

CAPÍTULO 2

MOLINOS PARA GRANOS SECOS

2.1 GENERALIDADES

En vista que en la industria alimenticia necesitamos con frecuencia transformar alimentos sólidos en partículas, se han ingeniado procesos que efectúan estas acciones por medio de aplicaciones de diferentes tipos de fuerzas y mecanismos.

Para hacer esta transformación tenemos que los molinos para granos secos son muy útiles para realizar la reducción de tamaño ya que un tamaño específico puede ser un requerimiento del producto, por ejemplo para la venta de pimienta molida, harina de maíz, en fin tantos productos que para satisfacer las necesidades del consumidor necesitan dicho procesamiento.

Además el reducir el tamaño también nos sirve para optimizar tiempo de otras operaciones como lo es el secado de sólidos húmedos y por ende mejorar la producción.

En fin los molinos de granos secos son parte fundamental en la reducción de tamaño y en varios procesos que ayuden a dar un producto terminado teniendo en cuenta que estos también podrían dar un producto terminado.

2.2 TIPOS DE FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Se distinguen, en general, tres tipos de fuerzas. En todo tipo de operación de trituración están, en general, presentes más de uno de tales tipos.

Los tipos de fuerzas que predominan en algunas trituradoras de uso frecuente en la industria de los alimentos se resumen a continuación.

Tabla 2. 1 Naturaleza de las fuerzas¹

<i>Fuerza</i>	Principio	<i>Aparato</i>
Compresión	Compresión (cascanueces)	Rodillos trituradores
Impacto	Impacto (martillo)	Molino de martillos
Cizalla	Frotamiento (piedra de molino)	Molino de discos

Es necesario hablar de las fuerzas que van a actuar por ejemplo en la fuerza de compresión se la va a utilizar para una ruptura grosera de productos duros, las fuerzas de impacto se las considera para uso general ya que podemos tener productos de molienda fina, media y gruesa y sirve para gran variedad de productos, las fuerzas de frotamiento se las utiliza para trituración de sustancias blandas no abrasivas en los tamaños mas pequeños por ejemplo, en la molienda fina.

2.3 PROCESO DE REDUCCIÓN DE GRANO

Para el proceso de reducción de tamaño es necesario tener en cuenta el tipo de producto deseado, y el tamaño requerido, ya que de eso dependerá el número de pasadas y el número de tamices a utilizar.

En la figura 2.1 se indica un diagrama como ejemplo de cómo se realizaría una reducción de tamaño tomando el caso de la pimienta.

¹ J. G. Brennan, Operaciones de la Ingeniería de Alimentos, 2ª. ed., Acibia, pág. 46.

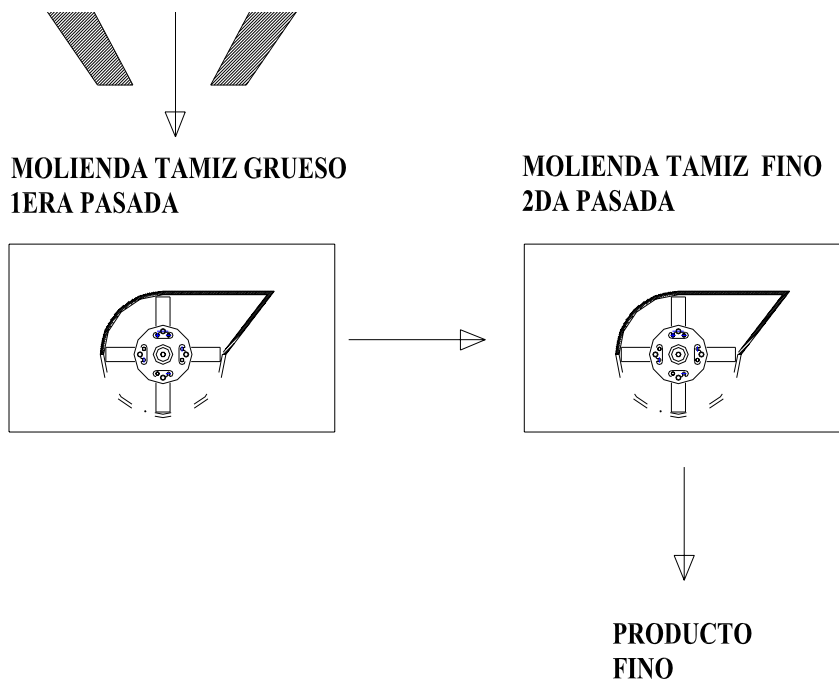


Figura 2. 1: Diagrama de flujo de reducción de tamaño de la pimienta

2.4 RELACIÓN DE REDUCCIÓN

La relación:

$$\frac{\text{Tamaño medio de la carga}}{\text{Tamaño medio del producto}} \quad (2-1)$$

Se conoce por relación de reducción y se utiliza para predecir la conducta más probable de un aparato. Las trituradoras groseras tienen relaciones de reducción de tamaño menores que 8 : 1 mientras que en la molienda fina se puede lograr relaciones de 100 : 1. Ello depende en gran manera del aparato particular y el producto de partida del que se trate. Los valores del tamaño medio de la carga y el producto resultante dependen del método de medida.

Corrientemente se utiliza el diámetro aritmético medio real obtenido por análisis de tamices con muestras de las corrientes de alimentación y salida.²

2.5 CARACTERÍSTICAS QUE REGULAN LA SELECCIÓN DE LOS ALIMENTOS

Es muy importante conocer que producto es el que va a ser reducido de tamaño ya que de aquello dependerá la selección de aparatos posibles y que tipo de producto terminado podríamos tener.

Además debemos tener muy en cuenta que es muy importante que el proceso de reducción de tamaño a realizarle a dicho producto tenga que ser de un costo mínimo, teniendo en cuenta la operación, mantenimiento y los resultados a darse, de manera que sea rentable y accesible para el consumidor.

2.5.1 DUREZA DE LOS ALIMENTOS

Es importante conocer que tipo de dureza tiene el producto inicial ya que de ello dependerá el tipo de maquina de molienda a utilizar, es decir que si tenemos productos duros va hacer mucho mas difícil de moler y se va a necesitar mas energía y dureza del material que va a hacer el trabajo de molienda, ya que como las sustancias duras son casi siempre abrasivas se puede producir un desgaste pronunciado de las superficies de trabajo.

² G. G. Brown, Unit Operations, John Wiley and Sons.

2.5.2 ESTRUCTURA MECÁNICA DE LOS PRODUCTOS DE PARTIDA

El saber que tipo de estructura mecánica tiene el producto a moler no puede indicar que clase de fuerza podemos utilizar y si esta lograra el objetivo que es realizar la reducción de tamaño. Si los productos son frágiles o poseen estructura cristalina, la fractura puede ocurrir a lo largo de los planos de unión, siendo las partículas mayores las que se romperán fácilmente. En tales casos se utiliza la trituración con fuerzas de compresión.

Si hay pocos planos de unión y se han de crear nuevos puntos de partida de grietas es posible que sean mejores las fuerzas de impacto y cizalla. Muchos productos alimenticios tienen una estructura fibrosa, por lo que es necesario desgarrarlas o cortarlas.

2.5.3 HUMEDAD

La presencia de agua puede facilitar o complicar el proceso de molienda. Para la mayoría de sustancias un contenido en humedad mayor de 2% o 3% puede producir taponamiento del tamiz del molino. La capacidad de producción y la eficiencia de los molinos puede resultar afectadas. En presencia de humedad puede tener lugar también una aglomeración de los productos, que es indeseable si lo que se requiere es un producto alimenticio pulverulento fino que fluya libremente. La formación del polvo que tiene lugar en la molienda en seco de muchos sólidos puede ser también causa de dificultades.

Para evitar enfermedades y obtener un buen rendimiento del suelo es necesario un cuidado minucioso y constante, además de las aplicaciones con fungicidas en la base de la planta como medida de combate, se recomienda también la ejecución de prácticas como:

- Promover un buen drenaje a la plantación,
- Dejar una cobertura en las entrecalles que favorecen la infiltración del agua y no permiten la escorrentía,

La presencia de pequeñas cantidades de agua han resultado útil en la supresión de polvo, y en aquellas aplicaciones en las que pueden aceptar el agua, es frecuente el uso de aspersores de agua para reducir la formación de polvo.

En ciertas aplicaciones se introducen al sistema de molienda grandes cantidades de agua. El agua transporta las partículas sólidas por la zona de acción en forma de una papilla que fluye libremente.

2.5.4 SENSIBILIDAD A LA TEMPERATURA DE LAS MATERIAS DE PARTIDA

En la zona de acción de un molino tiene lugar fricción entre las partículas. Las partículas pueden también resultar elongadas más allá de su límite elástico sin que tenga lugar a fractura, y al cesar de actuar el esfuerzo aplicado se desprende en forma de calor la energía de deformación absorbida. El calor proveniente de estas dos fuentes puede conducir a una elevación considerable de temperatura de los productos procesados, y además, producir la degradación de los mismos. Puede por ello, ser necesario tener medios de refrigeración (camisas, serpentines, etc.) alrededor de la zona de acción si se están manipulando sustancias sensibles al calor.

2.6 TIPOS DE MOLINOS

Como se menciono anteriormente el equipo de molienda se basan en los siguientes principios:

1. Frotamiento
2. Compresión
3. Impacto

Estos principios han sido desarrollados para ejercer varios tipos de molienda ya sea fina, media o gruesa.

Los molinos mas utilizados en la industria para moler alimentos son los siguientes:

- a) Molino de martillos
- b) Molinos de discos de frotamiento
- c) Molinos gravitatorios

2.6.1 MOLINO DE MARTILLOS

Este tipo de molino es muy utilizado en la industria de los alimentos, sirven para pulverizar y desintegrar, funcionan a altas velocidades (Fig. 2.2). El eje del rotor puede ser vertical u horizontal, aunque predomina esta última modalidad. El eje sostiene a los martillos, llamados a veces agitadores, y pueden ser elementos en forma de T, de estribo, barras o anillos fijos o pivotados al eje o a los discos fijos que van sobre el eje. El rotor funciona dentro de un recipiente que contiene placas o revestimiento de molienda. El espacio abierto que se conserva entre los revestimientos y el rotor es

importante en cuanto a la finura del producto. En general, se tiene una pantalla o rejilla cilíndrica que encierra todo o parte del rotor. La finura del producto se regula cambiando la velocidad del rotor, la velocidad de alimentación o la abertura entre los martillos y la placa de molienda, así como cambiando la cantidad y el tipo de martillos utilizados y el tamaño de las aberturas de descarga.

El proceso de molienda se basa en que el material destinado a ser molido se alimenta directamente en la cámara en la cual están girando los martillos. Estos martillos golpean al material con tal violencia, que lo revientan materialmente. El material choca contra la envuelta del molino hasta que es triturado con la suficiente finura para poder pasar a través de los orificios de dicha envuelta.

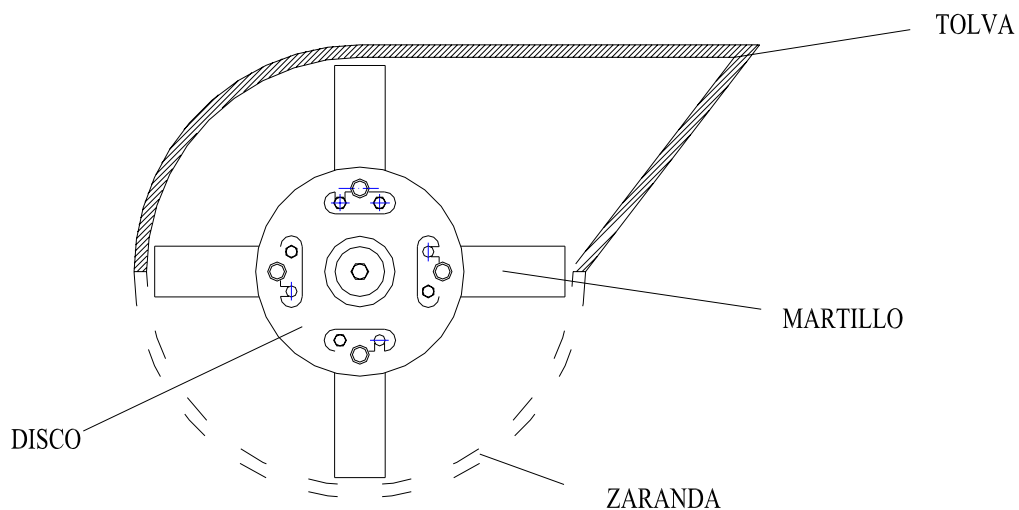


Figura 2. 2: Molino de martillos

2.6.2 MOLINOS DE DISCOS DE FROTAMIENTO³

El molino de discos o fricción es un equivalente moderno de los antiguos molinos de piedra. Las piedras se sustituyen por discos de acero en los que se montan placas de molienda intercambiables ya sea metálicas o abrasivas, que giran a velocidades mucho mayores, permitiendo con ello una gama más amplia de aplicaciones. Estas máquinas tienen un lugar especial en la molienda de materiales orgánicos resistentes, tales como la pulpa de la madera y harina de maíz. La molienda se lleva a cabo entre las placas que pueden operar en el plano vertical u horizontal. En la Fig. 2.3 se indican dos tipos de molinos de discos.

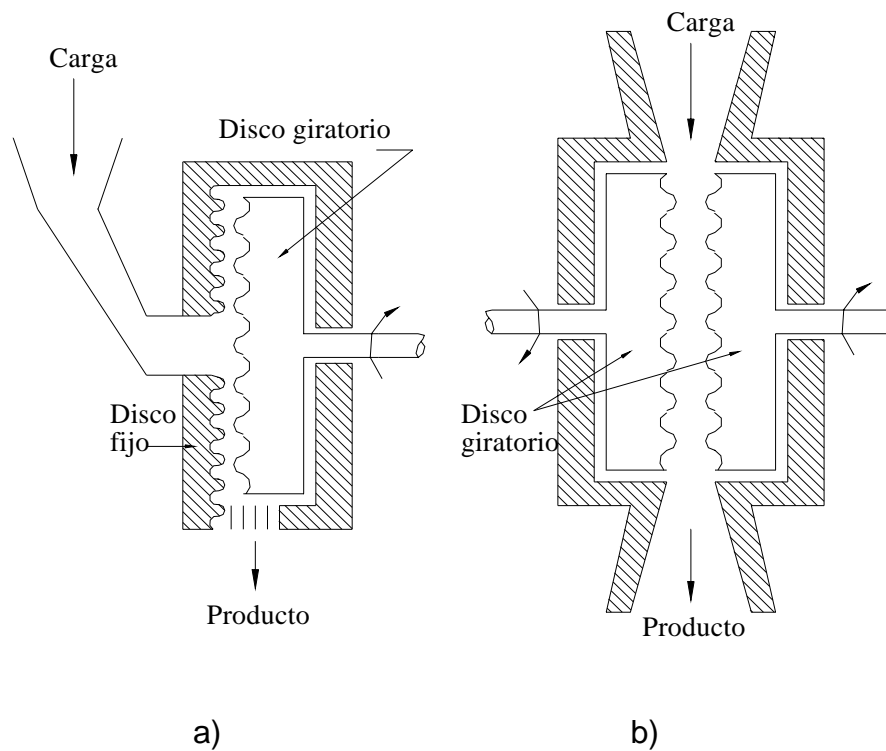
2.6.2.1 Molino de disco único

La materia prima pasa a través de la separación que existe entre un disco fijo, que es parte de la armadura, y un disco estriado que gira a gran velocidad. Como consecuencia de la intensa acción cizallante se produce la trituración de la carga. La separación se puede variar según cuáles sean el tamaño de las materias de partida y las exigencias del producto.

2.6.2.2 Molino de doble disco

En esta modificación la armadura contiene dos discos que giran en dirección opuesta proporcionando un grado mayor de cizallamiento que el que se puede conseguir con los molinos de disco único.

³ J. G. Brennan, Operaciones de la Ingeniería de Alimentos, 2ª. ed., Acribia, pág. 52.



**Figura 2. 3: Molinos de discos: a)molino de disco sencillo;
b)molino de disco doble**

2.6.2.3 Molino de piedras

Es una clase muy antigua de molino de frotamiento con disco, utilizado principalmente para la molienda de harina.

Se montan sobre un eje dos piedras circulares. La superior, que corrientemente es fija, tiene una boca de entrada de la carga (Fig. 2.4), la inferior gira. La carga pasa por la separación entre las dos piedras. Los productos, una vez han experimentado la fuerza de cizalla desarrollada entre las dos piedras, se descarga por la arista de la piedra inferior. En las máquinas modernas las piedras naturales están siendo reemplazadas por piedras de acero endurecido.

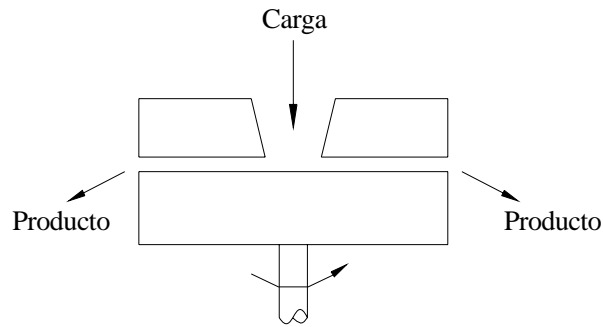


Figura 2. 4: Molino de piedras

2.6.3 MOLINOS GRAVITATORIOS

Esta clase de molinos se utiliza ampliamente en muchas industrias de proceso de los alimentos para producir molienda fina. Existen dos tipos básicos: el de bolas y el de barras.

2.6.3.1 Molino de bolas

En este tipo de molino (Fig. 2.5) se utilizan a la vez fuerzas de cizalla e impacto para la reducción de tamaño. Este aparato está formado por un cilindro giratorio horizontal que se mueve a pequeña velocidad con cierto número de bolas o piedras duras. A medida que gira el cilindro las piedras se elevan por las paredes del cilindro y caen sobre los productos a triturar que está llenando el espacio libre entre las bolas. Las bolas resbalan a su vez entre sí, produciendo el cizallamiento de la materia de partida. Esta combinación de fuerzas de impacto y cizalla produce una reducción de tamaño muy efectiva.

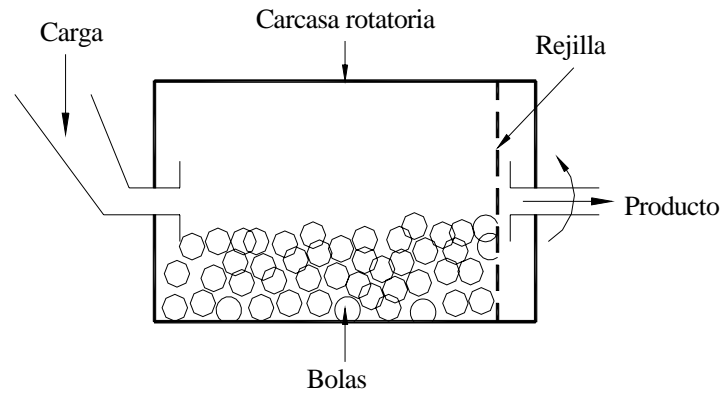


Figura 2. 5: Molino de bolas

2.6.3.2 Molinos de barras

Estos molinos son una variante de los molinos de bolas, ya que en ellos se reemplazan las bolas por barras de acero. Las fuerzas de impacto y fricción juegan todavía su papel, pero el efecto de las de impacto es menos pronunciado. Se recomienda utilizar molinos de barras con sustancias pegajosas con las que las bolas pueden quedar adheridas a la masa de la carga. Las barras tienen la longitud del molino, y como en el caso de las bolas ocupan un 50% del volumen del molino.