



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA MÁQUINA  
LIMPIADORA DE FRÍJOL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
(ÁREA MECÁNICA)**

**P R E S E N T A :  
EDUARDO PICAZO LUNA**

**ASESOR: M. EN I. LEOPOLDO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MIS PADRES:** *Eva y Gumaro*, como testimonio de infinito aprecio y eterno agradecimiento por el apoyo y consejos que siempre me han brindado, con el cual he logrado realizar un de mis más grandes metas, siendo para mi una de las mas grandes herencias.

**A MIS HERMANOS:** *Huberto, Efraín, Mirna Yicel, Victor Hugo, Martha Floricel y Gumaro*, por que gracias a ellos conocí el valor, que es el único ingrediente que separa al hombre del éxito.

**A MIS AMIGOS** por haber caminado conmigo y por hacer con su afecto mucho mas fácil el camino.

**A MIS MAESTROS** por que educar no es fácil, y ellos me enseñaron que el tiempo es una moneda muy valiosa, que el triunfo en la vida depende de mi y sobre todo me enseñaron a no perderlo en cosas inútiles.

# DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA MAQUINA LIMPIADORA DE FRÍJOL

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1: ANTECEDENTES.....	2
1.1. Selección y limpieza del grano. ....	4
1.2. Tipos de procesos utilizados para la limpieza del grano.....	4
CAPITULO 2: PROCESOS EXISTENTES.....	6
2.1 Investigación de campo (Universidad de Chapingo).....	6
2.2 Investigación comercial .....	8
2.2.1 Máquina Rotatoria de Cilindros Cribados .....	11
2.2.2 Mesa de Gravedad.....	13
2.2.3 Máquina de Cribado y Soplado.....	14
2.3 Sistemas funcionales.....	16
2.3.1 Sistema Alimentador.....	16
2.3.2 Sistema de Trillado .....	17
2.3.3 Sistema de Cribado .....	22
2.3.4 Sistema de Soplado .....	24
CAPITULO 3: DESARROLLO DE UN DISEÑO CONCEPTUAL .....	26
3.1 Planteamiento del Caso de Estudio.....	26
3.2 Diseño Conceptual.....	27
3.3 Generación y Evaluación de Alternativas.....	27
3.3.1 Alternativas de Solución.....	28
3.3.2 Evaluación de Alternativas .....	31
CAPITULO 4: PROPUESTA CONCEPTUAL .....	36
4.1. Sistema de Trillado .....	37
4.2 Sistema de Cribado .....	38
4.3 Sistema de Soplado.....	40
4.4 Sistema de Transmisión y Sistema Motriz .....	41
RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	46
ANEXO A.....	47
ANEXO B.....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	52

## INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es uno de los cultivos más importantes en México, ocupando grandes superficies destinadas para su cultivo, y siendo en la actualidad la fuente principal de proteína para la gran mayoría de los mexicanos; ya que es barato y fácil de obtener, aunque se enfrenta a una serie de factores que limitan su producción, por ejemplo: la presencia de malezas, enfermedades, falta de asesoría técnica y recursos económicos.

Además, teniendo en cuenta que las máquinas para el manejo y limpieza de granos y semillas existentes en el mercado son muy caras y de gran tamaño, éstas quedan fuera del alcance de la mayoría de los productores nacionales, quienes quedan obligados a realizar el proceso de limpieza de forma manual o semiautomática con equipo rudimentario y/o de fabricación casera, o en el último de los casos tienen que recurrir a intermediarios que realizan el proceso con máquinas de importación, encareciendo así el producto.

Tomando como referencia lo anterior, en este trabajo se presenta el diseño conceptual de una máquina limpiadora de grano económica y funcional, que sirva de apoyo para grupos tales como: el consorcio frijolero, empacadores de frijol y para grupos de agricultores nacionales que manejan el grano para su distribución a baja escala.

Con este proyecto se pretende dar un primer paso para el desarrollo y fabricación de una máquina limpiadora de grano, el diseño conceptual se limitará a mostrar los sistemas de los procesos principales, especificaciones generales del equipo requerido, materiales de los elementos en contacto con el producto y la capacidad esperada de la máquina.

En este trabajo se presentan varios procesos utilizados actualmente para limpiar el frijol en México y principalmente en el extranjero, de los cuales se seleccionará uno o una combinación de varios para obtener un proceso que se adapte a las necesidades del campo mexicano.

El diseño de esta máquina está basado en el proceso de limpieza por medio de trillado y cribado, el cual consiste básicamente en desprender la cáscara y filtrar las impurezas del grano por medio de una banda vibradora y desechando la cáscara haciendo pasar aire a través de un ducto de salida.

## CAPITULO 1

### ANTECEDENTES

Uno de los sectores más importantes en el país es el campo, donde se cultivan y posteriormente se cosechan diariamente toneladas de alimentos para nuestro consumo.

En los últimos años, los productores no han podido vender sus cosechas víctimas de la desaparición de apoyos estatales como CONASUPO, de la importación y contrabando de productos externos de dudosa calidad, así como de la codicia y especulación de intermediarios<sup>1</sup>.

El frijol y otros cultivos básicos como: maíz, trigo, sorgo y arroz, han sido afectados por la apertura comercial, bajo condiciones inequitativas de competencia y la eliminación de los instrumentos gubernamentales de estabilización y ordenamiento de precios. Además de la falta de apoyo directo a los productores y sus organizaciones para enfrentar los abusos en el mercado dominante.

Por otro lado, se encuentra un sector de agricultores poco preparados para enfrentar los cambios y nuevos factores en la comercialización de grano nacional e internacional. Bajo este esquema, se detecto la necesidad de diseñar y desarrollar tecnologías alternativas y económicas para mejorar el nivel productivo del campo en nuestro país. Una de las necesidades que se detecto en la cosecha del frijol, es la falta de maquinaria eficiente y económica para la limpieza del grano.

Los diferentes tipos de frijol que se siembran en México son principalmente los que se muestran en la figura 1.1

De los diferentes tipos de frijol, se tiene una producción anual de más de un millón de toneladas; siendo los principales productores los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Nayarit, Querétaro, Sinaloa y Zacatecas.

---

<sup>1</sup> <http://www.vinculando.org/economia>

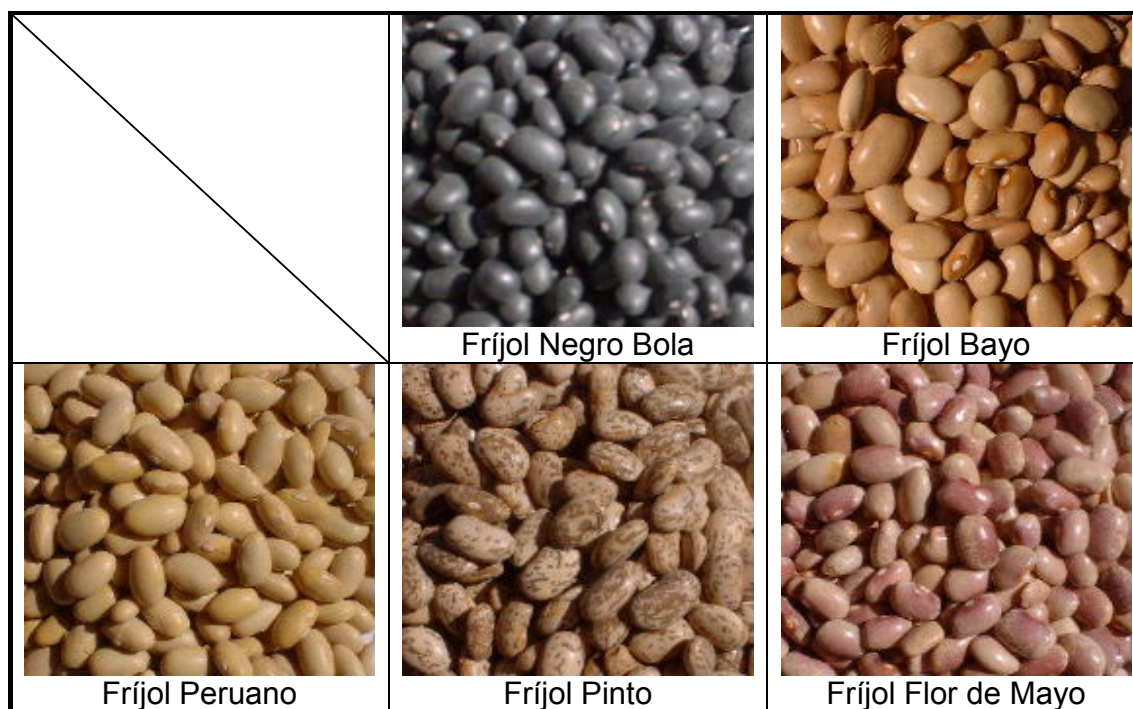


Figura 1.1 Tipos de fríjol que se siembran en México

El costo real de producción por tonelada es de \$3,750 pesos en promedio. Sus rendimientos por hectárea oscilan entre 400 y 800 Kg en promedio. En tierras de temporal se obtienen aproximadamente 500 Kg y en las de riego, 1,200 Kg.

El precio que se paga en los centros de producción es de \$4 a \$5 pesos por Kg, mientras que en la central de abastos de la Ciudad de México se vende en promedio a \$10.5 pesos y en los supermercados el precio es de hasta \$16 pesos<sup>2</sup>.

El precio depende de la calidad del producto terminado, en este caso el precio corresponde al grano 100% libre de impurezas (cáscara, tallos, piedras, espigas, etc.)

Por todo lo anterior, se considera este proyecto como de interés a un grupo de ingenieros, como una alternativa al problema planteado.

<sup>2</sup> Investigación de campo realizada el 1 de Marzo del 2006

### 1.1. Selección y limpieza del grano.

La selección y limpieza de los granos se pueden resumir en los siguientes principios:

- Limpieza: eliminación de impurezas del material cosechado. Se puede realizar por mayas metálicas sencillas (Cribas y zarandas) de forma manual, mecanizada o mediante soplado, a través de ventiladores y/o aventadores, este procedimiento se realiza de forma semi-mecanizada o mecanizada. Estos procesos pueden tener varias etapas o fases.
- Selección: diferenciación de los granos según tamaño, daños, coeficientes de fricción, rugosidad, color y otras. Para este procedimiento se utilizan varias tecnologías, cada una de las cuales esta en correspondencia con las propiedades físico-mecánicas del grano en cuestión, siendo la más común la utilización de diferentes tipos de zaranda con orificios rectangulares y de tamaños apropiados según el tipo de semilla, la cual cambia con especie y variedad.

### 1.2. Tipos de procesos utilizados para la limpieza del grano.

A continuación se mencionan y describen brevemente los diferentes tipos de procesos que utilizan las máquinas para la limpieza del grano.

#### **a) Rotatorio de Cilindros Cribados o Malla**

Las máquinas rotatorias constan generalmente de 2 cilindros concéntricos, el cilindro inscrito es cribado y el otro es de lámina. En el cilindro cribado se coloca la planta de frijol, posteriormente se hace girar con el objeto de que el frijol pase a través de los orificios de la criba y lleguen al cilindro externo, el cual conduce el frijol hasta un depósito de almacenamiento temporal.



### **b) Mesa de Gravedad**

La mesa de gravedad hace la selección de los granos según su peso, lo cual permite hacer una selección más precisa, ya que distingue entre los granos enteros y los fragmentos de grano, los cuales ya no son útiles para el consumo. La selección se logra a través de una vibración constante e inclinación de la mesa, lo cual genera que solo los granos de cierto peso, lleguen hasta el otro extremo de la mesa, donde son recolectados.

### **c) Trillado-Cribado**

Este tipo de máquinas reciben la planta en una tolva alimentadora que las conduce al sistema de trillado y posteriormente caen en bandas cribadas donde el frijol se filtra hasta ductos que lo conducen a un depósito de almacenamiento temporal, en el transcurso por los ductos se hace pasar una corriente de aire en sentido contrario al producto para eliminar las impurezas más pequeñas.

## CAPITULO 2

### PROCESOS EXISTENTES

A continuación se describen con más detalle el funcionamiento de los procesos mencionados en el capítulo anterior. Es importante indicar que para tal propósito, se realizó un trabajo de campo, el cual consistió en visitar la Universidad de Chapingo para observar diferentes diseños de máquinas y su funcionamiento, los cuales también se describen a continuación; lo anterior, con el propósito de definir el proceso que se utilizará en el diseño conceptual, objeto de este trabajo, considerando que la propuesta debe ser económica, funcional y que se adapte a las necesidades de productores a baja escala comercial.

El alcance del diseño conceptual es hasta un dibujo de conjunto de la máquina y una lista de materiales y partes comerciales, para que en un trabajo futuro se pueda fabricar un prototipo.

#### 2.1 Investigación de campo (Universidad de Chapingo)

Se visitó la Universidad Autónoma de Chapingo para recabar información en general y tener una mejor idea del cultivo y limpieza de frijol en México. Se realizó la investigación de campo directamente en los terrenos cultivados con esta planta para conocer las características de su cosecha y el proceso de limpieza. Lo anterior, se realizó básicamente en una sección de la Universidad llamada Campo de Fitotecnia o mejor conocida como “El Ranchito”, donde la producción de frijol se da en el sistema de temporal y en pequeñas cantidades o combinado con otros cultivos como el maíz y el haba.

En la visita se pudo observar los diferentes tipos de maquinaria y su funcionamiento, encontrándose numerosos tipos de mecanismos; diferentes entre sí y con diferentes exigencias. Esto debido a que dichas máquinas realizan en una sola operación trabajos muy diferentes, tales como: el corte y levantado del cultivo; la separación o trilla, la limpieza y el picado del grano; el desparramado del material que entra a la máquina y el llenado de tolvas. En la figura 2.1 se muestra la imagen de una máquina que cumple con estas tareas.



Figura 2.1 Máquina trilladora y cribadora de frijol jalada por un tractor

Los primeros diseños mecánicos y semi-mecánicos (denominadas “implemento para tractor”) que se observaron durante el recorrido, fueron los rastrillos o cortadoras de plantas, las cuales se utilizan para la cosecha y su función es "arrancar" las matas de frijol y apilarlas en hileras dentro del mismo campo; es necesario aclarar que este equipo no pretende abarcar el proceso de trillado (separar la semilla del resto de la planta), únicamente se orienta a su recolección. Pasados algunos días, las hileras de plantas se trillan en el mismo campo mediante una máquina mecánica llamada “Trilladora”, la cual se conecta a un tractor.

Este tipo de máquinas se han desarrollado bajo el concepto de "implemento para tractor", por lo que la fuerza motriz necesaria para su funcionamiento la toman directamente del tractor.

Otra alternativa en el proceso de trillado, es trasladar las plantas de las hileras a un lugar denominado "era" en donde las vainas son desgranadas con máquinas estacionarias (Máquina Trilladora o Mesa de Gravedad), siendo éstas de tipo electro-mecánicas. Dichas máquinas cuentan con tecnología de punta y permiten procesar una gran cantidad de cultivos diferentes. Estas máquinas son de fabricación mexicana.

Con estos precedentes, los investigadores de la Universidad de Chapingo comenzaron las investigaciones en el área de “Diseño Mecánico”, principalmente en los aspectos de la construcción y cálculo de maquinaria agrícola.

Consultando la biblioteca de la Universidad de Chapingo, se encontró que la literatura es muy abundante en el área agronómica (caracterización agronómica, control agro-técnico y biológico, manejo fitotécnico, enfermedades foliares, estudio de variedades y otros aspectos) pero muy limitada en lo referente a la Ingeniería Mecánica Agrícola.

## 2.2 Investigación comercial

En las tablas 2.1a y 2.1b se muestran las especificaciones básicas de las principales máquinas que se encuentran en el mercado nacional, siendo la mayoría de fabricación extranjera. Esto con el objeto de saber que tipo de proceso(s) usan para la limpieza del grano y cual es la capacidad que alcanzan, es con lo cual se puede tomar una referencia para especificar la capacidad aproximada que se puede esperar de la máquina que se proponga en el presente trabajo.





ESPECIFICACIONES TECNICAS →	FABRICANTE / MODELO (PROCESO)	DIMENSIONES (CM)	SISTEMA MOTRIZ (H.P.)	CAUDAL DE AIRE (CFM)	CAPACIDAD (TON/HR)
MAQUINAS EXISTENTES EN EL MERCADO ↓					
	CLLIPPER / TITAN(TRILLADO / CRIBADO)	ALTO 383 ANCHO 220 LARGO 468	MOTOR ELECT. 5 VENTILADOR 15 ALIMENTADOR 1/2	5,500 A 8,000	12 A 24
	MODULAR AIR SCREEN MACHINE (TRILLADO / CRIBADO)	ALTO 168 ANCHO 204 LARGO 240	MOTOR ELECT. 2 VENTILADOR 5	7,500	24
	MODULAR AIR SCREEN MACHINE (TRILLADO / CRIBADO)	ALTO 82 ANCHO 75 LARGO 105	MOTOR ELECT. 1/2 VENTILADOR 2	2,300	2.1
	CLLIPPER / TITAN (TRILLADO / CRIBADO)	ALTO 383 ANCHO 220 LARGO 468	MOTOR ELECT. 1/2	1,600	1.5

Tabla 2.1a ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MAQUINAS EXISTENTES EN EL MERCADO





ESPECIFICACIONES TECNICAS →	FABRICANTE / MODELO (PROCESO)	DIMENSIONES (CM)	SISTEMA MOTRIZ (H.P.)	CAUDAL DE AIRE (CFM)	CAPACIDAD (TON/HR)
MAQUINAS EXISTENTES EN EL MERCADO ↓					
	FELPER (TRILLADO / CRIBADO)	ALTO 300 ANCHO 250 LARGO 600	MOTOR ELECT. 5 VENTILADOR 10	4,700	7 A 9
	FEHR (CRIBADO)	N/A	MOTOR ELECT. 10	N/A	8
	LABOFIX (CRIBADO/ SOPLADO)	ALTO 97 ANCHO 55 LARGO 125	MOTOR ELECT. 1/2	1,800	1/2
	DMC (CILINDRO GIRATORIO)	N/A	MOTOR ELECT. 3	N/A	2

Tabla 2.1b ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MAQUINAS EXISTENTES EN EL MERCADO

Como se observa en las tablas 2.1a y 2.1b los principales procesos que se utilizan son: el cribado a través de cilindros rotatorios, el cribado-soplado y la mesa de gravedad, por lo cual, a continuación se describen estos procesos, para posteriormente elegir uno o una combinación de estos e implementarlo en la propuesta conceptual.

### **2.2.1 Máquina Rotatoria de Cilindros Cribados**

#### **Operación**

Esta máquina no solo remueve impurezas finas sino también elimina espigas largas y hojas con tan solo un motor eléctrico de 3 Hp a 1725 rpm, el motor está conectado a engranes reductores a través de cadenas como se muestra en la figura 2.2. En la figura 2.3 se muestra el giro de los tambores cribados.



Figura 2.2 Disposición de los engranes de una máquina rotatoria

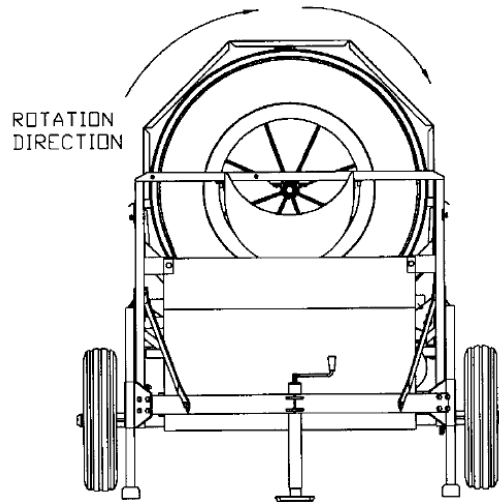
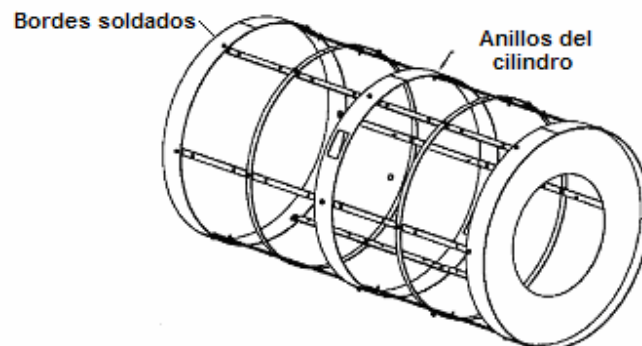


Figura 2.3 Sentido de giro de los cilindros cribados

La función principal de la limpieza resulta de la fricción que genera la malla en contacto directo con la planta de frijol. El cilindro al momento de girar va cribando el frijol y por el diámetro calculado de la malla se separa toda la impureza impidiendo el paso de cierto diámetro de la semilla o grano a limpiar.

Las figuras 2.4a y 2.4b muestran la estructura de los tambores utilizados en la operación, se construye principalmente de lámina negra y perfiles de acero.



2.4a Esquema de un cilindro cribado





Figura 2.4b Imagen de un tambor cribado

### **2.2.2 Mesa de Gravedad**

La mesa de gravedad es necesaria dentro del Proceso de Cribado de granos, es la encargada de separarlos por su peso, logrando con esto un producto de excelente calidad, ya que separa los granos vanos, granos manchados (que tengan menor peso que los granos normales), granos chicos y granos quebrados.

La mesa de gravedad cuenta con un mecanismo de vibración y aire que puede ser ajustado de acuerdo a las necesidades de cada producto por su grado de impurezas.

En la figura 2.5 se muestran las partes principales de una mesa de gravedad.



Figura 2.5 Imagen de una mesa de gravedad

1. Mesa vibradora: limpia a través de sus orificios de salida de aire y clasifica mediante vibración la semilla de acuerdo al peso.
2. Manivela de velocidad de vibración de la mesa.
3. Manivelas para regular la salida de aire.
4. Reguladores de salida, para la clasificación de la semilla por peso.
5. Depósitos de semilla clasificada por peso.
6. Salidas de semilla para envasar, ya clasificada.

La mesa de gravedad utiliza un sistema de aire y de gravedad para la separar las semillas pesadas de las ligeras. Sopla suficiente aire por las perforaciones de la mesa para levantar las semillas ligeras y mantenerlas en suspensión.

Las semillas de mayor peso permanecen en contacto con la mesa donde están sujetas a vibraciones que las transportan hacia arriba hasta caer en un contenedor.

Las semillas ligeras, no están en contacto con la mesa y debido a su inclinación caen por gravedad hasta la parte más baja y se dirigen a otro contenedor.

### **2.2.3 Máquina de Cribado y Soplado**

El proceso comienza con la alimentación de la máquina a través de una tolva, donde la planta es trillada y posteriormente cae en las bandas transportadoras-vibradoras, éstas son de maya metálica (criba), con diferentes aperturas.

La vibración ocasiona que la arena, hojas trituradas y piedras de menor tamaño que los granos de fríjol, se queden en el fondo. Los granos de fríjol y las impurezas que no se cribaron, siguen adelante en el proceso.

Posteriormente el grano cae por un ducto que va hacia el depósito final y por éste se hace pasar aire en contra flujo, el cual se encarga de expulsar las partículas de polvo y hojas que no se pudieron filtrar en las bandas cribadas como se muestra en la figura 2.6

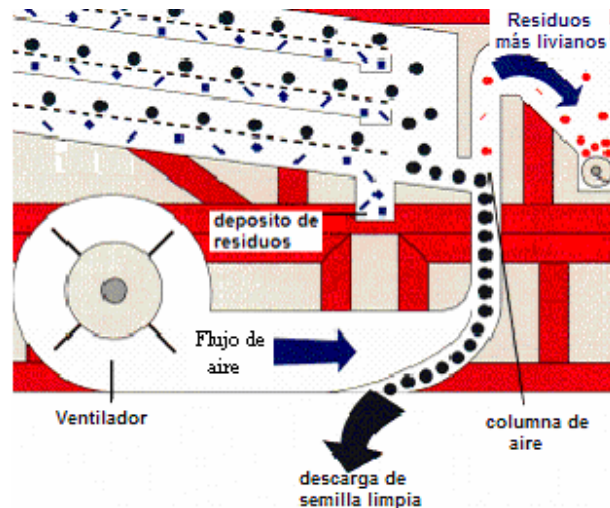


Figura 2.6 Dibujo esquemático del proceso de vibración-soplado, con flujo de aire al final.

Como se aprecia en las figuras 2.6 y 2.7, el flujo de aire se puede aplicar al principio o al final del proceso, obteniendo el mismo resultado en ambos casos.

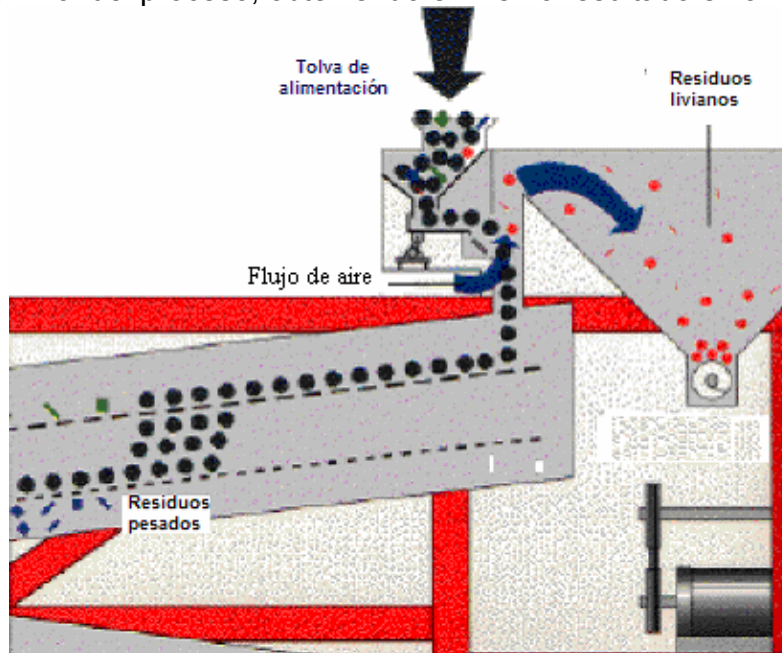


Figura 2.7 Dibujo esquemático del proceso de vibración-soplado, con flujo de aire al principio.

## 2.3 Sistemas funcionales

A continuación se describen los sistemas funcionales básicos requeridos para llevar a cabo un proceso de limpieza de frijol.

En la figura 2.8 se muestra un diagrama de flujo con los sistemas funcionales a analizar y la secuencia en que se llevan a cabo durante el proceso de Trillado-Cribado, el cual es el más utilizado en el mercado para realizar el proceso de limpieza de frijol.

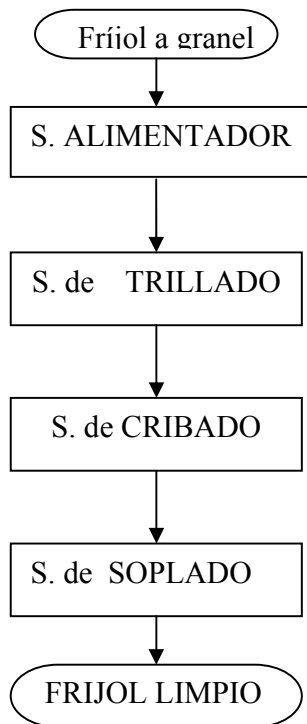


Figura 2.8 Diagrama de flujo de los sistemas funcionales más comunes

### 2.3.1 Sistema Alimentador

Este sistema es el encargado de permitir la alimentación de la semilla a la máquina, comercialmente se pueden encontrar alimentadores manuales, automáticos y semiautomáticos.

### 2.3.2 Sistema de Trillado

Este sistema es el encargado de separar la semilla del resto de la planta, se puede considerar como la primera etapa del proceso de limpieza, en la figura 2.9 se puede apreciar la zona de trillado, que se encuentra en la garganta de la tolva receptora de la máquina mostrada.

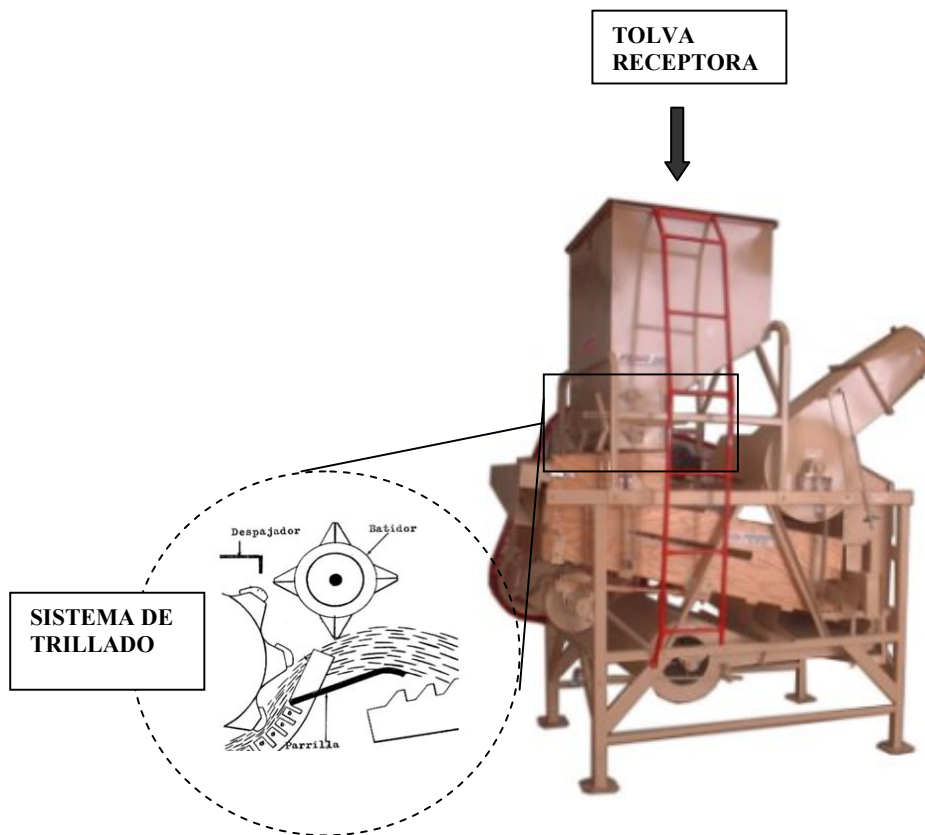


Figura 2.9 Máquina de trillado y cribado, estacionaria

Los elementos fundamentales del mecanismo de trilla son el Cilindro Trillador y el Cóncavo, con los que se separa alrededor del 90% de los granos.

Del 90% del grano que se separa en el Cilindro Trillador Cóncavo, el 80% cae por el cóncavo y el 20% restante pasa a los sacudidores.

La separación entre el cilindro y el cóncavo es regulable para poder adaptar así el sistema de trilla al cultivo que se desee recolectar. Existen una serie de parámetros geométricos que relacionan entre sí al cilindro y al cóncavo, los parámetros son la separación a la entrada y la separación a la salida entre ambos elementos. La separación a la entrada debe ser mayor que a la salida para que la planta pueda pasar desde la banda elevadora hasta el sistema de trilla. La separación de la entrada es de unos cuantos milímetros (de 13 a 18mm) y la separación a la salida normalmente es menor al diámetro medio de los granos.

Respecto al cóncavo, se caracteriza por el ángulo de trilla que varía entre  $100^\circ$  y  $120^\circ$  determinado por el sector que abarca desde la entrada hasta la descarga. La longitud de dicho sector y su anchura establecen la superficie de trilla. Esta longitud está comprendida entre 50 y 65 cm, según el diámetro del cilindro.

A mayor número de revoluciones del cilindro, la eficiencia de trilla es mayor y las pérdidas de grano menores, aunque también hay más peligro de daños por rotura del grano.

El Cilindro Trillador tiene uniformemente repartidos una serie de dientes, los que pasan por entre dientes similares que hay dispuestos en el cóncavo. La acción trilladora se produce por trituración y desgarró.

El Cóncavo es una parrilla de varillas o dientes según sea el tipo de cilindro, de forma curva y colocado bajo el Cilindro Trillador. En su extremo posterior tiene una prolongación de varillas que facilitan el paso de la paja hacia el saca-paja. La figura 2.10 muestra un típico cóncavo de parrilla.

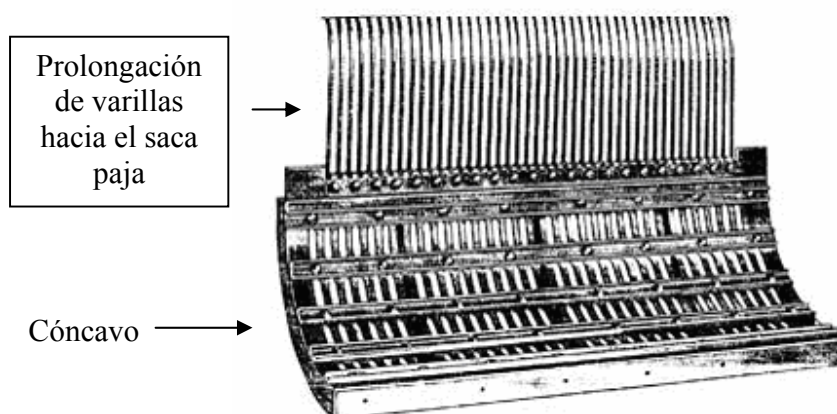


Figura 2.10 Cóncavo de parrilla solidario de un cilindro de barras

El despajador del cilindro es una placa deflectora ubicada en la parte superior del cilindro que evita la contra alimentación que ocurre cuando el material es llevado alrededor y arrastrado por éste, como el que se muestra en la figura 2.11

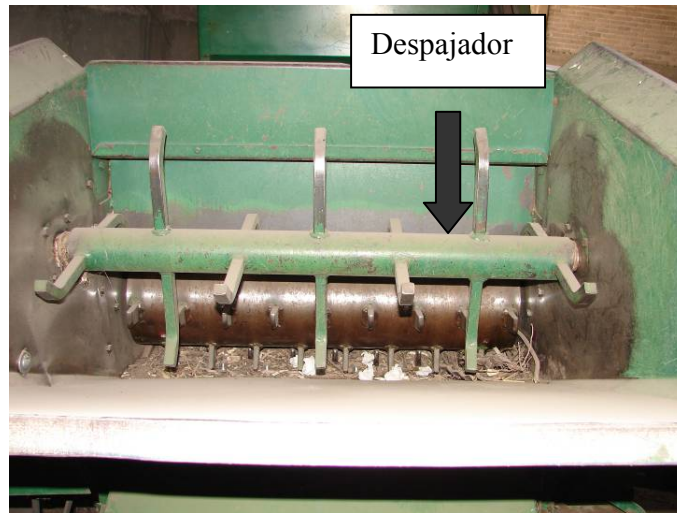


Figura 2.11 Despajador del cilindro

Parrilla de varillas. Se ubica a continuación del cóncavo. Su función es sostener y mantener dirigida hacia arriba la paja de manera que el bastidor desvíe la paja hacia el saca-paja. La falta de estas varillas hace que la paja pueda caer directamente en el plano recuperador recargando el mecanismo de limpieza.

La velocidad que se imprime al cilindro debe estar en relación directa con el tamaño de las semillas y la facilidad que tengan las espigas y vainas para desprender los granos sin sufrir quebradura de estos. Si la semilla es frágil, la velocidad debe ser disminuida. Por esta razón la regulación de la velocidad es crítica en algunas cosechas, más si se trata de granos para semilla. Hay semillas fáciles de trillar por lo que necesitan un menor impacto para ser desprendidas y, a su vez, resisten un impacto fuerte sin dañarse. En este caso la velocidad no es crítica, pero el ajuste es fundamental cuando la semilla es frágil al impacto.

Separación del cóncavo. La separación entre el cilindro y el cóncavo es controlada mediante una manivela. En la mayoría de las cosechadoras es posible regular la parte delantera y trasera. Lo normal es que a la entrada la separación sea mayor que la trasera, aproximadamente el doble, lo que le da un efecto de cuña. Esta acción se conserva automáticamente si no es alterada.

La separación del cóncavo tiene los siguientes efectos:

- En la calidad de la acción trilladora
- En la cantidad de semilla que se separa a través del cóncavo.

Al emplear la separación adecuada, la acción trilladora ocurre en la parte delantera del cóncavo, de manera que la mayoría de las semillas caen antes que la paja desgarrada por el cilindro. Con el espacio muy ancho, la acción trilladora ocurre muy atrás y hay menos tiempo para la separación. Este hecho se muestra gráficamente en la figura 2.12

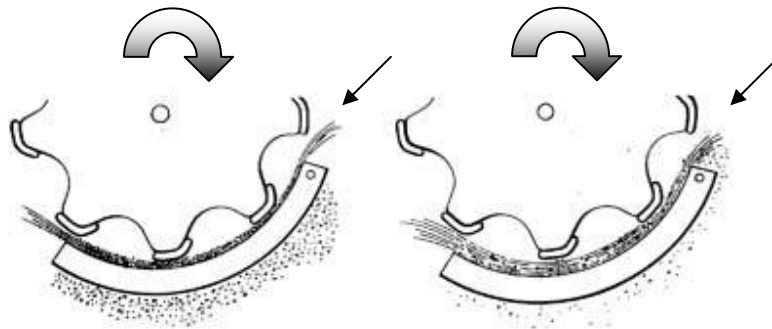


Figura 2.12. Efecto de la separación entre el cilindro y el cóncavo.

La óptima acción trilladora se obtiene ajustando la velocidad y la separación en conjunto. En el orden práctico es mejor ajustar primero el cóncavo y después la velocidad del cilindro para lograr el mejor efecto de trilla sin que se produzca grano partido. Si hay grano dañado se debe reducir la velocidad. Como resultado de los ajustes hechos en el mecanismo de trilla puede suceder una acción trilladora insuficiente o una acción excesiva.

Cuando se tiene una *trilla insuficiente* se presentan las siguientes situaciones:

- Espigas sin trillar a la salida del sacapaja,
- Exceso de retorno,
- Sobre carga del sacapaja, y
- Pérdida de granos en el sacapaja.



Cuando la *trilla es excesiva*:

- Grano dañado o quebrado.
- Paja muy molida que sobrecarga las Cribas en el siguiente sistema del proceso.
- Mal trabajo de las cribas por sobrecarga y pérdida de granos en ellas.

En el Cilindro Trillador y Cóncavo es donde realmente se produce la trilla.

Existen dos tipos de cilindros trilladores:

**De dedos.** Están formados por barras longitudinales con resaltes verticales o dedos. El cilindro desgranador está formado por dos partes; una móvil o cilindro y una estática o cóncavo. El cilindro va girando y sus dedos se van insertando entre los dedos del cóncavo. Entre ambos queda un hueco donde por fricciones se produce la separación del grano de la espiga. En él se tritura toda la planta. La separación entre los dedos ha de ser la idónea para que no se rompan los granos y viene determinada en función del tamaño medio de los mismos. La figura 2.13 muestra un cilindro de dedos.



Figura 2.13 Cilindro de dedos

**De barras.** Está formado por una estructura de discos transversales unidos mediante un eje central. Sobre los discos se fijan unas barras cuya zona exterior es estriada, dispuesta con sus ranuras orientadas en sentidos opuestos. Con ello se consigue que las estrías compriman a las espigas y vainas con un movimiento de zigzag, evitando que se amontone en un solo lado a su paso por la trilla y la separación del grano de la paja. Los cilindros de barras producen menos ruido y mejoran la eficacia de la trilla para las mismas condiciones de trabajo que los cilindros de dedos. En la figura 2.14 se muestra un cilindro de barras.

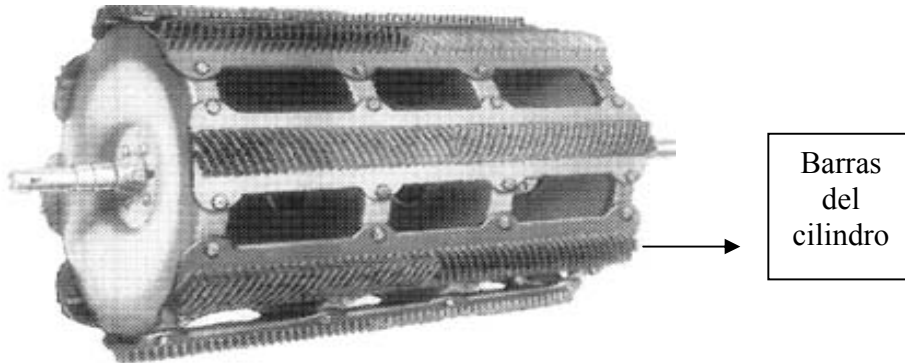


Figura 2.14. Cilindro de barras

Hoy en día es común el empleo de cilindros desgranadores de flujo axial, la masa entra paralela a éste. Está formado por barras helicoidales en el primer tramo y longitudinales en un segundo tramo. En la parte más alta estas barras ya son lisas.

### 2.3.3 Sistema de Cribado

El cribado consiste en hacer pasar el fríjol por los orificios de una malla cribada, lo cual se logra haciendo vibrar la criba con la fuerza suficiente como para hacer que la planta recorra la criba por toda su longitud o metiendo el producto en cilindros cribados, fabricados normalmente del mismo material que las bandas cribadas, las cuales pueden tener diferentes tipos de tejidos, como los que se muestran en la figura 2.15

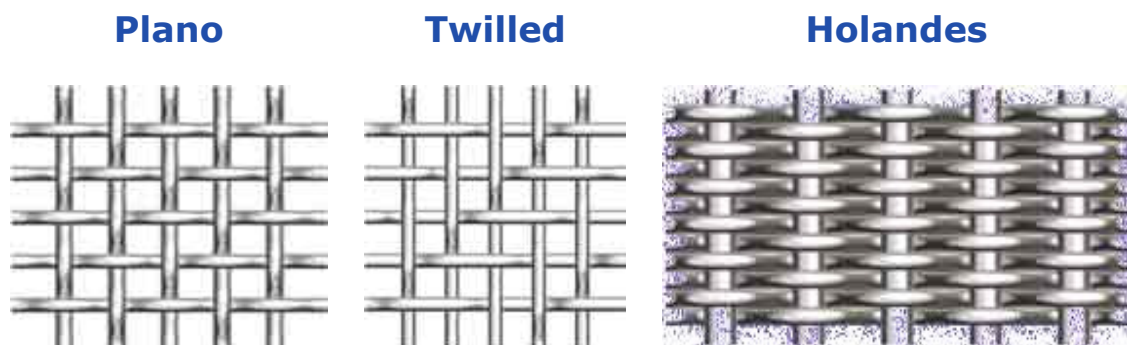


Figura 2.15 Tipos de tejidos para mallas cribadas

La medida que se usa en la tela metálica es "MESH" por sus siglas en inglés y quiere decir número de aberturas por pulgada lineal. Se cuenta empezando desde el centro de un alambre anotando el número de aberturas que hay hasta un punto a una pulgada de distancia. Cuando la cuenta no llega a un número redondo, es necesario indicar la parte fraccional o sobrante.

Cuando la malla se especifica como parte fraccional de pulgada, ha de entenderse que ella representa la abertura o espacio libre entre los alambres.

El objetivo del cribado es garantizar que la totalidad del producto pasa por los orificios antes mencionados, quedando los residuos de mayor tamaño sobre la criba para su posterior desecho.

En el sistema de bandas, la vibración comúnmente se puede lograr a través de dos sistemas: uno es por medio de balines que golpean la maya por la parte inferior como se muestra en la figura 2.16. En este sistema, la banda es móvil y la operación se hace en dos pasos, como se muestra en las figuras 2.6 y 2.7.

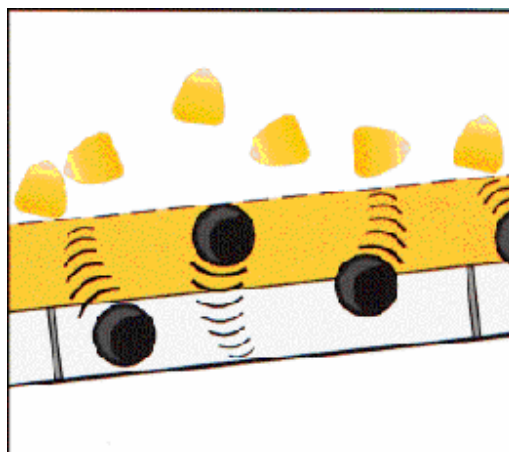


Figura 2.16 Detalle de balines golpeadores

La otra alternativa es zarandeando la criba con la fuerza suficiente para que el producto recorra toda la criba; la cual ahora está fija e inclinada para que el producto se deslice hasta la parte inferior, donde se desechan los residuos de mayor tamaño que obviamente no fueron cribados.

En la figura 2.17 se muestra la imagen de una típica máquina cribadora, la cual es hecha en México y el cribado se da al zarandear la caja de madera que se observa en el centro, la cual contiene las mallas cribadas. Cabe mencionar que ésta máquina puede hacer la separación de 3 tipos de granos de diferentes tamaños, ya que la caja antes mencionada contiene 3 mallas cribadas, cada una de diferentes diámetros de orificio.



Figura 2.17 Máquina cribadora hecha en México

### **2.3.4 Sistema de Soplado**

El sistema de soplado es el encargado de separar las últimas impurezas del frijol, éste proceso viene después de haber pasado por el cribado (donde se desprende la cáscara, espigas, hojas, etc. del frijol); a continuación el producto se hace pasar por un ducto con aire forzado en contraflujo. En este proceso de gravedad, mientras el frijol cae a los cajones de depósito final, el aire es forzado a pasar positivamente por el ducto de ventilación, creando un arrastre de las impurezas restantes, y que son de menor densidad que el producto final.

El soplado se realiza por medio de un ventilador centrífugo, este ventilador esta compuesto de un eje central donde se alojan los álabes u hojas que por medio de un sistema de banda, cople o motor eléctrico se genera un flujo de aire que pasa a través de un ducto.

Las diferentes formas que existen de alabes son resultado de estudios en túneles de viento. En las figuras 2.18a y 2.18b se muestran algunas configuraciones de alabes utilizados para los ventiladores industriales.

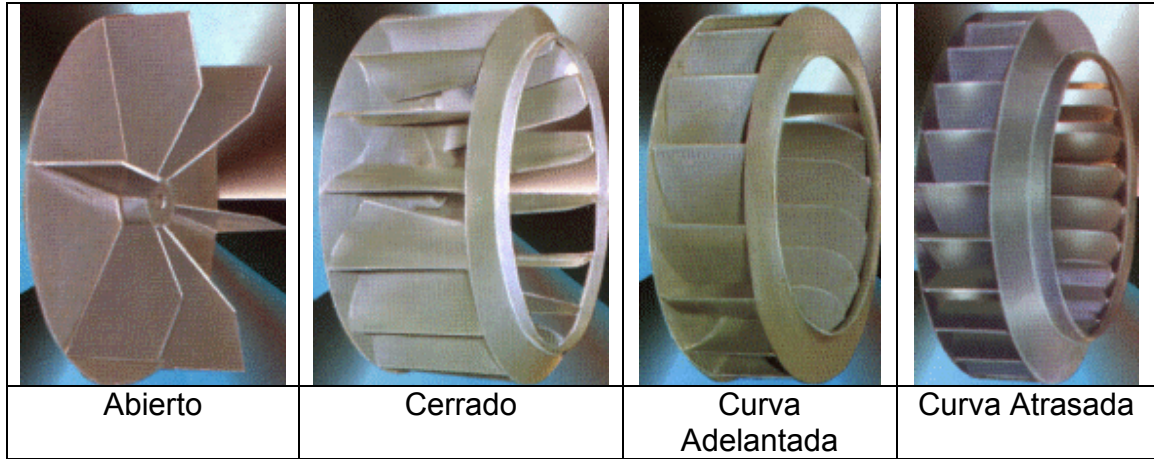


Figura 2.18a Configuraciones de alabes para ventiladores industriales

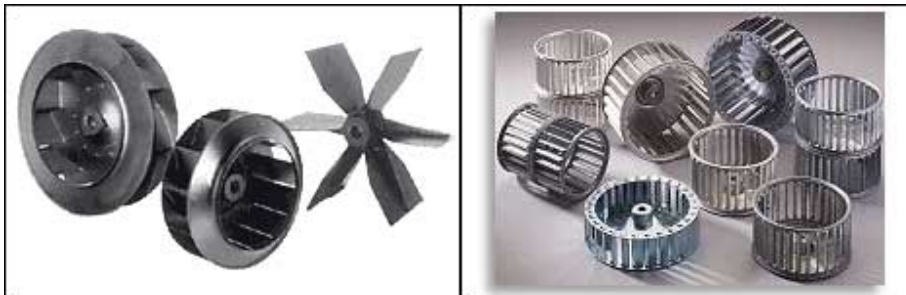


Figura 2-18b Configuraciones de alabes para ventiladores industriales

## CAPITULO 3

### DESARROLLO DE UN DISEÑO CONCEPTUAL

En éste capítulo se presenta la evaluación de alternativas de los diferentes sistemas funcionales para realizar una propuesta conceptual de una máquina limpiadora de frijol.

#### 3.1 Planteamiento del Caso de Estudio

Se propone desarrollar un diseño conceptual de una máquina limpiadora de frijol que permita procesar 2 toneladas de frijol por hora y que sea de bajo costo.

#### ***Requerimientos***

Para el desarrollo del diseño conceptual de este equipo se consideraron los siguientes requerimientos:

- Simplicidad en cuanto a los componentes y el proceso de manufactura conforme a los recursos disponibles.
- Bajo costo.
- La máquina deberá limpiar tres diferentes tamaños de frijol.
- Uso de motores eléctricos de bajo consumo de energía.
- Fácil uso y seguro.
- Bajo mantenimiento

#### ***Especificaciones***

Las especificaciones propuestas para el desarrollo del diseño conceptual son:

- Capacidad para procesar 2 ton/hr de frijol.
- Utilización de un motor eléctrico comercial.
- Transferencia de potencia a todos los sistemas por medio de bandas y poleas.
- El equipo deberá estar fijo.

### 3.2 Diseño Conceptual.

Tomando en cuenta que se desea hacer la propuesta de una máquina limpiadora de frijol, se comienza el diseño mediante la descomposición funcional.

A través de la descomposición funcional se detectan las principales funciones del diseño. Una vez que se definen, se pueden relacionar las funciones, como se muestra en la figura 3.1.

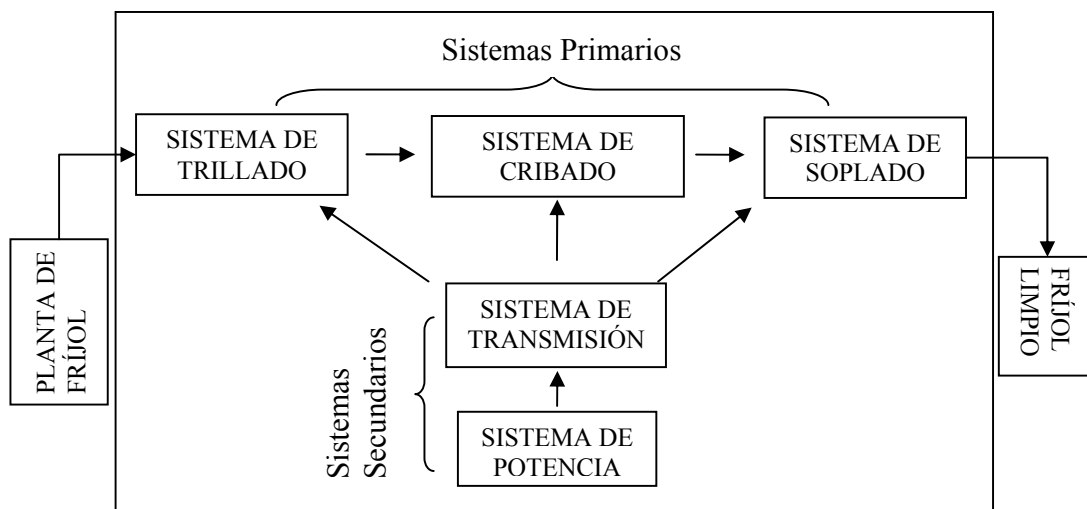


Figura 3.1 Diagrama de las principales funciones del proceso.

Considerando el diagrama de las principales funciones de la máquina limpiadora de frijol, a continuación se deben generar alternativas de solución para cada uno de los sistemas que integrarán la máquina.

### 3.3 Generación y Evaluación de Alternativas

Para la solución de los diferentes sistemas funcionales que conforman el equipo limpiador de frijol, se generan diferentes alternativas para cada sistema funcional.

Sistemas Funcionales:

- Sistemas Primarios

- **Trillado** > Tritura la planta para separar la vaina del frijol. Los elementos fundamentales del mecanismo de trilla son el Cilindro Trillador y el Cóncavo.
- **Cribado**> Desprende la cáscara y filtra las impurezas de mayor tamaño al frijol. Se realiza a través de una malla.
- **Soplado**> Elimina las impurezas más pequeñas y ligeras.

- Sistemas Secundarios

- **Transmisión**> Transmite la potencia a los diferentes sistemas. Se realiza por medio de elementos de transmisión: bandas, cadenas, engranes.
- **Potencia**> Genera movimiento a la transmisión. Se obtiene por medio de una fuerza motriz.

### ***3.3.1 Alternativas de Solución.***

En las tablas 3.1 a la 3.5 se presentan las diferentes alternativas de solución para cada uno de los sistemas funcionales en que se dividió la máquina limpiadora de frijol.



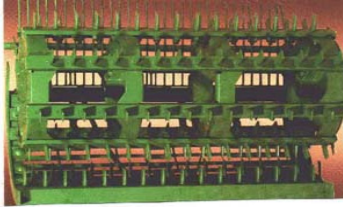
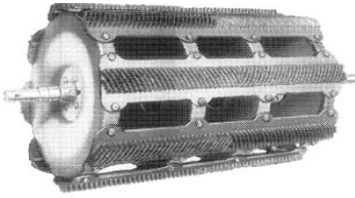
<b>Sistema de Trillado</b>	
Alternativa de Solución 1	<p>Dedos</p> 
Alternativa de Solución 2	<p>Barras</p> 

Tabla 3.1 Alternativas de solución para el sistema de trillado

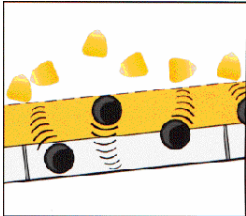
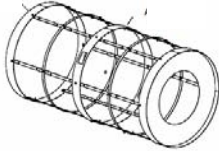
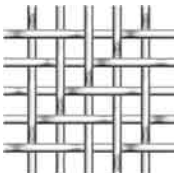
<b>Sistema de Cribado</b>	
Alternativa de Solución 1	<p>Banda vibratoria</p> 
Alternativa de Solución 2	<p>Tambor giratorio</p> 
Alternativa de Solución 3	<p>Mesa de Malla</p> 

Tabla 3.2 Alternativas de solución para el sistema de cribado



<b>Sistema de Soplado</b>	
Alternativa de Solución 1	Compresora 
Alternativa de Solución 2	Ventilador 

Tabla 3.3 Alternativas de solución para el sistema de soplado

<b>Sistema de Transmisión</b>	
Alternativa de Solución 1	Engranajes 
Alternativa de Solución 2	Cadenas` 
Alternativa de Solución 3	Poleas y Bandas 

Tabla 3.4 Alternativas de solución para el sistema de transmisión.




<b>Sistema de Potencia</b>	
Alternativa de Solución 1	Motor de combustión interna 
Alternativa de Solución 2	Motor eléctrico 
Alternativa de Solución 3	Flecha acoplada a un tractor 

Tabla 3.5 Alternativas de solución para el sistema de potencia

### 3.3.2 Evaluación de Alternativas

A continuación se presenta la evaluación de las diferentes alternativas para cada sistema funcional.

La evaluación de alternativas se realiza de acuerdo a los siguientes pasos:

Paso 1) Se determinan los “Criterios de Diseño”.

Para el caso de estudio son:

Criterios de diseño
Capacidad
Vida útil
Bajo Costo
Facilidad de Manufactura

Paso 2) Se asignan valores relativos a cada uno de los criterios de diseño, la suma debe resultar 100%.

Criterios de diseño	Valor
Capacidad	40%
Vida útil	30%
Bajo Costo	20%
Facilidad de Manufactura	10%

Paso 3) Calificar cada una de las alternativas de solución, considerando la siguiente escala de calificación<sup>1</sup>.

Escala	Descripción de la Solución
0	Inútil
1	Inadecuado
2	Débil
3	Pobre
4	Tolerable
5	Satisfactorio
6	Buena c/desventajas
7	Buena
8	Muy buena
9	Excelente
10	Ideal

Tomando en cuenta lo indicado anteriormente, se tienen las siguientes matrices de decisión:

Sistema de Trillado					
Alternativas de Solución / Criterios de diseño	Capacidad (40%)	Vida útil (30%)	Bajo Costo (20%)	Facilidad de manufactura (10%)	Total
Dedos	8 3.2	8 2.4	9 1.8	9 0.9	<b>8.3</b>
Barras	9 3.6	8 2.4	6 1.2	6 0.6	<b>7.8</b>

Tabla 3.6 Matriz de decisión del sistema de trillado

<sup>1</sup> Escala tomada del libro "Engineering Design" Dieter

<b>Sistema de Cribado</b>					
Alternativas de Solución / Criterios de diseño	Capacidad (40%)	Vida útil (30%)	Bajo Costo (20%)	Facilidad de manufactura (10%)	Total
Banda vibratoria	8 3.2	6 1.8	6 1.2	6 0.6	<b>6.8</b>
Tambor giratorio	7 2.8	8 2.4	9 1.8	9 0.9	<b>7.9</b>
Mesa de malla	9 3.6	8 2.4	8 1.6	8 0.8	<b>8.4</b>

Tabla 3.7 Matriz de decisión del sistema de cribado

<b>Sistema de Soplado</b>					
Alternativas de Solución / Criterios de diseño	Capacidad (40%)	Vida útil (30%)	Bajo Costo (20%)	Facilidad de manufactura (10%)	Total
Compresora	7 2.8	7 2.1	6 1.2	6 0.6	<b>6.7</b>
Ventilador	8 3.2	8 2.4	8 1.6	8 0.8	<b>8.0</b>

Tabla 3.8 Matriz de decisión del sistema de soplado

<b>Sistema de Transmisión</b>					
Alternativas de Solución / Criterios de diseño	Capacidad (40%)	Vida útil (30%)	Bajo Costo (20%)	Facilidad de manufactura (10%)	Total
Engranajes	8 3.2	9 2.7	6 1.2	7 0.7	<b>7.8</b>
Cadenas	8 3.2	9 2.7	7 1.4	7 0.7	<b>8.0</b>
Poleas y Bandas	8 3.2	8 2.4	8 1.6	9 0.9	<b>8.1</b>

Tabla 3.9 Matriz de decisión del sistema de transmisión

<b>Sistema de Potencia</b>					
Alternativas de Solución / Criterios de diseño	Capacidad (40%)	Vida útil (30%)	Bajo Costo (20%)	Facilidad de manufactura (10%)	Total
Motor combustión interna	8 3.2	7 2.1	7 1.4	7 0.7	<b>7.4</b>
Motor eléctrico	8 3.2	9 2.7	9 1.8	8 0.8	<b>8.5</b>
Flecha (cople)	7 2.8	7 2.1	6 1.2	7 0.7	<b>6.8</b>

Tabla 3.10 Matriz de decisión del sistema de potencia

Paso 4) Seleccionar la alternativa de solución con la mayor calificación.

Para el caso de estudio se muestran en la tabla 3.11 las alternativas de solución elegidas para cada sistema funcional:

<b>Sistemas Funcionales</b>	<b>Alternativa de Solución</b>
Trillado	Dedos
Cribado	Mesa de malla
Soplado	Ventilador
Transmisión	Poleas y Bandas
Potencia	Motor Eléctrico

Tabla 3.11 Alternativas de solución elegidas.

Con base en lo anterior, y de lo investigado sobre el funcionamiento de las máquinas limpiadoras de frijol, se plantea el funcionamiento general de la máquina propuesta, con el entendido que el proceso elegido se adapta a las necesidades del campo mexicano.

A continuación se describe de manera general el proceso que llevara a cabo la máquina para la obtención del frijol limpio, como se ilustra en la figura 3.2.

La máquina será alimentada manualmente a través de una tolva (1), la cual conducirá la planta hasta el sistema de trilla (2), el cual triturara la planta para separar la semilla de la vaina.

Después del trillado, la planta pasa a la mesa de gravedad que contiene las cribadoras (3). La mesa de gravedad será zarandeada por medio de un sistema motriz (4), una vez libre de las impurezas el frijol es sometido a un contra flujo de aire por medio de un soplador de álabes cerrados para eliminar por completo las impurezas restantes (5); estos sistemas funcionales están conectados a través de una transmisión de bandas y poleas (6).

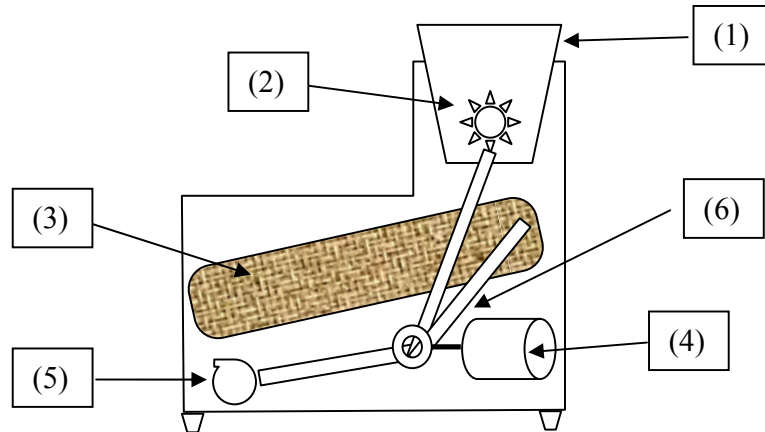


Figura 3.2 Diagrama de los sistemas funcionales para una máquina limpiadora de frijol.

El movimiento de la máquina permitirá que los frijoles pasen a través de las cribas y se dirijan por gravedad, hacia un ducto vertical por el cual se hará pasar aire en contra flujo, calibrado de tal forma que solo permitirá el paso de los frijoles y todo objeto con un peso menor a estos, será expulsado.

Al final de dicho ducto se encontrará el depósito final, donde se acumulará el frijol ya limpio.

## CAPITULO 4

### PROPUESTA CONCEPTUAL

En el presente capítulo se toma en cuenta la información generada de la toma de decisiones en el capítulo 3, para así proponer el diseño conceptual de la máquina limpiadora de frijol, el cual consiste en: presentar un dibujo de conjunto, los sistemas funcionales, las especificaciones generales del equipo requerido, los componentes comerciales y la capacidad esperada de la máquina.

En la figura 4.1 se muestra un dibujo de conjunto de la máquina limpiadora de frijol propuesta. Las medidas generales de la máquina y el detalle de las partes se muestran en los planos del anexo B.

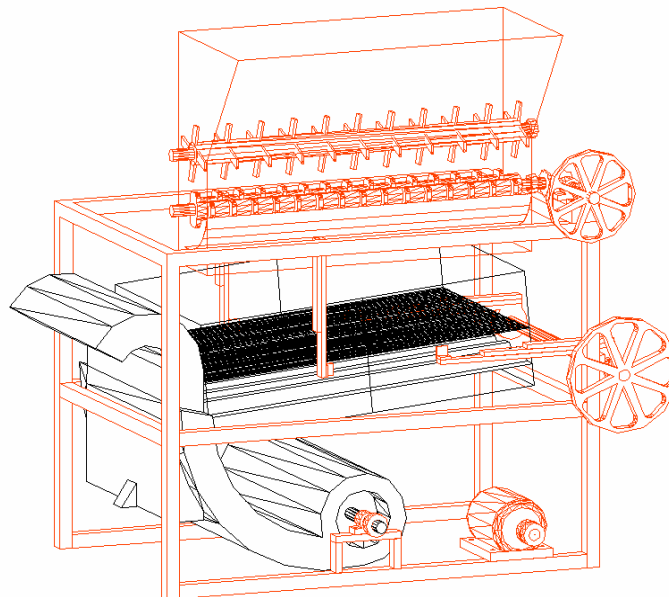


Figura 4.1 Dibujo de conjunto de la máquina limpiadora de frijol propuesta

A continuación se muestra con mayor detalle cada uno de los sistemas funcionales, haciendo énfasis en los componentes principales de cada sistema.



#### 4.1. Sistema de Trillado

En la figura 4.2 se muestra el dibujo de la forma propuesta para el sistema de trillado. Se hace especial énfasis en los cilindros trilladores, parte principal de este sistema.

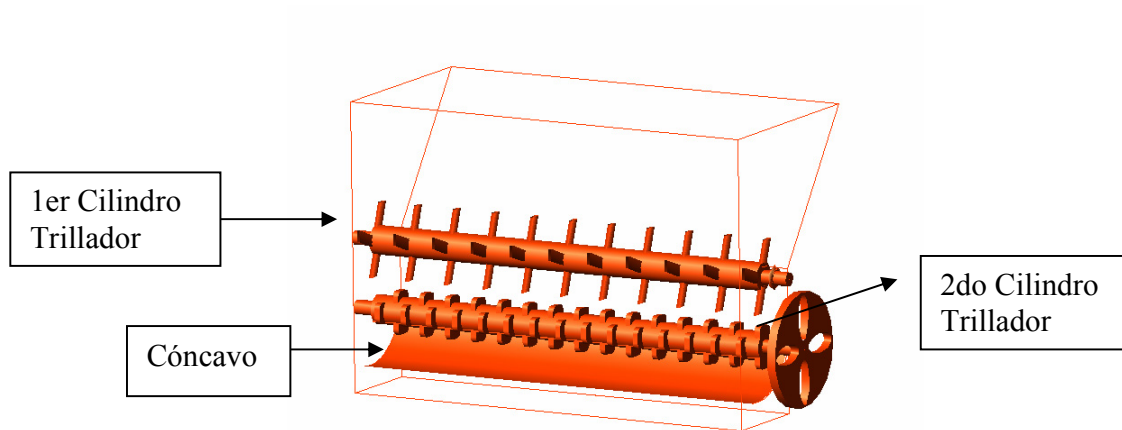


Figura 4.2 Sistema de trillado

En la figura 4.3 se muestra el primer cilindro trillador que interviene en el proceso con los dedos largos y filos a  $90^\circ$  y es el encargado de cortar la planta en tramos más pequeños

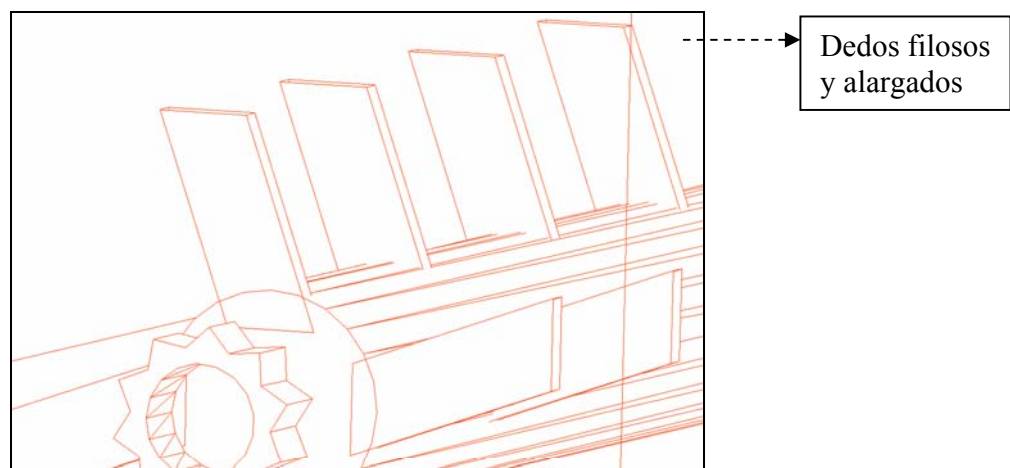
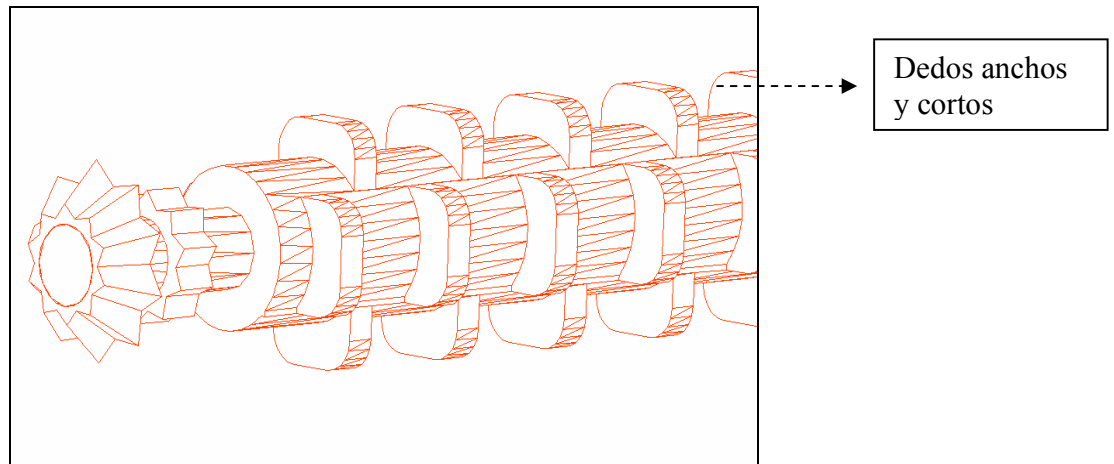


Figura 4.3 Primer cilindro trillador

En la figura 4.4 se muestra el segundo cilindro trillador, que se encarga de cortar la planta en partes más pequeñas y de desprender el frijol de la planta.



Dedos anchos y cortos

Figura 4.4 Segundo cilindro trillador

## 4.2 Sistema de Cribado

En la figura 4.5 se muestra el sistema de cribado, el cual consta de una caja con una malla cribada, que puede ser cambiada por una de diferente tamaño para otro tipo de semilla y un panel acanalado por el cual se conducen los frijoles hacia el siguiente sistema. La caja cribada debe tener una inclinación de  $5^\circ$  sobre la horizontal.

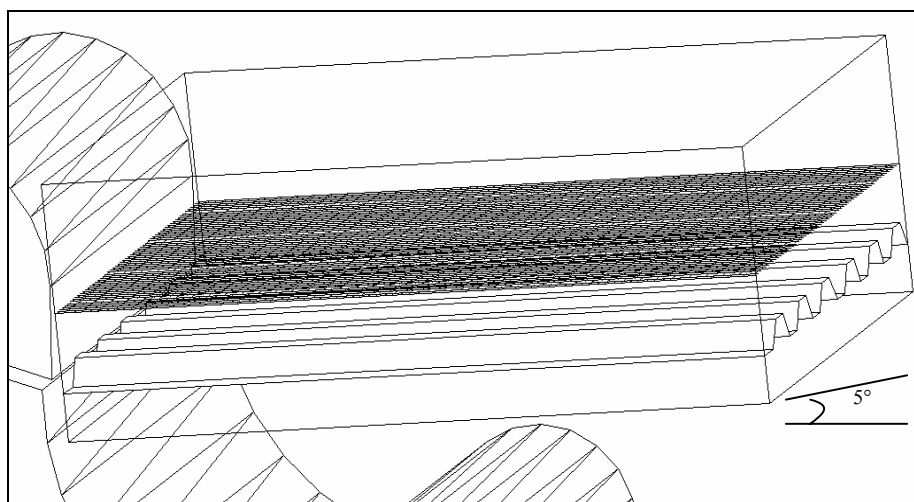


Figura 4.5 Sistema de cribado propuesto

En la figura 4.6 se muestra a detalle la malla cribada sobre el panel acanalado, que se mencionó anteriormente.

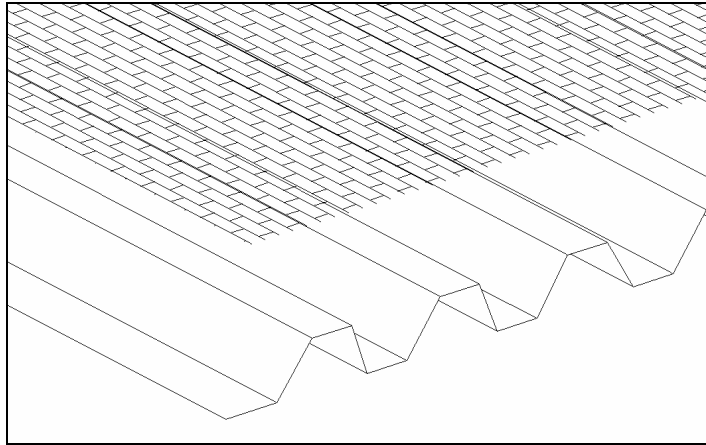


Figura 4.6 Detalle de la criba y panel acanalado

En la figura 4.7 se muestra el mecanismo con el cual la caja cribada es zarandeada, haciendo hincapié en el muelle y el volante de inercia. El muelle se encarga de eliminar el movimiento vertical y transmitir solo el movimiento horizontal; el volante de inercia se encarga de que el movimiento de la caja sea constante.

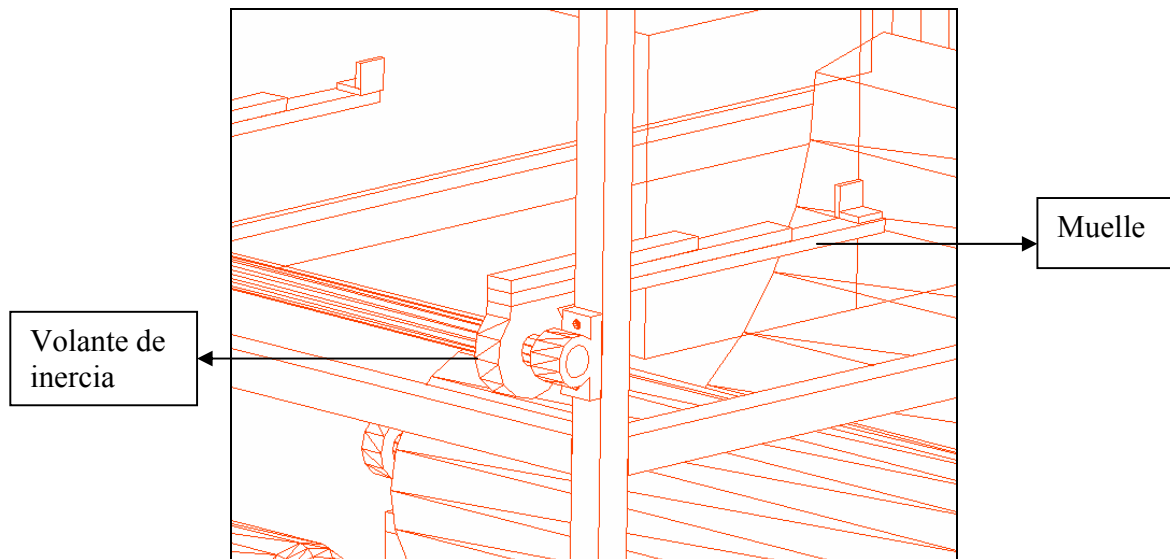


Figura 4.7 Mecanismo de zarandeo

Para determinar el tamaño de la malla, se tomo en cuenta el tamaño de los frijoles, el cual es en promedio de  $7.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$  en su sección longitudinal y de  $4.5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$  en su sección transversal. Por tanto se propone un tamaño de la malla a utilizar de  $3 \times 3^1$

### 4.3 Sistema de Soplado

En la figura 4.8 se muestra el sistema de soplado, para el cual se propone un ventilador con una presión estática 4.5 in de columna de agua y un caudal de 7000 cfm; además de un sistema de ductos que se encarga de eliminar las impurezas que se filtran a través de la criba.

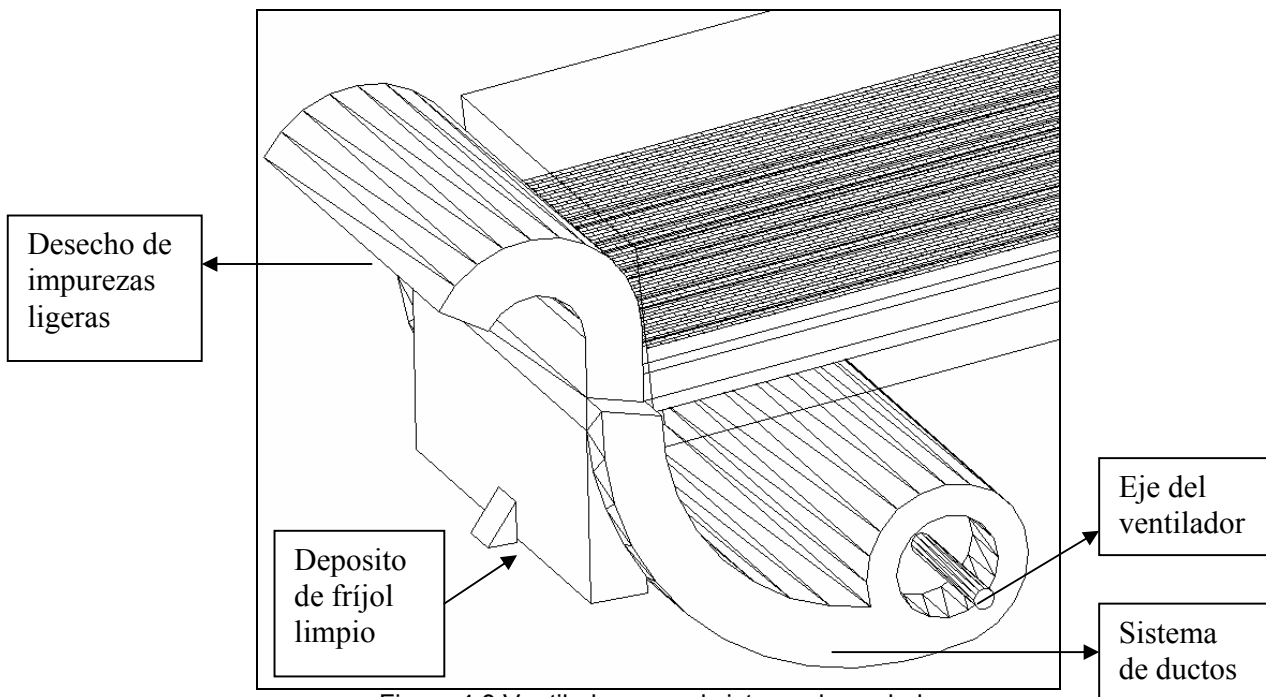


Figura 4.8 Ventilador para el sistema de soplado

<sup>1</sup> Ver catalogo en anexo A

#### 4.4 Sistema de Transmisión y Sistema Motriz

En la figura 4.9 se muestra el sistema de transmisión por medio de poleas y bandas trapezoidales para conectar el sistema motriz a los rodillos.

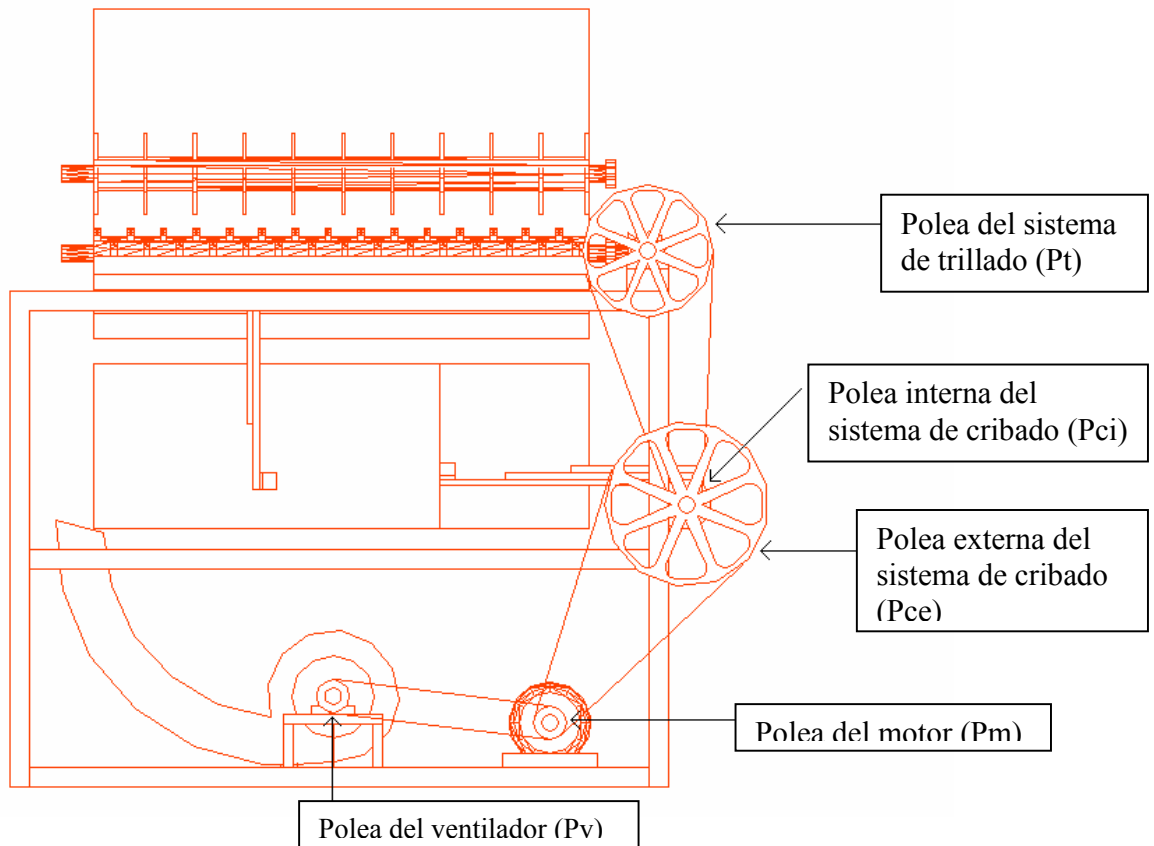


Figura 4.9 Sistema motriz

En la figura 4.10 se propone un sistema de transmisión de engranes cónicos con relación 1:1 para que la transmisión del movimiento al sistema de trillado, a diferencia de las máquinas existentes, sea de forma perpendicular al eje de la polea de trillado (Pt) con el objetivo de permitir que la tolva trilladora sea más larga y en consecuencia tenga mayor capacidad.

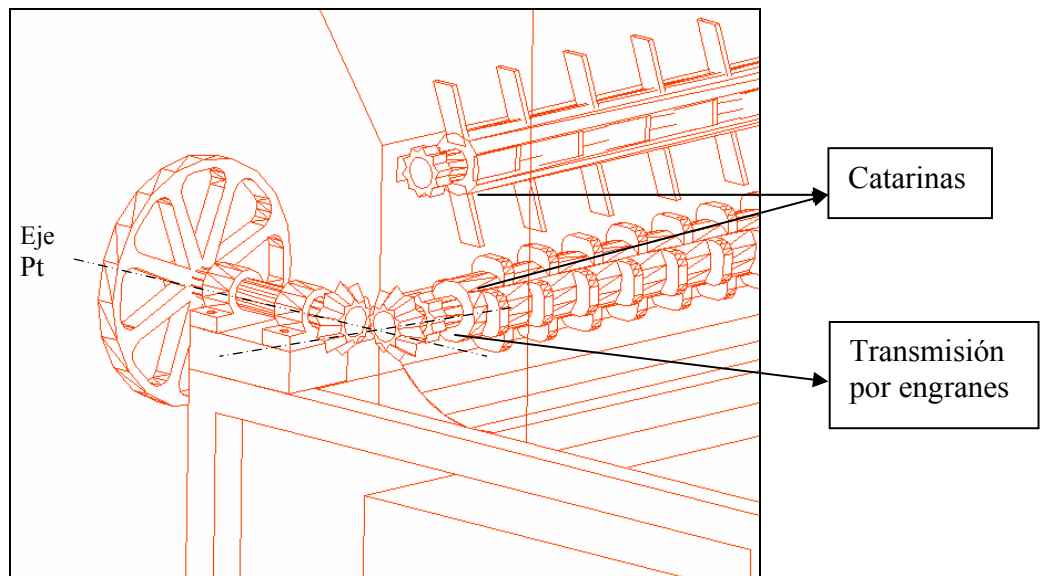


Figura 4.10 Sistema de transmisión por engranes

En la tabla 4.1 se muestran las características técnicas del motor propuesto para la máquina limpiadora de frijol.

Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]	Fases	Potencia Nominal [HP]	R.P.M.
220 ó 440	60	3	5	1800

Tabla 4.1 Características del motor eléctrico

### Cableado del motor

El motor se conecta a un interruptor del tipo on/off para su activación. La forma de conectar el motor se muestra en la figura 4.11

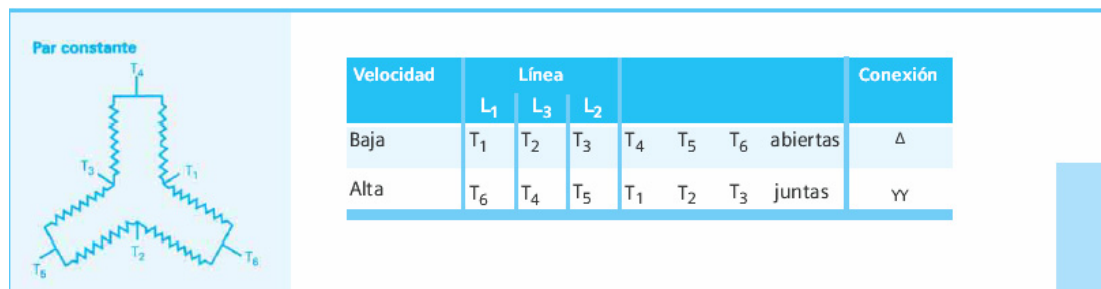


Figura 4.11 conexión del motor

**Polea exterior**

Para el cálculo del radio de la polea exterior de la criba (Pce) se utilizó la ecuación 4.1

$$R_{ce} = \frac{R_m \omega_m}{\omega_c} \dots\dots\dots (4.1)$$

De donde:

- R<sub>ce</sub> = Radio de la polea externa Pce [cm]
- ω<sub>c</sub> = Velocidad angular de la polea Pc [rpm]
- R<sub>m</sub> = Radio de la polea del motor [cm]
- ω<sub>m</sub> = Velocidad angular del motor [rpm]

Considerando que el motor gira a 1800 rpm, que la polea del motor es de 6.35 cm de radio y que la polea debe girar entre 410 y 425 rpm; utilizando la ecuación 4.1 y sustituyendo valores se tiene que:

$$R_{ce} = \frac{(6.35)(1800)}{(410)}$$

$$R_{ce} = 27.87 \text{ cm (10.97 in)}$$

**Polea de la trilla**

Para el cálculo del radio de la polea de la trilla (Pt) se utiliza la ecuación 4.2

$$R_t = \frac{R_{ci} \omega_c}{\omega_t} \dots\dots\dots (4.2)$$

De donde:

- R<sub>ci</sub> = Radio de la polea interna de la criba Pci [cm]
- ω<sub>c</sub> = Velocidad angular de la polea Pc [rpm]
- R<sub>m</sub> = Radio de la polea del motor [cm]
- ω<sub>m</sub> = Velocidad angular del motor [rpm]

Considerando que la polea interna de la criba (Pci) es de 6.35 cm de radio, que el cilindro trillador debe girar entre 50 y 70 rpm; sustituyendo valores en la ecuación 4.2 se tiene:

$$R_t = \frac{(6.35)(410)}{(70)}$$

$$R_t = 37.19 \text{ cm (14.64in)}$$

Los radios obtenidos para las poleas se adaptan a la medida comercial más cercana para reducir costos.

Con base en la investigación comercial, las dimensiones y procesos que se plantean para la máquina propuesta, se espera que la capacidad de la máquina sea entre 5 y 7 toneladas de frijol por hora aproximadamente.

En la tabla 4.2 se muestra la cotización de las principales partes comerciales necesarias para la construcción de la máquina.

Cant.	Modelo	Concepto	Descripción	Fabricante	Precio Unitario	Total
1	213T	Motor Trifásico	5 H.P. RGZ: 220-440 V 1800 R.P.M. 60 Hz	Siemens	\$4427.50	<b>\$4,427.50</b>
1.3m <sup>2</sup>	-----	Malla	Acero Inox. 304 Mesh 3x3 alambre cal. 16	Matex	\$563.00/ (m <sup>2</sup> )	<b>\$731.90</b>
1	-----	Polea	Ø <sub>ext.</sub> =22" Ø <sub>int.</sub> =1" Con Buje Intercambiable, Tipo "D", Fierro colado	BYC Rodamientos	\$2909.50	<b>\$2,909.50</b>
1	-----	Polea	Ø <sub>ext.</sub> =30" Ø <sub>int.</sub> =1" Con Buje Intercambiable, Tipo "D", Fierro Colado	BYC Rodamientos	\$3404.00	<b>\$3,404.00</b>
2	-----	Polea	Ø <sub>ext.</sub> =5" Ø <sub>int.</sub> =1" Con Buje Intercambiable, Tipo "D", Fierro colado	BYC Rodamientos	\$729.10	<b>\$1,458.20</b>

Tabla 4.2 Cotización de partes comerciales



Cant.	Modelo	Concepto	Descripción	Fabricante	Precio Unitario	Total
2	-----	Polea	Øext.=5" Øint.=1" Con Buje Intercambiable, Tipo "C", Fierro colado	BYC Rodamientos	\$611.80	<b>\$1,223.60</b>
1	D-128	Banda plana	Tipo "D" 133"	Jason	\$317.00	<b>\$317.00</b>
1	D-120	Banda plana	Tipo "D" 125"	Jason	\$311.00	<b>\$311.00</b>
1	C-75	Banda plana	Tipo "C" 79"	Rexon	\$107.00	<b>\$107.00</b>
1	SQ-220-11	Ventilador	Pe=0.5" Columna agua, 1710rpm 7015FCM Con acople por correa	Dayton	\$4,462.00	<b>\$4,462.00</b>
2	EC-20-09 EC-20-10	Engranés Cónicos	Cónico Recto. 1:1. Ø=2"	Engranés de México	\$1,725.00	<b>\$3,450.00</b>
2	-----	Catarina	Ømax.=7.5mm Øflecha=50mm Ancho=20mm	Engranés de México	\$1,150.00	<b>\$2,300.00</b>
1	-----	Cadena Tipo Americano	d=19,56mm Paso=1¼"	Limbel	\$87.00/ (m)	<b>\$87.00</b>
2	-----	Muelles de Flexión Horizontales	2"x 41" tres placas	Muelles Industriales Romo	\$581.00	<b>\$1,162.00</b>
2	-----	Muelles de Flexión Verticales	2"x 30" dos placas	Muelles Industriales Romo	\$420.00	<b>\$840.00</b>
<b>Total</b>						<b>\$27,190.70</b>

Tabla 4.2 Cotización de partes comerciales (continuación)

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con este trabajo se deja sentadas las bases para la construcción de una máquina limpiadora de frijol, enfocada a atacar los principales problemas que tienen los productores mexicanos en la limpieza de esta semilla, como son: la falta de capital de inversión, las máquinas no trabajan al 100% por la falta de personal capacitado para operar máquinas complejas y la falta de capital para mantenimiento y/o reparaciones.

Con base en la evaluación de los diferentes procesos que existen para la limpieza del frijol. Este trabajo les brinda a los productores una propuesta conceptual de una máquina limpiadora de frijol de bajo costo con relación a las máquinas importadas, de buen rendimiento, fácil operación y mantenimiento, además de que las refacciones al ser productos comerciales son más económicas que las refacciones para máquinas importadas.

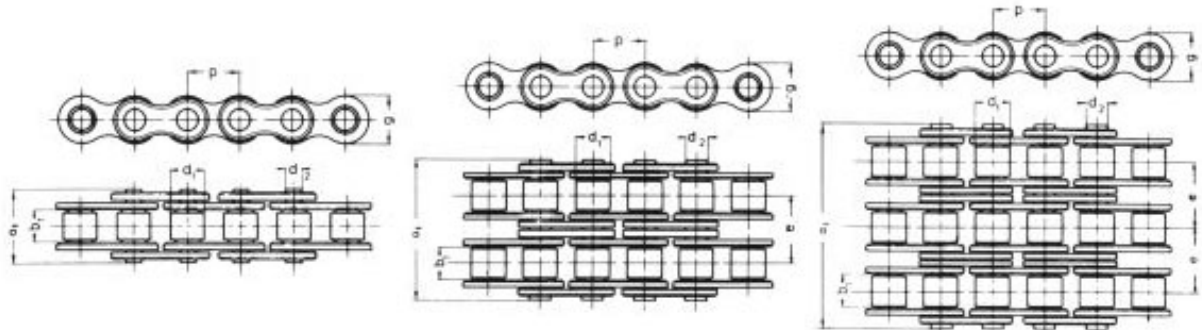
En resumen se detectan las siguientes ventajas:

- Se reduce considerablemente el capital de inversión.
- Se fomenta la economía nacional al invertir en productos mexicanos y disminuir las importaciones.
- La máquina es fácil de alimentar y de forma continua
- Se realizan los procesos de trilla y criba con una sola máquina; los cuales, la mayoría de las veces, se realizan en diferentes máquinas.
- Reducción de los gastos referentes a capacitación de los operadores, por ser una máquina de fácil operación.
- Reducción de gastos de mantenimiento y/o reparaciones, gracias a que utiliza mecanismos sencillos y elementos comerciales.
- La máquina tiene una capacidad de limpiar entre 5 y 7 toneladas de frijol por hora aproximadamente.

## ANEXO A

CATÁLOGOS

CADENAS



CADENA DE RODILLOS SIMPLE - DIN 8187 - ISO 606 - ANSI B 29-1

ISO Nr. DIN	mm	p pulgadas	b <sub>1</sub> mm min.	d <sub>2</sub> mm	d <sub>1</sub> mm max.	a <sub>2</sub> mm max.	g mm max.	**f cm <sup>2</sup>	Carga Rotura N	p* kg/m =
04-1	6		2,80	1,85	4,00	7,4	5,00	0,07	3.000	0,12
05B-1	8		3,00	2,31	5,00	8,6	7,11	0,11	5.000	0,18
06B-1	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	13,5	8,26	0,28	9.000	0,41
081	12,7	1/2"	3,30	3,66	7,75	10,2	9,91	0,21	8.200	0,28
082	12,7	1/2"	2,38	3,66	7,75	8,2	9,91	0,16	10.000	0,26
083	12,7	1/2"	4,88	4,09	7,75	12,9	10,30	0,32	12.000	0,42
084	12,7	1/2"	4,88	4,09	7,75	14,8	11,15	0,35	16.000	0,59
085	12,7	1/2"	6,38	3,58	7,77	14,00	9,91	0,32	6.800	0,38
08B-1	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	17,00	11,81	0,50	18.200	0,70
10B-1	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	19,6	14,73	0,67	22.400	0,95
12B-1	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	22,7	16,13	0,89	29.000	1,25
16B-1	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	36,1	21,08	2,10	60.000	2,70
→ 20B-1	31,75	1 1/8"	19,56	10,19	19,05	43,2	26,42	2,95	95.000	3,60
24B-1	38,1	1 1/2"	25,40	14,63	25,40	53,4	33,40	5,54	160.000	6,70
28B-1	44,45	1 3/4"	30,99	15,90	27,94	65,1	37,08	7,40	200.000	8,30
32B-1	50,8	2"	30,99	17,81	29,21	67,4	42,29	8,11	250.000	10,5
40B-1	63,5	2,5"	38,10	22,89	39,37	82,6	52,9	12,76	360.000	16
48B-1	76,2	3"	45,72	29,24	48,26	99,1	63,8	20,63	560.000	25
56B-1	88,9	3,5"	53,34	34,32	53,98	117,0	77,8	27,91	834.000	35

**ENGRANES**

**ENGRANES CONICOS RECTOS**



1/1.

DIMENSIONES (mm)



Mod.	a	b	c	d	e	f	Dientes	Modulo
EC-22-25	47	34	16	15	31	18	22	2
EC-21-43	58	45	18	17	35	23	21	2,5
EC-21-44	58	45	18	17	35	23	21	2,5
EC-20-08	65	50	20	17	37	26	21	3
EC-20-09	65	50	20	17	37	26	21	3
EC-20-10	86	58	25	28	54	33	20	4
EC-20-11	86	58	25	28	54	33	20	4
EC-20-12	107	79	35	30	64	42	20	5
EC-20-13	107	79	35	30	64	42	20	5
EC-20-09	115	88	35	33	67	49	20	6
EC-20-10	115	88	35	33	67	49	20	6

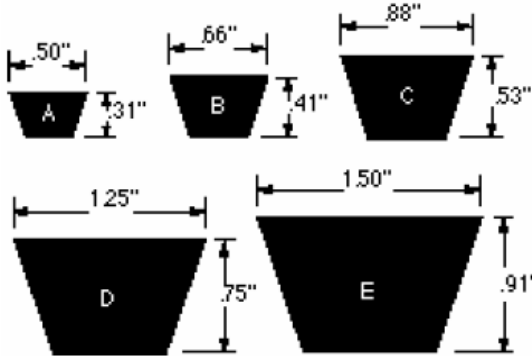
**VENTILADORES**



MODELO	Hp	rpm	Ts	PRESION ESTATICA / CAPACIDAD																										
				0-00		0.125		0.25		0.375		0.5		0.625		0.75		0.875		1										
				sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp	sona	Bhp									
SQ-180-7	1	1190	5739	4607	4507	4400	4290	4179	4045	3900	3753	3575	19.1	0.91	18.4	0.94	17.8	0.96	17.4	0.98	17.1	1.03	16.7	1.05	16.2	1.07	15.8	1.1	15.4	1.1
				5677	5595	5514	5424	5335	5245	5155	5049	4938	26	1.71	25	1.74	24	1.77	24	1.79	24	1.81	24	1.86	23	1.93	23	1.93	23	1.95
SQ-192-8	2	1480	6740	6803	6784	6739	6700	6699	6681	6631	6583	6556	27	2.43	23.2	2.41	22.3	2.36	22	2.32	19.7	2.27	17.8	2.23	17	2.21	16.9	2.17	16	2.14
				6869	6851	6839	6872	6859	6841	6839	6832	6823	32	2.44	31.3	2.44	30.9	2.47	30	2.49	29.7	2.52	29.3	2.52	29	2.54	28.4	2.57	27.7	2.59
SQ-220-11	5	1710	6902	7080	7049	7032	7029	7015	7003	6899	6879	6876	36	2.61	35.3	2.63	34.7	2.67	34.3	2.73	34	2.76	33.9	2.76	33.4	2.79	32.9	2.79	32.7	2.84
				7204	7192	7183	7159	7141	7139	7130	7113	7097	41.5	2.86	41	2.86	41	2.91	40	2.93	37.9	2.93	37.2	2.97	36.9	2.99	36.7	3.01	36.3	3.03
SQ-235-12	6	1830	6944	7403	7389	7324	7312	7302	7293	7281	7235	7207	44.9	3.07	44.2	3.11	43.7	3.13	43	3.19	42.7	3.21	42	3.23	41.9	3.25	41.6	3.27	41.3	3.27
				7649	7630	7615	7598	7539	7525	7491	7432	7417	50.1	3.29	49.3	3.31	47.7	3.31	47.1	3.34	46.8	3.14	46.3	3.17	45.9	3.41	45.7	3.43	45.1	3.47
SQ-260-14	8	1935	6987	7980	7963	7934	7839	7782	7730	7694	7681	7653	60.3	3.71	60.1	3.79	54	3.81	54.5	3.84	54	3.87	52.3	3.89	51.7	3.91	51.3	3.94	50.7	3.97
				7980	7963	7934	7839	7782	7730	7694	7681	7653	60.3	3.71	60.1	3.79	54	3.81	54.5	3.84	54	3.87	52.3	3.89	51.7	3.91	51.3	3.94	50.7	3.97

**BANDAS**

**Nominal Dimensions**



**C Section**

Belt No.	List Price	Wt. Δ (Approx.) Lbs.	Outside Length (Inches)	Datum Length (Inches)	Belt No.	List Price	Wt. Δ (Approx.) Lbs.	Outside Length (Inches)	Datum Length (Inches)
*C38	13.70	0.683	42	40.9	C124	44.16	2.228	128	126.9
C42	15.45	0.754	46	44.9	C125	44.52	2.246	129	127.9
C51	18.40	0.916	55	53.9	C128	45.60	2.300	132	130.9
*C53	19.12	0.952	57	55.9	C130	46.90	2.340	134	132.9
C55	19.84	0.988	59	57.9	C131	46.67	2.354	135	133.9
C60	21.60	1.078	64	62.9	C132	46.67	2.372	136	134.9
C62	22.32	1.114	66	64.9	C135	47.66	2.426	139	137.9
C64	23.04	1.150	68	66.9	C136	48.16	2.444	140	138.9
C65	23.40	1.168	69	67.9	C140	49.68	2.516	144	142.9
C68	24.40	1.222	72	70.9	C141	50.13	2.534	145	143.9
C70	25.08	1.258	74	72.9	C144	51.20	2.588	148	146.9
C71	25.44	1.276	75	73.9	C147	52.19	2.640	151	149.9
C72	25.62	1.294	76	74.9	C148	52.32	2.660	152	150.9
C73	25.98	1.312	77	75.9	C150	53.26	2.696	154	152.9
C75	26.80	1.348	79	77.9	C151	53.77	2.710	155	153.9
C76	27.16	1.366	80	78.9	C152	53.98	2.731	156	154.9
C78	28.00	1.402	82	80.9	C156	55.80	2.803	160	158.9
C79	28.80	1.430	83	81.9	C158	56.00	2.839	162	160.9
C81	29.20	1.456	85	83.9	C162	57.20	2.911	166	164.9
C82	29.56	1.474	86	84.9	C169	59.78	3.040	173	171.9

**D Section**

Belt No.	List Price	Wt. Δ (Approx.) Lbs.	Outside Length (Inches)	Datum Length (Inches)	Belt No.	List Price	Wt. Δ (Approx.) Lbs.	Outside Length (Inches)	Datum Length (Inches)
D105	69.60	3.927	110	108.3	D270	174.80	10.098	272	270.8
D120	79.20	4.488	125	123.3	D285	184.40	10.659	287	285.8
D128	84.40	4.787	133	131.3	D300	194.00	11.220	302	300.8
D144	94.80	5.386	149	147.3	D315	203.80	11.781	317	315.8
D158	104.00	5.909	163	161.3	D330	213.60	12.342	332	330.8
D162	107.20	6.059	167	165.3	D345	223.20	12.903	347	345.8
D171	112.29	6.395	176	174.3	D360	232.80	13.464	362	360.8
D173	113.60	6.470	178	176.3	D390	252.80	14.586	392	390.8
D180	118.00	6.732	185	183.3	D420	272.80	15.708	422	420.8
D195	128.00	7.293	200	198.3	D450	292.80	16.830	452	450.8
D210	138.00	7.854	215	213.3	D480	312.80	17.952	482	480.8
D225	145.80	8.415	227	255.8	D540	352.80	20.196	542	540.8
D240	155.20	8.976	242	240.8	D600	392.80	22.440	602	600.8
D255	164.80	9.537	257	255.8					

## ANEXO B

PLANOS

## BIBLIOGRAFÍA

### ➤ Libros

- George E. Dieter, “Engineering Design”, 3ª Edición, Ed. Mc Graw Hill
- Dixon, “Diseño en la Ingeniería”, Ed. Mc Graw Hill, 1979
- James H. Earle, “Diseño Gráfico en la Ingeniería”, Ed. Fondo Educativo Interamericano

### ➤ Tesis

- Agustín Escamilla M., “Diseño de una Máquina Trilladora de Fríjol”, 1984
- Leopoldo Ruiz Huerta, “Diseño y construcción de un microcentro de bajo costo”

### ➤ Internet

- [http://www.vinculando.org/economia\\_solidaria/soberania\\_alimentaria.htm](http://www.vinculando.org/economia_solidaria/soberania_alimentaria.htm)
- [http://www.cosmos.com.mx/pagilink.cgi?c\\_idioma=S&c\\_lapagina=mon\\_cbtqMALLAS+PARA+CRIBAS'](http://www.cosmos.com.mx/pagilink.cgi?c_idioma=S&c_lapagina=mon_cbtqMALLAS+PARA+CRIBAS')
- [http://www.siemens.com.mx/A&D/EN/Motores\\_Trif\\_1.htm](http://www.siemens.com.mx/A&D/EN/Motores_Trif_1.htm)
- <http://www.ineza.com.mx/malla.html>

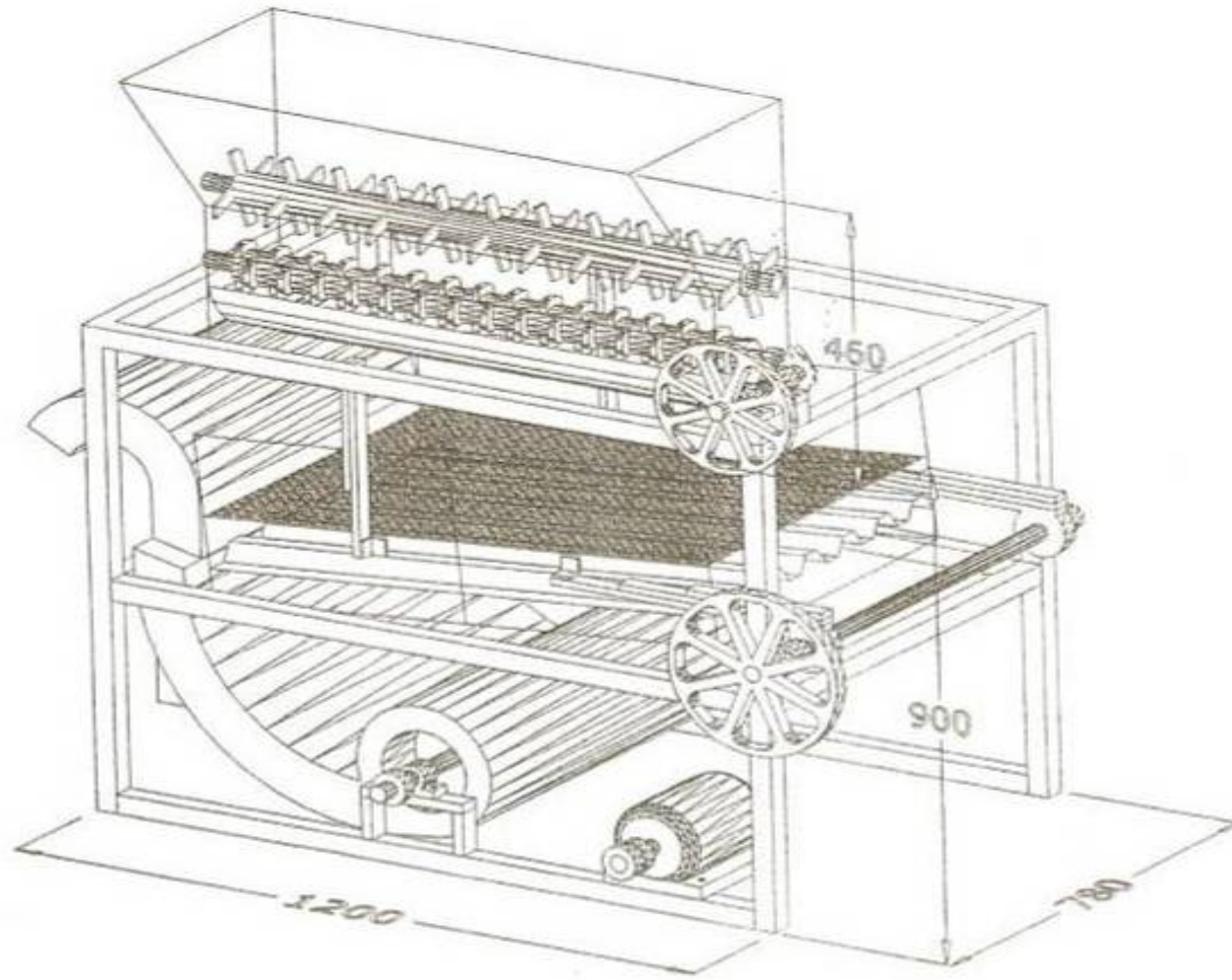
### ➤ Fuentes consultadas

- Universidad Autónoma de Chapingo (Fitotecnia)



## Lista de Planos:

<b>Nombre del Plano</b>	<b>Numero del Plano</b>
Ensamble General	<b>EG-01/01</b>
Plano General	<b>PG-01/01</b>
Estructura Ensamble	<b>ES-01/02</b>
Estructura	<b>ES-02/02</b>
Sistema de Muelles	<b>MLL-01/01</b>
Poleas	<b>PL-01/01</b>
Sistema de Trilla . .	<b>TR-01/02</b>
Sistema de Trilla . . . .	<b>TR-02/02</b>
Ventilador . .	<b>VNT-01/01</b>



PROYECTO: Máquina Limpiadora de Frijol.

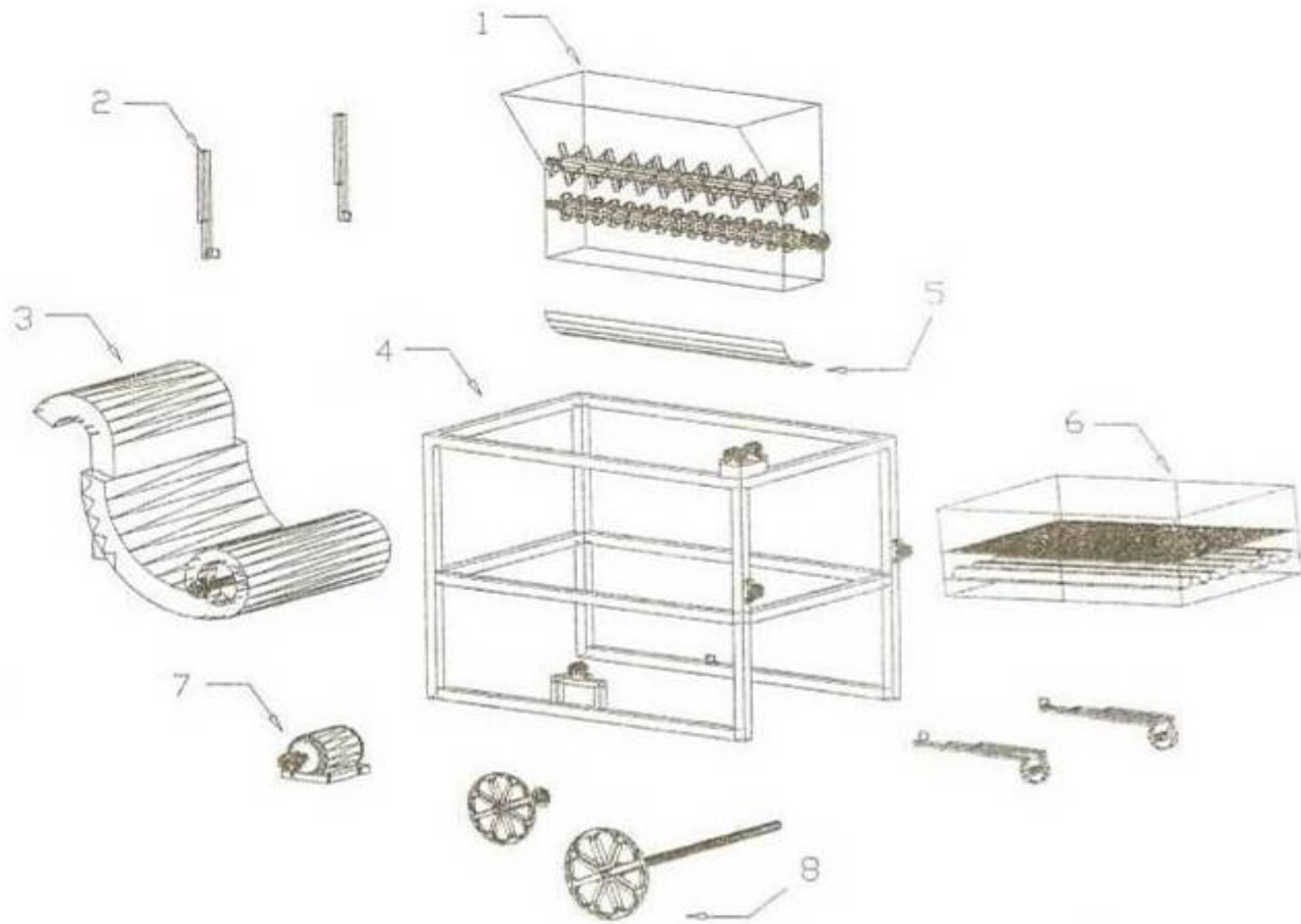
NIVEL: Ensamble General.

ESCALA: S/E  
 ACOT.: mm  
 FECHA: 10 JULIO 06

DISEÑO: Fco. de la Fuente  
 PLANO No.: EG-01/01

REVISOR: Leopoldo Glz.

F.I. UNAM



NUM	DESCRIPCION
1	SIST. DE TRILLA
2	SIST. DE MUELLES
3	VENTILADOR 7015 cfm
4	ESTRUCTURA
5	CONCAVO
6	SIST. DE CRIBA
7	MOTOR- 5 hp 1800 rpm
8	POLEAS



PROYECTO:  
Máquina Limpiadora de Frijol.

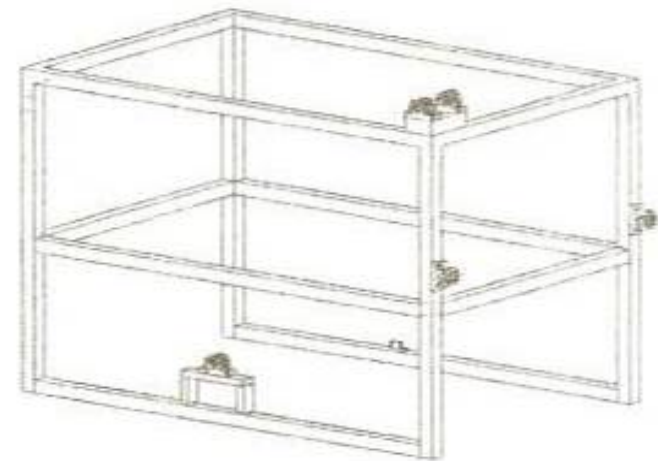
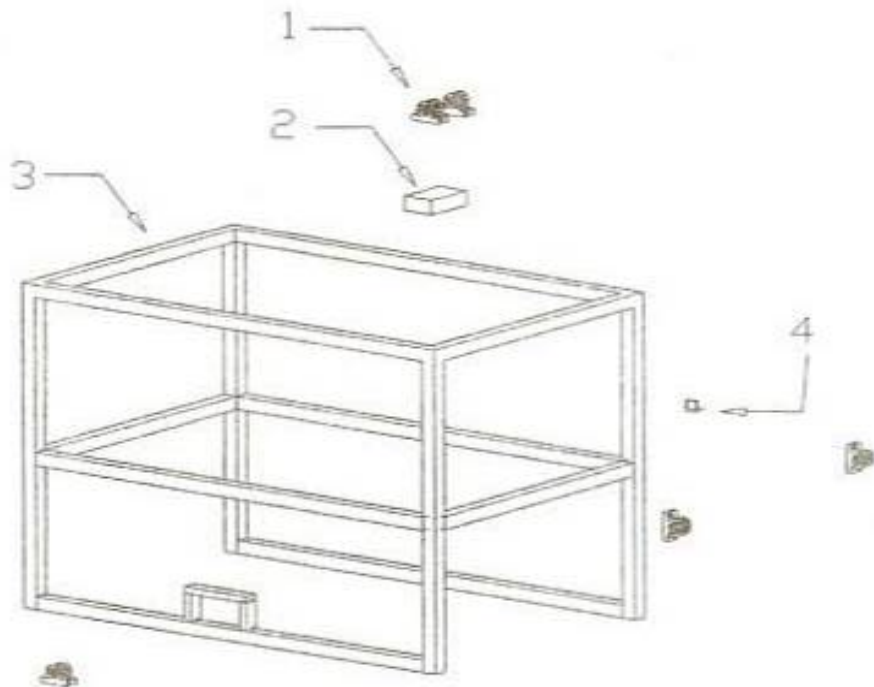
NIVEL:  
Plano General.

ESCALA: S/E  
AUT.: S/A  
FECHA: 10 JULIO 06

DEDUC: Fco. de la Fuente  
PLANO No: PG-01/01

REVISOR: Leopoldo Gz.

F.I. UNAM



NUM	DESCRIPCION
1	RODAMIENTOS DE BOLAS SKF 1 1/2"
2	PLACA BASE
3	ESTRUCTURA PTR 2"
4	ANGULO ESTRUCTURAL 1/2"

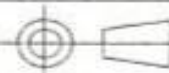


PROYECTO: Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL: Estructura Ensamble.

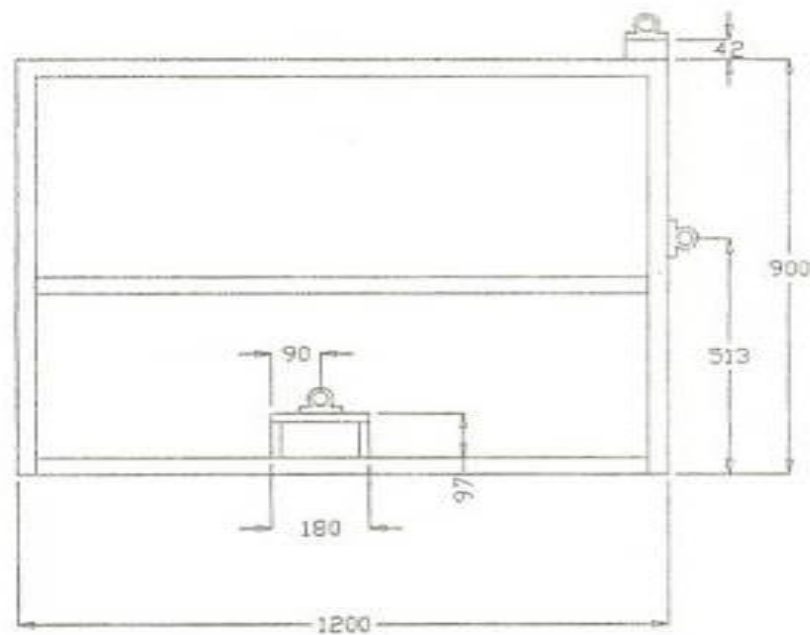
ESCALA: S/E  
 ACOT.: mm  
 FECHA: 10 JULIO 06

DIBUJO: Fco. de la Fuente  
 PLANO No.: ES-01/02



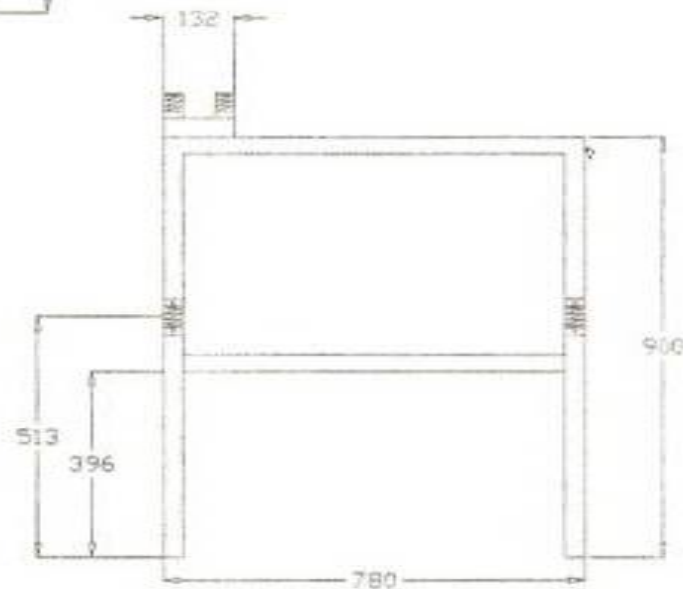
REVISOR: Leopoldo Glz.

F.I. UNAM



Rodamientos sujetos con Tornillos Allen  $\frac{3}{16}$ "

Todas las uniones de la estructura, placa base y soporte ventilador (ángulo) van soldadas con arco eléctrico (tig,mig).  
Cordón ondeado circular.



PROYECTO: Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL: ESTRUCTURA

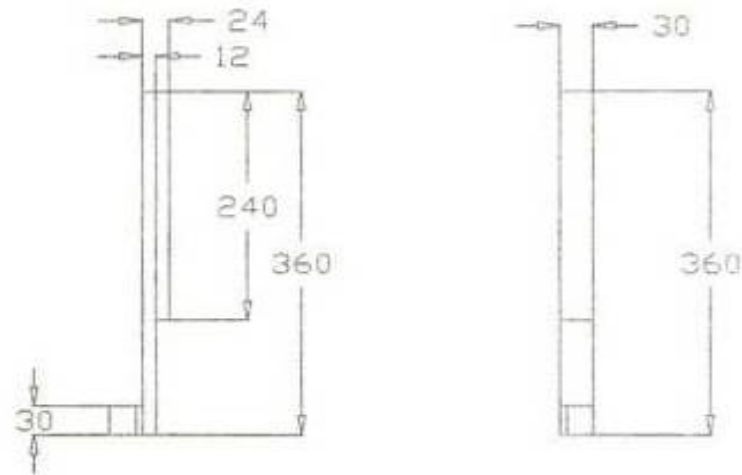
ESCALA: S/E  
ACOT.: mm  
FECHA: 12 JULIO 06

DIBUJO: Fco. de la Fuente  
PLANCHAS: ES-02/02

REVISOR: Leopoldo Gtz.

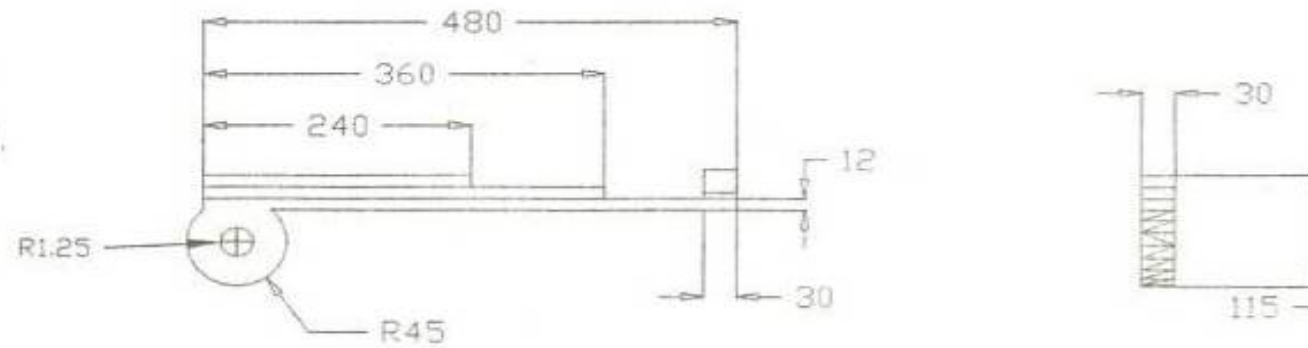
F.I. UNAM

Muelle Vertical.



Placa de  
acero de  $\frac{1}{2}$ "

Muelle Horizontal.



PROYECTO: Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL: SIST. DE MUELLES

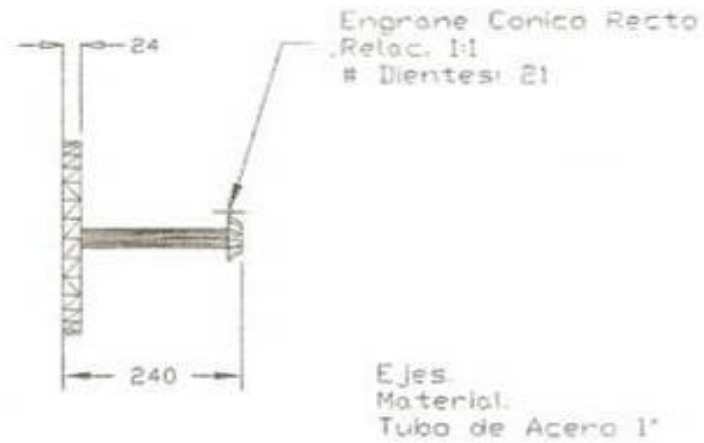
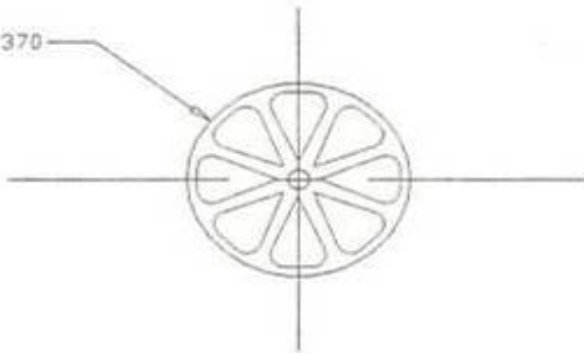
ESCALA: S/E  
ACOT: mm  
FECHA: 16 JULIO 06

DIBUJO: Foo. de la Fuente  
PLANO No: MLL-01/01

REVISOR: Leopoldo Gtz

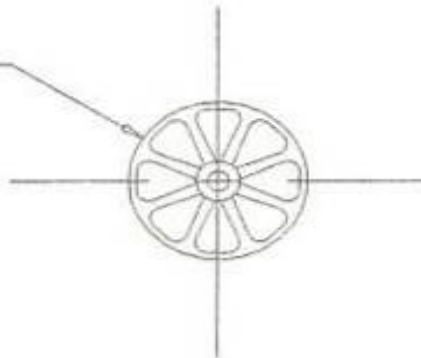
F.I. UNAM

R370



Polea (Pt)  
Material:  
Hierro  
Colado

R280



Polea (Pce)  
Material:  
Hierro  
Colado



PROYECTO: Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL: POLEAS

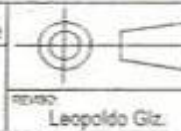
ESCALA: S/E

ACOT: MM

FECHA: 16 JULIO 06

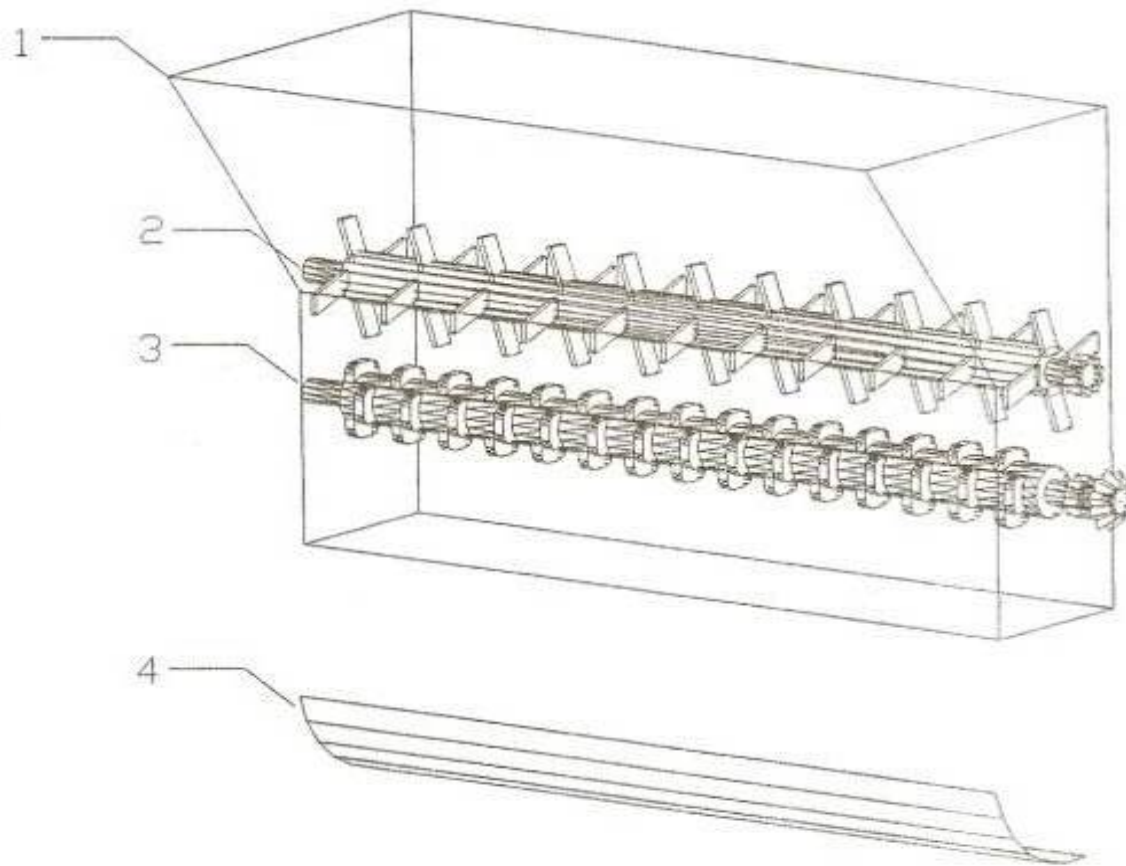
DIBUJ: Fco. de la Fuente

PLANO No.: PL-01/01



F.I. UNAM

REVISOR: Leopoldo Glz.



NUM	DESCRIPCION
1	TOLVA
2	TRILLA 1
3	TRILLA 2
4	CONCAVO



PROYECTO:

Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL:

SIST. DE  
TRILLA

ESCALA: S/E

ADDT.: mm

FECHA: 16 JULIO 06

DIBUJO: Fco. de la Fuente

PLANO NO.:

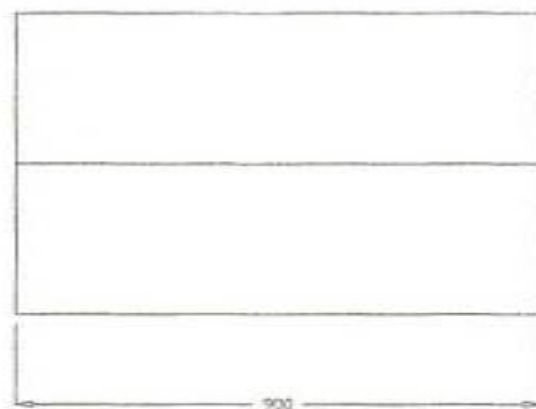
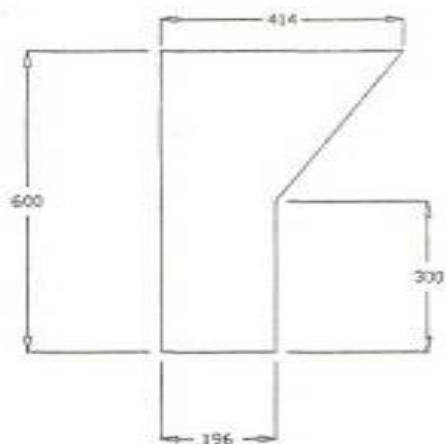
TR-01/02



REVISOR: Leopoldo Giz

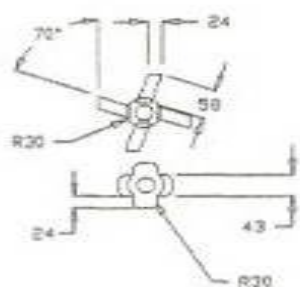
F.I. UNAM





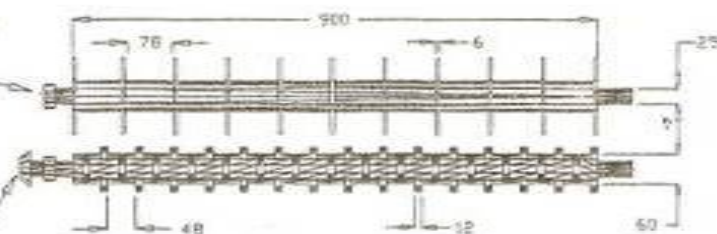
Tolva  
Material:  
Placa de acero  
Cat. 16

Dedos:  
Placa de  
acero.  
Soldadura  
arco  
eléctrico



Catarinas  
 $\varnothing_{max}=75mm$   
 $\varnothing_{flecha}=50mm$   
Ancho=20mm

Engrane Cónico  
Recto Relac. 1:1  
# Dientes: 21



Trilla  
Material:  
Tubo de acero.  
Redondo 1"



Cóncavo  
Material: Lámina  
negra pulida.  
Cat. 18



PROYECTO:

Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL:

SISTEMA  
DE TRILLA

ESCALA: S/E

ADOT.: mm

FECHA: 16 AGOS 08

DESIGNADO:

Fco. de la Fuente

NUMERO:

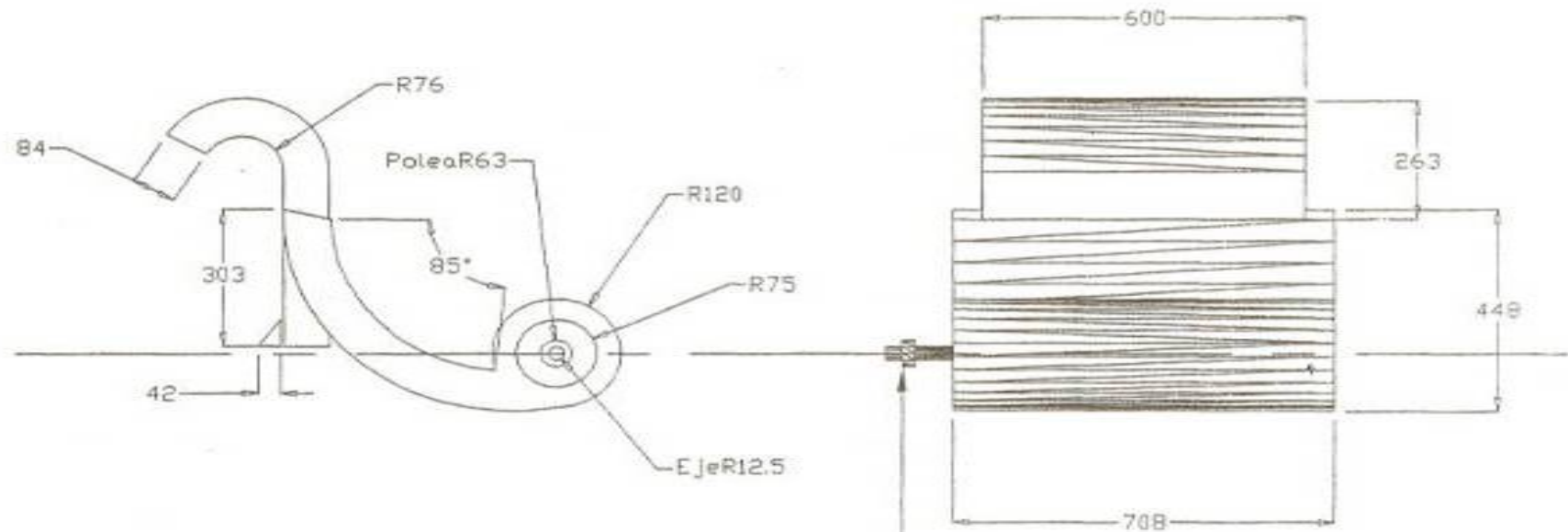
TR-02/02



REVISOR: Leopoldo Gtz.

F.I. UNAM

Estructura del Ducto  
 Material:  
 Lamina Negra Cal. 18.



POLEA (Pc)  
 $\varnothing_{ext.}=5"$   $\varnothing_{int.}=1"$  Con Buje  
 Intercambiable, Tipo "C".  
 Hierro colado



PROYECTO: Máquina Limpiadora de Frijol.

NIVEL: VENTILADOR

ESCALA: SE  
 ACOT.: mm  
 FECHA: 16 AGOS 06

DESIGNADO: Fco. de la Fuente  
 PLANO NO.: VNT-01/01

REVISADO: Leopoldo Gtz.

F.I. UNAM