

University of Nebraska - Lincoln

DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln

---

INTSORMIL Scientific Publications

International Sorghum and Millet Collaborative  
Research Support Program (INTSORMIL CRSP)

---

1-2012

## **“Manual para la Molienda de Sorgo o Maicillo, Usando Molinos CTI de Discos”**

Kimberly Christiansen  
*INTSORMIL*

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs>



Part of the [Agronomy and Crop Sciences Commons](#), and the [Food Processing Commons](#)

---

Christiansen, Kimberly, “Manual para la Molienda de Sorgo o Maicillo, Usando Molinos CTI de Discos”  
(2012). *INTSORMIL Scientific Publications*. 16.  
<https://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs/16>

This Article is brought to you for free and open access by the International Sorghum and Millet Collaborative Research Support Program (INTSORMIL CRSP) at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in INTSORMIL Scientific Publications by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.



**CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Y  
FORESTAL “ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA  
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**“MANUAL PARA LA  
MOLIENDA DE SORGO O  
MAICILLO, USANDO MOLINOS  
CTI DE DISCOS”**

**ENERO, 2012**



**COMPATIBLE  
TECHNOLOGY  
INTERNATIONAL**

## **INTRODUCCIÓN**

### **IMPORTANCIA EN LA NUTRICIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Los molinos CTI fueron introducidos por la ONG Tecnología compatible internacional en el año 2009, con la ayuda del proyecto CENTA-INTSORMIL/USAID, para facilitar los procesos de molienda de granos en El Salvador, en especial para ser utilizados en la molienda de sorgo o maicillo. Existen ya un aproximado de 12 molinos en el país, los cuales están siendo utilizados por asociaciones de productores de sorgo, cooperativas, asociaciones de mujeres rurales, pequeñas empresas de alimentos y personas particulares, para la elaboración de diversos productos alimenticios, los cuales son usados para la alimentación familiar o para la venta en mercados locales. Estos grupos de productores fueron capacitados según demanda, en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del CENTA en el uso y elaboración de productos a base de sorgo.

El uso de molinos CTI en las áreas rurales está facilitando la producción de alimentos en áreas donde el acceso físico y económico es difícil.

En el contexto de la reducción de la desnutrición, el sorgo o maicillo posee propiedades beneficiosas, porque es un grano muy nutritivo. El maicillo ha sido usado como sustituto de la leche para los niños, o como alimento para fortalecer a personas debilitadas por su alto contenido de hierro y zinc, aparte de otros nutrientes beneficiosos para la salud humana tales como la fibra dietética y el contenido de antioxidantes, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimenticia y nutricional de la población.

### **INTSORMIL, CENTA y TECNOLOGÍA COMPATIBLE INTERNACIONAL (CTI)**

Universidades de los Estados Unidos de América como Nebraska, Kansas State, Ohio, Purdue y Texas A&M forman parte del Programa Cooperativo para la Investigación en sorgo, mijo y otros granos, INTSORMIL. El CENTA con el apoyo del INTSORMIL realiza actividades de investigación y transferencia de tecnología del cultivo de sorgo, tales como mejoramiento genético, agronomía, procesamiento, aspectos nutricionales y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Además ha investigado y desarrollado variedades de maicillo mejorados, como el RCV, el Soberano con excelente calidad molinera para la obtención de harina.

La fundación sin fines de lucro “COMPATIBLE TECHNOLOGY INTERNATIONAL”, de Minnesota Estados Unidos, trabaja en diseñar y proponer tecnología apropiada, es decir tecnología básica que ayuda a mejorar la calidad de vida en las áreas rurales de los países en desarrollo. Los molinos CTI son diseñados para procesar granos en pequeña escala, a bajo costo. El presente manual es el resultado de las actividades de transferencia que se están realizando por el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del CENTA para facilitar el encadenamiento productivo y el valor agregado de productos en las comunidades, para contribuir al desarrollo local.

## 1. CALIDAD DE GRANO

### 1.1. Características del grano de sorgo para la molienda (calidad molinera).

El maicillo ha sido cultivado por muchos años en países como India y China y en muchos otros de África. No se sabe cuándo se introdujo la planta por primera vez en América. Las primeras semillas probablemente se llevaron al hemisferio Occidental en barcos de esclavos procedentes de África. La planta aprovecha muy bien las condiciones de países tropicales como luz fuerte y una limitada disponibilidad de agua y fertilizantes. Por eso muchas veces es sembrado como un cultivo “en asocio o en relevo”, o sea que se siembra dentro o después del cultivo principal, porque puede extraer los fertilizantes que no aprovechó el cultivo principal. Por la misma razón, muchas veces el maicillo recibe poca atención; no se le da el manejo agronómico adecuado y es mal pagado al final, a pesar del gran valor nutritivo que ofrece. La tabla 1 muestra el contenido nutricional del maicillo comparado con el de otros cereales.

**Tabla 1. Cuadro comparativo del contenido nutricional de 4 diferentes cereales.**

Alimento	Proteína (g)	Grasa (g)	Ceniza (g)	Fibra cruda (g)	Carb (g)	Energía (kcal)	Ca (mg)	Fe (mg)	Niacina (mg)
<b>ARROZ (integral)</b>	7.9	2.7	1.3	1.0	76.0	362	33	1.8	4.3
<b>TRIGO</b>	11.6	2.0	1.6	2.0	71.0	348	30	3.5	5.1
<b>MAÍZ</b>	9.2	4.6	1.2	2.8	73.0	358	26	2.7	3.6
<b>MAICILLO</b>	<b>10.4</b>	<b>3.1</b>	<b>1.6</b>	<b>2.0</b>	<b>70.7</b>	<b>329</b>	<b>25</b>	<b>5.4</b>	<b>4.3</b>

Fuente: 1982. USDA/HNIS. 1984.

En general el grano se compone de tres partes: la cáscara, el germen y el endospermo que es la parte interna del grano, lo cual se muestra en la Figura 1.



**Figura 1. Estructura del grano de sorgo mostrando endospermo**

**Tabla 2. Composición química de cada parte estructural del grano**

Parte	% del grano	proteína	ceniza	aceite	carbohidratos
Grano completo	100	12.3	1.67	3.6	73.8
Endospermo	82.3	12.3	0.37	0.6	82.5
Germen	9.8	18.9	10.4	28.1	13.4
Cáscara	7.9	6.7	2.0	4.9	34.6

Fuente: Hubbard. Hall and Earle. 1990

Cuando se muelen el grano entero se obtiene harina integral, con una composición similar a la del grano entero. La harina integral es la más rica en fibra, grasa y minerales, sin embargo es la más oscura y la fibra limita el crecimiento de los productos cuando se usa en panadería. Por esa razón la mayoría del pan se hace con harinas refinadas, que se obtienen apartando el germen y cáscara en el proceso de molienda. Para obtener harina con tamaños de partículas más finas es necesario utilizar procesos de molienda más complicados y técnicas de separación como cernidores. El color del grano también afecta el color de la harina. Para producir harina blanca hay que utilizar los maicillos de cáscara blanca o crema.

Además de las partes ya descritas, existe la gluma, la cual va adherida al grano y puede ser de color púrpura, rojo o dorada, según la variedad de grano de sorgo. La mayoría de ellas se eliminan al desgranar, pero normalmente algunas quedan pegadas al grano y si son oscuras pueden afectar el color de la harina. Si la gluma es de color amarillo no oscurece la harina, esto puede observarse en la Figura 2.



**Figura 2. Testa pigmentada y color de gluma en variedades de sorgo.**

La testa es una capa pigmentada que presentan algunas variedades del grano. La presencia de la testa pigmentada en los sorgos significa presencia de taninos condensados, los taninos reducen la eficiencia de alimentación en el ganado hasta en un 5%. Los taninos cuando no son condensados, pueden funcionar también como poderosos antioxidantes, compuestos beneficiosos para la salud, principalmente para evitar el envejecimiento celular en las personas adultas. Las principales características del grano de sorgo para la molienda en harina, se encuentran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Características deseables del grano de sorgo para la producción de harina**

<b>Característica</b>	<b>Preferido para harina</b>
<b>Color de gluma</b>	Claro
<b>Color de cáscara</b>	Blanco
<b>Tamaño de grano</b>	Grande
<b>Presencia de testa</b>	Ausente, al menos que se desean antioxidantes
<b>Dureza del grano</b>	Suave o intermedio para molinos pequeños, duro cuando se hace descascarado previo
<b>Grosor de la cáscara</b>	Delgado

Fuente: Laboratorio de Alimentos, 2009

Es difícil encontrar todas las características deseadas en una variedad. Los agricultores toman más en cuenta las características agronómicas de la variedad, como rendimiento y resistencia a enfermedades, cuando realizan una selección. En la práctica se compra el mejor grano aceptable que se encuentre, y se ajusta el proceso de molienda a las características del grano para producir la mejor harina posible con el maicillo disponible en el mercado.

## **2. MOLIENDA DEL GRANO DE SORGO**

### **2.1. Operaciones previas a la molienda del grano.**

#### **2.1.1. Limpieza de grano**

El maicillo puede ser procesado o almacenado sin limpieza previa cuando es desgranado en máquinas desgranadoras o con soplador. Sin embargo cuando el maicillo se aporrea en el suelo sin carpeta, puede contaminarse con piedras, terrones, partes de tallo, polvo y otros materiales no permisibles.

Existen equipos para la limpieza de granos, los cuales normalmente consisten de una zaranda que detiene basura grande y deja pasar el grano, y una segunda zaranda de agujero más fino que deja caer arena, polvo e insectos pequeños. También se utiliza aire o se avienta el grano para eliminar polvo y basura. Si no se cuenta con equipos para la limpieza del grano, esta puede realizarse manualmente o el grano puede lavarse con agua potable. Para elaborar harina es preferible no comprar grano que ha sido contaminado y en el caso que no hay otra opción, el grano debe ser limpiado cuidadosamente con zarandas, aire y en última opción con agua, antes de poder molerlo.



### 2.1.2. Lavado del grano

El lavado en agua del grano se puede hacer de manera casera en guacales. La basura y los granitos huecos flotan en el agua, la cual debe ser decantada. Muchas veces hay que repetir el lavado hasta que el agua salga limpia. Después del lavado el grano tiene que secarse para reducir la humedad rápidamente, sino los hongos atacarán el grano o arruinarán la harina por alto nivel de humedad. Ver Figura 3.



**Figura 3. Procedimiento de lavado y secado artesanal del grano de maicillo**

### 2.1.3. Almacenamiento de grano

Para asegurar la disponibilidad de materia prima cuando solo es una cosecha al año, el grano se almacena en graneros o silos hasta el momento de su consumo.

Para conservar la calidad lo mejor posible, el grano tiene que estar limpio y seco (debajo de 12 %), y los graneros deben quedar sellados herméticamente. Antes de sellar el granero se agregan pastillas de fosforo de aluminio (fotoxin) u otro insecticida, se sella y se deja en fumigación por tres días si es con fosforo. El maicillo es muy susceptible al ataque de insectos que normalmente vienen con el grano, por lo que la fumigación debe ser efectiva. Al detectar insectos vivos en alguna inspección, debe volver a aplicar otra fumigación.

### 2.1.4. Técnicas de molienda

La molienda de granos es conocida desde las antigüedad, solo los equipos han cambiado con el avance de la tecnología, según el volumen a moler y según las exigencias del consumidor. En general existen dos tipos de molienda de granos: la de trituración y la de impacto. Los ejemplos más conocidos son el molino de piedras o discos, el molino de martillos, respectivamente. La figura 4 ilustra ambos métodos.



**Figura 4. Principio de triturado con molino de martillo y molino de discos.**

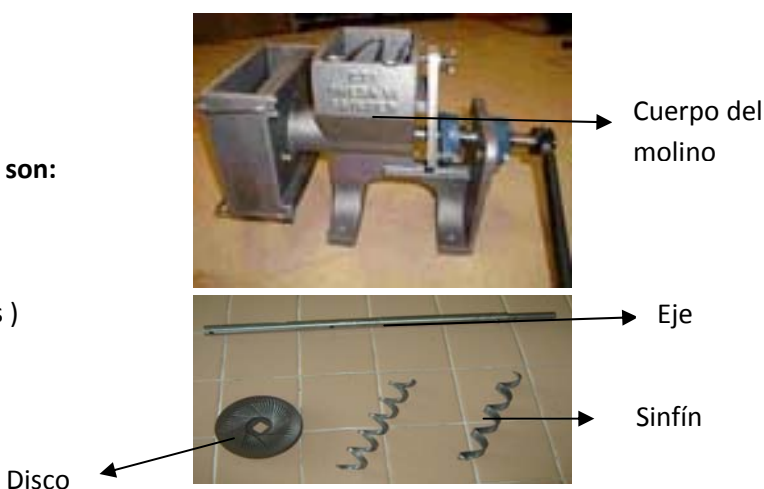
### 3. EQUIPOS PARA MOLIENDA.

#### 3.1. Componentes del molino CTI y diferentes modelos

Los molinos de discos de Tecnología Compatible Internacional (CTI) son diseñados principalmente para moler granos en harina. Su diseño es sencillo para que las personas interesadas puedan fabricarlos con materiales comunes. Lo más importante del molino son los discos, hechos de un acero bien duro, tanto que los discos no se desgastan y que no hay necesidad de afilarlos. Sin maltrato duran varios años y después se cambian por nuevos. Tienen 64 canales en el centro y 160 canales en la orilla del disco. Los molinos pueden ser accionados con fuerza humana, a mano con una manivela, con las piernas al acoplarlo a una bicicleta estacionaria. También puede adaptarse un motor eléctrico. Si se puede se pone un motor eléctrico, desde  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{2}$  HP. Para eso se adaptan un par de poleas y una faja, a modo que el molino gira a aprox. 300 rpm para  $\frac{1}{2}$  hp hasta 500 rpm para  $1\frac{1}{2}$  HP.

**Las partes que vienen con un molino CTI son:**

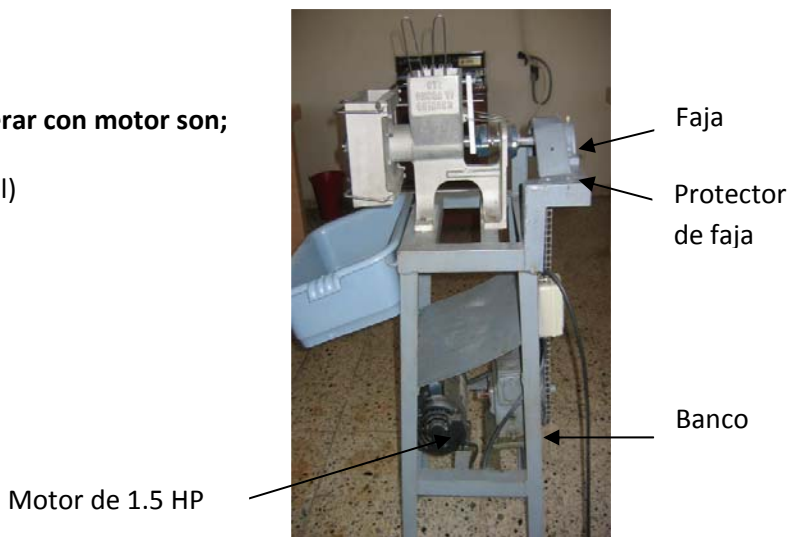
- El cuerpo del molino, con chumaceras
- El eje
- Dos sinfines ( gusanos o alimentadores )
- Un par de discos
- Dos pares de guachas ( arandelas )
- Tapadera de plástico transparente
- Manivela



**Figura 5. Molino tipo Omega VI**

**Las partes que hay que agregarle para operar con motor son;**

- Banco (puede ser de madera o de metal)
- Poleas
- Faja
- Protectores de faja
- Switch, extensión y toma
- Embudo o manga de salida
- Motor de 1.5 HP



**Figura 6. Partes del molino para ajustar el motor**



### 3.2. Tipos de molinos CTI

Los tipos de molino disponibles son:

- El molino Omega VI (construido en aluminio colado)
- El molino Ewing (construido en lámina de hierro soldada)
- El modelo en madera

A excepción del cuerpo las partes son comunes en los 3 modelos de molino de CTI.



Figura 7. Modelo Ewing (izquierda) y Modelo de Madera (derecha).

### 3.3. Molino tipo híbrido para molienda húmeda y seca.

El molino nixtamal pequeño fabricado en El Salvador puede trabajar ajustándole los discos fabricados por CTI haciendo unas adaptaciones al eje y a los discos. El molino nixtamal se puede utilizar para molienda húmeda con discos afilables y para harinas con los discos no afilables de CTI. El cambio se hace en un par de minutos y no requiere herramientas más que las llaves que se utilizan para apretar los discos. Juntos con los discos se recomienda conseguir la tolva especial para harinas, para evitar tener que alimentar el molino a mano. La tolva tiene una compuerta que reduce el paso de producto para evitar que se sobrealimente el molino y se atasquen los discos. También lleva unos retenedores que evitan que la harina se compacte en el cono y deje de caer. La figura 8 ilustra la adaptación del eje para el cambio de discos.



Figura 8. Molino Híbrido (Izquierda) Eje y aro ajustados para adaptar discos CTI (centro y derecha)

### **3.4. Utensilios para facilitar las operaciones en molinos CTI**

Además del molino se utilizan algunas herramientas que ayudan a operarlo sin mucho trabajo del operario. Lo ideal es que el molino podría trabajar solo, y que el operario solo tenga que llenar la tolva y ver o escuchar que el molino trabaje bien, sin tener que echar o remover producto continuamente. Para lograr eso se utilizan algunas piezas que ayudan a regular el flujo de material hacia los discos, para que les llegue un flujo adecuado; ni mucho para que no se atore, ni que llegue muy poco o nada para evitar la fricción entre metal y el calentamiento provoque el desgaste de los discos.

Las tolvas, alimentadores o sinfines y los cernidores ayudan grandemente a obtener una harina con el tamaño de partícula adecuado y de buena calidad. Los alimentadores hacen caer un flujo controlado de producto al molino, para que este logre molerlos sin problemas. Al entrar demasiado producto al molino, el producto saldrá con un tamaño de partícula muy grande y se puede atorar el molino. Al entrar poco o ningún producto los discos rozan entre sí y recalientan y se desgastan. Los cernidores separan harina fina de la gruesa o apartan la cascarilla, y permiten obtener harina más blanca, más fina y con menos fibra. Normalmente consisten de zarandas y un motor u otro equipo que hacen mover la harina sobre la zaranda. Regularmente un mesh No 60 u 80 se usa para obtener tras el cernido harina de tamaño de partícula muy pequeño. Alguno de los utensilios mencionados y algunas características a considerar en la compra de un molino CTI se muestran en la tabla 5 y Tabla 6.




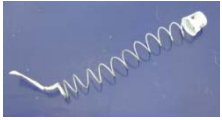










### **3.5. Costos de fabricación del molino CTI**

Los costos de fabricación de los molinos CTI se encuentran en la tabla 7. Estos costos están actualizados para el año 2011. Es posible que los costos puedan variar cambien dependiendo del tipo de materiales y de costos de importación. Todas las piezas pueden ser fabricadas con materiales locales, excluyendo los discos, los cuales están hechos de un acero especial que no requiere afilado, por lo tanto, es necesaria su importación desde los Estados Unidos

## **4. HARINA INTEGRAL Y CERNIDA**

Las expectativas de las personas que utilizan harina de sorgo pueden variar dependiendo del uso y los objetivos del consumidor. Si es para sustituir la harina de trigo, que es lo más común, el cliente esperará harina blanca, fina y sin mucha fibra. Si el objetivo es la elaboración de productos de grano entero que mejoren la salud del consumidor, se espera que la harina contenga un alto contenido de antioxidantes, fibra y minerales, de los cuales el sorgo es una excelente fuente.

**Tabla 4. Utensilios utilizados para operar el molino CTI**

Nombre	Ilustración del utensilio	Función
Brocha de pintar y otra de pelo duro Manguerita	 	Limpieza, o para vaciar la tolva al final. La de pelo duro para limpiar discos
Palo de madera o de alambre	 	Para empujar material fino en la tolva
Alimentador o sinfín tipo grueso y delgado		El sinfín grueso ayuda al paso de granos grandes como maíz, café etc. y el delgado ayuda a los granos pequeños como el maicillo y e mijo a pasar hacia los discos.
Taza, guacal pequeño		Para echar producto a mano
Plaquita de metal	  	Reducir la entrada de material al sinfín
Tolva	 	Almacenar producto para moler
Embudo de salida		Guiar el producto molido a un depósito o una bolsa de recepción.
Amperímetro		Verificar la carga del motor. El amperaje aumenta con la carga, y no debe pasar su máximo.
Zaranda		Separar partículas gruesas

Fuente: Laboratorio de Tecnología de Alimentos

**Tabla 5. Características a considerar en la compra o instalación de un equipo de molienda.**

<b>Capacidad</b>	<b>kg por hora o qq por hora, de grano normalmente</b>
<b>Mano de obra que requiere</b>	cuantas máquinas por persona, o personas por máquina
<b>Facilidad de uso</b>	Nivel de experiencia del operador requerido
<b>Consumo de energía</b>	En kW y en kWh/qq
<b>Rendimiento</b>	% de harina obtenido de la cantidad de grano
<b>Facilidad de limpieza</b>	Tiempo, equipos requeridos
<b>Facilidad de mantenimiento</b>	Facilidad de desmontar, piezas des gastables, etc.
<b>Seguridad industrial</b>	riesgos de accidentes, ruido, vibraciones
<b>Costo de inversión</b>	Valor total del equipo y otros
<b>Costo de uso</b>	Costo por qq de grano o qq de harina
<b>Duración</b>	Años
<b>Tiempo de retorno de la inversión</b>	Años

**Tabla 6. Costos de fabricación del molino CTI**

	<b>Omega VI</b>	<b>Ewing</b>
<b>Discos</b>	\$60	\$60
<b>Cuerpo</b>	\$350	\$200
<b>Eje y sinfin</b>	\$90	\$90
<b>Motor típico</b>	\$150	\$150
<b>Banco</b>	\$200	\$200

Fuente, CTI, 2010

#### **4.1. MOLIENDA**

Al moler el maicillo entero sin eliminar nada durante la molienda, se obtiene una harina “integral” o sea que tiene casi todos los nutrientes tal como se encuentran en el grano original. Esa harina es la más saludable por su alto contenido de fibra, proteína, grasa minerales y otros. Para obtener una harina integral, se requieren pocas pasadas por el molino.

#### **4.1.1. El quebrado inicial**

Los granos de sorgo son redondos y pequeños, lo que facilita su entrada rápida hacia los discos, por eso el motor trabaja más en la primera pasada. Se recomienda limitar la cantidad de grano que entra al molino suministrando el grano poco a poco. Se debe utilizar el sinfín delgado y no se debe apretar mucho los discos.

#### **4.1.2. Reducción de tamaño de partículas de harina.**

Para reducir el tamaño de partículas debe seguir pasando la harina a través de los discos para conseguir la fineza adecuada. En la segunda pasada la harina ya sale un poco caliente, y la temperatura de la harina es un buen indicador para ver si los discos están lo suficiente y no demasiado apretados. La temperatura puede subir unos 20 a 30 °C en las primeras tres pasadas. Si la harina se siente demasiado caliente para tener los dedos en ella, los discos definitivamente están demasiado apretados. Al apretar la tuerca con los dedos cuando el molino gira con producto, puede sentir cuán apretado está trabajando.

#### **4.1.3. Afinado de la harina.**

Según la dureza del grano y el apretado de los discos la harina puede quedar aceptable después de tres pasadas para la elaboración de salpores, quesadillas y otras recetas que no requieren una harina muy fina. De lo contrario deberá apretar un poco más los discos y continuar con la molienda.

Cuando la harina está algo fina y amontonada en la tolva, muchas veces deja de caer al sinfín, Cuando esto sucede y se obstruye el flujo, puede usar un utensilio como un palo de madera o alambre, para aflojar la harina y hacer que baje hacia el sinfín. Un resorte en la tolva puede aflojar la harina y hacer que caiga.

#### **4.1.4. Refinado final en el molino.**

Dependiendo de cómo quedó la harina de la pasada anterior y el uso que se le va a dar, se puede repasar una o dos veces más hasta hacer un total de 5 o 6 pasadas. Hay que tener cuidado si la harina se calienta demasiado, porque eso genera condensación de vapor en algunas partes más frías del molino, y puede causar que la harina se pegue formando pelotas o escamas que después se endurecen. Es mejor dejar enfriar la harina entre las pasadas. No taparla. Una tapadera medio abierta de los discos también ayuda.

#### **4.1.5. Cernido**

El cernido permite separar ciertas partes del grano que han quedado sin desintegrarse después de la molienda como algunas glumas remanentes o pedazos de cascara o pericarpio del grano. Existen diferentes equipos para realizar esta práctica, la mayoría tiene algún tipo de zaranda con cedazo y hacen mover la harina sobre ella. Lo que no pasa por el orificio de la zaranda, es material grueso y se aparta. El tamaño de las aperturas del cedazo se describe con el número de “mesh”, o sea la cantidad de orificios del cernidor por pulgada, Ver tabla 8 para las equivalencias. Los cedazos finos tienden a taparse, mayormente con harina ya fina. Por eso el movimiento de la zaranda tiene que ser lo suficiente, puede ser en círculos, vertical o ambos. Puede utilizarse para facilitar el movimiento de la harina en la zaranda algún tipo de agitador como cepillos o pelotitas que sacudan y limpien el cedazo. Las harinas que pasan por un mesh No 80 es una harina con un tamaño de partícula pequeño, harina que queda retenida en un mesh No 40 es de tamaño de partícula grande.



#### 4.1.6. Tipos de Cernidores

Los cernidores industriales normalmente son para la producción de harina a gran escala. Los cernidores pequeños son difíciles de encontrar. Por lo que mejor se construye una “copia reducida” de los grandes a partir de materiales que encuentren localmente. Algunos tipos de cernidores se muestran en la Figura 9.

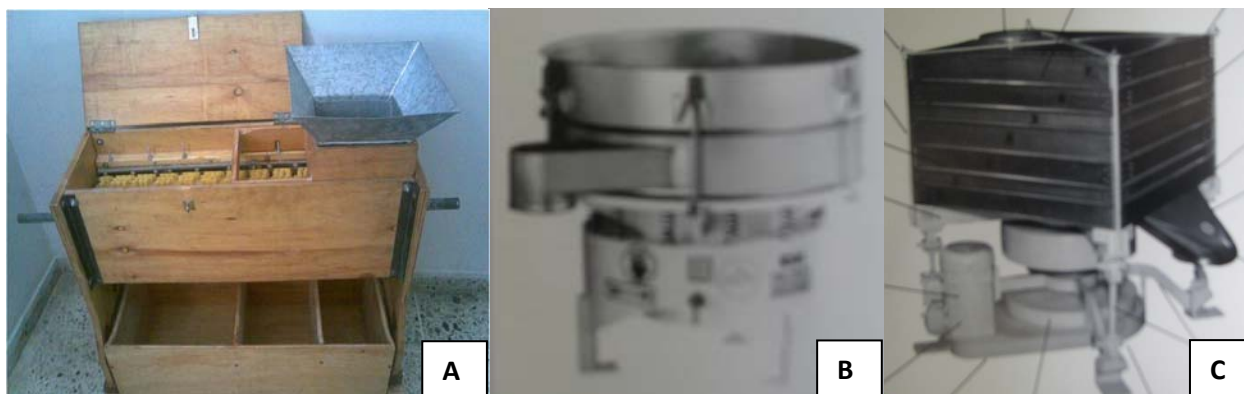


Figura 9. Cernidor rotativo artesanal (A) Cernidor de vibración (B) Cernidor de movimiento circular (C)

Tabla 7. Equivalencia mesh-micrómetros para cernidor U.S. Standard

U.S. MESH	MICROMETROS
10	2000
20	841
30	595
40	420
50	297
60	250
70	210
80	177
100	149

## **5. CONSIDERACIONES PARA FACILITAR LA MOLIENDA DE GRANOS PROCESADOS Y MEZCLAS DE GRANOS CON OTROS INGREDIENTES.**

### **5.1 Temperado**

Para facilitar la molienda del grano a veces es necesario dar un remojo previo con agua pura al grano de sorgo; a esta acción se le llama temperado. Al grano limpio se agrega una cantidad de agua suficiente para subir la humedad a aproximadamente 15 %. La agregación exacta del agua necesaria se calcula mediante la siguiente fórmula:

( Cantidad de agua a agregar = peso de grano inicial x ( 15 - % de humedad inicial ) / ( 100 - 15 )

Es necesario mezclar uniformemente el agua agregada entre todos los granos. Luego se deja el grano en reposo por 8 horas antes de molerlo. La humedad hace la cáscara más resistente; los pedazos son más grandes, lo que permite separarla mejor de la harina.

Al moler grano temperado hay que tener más cuidado con apretar los discos, porque la humedad hace el material más pegajoso y los discos se atorán más rápido. También es más importante dejar ventilar la harina para evitar condensación y pelotas de harina pegada. Siempre, con el afán de separar un afrecho puro y minimizar la fibra en la harina, es mejor apretar un poco menos los discos y repasar más. Al apretar mucho desde el inicio se hace pedazos la cáscara y así es más difícil separarla de la harina.

### **5.2. Granos tostados**

Las recetas para la elaboración de bebidas como horchata, tiste y algunos atoles a partir de sorgo tostado requieren normalmente una harina bien fina, por lo que hay que repasarla varias veces. El grano tostado es más seco y quebradizo, lo que facilita la obtención de harina. También la cáscara pierde su elasticidad, por lo que se desintegra rápidamente. La harina de granos tostados normalmente no se cuela entre las pasadas, porque casi no se puede separar la cáscara. A veces se aplica un cernido final para asegurar que no vaya nada grueso o fibroso.

### **5.3. Mezclas de granos con oleaginosas (mezclas grasosas)**

Las personas que preparan horchata en polvo con los molinos de CTI lo hacen de una manera especial para evitar el atoramiento de los discos. Las semillas de morro, ayote, maní, ajonjolí y cacao tienen un alto contenido de grasa, que hace la harina más pegajosa, lo que provoca que los discos se atorán luego.

Los puntos más importantes a considerar cuando se muelen mezclas grasosas son:

- Mezclar partes iguales de semillas con el cereal antes de moler para que el contenido de aceite de las semillas sea absorbido por la harina proveniente del cereal.
- Tostar las semillas antes de moler para reducir la humedad (preferiblemente en tostadora, o en horno, comal o plancha para tortillas)
- Si no muele la semilla el mismo día, guardarla en bolsas o depósitos sellados, para evitar que vuelva a humedecerse.
- No agregar azúcar a la mezcla que está moliendo, ya que el azúcar carameliza con la temperatura que genera la fricción de los discos, volverá la mezcla pegajosa y los discos se atorarán.
- Limpiar adecuadamente los discos después de moler mezclas grasosas para evitar que se dañen.

REVISAR ANEXOS 1, 2, 3 Y 4 los cuales contienen consideraciones para visualizar, facilitar y solucionar problemas que pueden presentarse durante la molienda de granos.

## 6. VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE LA HARINA

Para verificar la calidad de la harina obtenida mediante proceso de molienda, los aspectos más importantes que deben considerarse se resumen en la tabla 9.

**Tabla 8. Aspectos de calidad de harina y métodos de verificación.**

Característica	Método de verificación:
El tamaño de partículas	Con cernidor pequeño o de laboratorio
El color (blancura)	Con espectrofotómetro, tarjetas de color, tablas comparativas.
El contenido de fibra	Análisis de laboratorio
La humedad	Análisis de laboratorio
El contenido nutricional	Análisis de laboratorio
La ausencia de plaga	Pruebas de almacenamiento
La vida útil	Pruebas de almacenamiento
El comportamiento en el uso	Pruebas de uso

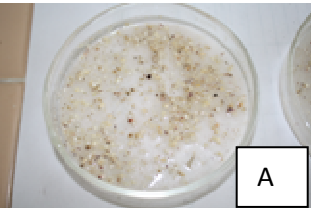
La mayoría de las características requieren tiempo y equipo de laboratorio para determinarlas. También existen métodos sencillos y rápidos para verificarlos durante la molienda de manera cualitativa. En seguida se resumen algunos de ellos.

### 6.1. Métodos Rápidos para verificar el tamaño de partículas en la harina.

**6.1.1. Método 1. Prueba con dedos y lengua.** El tamaño de partículas se puede probar entre los dedos o sobre la lengua. Si percibe granulosidad o la harina no se deshace en la boca al probarla, el tamaño de partícula aun es grande, necesita reducirse. La textura de la harina debe ser igual a polvo o talco para considerarse de tamaño pequeño.



**6.1.2. Metodo 2. Disolución en agua.** Mezclar una cucharadita de harina en dos cucharadas de agua y observar la disolución de las partículas. Las partículas más grandes se asientan en el fondo del recipiente y no se disuelven como en muestra A, igual a las de tamaño mediano en B. Las partículas de tamaño pequeño en harinas finas se disuelven en el agua de manera uniforme y no se observan en el fondo del recipiente. La harina en la figura C, no requiere más molienda.



**Figura 10. Tamaño de partículas en harina disuelta en agua .Grueso (A), Mediana (B) y Pequeño (C)**

**6.1.3. Metodo 3. Metodo de lavado en bolsitas de cedazo.** Mezclar una cucharada de harina en una bolsa pequeña de cedazo de mesh 100, y lavar la bolsa con harina en agua. La harina fina se lava se va y quedan solo las partículas gruesas en la bolsita. Si queda demasiada harina en las bolsitas despues del lavado. Puede secar la harina despues del lavado para guardar muestra y verificar el tamano de partículas.



**Figura 11. Tamano de partículas en harina retenido en bolsa de cedazo.**

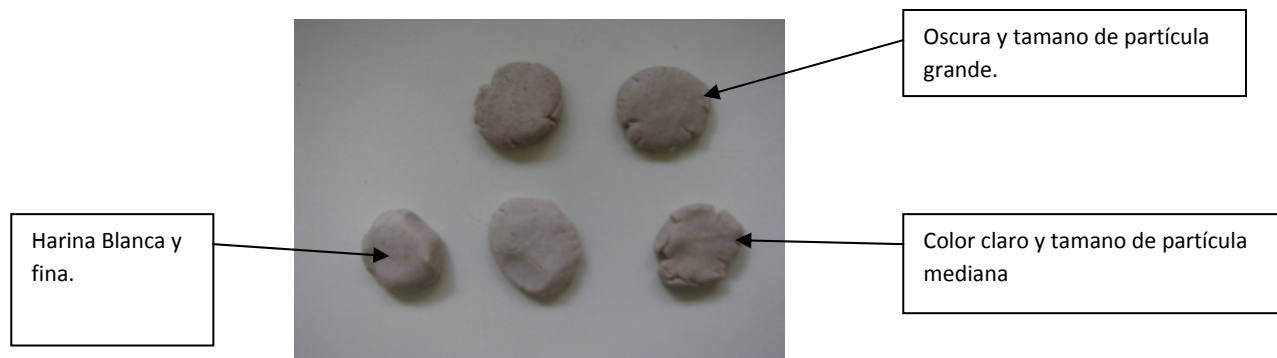
**6.1.4. Metodos para verificar el color de harina**

**Tablas de verificación de color** .Para el color lo más práctico es guardar muestras de harina y hacer una escala de referencia o comparación. También se puede trabajar con tarjetas o muestras de harina obtenida de diferentes granos y conservarlas como método de comparación o referencia. En la Figura 12 se muestra una escala de colores basada en la intensidad del color blanco (alta o baja), referenciada por computadora. Puede imprimirse a color para tenerla como referencia para determinar el color de la harina.

	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
E						
F						

**Figura 12. Tabla referencial para determinar color de harina.**

**6.1.5. Color en harina húmeda.** El color real de la harina y el tamano de partícula puede verificarse al mojarla y hacer una pelotita de masa. La harina con menos fibra o sea más fina, será de color mas claro, que la harina que necesita más molido y que contiene más fibra, puede observarse las partículas gruesas a simple vista en la harina mas oscura.



**Figura 13. Foto mostrando el color y tamaño de partícula en harinas de diferente calidad.**

## **7. EMPACADO DE LA HARINA**

La harina ya terminada se debe dejar enfriar antes de empacarla, para evitar la condensación de vapor. Las bolsas de papel absorberán algo de agua, las de plástico no. Mantener la harina en un lugar higiénico y proteger de los insectos u otra forma de contaminación. La harina procesada en condiciones higiénicas usando equipos limpios y sin contaminantes y almacenada bajo las condiciones adecuadas puede durar hasta 4 meses sin presentar rancidez y cambios en la coloración, el aroma y el sabor. Si la humedad de la harina queda arriba de 15 %, los hongos crecerán sobre ella y aparecerán después de algunos días. Hay que consumir la harina lo más pronto posible o enfriarla, si no se arruinará en pocos días, más si la temperatura ambiente es alta.

## **8. LIMPIEZA DEL MOLINO**

Como todo proceso con alimentos, la molienda de harina tiene que hacerse en condiciones higiénicas para asegurar la calidad y la inocuidad (la ausencia de contaminación) del producto. La limpieza debe hacerse inmediatamente después del uso del molino, para evitar que insectos como palomillas, gorgojos, cucarachas, hormigas y hasta ratones vendrán a alimentarse de los residuos, dejando huevos, excrementos, pelos, etc. Por muy buena que sea la limpieza después, siempre se contaminará el producto, y no tendrá la vida útil esperada. Además del equipo, el lugar y los alrededores deben mantenerse aseados para asegurar un producto de calidad y evitar decepcionar al cliente.

Siendo el equipo pequeño y desarmable, la limpieza puede hacerse en poco tiempo y sin problemas. Se utiliza una brocha, palitos delgados, aire comprimido o soplado y otras herramientas de limpieza **EN SECO**. NO SE UTILIZA AGUA PARA LIMPIAR EL MOLINO, porque el agua puede arruinar los baleros, o caer sobre el motor y mojarlo. Solo los discos ya desmontados pueden mojarse para ablandar la costra. Se deben secar de inmediato para evitar oxidación (formación de moho). Para la limpieza y la eliminación de todos los residuos, se desmontan la placa frontal y el disco que gira, y se saca el sinfín (Ver el manual de CTI). En molino con motor no se recomienda desmontar el eje para la limpieza.

**RECUERDE DESCONECTAR EL MOTOR EN EL TOMA O EN EL TERMICO ANTES DE DESMONTAR EL MOLINO**

## **9. SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EL USO DE MOLINOS CTI**

Como todo equipo con motor, el molino representa ciertos riesgos que tenemos que minimizar para evitar accidentes, enfermedades o molestias de salud. La Tabla 9 representa los riesgos principales que pueden Presentarse con el uso del molino y cómo reducirlos.

**Antes de revisar o arreglar el molino, siempre desconectar en el toma o en el térmico.** Si ocurre algún desperfecto al molino, por ejemplo atoramiento o deslizamiento de faja, apagar de inmediato el switch y



desconectarlo para revisar el molino y eliminar la causa. En algunas ocasiones será necesario desarmar el molino para desatorar los discos. Con suficiente prudencia los accidentes y las enfermedades pueden evitarse. No es recomendable dejar el equipo trabajar sin supervisión, ni dejar a los niños acercarse.

**Tabla 9. Riesgos que pueden presentarse al operar los molinos CTI**

Parte o causa	Riesgo	Cómo reducirlo
<b>Faja y poleas</b>	Herida o corte de dedos	Protectores de faja, usar ropas ajustadas al cuerpo.
<b>Sinfín (gusano)</b>	Herida o corte de dedos	No meter dedos o palos finos
<b>Extensión, switch</b>	Choque eléctrico	No cortar, no mojar
<b>Motor</b>	Defecto eléctrico	Utilizar extensión y toma polarizado
<b>Discos calientes</b>	Quemadura	Usar guantes durante la molienda.
<b>Ruido y polvo</b>	Sordera, enfermedades pulmonares	Usar tapones de oído y mascarilla durante el uso

## 10. OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO

- Al llenar la tolva con grano y con los discos algo apretados, un atoramiento de los discos puede ocurrir rápido en la primera pasada si no se hace algo para evitarlo. Al atorarse los discos puede ser que el motor recaliente, que la faja se deslice, que se deforme el sinfín u otra pieza.
- Es preferible que el grano este bien seco, porque el grano mojado se pega más entre los discos y causa el atoramiento más fácil.
- Si llena la tolva de grano puede auxiliarse de una plaquita para ayudar al desplazamiento de los granos hacia el sinfín. Puede apretar un poco los discos, siempre verificando que el motor no trabaje muy forzado. Esto se detecta por el oído, y verificando que no se mueva la parte con la chumacera al lado de los discos.
- Para saber la posición de la tuerca que aprieta los discos es bueno marcar una aleta con plumón o pintaúñas, y anotar o recordarse la posición adecuada en cada paso. Así la próxima vez solo se pone la tuerca en la misma posición de cada pasada, sin tener que buscar mucho.
- Dependiendo de cuanto producto entra, el grano será solo quebrado o molido en una harina gruesa. Es preferible alimentar poco y no apretar mucho para evitar problemas en la primera pasada. El nivel de ruido es alto y es más necesario utilizar tapones de oído.

Revisar Anexos 5 Y 6 para problemas con fallas mecánicas o eléctricas y durante la molienda y como solucionarlas

## 11. MANTENIMIENTO DE MOLINOS CTI

Tabla 10. Para mantener el equipo funcionando bien tiene que seguir las siguientes recomendaciones que aparecen en la tabla

HACER	CADA CUANDO
Encender el motor primero, luego echar producto, después apretar los discos	Al empezar
Limpiar el molino, dejándolo sin residuos, y tapado	Cada uso
Revisar la extensión, el switch por deterioro	regularmente
Echar un poco de aceite al tornillo que aprieta los discos	Semanal
Echar un poco de aceite a la punta del eje al lado de los discos, y entre las guachas del disco	Semanal
Apretar tuercas de molino, motor, chumaceras etc.	Mensual
Revisar tensión de la faja y templar si es necesario	Mensual
Poner un poco de grasa a las chumaceras	6 meses
Sopletear el motor si es del tipo abierto	6 meses
Solo lavar los discos sueltos con agua, y secarlos luego	Al atorar

**NOTA:** Se recomienda no apretar los discos demasiado ya que pueden atorarse, desgastarse o puede haber un bloqueo del motor. Si los discos están atorados no debe encender el motor ya que puede quemar la faja por sobrecalentamiento.

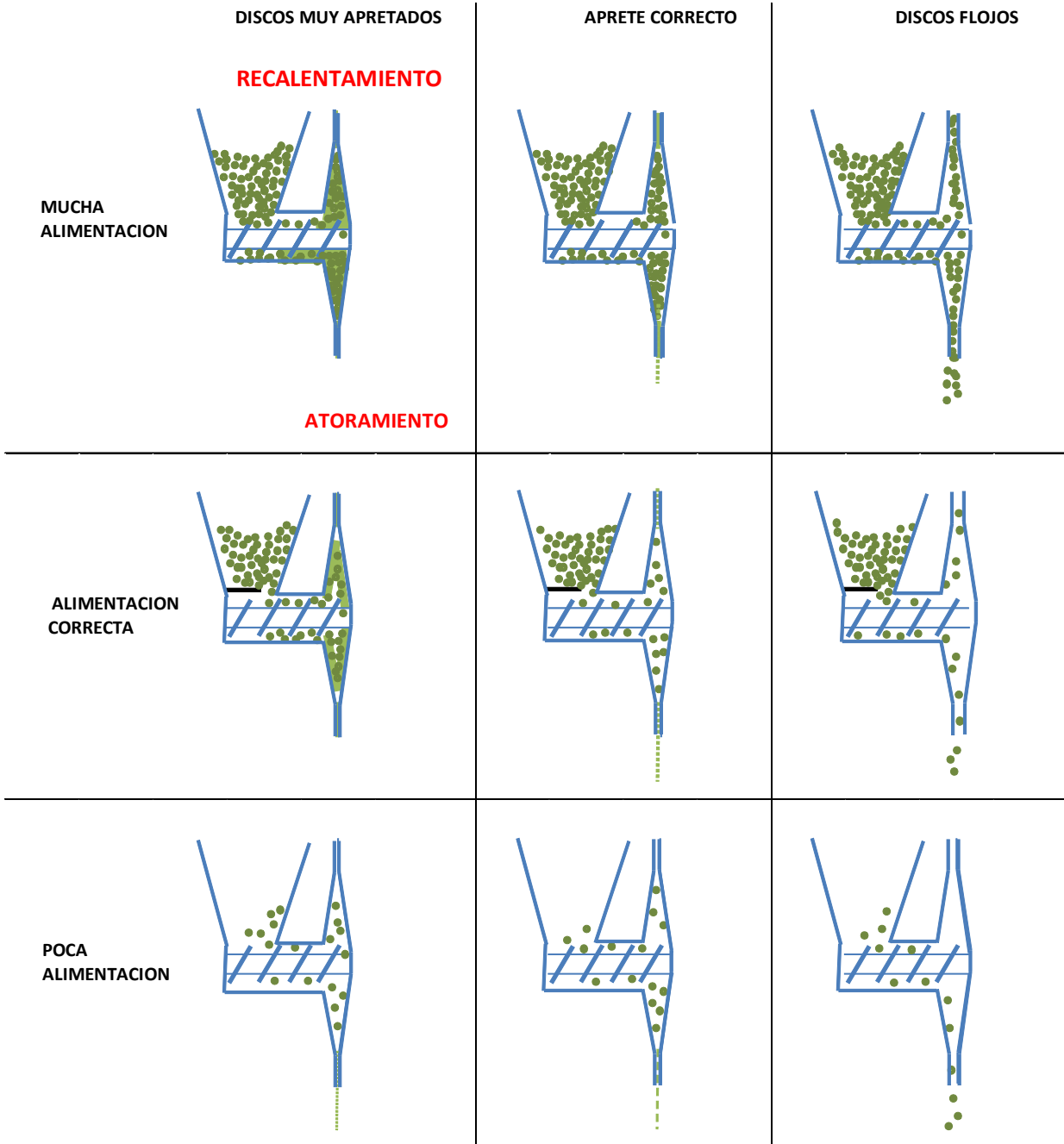
## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

CTI: [www.compatibletechnology.org](http://www.compatibletechnology.org)  
INTSORMIL: [www.intsormil.org](http://www.intsormil.org)  
CENTA: [www.centa.gob.sv](http://www.centa.gob.sv)

## 12. ANEXOS

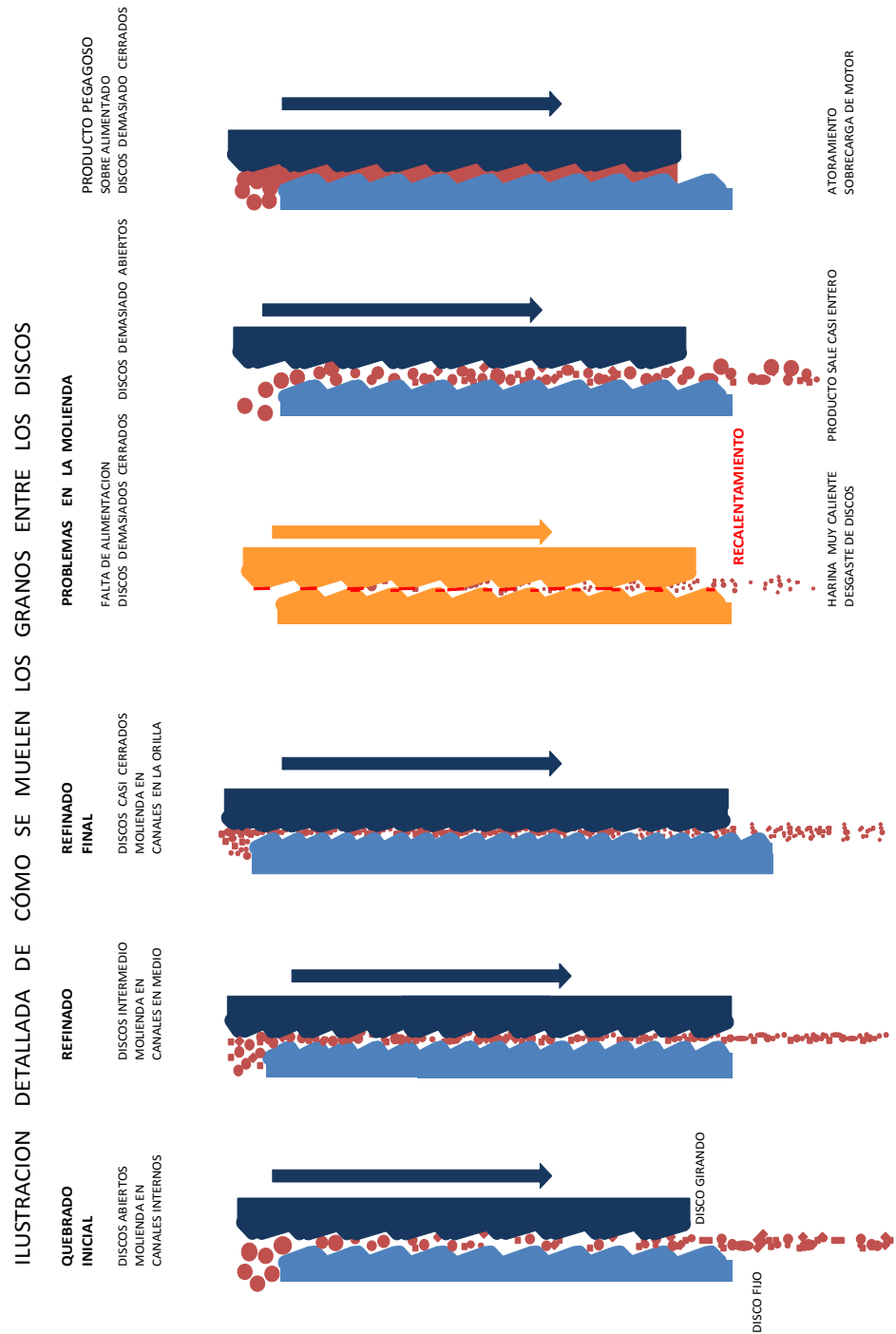
## ANEXO 1. COMBINACIONES DE ALIMENTACION Y APRETE DE LOS DISCOS

### ILUSTRACION DE COMBINACIONES DE ALIMENTACION Y APRETE DE LOS DISCOS





## ANEXO 2. ILUSTRACION DE CÓMO SE MUELEN LOS GRANOS ENTRE LOS DISCOS



### ANEXO 3. UTENSILIOS QUE FACILITAN LA ALIMENTACIÓN CORRECTA DEL MOLINO CTI



**SINFÍN MIXTO:** tiene un pedazo de sinfín gordo en el inicio, y al lado de los discos es delgado. Esto hace que el producto se mueve más y que la alimentación mejore.



**TOLVA CON VENTANA Y RESORTEY/O SOMBRERITO:** Abajo tiene una apertura donde se puede observar si el producto está cayendo. Puede colocar un resorte o sombrerito en la tolva para facilitar el paso de los granos al sinfín.



**PLAQUITAS:** Se ponen encima del sinfín para reducir la cantidad de producto que puede agarrar. Para la primera pasada el agujero es pequeño. De la segunda pasada y adelante es más grande. Cuando la harina ya está fina se quitan para dejar fluir la harina sin restricción.



**SOMBRERITO EN LA TOLVA:** Es un cono con punta para arriba que se coloca en la tolva para evitar que la harina se compacte y deje de fluir para abajo. Tiene un hueco en medio y alrededor unos dos centímetros de apertura para que la harina baje gradualmente sin atascarse.

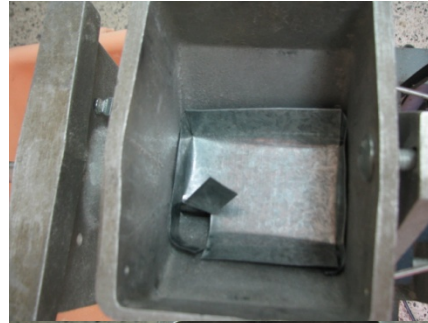


**RESORTE:** Hecho de alambre galvanizado grueso con una punta de tapón de tubería de PVC de 1 ½ con recortes. El sinfín al girar, hace vibrar el resorte que afloja la harina y la conduce al sinfín.

#### **ANEXO 4. UTENSILIOS QUE AYUDAN A REGULAR EL FLUJO DE MATERIAL:**

##### **PRIMERA PASADA:**

Plaquita con agujero pequeño



##### **SEGUNDA PASADA:**

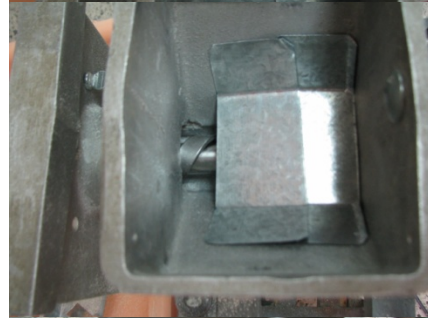
Plaquetas sencillas para dejar una sisa de aprox. 1 cm



##### **TERCERA PASADA:**

Plaquetas sencillas para dejar una sisa de aprox. 2 cm

Tolva con sombrerito



##### **CUARTA Y QUINTA PASADA:**

Plaquita sencilla para tapar parte del sinfín mixto

Tolva con sombrerito

Resorte



##### **SEXTA PASADA (con harina ya fina):**

Tolva con sombrerito

Resorte

Sinfín mixto o gordo

Sin plaquita



## ANEXO 5. PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE DURANTE EL PROCESO DE MOLIENDA Y SOLUCIONES

FALLA / PROBLEMA	CÓMO REMEDIARLO
Los discos se atorán, producto no sale	Averiguar la causa, si es ;
Por discos muy apretados	Desatorar, limpiar discos y aflojarlos
Por alimentar mucho	Alimentar menos, a mano, con gusano delgado
Por producto húmedo o grasoso	Secarlo o mezclar con producto seco no grasoso
Por discos atascados de producto	Limpiar o lavar los discos después de atoramiento
Producto no baja en la tolva	Averiguar la causa, si es ;
Por harina ya muy fina, hace puente en la tolva	Poner un resorte en la tolva o alimentar poco a poco y remover la harina para que no se detenga el flujo
Por falta de gusano	Poner gusano
Harina muy caliente	Discos muy apretados, aflojarlos un poco
Fuga de harina por el eje en Omega VI	Sellar el espacio entre eje y pared con silicón p.e.
La placa con chumacera se mueve mucho	Está por atorarse el molino; aflojar discos antes de parar
Ruidos raro, agudo o muy fuerte	Averiguar la causa, si es ;
Por ser discos nuevos	Utilizarlos así hasta que se se asientan por el uso
Objeto extraño entre los discos	Parar , abrir el molino y sacarlo
Alguna pieza se movió o aflojó	Revisar y apretar tuercas y/o tornillos
Discos sin producto y apretados	Hacer bajar producto

## ANEXO 6. FALLAS DE TIPO MECANICO, ELECTRICO Y SOLUCIONES POSIBLES

### Fallas Mecánicas

FALLA / PROBLEMA	CÓMO REMEDIARLO
Motor gira pero la faja no se mueve	Revisar cuña y prisioneros de polea pequeña, revisar y templar la faja si está floja
Motor gira pero los discos no	Revisar cuñas y prisioneros de polea grande
Tuercas de chumaceras flojas o el eje roce con el cuerpo (cae polvo negro de aluminio en Omega VI )	Alinear las chumaceras y apretar bien las tuercas

### Fallas Eléctricas

FALLA / PROBLEMA	CÓMO REMEDIARLO
Motor no arranca	Revisar si hay energía, el térmico, el toma, el switch
Motor arranca luego se apagó	Revisar si el térmico se ha disparado
Motor calienta mucho	Trabaja muy forzado o voltaje bajo
Motor trabaja con interrupciones	Revisar la corriente, o buscar mal contacto eléctrico
Defecto de motor: olor o humo	Apagar de inmediato y dejarlo revisar
Se siente “corriente” en un molino con banco de madera.	Puede ser porque la faja patina y el aire esta seco; tensar la faja



# ANEXO 7. LISTA DE MOLINEROS PROPIETARIOS DE MOLINOS CTI

NOMBRE	LUGAR	TEL
Clemencia Barrera	San Rafael Cedros	
María Marta Díaz	Usulután	
CENTA	San Andrés, Ciudad Arce	23 02 02 00 ext. 246
Kris Duville	Santa Lucía, Ciudad Arce	23 45 72 21
FIRMC ( Alex Kelly )	Las Delicias, Opico	79 26 69 25
Nelson Calderón	Ciudad Delgado	72 67 22 87
Olimpia de González	San Jerónimo, Metapán	24 01 22 28
Berta Elisabeth Pérez	San Rafael, Chalatenango	74 82 05 13
Inés Cruz Ortega	La Laguna, Chalatenango	75.72.90.94
Luis Antonio Vásquez	Cojutepeque	73.12.56.43
Marlene Aguilar	Atiquizaya	74 87 74 76