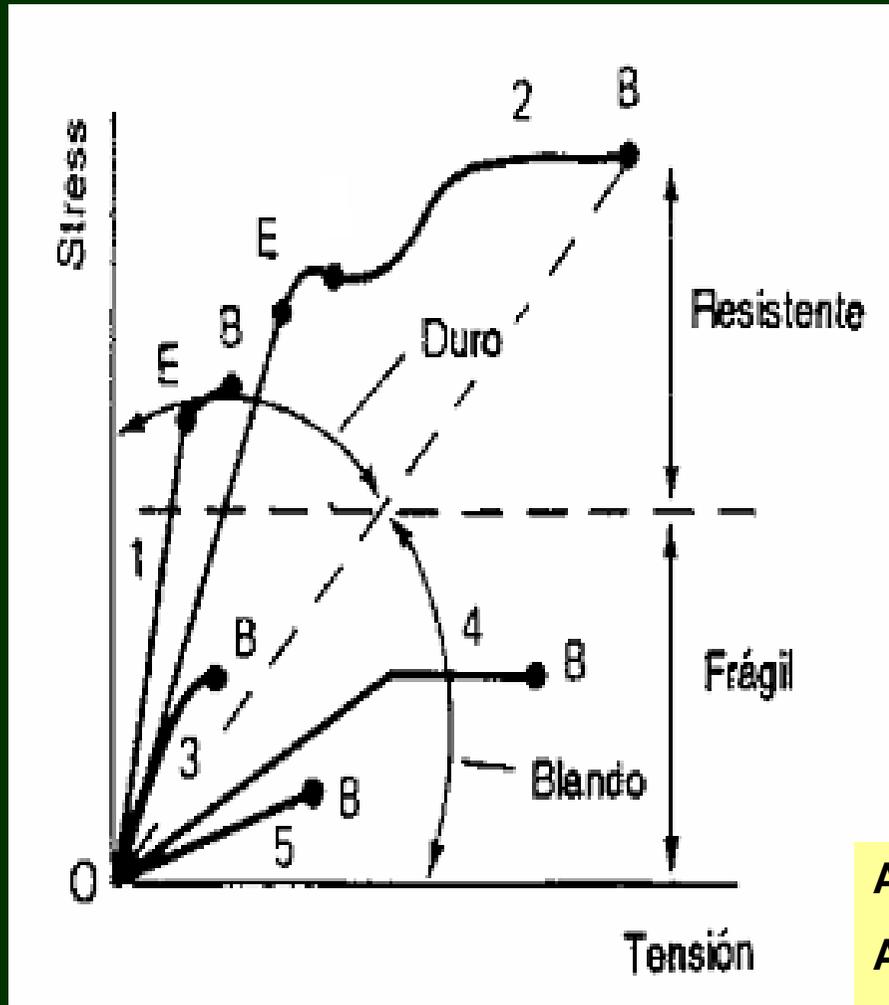
El proceso de Reducción de Tamaño

Durante la reducción de tamaño, las partículas del alimento se someten a un “stress”(por la aplicación de las fuerzas mecánicas) y se crea una tensión interna que provoca distorsión y deformación de las partículas.

Cuando el “stress” en una determinada zona supera los límites del “stress elástico”, el alimento experimenta deformación permanente, se rompe en fragmentos generándose nuevas superficies y liberando la energía acumulada en forma de sonido y calor

Puesto que una unidad de área de sólido posee una cantidad definida de energía superficial, la creación de nuevas superficies requieren un trabajo, que es suministrado por la liberación de energía de tensión cuando la partícula se rompe

Diagrama de Stress-Tensión correspondiente a diversos alimentos



E = Límite de elasticidad

B = Punto de rotura

0E = Región elástica

Alimento 1 ⇒ duro, resistente y quebradizo

Alimento 2 ⇒ duro, muy resistente y dúctil

Alimento 3 ⇒ duro, frágil y quebradizo

Alimento 4 ⇒ blando, frágil y dúctil

Alimento 5 ⇒ blando, frágil y quebradizo

- **La cantidad de energía absorbida por un alimento antes de romperse está determinada por su grado de dureza y su tendencia a la rotura (friabilidad) que a su vez dependen de su estructura**
- **Los alimentos más duros absorben mayor cantidad de energía y por ello requieren, para lograr su ruptura, un aporte energético mayor**



**Los materiales ofrecen cierta resistencia a las fuerzas aplicadas
y su magnitud es propia del material en particular**

Cuando la fuerza aplicada supera la resistencia del alimento, este se fractura o rompe

$$F = E \times A$$

$$E = \frac{F}{A}$$

F = Fuerza aplicada en el equipo (N)

E = Esfuerzo aplicado por el equipo (N/cm²)

A = Área sobre la que se aplica la fuerza (cm²)

R = Resistencia del alimento a la rotura (N/cm²)

Para que el material se rompa se requiere que el Esfuerzo aplicado sea mayor que la Resistencia del alimento

$$E > R$$

El grado de reducción de tamaño, la energía gastada y la cantidad de calor generado, dependen, tanto del tipo y magnitud de las fuerzas como del tiempo de aplicación.



Reducción Mecánica de Tamaño

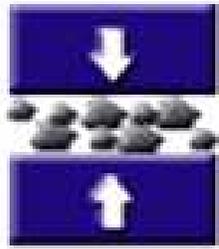
Para la reducción de tamaño de los **SÓLIDOS**
se pueden emplear
CUATRO TIPOS DE FUERZAS:

Fuerza de Compresión

Fuerza de Impacto

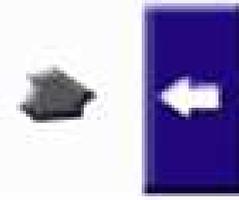
Fuerza de Frotación, Rozamiento o Cizalla

Fuerza de Corte (puede incluirse en la fuerza de cizalla)



Compresión

Se utiliza para reducir sólidos duros a tamaños mas o menos grandes



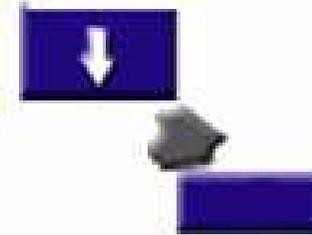
Impacto

Se utiliza para reducir sólidos a tamaños gruesos, medianos y finos



Frotación o Cizalla

Se utiliza para producir partículas finas



Corte

Se utiliza para obtener tamaños y formas definidos o eliminar partes del sólido

El tipo de fuerza a emplear (**corte, compresión, impacto o cizalla**) para lograr una reducción de tamaño depende del tipo de alimento que se tenga

TIPOS DE ALIMENTOS

TIPO DE FUERZA QUE REQUIEREN PARA REDUCIR SU TAMAÑO



Cristalinos



Fuerza de compresión



Fibrosos



Fuerza de corte, así como una combinación de fuerzas de impacto y cizalla

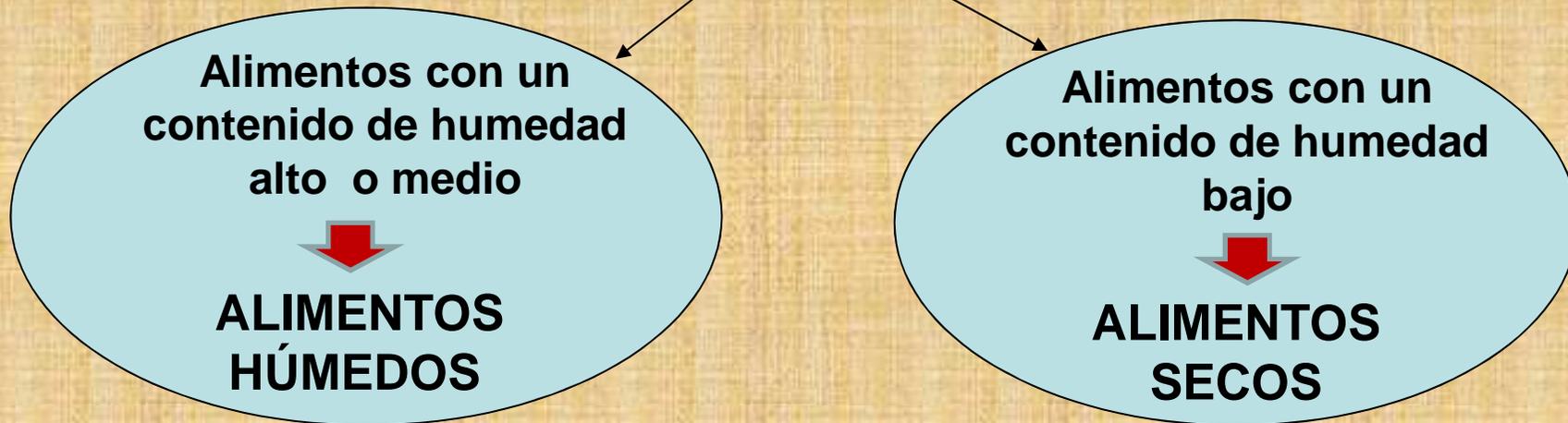


Blandos



Fuerza de cizalla

**Para la selección del equipo de reducción de tamaño a emplear,
se consideran básicamente dos tipos de alimentos**



La mayoría de los equipos de reducción de tamaño utilizan mas de un tipo de fuerza (compresión, impacto, cizalla), aunque generalmente una de ellas suele ser la predominante

EQUIPO PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE SÓLIDOS

ALIMENTOS HÚMEDOS

Carne, pollo, frutas, hortalizas, queso, pan

CORTADORAS

RALLADORAS

DESPULPADORAS

MOLINOS DE CARNE

EXTRACTORES DE JUGO

DESINTEGRADORAS

ALIMENTOS SECOS

Cereales, especias, nuez, almendra, azucares, sal, pimienta

TRITURADORAS

MOLINOS

MOLINOS

Existe gran variedad de tipos de molinos, entre los que se encuentran:

- 1) Molinos de Bolas
- 2) Molinos de Martillos
- 3) Molinos de Discos
- 4) Molinos de Rodillos

Reducción de Tamaño de alimentos secos

Tipo de Molino	Fuerza aplicada	Productos en los que se emplea
De Bolas	Impacto y Cizalla	Harina de pescado, Colorantes
De Martillos	Impacto	Verduras deshidratadas, Especias, Pimienta, Maíz
De Rodillos lisos	Compresión	Refinado de chocolate, Molienda de café
De Rodillos Estriados	Compresión y Cizalla	Caña de azúcar, Trigo, Cebada
Discos	Cizalla	Maíz, Trigo, Pimienta, Cacao, Nuez moscada, Clavo
Discos y clavos	Cizalla e Impacto	Alginatos, Paprika, Lactosa

El tipo de fuerza a emplear (corte, compresión, impacto o cizalla) para lograr una reducción de tamaño depende del tipo de alimento que se tenga

Para seleccionar un equipo de trituración o molienda; siempre será necesario definir las características de los productos de partida y finales a fin de diseñar el equipo ideal para determinado proceso

Entre las características de los alimentos de importancia en la Reducción de Tamaño se encuentran:



Dureza y Abrasividad



Sensibilidad térmica



Temperaturas de ablandamiento y fusión (Untuosidad)

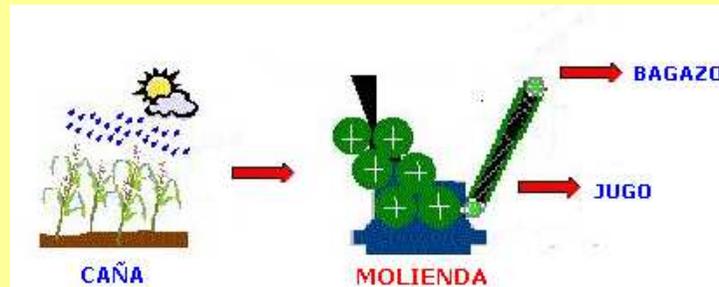


Contenido de humedad

DUREZA Y ABRASIVIDAD DE LOS PRODUCTOS DE PARTIDA

En general, los productos mas duros son mas difíciles de triturar. Se requiere una mayor energía y mayores tiempo de residencia del producto en el equipo

Como las sustancias duras son casi siempre abrasivas, se puede producir un desgaste pronunciado de las superficies de trabajo. Tales superficies deben ser de materiales duros (más duros que el material que se está triturando, por ej: acero al manganeso), resistentes al desgaste y tener una construcción robusta para soportar el esfuerzo mecánico desarrollado



Para la trituración gruesa de materiales blandos no se necesita una maquina tan robusta o compleja como las utilizadas para la trituración de materiales duros.

SENSIBILIDAD TÉRMICA Y TEMPERATURAS DE ABLANDAMIENTO Y FUSIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS



La fricción producida por la acción de un molino y la elongación que sufren las partículas más allá de su permisible elástico producen una considerable elevación de la temperatura de los productos procesados que puede originar pérdida de calidad o degradación de los mismos.

Adicionalmente, si el calor generado provoca que se llegue a la temperatura de fusión del producto ocasionando untuosidad, puede embotarse el molino y por ende reducir la eficacia del proceso.



Para evitar que ocurran los casos señalados, se puede optar por cualquiera de las siguientes alternativas o por una combinación de las mismas:

- Utilización de serpentines refrigerantes**
- Encamisado del equipo con efectos refrigerantes**
- Preenfriar el producto inicial (temperatura cercana a su congelación)**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES

La humedad del producto determina el tipo de equipo que puede utilizarse

La presencia de agua en un alimento puede facilitar o complicar el proceso de reducción de tamaño.

Durante la molienda de alimentos secos, si éstos poseen un exceso de humedad (aunque sea baja), pueden provocar la aglomeración de las partículas y obstruir el molino disminuyendo tanto la eficiencia del proceso como la capacidad del equipo

Normal

Exceso de humedad

En el otro extremo, los alimentos muy secos generan polvo, lo que puede suponer un riesgo para la salud (por inhalación de los mismos) y además un riesgo de explosión (los materiales muy secos suelen ser inflamables debido a descargas de electricidad estática, contacto con superficies calientes y por combustión espontánea)

Por otra parte, en algunos sistemas de molienda es común la aspersión de agua durante el proceso, por ejemplo en la molienda húmeda del maíz; aquí el agua transporta las partículas sólidas por el molino formándose una masa que fluye fácilmente



MOLIENDA DE CEREALES

Al moler los cereales se eliminan las capas externas del grano y esto mejora la palatabilidad y apariencia del producto de transformación (harina, sémola, etc)



La molienda de cereales puede ser:

	MOLIENDA SECA	MOLIENDA HÚMEDA
Cantidad de agua utilizada	Muy poca	Gran cantidad
Objetivo	Separación de partes anatómicas del grano (endospermo, germen, y pericarpio)	Separación de componentes químicos de los granos de cereales (almidón, proteína, fibra)
Productos Obtenidos	Harina (endospermo que contiene almidón, gluten y algo de fibra)	Almidón, gluten (proteínas) y fibra, por separado, lo más puros posibles

**Equipos
de
Reducción
de Tamaño**

**Alta Capacidad de
Operación**

**Obtención de Tamaños de
Partícula Homogéneos**

**Bajo Consumo de
Energía**

**Capacidad de
Eliminación del Calor**

TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LOS PRODUCTOS

La reducción de tamaño en sólidos convierte partículas grandes en otras más pequeñas que son deseables por su gran superficie o bien por su forma, tamaño y número.



Los requerimientos de tamaño varían para cada tipo de alimento.

Al reducir el tamaño de un alimento, es imposible que el producto resultante tenga en su totalidad un tamaño igual y uniforme.

Se obtiene un producto cuya dimensión no sobrepase una dimensión previamente establecida, pero dicho producto va a tener una gama de tamaños entre dicha dimensión máxima y una infinitamente pequeña

El material fragmentado, cuyo tamaño es ampliamente inferior a la dimensión máxima impuesta se denomina fino o sobremolienda.

En algunos tipos de molinos y cuando la alimentación es muy homogénea, los finos se reducen a un mínimo, pero no se eliminan totalmente

Del análisis granulométrico se obtiene la dimensión media geométrica del producto, antes y después de la reducción de tamaño y a partir de éstas se define la

RELACIÓN DE REDUCCIÓN

RELACIÓN DE REDUCCIÓN

Expresa el grado de ruptura de un material y se calcula como:

$$\text{R.R.} = \frac{\text{Tamaño medio de la carga (X1)}}{\text{Tamaño medio del producto (X2)}}$$

R.R. = Relación de Reducción

La R.R. se utiliza para valorar la eficacia relativa de distintos equipos

Algunos valores típicos de Relación de Reducción son:

8:1  molienda gruesa

100:1  molienda fina

TAMIZADO

(Análisis Granulométrico)

Debido a la amplia gama de tamaños que se pueden dar en esta operación, es importante clasificarlas, para ello se utiliza el término de apertura de malla

La separación de materiales sólidos por su tamaño es importante para la producción de diferentes productos.

Además de lo anterior, se utiliza para el análisis granulométrico de los productos de los molinos para observar la eficiencia de éstos y para control de molienda de diversos productos o materias primas.

El tamiz consiste de una superficie con perforaciones uniformes por donde pasará parte del material y el resto será retenido por él.



SERIE DE TAMICES TYLER

Es una serie de tamices estandarizados usados para la medición del tamaño y distribución de las partículas en un rango muy amplio de tamaño. Las aberturas son cuadradas y se identifican por un número que indica la cantidad de aberturas por pulgada cuadrada.

Tabla de Tamices Estándar Tyler

MALLA	ABERTURA DE TAMIZ (mm)
3	6,680
4	4,699
6	3,327
8	2,362
10	1,651
14	1,168
20	0,833
28	0,589
35	0,417
48	0,295
65	0,208
100	0,147
150	0,104
200	0,074



Distribución del tamaño de partículas:

Se define como el porcentaje relativo en masa de cada una de las distintas fracciones de tamaños representados en la muestra.

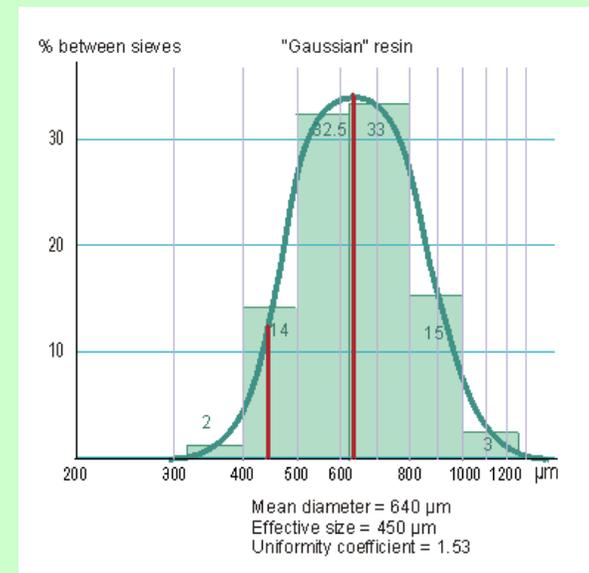
Se determina mediante un análisis de tamaños, utilizando tamices de prueba.



Malla No.	Abertura(mm)	Masa Retenida(g)	% Retenido	% Pasa
1 1/2	37.500	90.80	7.54	92.46
1/2	12.500	404.40	31.49	60.97
4	4.750	389.30	28.78	32.21
10	2.000	226.80	17.66	14.55
20	0.850	93.70	7.30	7.26
40	0.425	45.00	3.50	3.75
80	0.250	21.60	1.68	2.07
80	0.180	8.90	0.69	1.38
140	0.106	5.00	0.40	0.98
200	0.075	4.40	0.34	0.64
Fondo		8.20	0.64	0.00
Total		1284.18	100.00	

Error %	1.28
% Gravas	67.78
% Aceras	31.58
% Finos	0.64

Abertura ø	Tamiz #	Peso retenido parcial (gr)	Peso retenido o corregido (gr)	Peso retenido o acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Pasa
4,75	#4	0	0	0	0	100
2	#10	0,625	0,625	0,625	0,137	99,87
0,42	#40	29,39	29,39	30,015	6,61	93,39
0,11	#100	33,21	33,21	63,215	13,93	86,07
0,074	#200	5,9	5,9	69,115	15,23	84,77
	FONDO	7,16	384,52	453,65	100	0
	Total	76,285	453,65			



Para que el tamizado se efectúe adecuadamente, generalmente se utilizan fuerzas giratorias o vibratorias con el fin de permitir que el material más fino traspase el tamiz.

Tamices Giratorios

Tamices Vibratorios

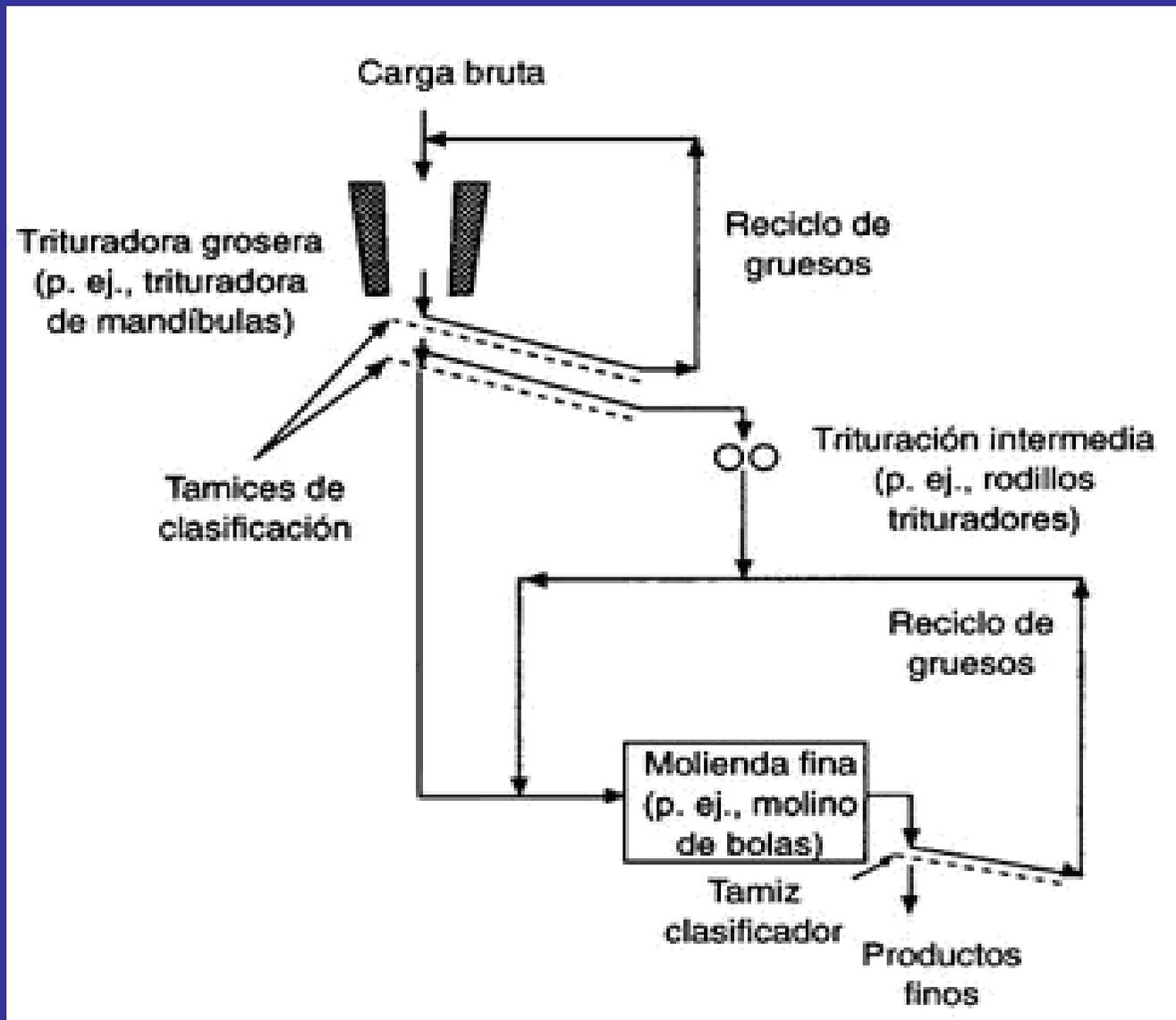
EQUIPO UTILIZADO PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO

EQUIPO	Tipo de Producto					Tamaño de Partícula			
	Blando, Quebradizo Cristalino	Duro, Abrasivo	Elástico, Cortable	Fibroso	Graso	Gruesos 150-250 mm	Medios 6-150 mm	Finos 2-10 mm	Ultrafinos 1-50 µm
Rebanadoras			✓	✓	✓	✓			
Ralladoras				✓	✓	✓	✓		
Despulpadoras				✓				✓	✓
Molino de Martillos	✓	✓		✓	✓		✓	✓	
Molino de Bolas		✓							✓
Molino de Discos	✓							✓	✓
Molino de Rodillos	✓			✓	✓			✓	✓

REDUCCIÓN DE TAMAÑO EN VARIOS PASOS

Una operación de reducción de tamaño puede subdividirse en varias etapas o pasos de separación, lo cual depende del flujo de alimentación y del tamaño de partícula deseada en el producto final

Cuando se requiere reducir un sólido a polvo fino, generalmente se requieren varios pasos o etapas, cada una con un tipo de molino diferente y se irá generando un tamaño determinado de partículas en cada paso



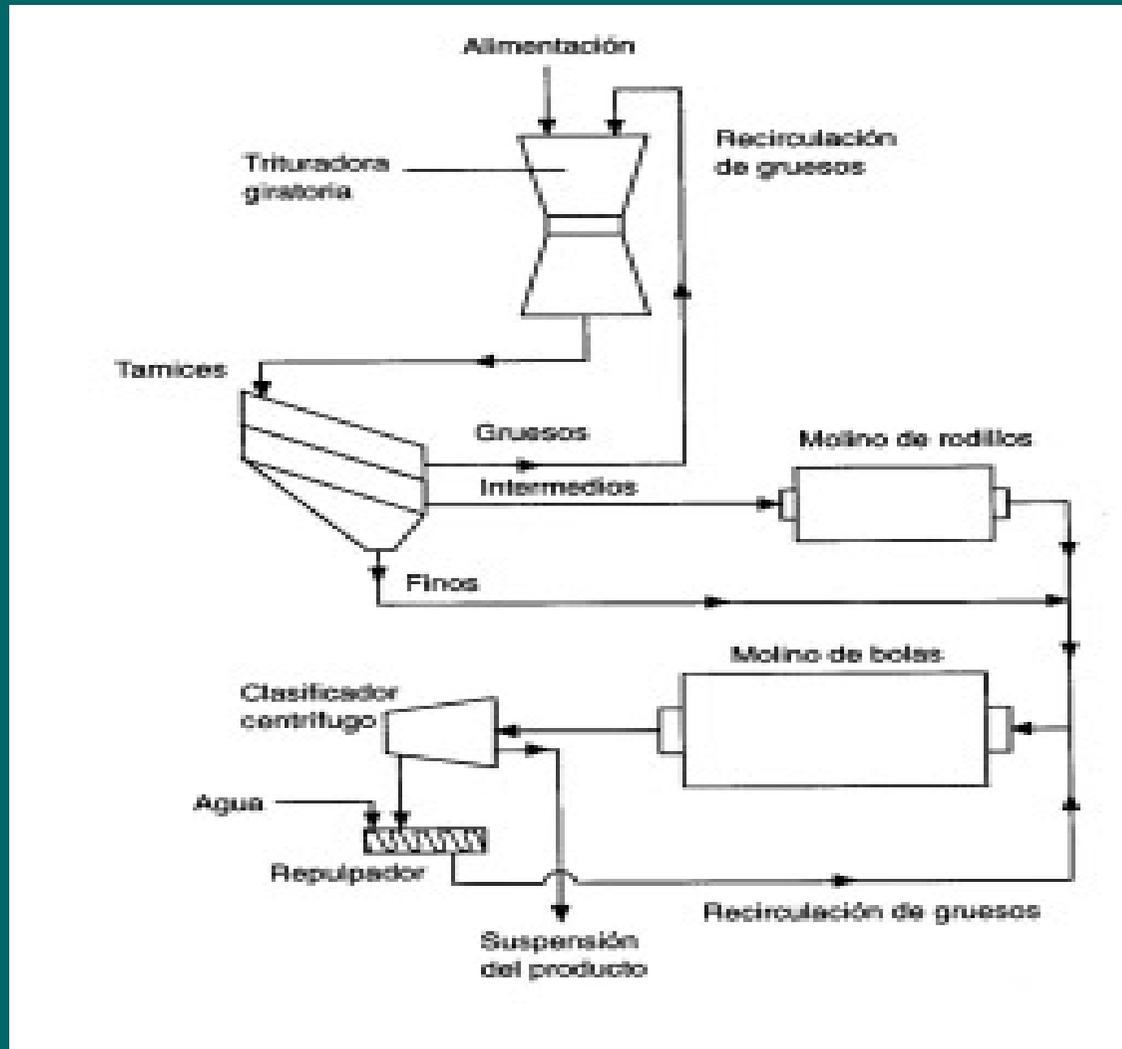
Se usan molinos de varios rodillos, en donde el primer par aplasta el grano buscando mantener intacta la cáscara, que luego pasa a través de una banda vibratoria en donde se separa la mayor cantidad de cáscara del grano

Diagrama de flujo típico de la Reducción de Tamaño de granos

Molienda Seca

Diagrama de flujo de la Reducción de Tamaño de granos

Molienda Húmeda



En la molienda húmeda, algunas veces el producto es húmedo desde la partida y en otras se humedece en una etapa específica del proceso

En este caso, el molino de bolas trabaja en húmedo, es decir que se bombea agua a través del molino lleno de sólido para arrastrar el flujo del producto al clasificador centrífugo

En la molienda húmeda se presenta un alto consumo de potencia y gran desgaste del equipo; sin embargo, es de gran utilidad para lograr partículas ultrafinas.

EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES LOS ALIMENTOS

La reducción del tamaño de los alimentos altera sus características sensoriales

Ventajas:

- Mejora la textura, aspecto y palatabilidad del producto

Inconvenientes:

- Rotura de tejidos y células, por lo que el alimento está más expuesto a la acción enzimática, microbiana y a las oxidaciones (mayor contacto entre enzimas y sustratos o reactantes) que provoca alteración de color, aroma y sabor**
- Aumento de la temperatura del producto, que ocasiona pérdida de volátiles y favorece el crecimiento microbiano y las reacciones químicas y bioquímicas**
- Alteraciones indeseables en la textura debido a la reducción física de tamaño y la liberación de enzimas hidrolíticas**

EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS

El incremento en la superficie de los alimentos puede provocar algunas pérdidas en el valor nutricional producidas por la oxidación de ácidos grasos y vitaminas liposolubles (A, D y E), así como pérdidas de vitamina C y tiamina en frutas y verduras durante su corte y despulpado

Las pérdidas durante el almacenamiento dependen de la temperatura, humedad y nivel de oxígeno existente en la atmósfera

EFFECTO DE LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO SOBRE LA CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos secos (granos, nueces, etc) poseen una a_w suficientemente baja para proteger al alimento del crecimiento microbiano, tanto antes como después de la reducción de tamaño.

Los alimentos húmedos (carne, queso, frutas, hortalizas) en cambio, deben someterse a operaciones de conservación (refrigeración, congelación, tratamiento térmico) para evitar su rápido deterioro debido a la desintegración de sus tejidos.