



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN CILINDRO CRIBADOR PARA
LOMBRICOMPOSTA**

Por:

LEANDRO ÁLVAREZ VELASCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,

Junio del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

DISEÑO DE UN CILINDRO CRIBADOR PARA LOMBRICOMPOSTA

POR:

Leandro Álvarez Velasco

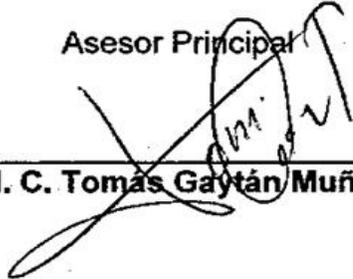
TESIS

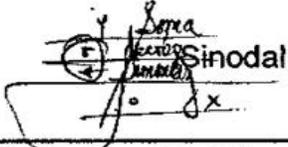
Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

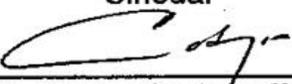
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis

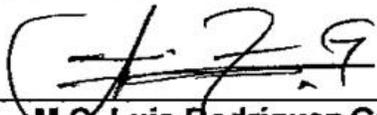
Asesor Principal


M. C. Tomás Gaytán Muñiz


M. C. Héctor Uriel Serna Fernández

Sinodal

Dr. Martín Cadena Zapata

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"
Coordinador de la división de ingeniería


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez


Coordinación de
Ingeniería

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me dio la vida y me ha acompañado durante mis estudios, dándome inteligencia, salud, nuevos amigos y de estar en momentos difíciles y buenos en mi vida.

A mis padres y hermanos, quienes me han brindado su apoyo todo el tiempo.

Alma Terra Mater por ser mi casa de estudios y brindarme esta profesión, en esta etapa de mi vida.

A mis amigos **Reynaldo Pérez** e **Iván Pacheco**, que me demostraron su confianza y amistad sincera. A mis compañeros de generación, por brindarme su amistad.

M.C. Héctor Uriel Serna, por brindarme sus conocimientos, por ser un gran profesor, por sus consejos y su amistad.

M. C. Tomás Gaytán Muñiz, por estar siempre cuando requería de sus ideas profesionales, por brindarme su confianza, atención y tiempo en su asesoría para realizar este proyecto.

Dr. Martin Cadena Zapata, por brindarme su tiempo y conocimientos.

M.C. Marco Antonio Reynolds Chávez, por preocuparse cuando requería de apoyo y enseñanza de sus conocimientos.

A los docentes del departamento de maquinaria agrícola, **M.C. Juan Arredondo Valdez**, **M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández**, **Dr. Santos Gabriel Campos Magaña**, **M.C. Mario Alberto Méndez Dorado**, **Ing. Jorge Alberto Flores Berrueto**, **Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García**, **Ing. Rosendo González Garza** y **Ing. José Juan de Valle Treviño** por concederme ser uno de sus alumnos, por aportarme sus conocimientos y prepararme en esta etapa de estudios.

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

DEDICATORIA

Especialmente a las personas que siempre estarán en mi corazón.

A mis padres *Oscar Antonio Álvarez Jiménez y Teresita de Jesús Velasco Marina*, por su amor y ternura que me han brindado a lo largo de mi vida, por su apoyo en todo momento, en lo bueno y en lo malo. Por darme la mejor educación y enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida. Este triunfo es para ustedes padres.

A mis hermanitos *Andrea, Yarení, Emanuel y Daniela*, por alentarme en momentos difíciles de mi vida, por nunca haberme dejado caer, gracias a sus palabras aconsejadoras. Por creer siempre en mí y por ser quien soy.

A mis abuelitas. *Salvadora Jiménez y Quintíla Marina*, gracias por preocuparse siempre por mí, por darme de su amor y por ser siempre cariñosas en todo este maravilloso tiempo.

A la familia *Álvarez Jiménez y Velasco Marina* por creer que lograría este triunfo, por apoyarme, aconsejarme y alentarme en momentos difíciles.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN	vii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Hipótesis	2
1.2.- Objetivo	2
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.- Lombricultura.....	3
2.1.1.- Lombricomposta.....	3
2.2.- Maquinas cribadoras de lombricomposta	4
2.3.- Velocidad critica de rotación.....	7
2.4.- Velocidad óptima	7
2.6.- Potencia	9
2.7.- Definición de diseño	10
2.8.- Principio de diseño	11
2.8.1.- Fases del diseño	12
2.8.2.- Conocimientos necesarios para el diseño mecánico	13
2.8.3.- Consideraciones del diseño	14
2.8.4.- Criterios para evaluar decisiones en el diseño de maquinas	14
2.9.- Diseño de flechas o ejes	16
2.9.1.- Procedimiento para el diseño de flechas o ejes.....	16
2.9.2.- Consideraciones generales.....	19
2.10.- Factores de seguridad.....	21
2.11.- Propiedades de los materiales	22
2.12.- Motor eléctrico.....	22

2.13.- Reductores de velocidad	23
2.14.- Criba.....	24
2.14.1.- Tipos de cribas	24
2.15.- Barra de ángulo	26
2.16.- Chumaceras.....	26
2.18.- Soldadura	28
III.- MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1.-Ubicación del sitio.....	31
3.2.- Materiales	31
3.3.- Metodología para diseño conceptual.....	32
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
4.1.- Cálculos preliminares del cilindro cribador	41
4.2.- Flujo másico	41
4.3.- Velocidad crítica del cilindro cribador	43
4.4.- Tiempo que tarda la lombricomposta en atravesar la criba	44
4.5.- Peso de la materia orgánica contenida en la criba	44
4.6.- Potencia necesaria para mover la tierra	47
4.7.- Potencia necesaria para el movimiento de la criba vacía.....	47
4.8.- Selección del eje o flecha.....	49
V.- CONCLUSIONES.....	55
VI.- BIBLIOGRAFIA	56
VII.- APÉNDICE	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Maquina multistar m easystar tipo estrella.	4
Figura 2.2 Maquina Trommel 612 W tipo cilindro rotatorio.	5
Figura 2.3 Ultra screen tipo cilindro rotatorio.....	6
Figura 2.4 Diseño de una maquina cribadora por Mendoza, (2008).	6
Figura 2.5 Movimiento de la materia orgánica dentro del cilindro cribador.	8
Figura 2.6 Centros de gravedad de un cuerpo.....	9
Figura 2.7 Procedimientos metodológicos para el diseño. Shigley, (1990).	13
Figura 2.8 Eje intermedio para un reductor de velocidad del tipo de engranes rectos y doble reducción.	18
Figura 2.9 Chumaceras prelubricadas y no prelubricadas.	27
Figura 2.10 Análisis para soldadura bajo una carga y esfuerzos de corte.	30
Figura 3.1 Visualización general de la máquina cribadora de lombricomposta.	33
Figura 3.2 Problemas presentados en el cilindro cribador.	34
Figura 3.3 Movimiento de la materia orgánica dentro del cilindro cribador.	36
Figura 3.4 Área de relleno de lombricomposta dentro del cilindro.	37
Figura 3.5 Cilindro cribador modo isométrico.....	39
Figura 3.6 Diagrama de procedimientos metodológico Mott (2006).....	40
Figura 4.1 Cálculos de centro de gravedad y área de materia orgánica..... ocupada por las partículas depositadas en la máquina.	45
Figura 4.2 Diagramas de esfuerzo y momento flector (M)	52
Figura 4.3 Diseño del cilindro cribado, mostrando las partes principales.	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Factores que se deben tomar en cuenta para el diseño de..... máquinas	14
Cuadro 4.1 Valores de pesos para el análisis de la estructura de la máquina..	41
Cuadro 4.2 Factores de ajustes para un alto grado de confiabilidad.	50
Cuadro 4.3 Lista de materiales para su fabricación.....	53

RESUMEN

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se está desarrollando un programa de lombricultura, pero éste realiza muchas de sus operaciones de manera artesanal, lo que ocasiona altos costos, mayor demanda de mano de obra, y deficiente cribado. La principal labor en este proceso de producción es el cribado o separación, el cual se realiza con máquina, pero esta trabaja de forma ineficiente. La problemática está identificada en el cilindro cribador que ocasiona el paso de dos o más veces de la lombricomposta o inclusive hasta hacerlo de forma manual.

El presente proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la UAAAN tomando en cuenta el problema el ineficiente trabajo de la maquina cribadora y consistió en el diseño conceptual de un cilindro cribador para el tamizado de lombricomposta, utilizando el programa Pro ENGINEER; se obtuvo información técnica para la construcción del cilindro cribador y para el posterior acoplamiento a la máquina. Los resultados obtenidos de este diseño conceptual, pretenden un mejor cribado, transporte y mayor capacidad de manejo logrando producciones hasta de 2688.795 kg/h. En el diseño se podrá ensamblar diferentes tipos y tamaños de malla si se requiere, lo cual permitirá producir diferentes tipos de agregados.

Palabras claves: lombricomposta, diseño, cilindro cribador.

I.- INTRODUCCIÓN

En el área de lombricultura de la UAAAN la mayoría del trabajo del cribado de lombricomposta se realiza de forma artesanal, 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.

También se cuenta con una máquina cribadora de lombricomposta tipo giratoria, su principal objetivo es incrementar la productividad de cribado, actualmente la cribadora presenta un rendimiento de 600 a 800 kg/h, esto es debido a que el cribado no es eficiente, por lo que se realiza un trabajo doble al volver a cribar el material, ocasionando altos costos de producción, mayor esfuerzo humano y menor calidad de producto.

Por lo anterior, es importante tomar en cuenta el diseño de una máquina cribadora con el fin de tener un cribado correcto y eficiente, el problema está en el cilindro cribador, en el presente trabajo se realizó el diseño conceptual de un cilindro re-diseñado para una posterior construcción.

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

Por lo cual, se tendrá un cilindro que realice 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.

En el presente trabajo se desarrolló el diseño conceptual de un cilindro cribador para una posterior construcción y ser ensamblado a la máquina cribadora ubicada en el área de lombricultura de la UAAAN, para que realice el cribado de forma eficiente y correcta.

1.1.- Hipótesis

Mediante el diseño de un cilindro cribador es posible eficientar la capacidad de operación de una máquina para cribar lombricomposta a bajo costo y sin afectar la distribución granulométrica de la materia orgánica.

1.2.- Objetivo

❖ Diseñar un cilindro cribador para una máquina tamizadora utilizada para la clasificación granulométrica de materia orgánica en el proceso de producción de lombricomposta.

Objetivos específicos

❖ Generar cálculos de la capacidad de operación y de los materiales a utilizar para una posterior construcción del cilindro.

❖ Desarrollar memoria de cálculo del prototipo de cilindro y sus planos de diseño.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Lombricultura

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.

Llegando a tal extremo, que se tenía previstos castigos muy rigurosos 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).

2.1.1.- Lombricomposta

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, G. y Giller, K. (1997).

Producto resultante de la transformación digestiva de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra que se utiliza fundamentalmente como inoculante microbiano, enraizador, germinador,

fertilizante orgánico, sustrato de crecimiento, mejorador y recuperador de suelos, entre otros usos. Cadisch, G. y Giller, K. (1997)

2.2.- Maquinas cribadoras de lombricomposta

- ❖ Multistar M Easystar (Marca Komptech): Esta máquina tiene un rendimiento de 100 m³/h debido a las medidas técnicas que son de grandes dimensiones, esta trabaja con estrellas giratorias que encargan de transportar el material a cribar. Mientras el material pequeño cae pasando por el espacio entre las estrellas, la fracción excedente es transportada hasta el final de la cubierta de cribado.



Figura 2.1 Maquina multistar m easystar tipo estrella.

(http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/produccion-ecologica/equipos_y_maquinaria.pdf)

- ❖ Trommel 612 W: La Criba de Tambor es una planta de cribado independiente, portátil, con motor diésel. Se caracteriza por su tolva de alimentación abierta y un gran criba de tambor de 6' x 12' (1.8 m x 3.6 m) creando 160 pies cuadrados de área para cribado. La altura del transportador lateral de descarga y la altura del transportador para sobre-

tamaños le da la oportunidad al operador de trabajar muchas horas sin interrupción. El cribado a base de trommel se basa en la introducción del material a cribar en un tambor rotatorio inclinado con perforación fija o variable, que permite que los materiales más finos queden retenidos en su interior, a la vez que los materiales más gruesos siguen su curso hasta el final del tambor.



Figura 2.2 Maquina Trommel 612 W tipo cilindro rotatorio.

(<http://www.screenmachine.com/es/612w-criba-tambor-trommel.php>)

- ❖ ULTRA SCREEN: Puede utilizarse de criba para tamaños desde 50 mm² hasta 3 mm². La eficiente construcción del modelo ULTRA SCREEN permite cambiar la criba del tambor para obtener los distintos tamaños de forma rápida y sencilla. Producción superior a 120 t/h, dependiendo del tipo de material y el tamaño de criba.



Figura 2.3 Ultra screen tipo cilindro rotatorio.

(http://www.interempresas.net/feriavirtual/catalogos_y_documentos/4572/41-60.pdf)

- ❖ Diseño conceptual de una maquina cribadora de tierra de lombricomposta: Esta máquina tipo tambor o trómel fue diseñada por Mendoza (2008). Con los cálculos y pruebas realizadas se determinó que el flujo másico a un 8 % de relleno, lograría una producción de 3109 kg/h, a un ángulo de inclinación de 6 grados con una velocidad de 25 rpm del cilindro cribador.

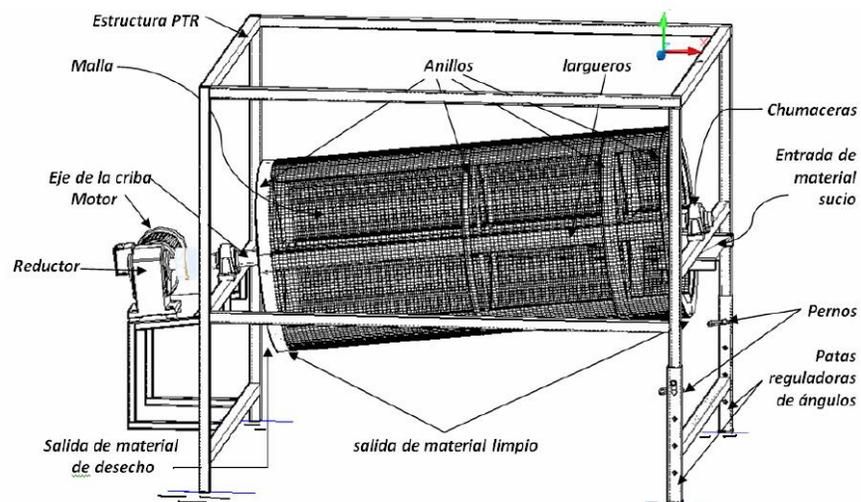


Figura 2.4 Diseño de una maquina cribadora por Mendoza, (2008).

- ❖ 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 máquina 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).

2.3.- Velocidad crítica 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. Gieck, (2004)

2.4.- Velocidad óptima

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 como se muestra en la figura el movimiento de la materia orgánica dentro del cilindro cribador.

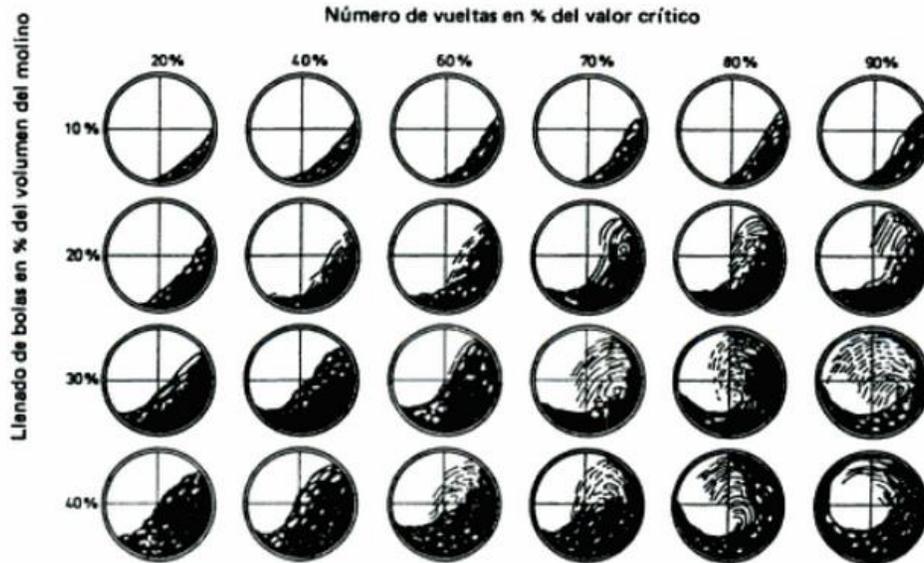


Figura 2.5 Movimiento de la materia orgánica dentro del cilindro cribador.

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. Mendoza (2008).

2.5.- Centroides

Al resolver problemas de ingeniería, se encuentra con frecuencia que las fuerzas se distribuyen de alguna manera sobre una línea, un área o un volumen. Por lo común, no es muy difícil encontrar la resultante de estas fuerzas distribuidas. Para tener el mismo efecto, esta resultante debe actuar en el centroide del sistema; de donde, el centroide de un sistema es un punto en el que se puede considerar que un sistema de fuerzas distribuidas está concentrado, con el mismo efecto exactamente.

En lugar de un sistema de fuerzas distribuidas, se puede tener una masa distribuida.

En este caso, el término centro de masa se refiere al punto en el que se puede considerar que está concentrada la masa, de tal modo que se obtenga el mismo efecto.

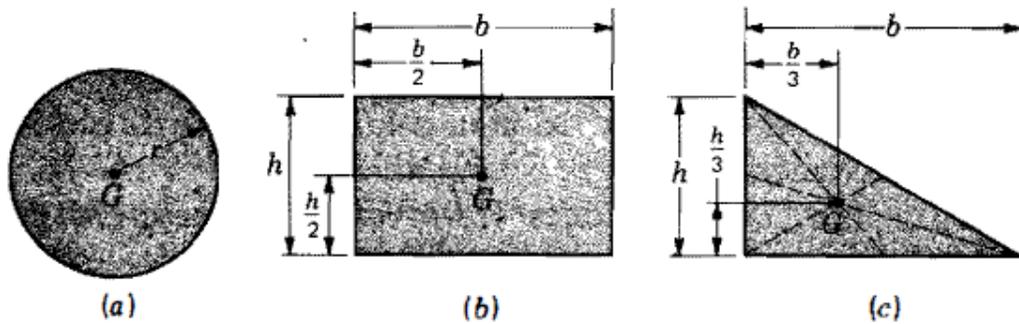


Figura 2.6 Centros de gravedad de un cuerpo.

Cuando la masa está distribuida en un plano, a menudo se puede encontrar el centro de masa por simetría. En la figura se muestra la ubicación para un círculo, un rectángulo y un triángulo. Nótese que la intersección de las medianas ubica a G para el triángulo. Joseph y John, (1988).

2.6.- Potencia

En nuestra definición de trabajo, el tiempo no participó en forma alguna. La misma cantidad de trabajo se realiza si la tarea dura una hora o un año. Si se le da tiempo suficiente, aun el motor menos potente llega a levantar una carga enorme. Sin embargo, si deseamos realizar una tarea con eficiencia, la razón de cambio con la que se efectúa el trabajo se vuelve una cantidad importante en ingeniería.

Potencia es la razón de cambio con la que se realiza el trabajo.

$$P = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}}$$

En unidades del Sistema Inglés, se utiliza la libra-pie por segundo (lb-pie/ s) y no se da ningún nombre en particular a esta unidad.

El watt y la libra-pie por segundo tienen el inconveniente de ser unidades demasiado pequeñas para la mayor parte de los propósitos industriales. Por ello, se usan el kilowatt (kW) y el caballo de fuerza (hp), que se definen como:

$$1 \text{ kW} = 1000\text{W}$$

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ lb-pie/ s}$$

En Estados Unidos, el watt y el kilowatt se usan casi exclusivamente en relación con la energía eléctrica; el caballo de fuerza se reserva para la energía mecánica. Esta práctica es simplemente una convención y de ningún modo es obligatoria. Resulta perfectamente correcto hablar de un foco de 0.08 hp o mostrar muy ufanos un motor de 238 kW. Tippens, (2011).

Los factores de conversión son:

$$1 \text{ hp} = 746\text{W} = 0.746\text{kW}$$

$$1\text{kW} = 1.34 \text{ hp}$$

2.7.- Definición de diseño

La palabra diseño de deriva del latín designare, que significa “diseñar” o “marcar”. El diccionario webster proporciona varias definiciones, la más adecuada para el caso es “bosquejar, graficar o planificar, como acción o trabajo concebir, inventar-idear”. El diseño de ingeniería se ha definido como “el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el propósito de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficientes detalles que permitan su realización. El diseño puede ser simple o muy complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático: puede implicar un problema trivial o uno de

gran importancia". El diseño es un constituyente universal de la práctica de ingeniería.

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

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

- ❖ Dispositivo que modifica una fuerza o movimiento.

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

2.8.- 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 máquina, o elementos de una máquina.
- ❖ 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, máquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. Shigley, (1990).

2.8.1.- Fases del diseño

Existen diferentes formas o procesos de diseño, hay modelos con muchos pasos, otros con menos que involucran en un paso diferentes actividades que nos ayudan a cumplir con un buen diseño, pero como identificamos la necesidad que se tiene se decide tomar el proceso que fundamenta Robert Norton.

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).

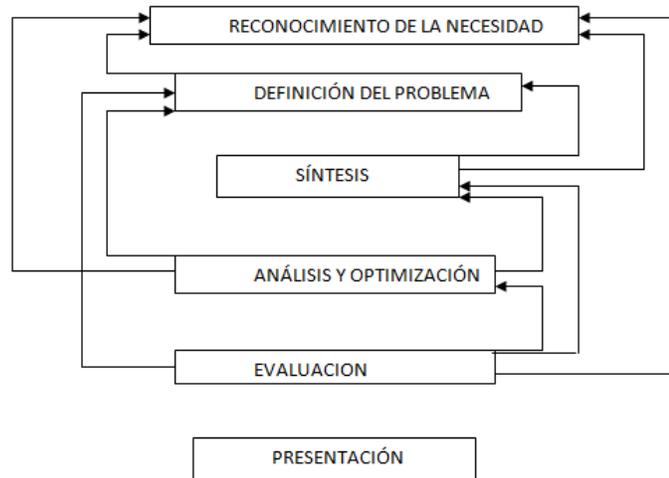


Figura 2.7 Procedimientos metodológicos para el diseño. Shigley, (1990).

2.8.2.- 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 máquinas y diseño mecánico.

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

2.8.3.- 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 máquinas.

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

2.8.4.- Criterios para evaluar decisiones en el diseño de máquinas

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:

1. Esto es, el responsable del diseño debe maximizar los beneficios y reducir al máximo las desventajas.
2. Así como definir criterios generales que en el diseño mecánico o de maquinaria se mencionan a continuación.
3. Seguridad.
4. Rodamiento (el grado de inclinación en el que el diseño satisfaga o excede los objetivos del diseño).
5. Confiabilidad (una alta probabilidad de que el diseño cumplirá con la vida útil o la excederá).
6. Facilidad de fabricar.
7. Disponibilidad de servicio o reemplazo de componentes.
8. Facilidad en cuanto a operación.
9. Tamaño reducido o de poco peso.
10. Poco ruido y escasa vibración; que opere con suavidad.
11. Uso de materiales accesibles y facilitar la compra de componentes.
12. Uso prudente de partes cuyo diseño es único junto con componentes en el mercado.
13. Que su aspecto resulte atractivo y adecuado para su aplicación.

Norton, (1999)

2.9.- Diseño de flechas o ejes

Una flecha o eje es el componente de los dispositivos mecánicos que transmite energía rotacional y potencia. Es parte integral de dispositivos o artefactos como reductores de velocidad tipo engrane, impulsores de banda o cadena, transportadores, bombas, ventiladores, agitadores y muchos tipos de equipo para automatización. En el proceso de transmitir potencia a una velocidad rotacional específica, el eje se sujeta de manera inherente, a un momento de torsión o torque. Por consiguiente, en el eje se genera tensión por esfuerzo de corte por torsión. A su vez, por lo regular, un eje soporta componentes transmisores de potencia como engranes, poleas acanaladas para bandas o ruedas dentadas de cadena, que ejercen fuerzas sobre el eje en sentido transversal, es decir perpendicular a su eje. Estas fuerzas transversales provocan que se genere momentos de flexión en el eje, ello requiere de un análisis de tensión debida a la flexión. Mott, (1995).

2.9.1.- Procedimiento para el diseño de flechas o ejes

Debido a la aparición simultánea de tensiones por esfuerzo de corte por torsión y tensiones normales que se deban a la flexión, el análisis de una flecha o eje virtualmente implica siempre el uso de un enfoque combinado para el aspecto de las tensiones. El método que se sugiere para el diseño de ejes es el de la teoría de la falla por distorsión de la energía. Esta teoría se puso en práctica y se analizará con más detenimiento. En ocasiones, se presentan también tensiones por esfuerzo de corte vertical y tensiones normales directas que se deben a cargas axiales, sin embargo su efecto es por lo regular, mínimo a tal grado que es válido omitirlas. Las actividades específicas que deben realizarse en el diseño y análisis de una flecha o eje dependen del diseño que se haya propuesto, así como la forma en que se cargue y se soporte. Con esto en mente, se sugiere el procedimiento siguiente para el diseño de un eje.

1. Determine la velocidad de giro del eje o flecha.
2. Calcule la potencia o el torque que va a transmitir el eje.
3. Determine el diseño de los componentes transmisores de potencia u otros dispositivos que se pretenda montar en la flecha y especifique la ubicación que se necesita dar a cada dispositivo.
4. Precise la ubicación de los cojinetes en los que se apoyará el eje. Se supone que las reacciones en los cojinetes que soportan cargas radiales ejercen acción en el punto medio de los cojinetes. Por ejemplo, si se utiliza un cojinete de bola de hilera única, se supone que la trayectoria de la carga pasa directamente a través de los balines. Si en el eje existen cargas de empuje, o sea axiales, deberá especificar qué cojinete debe diseñarse para que reaccione en contra de la carga de empuje. Por consiguiente se permitirá que el cojinete que no ejerce resistencia contra el empuje se desplace un poco en el sentido axial para asegurar que no se ejerza carga axial indeseable e inesperada sobre ese cojinete. Otro concepto importante es que casi siempre se utilizan dos cojinetes para dar soporte a una flecha. Deben colocarse, de ser posible, en cualquier extremo de los elementos que transmiten potencia para proporcionar soporte estable a la flecha y generar una carga razonable bien balanceada en los cojinetes; éstos se deben colocar cerca de los elementos que transmiten a fin de minimizar los elementos deflexión.
5. Proponga la forma general de la geometría para el eje o flecha, considerando de qué manera se mantendrá en posición axialmente y como se llevará a cabo la transmisión de potencia a partir de cada elemento hacia el eje. Por ejemplo, considere la flecha o eje de la figura siguiente, que debe soportar dos engranes como el eje intermedio en un reductor de velocidad de doble reducción del tipo de engranaje recto o cilíndrico. El engrane A recibe potencia del engrane P mediante el eje de entrada. La potencia se transmite del engrane A hacia el eje por medio de la cuña en la interface entre la masa del engrane y el eje. Después la potencia se transmite a lo largo del eje hacia el punto C, donde,

mediante otra cuña, pasa al engrane C. A continuación, el engrane C transmite potencia al engrane Q y en consecuencia al eje o flecha de salida.

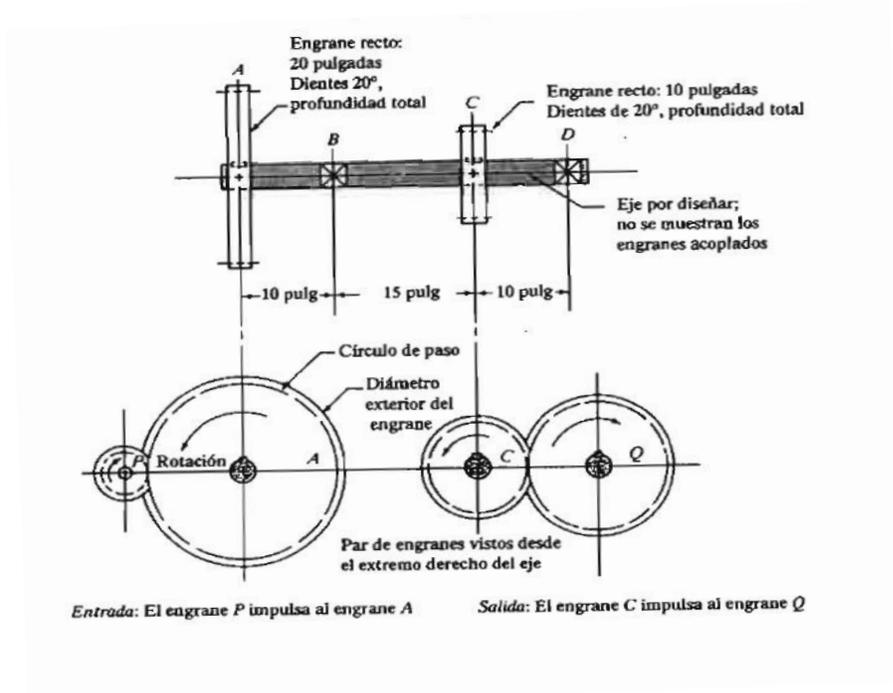


Figura 2.8 Eje intermedio para un reductor de velocidad del tipo de engranes rectos y doble reducción.

6. Calcule la magnitud del torque que se observa en todos los puntos del eje. Se sugiere elaborar una gráfica de torque.
7. Calcule las fuerzas que ejercen acción sobre el eje, tanto radial como axialmente.
8. Determine las fuerzas radiales en componentes en sentidos perpendiculares, por lo regular tanto vertical como horizontalmente.
9. Calcule las reacciones en todos los cojinetes de soporte en cada plano
10. Elabore las gráficas completas de fuerza de corte y de momento de flexión para determinar la distribución de los momentos de flexión sobre el eje.
11. Elija el material con que se va a fabricar el eje y especifique su condición; extruido en frío, con tratamiento térmico y demás.

12. Calcule una tensión de diseño adecuada, considerando la manera en que se aplica la carga, suave, de choque sucesivo e inverso o de otro tipo.
13. Analice cada punto crítico del eje para determinar el diámetro mínimo aceptable del eje para verificar la seguridad bajo aplicación de carga en cada punto.
14. Especifique las dimensiones finales para cada punto en el eje. Por lo regular, se utilizan los resultados del paso 13, a manera de parámetro, después se eligen valores convenientes. Deben especificarse, a su vez, detalles como tolerancias, radio de los chaflanes, altura de los hombros y dimensiones de los cuñeros. Mott (1995).

2.9.2.- 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.
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° .
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 10 o más, aunque esto suele ser difícil de conseguir en sistemas mecánicos). Norton, (1999).

2.10.- Factores 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 máquinas, 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.

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).

2.11.- 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).

2.12.- Motor eléctrico

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).

2.13.- Reductores de velocidad

Según Norton, (1999). El reductor de velocidad está constituido por un motor asíncrono 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.

2.14.- Criba

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-B-231-1990 CRIBAS PARA LA CLASIFICACION DE MATERIALES GRANULARES las cribas son un conjunto que consta de un marco, en el cual se monta una malla de alambre entre tejido.

Utensilio constituido por una tela metálica u otro elemento perforado, que sirve para clasificar por tamaños partículas de materiales granulares o sueltos. (http://www.termoarcilla.com/definiciones.asp?id_cat=23)

2.14.1.- Tipos de cribas

❖ Cribas fijas de barrote

Las parrillas fijas son los dispositivos más sencillos usados en el tamizado, y se construyen usualmente inclinadas desde 30 hasta 45°. Se usan en la separación de fracciones de muy diferentes tamaños o cuando la mayor fracción del alimentado pasa libremente a través de los agujeros grandes del tamiz, como en el caso del cernido de arena seca, o cuando los pedazos gruesos al caer provocan la vibración de las barras de la superficie de tamizado y eliminan la obstrucción de las aberturas. .

La criba fija de barrote y la criba de barrote en voladizo son muy usadas en la primera etapa de separación industrial, aunque tienen el defecto de que los minerales arcillosos tienden a obstruir las rejillas al adherirse las fracciones finas a los barrotes.

❖ Cribas de tambos

Consisten en un tambor rotatorio horizontal o ligeramente inclinado de 4 a 7° compuesto por una armadura a la cual está sujeta una superficie de

tamizado, que es generalmente una plancha perforada o una barrera doblada en espiral

Estos equipos cuentan con un embudo de entrada del producto, por donde caen en la criba cilíndrica interior accionada por medio de un mecanismo. El rechazo sale luego de viajar por toda la criba y el cernido cae al fondo del aparato y se recoge en el extremo opuesto empujado por un tornillo sinfín.

Existen en explotación industrial variedades de este tipo, pero en todos los casos el diámetro interior de la criba oscila entre 1 y 2 m de longitud y entre 3 y 6 m los grandes. Para aparatos pequeños las dimensiones oscilan entre 0.5 y 1 m de diámetro y 0.5 y 1 m de largo.

❖ Cribas giratorias o semivibratorias

Son aparatos con un bastidor que tienen de uno a tres tamices y al que se le comunica un movimiento circular en el plano vertical por medio de un árbol excéntrico acoplado al centro del mismo bastidor, el cual se encuentra inclinado un ángulo entre 10 y 30° con respecto a la horizontal. El radio del movimiento vertical es de 1.5 a 6 mm y su frecuencia oscila entre 750 y 1000 rev/min, debido a que el árbol excéntrico está provisto de compensadores. El funcionamiento del aparato es suave. Se utiliza mucho en el cribado grueso hasta de 400 mm y agujeros del tamiz de 150 a 200 mm.

❖ Cribas coladores de arco o planos

Se emplean para el tamizado de suspensiones, con el fin de separar como rechazo parte de la misma con las partículas mayores o sencillamente para separar solamente estas partículas, en cuyo caso se proveen de dispositivos para sacar el sólido rechazado de la parte superior del tamiz. Estos tamices se construyen de rejillas de ranuras de alambre trapezoidal o con tela

metálica, con aberturas del tamiz que generalmente tiene un tamaño menor que 1 mm.

(http://www.ecured.cu/index.php/Cribas_industriales)

2.15.- Barra de ángulo

Este es el nominativo que de manera general se da a aquellos conformados de acero que están constituidos por dos placas ortogonales formando una L.

Estos elementos tienen una utilidad muy importante en la manufactura de carpintería metálica como elementos de apoyo bidimensional, y porque tienen la misma inercia en los dos ejes, de tal suerte que pueden ser fijados por un lado mientras que la otra aleta aporta resistencia transversal.

(<http://www.articuloz.com/propiedad-inmobiliaria-articulos/angulos-de-acero-488145.html>)

2.16.- Chumaceras

Es la superficie estacionaria que da soporte o apoyo a un eje o flecha rotatoria, y es en la que este eje rota. El eje o flecha (también llamado muñón): es un cuerpo rotatorio con una superficie diseñada para estar en contacto con un lubricante alojado en el claro radial de una chumacera.

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, como se puede ver en la figura 2.9.

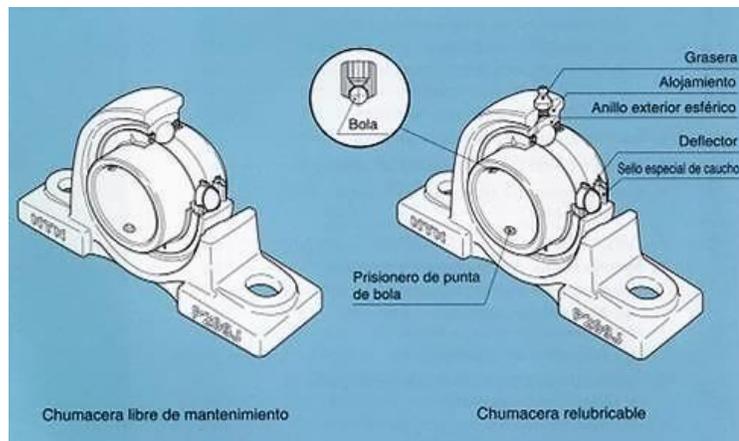


Figura 2.9 Chumaceras prelubricadas y no prelubricadas.

❖ Chumacera prelubricada

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 prelubricada se hace necesario cuando se presentan situaciones como las siguientes:

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

(<http://www.ntnmexico.com.mx/pages/spanish/chumaceras.html>)

2.18.- 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. 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.

$$\sigma = \frac{P}{hL}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo de cedencia (lbf/pulg²)

P = Carga (lb)

L = Longitud (pulg)

h = Altura (pulg)

Soldadura a tope cortante.

Esfuerzo cortante promedio: $\tau = P / hL$

Soldadura de filete cortante

$$\tau = \frac{P}{0.07hL} = \frac{(1.414)P}{hL}$$

Esfuerzo cortante promedio:

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

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

Dónde:

FS = factor de seguridad.

P = carga (lbf)

τ_{yp} = Esfuerzo cortante de cedencia promedio (lbf/pulg²)

σ_{yp} = Esfuerzo de cedencia promedio (lbf/pulg²)

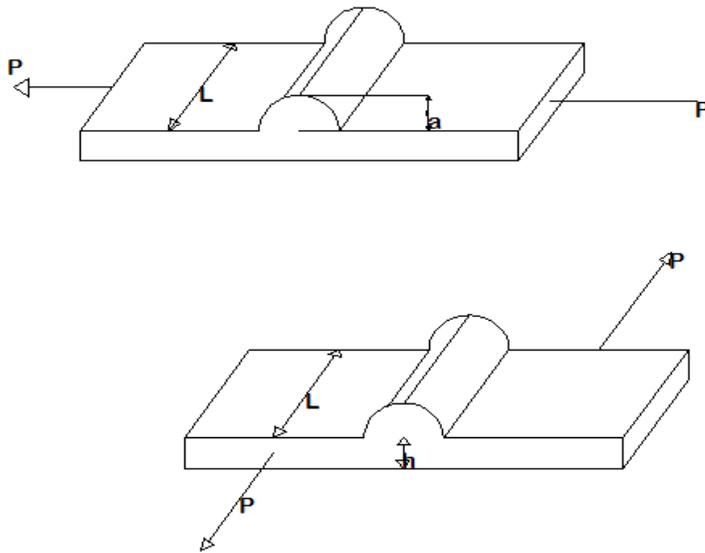


Figura 2.10 Análisis para soldadura bajo una carga y esfuerzos de corte.

En la figura 2.10 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

3.1.-Ubicación del sitio

El presente trabajo fue realizado en el departamento de Maquinaria Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ubicada en el kilómetro 7 de la carretera saltillo-concepción del Oro, Zacatecas, geográficamente entre los 25°23' de latitud norte y 101°02' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 1743 msnm.

3.2.- Materiales

En la actualidad el uso del computador y la manipulación de programas se han 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 máquina cribadora de lombricomposta se incluyen los siguientes materiales, equipos y programas utilizados para su diseño conceptual:

❖ Paquetes Computacionales:

- Word
- Excel
- Power point
- Pro ENGINEER (planos en 2D para fabricación y 3D para diseño global)

❖ **Materiales:**

- Máquina cribadora de lombricomposta
- Cilindro cribador
- Instrumentos de medición
- Laptop
- Instrumentos de dibujo.
- Manual de aceros fortuna para uso de tablas de propiedades de materiales.

3.3.- Metodología para diseño conceptual

1.- Conocer el principio del equipo a rediseñar.

La máquina cribadora funciona con la carga o introducción del material a cribar en un tambor rotatorio inclinado con perforación fija, el cual permite que los materiales más finos queden retenidos en su interior haciéndolo caer en el aérea de recolección, a la vez que los materiales más gruesos siguen su curso hasta el final del tambor.

2.- Evaluar su funcionamiento y describir sus características técnicas.

La máquina cribadora de lombricomposta tipo cilindro giratorio está compuesta de chumaceras, correderas, un motor, un reductor de velocidad, un cilindro cribador y el artefacto donde se ubican dichos componentes como se muestra en la figura (número de figura) siguiente.



Figura 3.1 Visualización general de la máquina cribadora de lombricomposta.

En la figura 3.1, el cilindro cribador está hecho de anillos ubicados en la parte central y en las laterales, una malla de alambre en exterior, una criba de lámina perforada en el interior y su eje. Cuyo ángulo de inclinación es de 5° , un diámetro de 0.65 m y 2.22 m de largo.

La máquina misma es trabajada con un factor de relleno del 6 % y de flujo másico entre 600 y 800 kg/h.

3.- Determinación del componente a rediseñar.

Mediante el análisis de operación y funcionamiento que se realizó con este equipo, y la aportación de dos operadores, se concluyó que la máquina cribadora de lombricomposta opera de manera eficiente en los componentes de esta máquina; presentando únicamente fallas en el cilindro cribador, esto es que debido a que la criba interior y exterior obstruyen las partículas entre el espacio de las dos cribas, así mismo, reduciendo el área de cribado, también porque la estructura del cilindro está hecha de materia muy pesado para un eje de menor diámetro y gira a 18.1 rev/min lo cual es muy poco para dicho cilindro

criador, en la figura 3.2 se visualiza los problemas de forma detallada, lo anterior descrito por Mendoza,2008.



Figura 3.2 Problemas presentados en el cilindro cribador.

Por lo anterior descrito y enunciado se realizara la siguiente metodología para el desarrollo del diseño conceptual del cilindro cribador de lombricomposta.

1. Se hicieron cálculos preliminares con las descripciones técnicas de los materiales para determinar el material necesario y dimensiones que tendrá el diseño conceptual con respecto a Mendoza, (2008).
2. Se calculó el flujo másico para determinar cuántos kilogramos por horas se obtendrá con el diseño conceptual de acuerdo a la fórmula siguiente de Mendoza, (2008).

$$Q_t = \frac{(D_{teorico})^{\frac{5}{2}} * (d_b * K_v * \sqrt{g} * \tan \alpha)}{11.36}$$

Dónde:

$D_{teorico}$ = Diámetro teórico de la criba (m)

Q_t = Rendimiento de la maquina cribadora (kg/s)

d_b = Densidad en bruto de lombricomposta (kg/m³)

α = Inclinación del la malla cilíndrica

k_v = Factor de corrección de velocidad

F = Factor de relleno

g = Aceleración de gravedad (m/s²)

3. Velocidad critica, ésta es la velocidad en la que los materiales se centrifugan o se pegan a la superficie de cribado, es decir la velocidad máxima. Esta misma velocidad de rotación del cilindro está en función de la velocidad critica. La siguiente ecuación emplea para determinar esta velocidad crítica (Gieck, 2004).

$$n_c = \frac{1}{2 * \pi} \sqrt{\frac{g}{r}}$$

Datos:

n_c = Velocidad critica (rev /s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

r = Radio (m)

- Una vez determinado la velocidad anterior, calculamos la velocidad óptima, es decir la velocidad con la que será mejor eficiente en producción del cribado.

Se basa en cuando los materiales se voltean con movimiento catarata, se produce parcialmente por la pared interior del tambor y después caen sobre sí mismo como se muestra en la figura el movimiento de la materia orgánica dentro del cilindro cribador.



Figura 3.3 Movimiento de la materia orgánica dentro del cilindro cribador.

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, lo cual se utiliza la siguiente fórmula. Mendoza (2008).

Fórmula para calcular la velocidad óptima

$$\omega_{op} = 0.5 * n_c$$

- Determinar el tiempo en que tarda la tierra en atravesar la criba. calcula con siguiente ecuación con respecto las dimensiones del cilindro a diseñar y el flujo másico. Mendoza, (2008).

$$t^2 = \frac{L_t * d_b * \pi * r^2}{Q_t * g * \text{sen}_\alpha}$$

6. Deducir el peso de la materia orgánica contenida en la criba. Para este cálculo se determinó mediante el porcentaje de relleno con respecto al cilindro cribador. Se calculó con las siguientes formulas. Gieck, (2004).

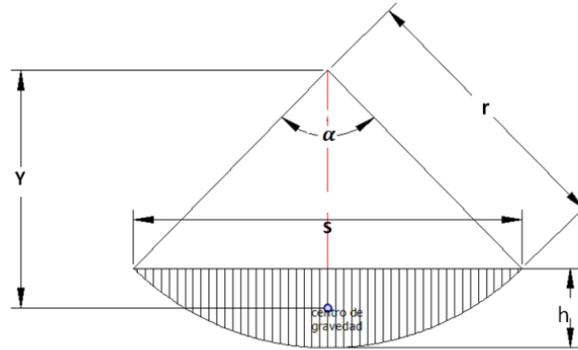


Figura 3.4 Área de relleno de lombricomposta dentro del cilindro.

Para determinar el aria.

$$A_r = \frac{h}{6S} (3h^3 + 4S^2) = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi}{180} \alpha - \text{sen} \alpha \right)$$

Volumen

$$v = A * L$$

7. Determinando el peso de la lombricomposta a trabajar con respecto a la figura, calculamos el centro de gravedad del material a cribar en el cilindro cribador. Gieck, (2004).

$$y = \frac{S^3}{12 * A}$$

8. Calculamos la potencia necesaria para mover la materia tierra con respecto a su centro de gravedad, masa y velocidad calculada. Con la siguiente formula determinamos la potencia. Gieck, (2004).

$$P = T * \omega$$

9. Potencia necesaria para el movimiento de la criba vacía esta se calcula con la fuerza normal y tangencial. Con las siguientes ecuaciones. Mendoza, (2008).

$$f_t = m \cdot \alpha \cdot r$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

10. Potencia total, es decir la suma de potencia para mover el cilindro más la potencia para mover la tierra. Girck 30^a edición.

$$hp_{total} = hp_{de\ la\ mo.} + hp_{criba\ vacía}$$

11. Cálculo del diámetro del eje o flecha. Para calcular el diámetro del eje que soporta la criba se utilizó la metodología ASME. Mott, (2006).

$$D^3 = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{k_t M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]$$

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

- Primero se determinó el punto de fluencia, la resistencia a la tensión y la resistencia a la fatiga del acero para la flecha.
- Se determinó el grado de confiabilidad que se desea para el eje.
- Se determinó la velocidad de giro del eje o flecha.
- Calculo de la resistencia por durabilidad modificada.

- e) Se determinó el factor de concentración de tensiones con respecto al tipo de borde en el eje.
- f) Se calculó la potencia o torque que el eje va a transmitir.
- g) Se detectó la ubicación de los apoyos en el eje.
- h) Calculando las fuerzas que ejercen acción sobre el eje, tanto normal como tangencial.
- i) Se calculó el momento máximo

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

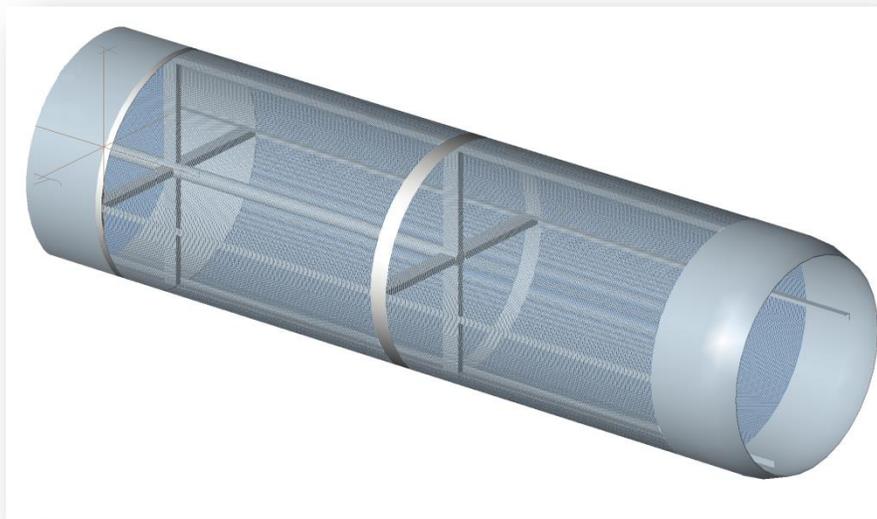


Figura 3.5 Vista isométrica del tromel, donde se exponen sus componentes principales.

Con respecto a la metodología de diseño se obtuvo un diagrama de los procesos.

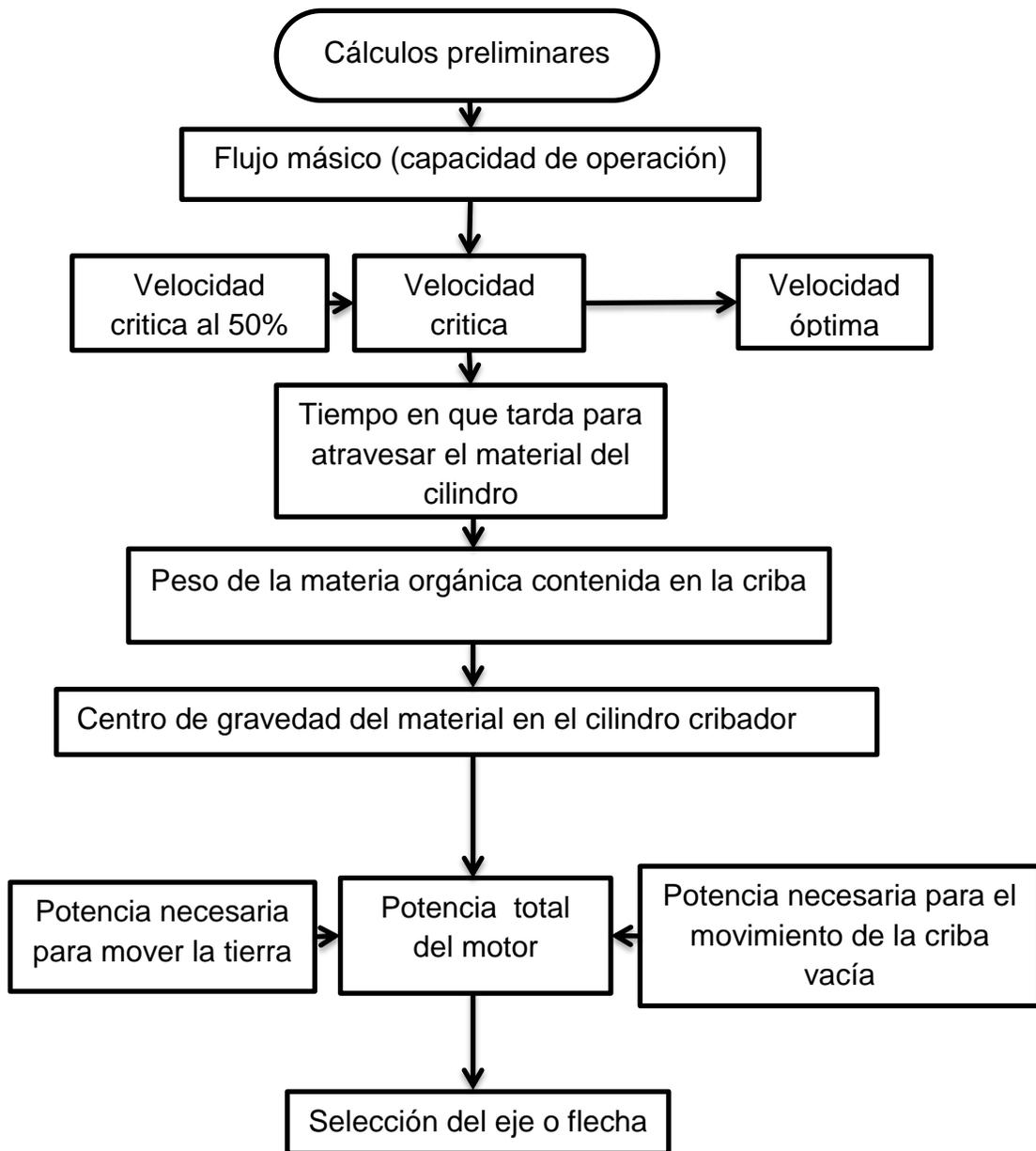


Figura 3.6 Diagrama de procedimientos metodológico Mott, (2006)

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.- Cálculos preliminares del cilindro cribador

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 de los apéndices, en el cuadro 4.1 se muestra valores de pesos del material utilizado en el diseño.

Cuadro 4.1 Valores de pesos para el análisis de la estructura de la máquina.

Parte del cilindro	Peso total en base a apéndices
Peso de la malla	2.81 kg/m ²
Barras ángulos	0.630 kg/m
Lamina	24.60 kg/m ²
Peso de la materia orgánica	909.00 kg/m ³

4.2.- Flujo másico

Para calcular el flujo másico de la cribadora se sugiere la siguiente ecuación.

Mendoza, (2008)

$$D_{teorico} = \left[\frac{11.36 * Q_t}{d_b * F * k_v * \sqrt{g} * \tan \alpha} \right]^{0.4} \quad (1)$$

$D_{teórico}$ = Diámetro teórico de la criba (m)

Q_t = Rendimiento de la maquina cribadora (kg/s)

d_b = Densidad en bruto de lombricomposta (kg/m^3)

α = Inclinación del la malla cilíndrica

k_v = Factor de corrección de velocidad igual a = 1.0

F = Factor de relleno 10 %

g = Aceleración de gravedad (m/s^2)

De la ecuación 1, se despeja Q_t y se obtiene el flujo másico o capacidad de producción.

$$Q_t = \frac{(D_{teórico})^{\frac{5}{2}} * (d_b * F * k_v * \sqrt{g} * \tan \alpha)}{11.36}$$

La densidad de la lombricomposta corresponde a $d_b = 909 \text{ kg/m}^3$ con las muestras obtenidas. El ángulo de inclinación seleccionado es $\alpha = 5^\circ$ porque la máquina o el lugar donde se ubicará el cilindro cribador lo trabaja con esa inclinación. El factor de relleno de la criba, se tomaron los valores normales de operación para esta máquina es de $F = 10\%$ de acuerdo al llenado que se le hace en el área de lombricultura. El diámetro seleccionado del tambor de cribado es $D_{teórico} = 0.65 \text{ m}$ por medidas de que la maquina cribadora lo trabaja.

Se tiene un factor de velocidad $k_v = 1.0$ debido a que no hay inconvenientes de pérdidas de velocidad en los trommel. Mendoza (2008).

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

$$Q_{teórico} = 0.7468 \text{ kg/s} = 2688.7952 \text{ kg/h}$$

4.3.- Velocidad critica del cilindro cribador

La velocidad de rotación de la maquina está en función de la velocidad critica, 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, (2004)

$$n_c = \frac{1}{2 * \pi} \sqrt{\frac{g}{r}} \quad (2)$$

Datos:

n_c = Velocidad critica (rev /s)

g = Aceleración de gravedad (m/s²)

r = Radio 0.325 (m)

Reemplazando valores en la ecuación (2) se obtiene:

$$n_c = 0.8744 \text{ rev/s} = 52.4643 \text{ rpm}$$

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 Mendoza (2008). Con base a lo anterior se obtiene la velocidad óptima de rotación:

$$\omega_{op} = 0.5 * n_c \quad (3)$$

$$\omega_{op} = 26.2321 \text{ rpm}$$

Con los cálculos se determinó una producción de 2688.84 kg/h a un 10 % de relleno, con un ángulo de inclinación de 5 grados y a una velocidad de 26.2321 rpm.

4.4.- Tiempo que tarda la lombricomposta en atravesar la criba

El tiempo que tarda una partícula en atravesar la criba se calcula con siguiente ecuación. Mendoza, (2008).

$$t^2 = \frac{L_t * d_b * \pi * r^2}{Q_t * g * \text{sen}_\alpha}$$

(4)

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

L_t = longitud de la criba, m.

$\alpha = 5^\circ$

Sustituyendo los valores en la ecuación (4) se obtiene el tiempo en que la materia orgánica atraviesa la criba:

$$t = 32.3841 \text{ s}$$

4.5.- 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, (2004).

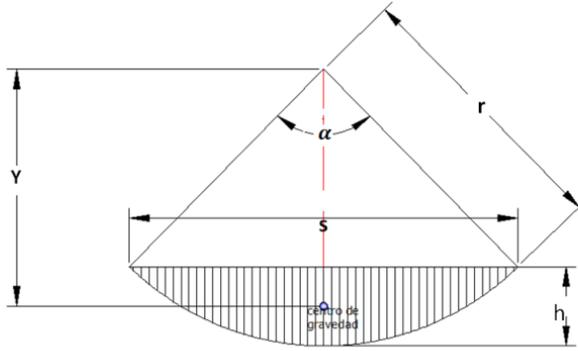


Figura 4.1 Cálculos de centro de gravedad y área de materia orgánica ocupada por las partículas depositadas en la máquina.

En la figura 4.1 Muestra las literales para calcular centroide, volumen y peso de la materia orgánica. Gieck, (2004).

$$y = \frac{S^3}{12 * A} \quad (5)$$

Dónde:

y = centro de gravedad de lombricomposta (m)

S = distancia (m)

Ecuación para calcular (S) la distancia de punto a ponto. Gieck, (2004).

$$S^2 = \left(r - \frac{h}{2} \right) 8h \quad (6)$$

Datos:

$h = 0.10$ m

r = radio del cilindro cribador, 0.325 m

Sustituyendo los valores en la ecuación (6) se tiene que distancia de punto a punto $S = 0.4690$ m.

Fórmula para determinar (A_r) el área de relleno de lombricomposta. (Gieck, 2004)

$$A_r = \frac{h}{6S} (3h^3 + 4S^2) = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi}{180} \alpha - \text{sen} \alpha \right) \quad (7)$$

A_r = área de relleno de lombricompost (m^2)

$$\alpha = 2 \cos^{-1} \frac{r-h}{r} = 92.3738^\circ$$

$$r = 0.325 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (7) se encontró el área de la materia orgánica = 0.0323 m^2

Sustituyendo los valores en la ecuación (5) se encontró el centro de gravedad de la materia orgánica = 0.2661 m.

Calculo del volumen contenido.

$$V_c = A_r \cdot L$$

$$L = 2.22 \text{ m}$$

$$A_r = 0.0323 \text{ m}^2$$

$$V_c = (0.0323 \text{ m}^2) (2.22 \text{ m})$$

Volumen de relleno igual a 0.0717 m^3

4.6.- 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 máquina. Gieck, (2004)

$$P = T \cdot \omega \quad (8)$$

P = potencia (hp)

F = masa de la tierra = 65.1753 kg = 639.3696 N.

T = torque N•m.

$$T = F \cdot Y \quad (9)$$

$T = (639.3696 \text{ N}) (0.2661 \text{ m}) = 170.1362 \text{ N}\cdot\text{m}$

$P = (170.1362 \text{ N}\cdot\text{m}) (2.7470 \text{ rad/seg}) = 467.3641 \text{ Watt.} = 0.6264 \text{ hp}$

4.7.- Potencia necesaria para el movimiento de la criba vacía

Fuerza normal y tangencial. Mendoza, 2008

$$\sum f = m \cdot a$$

$$\sum f = m \frac{v^2}{r}$$

$$f_t = m \cdot \alpha \cdot r$$

m = masa = 31.6324 kg.

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\omega = 26.2321 \text{ rpm} = 2.7470 \text{ rad/seg}$$

t = Tiempo en alcanzar la velocidad optima 2 segundos.

$$F_t = 14.1203 \text{ N.}$$

$$T = (14.1203 \text{ N}) (0.325 \text{ m})$$

$$T = 4.5890 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$P = (4.5890 \text{ N}\cdot\text{m}) (2.7470 \text{ rad/seg})$$

$$P = 12.6059 \text{ Watt}$$

$$P = 0.01689 \text{ hp}$$

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 fórmulas técnicas Girck 30^a edición).

$$hp_{total} = hp_{de\ la\ mo.} + hp_{criba\ vacía} \quad (10)$$

$$hp_{total} = 0.6264 + 0.01689$$

$$hp_{total} = 0.6423 \text{ hp}$$

Se calculó una potencia total de 0.6423 hp en base al factor de relleno de material y el peso del cilindro, lo cual se puede usar un motor de ¾ de hp para su funcionamiento.

Nota. La máquina cribadora cuenta con un motor eléctrico de 2 hp, por lo que tiene suficiente potencia para accionar el cilindro cribador diseñado.

4.8.- Selección del eje o flecha

La flecha recibirá 0.6423 hp de un motor y gira con una reducción de velocidad a 26.2321 rpm. Conociendo estos datos nosotros podemos calcular el Momento torsional de la flecha.

Para calcular el diámetro del eje que soporta la criba se utilizó la siguiente formula de ASME. Mott, (2006).

$$D^3 = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{k_t M}{S_n^1} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right] \quad (11)$$

Dónde:

D = Diámetro de la flecha.

T = Torque en la flecha = 1546.4483 Lb-pulg

N = Factor de diseño.

k_t = Factor de concentración de tenciones = 1.5

M = Momento N•m

S_n^1 = Resistencia por durabilidad.

S_y = Resistencia al punto de fluencia

S_u = resistencia de tención.

Primero, las propiedades de los materiales para el acero AISI 1040 extruido en frio se obtienen del apéndice F. Que tiene como resistencia al punto de fluencia $S_y = 71\ 000$ psi y la resistencia a la tención $S_u = 80000$ psi.

Luego, a partir del apéndice D se determina la resistencia a la fatiga de $S_n = 30000$ psi en función de la resistencia a la tensión. Diseñado para un factor deseado de 0.90 y verificando con este porcentaje el cuadro 4.2, se obtuvo el factor de confiabilidad $C_r = 0.90$.

Cuadro 4.2 Factores de ajustes para un alto grado de confiabilidad.

Confiabilidad que se desea	Factor de confiabilidad
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Para encontrar el factor de tamaño (C_s) primero se debe obtener el diámetro teórico mínimo de la flecha con respecto al torque y el punto de fluencia. Mott, (2006).

$$r = \sqrt[3]{\frac{T*32}{16*\pi*Sy}} \quad (12)$$

Dónde:

r = radio mínimo de la flecha

T = torque ejercida en la flecha

S_y = punto de fluencia del acero

Siendo que el torque es de $T = 1546.4483$ lb.in, y el punto de fluencia del acero de $S_y = 71000$ psi.

Sustituyendo los valores en la formula (12) de obtiene:

$r = 0.2402$ pulg lo cual tenemos un diámetro sin factores de diseño de $D = 0.4804$ pulg.

Con el diámetro obtenido de la fórmula 12 podemos calcular el factor de tamaño para diseño del eje mediante esta fórmula. Mott, (2006).

$$C_s = (D / 0.3)^{-0.068} \quad (13)$$

$$C_s = 0.96$$

Calculo de la resistencia por durabilidad modificada. Mott, (2006).

$$S'_n = S_n * C_s * C_r \quad (14)$$

$$S'_n = (30000) (0.96) (0.90) = 25920 \text{ psi}$$

Para determinar Factor de concentración de tensiones (K_t) con respecto al apéndice E que muestra el tipo de eje, los cuales son con borde cortante $K_t = 2.5$ y con borde redondeado $K_t = 1.5$. Mott, (2006).

En este diseño conceptual se utilizar un factor de concentración de $K_t = 1.5$ porque se diseñó con un chaflán bien redondeado.

Para el factor de diseño (N), bajo condiciones industriales típicas se sugiere el factor de diseño $N = 3$. Si la aplicación es suave, se justifica un valor como $N = 2$. Bajo condiciones de choque o de impacto debe emplearse $N = 4$ o más alto. Mott, (2006). En este diseño de cilindro cribador se tomara un factor de diseño $N = 2$ por tener aplicaciones bajas.

Diagrama de esfuerzo y momento flector:

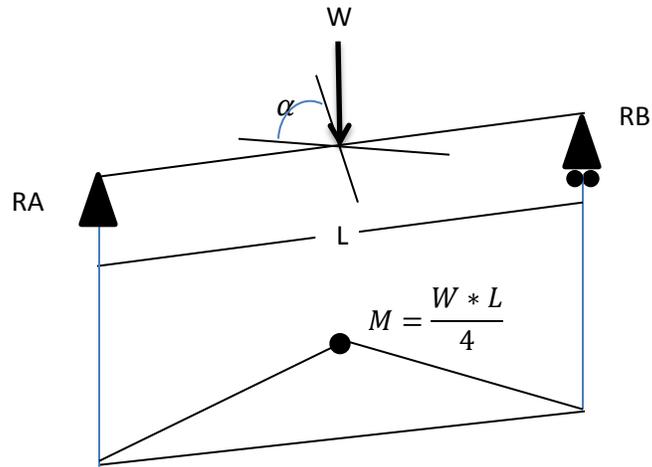


Figura 4.2 Diagramas de esfuerzo y momento flector (M)

Fórmula para calcular el momento máximo. Mott, (2006).

$$M_{\max} = \frac{W \cdot L}{4} \quad (15)$$

Dónde:

$$W = 946.0695 \text{ N.m}$$

$$L = 2.22 \text{ m}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (15)

$$M_{\max} = 4645.6606 \text{ lb}\cdot\text{pulg.}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (11) se obtiene el diámetro teórico de:

$$D = 1.76 \text{ pulg.}$$

Para la flecha de transmisión, de acuerdo a factores de diseño, propiedades del acero y la teoría del esfuerzo cortante máximo se determinó el diámetros de 1.76", para mayor seguridad se puede utilizar un eje de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro.

En base a los objetivos planteados en el presente trabajo se obtuvo un diseño conceptual de un cilindro cribador de tierra de lombricomposta como se puede apreciar en la figura 4.3 las partes principales del cilindro cribador.

El cilindro cribador, está diseñada para adaptarle distintas medidas de aberturas de malla.

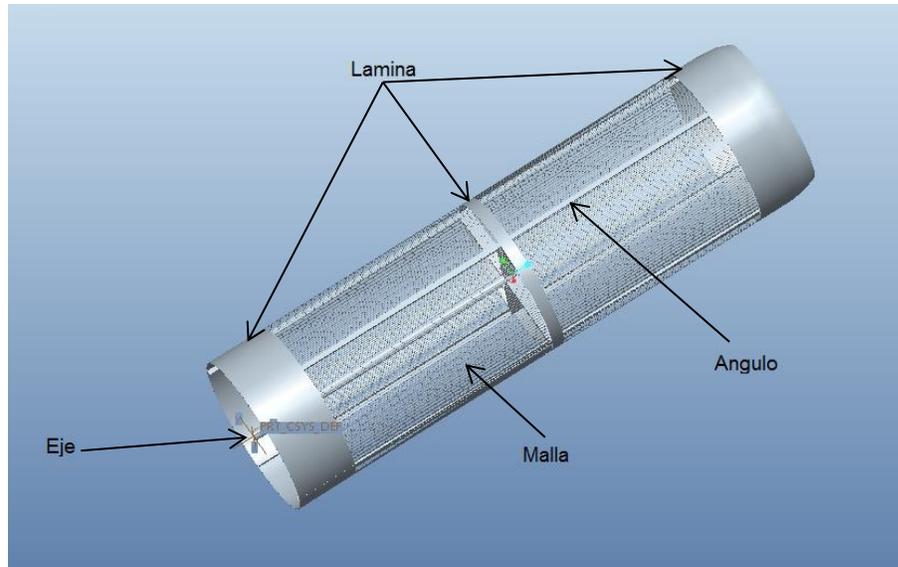


Figura 4.3 Diseño del cilindro cribado, mostrando las partes principales.

De acuerdo al diseño efectuado, en el cuadro 4.3 se enlista los materiales para su fabricación.

Cuadro 4.3 Lista de materiales para su fabricación.

Materiales	Cantidad	Características
Malla	3.724 m ²	Abertura 0.063 in
Angulo	11.48 m	1 ½ x 1 ½ in
Tornillos	16	¼ x 1 in
Tornillos	3	1/16 x 2 in
Lámina	0.9046 m ²	Calibre 11
Eje	1	1.76 x 47.63 in
Anillo sujetador	3	1.96 x 26.77 in
Barra sujetadora	4	½ x 35.03 in

Principalmente con este diseño conceptual del cilindro cribador se pretende hacer más eficiente el cribado de tierra de lombricomposta comparado con la eficiencia del cilindro de la maquina cribadora ubicada en el área de lombricultura de la UAAAN.

V.- CONCLUSIONES

Se obtuvo el diseño conceptual de un cilindro cribador para la máquina tamizadora de lombricomposta, cumpliendo con los objetivos planteados para cubrir las necesidades en el área de lombricultura de la UAAAN.

Se logró desarrollar una memoria de cálculo del prototipo de cilindro y sus planos de diseño para su posterior construcción del cilindro y eficientar la operación de la máquina cribadora de lombricomposta.

Mediante los cálculos desarrollados con respecto a las dimensiones, materiales y factores de diseño para el cilindro cribador de lombricomposta, se obtuvo la capacidad teórica de producción de 2688.795 k/h.

También este cilindro cribador de lombricomposta fue diseñado para adaptarle diferentes medidas de abertura de malla, debido a que existen diversos tamaños de agregados que se requieren.

VI.- BIBLIOGRAFIA

- Askeland, D. R. 1987. Ciencia e ingeniería de los materiales. 3ª edición. Grupo Editorial iberoamericana, México.
- Cadisch, G. y Giller, K. 1997. Driven by Nature, plant litter quality and decomposition. CAB International, Wallingford, U.K. p. 409.
- Gieck, K., y Gieck, R. 2004. Manual de Formulas Técnicas, 30a Edición, Editorial Alfaomega.
- John Deere, Fundamentos de servicio, soldadura, publicaciones de servicio John deere, 1980, Moline Illinois USA.
- Labrador, M.J., 1996. La Materia Orgánica en los Agro-sistemas. Mandí-Prensa. Madrid, España. 174 pp.
- 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.
- Mendoza R. 2008. Diseño conceptual de una maquina cribadora de tierra de lombricomposta. Tesis de , Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.
- Mott, R.L. 1995. Diseño de elementos de máquinas 2a edición, Prentice Hall & IBD, México.
- Norton, R. L. 1999. Diseño de Máquinas, 4a edición. Ed. Prentice Hall, México.
- Shigley J.E., Charles R. Mischke, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, 2005, México DF. Pág. 5-32
- Shigley, J.E. y Uicker, J.J. Jr., 1988. TEORIA DE MAQUINAS y MECANISMOS 1a, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V. México.
- Tippens, P.E. 2011. Física, conceptos y aplicaciones 7a edición. McGRAW-HILL/IINTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., México.

CONSULTAS DE INTERNET

http://www.interempresas.net/feriavirtual/catalogos_y_documentos/4572/41-60.pdf

<http://www.screenmachine.com/es/612w-criba-tambor-trommel.php>

http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/produccion-ecologica/equipos_y_maquinaria.pdf

http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad

http://www.termoarcilla.com/definiciones.asp?id_cat=23

http://www.ecured.cu/index.php/Cribas_industriales

<http://www.articuloz.com/propiedad-inmobiliaria-articulos/angulos-de-acero-488145.html>

<http://www.ntnmexico.com.mx/pages/spanish/chumaceras.html>

http://www.continenteferretero.com/MOTOR-MONOFASICO-2-HP-ALTA-USO-GENERAL_p_10513.html

http://www.gerdauaza.cl/files/catalogos_y_manuales/Catalogo_Tecnico_Barras_y_Perfiles_de_Acero_Laminado.pdf

http://www.jiulongwiremesh.com/re/sp/malla_electrosoldada/mallas_da_alambre_acero_inoxidable.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad

http://www.termoarcilla.com/definiciones.asp?id_cat=23

http://www.termoarcilla.com/definiciones.asp?id_cat=23

http://www.ecured.cu/index.php/Cribas_industriales

<http://www.articuloz.com/propiedad-inmobiliaria-articulos/angulos-de-acero-488145.html>

<http://www.ntnmexico.com.mx/pages/spanish/chumaceras.html>

<http://www.quiminet.com.mx>

VII.- APÉNDICE

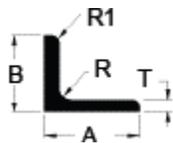
Apéndice A

Características técnicas de las cribas para la el diseño.

Mesh/Inch	Wire Diameter		Aperture		Open Area	Weight(LB) /100 Square Foot
	Inch	MM	Inch	MM		
1X1	.080	2.03	.920	23.37	84.6	41.1
2X2	.063	1.60	.437	11.10	76.4	51.2
3X3	.054	1.37	.279	7.09	70.1	56.7
4X4	.063	1.60	.187	4.75	56.0	104.8
4X4	.047	1.19	.203	5.16	65.9	57.6
5X5	.041	1.04	.159	4.04	63.2	54.9
6X6	.035	.89	.132	3.35	62.7	48.1
8X8	.028	.71	.097	2.46	60.2	41.1
10X10	.025	.64	.075	1.91	56.3	41.2
10X10	.020	.51	.080	2.03	64.0	26.1
12X12	.023	.584	.060	1.52	51.8	42.2
12X12	.020	.508	.063	1.60	57.2	31.6
14X14	.023	.584	.048	1.22	45.2	49.8
14X14	.020	.508	.051	1.30	51.0	37.2
16X16	.018	.457	.0445	1.13	50.7	34.5
18X18	.017	.432	.0386	.98	48.3	34.8
20X20	.020	.508	.0300	.76	36.0	55.2
20X20	.016	.406	.0340	.86	46.2	34.4
24X24	.014	.356	.0277	.70	44.2	31.8
30X30	.013	.330	.0203	.52	37.1	34.8
30X30	.012	.305	.0213	.54	40.8	29.4
30X30	.009	.229	.0243	.62	53.1	16.1
35X35	.011	.279	.0176	.45	37.9	29.0
40X40	.010	.254	.0150	.38	36.0	27.6
50X50	.009	.229	.0110	.28	30.3	28.4
50X50	.008	.203	.0120	.31	36.0	22.1
60X60	.0075	.191	.0092	.23	30.5	23.7
60X60	.007	.178	.0097	.25	33.9	20.4
70X70	.0065	.165	.0078	.20	29.8	20.8

Apéndice B

Medidas técnicas de ángulos.



Ángulo estructural lados iguales

A Pulgadas	B Pulgadas	T Pulgadas	R Pulgadas	R1 Pulgadas	PESO Lb/ Ft	PESO Kg/m	6061 T-6
0.750	0.750	0.125	0.125	0.093	0.201	0 299	OK
1.000	1.000	0.125	0.125	0.093	0.275	0 410	OK
1.000	1.000	0.188	0.125	0.094	0.400	0 596	OK
1.000	1.000	0.250	0.125	0.093	0.397	0.768	OK
1.250	1.250	0.125	0.187	0.125	0.350	0.522	OK
1.250	1.250	0.187	0.187	0.125	0.509	0.758	OK
1.250	1.250	0.250	0.187	0.125	0.662	0.985	OK
1.500	1.500	0.125	0.187	0.125	0.424	0.630	OK
1.500	1.500	0.187	0.187	0 125	0.619	0.922	OK
1.500	1.500	0.250	0.187	0.125	0.809	1.204	OK
1.750	1.750	0.125	0.187	0.125	0.497	0.740	OK
2.000	2.000	0.125	0.250	0.125	0.577	0.860	OK
2.000	2.000	0.187	0.250	0.125	0.846	1.260	OK
2.000	2.000	0.250	0.250	0.125	1.110	1.652	OK
2.000	2.000	0.375	0.250	0.125	1.606	2.390	OK
2.500	2.500	0.188	0.250	0.125	1.066	1.587	OK
2.500	2.500	0.125	0.250	0.125	0.724	1.078	OK
2.500	2.500	0.250	0.250	0.125	1.404	2.090	OK
2.500	2.500	0.375	0.250	0.125	2.047	3.047	OK
3.000	3.000	0.187	0.312	0.250	1.275	1.900	OK
3.000	3.000	0.250	0.312	0.250	1.683	2.505	OK
3.000	3.000	0.375	0.312	0.250	2.473	3.681	OK
3.000	3.000	0.500	0.312	0.250	3.227	4.802	OK
3.500	3.500	0.250	0.375	0.250	1.988	2.959	OK
4.000	4.000	0.250	0.375	0.250	2.282	3.397	OK
4.000	4.000	0.375	0.375	0.250	3.366	5.010	OK
4.000	4.000	0.500	0.375	0.250	4.414	6.568	OK
6.000	6.000	0.375	0.500	0.375	5.226	7.643	OK
6.000	6.000	0.500	0.500	0.375	6.753	10.840	OK

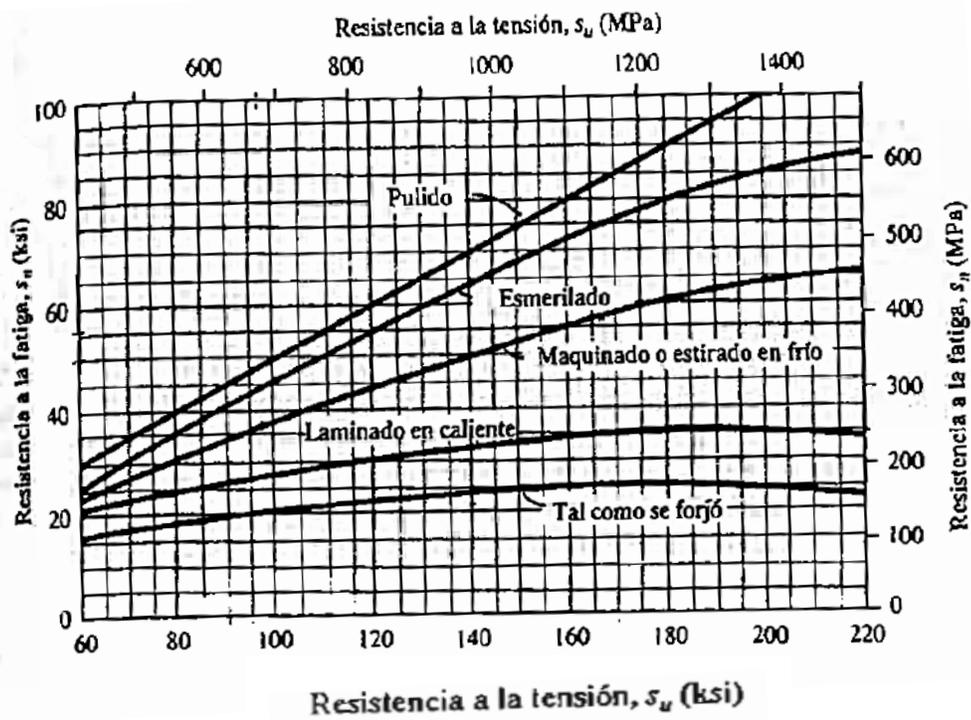
Apéndice C

Medidas técnicas de lámina.

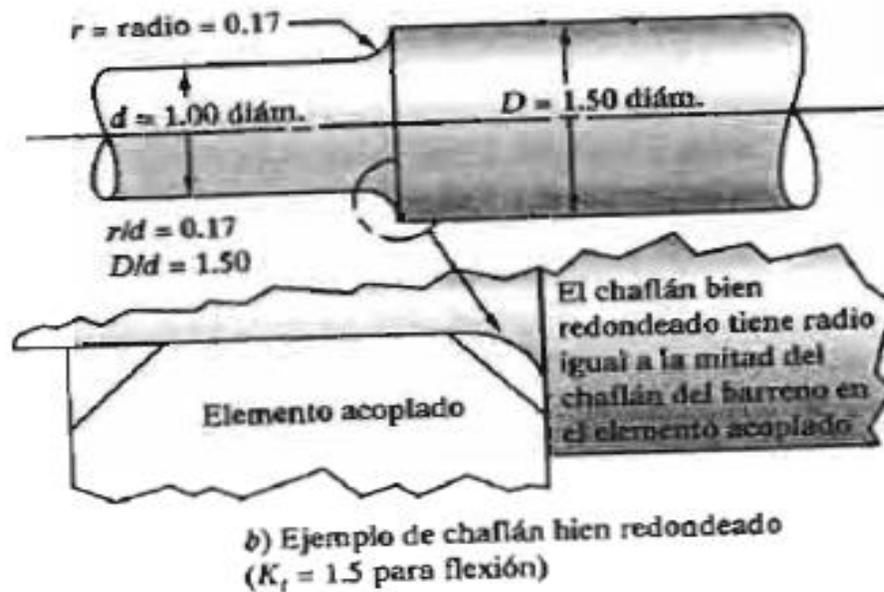
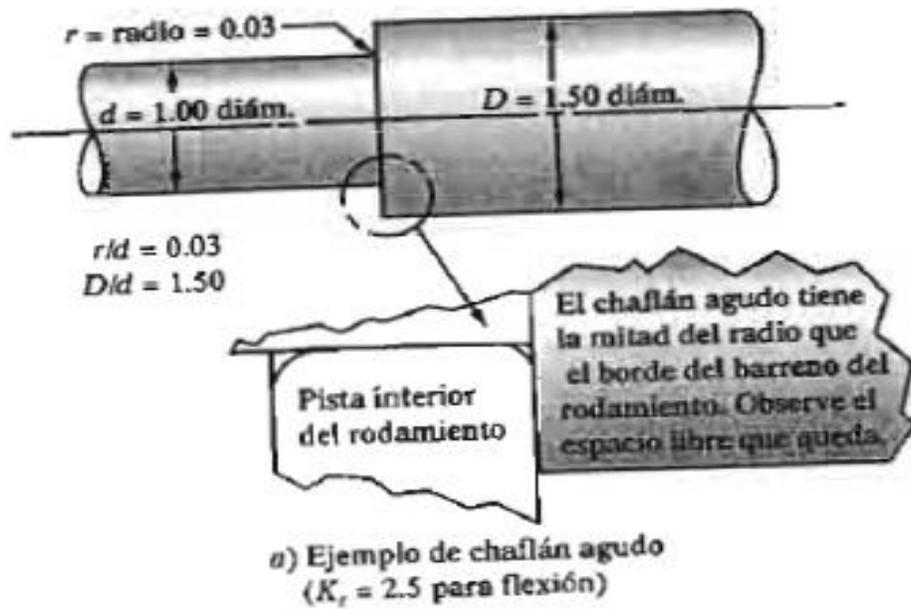
Tabla de Calibres para Lámina			
Calibre	Pulgadas	Milímetros	Libras por Pie Cuadrado
7	.187	4.7	7.871
8	.165	4.2	6.93
10	.135	3.4	5.670
11	.120	3.0	5.040
12	.105	2.7	4.427
13	.090	2.3	3.780
14	.075	1.9	3.154
16	.060	1.5	2.520
18	.048	1.2	2.016
20	.036	0.9	1.512
22	.030	0.8	1.260
24	.024	0.6	1.008
26	.020	0.5	0.756
28	.015	0.4	0.634

Apéndice D

Resistencia a la fatiga S_n en función de la resistencia a la tensión, para acero forjado con varias condiciones de superficie.



Apéndice E



Concentraciones de esfuerzos en ejes

Apéndice F

Propiedades de los aceros al carbón y con aleaciones.

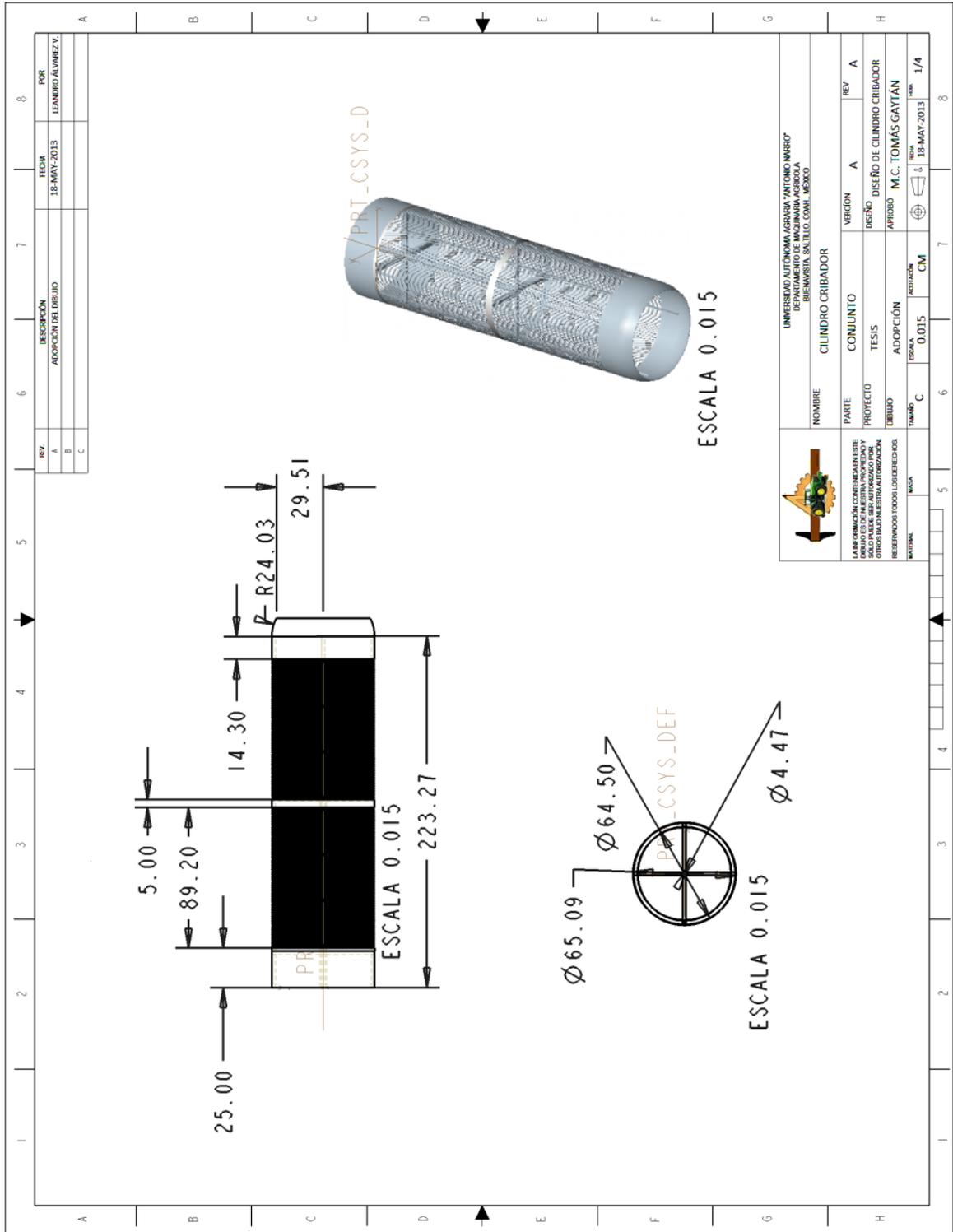
A-6

Apéndices

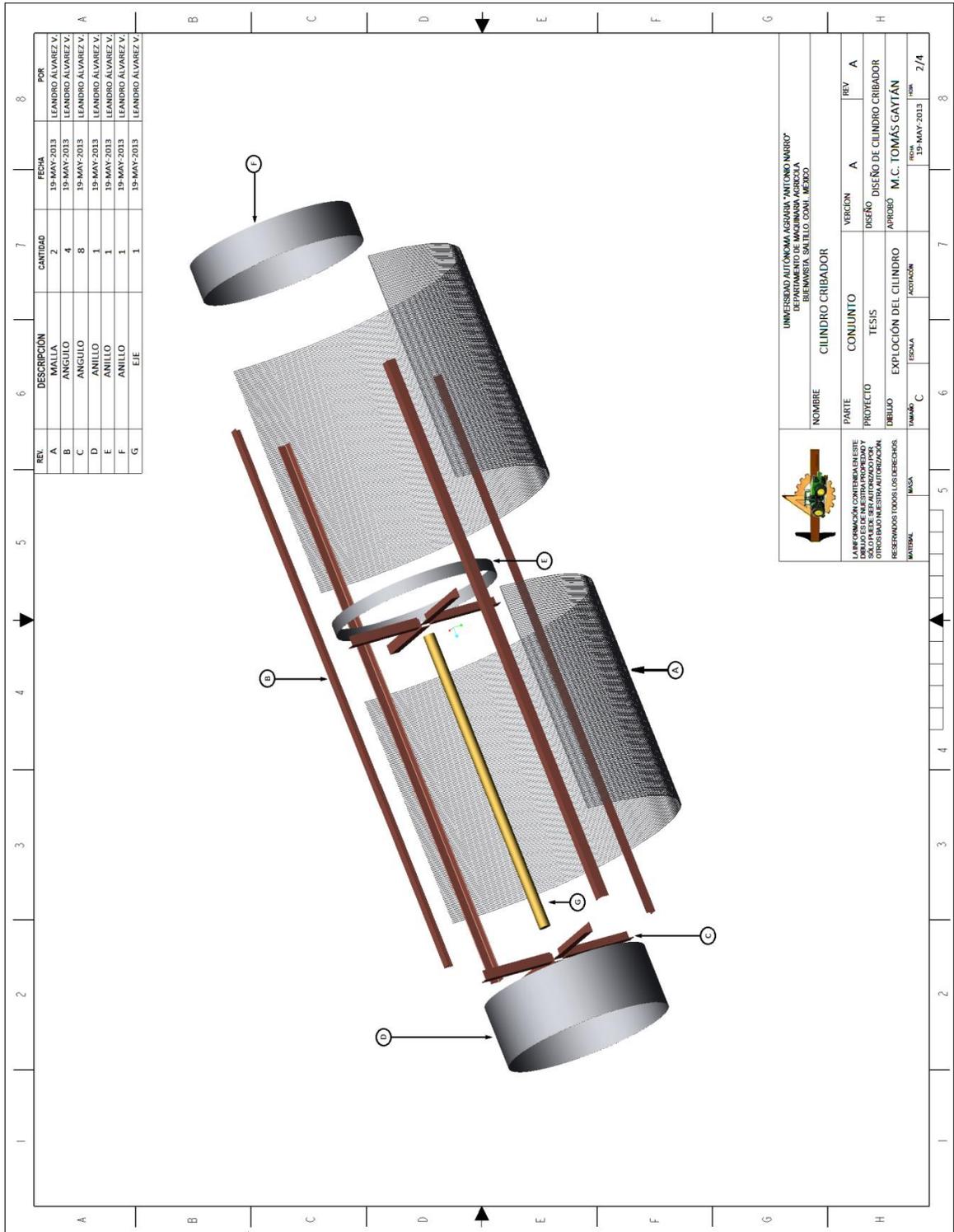
APÉNDICE 3 PROPIEDADES DE DISEÑO PARA LOS ACEROS AL CARBÓN Y ALEADOS

Designación del material (Número AISI)	Condición	Resistencia a la tensión S_u		Resistencia de fluencia S_y		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
1020	Laminado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Estirado en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Laminado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Estirado 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	Laminado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Estirado 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	Laminado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Estirado en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Laminado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Estirado 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	Laminado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Estirado 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	Laminado en caliente	55	379	33	228	25	110
1213	Estirado en frío	75	517	58	340	10	150
12L13	Laminado en caliente	57	393	34	234	22	114
12L13	Estirado en frío	70	483	60	414	10	140
1340	Recocido	102	703	63	434	26	207
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	235
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	363
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	444
1340	OQT 400	285	1960	234	1610	8	578
3140	Recocido	95	655	67	462	25	187
3140	OQT 1300	115	792	94	648	23	233
3140	OQT 1000	152	1050	133	920	17	311
3140	OQT 700	220	1520	200	1380	13	461
3140	OQT 400	280	1930	248	1710	11	555
4130	Recocido	81	558	52	359	28	156
4130	WQT 1300	98	676	89	614	28	202
4130	WQT 1000	143	986	132	910	16	302
4130	WQT 700	208	1430	180	1240	13	415
4130	WQT 400	234	1610	197	1360	12	461
4140	Recocido	95	655	60	414	26	197
4140	OQT 1300	117	807	100	690	23	235
4140	OQT 1000	168	1160	152	1050	17	341
4140	OQT 700	231	1590	212	1460	13	461
4140	OQT 400	290	2000	251	1730	11	578

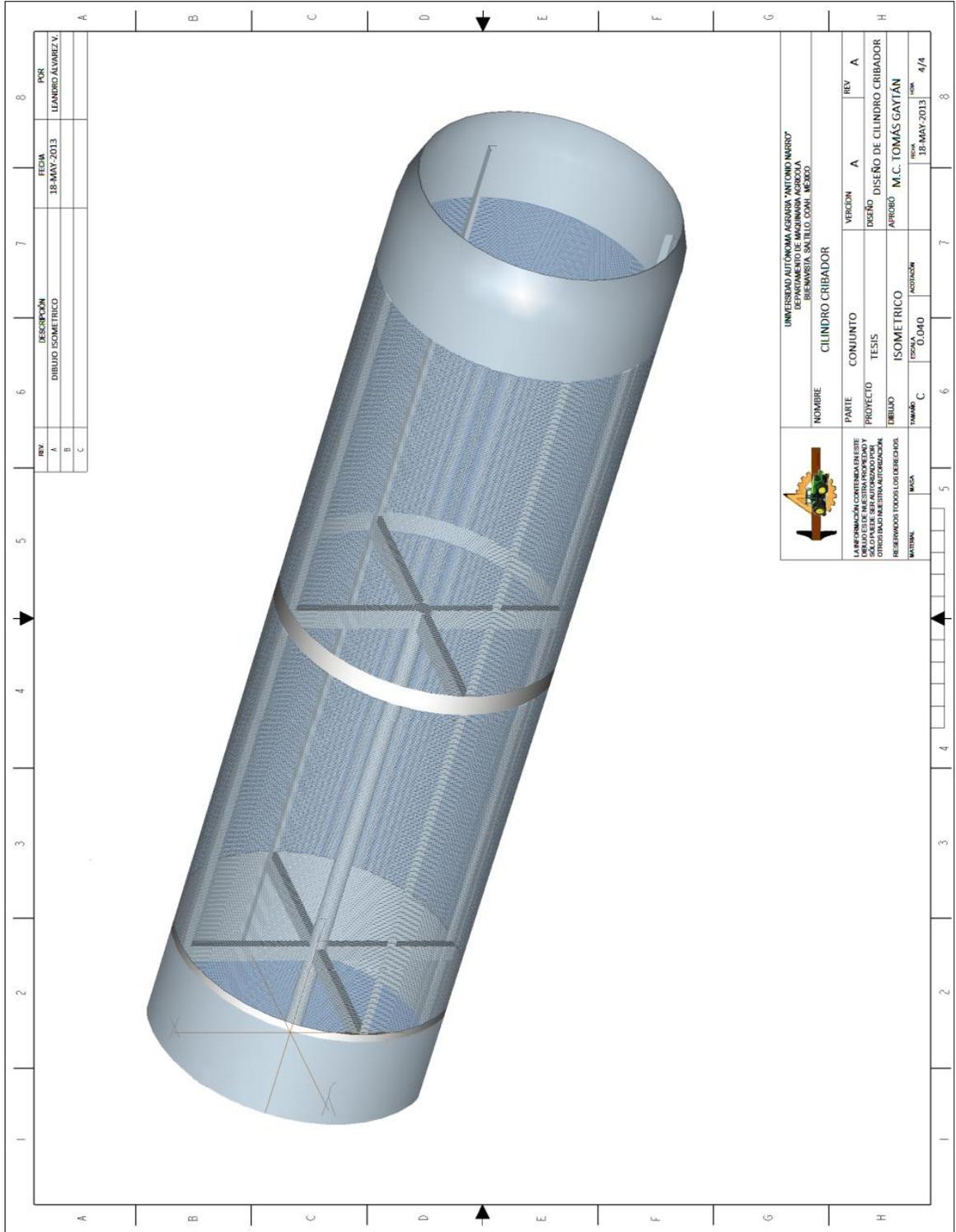
Apéndice G



Apéndice H



Apéndice J



REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR
1	DIBUJO ISOMÉTRICO	18-MAY-2013	LEONARDO ALVAREZ
B			
C			

			
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA BIOMÉTRICA, SALILLO, COAH. MÉXICO.			
NOMBRE	CILINDRO CRIBADOR	VERSIÓN	A
PARTE	CONJUNTO	REV	A
PROYECTO	TESIS	DESIGNO	DESIGNO DE CILINDRO CRIBADOR
DIBUJO	ISOMÉTRICO	APROBÓ	M.C. TOMÁS GAYTÁN
TAMAÑO	C	ESCALA	1:1
MATERIAL	ACERO	FECHA	18-MAY-2013
			4/4