

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**



**DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA  
MAQUINA CRIBADORA DE TIERRA DE  
LOMBRICOMPOSTA**

Por:

**NAHUM MENDOZA RIVERA**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título  
de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril del 2008

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA MAQUINA CRIBADORA DE  
TIERRA DE LOMBRICOMPOSTA**

**Por:**

**NAHUM MENDOZA RIVERA**

**Tesis**

**Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como  
Requisito Parcial Para Obtener el Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

**Aprobado por el Comité de Tesis**

**Asesor Principal**

---

**M. C. Tomás Gaytán Muñiz**

**Sinodal**

**Sinodal**

---

**M.C. B. Elizabeth de la Peña Casas**

---

**M.C. Juan Arredondo Valdez**

**Coordinador de la División de Ingeniería**

---

**M.C. Raúl Rodríguez García**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Abril del 2008**

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios por darme la vida y la oportunidad de vivir al lado de la gente buena y generosa.

Esto representa el final de una de las etapas más importantes en mi vida y el inicio de otra que será aun más enriquecedora.

A mis padres Eduardo Mendoza Guzmán y María Eugenia Rivera por todo el apoyo moral y económico para mi formación académica.

A mi Alma Terra Mater por darme la oportunidad de ser acogido en su seno y darme la oportunidad de realizar mis estudios a nivel profesional.

A mis maestros y amigos, que con su ejemplo, me enseñaron las bases para seguir superándome día con día.

M. C. Tomás Gaytán Muñoz y maestros del departamento de maquinaria agrícola por ayudarme a hacer realidad nuestro diseño, trabajando juntos en lo que hiciera falta, las 24 horas día a día... y más. ¡De verdad gracias!

En fin, a todas aquellas personas y empresas que de alguna u otra manera tuvieron algo que ver con la realización de este trabajo y que en algún momento también fueron valiosas.

No hay nada más  
difícil de llevar a cabo,  
más arriesgado de  
conducir o más  
incierto de lograr, que  
iniciar la introducción  
de ideas nuevas,  
porque el innovador  
tiene por enemigos a  
los que se  
desenvolvieron bien  
con las antiguas y por  
defensores indiferentes  
a los que son capaces  
de usar las nuevas.

MAQUIAVELO: El Príncipe

## **DEDICATORIA**

A las personas que más amo en esta vida:

A mis padres el Sr. Eduardo Mendoza Guzmán y Sra. María Eugenia Rivera por haber depositado su confianza en mí, y por ayudarme económicamente, además por ser unos excelentes padres y enseñarme la actitud, norma, valor, virtud, hábito, orden, autodominio, esfuerzo, generosidad, compañerismo, honradez, respeto, responsabilidad para ser como soy y de ellos un ejemplo a seguir. Este triunfo también es suyo padres.

A mis hermanos Víctor, Elizabeth y Esli Eduardo Mendoza Rivera por alentarme, aconsejarme, cuidar y preocuparse de mí en todo momento. Gracias por ser además de hermanos unos fieles amigos.

A mis abuelitos. Amando Mendoza Franco y Tomasa Elva Guzmán Cervantes pilares de una familia numerosa y unida, gracias por ser el mayor de sus nietos y por todo el cariño y amor que me han demostrado durante toda mi vida.

A la familia Mendoza Rivera, gracias por su cariño y apoyo incondicional para los momentos de alegría y desolación que proporciona la vida.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Procedimientos metodológicos para el diseño .....	9
Figura 2.2 Procedimientos metodológicos para el diseño de la flecha. ....	16
Figura 2.3 Análisis para soldadura bajo una carga y esfuerzos de corte .....	33
Figura 3.1 Maquina cribadora de lombricomposta .....	37
Figura 3.2 Cálculos del centro de gravedad y área de materia orgánica ocupada por las partículas depositadas en la maquina.....	41
Figura 3.3 Diagramas de esfuerzo cortante (V) y momento flector (M) .....	46
Figura 4.1 Diseño de la maquina, mostrando las partes principales .....	48

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Factores que se deben tomar en cuenta para el diseño de maquinas. .....	13
Cuadro 3.1 Valores de pesos para el análisis de la estructura de la maquina tomado datos de apendices .....	38
Cuadro 4.2.- Lista de materiales para su fabricación .....	49

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
<u>DEDICATORIA</u> .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
I.-INTRODUCCION.....	1
1.1.- ANTECEDENTES.....	2
1.2.- Objetivo.....	4
II.- REVISION DE LITERATURA .....	5
2.1.- La lombricultura .....	5
2.2.- Definición de diseño .....	6
2.3.- Principio de diseño .....	7
2.3.1.- Fases del diseño.....	8
2.3.2.- Identificación de necesidades y definición del problema .....	9
2.3.3.- Conocimientos necesarios para el diseño mecánico .....	11
2.3.4.- Consideraciones del diseño.....	12
2.3.5.- Criterios para evaluar decisiones en el diseño de maquinas .....	13
2.3.6.- Factor de seguridad.....	14
2.4.- Diseño de flechas o ejes.....	15
2.4.1.- Consideraciones generales .....	17
2.5.- Motores eléctricos.....	18
2.5.1.- Tipos de motores eléctricos .....	19
2.5.2.- Energía de operación CA y CD.....	20
2.5.3.- Motoreductor.....	22

2.5.4.- Tipos de motoreductores .....	23
2.5.5.- Selección del motoreductor .....	23
2.6.- Cribas .....	24
2.6.1.- Tipos de cribas .....	25
2.7.- Materiales en el diseño mecánico.....	26
2.7.1.- Propiedades de los materiales.....	27
2.7.2.- Barras ángulos.....	27
2.8.- Chumaceras .....	27
2.9.- Soldadura .....	30
III.- MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1.- Materiales .....	34
3.2.- Métodos de diseño conceptual .....	35
3.3.- Calculos preliminales de la maquina cribadora.....	37
3.3.1.- Flujo másico.....	38
3.3.2.- Velocidad de rotación .....	39
3.3.3.- Tiempo que tarda una partícula en atravesar la criba .....	40
3.3.4.- Peso de la materia orgánica contenida en la criba .....	41
3.3.5.- Potencia necesaria para mover la tierra. ....	42
3.3.6.- Potencia necesaria para mover la criba vacía .....	43
3.3.7.- Selección de la flecha.....	44
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION .....	48
V.- CONCLUSIONES.....	51
VI.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	53
VII.- ANEXOS .....	56

## I.- INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades humanas se realizan de alguna u otra manera sobre la porción superficial de la litosfera, tal es el caso de la criba de tierra de lombricomposta.

A esta porción se le denomina suelo, el cual es un complejo dinámico, formado por una capa más o menos delgada de material disperso, del cual depende en buena parte el crecimiento de las plantas y la alimentación de los seres vivos que habitamos la superficie terrestre.

Por lo anterior, es importante tomar en cuenta el diseño de nuevas máquinas cribadoras con el fin de tener un cribado correcto y eficiente de los abonos orgánicos de acuerdo con los requerimientos de los cultivos.

Para esta finalidad existen procedimientos de diseño con el objeto de diseñar dichas máquinas. Estos procedimientos involucran una metodología de diseño para un cribado correcto de abono orgánico como es el de la lombricomposta.

Dentro de dichos procedimientos, se especifica la separación de los agregados del suelo (terrones), piedras, u otros agentes contaminantes del abono orgánico con el fin de tener una estructura y textura ideal para las plantas; esta separación no debe de afectar la distribución granulométrica de la materia orgánica.

Esta separación se realiza generalmente en forma manual, haciéndolos pasar por una malla inclinada a 60 grados para obtener así solo los tamaños de partículas útiles.

Por lo que este trabajo tiene como finalidad el de diseñar una maquina, que pueda ser capaz de realizar dicho cribado en forma eficiente y correcto.

## **1.1.- Antecedentes**

Algunos personajes famosos como Leonardo da Vinci y Galileo Galilei llevaron a cabo experimentos para determinar la resistencia de diferentes barras y vigas, aunque no desarrollaron teorías adecuadas (respecto a los estándares actuales) para explicar el resultado de sus pruebas. El famoso matemático León Hard Euler desarrollo la teoría matemática de las columnas y calculo la carga crítica de una columna en el año de 1744, mucho antes de que existiera evidencia experimental que mostrara la importancia de sus resultados.

El científico inglés Robert Hooke, realizó importantes aportes en el campo de la Física y de la Ingeniería, al formular la teoría de la elasticidad, la cual plantea que un cuerpo elástico se estira proporcionalmente a la fuerza que actúa sobre él; conocida actualmente como ley de Hooke y sobre la que se fundamenta el estudio de la rigidez y elasticidad de los cuerpos, las que ambas constituyeron elementos necesarios para el desarrollo ulterior de la disciplina Resistencia de los Materiales; además, fue el primero en utilizar el resorte espiral para la regulación de los relojes y desarrolló mejoras en los relojes de péndulo.

Isaac Newton, matemático y físico británico, considerado uno de los más grandes científicos de la historia, el cual realizó importantes aportes en muchos campos de la ciencia, fundamentalmente a la Mecánica, con sus tres leyes fundamentales. Sus descubrimientos y teorías sirvieron de base a la mayor parte de los avances científicos desarrollados desde su época.

En esta etapa del Renacimiento se fabricaron, desde el punto de vista del diseño mecánico las ruedas de dientes helicoidales con ejes entrecruzados, cojinetes de rodamientos, cadenas articuladas y diversas máquinas.

El físico francés Charles de Coulomb, pionero en la teoría eléctrica, estudió los problemas de flexión y torsión e introdujo la noción de tensión tangencial, y más tarde (1776) formuló la hipótesis del cambio de forma debido a las tensiones tangenciales. Teorías muy importantes para la Resistencia de Materiales y el Diseño para la Ingeniería Mecánica (Timoshenko, 1999).

Sería interminable la lista de científicos, ingenieros, físicos y personal técnico que han contribuido al desarrollo del Diseño Mecánico y de la manufactura en este período histórico analizado, por lo que sólo nos limitaremos a enunciar por su relevancia algunos hechos y trabajos en esta etapa.

Por esta razón en la actualidad, para realizar la actividad de proyecto o de diseño mecánico, es imprescindible aglutinar a un conjunto de expertos, técnicos e inclusive obreros altamente calificados, constituyendo un equipo multidisciplinario que posibilitan la realización adecuada, funcional, óptima, ergonómica y económica de dicho proyecto.

Se puede afirmar que gracias al desarrollo de las distintas ciencias, en particular la Física, el Diseño Mecánico se ha llegado a un alto progreso científico-técnico, ligado a los grandes descubrimientos científicos, formulación de leyes, teorías de otras ciencias que le han servido de base para su ulterior perfeccionamiento.

## **1.2.- Objetivo**

1. Diseño conceptual de una máquina para el cribado de tierra de lombricomposta, para separar los agregados del abono orgánico, con la finalidad de aportar información para una posterior construcción de la misma.

## II.- REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1.- La lombricultura

Humus, sustancias alifáticas, de alto peso molecular, muy estables, de composición órgano-mineral, que se forman durante el proceso de transformación de la materia orgánica (Cadisch, et al 1997).

Humus de lombriz, producto resultante de la transformación digestiva de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra (lombricultura), que se utiliza fundamentalmente como inoculante microbiano, enraizador, germinador, fertilizante orgánico, sustrato de crecimiento, mejorador y recuperador de suelos, entre otros usos (Cadisch, et al 1997).

Existen materias orgánicas, materiales de diversos derivados de organismos vivos que, en calidad de residuos orgánicos se utilizan para alimentar a las lombrices para producir el humus de lombriz o lombricomposta (Labrador, M.J., 1996).

Además residuos orgánicos, materia orgánica en descomposición, que se genera como subproducto, que se utiliza como alimento para las lombrices, por ejemplo: pulpa de café, caña de azúcar, entre otros esquilmos, desperdicios orgánicos urbanos, restos de alimentos, estiércoles de animales, hojarasca, cortes de jardín, etc. (Tate, R.L.1987).

La lombricultura es la forma de cultivar lombrices bajo condiciones parcialmente controladas, aumentando su población para tener una mayor

producción de materia orgánica y humos. En el antiguo Egipto se consideraba a la lombriz como un animal, de gran importancia.

Ello llegaba a tal extremo, que se tenía previstos castigos muy riguroso para quien intentara exportar fuera del reino una sola lombriz (Ferruzzi, 2001).

La lombricultura nace en los Estados Unidos a finales de los años 40 y a principios de la década de los 50, posteriormente se desplaza a Europa, teniendo un desarrollo importante en Italia. En América latina inicia su desarrollo a principio de la década de los 80, estableciéndose con gran éxito en países como Chile, Perú, Ecuador y Cuba. Actualmente, esta actividad se desarrolla en toda América Latina, América del Norte y las Islas Caribeñas (Martínez, 1996).

La lombricultura como actividad económica de gran inversión inicia en 1990 con la empresa Lombrimex. Los estados productores de humus y de lombrices en México son; Estado de México, Puebla, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Sinaloa, Chihuahua, Jalisco y Veracruz (Capistran, 2003).

En la actualidad en la UAAAN, la forma tradicional para cribado del abono de lombrices se realiza de forma manual, también se cuenta con una maquina que se encarga de hacer este tipo de trabajo, la cual es muy grande y robusta e ineficiente en el proceso de cribado (López, 2003).

## **2.2.- Definición de diseño**

La palabra diseño proviene de designare, que significa designar, marcar, el diccionario incluye varias definiciones de la palabra diseño siendo la más aplicable delinear, trazar o planear como acción o trabajo, concebir, inventar o idear, el diseño de ingeniería se puede definir como el proceso de aplicar las técnicas y principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización

El diseño de maquinas se ocupa de la creación de la maquinaria que funge segura y confiable. Una maquina puede definirse de muchas maneras:

1.- Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía, transformarla y restituirla en otra más adecuada o para producir un efecto ya previsto.

2.- Dispositivo que modifica una fuerza o movimiento.

La idea del trabajo útil es fundamental a la función de la maquina, ya que en ella siempre habrá alguna transferencia de energía, la mecanización de fuerza y movimiento (Norton, 1999).

El diseño en ingeniería se puede definir como *“El proceso de aplicar las diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización”*. (Norton, 1999).

### **2.3.- Principio de diseño**

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad humana. La necesidad particular que habrá de satisfacer puede estar bien definida desde el principio.

En comparación con los problemas matemáticos o puramente científicos, los problemas de diseño no tienen una sola respuesta correcta a todos los casos, sería absurdo exigir la respuesta correcta a un problema de diseño, porque no existe tal cosa. En efecto, una respuesta que es adecuada o buena ahora, puede ser muy bien una solución impropia o mala el día de mañana, si se produjo una

evolución de los conocimientos durante el lapso transcurrido, o bien, si han ocurrido cambios en la sociedad o en las estructura sociales (Shigley, 1990).

Un problema de diseño no es un problema hipotético en absoluto, todo diseño tiene un propósito concreto: la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación que tiene realidad física.

En ingeniería, el término diseño puede tener diferentes significados para distintas personas:

- Técnico que dibuja en todos sus detalles una maquina, o elementos de una maquina.
- Es la creación de un sistema complejo, como una red de comunicaciones.
- Denominaciones: ingeniería de sistemas o aplicación de la teoría de las decisiones.

Diseño mecánico: diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica, por ejemplo, maquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. (Shigley, 1990).

### **2.3.1.- Fases del diseño**

El proceso total de diseño, ¿Cómo empieza?, ¿Simplemente llega un ingeniero a su escritorio y se sienta ante una hoja de papel en blanco y se pone a escribir algunas ideas?, ¿Qué hace después?, ¿Qué factores determinan o influyen en las decisiones que se deben tomar?, Por último, ¿Cómo termina este proceso total de diseño?

A menudo se describe el proceso total de diseño (desde que empieza hasta que termina).Principia con la identificación de una necesidad y con una

decisión de hacer algo al respecto. Después de muchos bosquejos, el proceso finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad (Shigley, 1990).

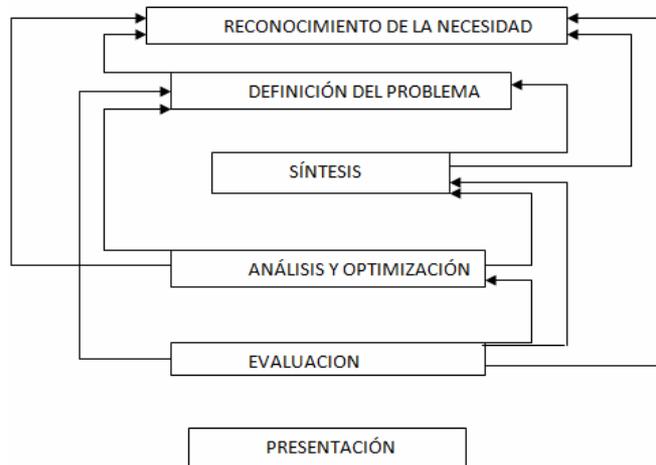


Figura 2.1 Procedimientos metodológicos para el diseño (Shigley, 1990).

### 2.3.2.- Identificación de necesidades y definición del problema

Debido a que la operación del cribado de la lombricomposta se realiza en forma manual esta actividad aparte de ser poco eficiente es lenta y cansada.

Este trabajo de tamizado en la producción de abono orgánico actualmente se realiza con una malla inclinada de aproximadamente 60 grados y con el uso de una pala manual.

El problema que se observa en el cribado del abono obtenido de lombrices dentro de la Universidad, es que se hace manualmente, para realizar el cribado de un metro cúbico del material es necesario un lapso de tiempo de una hora y se requiere el trabajo continuo de una persona lo que hace que esta actividad sea agotadora, lenta, requiriendo mayor fuerza y mano de obra.

Con este proyecto se lograra obtener el diseño conceptual de una maquina cribadora de lombricomposta para su construcción posterior, con la cual se ahorrara mano de obra, recurso económico en el proceso de tamizado para la producción de abono orgánico.

Con este tipo de mecanismo podremos ahorrar tiempo, dinero y desperdicio en el tamizado del abono orgánico.

En algunas ocasiones pero no siempre, el diseño empieza cuando un ingeniero se da cuenta de una necesidad y decide hacer algo al respecto. Identificar la necesidad puede manifestarse simplemente como un vago descontento o bien por la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no está correcto. Con frecuencia, la necesidad no es del todo evidente; por lo general, se identifica de repente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen al mismo tiempo.

El problema es más específico, si la necesidad es tener abono orgánico más limpio, el problema podría consistir en reducir la cantidad de partículas sólidas como piedras u otros materiales que afecten la composición del abono orgánico.

La definición del problema debe abarcar todas las condiciones para el objeto que ha de ser diseñado. Las condiciones o especificaciones son la criba de tierra de composta, las características y dimensiones del espacio que deberá de ocupar la maquina, y todas las limitaciones a estas cantidades. Se puede considerar el objeto a diseñar como algo colocado en una caja negra. En este caso se debe especificar lo que entra y lo que sale de dicha caja, juntos con sus características y limitaciones. Las especificaciones definen el costo, la cantidad de piezas a fabricar, la duración esperada, el intervalo o variedad de capacidades, la

temperatura de trabajo y la confiabilidad. Entre dichas condiciones sobresalen las velocidades necesarias, las intensidades de alimentación en las maquinas, las limitaciones de temperatura, el alcance máximo, las variaciones esperadas en las variables y las restricciones en tamaño y peso.

Una vez que se ha definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas formuladas por escrito, el siguiente paso en el diseño, es la síntesis de una solución óptima. Ahora bien, esta síntesis no podrá efectuarse antes de hacer el análisis y la optimización debido a que se analiza el sistema a diseñar, con el fin de determinar si su funcionamiento cumplirá las especificaciones. El análisis podría revelar que el sistema no es óptimo. Si el diseño no resultase satisfactorio en una de dichas pruebas o en ambas, el procedimiento de síntesis deberá iniciarse nuevamente.

Se ha indicado, y se reiterara sucesivamente, que el diseño es un proceso iterativo en el que se pasa por varias etapas, se evalúan los resultados y luego se vuelve a una fase anterior del proceso. En esta forma es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizarlos y optimizarlos para volver después a la fase de síntesis y ver qué efecto tiene esto sobre las partes restantes del sistema. Para el análisis y la optimización se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales consideraciones reciben el nombre de modelos matemáticos (Norton, 1999).

### **2.3.3.- Conocimientos necesarios para el diseño mecánico**

Los diseñadores utilizan una gran variedad de conocimientos y destrezas en su trabajo cotidiano. El estudiante ya debe de haber llevado cursos sobre diversas tecnologías que le servirán como apoyo, entre las que se incluyen las siguientes:

- Dibujo técnico y dibujo asistido por computadora.
- Propiedades de los materiales.
- Procesos de fabricación o manufactura.
- Estática, dinámica y mecánica de materiales.
- Cinética y mecanismos.

Con base a estos conocimientos estará listo para poder diseñar elementos de maquinas y diseño mecánico.

Los diseñadores se basan en el conocimiento de mecánica de fluidos, termodinámica, controles eléctricos y procesos químicos (Norton, 1999).

#### **2.3.4.- Consideraciones del diseño**

A veces la resistencia de un elemento en un sistema es un asunto importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante en el diseño. Cuando se usa la expresión consideración de diseño se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento o quizá en todo el sistema. Generalmente se tiene que tomar en cuenta varios factores en un caso de diseño determinado. Algunos de los más importantes se mencionan en el cuadro 2.1 (Shigley, 1990).

Cuadro 2.1 Factores que se deben tomar en cuenta para el diseño de maquinas.

Resistencia	Estabilización
Confiabilidad	Forma
Propiedades térmicas	Tamaño
Corrosión	Flexibilidad
Desgaste	Control
Fricción	Rigidez
Procesamiento	Acabado
Utilidad	Ruido
Seguridad	
Peso	

### 2.3.5.- Criterios para evaluar decisiones en el diseño de maquinas.

Al enfocarse en un diseño, el responsable debe establecer criterios que servirán de guía en los procesos de toma de decisiones inherentes a cualquier proyecto. Como para cada problema de diseño existen distintas alternativas en relación a su solución, cada uno debe evaluarse en función de criterios que integran la lista. Quizá no exista un mejor diseño pero deben de trabajar para obtener un resultado óptimo:

- Esto es, el responsable del diseño debe maximizar los beneficios y reducir al máximo las desventajas.
- Así como definir criterios generales que en el diseño mecánico o de maquinaria se mencionan a continuación.
- Seguridad.
- Rodamiento (el grado de inclinación en el que el diseño satisfaga o excede los objetivos del diseño).

- Confiabilidad (una alta probabilidad de que el diseño cumplirá con la vida útil o la excederá).
- Facilidad de fabricar.
- Disponibilidad de servicio o reemplazo de componentes.
- Facilidad en cuanto a operación.
- Costo inicial bajo.
- Costo de operación y mantenimiento bajo.
- Tamaño reducido o de poco peso.
- Poco ruido y escasa vibración; que opere con suavidad.
- Uso de materiales accesibles y facilitar la compra de componentes.
- Uso prudente de partes cuyo diseño es único junto con componentes en el mercado.
- Que su aspecto resulte atractivo y adecuado para su aplicación (Norton, 1999).

### **2.3.6.- Factor de seguridad**

Un factor de seguridad se expresa de muchas formas, se trata de una relación de dos cantidades que contienen las mismas unidades, como resistencia entre esfuerzos, carga crítica entre carga aplicada, carga de falla de una pieza entre carga esperada en el servicio, ciclos máximos entre ciclos aplicados o velocidad máxima de seguridad entre velocidad de operación (Spots, 1999).

Dado que para cualquier elemento de una maquina hay más de una forma potencial de fallo, quizás exista más de un factor de seguridad  $N$ , el valor más pequeño de  $N$  para cualquier pieza es el que más preocupa, ya que prevé el modo más probable de falla. Cuando  $N$  queda reducido a un valor 1, el esfuerzo en la pieza es igual a la resistencia en el material (o la carga aplicada es igual a la que lo hace fallar) y la falla ocurre.

Por lo tanto deseamos siempre que  $N$  sea siempre mayor que 1, es posible seleccionar algunas guías de acción para la elección de un factor de seguridad en el diseño de maquinas, con base a la calidad y a lo apropiado de los datos y propiedades de los materiales disponibles, en las condiciones de entorno esperadas en comparación con las existentes al obtenerse los datos de prueba de los materiales y en la precisión de los modelos de análisis, de cargas y esfuerzos aplicados para los estudios.

Un enfoque general para el problema de esfuerzo y resistencia es el método del factor de seguridad, un procedimiento tan antiguo como el propio diseño de ingeniería y, por tanto, con frecuencia se le llama método clásico de diseño. Este factor es utilizado para asegurar un diseño en buenas condiciones y que realmente tenga una función correcta sin riesgo de fallas del diseño. (Spots, 1999).

La calidad de un diseño se mide según diversos criterios. Para lo cual será necesario calcular uno o más factores de seguridad para prever la probabilidad de una falla. Además deberá sujetarse a los códigos de diseño reglamentados o de aceptación general.

#### **2.4.- Diseño de flechas o ejes**

Debido a que las apariciones simultáneas de tensiones por esfuerzo de corte por torsión y tensión normales se deben a la flexión, el análisis de la flecha o eje virtualmente implica siempre el uso de un enfoque combinado para el uso de las tensiones. El método que se va a seguir en esta tesis es el de falla por *Energía de distorsión*. (Norton, 1999).

Las actividades específicas que deben realizarse en el diseño y análisis de la flecha o eje dependen del diseño que se haya propuesto, así como la forma en

que se cargue y se soporte. Después de esto se realiza el procedimiento de diseño de (Norton, 999).

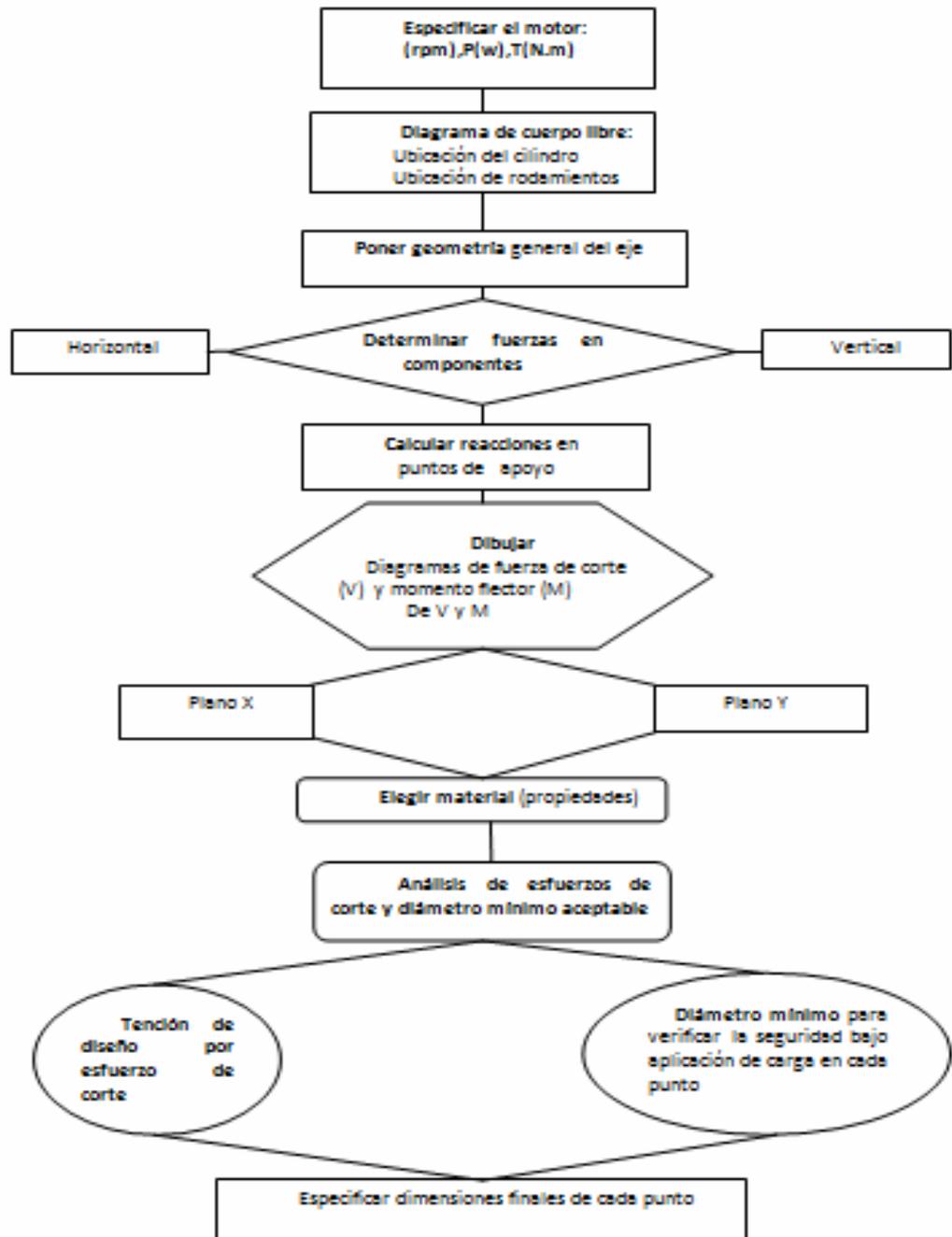


Figura 2.2 Procedimiento metodológico para el diseño de la flecha (Norton, 1999).

### **2.4.1.- Consideraciones generales**

Para el diseño de flechas se pueden enunciar reglas prácticas generales, como sigue:

- 1.- A fin de minimizar tanto deflexiones como esfuerzos, la longitud de la flecha debe mantenerse tan corta como sea posible, minimizando secciones en voladizo.
- 2.- Una viga en voladizo tendrá una mayor deflexión que una simplemente apoyada con la misma longitud, carga y sección transversal, por lo que deberá recurrirse al montaje sobre apoyos, a menos de que por limitaciones de diseño sea obligatorio la flecha en voladizo.
- 3.- Una flecha hueca tiene una razón más elevada de rigidez/masa (rigidez específica) y frecuencias naturales más elevadas que una flecha sólida de rigidez y resistencia comparables, aunque son más costosas y de mayor diámetro.
- 4.- De ser posible trate de localizar elevadores de esfuerzos lejos de áreas con grandes momentos a flexión, y minimice su efecto con radios y salidas generosas.
- 5.- Si la preocupación principal es minimizar la deflexión, entonces el material preferido pudiera ser un acero al bajo carbono, ya que su rigidez es tan alta como la de aceros más costosos, y una flecha diseñada para bajas deflexiones tendrá tendencias a estar sometida a esfuerzos reducidos.
- 6.- Las deflexiones en los engranes montados sobre la flecha no deben exceder de 0.005 pulg. y la pendiente relativa entre ejes de engranes debe ser menor de 0.03°.
- 7.- Si se emplean cojinetes de manguito simples, la deflexión de la flecha a través de la longitud del cojinete debe ser inferior al espesor de la película de aceite en el cojinete.

- 8.- Si se utilizan cojinetes de elementos giratorio excéntricos o de no auto cierre, la deflexión angular de la flecha en el cojinete deberá mantenerse por debajo de  $0.04^\circ$ .
- 9.- Si están presentes cargas de empuje axial, deberán ser transferidas a tierra a través de un solo cojinete de empuje por cada dirección de carga. No dividida las cargas axiales entre varios cojinetes de empuje, ya que la expansión térmica sobre la flecha puede sobrecargar dichos cojinetes.
- 10.- La primera frecuencia natural de la flecha deberá ser por lo menos tres veces mayor que la frecuencia de la fuerza más alta esperada en servicio, y de preferencia mucho más. (Es de preferencia un factor de 10x o más, aunque esto suele ser difícil de conseguir en sistemas mecánicos.).(Robert L. Norton, 1999).

## **2.5.- Motores eléctricos**

Un motor eléctrico es un dispositivo rotativo que transforma energía eléctrica en energía mecánica, y viceversa, convierte la energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generador o dínamo.

Motor eléctrico: Motor que convierte la energía eléctrica en mecánica. Está formado por un estator (permanece fijo a la carcasa) y un rotor (gira en el interior del estator). El motor funciona por la atracción y repulsión entre campos magnéticos creados en unas bobinas colocadas en el rotor y en el estator.

Las bobinas son alimentadas con corriente eléctrica para crear los campos magnéticos. La alimentación del rotor se realiza por medio de un colector (que gira con el rotor) y de escobillas (que permanecen fijas en la carcasa). Los

motores eléctricos pueden funcionar con corriente eléctrica continua o alterna siendo necesario estructuras internas diferentes. (Norton, 1999).

### **2.5.1.- Tipos de motores eléctricos**

Como mínimo, para los motores es necesario especificar los aspectos siguientes:

- Tipo de motor: de corriente directa (CD), corriente alterna (CA) monofásico, trifásico y demás.
- Especificación de potencia y velocidad.
- Voltaje y frecuencia de operación.
- Tipo de carcasa.
- Tamaño de armazón.
- Detalles relativos al montaje.

Además, es probable que existan necesidades especiales que deben ser comunicadas al vendedor. Los factores principales a tomar en cuenta al seleccionar un motor incluyen los siguientes:

- Torque de operación, velocidad de operación y especificación de potencia.
- Torque de arranque.
- Variaciones de carga que se esperan y variaciones de velocidad correspondientes que pueden tolerarse.
- Limitaciones de la corriente durante las fases de arranque y funcionamiento.
- Ciclo de trabajo, que tan frecuente hay que encender y apagar el motor.

- Factores ambientales: como temperatura, presencia atmósferas corrosivas o explosivas, exposición al clima o a líquidos, disponibilidad de aire para enfriar y demás.
- Variaciones de voltaje que se esperan: casi todos los motores toleraran hasta  $\pm 10\%$  de variación respecto al voltaje que se especifica. Más allá de este, se requieren diseños especiales.
- Cargas a las que se someten las flechas: en particular cargas laterales y cargas de empuje susceptibles de afectar la vida de los cojinetes de las flechas.
- Para agrupar motores cuyo tamaño es similar se emplea una clasificación general que se basa en el tamaño. Se suele utilizar el caballaje (hp), y a veces se utiliza la unidad métrica de Watt o kiloWatts. La conversión es:  

$$\text{hp} = 0.746 \text{ kW} = 746 \text{ W}.$$
- Caballaje sub fraccional: 1 a 40000 caballos (mph) donde 1 mhp = 0.001 hp por tanto este rango incluye 0.001 a 0.040 hp (0.75 W a 30 W aproximadamente).
- Caballaje fraccional: 1/20 a 1.0 hp (37 W a 746 W aproximadamente).
- Caballaje integral: 1.0 hp (0.75 kW) y mayores. (Norton, 1999).

### **2.5.2.- Energías de operación CA y CD**

La corriente alterna (CA) es generada por la instalación eléctrica y es transmitida hacia el consumidor industrial, comercial o residencial en una extensa variedad de formas.

La corriente alterna también se clasifica como monofásica o trifásica. Casi todas las unidades que dan servicio a los hogares, es decir las residencias, al igual que las instalaciones de luz comercial solo disponen de corriente monofásica que es conducida por dos conductores más la tierra. La corriente trifásica es transmitida

mediante un sistema de tres cables y consta de tres ondas distintas de la misma amplitud y frecuencia.

Las ventajas de los motores que operan con corriente directa son:

- La velocidad puede ajustarse si se utiliza un reóstato simple para ajustar el voltaje que se aplica al motor.
- El sentido de rotación es reversible si se invierte la polaridad de voltaje que se aplica al motor.
- El control automático de la velocidad es simple para que se adapte a las velocidades de dos o más motores, o bien, para programar una variación de la velocidad como función del tiempo.
- La aceleración y la desaceleración puede controlarse para proporcionar el tiempo de respuesta que se pretende o para disminuir el jaloneo.
- El torque puede controlarse variando la corriente que se aplica al motor. Esto es recomendable en aplicaciones en que es necesario controlar la tensión como enrollar película en un carrete.
- El frenado dinámico puede obtenerse invirtiendo la polaridad de la energía mientras gira el motor. El torque efectivo aminora la velocidad del motor sin tener que recurrir al frenado mecánico.
- Los motores de corriente CD casi siempre responden rápido. La aceleración es rápida cuando se cambia el voltaje, debido a que tiene un diámetro de rotor pequeño que le da una alta relación de torque a inercia. (Norton, 1999).

### **2.5.3.- Motoreductor**

Según Norton, (1999). El reductor de velocidad está constituido por un motor asincrónico acoplado a un reductor de engranes planetarios equilibrados.

Motoreductor o motor coaxial (alrededor del eje), consiste en un equipo formado por el motor en sí, que lleva una corona con un engranaje a la que se sujeta la persiana y de la cual tira, un cuadro de maniobras que regula las subidas y bajadas y algún elemento de accionamiento, bien por llave, pulsador o un emisor de radio (mando) que hace más cómodo y seguro su accionamiento.

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor. Los Reductores ó Motoreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Al emplear reductores o motoreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad aceptable tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

#### **2.5.4.- Tipos de motoreductores**

La gama de motoreductores está clasificada en cuatro grandes grupos:

- Motoreductores Tipo C: Versátiles y con una amplia gama de variantes cubren toda la gama de aplicaciones estándar en la mecánica.
- Motoreductores Tipo F: Extremadamente delgados, especializados en aplicaciones donde el espacio a utilizar sea particularmente reducido.
- Motoreductores Tipo K: Específicamente señalados para un bajo nivel de ruido.
- Motoreductores Tipo S: Segunda versión de los motoreductores de ángulo recto pero de dimensiones mucho más compactas y aptas para un trabajo eficiente y seguro.

(<http://www.monografias.com/trabajos10/motore/motore.shtml>).

#### **2.5.5.- Selección del motoreductor**

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

Características de operación:

- Potencia (hp tanto de entrada y salida)
- Velocidad (rpm de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción (I).

### Características del trabajo a realizar

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

### Condiciones del ambiente

- Humedad
- Temperatura

### Ejecución del equipo

- Ejes a 180°, ó, 90°.

Eje de salida horizontal, vertical, según el caso de cada fin de utilización (<http://html.rincondelvago.com/reductores-de-velocidad-o-motorreductores.html>)

## **2.6.- Cribas**

Es un utensilio constituido por una tela metálica u otro elemento perforado, que sirve para clasificar por tamaños partículas de materiales granulares o sueltos.

Aparato formado por un aro con una malla de alambre u otro material para cribar semillas o minerales (<http://www.definicion.org/criba>).

### **2.6.1.-Tipos de cribas**

- 1.- Zaranda oscilante: Posee una ligera pendiente, ésta combinada con la oscilación, hacen que los productos se muevan lentamente sobre la superficie. La zaranda debe ser alimentada en tal proporción que una gran parte de su superficie esté cubierta con una cierta profundidad de productos; esto proporciona a la carga el tiempo necesario para formar capas y la sujeta a la acción del cernido por un tiempo apreciable.
- 2.- Zarandas rotativas: La zaranda se mueve en círculo sobre un plano horizontal. Pueden ser planas o ligeramente inclinadas, aquí los productos son agitados mucho menos severamente que en una zaranda oscilante; debido a esto la separación de los productos pasantes son más finos y la capacidad por unidad de superficie de cernido es más baja.
- 3.- Separadoras cilíndricas o poligonales. Estas giran alrededor de su propio eje longitudinal, que puede ser horizontal o ligeramente inclinado. La carga es alimentada hacia dentro del cilindro y las partículas pequeñas son cernidas afuera a través de la superficie cernidora con una lámina perforada o malla.
- 4.- Separadora de superficie alveolada. Consisten en superficies con centenares de pequeños alvéolos, los cuales recogen las partículas de ciertas dimensiones y rechazan otras.

Estas se subdividen en:

El cilindro “trieur”: Este es un cilindro horizontal o ligeramente inclinado, alveolado en su superficie interior; la carga es alimentada hacia dentro del cilindro.

La separadora de discos: Consiste en un número de discos alveolados girando en un plano vertical y hundidos parcialmente en la masa de carga.

5.- Separadora de superficie inclinada. No poseen movimiento mecánico; la carga rueda o se desliza hacia abajo sobre una pendiente, se separa por sí misma debido a la velocidad de descenso de varias partículas  
( [www.quiminet.com.mx](http://www.quiminet.com.mx)).

## **2.7.- Materiales en el diseño mecánico**

El desempeño satisfactorio de partes de maquinaria y sistemas dependen en gran medida de los materiales que elige el diseñador. Este debe comprender como se comportan los materiales, que propiedades de los materiales afectan el desempeño de los elementos o piezas y de qué manera interpretar la gran cantidad de información disponible relativa a las propiedades de los materiales.

Los tipos de propiedades de los materiales que son importantes en el diseño de sistemas y dispositivos mecánicos, así como definir los términos resistencia a la tracción, límite elástico, límite proporcional, coeficiente de elasticidad en tensión, ductibilidad, y alargamiento porcentual, resistencia al esfuerzo de corte, razón de poisson, coeficiente de elasticidad al corte, dureza, maquinado, resistencia al impacto, densidad, coeficiente de expansión térmica, conductividad térmica, y resistencia eléctrica.

Así como también describir la naturaleza de aceros con aleaciones al carbono y sistemas de designación por medio de números para acero, así como el efecto de distintos tipos de elementos de aleaciones en las propiedades de los aceros (Norton, 1999).

### **2.7.1.- Propiedades de los materiales**

El comportamiento físico de los materiales se encuentra descrito por una gran variedad de propiedades eléctricas, magnéticas ópticas y térmicas. La mayoría de estas propiedades está determinada por la estructura atómica, el ordenamiento atómico y la estructura cristalina del material. Las propiedades físicas pueden modificarse en gran parte cambiando y controlando imperfecciones en la estructura (Askeland 1987).

### **2.7.2.- Barras ángulos**

Los ángulos son una barra estandarizada que tiene una sección angular. Su forma se parece mucho a la letra "L". Los perfiles angulares se utilizan principalmente en el sector de las estructuras metálicas y de acero para la construcción, así como para el sector de la fabricación de maquinaria; por ejemplo para fabricar postes de alta tensión. Los perfiles angulares se encuentran con cantos vivos según DIN 1022 y con cantos redondeados según DIN 10056. (<http://avisos.paginasamarillascantv.com.ve/Avisos/0002260254.pdf>)

### **2.8.- Chumaceras**

Un específico de rodamientos requiere seleccionar el tipo de cojinete, grado de precisión (usualmente ABEC 1), lubricante, cierre, (es decir, abierto, blindado o sellado), y capacidad básica de carga. Con frecuencia deben tomarse en cuenta consideraciones especiales, por ejemplo, si el cojinete soportará una carga pesada cuando no está girando, no se debe exceder su capacidad de carga estática (dada en los catálogos de los fabricantes de rodamiento).

Por otro lado, las bolas o rodillos (esto se llama “brinelado”, debido a que se asemeja a las marcas producidas por un probador de dureza Brinell), causando ruido en la rotación subsecuente. (Si no hay objeción al ruido, la capacidad estática con frecuencia puede exceder en un factor de hasta 3).

Una consideración especial es la velocidad máxima. La restricción es en cuanto a velocidad lineal de la superficie y no por velocidad de rotación; por lo tanto, los rodamientos pequeños pueden operar a rpm más altas que los grandes.

La lubricación de los cojinetes es especialmente importante en las aplicaciones de alta velocidad, siendo la mejor por rocío o aspersión fina de aceite. Esto proporciona la película de lubricantes necesaria y arrastra el calor de fricción con una mínima “perdida por agitación” dentro del mismo lubricante. En los rodamientos de bolas, los separadores no metálicos permiten las velocidades más altas.

Los rodamientos de precisión de una sola hilera de bolas ABEC 1 con lubricación de rocío de aceite y separadores no metálicos, pueden correr a velocidades en la superficie del anillo interior hasta de 75 m/s con una vida de 3,000 horas mientras soportan  $1/3$  de la capacidad nominal de carga. Esto se traduce a un valor DN (diámetro del agujero en mm multiplicado por las rpm) cerca de  $1.25 \times 10^6$ , con una lubricación de goteo o salpicadura de aceite esta cifra se reduce casi  $1/3$  y, para lubricación con grasa, a cerca de  $2/3$ . Bajo condiciones más favorables, los rodamientos de rodillos pueden operar hasta un valor DN de cerca de 45,000. Para aplicaciones que impliquen velocidades de rotación extrema, es aconsejable consultar al fabricante del rodamiento. Cuando se selecciona rodamientos debe tomarse en cuenta el des alineamiento posible, el sello y la lubricación.

Si una parte esencial son las temperaturas extremas, debe consultarse al fabricante del rodamiento.

El tamaño de rodamiento que se seleccione para uso dado por lo común está determinado por el tamaño del eje requerido (debido a la resistencia y rigidez) y por el espacio disponible.

También, el rodamiento debe tener una capacidad nominal de carga suficientemente alta para proporcionar una combinación aceptable de vida y confiabilidad.

Las chumaceras se componen de un rodamiento rígido de bolas (series 62 y 63) y su alojamiento (housing) de material hecho con hierro fundido (alto grado) o de acero prensado, disponibles en variadas formas.

La superficie exterior del rodamiento y la superficie interna de la chumacera son esféricas, lo que permite su auto-alinealidad.

Por lo general y dependiendo de su aplicación, las chumaceras se clasifican en dos tipos, a saber:

a) No relubricables

b) Relubricables

#### **Chumaceras Relubricables**

Su diseño permite la relubricación, aun en los casos en que exista desalineamiento de 2 grados a la izquierda o derecha.

El uso de la chumacera tipo relubricables se hace necesario cuando se presentan situaciones como las siguientes:

1. Temperatura de operación que alcanza los 100° C.
2. Salpicadura de agua y/o cualquier otro líquido nocivo al rodamiento.
3. Maquinaria de uso intermitente operando en áreas con alta humedad.

#### **Rodamientos de las chumaceras**

a.- Rodamiento con prisionero de fijación, tipos UC, AS, UR. Adecuados para trabajar en aquellas aplicaciones de uso común, en las que no existe alta velocidad ni vibración.

b.- Rodamientos con anillo de fijación excéntrico con prisionero tipos UEL, AEL. Estos rodamientos deben utilizarse para aquellas aplicaciones en las que se requiera soportar carga y mayor velocidad.

c.- Rodamientos con manguito de fijación tipo UK. Adecuados para trabajos en los que se requiere soportar alta velocidad y vibración son empleadas (<http://www.ntnmexico.com.mx/pages/spanish/chumaceras.html>)

#### **2.9.- Soldadura**

La soldadura es un proceso de ensamble de metales en el que la coalescencia se obtiene por calor y/o presión. En la actualidad se han desarrollado diversos procesos de soldadura que difieren en el método de aplicación y en el equipo utilizado.

La soldadura de acero ha llegado a ser el método más común para unir entre sí componentes metálicos de estructuras debido a que las conexiones soldadas son eficientes, limpias y económicas, además que los equipos que utilizan no son muy sofisticados; y existen cientos de varillas y revestimientos para satisfacer requisitos muy especiales que han surgido en la industria de la soldadura (John Deere 1980).

#### Ventajas de la construcción soldada

- La soldadura es flexible y ofrece muchos ahorros básicos de costo sobre operaciones de fundición a presión.
- La soldadura es tres o cuatro veces más fuerte que otros procesos de fabricación.
- Una soldadura es más dúctil.
- Un producto soldado tiene menos tendencia a agrietarse que las piezas de acero.
- Las estructuras soldadas proporcionan mayor libertad de diseño.

Con la siguiente ecuación se calcula la soldadura a tope en tensión.

$$\sigma = P/hL$$

Donde:

Esfuerzo de cedencia (lb/pulg<sup>2</sup>)

P = Carga (lb)

L = Longitud (pulg)

h = Altura (pulg)

Soldadura a tope cortante.

Esfuerzo cortante promedio:  $\tau =$  .

Soldadura de filete cortante

$$\tau = \frac{P}{0.707 hL} = \frac{(1.414) P}{hL}$$

Esfuerzo cortante promedio:

Puede emplearse la ecuación usual para el factor de seguridad por cargas estáticas:

$$FS = \frac{\tau_{yp}}{\tau} = \frac{0.5 \sigma_{yp}}{\tau}$$

Donde:

FS = factor de seguridad.

P = carga (lb)

= esfuerzo cortante de cedencia promedio (lb/pulg<sup>2</sup>)

= esfuerzo de cedencia promedio (lb/pulg<sup>2</sup>)

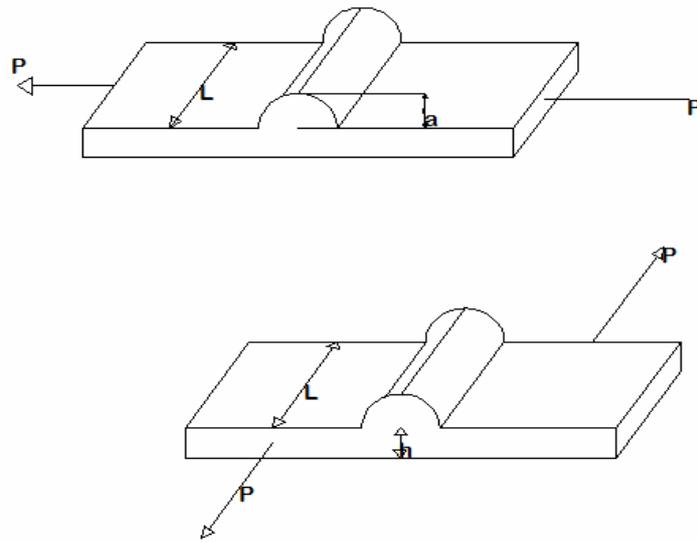


Figura 2.3 Análisis para soldadura bajo una carga y esfuerzos de corte.

En la figura 2.3 se observa el análisis del proceso de unión de dos piezas metálicas mediante la acción del calor. Las piezas soldadas son más resistentes a choques y fuerzas de impacto que la mayoría de las piezas fundidas.(Deere,1980)..

### III.- MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo fue realizado en el departamento de Maquinaria Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, cuyo inicio corresponde al mes de agosto del 2007 y cuya metodología principal fue la de (Norton, 1999.)

#### 3.1.- Materiales

En la actualidad el computador se ha convertido en una herramienta poderosa para apoyar el proceso de diseño de un producto, lo que permite realizarlo en un menor tiempo y cubriendo más aspectos que antes. Con el fin de obtener el diseño conceptual de una maquina cribadora de tierra de composta y usando una gran variedad de programas computacionales y que sea de las características entre los cuales se incluyen los siguientes materiales y equipo utilizado para su diseño conceptual:

Paquetes Computacionales:

- ❖ Word
- ❖ Excel
- ❖ Power point
- ❖ AutoCAD 2007 ( planos en 2D para fabricación y 3D para diseño global)

Materiales:

- a) Cinta Métrica
- b) Nivel de gota
- c) Vernier
- d) Laptop
- e) Instrumentos de dibujo.
- f) Tablas de Propiedades de Materiales.

### **3.2.- Métodos de diseño conceptual**

El diseño conceptual consta de diferentes métodos, que se explican a continuación:

1.-Reconocimiento de la necesidad: una necesidad surge de la inquietud y problema que está ocurriendo en la universidad, en la criba de lombricomposta, que se puede mejorar o se puede hacer algo en forma diferente para obtener beneficios. Durante esta etapa se reconocieron diferentes problemas.

2.-Una vez reconocidas las necesidades se definieron las especificaciones del equipo a diseñar, el cual debe cumplir para satisfacer las necesidades encontradas durante el recorrido en campo y lugar donde se encontró el problema.

3.-La función principal, de esta es que debe ser capaz de cribar de forma continua y correcta la tierra de lombricomposta a fin de que sea más eficiente tal actividad.

4.-La función principal que se debe cumplir con esta máquina es el cribado de dicho material orgánico, separando los contaminantes de la materia prima efectiva y dejar en las condiciones deseadas.

7.-Definición de sistemas: se divide en tres principales que consta de la parte motriz, una de soporte o estructura y el sistema de cribado.

8.-La función principal se divide en sistemas para facilitar el diseño.

9.-Se dieron alternativas de solución para cada sistema y se hace su análisis de cada sistema y planteamiento de su ventaja y desventaja de las diferentes alternativas.

10.-Selección de alternativas de solución de los sistemas.

11.-Se selecciona la alternativa de solución que se desarrollará fácil y económicamente.

12.-Diseño conceptual y cálculos de diseño fueron efectuados de acuerdo a una revisión de literatura.

13.-El diseño se realizó mediante los parámetros de diseño y la ergonomía.

14.-Se realiza el diseño conceptual de los elementos cumpliendo dichas especificaciones tomadas de acuerdo a un análisis de QFD (Quality Function Deployment) o (Despliegue de la Función de Calidad) los diferentes sistemas, de forma que cumplan con el objetivo y meta del diseño efectuado (<http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/5.%20Dise%F1o%20y%20selecci%F3n%20de%20maquinaria%20y%20equipo.pdf>)

El desarrollo del diseño conceptual puede definirse como aquel que representa la totalidad del objeto proyectado. El diseño conceptual se llevó a cabo en AutoCad, para el cual se tomaron como base las dimensiones generales reales del equipo diseñado.

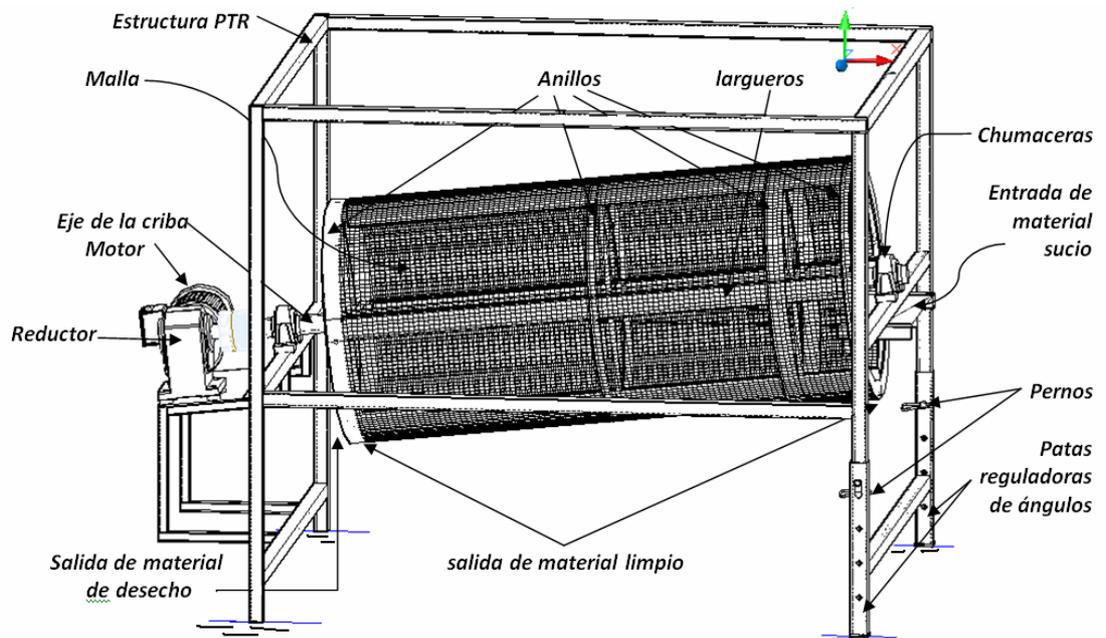


Figura 3.1 Máquina cribadora de lombricomposta.

Figura 3.1 Se presenta una vista isométrica donde se exponen sus componentes principales, esto con el fin de facilitar la comprensión a medida que se calculan los componentes.

### 3.3.- Cálculos preliminares de la máquina cribadora

El punto de partida para el diseño de la criba es el flujo másico de residuos orgánicos provenientes de la lombricomposta al cual debe operar, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica y consultar las características de los materiales (Anexo B) en el cuadro 3.1 se muestra valores de pesos del material utilizado en el diseño.

Cuadro 3.1 Valores de pesos para el análisis de la estructura de la maquina.

Parte de la maquina	Peso total en base a apéndices
Peso de la malla	10.00 kg/m <sup>2</sup>
Barras ángulos	7.14 kg/m
Rayos	00.69 kg/m
Tubo de la flecha	8.50 kg/m
Anillos	6.94 kg/m
Peso de la materia orgánica	909.00 kg/m <sup>3</sup>

### 3.3.1.- Flujo másico

Para calcular el flujo másico de la cribadora se sugiere la siguiente ecuación: (<http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/Preliminares.pdf>)

$$D_{\text{teorico}} = \left[ \frac{11.36 * Q_t}{d_b * F * k_v * g^{0.5} * \tan} \right] \quad (1)$$

$D_{\text{teorico}}$  = Diámetro teórico de la criba, en m

$Q_t$  = Rendimiento de la maquina cribadora, en kg/s

$d_b$  = Densidad en bruto de lombricomposta, en kg/m<sup>3</sup>

= Inclinación del la malla cilíndrica

$K_v$  = Factor de corrección de velocidad igual a = 1.0

F = Factor de relleno 8 %

g = 9.81 en m/s<sup>2</sup>

De la ecuación 1 el flujo másico para el diseño de la maquina es de  $Q_t$  se despeja y de obtiene el flujo másico.

La densidad de la lombricomposta corresponde a  $d_b = 909 \text{ kg/m}^3$ . El ángulo de inclinación seleccionado es  $= 6^\circ$  este resultado el apropiado para parámetros de este diseño, observado en una hoja de cálculo a medida que se variaba el ángulo. El factor de relleno de la criba tomando los valores normales de operación para esta máquina es de  $F = 8\%$  de acuerdo a un análisis estadístico. El diámetro seleccionado del tambor de cribado es  $D = 0.7 \text{ m}$  por medidas de mallas industriales.

Debido a que a menor diámetro mayor longitud, lo cual aumentaría los costos de fabricación y a menor diámetro mayor velocidad de rotación de la criba por lo que puede generar vibraciones en la estructura y disminuir la eficiencia del cribado.  $K_v = 1.0$  debido a las pérdidas de velocidad.

Reemplazando los valores de la ecuación (1) se obtuvo un flujo másico de:

$$Q_t = 0.86 \text{ kg/s} = 3109 \text{ kg/hr}$$

### **3.3.2.- Velocidad de rotación**

Al rotar la criba eleva su carga, existe una velocidad de rotación más allá de la cual un elemento de la carga tendrá la suficiente fuerza para adherirse a esta. Esta velocidad que debe alcanzar, es la velocidad crítica ( $N_c$ ) y depende del diámetro de la criba. Para poder estimar esta velocidad es necesario realizar un balance de fuerzas del cual se obtiene la relación de velocidad de rotación crítica.

La velocidad de rotación de la maquina está en función de la velocidad crítica, ésta es la velocidad en la que los materiales se centrifugan o se pegan a la superficie de cribado. La siguiente ecuación emplea para determinar esta velocidad crítica (Gieck, 2006)

$$n_c = \frac{\sqrt{g}}{2} \quad (2)$$

$n_c$  = velocidad crítica rev /s

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$r = 0.35 \text{ m}$

Reemplazando valores en la ecuación (2) se obtiene:

$n_c = 0.841 \text{ rev/s} = 50.46 \text{ rpm}$

La velocidad óptima se produce cuando los materiales se voltean con movimiento catarata, se produce parcialmente por la pared interior del tambor y después caen sobre sí mismo. Para un tambor con elevadoras como este caso, la velocidad de rotación debería ser el 50% de la velocidad crítica ya que se requiere un cribado eficiente. Con base a lo anterior se obtiene la velocidad óptima de rotación:

$$= 0.5 n_c$$

$$= 25.23 \text{ rpm}$$

### 3.3.3.- Tiempo que tarda la lombricomposta en atravesar la criba

El tiempo que tarda una partícula en atravesar la criba se calcula con siguiente ecuación.

(<http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/Preliminares.pdf>).

$$t^2 = \frac{(L_t \cdot d_i)}{Q_t \cdot g} \quad (3)$$

$t$  = tiempo que tarda una partícula en atravesar la criba cilíndrica, en (s).

$L_t$  = longitud de la criba, m.

$$= 6^\circ$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (3) se obtiene el tiempo en que la materia orgánica atraviesa la criba:

$$t = 24 \text{ segundos}$$

### 3.3.4.- Peso de la materia orgánica contenida en la criba

El peso de la materia orgánica se obtuvo mediante la revisión de literatura y se encontró por la siguiente ecuación (Gieck, 2006).

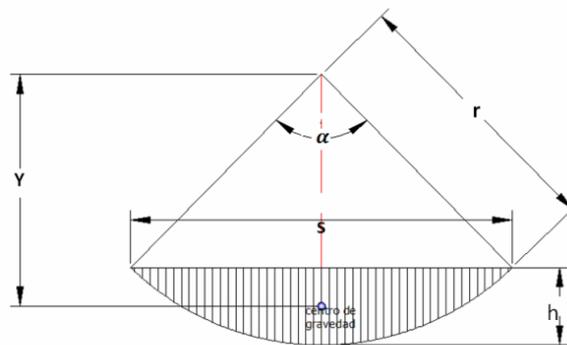


Fig. 3.2 Cálculos de centro de gravedad y área de materia orgánica ocupada por las partículas depositadas en la maquina.

La figura 3.2 muestra las literales para calcular centroide, volumen y peso de la materia orgánica. (Gieck, 2006)

$$y = \dots \quad (4)$$

Donde:

$y$  = centro de gravedad, m.

$s$  = distancia, en m

$$s = 2 \cdot r \cdot \sin \alpha \quad \text{distancia de punto a punto} = 0.49 \text{ m.}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (4) se encontró el centro de gravedad de la materia orgánica = 0.2998 m.

$$A_r = (3h^3 + 4s^2) = r^2 (\alpha - \sin \alpha) = 0.0327 \text{ m}^2 \quad (5)$$

$A_r$  = área de relleno de lombricomposta en,  $\text{m}^2$

$s = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$  distancia de punto a punto = 0.49 m.

Calculo del ángulo

$$\alpha = \frac{\pi}{180} \alpha \text{ (}\alpha \text{ en radianes)}$$

$$= 89^\circ$$

$$r = 0.35 \text{ m}$$

$$h = 0.10 \text{ m}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

Volumen contenido

$$V_c = A_r \cdot L$$

$$V_c = (0.0327 \text{ m}^2) (1.5 \text{ m})$$

Volumen de relleno igual a  $0.04905 \text{ m}^3$

### 3.3.5.- Potencia necesaria para mover la tierra

La potencia necesaria para mover la tierra depositada en la maquina ejerce una expresión que relaciona el momento necesario para vencer la inercia de los residuos y la velocidad angular de la maquina (Gieck, 2006)

$$P = T \cdot \omega \quad (6)$$

$P$  = potencia, hp

$F = \text{masa de la tierra} = 44.5 \text{ kg} = 436.3 \text{ N}.$

$T = \text{torque N}\cdot\text{m}.$

$$T = F \cdot Y \quad (7)$$

$$T = (436.3 \text{ N}) (0.29 \text{ m}) = 126.527 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$P = (126.527 \text{ N}\cdot\text{m}) (2.61 \text{ rad/seg}) = 330.23 \text{ Watt.} = 0.4 \text{ hp}$$

### 3.3.6.- Potencia necesaria para el movimiento de la criba vacía

Fuerza normal y tangencial.

(<http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/Preliminares.pdf>)

$$= m \cdot a$$

$$= m$$

$$t = m \cdot r$$

$m = \text{masa} = 33.27 \text{ kg}.$

$$=$$

$$\text{ang} = 25 \text{ rpm} = 2.61 \text{ rad/seg}$$

$t = \text{Tiempo en alcanzar la velocidad optima 2 segundos}.$

$$t = 15.196 \text{ N}.$$

$$\text{hp} = (t) \cdot (r) = (15.196 \text{ N})(0.35 \text{ m}) = 0.0071 \text{ hp} \quad (8)$$

Finalmente, la potencia total de la maquina se obtiene a partir de la suma de potencia necesaria para mover los residuos dentro de la criba y la

potencia para vencer la inercia del cuerpo de la criba (Manual de formulas técnicas Girck 30ª edición).

$$hp_{total} = hp_{de\ la\ mo.} + hp_{criba\ vacía} \quad (9)$$

$$hp_{total} = 0.44 + 0.018615$$

$$hp_{total} = 0.45 \text{ equivalente a un motor de } \frac{1}{2} \text{ hp}$$

Nota: Pero por cuestiones de trabajo en la sobre carga y por seguridad se opta por un motor de  $\frac{3}{4}$  de hp.

### **3.3.7.- Selección del eje o flecha**

Para la selección de la flecha se llevo a cabo la siguiente metodología.

1. Se determino la velocidad de giro del eje o flecha.
2. Se calculo la potencia o torque que el eje va a transmitir.
3. Se determino el diseño de los componentes transmisores de potencia y otros dispositivos que se pretendan montar en la flecha y especifico la ubicación que se necesita para cada dispositivo.
4. Se ubico la ubicación de los cojinetes en los que se apoyará el eje.
5. Se supuso la forma general para la geometría de eje, considerando de qué manera se mantendrá en posición axialmente y como se llevara a cabo la transmisión de potencia a partir de cada elemento hacia el eje.
6. Se calculo la magnitud del torque que se observa en todos los puntos del eje.
7. Calculando las fuerzas que ejercen acción sobre el eje, tanto normal como tangencial.
8. Se determino las fuerzas radiales en componentes y sentidos perpendiculares, por lo general tanto horizontal como verticalmente.
9. Se eligió al material con que se va a fabricar al eje y especificación de su condición.
11. Se calculo la tensión de diseño adecuada, considerando la manera en que se aplica la carga, suave, de choque, sucesiva o inversa o de otro tipo.

12. Se analizó cada punto crítico del eje para determinar el diámetro mínimo aceptable del eje para verificar la seguridad bajo aplicación de carga en cada punto.

Cálculos más significativos de la flecha:

Primero se determinaron las propiedades del acero con que se va a fabricar la flecha. Las propiedades del acero son AISI 1040 extruido en frío. A partir del apéndice A-4 del libro de diseño de elementos de máquinas de Robert L. Mott.

Datos del motor (<http://www.grainger.com/Grainger/www/start.shtml>)

$$N = 25 \text{ rpm}$$

$$F = 60 \text{ hz}$$

$$V = 110 \text{ volts}$$

$$P = 3/4 \text{ hp}$$

La flecha recibe  $3/4$  hp de un motor y gira con una reducción de velocidad a 25 rpm. Conociendo estos datos nosotros podemos calcular el Momento torsional de la flecha.

Para seleccionar el diámetro apropiado de la flecha tomo en cuenta accesorios como las chumaceras que pueden ir montados en ellas.

Para calcular el diámetro del eje que soporta la criba se utilizó la siguiente fórmula.

$$D^3 = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[ \frac{k_t M}{S_n^1} \right]^2 + \frac{3}{4}} \right] \quad (10)$$

Donde:

$D$  = Diámetro de la flecha.(pulg)

$T$  = Torque en la flecha.  $T = 126.527 \text{ N}\cdot\text{m}$

$N$  = Factor de diseño.  $N = 2$

$K_t$  = Factor de concentración de tensiones.  $K_t = 1.5$

$M$  = Momento  $\text{N}\cdot\text{m}$

= Resistencia al punto sedente.

$S_y$  = Resistencia al punto sedente.

Sustituyendo los valores en la ecuación (10) se obtiene:

$D = 1.6 \text{ pulg.}$

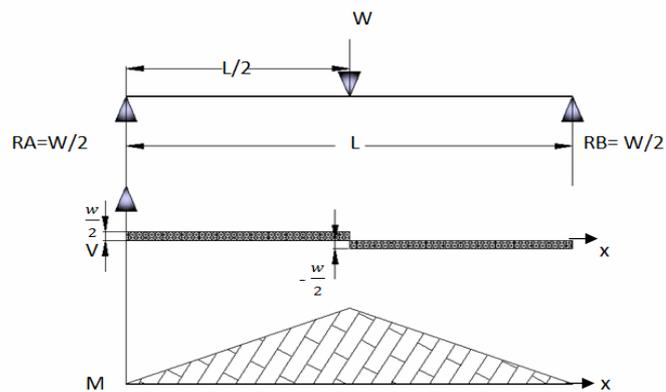


Fig. 3.3 Diagramas de esfuerzo de corte ( $V$ ) y momento flector ( $M$ )

$$M_{\max} = \quad \quad \quad (11)$$

Donde:

$$W = 764.4 \text{ N}$$

$$L = 1800 \text{ mm}$$

$$R_A = R_B$$

Sustituyendo valores en la ecuación (11)

$$M_{\max} = 3044.07 \text{ lb}\cdot\text{pulg.}$$

## IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los objetivos planteados en el presente trabajo se obtuvo un diseño conceptual de una maquina cribadora de tierra de lombricomposta como se puede apreciar en la figura 4.1 y en el anexo A se muestra la maquina con sus dimensiones correspondientes.

En el análisis efectuado en el diseño conceptual de la maquina cribadora de tierra de lombricomposta, se obtuvieron los siguientes resultados:

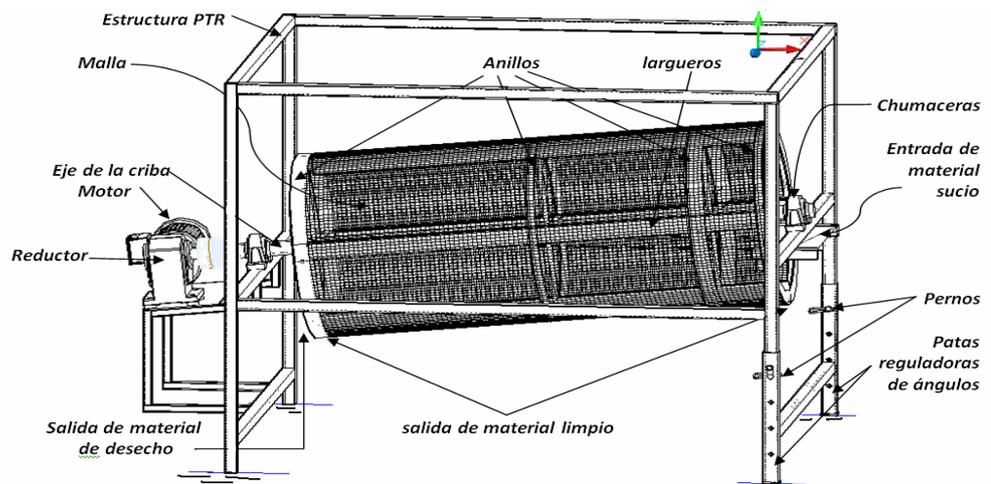


Figura 4.1 Diseño de la maquina, mostrando las partes principales.

1.- Para la flecha de transmisión, se determino que los diámetros que se deben usar son de 1 3/4" de acuerdo a la teoría del esfuerzo cortante máximo.

2.- Los baleros propuestos para las flechas deberán estar protegidos contra polvo (marca recomendada SKF).

3.- Para obtener el torque y velocidad de rotación sugerida por el diseño, se propone utilizar un reductor de velocidad con una relación total del tren de engranes 60:1 con una velocidad de 25 r.p.m.; accionado por un motor de 3/4 hp.

4.- Con los cálculos y pruebas realizadas de determino que el flujo másico a un 8 % de relleno será de .86 kg/s. o se tendrá una producción de 3109 Kg/hr. A un ángulo de inclinación de 6 grados con una velocidad de 25 rpm.

5.- En base a que el factor de relleno estará en función del individuo que este alimentando a la máquina de forma manual se hizo un análisis y se opto por un motor de ¾ de hp para un buen funcionamiento y poder manejarse en cualquier lado con una corriente de 110 voltios.

De acuerdo al diseño efectuado, en el cuadro 4.2 se enlista los materiales para su fabricación.

Cuadro 4.2.- Lista de materiales para su fabricación

MATERIAL	CANTIDAD	CARACTERISTICAS
MOTOR	1	¾ de hp
REDUCTOR	1	60:1 rpm
MALLA	3.30 m <sup>2</sup>	De calibre 16
PTR BLANCO	20.62 m.	1 ½ x 1/8 pulg
ANGULO	6 m	1x1/8 pulg
CHAVETAS	2	½ pulg
CHUMACERAS	2	diam interno 1 ¾ pulg
BARRA CUADRADA	5.6 m.	3/8 pulg
ANGULO	1 m.	1 ½ x 1 ½ pulg
TORNILLOS	16	½ pulg

Principalmente con este equipo se pretende eficientar el cribado de tierra de lombricomposta comparado con el método tradicional, en menor tiempo y con menor esfuerzo por parte de la persona responsable.

La maquina es un dispositivo diseñado para la realización del cribado de tierra de lombricomposta separando de manera adecuada y a la producción señalada.

La seguridad de la maquina se garantiza por medio de un interruptor de paro de emergencia.

Por costos y seguridad los valores de flujo másico y dimensiones de la maquina deben ser inferiores a los utilizados en equipos industriales.

El ajuste para mejorar el cribado, se realiza cambiando el ángulo y el tipo de criba de acuerdo a las características de humedad y de fin del producto.

Tomando en cuenta el tiempo de cribado de la forma tradicional, se pretende sea significativa mente costeable su construcción de acuerdo al diseño.

## **V.- CONCLUSIONES**

De acuerdo al objetivo planteado se obtuvo un diseño atractivo de la máquina, logrando cubrir las necesidades del productor de lombricomposta por lo tanto se espera mejorar con dicho diseño el cribado eficiente de tierra de lombricomposta. Se diseño por el método del QFD (Quality Function Deployment) que es un análisis y diseño por factores humanos, de cada una de las partes que conforman a la máquina en función a las necesidades que se esperan obtener.

Cada componente o mecanismo está diseñado de la forma más conveniente y estandarizada de sus piezas de modo que sea preciso y seguro al momento del montaje y armado de la máquina.

La operación de la máquina resulta ser sencilla, sola persona se hará cargo de operarla de acuerdo a que se ha diseñado con una producción de 3109 kg/hr. La máquina es estacionaria, que se puede ubicar en un lugar adecuado con toma de corriente de 110 voltios para ser operada.

Los cuidados se refieren a que al arrancar la maquina, que este en vacio total mientras el motor alcanza la velocidad óptima para trabajar, esta la alcanza en promedio, en 2 segundos. La lubricación del reductor para su buen funcionamiento, así como checar constantemente entrada de partículas a cribar.

En la operación se tendrá cuidado de la colocación correcta de la entrada de tierra, asegurando el cribado correcto.

Cabe mencionar que el diseño puede tener modificaciones para investigaciones futuras, debido a que existen diversas formas de adaptar el sistema de cribado y propósito de la maquina diseñada. Este diseño es un principio que en la literatura actual recomienda por ser más eficiente en cuanto al cribado de sólidos.

Es importante señalar que los cálculos fueron realizados apegados a diseño y que en ocasiones puede variar debido a los materiales y factores de naturaleza diversa.

Por lo que respecta al cribado la maquina diseñada, tendrá buena aplicación a la agricultura considerando la problemática de la planta de lombricultura de la U.A.A.A.N.

## VI.- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Askeland, D. R. 1987. Ciencia e ingeniería de los materiales. 3ª edición. Grupo Editorial iberoamericana, México.
2. Cadisch, G. & Giller, K.E. (Eds.), 1997. Driven by Nature, plant litter quality and decomposition. CAB International, Wallingford, U.K. 409 pp.
3. Capistran, F., E. Aranda y J. C. Romero. 2001. Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. 1ª Edición., 1ª reimpresión. Instituto de Ecología, A. C., Veracruz, México. 151 p.
4. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, 2005, México DF. Pág. 5-32
5. John Deere, Fundamentos de servicio, soldadura, publicaciones de servicio John deere, 1980, molin.
6. Juvinall, R. C. 1993. Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, Ed. Noriega Limusa, México.
7. Labrador, M.J., 1996. La Materia Orgánica en los Agro-sistemas. Mandí-Prensa. Madrid, España. 174 pp.
8. López, F. (2003). Capacidad Reproductiva de la Lombriz de Tierra (*Eisenia sp.*) en una Unidad Vermiculita. Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.

9. Mott, R. I. 1992. Diseño de Elementos de Maquinas. 2a edición, Ed. Prentice Hall, México
10. Tate, R.L.,1987. Soil Organic Matter, Biological and Ecological Effects. John Wiley & Sons. USA. 291 pp.

#### CONSULTAS DE INTERNET

1. <http://www.buscagro.com/PRODUCCION-ANIMAL/Lombrices/more2.html>
2. <http://www.cmelectronica.com.ar/Motocicletas/Taller-glosario.htm>
3. <http://www.definicion.org/criba>
4. <http://www.dgplades.salud.gob.mx/2006/htdocs/hg/Nuevas/hmc15.pdf>
5. [http://www.emagister.com.mx/uaaan\\_universidad\\_autonoma\\_agraria\\_antio\\_narro-centrodetalles-52475.htm](http://www.emagister.com.mx/uaaan_universidad_autonoma_agraria_antio_narro-centrodetalles-52475.htm)
6. <http://www.google.com.mx/search?hl=es&q=DISE%C3%91O+DE+MAQUINAS&meta=>
7. <http://www.grainger.com/Grainger/wwg/start.shtml>
8. <http://www.globalrepair.ca/screen/frontcover2w.jpg&imgrefurl=>
  9. <http://www.globalrepair.ca/Hilera%2520turners%25201.htm&h=288&w=432&sz=87&hl=es&start=19&um=1&tbnid=kq5JQcsnokaziM:&tbnh=84&tbnw=126&prev=/images%3Fq%3DMAQUINAS%2BCRIBADORAS%2B%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN>

10. <http://www.images.google.com.mx/imgres?imgurl=>
11. <http://www.manualdelombricultura.com/>
12. <http://www.monografias.com/trabajos10/motore/motore.shtml>
13. <http://www.ntenmexico.com.mx/pages/spanish/chumaceras.html>
14. [http://www.p2library.nfesc.navy.mil/P2\\_Opportunity\\_Handbook/7\\_II\\_A\\_4.html,](http://www.p2library.nfesc.navy.mil/P2_Opportunity_Handbook/7_II_A_4.html)
15. <http://www.qfdlat.com/ Que es el QFD / que es el qfd .html>
16. <http://www.qfdi.org/>
17. <http://www.quiminet.com.mx>
18. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/fichas/listafichas/T-06-01.pdf>
19. <http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/5.%20Diseno%20y%20selecci%20n%20de%20maquinaria%20y%20equipo.pdf>
20. [http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/Preliminares.pdf\)](http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/Preliminares.pdf)

# **ANEXOS A**

# **ANEXOS B**

**Características técnicas de las cribas para la el diseño utilizando la de 32  
pulg de abertura.**

<b>Abertura</b>	<b>Calibre</b>	<b>Peso kg/m<sup>2</sup></b>	<b>% de Área Abierta</b>
32"	16	8	35
1/8"	16	7	44,2
	14	12	37,2
5/32"	14	11	43,5
<b>3/16"</b>	<b>12</b>	<b>12,7</b>	<b>41,4</b>
	11	16,5	37,2
	10	18	33,8
1/4"	11	14,2	45,7
	10	17,5	42,2
	9	19	39,4
	8	21	36,8
5/16"	10	14,5	45,7
	9	16	46
	8	19	43,5
3/8"	10	13	54,1
	9	16	48,8
	8	17	48,7
	3/16"	22	45,7
7/16"	8	13,7	53,2
	3/16"	18,5	43,8
<b>1/2"</b>	<b>3/16"</b>	<b>22</b>	<b>54,3</b>
	1/4"	28	46,6

9/16"	3/16"	17,3	57
	1/4"	26,5	44,4
<b>5/8"</b>	<b>3/16"</b>	<b>15</b>	<b>51,2</b>
	1/4"	24,6	44
3/4"	1/4"	22	59,2
	5/16"	30	50
	3/8"	39	44
7/8"	1/4"	19	59,2
	5/16"	28	56,3
15/16"	1/4"	16,6	48
	5/16"	24	56,2
	3/8"	38	49,8
1"	1/4"	15,7	64
	5/16"	26,5	58
	3/8"	36	52,9
1-1/8"	5/16"	21	61,2
	3/8"	31	56,3
1-1/4"	5/16"	21	64
	3/8"	28,4	59,2
1-1/2"	5/16"	19	68,5
	3/8"	26	64
1-3/4"	3/8"	23	67,8
	1/2"	34	60,5

Propiedades del perfil PTR para el diseño de la maquina cribadora.

## DIMENSIONES Y PROPIEDADES DEL PERFIL PTR

11

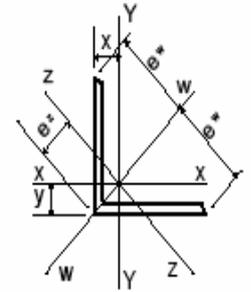
DIMENSIONES EXTERIORES D X B pulg. mm	ESPESOR		COLOR DE IDENTIFICACION	PESO kg/m.	AREA cm2	MOMENTO DE INERCIA		MODULO DE SECCION		RADIO DE GIRO	
	t					EJE X-X	EJE Y-Y	EJE X-X	EJE Y-Y	EJE X-X	EJE Y-Y
	pulg.	mm.									
1" x 1"	0.060	1.5	AZUL	1.18	1.40	1.34	1.34	1.06	1.06	0.978	0.978
	0.075	1.9	BLANCO	1.40	1.79	1.66	1.66	1.28	1.26	0.96	0.96
25 x 25	0.095	2.4	VERDE	1.62	2.07	1.75	1.75	1.38	1.38	0.92	0.92
	0.133	3.04	ROJO	1.98	2.471	2	2	1.51	1.51	0.89	0.89
	0.120	3.4	ROJO	2.10	2.68	2.01	2.01	1.58	1.58	0.87	0.87
1 1/2" x 1 1/2"	0.075	1.9	AZUL	2.11	2.65	5.83	5.83	3.00	3.00	1.48	1.48
	0.110	2.8	BLANCO	2.95	3.74	7.56	7.56	3.96	3.96	1.42	1.42
	0.120	3.04	ROJO	3.176	4.026	7.99	7.99	4.19	4.19	1.41	1.41
38 x 38	0.125	3.2	VERDE	3.29	4.17	8.21	8.21	4.30	4.30	1.40	1.40
	0.154	4.0	ROJO	3.91	4.95	9.24	9.24	4.85	4.85	1.36	1.36
	0.060	1.5	CELESTE	2.44	2.91	11.80	11.80	4.64	4.64	2.01	2.01
2" x 2"	0.075	1.9	AZUL	2.85	3.58	14.34	14.34	5.65	5.65	2.00	2.00
	0.110	2.8	BLANCO	4.00	5.11	19.04	19.04	7.49	7.49	1.93	1.93
	0.120	3.04	ROJO	4.36	5.56	20.61	20.61	8.11	8.11	1.923	1.923
51 x 51	0.125	3.2	VERDE	4.54	5.79	21.40	21.40	8.42	8.42	1.92	1.92
	0.156	4.0	ROJO	5.45	6.97	24.70	24.70	9.72	9.72	1.88	1.88
	0.188	4.8	AZUL	6.91	8.79	31.37	31.37	12.35	12.35	1.88	1.88
2 1/2" x 2 1/2"	0.250	6.4	AMARILLO	8.04	11.29	37.93	37.93	14.93	14.93	3.36	3.36
	0.060	1.5	CELESTE	2.89	3.65	23.57	23.57	7.39	7.39	2.53	2.53
	0.075	1.9	AZUL	3.58	4.57	28.62	28.62	9.01	9.01	2.519	2.519
64 x 64	0.120	3.0	ROJO	5.61	7.11	42.52	42.52	13.38	13.38	2.447	2.447
	0.125	3.2	BLANCO	5.84	7.40	44.07	44.07	13.88	13.88	2.44	2.44
	0.141	3.6	VERDE	6.47	8.26	48.30	48.30	15.20	15.20	2.42	2.42
3" x 3"	0.188	4.8	ROJO	8.32	10.60	59.10	59.10	18.7	18.70	2.36	2.36
	0.188	4.8	AZUL	8.32	10.60	59.10	59.10	17.87	18.70	2.36	2.36
	0.250	6.4	AMARILLO	11.09	12.13	40.33	40.33	15.12	15.12	1.794	1.794
76 x 76	0.120	3	ROJO	7.58	8.91	79.67	79.67	20.88	20.88	2.98	2.98
	0.125	3.2	BLANCO	7.12	9.01	78.93	78.93	20.71	20.71	2.95	2.95
	0.156	4.0	VERDE	8.62	11.00	93.70	93.70	24.60	24.60	2.92	2.92
3 1/2" x 3 1/2"	0.188	4.8	ROJO	10.20	13.00	108.00	108.00	28.30	28.30	2.90	2.90
	0.188	4.8	AZUL	10.20	13.00	108.00	108.00	28.30	28.30	2.90	2.90
	0.250	6.4	AMARILLO	13.64	17.38	144.42	144.42	37.84	37.84	3.878	3.88
89 x 89	0.125	3.2	BLANCO	8.39	10.62	128.53	128.53	28.91	28.91	3.47	3.47
	0.156	4	VERDE	10.20	13.00	154.00	154.00	34.60	34.60	3.45	3.45
	0.188	4.8	ROJO	12.10	15.40	179.00	179.00	40.10	40.10	3.40	3.40
3" x 2"	0.250	6.4	AZUL	15.60	19.90	220.00	220.00	49.50	49.50	3.33	3.33
	0.125	3.2	BLANCO	5.84	7.40	57.41	30.53	15.07	12.02	2.78	2.03
	0.141	3.6	VERDE	6.47	8.26	63.30	33.40	16.60	13.20	2.77	2.01
76 x 51	0.188	4.8	ROJO	8.32	10.60	77.40	40.70	20.30	16.00	2.69	1.96
	0.125	3.2	BLANCO	7.12	9.01	117.34	39.69	23.09	15.62	3.60	2.09
	0.156	4.0	VERDE	8.62	11.00	139.00	46.60	27.50	18.40	3.56	2.07
4" x 2"	0.188	4.8	ROJO	10.20	13.00	161.00	53.70	31.80	21.10	3.51	2.03
	0.125	3.2	BLANCO	8.39	10.62	156.41	100.45	30.79	26.36	3.93	3.07
	0.156	4.0	VERDE	10.20	13.00	187.00	120.00	36.90	31.65	3.81	3.05
102 x 51	0.188	4.8	ROJO	12.10	15.40	218.00	139.00	42.90	36.50	3.76	3.00
	0.156	4.0	VERDE	8.62	11.00	269.00	171.00	52.90	44.80	3.67	2.93
	0.250	6.4	AZUL	15.60	19.90						

NOTA: SE CONSIDERA UNA LONGITUD POR TRAMO DE 6.00 m., CALIDAD COMERCIAL GARANTIZADA UNICAMENTE 2,000 kg/cm<sup>2</sup> DE ESFUERZO DE FLUENCIA

Propiedades del perfil ángulo para el diseño de la maquina cribadora.

**ANGULO PERFIL ESTANDAR DE LADOS DESIGUALES**  
**PROPIEDADES PARA DISEÑO DIMENSIONES PARA DETALLAR**

**2-A**



PERFIL	ESPESOR	t <sub>f</sub>	PESO	A	R	EJE x - x				EJE y - y				EJE z - z
						I	r	S	y	I	r	S	x	r mín.
	mm.	Pulg.	kg/m.	cm <sup>2</sup>	mm.	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm	cm.
4 x 3	6.3	1/4	8.63	10.90	9.5	115.3	3.25	16.39	3.15	56.6	2.26	9.83	1.88	1.65
	7.9	5/16	10.72	13.48	9.5	140.7	3.23	20.16	3.20	68.7	2.25	11.96	1.93	1.65
	9.5	3/8	12.65	16.00	9.5	164.8	3.20	23.93	3.25	79.9	2.23	14.26	1.98	1.62
	11.1	7/16	14.58	18.51	9.5	188.1	3.18	27.53	3.30	90.7	2.21	16.22	2.03	1.62
101.6 x 76.2	12.7	1/2	16.52	20.96	9.5	210.2	3.16	30.97	3.88	100.7	2.19	18.36	2.11	1.62
	15.9	5/8	20.24	25.67	9.5	251.0	3.12	37.69	3.48	119.5	2.15	22.13	2.21	1.62
6 x 4	7.9	5/16	15.19	19.44	12.7	472.7	4.93	45.58	4.87	173.1	2.98	22.10	2.33	2.24
	9.5	3/8	18.31	23.29	12.7	560.6	4.91	54.40	4.93	203.9	2.96	26.22	2.39	2.23
	11.1	7/16	21.28	28.97	12.7	643.5	4.88	62.76	4.98	233.1	2.94	30.31	2.44	2.21
	12.7	1/2	24.11	30.65	12.7	723.8	4.86	70.96	5.05	261.0	2.92	34.08	2.51	2.21
152.4 x 101.6	15.9	5/8	29.76	37.81	12.7	877.0	4.82	87.02	5.16	313.0	2.88	41.62	2.62	2.18

NOTA: Los gramiles y diámetros máximos de agujero deberán tomarse para cada lado como ángulos de los lados iguales.

Tabla A-4 del libro de mott

Propiedades de los aceros al carbón y con aleaciones.

Número del material (número AISI)	Condiciones	a la tracción		punto cedente		Elongación porcentual en 2 pulg)	Dureza Brinell (HB)
		$S_u$ Ksi	MPa	$S_y$ Ksi	MPa		
1020	Rolado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Extruido en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Rolado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Extruido en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Rolado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Extruido en frío	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Rolado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Extruido en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Rolado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Extruido en frío	98	676	82	565	10	196
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	352
1144	Rolado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Extruido en frío	100	690	90	621	10	200
1144	OQT 1300	96	662	68	469	25	200
1144	OQT 400	127	876	91	627	16	277
1213	Rolado en caliente	55	379	33	228	25	110
1213	Extruido en frío	75	517	58	340	10	150
12L13	Rolado en caliente	57	393	34	234	22	114
12L13	Extruido en frío	70	483	60	414	10	140
1340	Recocido	102	703	63	434	26	207
1340	OQT 400	285	1960	234	1610	8	578
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	444
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	363
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	235
3140	Recocido	95	655	67	462	25	187
3140	OQT 400	280	1930	248	1710	11	555
3140	OQT 700	220	1520	200	1380	13	461
3140	OQT 1000	152	1050	133	920	17	311
3140	OQT 1300	115	792	94	648	23	233
4130	Recocido	81	558	52	359	28	156
4130	WQT 400	234	1610	197	1360	12	461
4130	WQT 700	208	1430	180	1240	13	415
4130	WQT 1000	143	986	132	910	16	302
4130	WQT 1300	98	676	89	614	28	202
4140	Recocido	95	655	60	414	26	197
4140	OQT 400	290	2000	251	1730	11	578
4140	OQT 700	231	1590	212	1460	13	461
4140	OQT 1000	168	1160	152	1050	17	341
4140	OQT 1300	117	807	100	690	23	235