

49
2 of



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MARCO-
CULTOR PARA LABORES AGRICOLAS

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

ADRIAN DUARTE MORENO

PATRICIA CELEDON BARCENA



MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

página

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA MAQUINARIA AGRICOLA.....	10
CAPITULO II	
TIPOS DE IMPLEMENTOS, CAPACIDAD DE COBERTURA Y COSTOS.....	24
CAPITULO III	
LABRADO Y DINAMICA DE LA TIERRA.....	47
CAPITULO IV	
MATERIALES DE CONSTRUCCION Y TEORIA DE SOLDADURA.....	84
CAPITULO V	
SECUENCIA EN EL DISEÑO DE UN MARCO-CULTOR.....	112
CONCLUSIONES.....	145
BIBLIOGRAFIA.....	153

INTRODUCCION

El rápido perfeccionamiento de la maquinaria agrícola movida por sistemas motorizados, ofrece cada vez una mayor facilidad de manejo y adaptación de ésta a una serie de operaciones en constante aplicación. Sin embargo, hemos llegado a un punto en que debemos cuestionarnos si los aperos agrícolas no motorizados siguen siendo necesarios.

La historia nos muestra que no obstante haberse mejorado y renovado los métodos de labranza, como consecuencia de las crecientes necesidades alimentarias de una población en expansión, no por ello han sido sustituidos del todo los sistemas de producción de alimentos hasta entonces practicados.

De ésta forma en algunas regiones marginadas como son los desiertos y las explotaciones pastorales, subsisten las bases primitivas de la caza y del pastoreo. Los cultivos migratorios protegidos por árboles persisten inmutables en muchas zonas semiáridas y templadas; esta fase ha trascendido hasta la horticultura doméstica y comercial.

La explotación de cultivos de campo ha surgido en último término, como una especificación de la explotación agrícola en zonas extensas, utilizando maquinaria motorizada y métodos

químicos. Pero , esta última fase no ha sustituido ninguno de los anteriores métodos de producción. Cada una de estas fases ha surgido para satisfacer nuevas demandas, al mismo tiempo que las fases anteriores han proseguido su evolución. La agricultura es de naturaleza tan flexible que ofrece la posibilidad de una producción abundante mediante una considerable variedad de sistemas. Por consiguiente, la agricultura no hace innecesarios ni obsoletos los métodos basados en la energía humana y animal puesto que siempre habrá campo para un perfeccionamiento de ambos sistemas. A pesar de los grandes progresos de la energía motorizada en la agricultura, los obreros y los animales de tiro, seguirán siendo la principal fuente de energía en muchas regiones donde el empleo de maquinaria agrícola resulte incosteable o poco remunerativo. No debe olvidarse que el empleo de dispositivos mecánicos es conveniente sólo allí donde el sistema de producción genere ingresos suficientes para sufragar la adquisición, el funcionamiento, el mantenimiento, la reparación y la depreciación de dicha maquinaria. Los recursos necesarios sólo pueden ser posibles si los ingresos son mayores a los egresos, si se logra una disminución de los gastos de operación además de la existencia de mercados potenciales que hagan posible la venta de los productos.

Por otro lado, en zonas que se caracterizan por pequeñas extensiones o irregularidad de los campos agrícolas, mano de obra sub o desempleada, falta de medios de construcción,

mantenimiento y reparación, etc., puede resultar contraproducente el uso del campo agrícola motorizado.

En tales condiciones es de gran importancia contar con un perfeccionamiento de los aperos de labranza manuales o accionados por animales, ya que esto permitirá aumentar los rendimientos y los ingresos del campo.

Por desgracia, esto no siempre se comprende. La idea predominante es que "progreso" indica energía y velocidad, como expresiones del avance técnico, incluso donde no se justifican los gastos que genera, o no satisfacen adecuadamente las necesidades locales.

Es un hecho que en las áreas donde la agricultura sigue dependiendo de la fuerza humana y animal se pueden alcanzar notables incrementos en la producción mediante el empleo de mejores aperos y maquinas agrícolas pequeñas. De esta manera las inversiones de capital requeridas se reducen, implicando grandes ventajas: reforzamiento de la economía agraria, mejor aprovechamiento de la mano de obra rural, y creación de insumos que permitirán, posteriormente, formas más avanzadas de cultivo mediante una mecanización más especializada.

Existe una gran variedad de aperos en el mundo, sin embargo es frecuente observar que estos son rudimentarios debido a la falta de materiales o de medios para su construcción.

Además, la creación de aperos de labranza apropiados se ha visto limitada por otros factores, tales como la existencia de animales de tiro débiles o poco funcionales y, de variedades de cultivo y condiciones de suelo o climáticos inadecuados. Tanto la experiencia acumulada como las posibilidades y limitaciones que determinan la construcción de aperos de labranza locales, deben ser estudiados detenidamente para perfeccionarlos en lo posible. Así por ejemplo al buscar cómo mejorar los aperos de labranza se debe pensar la forma de aumentar la resistencia de los animales de tiro, y cultivar variedades que respondan a prácticas de siembra perfeccionadas. Es por ello necesario enseñar a artesanos locales técnicas de fabricación más perfectas y localizar fuentes que suministren materias primas apropiadas.

Los investigadores e ingenieros que tienen a su cargo la introducción y mejoramiento de aperos de labranza, deben insistir en que el uso de aperos sencillos perfeccionados allí donde no es recomendable emplear máquinas costosas, no constituyen atraso, y que la sencillez de diseño y funcionamiento no es sinónimo de "primitivo".

El hecho de mejorar instrumentos y aperos debe reunir las siguientes condiciones:

1. De trabajo eficiente y rápido con un mínimo de fatiga.
2. No ser perjudiciales ni para el hombre ni para los

animales.

3. De construcción fácil y sencilla, de modo que sea posible su fabricación local.
4. De poco peso para facilitar su transportación.
5. De empleo inmediato sin pérdida de tiempo en ajustes preparativos.
6. Estar construido con materiales fáciles de hallar en el mercado local.

FUERZA HUMANA Y ADAPTACION DE LOS INSTRUMENTOS AL HOMBRE

La fortaleza física del hombre y sus facultades lo sitúan en una posición privilegiada para el accionamiento de instrumentos: puede pensar y actuar al mismo tiempo.

De ahí, aún en nuestros días, el hombre sigue gastando hasta tres cuartas partes de su trabajo, en operaciones con instrumentos manuales. Vemos entonces la importancia de estos, no sólo en los países en desarrollo, sino también en los industrializados.

Adaptación de los instrumentos al hombre. Al ser capaz de una gran variedad de movimientos naturales, el grado en que el trabajo con un instrumento se ajuste a los movimientos naturales del hombre respecto a dirección, velocidad y frecuencia, hará más sana y menos fatigosa la operación.

Cuando sólo unos cuantos músculos entran en actividad, la fatiga surgirá antes que en una operación donde se apliquen diversas partes del cuerpo y varios músculos alternativos en la operación, menos fatigosa será ésta. Así pues, los instrumentos deben de reunir los siguientes requisitos:

1. Los movimientos de trabajo se tienen que ajustar todo lo posible a los movimientos naturales del hombre respecto a dirección, velocidad y frecuencia.
2. Se debe emplear el mayor número posible de músculos para disminuir la carga sobre cada uno de ellos.
3. Requiere de una gran variedad de movimientos que exijan la sucesiva intervención de diferentes músculos.

La adaptación de un instrumento al operario es al menos tan importante como su adaptación al trabajo que debe desarrollarse, no sólo para preservar su salud, sino también para alcanzar una mayor capacidad en él mismo. El efecto pernicioso de aperos inadecuados, de ordinario sólo se advierte después de haberlos utilizado en forma exclusiva y excesiva durante largos periodos. Deformaciones y anomalías puede ser resultado de un empleo constante de instrumentos que obligan al trabajador a operar en una posición incómoda o mala. Además las últimas investigaciones han demostrado que los trabajos con instrumentos manuales y de tiro animal afectan menos la salud del operario que las operaciones con máquinas motorizadas.

Las necesidades de energía en la agricultura han crecido rápidamente en los últimos años. Se necesita más energía en general y especialmente en determinadas épocas del año, al igual que una mayor velocidad para aprovechar las oportunidades de incrementar la producción de alimentos y de cultivos comerciales, tales como abonos, cosechas dobles y otras modernas técnicas agrícolas. Esto ha conducido a un aumento de la energía animal y mecánica, en Asia, América Latina y África. De la misma forma, un aumento de la energía mecánica en América del Norte, Europa y Oceanía.

Los animales transportan y, preferiblemente, arrastran cargas. Su fuerza de tiro, puede además transformarse en un movimiento giratorio para accionar norias y otras máquinas. Se les puede emplear también para trillar y consolidar la tierra por pisoteo.

Es evidente que el progreso de la energía motorizada ha tenido notable y creciente influencia en el empleo de la energía animal, en trabajos pesados sin embargo en las explotaciones pequeñas donde uno o dos animales pueden cubrir las exigencias de tiro normales de las operaciones necesarias, éstos seguirán siendo imprescindibles durante muchos años en diversos países en desarrollo.

Normalmente la potencia de tiro de un animal es directamente proporcional a su peso y equivalente aproximadamente a un

décima parte de éste. Los caballos desarrollan un esfuerzo superior al de otros animales en relación con su peso (más o menos un 15%) y, durante cortos periodos, pueden desarrollar una fuerza igual a casi la mitad de su peso.

Los animales pequeños desarrollan, relativamente más energía que los miembros mayores de su especie; su eficiencia de tiro relativa es mayor porque su línea de tiro es más baja: cuanto más agudo sea el ángulo formado entre la línea de tiro y el suelo, menos será la fuerza que el animal tendrá que desarrollar para arrastrar el apero. El empleo satisfactorio de los animales para el tiro depende de la forma en que se les domestica, adiestra y apareja.

El Marco-Cultor Agrícola.

Al ver todas las condiciones mencionadas, es claro que existe un problema y que en realidad es grave ya que está afectando a gran parte de los agricultores en nuestro país. De aquí es donde surge la idea de diseñar un nuevo equipo que viene a ser la solución, no para todos, pero sí para una parte de los agricultores que se encuentran en tal situación. A éste equipo le llamaremos Marco-Cultor.

El Marco-Cultor es un equipo principalmente para sembrar, de diseño sencillo y eficiente que ofrece varias ventajas con respecto a los equipos no motorizados que se utilizan

actualmente para dicha actividad. La principal ventaja es el ahorro de esfuerzo y tiempo que proporciona al agricultor para realizar su labor. Las consecuencias que se desprenden de esta ventaja son siempre favorables al agricultor, y todo esto tiende a un objetivo bien determinado, el aumento en cantidad y calidad de la cosecha y, por consiguiente, el aumento en el nivel de vida del agricultor.

Algunas de las características del Marco-Cultor son el diseño sencillo y funcional, en comparación con cualquier tractor es económicamente muy accesible, el costo de mantenimiento es mínimo, es funcional para cualquier tipo de terreno, etc.

Las operaciones que realiza en un solo recorrido son:

1. Abrir el surco
2. Depositar la semilla
3. Depositar abono y/o agua
4. Cerrar el surco.

La forma de realizar cada una de estas operaciones se explica a detalle en el capítulo V.

CAPITULO I

INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA MAQUINARIA AGRICOLA

La aplicación de maquinaria a la producción agrícola ha sido uno de los grandes avances en la agricultura durante el siglo pasado. Esta mecanización de la agricultura ha hecho que los agricultores se muevan a otras industrias.

La constante expansión de población ha requerido y requerirá un incremento en la producción agrícola. Algunos de los avances en la producción que se lograron en el siglo pasado, fueron debidos no tanto a cuestiones ingenieriles, sino a mejoramientos en cuanto a variedades de cosechas, el uso más efectivo de fertilizantes, pesticidas y prácticas de cultivos. Un factor decisivo lo ha sido también la creciente utilización de máquinas e implementos agrícolas.

El mecanizado del campo ha sido incrementado en muchos casos, debido a la valiosa contribución de científicos expertos en plantas y otros más en las ciencias biológicas.

RAZONES PARA EL MECANIZADO

La reducción en los requerimientos de labor ha sido el principal motivo para la mecanización del campo. La

mecanización es particularmente ventajosa, cuando puede minimizar un alto pico de la demanda de trabajo que ocurre en un periodo relativamente corto al año, como es el caso de la cosecha de algunas frutas y verduras.

El mecanizado nos permite el mejor manejo de una granja y hace posible tener más tiempo para su planeación y estudio.

El mecanizado contribuyó a la reducción de tiempo, el cual a su vez, a menudo aumenta las ganancias. Si deseamos resultados óptimos y obtener las máximas ganancias en periodos cortos de tiempo, se deben hacer varios cambios de operación en el campo.

La reducción de costos como resultado de la mecanización, es altamente deseable, pero no siempre imperativa.

CARACTERISTICAS DE LA INGENIERIA EN LA MAQUINARIA AGRICOLA

La ingeniería agrícola es la aplicación de los conocimientos y técnicas ingenieriles a la agricultura.

El factor biológico es una consideración importante en la aplicación de ingeniería, puesto que el suelo y materiales orgánicos están involucrados generalmente. El ingeniero en maquinaria agrícola necesita estar familiarizado con los principios básicos y prácticos de la agricultura. Las prácticas comunes en la agricultura necesitan cambiarse, o

desarrollar nuevas variedades de semillas para hacer posible el mecanizado, o incrementar la efectividad de la maquinaria. El equipo de proceso y sus estándares necesitarán ser revisados y adaptados para hacer posible el cultivo mecanizado de semillas.

La energía se debe llevar al área de trabajo, en vez de llevar trabajo a una planta centralizada. La mayoría de las operaciones del campo se rigen por estaciones del año y, a menudo con corto período de tiempo disponible para realizar las faenas. En consecuencia, la maquinaria agrícola en muchos casos tiene un bajo uso anual.

La maquinaria agrícola debe de operar en un sinnúmero de variables. Bien puede estar operando a temperaturas arriba de 40°C, o bien bajo cero, y están sujetas a la nieve. Tienen que operar en terrenos polvorosos, de arena, fango y piedras. Tienen que ser diseñadas para trabajar una amplia variedad de semillas y condiciones del suelo. Los operarios generalmente no son calificados, esto en parte, por el uso limitado de las máquinas.

Además de las diferentes condiciones ambientales, la maquinaria agrícola está sujeta a limitaciones económicas. Los costos de manufactura deben mantenerse a un mínimo, para que el limitado de tiempo de operación no eleve el costo por hora a rangos prohibitivos. Así, el diseño de la maquinaria agrícola, debe ser lo más simple posible, debe utilizar los

materiales más baratos disponibles para un trabajo satisfactorio y permitir las tolerancias más abiertas, pero consistentes con el buen funcionamiento.

TIPOS DE PROBLEMAS ENCONTRADOS

Debemos considerar el tipo de problemas más frecuentemente encontrados en este campo. Aunque la variedad de problemas que se pueden encontrar es muy amplia, la mayoría pueden ser agrupados en la siguiente clasificación general:

1. Desarrollo de un nuevo tipo de máquina.
2. Mejoras a una máquina, desarrollo de un nuevo modelo similar a los ya existentes, o cambios de diseño para reducir los costos de su manufactura.
3. Pruebas comparativas de varias máquinas o evaluación de la ejecución de una en particular.
4. Investigación de los efectos de una máquina o de un sistema mecanizado, contra la producción de cosechas y/o su economía.
5. Estudios relacionados con la más eficiente utilización de las máquinas existentes, o su adaptabilidad a situaciones especiales.
6. Estudios de investigación de problemas fundamentales no relacionados específicamente con una máquina en particular, como podría ser el estudio de la dinámica del suelo, en relación al cultivo y tracción de los implementos.

de esa rama son recomendables para el paso de experimentación. En cualquier caso el proyecto propuesto, debe primero ser evaluado con respecto a su aplicación potencial y su valor al agricultor con respecto a ahorros de labor, incremento de cosechas, y mejoramiento de calidad.

Otros factores, como la viabilidad económica e ingenieril del equipo propuesto, son también considerados en la evaluación del proyecto.

DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE FUNCIONALIDAD Y SUS RELACIONES FUNDAMENTALES.

El siguiente paso en el desarrollo de una máquina, es el establecer un juego de características de funcionalidad o especificaciones. En otras palabras ¿qué es lo que las máquinas deben hacer?, ¿bajo qué condiciones se espera que operen satisfactoriamente?

La respuesta a la primera pregunta, incluye consideraciones tales como distribuciones óptimas y el plantado de semillas, el efecto deseado en los implementos de cultivo con respecto al suelo, o la acción requerida y tolerancia permisibles de una máquina de cultivo con respecto a la recolección y calidad del producto. Investigaciones de campo y experiencia en general, así como la hidrografía del lugar, son parte de la respuesta a la segunda pregunta.

La asistencia y recomendaciones de otros grupos técnicos son necesarios frecuentemente, para establecer los requerimientos de funcionamiento.

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA MÁQUINA EXPERIMENTAL

En este punto, el ingeniero debe acumular ideas para varias soluciones alternativas al problema, usando la imaginación y la lógica, así como ideas sugeridas por otras personas.

Todas las posibilidades deben ser evaluadas objetivamente y las más sobresalientes, seleccionarias para consideraciones posteriores.

Los primeros desarrollos experimentales son exclusivamente funcionales y generalmente se trata de elementos de máquinas en vez de una máquina completa, siendo el objetivo principal el de probar y desarrollar ciertas ideas o principios de operación. El objetivo final es lograr las funciones específicas que satisfagan el empleo de la unidad, lo más simple y eficiente posible.

DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE UN MODELO PROTOTIPO.

Si los resultados del desarrollo de la unidad experimental son favorables e indican que la máquina tiene posibilidades en lo económico, entonces se diseña una unidad apropiada para su fabricación en serie.

Un buen diseño, desde el punto de vista de ventas, es el que toma en consideración las necesidades del cliente, o sea, simple y fácil de operar, cómodo, seguro, de diseño atractivo, y una apariencia general, que nos sugiera capacidad y robustez.

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO

Si la máquina corresponde a un nuevo diseño, es costumbre construir un número limitado de unidades piloto. Las máquinas prototipo son operadas por agricultores en diferentes áreas geográficas, preferentemente bajo un rango amplio de condiciones y su desempeño se verifica periódicamente por ingenieros de campo y de diseño. Las pruebas de laboratorio, también nos conduce a determinar los puntos de tensión máxima y cualquier otra indicación que limite la duración del equipo. También se necesitarán pruebas de fatiga acelerada en algunas partes críticas.

MANUFACTURA DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN

El diseño de producción propuesto, se modifica según sea requerido, basado en los resultados de campo y laboratorio de los modelos prototipo y en opiniones de gente de control de calidad, representantes de manufactura, estimadores de costos y otros que han revisado cuidadosamente los diseños. El resultado de esto, o sea, el diseño final, es entonces aceptado para su fabricación.

ESTANDARIZACIÓN

Se han desarrollado muchas recomendaciones y documentos con respecto al campo de maquinaria agrícola, como estándares que maneja la ASAE (Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas). Los estándares de ASAE son un consenso de recomendaciones y su uso es enteramente voluntario. Algunas de las ventajas de la estandarización relacionadas a los tractores e implementos son:

1. Promover la intercambiabilidad entre implementos y tractores de diferentes marcas y modelos.
2. Promover la operación segura de tractores e implementos.
3. Reducir la variedad de componentes requeridos, como refacciones.
4. Promover la uniformidad en las maneras de especificar el equipo, en términos de capacidades, tamaños y rangos.

Se ha tratado de estandarizar todo, a través de la Organización Internacional de Estándares que depende de las Naciones Unidas.

PRUEBAS DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

Planeación y tipo de pruebas. En las pruebas de maquinaria agrícola están involucrados:

- a) Características de funcionamiento.
- b) Requerimientos de potencia de una máquina o componentes.
- c) Tensiones bajo cargas cinéticas y dinámicas.

d) Durabilidad.

e) Desgaste.

f) Fuerzas externas actuando sobre la máquina (como son las reacciones del suelo o del implemento).

La naturaleza de pruebas funcionales varían ampliamente, dependiendo de los objetivos de las pruebas.

Agencias públicas de pruebas. El Instituto Nacional Británico de Ingeniería Agrícola y el más antiguo en el mundo, el Instituto para las Pruebas de Maquinaria Agrícola en Suecia. Estos dos son probablemente los más conocidos en el mundo. Estas pruebas, en ambos países son selectivas; o sea, que no necesitan para que el equipo se pueda vender.

Las pruebas de la NIAE son básicamente de funcionamiento incluyendo medición de potencias. El Instituto Sueco maneja pruebas, tanto de funcionamiento como de evaluación de la durabilidad.

Las técnicas de evaluación usadas en la mayoría de estas agencias de prueba, se apoyan en referencias base, a partir de la popularidad de una máquina determinada. Cada prueba se compara contra la máquina estándar, haciendo estudios bajo condiciones idénticas. Sin embargo, algunas agencias hacen estudios comparativos probando varias máquinas de la misma clase. Este procedimiento nos permite comparaciones válidas dentro de esa clase.

Programas de pruebas en la industria. Los propósitos principales de las pruebas de campo de la industria son:

1. Verificar el diseño de funcionalidad de la máquina o elemento de la misma.
2. Establecer los requerimientos normales y máximos de potencia.
3. Obtener información sobre la duración de la máquina completa o sus elementos.
4. Proveerse de los datos de esfuerzo y carga para diferentes elementos como base para futuros diseños y como guía para las pruebas de laboratorio aceleradas.

FACTORES HUMANOS EN EL DISEÑO

Factores involucrados en las relaciones hombre/máquina. Los avances tecnológicos han reducido enormemente el trabajo físico del hombre a través del uso de máquinas, pero el trabajo mental del hombre se ha incrementado. La persona que opera un moderno equipo agrícola, debe hacer muchas decisiones y desempeñar muchas funciones para el uso adecuado del equipo. La falta de estas decisiones ocasionan errores que pueden terminar en accidentes serios.

Las investigaciones sobre el tema muestran que debido a las diferentes variables ambientales y características de la máquina, pueden definitivamente, afectar el desempeño de la persona cuando opera una máquina. Entre estos se encuentran: la temperatura del aire y humedad, pureza del

aire, nivel de ruido, vibración, diseño del asiento, ubicación y esfuerzo para manipular los controles, etc.

Basicamente, los factores que van a afectar a la eficiencia del operador son los relacionados con el confort, y la visibilidad. En un caso típico, un operador tiene que manejar diferentes clases y marcas de tractores e implementos, de aquí que la conveniencia y la seguridad se mejorarían, si se pudieran estandarizar los controles e identificaciones de la máquina.

Seguridad del producto. El desarrollo de maquinaria compleja y un creciente programa social de prevención de accidentes, han hecho que la seguridad del producto sea consideración predominante en el diseño de tractores e implementos agrícolas. La seguridad del producto representa un gran reto para los fabricantes de maquinaria agrícola. Ninguna otra industria produce equipo para ser usado bajo condiciones más difíciles de controlar.

La seguridad del producto está íntimamente ligada con las relaciones hombre-máquina y con las limitaciones psicológicas, físicas y fisiológicas del hombre.

Algunos de los problemas de seguridad más comunes son:

- Protección contra las partes en movimiento, particularmente los componentes de la transmisión de poder.
- Componentes móviles sin guarda, y que además no se les

puede poner.

- Diseño adecuado de escaleras y escalones.
- Minimizar la exposición del operario hacia agentes químicos, mientras llena o usa el equipo de aplicación.
- La relación del tiempo de reacción humana, con el diseño de controles de seguridad efectivos.
- Sistemas de precaución para usarse cuando se transporta una máquina de éstas, en la carretera.

Teniendo como base el diseño de un producto, sus pruebas, y la seguridad en el producto, también involucra análisis de los accidentes y el alerta para la necesidad de cambios específicos, de desarrollo de estándares industriales, educación del distribuidor y el cliente, desarrollo y modificaciones de cambio cuando sean necesarias.

CAPITULO II

TIPOS DE IMPLEMENTOS, CAPACIDAD DE COBERTURA Y COSTOS

INTRODUCCIÓN

El primer requisito de una máquina, es que sea capaz de desarrollar satisfactoriamente la función para la que fue diseñada, sin embargo, el manejo y los aspectos económicos del uso de la máquina, son también de una gran importancia. De hecho el ingeniero pronto descubre que su enfoque a un problema de diseño de máquinas, es controlado en gran medida por consideraciones de tipo económico. Para trabajar con mayor eficiencia, debe tener un profundo conocimiento de los factores que afectan la capacidad de cobertura y los principios económicos, rigiendo el costo propio y los costos de operación de las máquinas de campo.

TIPOS DE IMPLEMENTOS

Se puede hacer referencia a cuatro tipos generales de implementos de campo, basado esto, en la relación existente con la unidad motriz. Tales tipos, se les define y explica brevemente como sigue:

Del tipo de tiro. Es un implemento que es jalado de un sólo punto y nunca está completamente soportado por el tractor.

Del tipo montaje. Este implemento es adaptado al tractor mediante un dispositivo especial, de tal manera que está soportado totalmente por el tractor cuando se encuentra en posición de operación. El dispositivo normalmente provee de estabilidad rotacional al eje longitudinal y permite reducir su altura, debido a su soporte vertical en el tractor, si esto es necesario, cuando el implemento se encuentra en posición de operación.

Del tipo de semi-montaje. Es un implemento que es acoplado al tractor a través de un eje casi horizontal y es soportado parcialmente por el tractor. En condiciones normales, el eje de enganche está en posición transversal en la parte trasera del tractor y el gancho permite tener estabilidad rotacional con el eje longitudinal. El implemento puede responder directamente al volante del tractor, pero si se superpone un eje vertical en el horizontal (como en los arados largos, semimontados), la parte trasera del implemento es guiada por sus propias rueda o ruedas.

Del tipo autoimpulsadas. Son aquellos en los cuales la unidad que lleva el movimiento, es una parte integral del implemento.

IMPLEMENTOS DE TIPO MONTAJE Y SEMI-MONTAJE

Los implementos de este tipo, son básicamente más baratos que su equivalente del tipo de tiro. Las ruedas de soporte y el

marco estructural que acompañan a un implemento de tipo de tiro, son eliminados y un sistema simple de control para la altura y la profundidad, que es parte del tractor, sirve para todos o casi todos los implementos de este tipo, usados con cualquier tractor. La maniobrabilidad, visibilidad, facilidad de transporte y demás ventajas ganadas por la transferencia vertical de carga en el sistema de control, hacen que estos implementos sean populares.

Los implementos de tipo semi-montaje son particularmente eficaces para arados que tienen varios fondos, ya que, debido a su masa y longitud, producirían un momento excesivo para el tractor, por lo que causarían inestabilidad en el transporte.

MAQUINAS DE TIPO AUTOIMPULSADAS

En comparación con las unidades de tipo de tiro, las máquinas autoimpulsadas tienden a proporcionar más flexibilidad y más maniobrabilidad, mejor visibilidad y control por parte del operario, y una mejora de movilidad. Con equipo para cultivo en el campo, los costos para abrir la tierra se minimizan, ya que la unidad de corte y recolección se encuentra al frente y no a un lado de la máquina. La principal desventaja, es el mayor desembolso inicial que hay que hacer, lo cual significa que para su renta sea comparable con una unidad de tiro, ésta se debe utilizar durante gran parte del año.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE COBERTURA

Los términos relacionados con el desempeño de las máquinas en el campo, la razón del rendimiento, el paso al que una máquina puede cubrir una cierta extensión llevando a cabo una cierta tarea, son algunas de las consideraciones que se toman para determinar el costo por unidad de área para la operación.

La capacidad de cobertura teórica de un implemento, es la relación del paso que sería obtenida si la máquina estuviera desarrollando su función en un 100% del tiempo a su velocidad establecida y siempre cubriera el 100% del ancho.

El tiempo teórico por hectárea es el tiempo que se necesitaría, si se diera la capacidad de cobertura teórica.

El tiempo efectivo de operación es el tiempo durante el cual la máquina realmente está desarrollando su labor.

La capacidad efectiva de cobertura es el rango promedio de cobertura de la máquina, usualmente se expresa en hectáreas por año.

Eficiencia de cobertura. Es la razón entre la capacidad de cobertura efectiva y la teórica expresada en porcentaje. Incluye los efectos del tiempo perdido en el campo y de la falla de usar un ancho total de la máquina.

Eficiencia de funcionamiento. Es la medida de la eficiencia en el funcionamiento de una máquina.

Capacidad eficiente de campo. Está en función del ancho de la máquina, el porcentaje del ancho de la máquina que realmente se utiliza, la velocidad que desarrolla y la cantidad del tiempo perdido durante su operación. Usando los diferentes implementos con que se acoplan las máquinas, sería prácticamente imposible utilizar el ancho total de la máquina. La extensión necesaria para abarcar la cosecha, está en función de la velocidad, condiciones del suelo, habilidad del operario. En algunos casos la producción de la cosecha puede ser tan grande, que una máquina cosechadora no puede manejar el ancho de corte completo, ni siquiera a la velocidad más baja.

El tiempo perdido es la variable más difícil de evaluar en relación con la capacidad de campo (cobertura). El tiempo de operación puede ser perdido, como el resultado de un ajuste a la máquina o simplemente por el hecho de lubricarla, descomposturas, viraje en los extremos, descarga de la cosecha, etc.

En relación con la capacidad efectiva de campo y su eficiencia, el tiempo perdido no se toma en cuenta a partir del tiempo de preparación o de su mantenimiento diario, ni el tiempo perdido debido a descomposturas mayores. Sí incluye tiempo a utilizar para reparaciones menores en el campo, o

bien, para lubricación menor que sea necesaria fuera de la normal de todos los días, así como otras causas que se mencionaron.

El tiempo total en el campo, es la suma del tiempo efectivo de operación y el tiempo perdido.

El tiempo utilizado para transportarse al campo y regresar se incluye en los cálculos del costo de operación, pero no se considera para efecto de la eficiencia de campo, o bien, de la eficiencia efectiva de campo, dado que la máquina no debe ser penalizada por la localización geográfica del predio.

La capacidad efectiva del campo de una máquina se puede expresar como sigue:

$$C = \frac{S \cdot W}{10} \times \frac{E_r}{100}$$

donde:

C = Capacidad efectiva de campo en hectáreas por hora

S = Velocidad de viaje en kilómetros por hora

W = Ancho de los implementos en metros

E_r = Eficiencia de campo en porcentaje

Renoll sugiere predecir capacidades efectivas de campo, en base al total de minutos por hectárea, que es la suma del tiempo teórico por hectárea y el tiempo requerido por los viajes por hectárea, más el tiempo requerido para "funciones de soporte". Él clasifica todas las causas del tiempo

perdido diferentes de los virajes, como funciones de soporte: éstas se evalúan por separado posteriormente se totalizan.

Tiempo perdido en el viraje. Los virajes al final de las filas o en las esquinas, representan un tiempo perdido, que en la mayoría de los casos es de considerable importancia, especialmente para predios pequeños. Independientemente de como se trabaje un predio, el número total de virajes por unidad de área, con un ancho dado del implemento, es inversamente proporcional a la longitud del predio. Para un campo rectangular dado, trabajando ya sea a lo largo o alrededor del campo, el número de virajes redondos que se necesitan, sería igual para cualquier método. Trabajando de ida y vuelta se necesitan cuatro virajes de 90°, por cada viaje redondo.

El tiempo requerido en viajes de ida y vuelta para los virajes, también está influenciado por predios en forma irregular, el espacio disponible para realizar el viraje, lo escabroso del terreno en el área en que se dá el viraje y el ancho del implemento.

Renoll sugiere que se utilice un factor que él llama "índice de la máquina en el campo", para indicar qué tan bien un campo en particular, se adapta para operaciones de cultivo en hileras. Él define este factor como la relación porcentual entre (el tiempo efectivo de operación) y (el tiempo efectivo de operación más el tiempo de viraje).

El viaje inútil a través de las orillas del predio, representa también otra pérdida que es casi ineludible y es muy importante cuando las tierras anchas se encuentran en predios cortos.

Si W es el total del ancho de la tierra, la distancia promedio a través del final del predio es $0.5W$ y si la longitud es L , la distancia promedio del viaje por ronda será $2L + W$, y el porcentaje de distancia de viaje inútil será:

$$I = \frac{W}{2L + W} \times 100$$

Si se dividen ambos, numerador y denominador entre W , queda:

$$I = \frac{100}{(2L/W) + 1}$$

Otras pérdidas de tiempo, como aquellas causadas por obstrucciones en el campo, añadir fertilizante y semilla, llenado de tanques para fumigado, por lo general, tienden a ser más proporcionales al área que al tiempo de operación.

Las pérdidas de tiempo debido a la descarga de las cosechas, tienden a ser proporcionales a la producción, así como al área.

Las pérdidas de tiempo que tienden a ser proporcionales a un área, llegan a ser cada vez más importantes, como lo son el ancho y la velocidad de un implemento cuando se aumentan, porque cuentan para un porcentaje mayor de un tiempo

disminuido por hectárea.

La importancia relativa de las interrupciones proporcionales al área, pueden ser determinadas de la siguiente ecuación que está basada en la definición de eficiencia de campo.

$$E_r = 100 K \frac{T_o}{T_e} \frac{T_h}{T_a}$$

donde:

T_o = tiempo teórico por hectárea

T_e = tiempo efectivo de operación

K = porcentaje del implemento (ancho) que realmente se utiliza

T_h = tiempo perdido por hectárea, debido a interrupciones que no son proporcionales al área. Por lo menos parte de T_h tiende a ser proporcional a T_e

T_a = tiempo perdido por hectárea, debido a interrupciones que tienden a ser proporcionales al área

Pérdidas de tiempo relacionadas con la confiabilidad de la máquina. La probabilidad de descomposturas en las máquinas, con la consecuente pérdida de tiempo de cobertura, está relacionada inversamente con la confiabilidad de la máquina. La confiabilidad de una combinación de componentes o máquinas es el producto de los factores de confiabilidad individuales.

El porcentaje esperado de confiabilidad para una combinación de n términos es:

$$Y = 100 \frac{(X_1)(X_2) \dots (X_n)}{100^n}$$

donde (X_1, X_2, \dots, X_n) son las respectivas confiabilidades individuales en porcientos. Se debe de hacer notar que los valores que se toman en cuenta en la ecuación anterior, son tan sólo los valores estadísticos esperados. Aunque el diseño es un factor muy importante en la probabilidad de ocurrencia, los procesos de manufactura y el mantenimiento que se le da a la máquina y el uso que también se le asigne, son muy importantes.

La mayor pérdida de tiempo por descomposturas con la maquinaria compleja de cultivo, puede representar serias pérdidas económicas, debido a la oportunidad.

El tiempo de uso confiable de máquinas individuales se vuelve muy importante, cuando varias máquinas o unidades de máquinas se usan en combinación.

Determinación de pérdidas de tiempo y eficiencia de campo.
Se han hecho estudios de tiempo por parte de numerosos investigadores para determinar eficiencias de campo y para proveer información para análisis de operación. Los estudios de tiempo detallados involucran observación continua

y tomado de tiempo de cada actividad en que se incurre en las operaciones en el campo, en uno o más periodos de tiempo completos. Si $K=100\%$, la eficiencia de campo es el porcentaje del total del tiempo de campo durante el cual la máquina estaba realmente efectuando su labor, y puede ser determinado directamente de los datos de tiempo.

Si sólo se desea la eficiencia de campo en un estudio del mismo, éste se puede obtener mediante la observación del tiempo total de uno o más días, la velocidad promedio cuando el implemento realmente está efectuando su labor, el área total cubierta y el ancho de la máquina. El promedio real de cobertura puede entonces relacionarse a la capacidad de cobertura teórica, para determinar la eficiencia de campo (ecuación 2.3).

Los resultados de estudios de campo de varios investigadores, han sido analizados y resumidos, dando valores típicos de eficiencia de campo:

Casi todas las actividades de cultivo	75-90%
Sembrado en hileras o fertilizado	60-80%
Sembrado y fertilizado en hileras	45-65%
Cosecha combinada	65-80%
Recolección del algodón	60-75%
Recolección de maíz	55-70%
Cortado de paja	75-85%

Rastrillado de paja	75-90%
Aplado de paja	65-80%
Atomizado	55-65%

COSTO POR UTILIZACIÓN

Factores de costo. El costo total del desarrollo de una operación de campo incluye gastos por los implementos, el tractor utilizado y el trabajo. Los costos del tractor y el de los implementos se dividen en dos categorías - costos fijos y costos variables o de operación. Los costos fijos se relacionan a la propiedad de la máquina y ocurren aún cuando la máquina no se utilice. Los costos fijos por hora, son inversamente proporcionales al número anual de horas de uso que se les dé. Los costos de operación están relacionados directamente con la cantidad de trabajo al que están expuestos, e incluyen las reparaciones, mantenimiento, gasolina, lubricante y servicio. Si la vida de la máquina está determinada por la obsolescencia o si la máquina es depreciada totalmente, en forma arbitraria, antes de que se desgaste por completo (para efectos de impuestos), se considera la depreciación como un costo fijo, pero si la vida de la máquina se basa en el tiempo de operación requerido para que se desgaste, la depreciación se vuelve costo variable.

depreciación. La depreciación es la reducción del valor de

una máquina con el paso del tiempo. Usualmente, siendo las máquinas utilizadas tan solo unos pocos días al año, la obsolescencia es el factor que más afecta la depreciación. Una máquina se puede volver obsoleta por el desarrollo de un modelo más avanzado, cambios en las políticas para cosechar, etc. Donde las máquinas tienen un uso relativamente más elevado, el uso se vuelve el factor predominante en la determinación de la vida útil.

Si se desea el costo promedio del uso de la máquina durante la duración de su vida útil, el método de depreciación en línea recta es el más práctico y el más común. Es el método más simple y ~~de un~~ cargo constante anual para depreciarse a lo largo de la vida útil de la máquina. En el método de línea recta, la cantidad de depreciación anual, es igual al nuevo costo, menos el valor de rescate al final de la vida útil, dividido entre el estimado de la vida en años. Es una práctica común el asumir un valor de rescate igual al 10% del costo de la unidad nueva, aunque algunos estudiosos le otorgan el valor de cero.

Los otros métodos son buenos cuando se busca encontrar el valor real de la máquina en un momento determinado, dentro del periodo útil de la máquina, antes de llegar a tener tan sólo el valor de rescate, o bien, para fines de impuestos. Por razones de impuestos, la depreciación en muchas ocasiones se basa en una vida muy corta y se justifica en las bases de

obsolescencia y/o desgaste.

Con el método de la declinación, la depreciación para cualquier año es un porcentaje constante del valor sobrante al principio del año. El método del valor estimado, está basado en determinaciones de valores reales en el mercado para maquinaria de distintos periodos de tiempo en servicio, establecidos a través de subastas y a través de los distribuidores de maquinaria agrícola o lo publicado en guías y revistas.

La información proveniente de estas publicaciones, puede ser analizada para determinar la relación entre la "edad" de la máquina y el resto del valor de la misma, expresado en porciento del nuevo precio de lista.

Las relaciones de valor estimado obtenidas de esta manera, dan valores realistas para la depreciación de la maquinaria promedio bajo las condiciones representadas para el análisis. Estas no cubren casos cuando hay un alto uso anual y resulta una depreciación acelerada.

En ausencia de información mas específica, deben usarse cuando los costos de la maquinaria se desean calcular por año, como base para saber cuándo reemplazar la maquinaria.

Vida de la máquina. Un valor para la vida útil de la

maquinaria, se necesita para estimar la depreciación por cualquier método, a excepción del basado en los precios del mercado. Los estimados de tanto la obsolescencia como el desgaste, son más o menos arbitrarios. Normalmente no hay una etapa en la que la máquina se desgaste a tal grado que ya no se pueda reparar, sino que en realidad, tiene un incremento gradual en los costos de reparación hasta llegar a un momento en que se vuelve antieconómico el hacer las reparaciones. Así mismo, la obsolescencia es un asunto relativo basado en la comparación de las características de una máquina nueva con aquellas de una máquina vieja.

Algunos valores para obsolescencia y desgaste, se encuentran en la tabla 1. Si el uso anual excede el valor dado en la tercera columna, la máquina se desgastará (desde un punto de vista económico) antes de que sea obsoleta. Para calcular la depreciación, se usa la vida hasta obsolescencia o la vida hasta desgaste, cualquiera que sea menor.

Intereses en la inversión. El interés en la inversión en una maquinaria agrícola, es un costo legítimo, ya que el dinero usado para la compra de maquinaria no se puede usar con otro fin.

Estrictamente hablando, el cargo anual por intereses debería disminuir gradualmente con la vida del implemento, conforme va decreciendo su valor. Si se usa una tasa variable para

la depreciación, el cargo del interés para cada año debería estar basado en el resto del valor del implemento al principio del año. Si se asume la depreciación en línea recta, entonces se usa un interés constante anual, para que los costos fijos totales cada año sean los mismos, en este caso, el cargo del interés está basado en la inversión promedio durante la vida de la máquina.

Con la depreciación en línea recta, la inversión promedio es igual a la mitad de la suma de los nuevos costos y el valor de rescate.

Impuestos, seguros, cobertizos. Estos son los puntos menores en el total de los costos fijos, pero se deben incluir.

Se cobra impuesto sobre el restante valor de la maquinaria agrícola con la misma tasa que en las otras propiedades.

Hay casos en que se presentan impuestos en la venta. Aunque se pague todo este impuesto al hacer la compra, el cargo puede distribuirse en la vida de la máquina.

La maquinaria agrícola a veces se asegura contra pérdidas, aunque frecuentemente el dueño escoge el llevar el riesgo él mismo. En cualquier caso, un cargo contra el implemento se justifica. Los costos del seguro se basan en el valor

restante del equipo.

Aunque es difícil de demostrar la protección contra las inclemencias del medio ambiente, se consideran necesarios los cobertizos para muchos tipos de maquinaria agrícola. El cargo por la cubierta está relacionado con el tamaño físico de la máquina y usualmente oscila entre un 0.5 y un 1% del costo de la máquina nueva. Este cargo debería de mantenerse constante a lo largo de la vida de la máquina.

VILA 1 COSTO DE REPARACIÓN DE MAQUINARIA

MAQUINARIA	AÑOS DE VIDA ÚTIL	AÑOS DE VIDA ÚTIL EN HORAS	HORAS POR AÑO SE DESGASTE EQUIVALENTES A LA VIDA DE UNOS AÑOS	COSTO DE REPARACIÓN Y DEL NUEVO CUERPO	
				FÓRMULA	INTEGRACIÓN TOTAL POR LA VIDA DE LA MÁQUINA EN HORAS
Tractor					
Tipo medio	10	10 000	1 000	0.010	100
Tipo 1201	15	15 000	1 000	0.007	105
Implementos de labranza					
Cultivador	12	2 500	208	0.008	120
Puerta de disco	14	2 500	187	0.008	120
Arado de disco	15	2 500	167	0.008	120
Arado de verticeros	15	2 500	167	0.000	200
Puerta frente de labranza	15	2 500	167	0.000	100
Puerta frente de labranza	15	2 500	133	0.000	120
Sembradoras					
Sembradora de grano	15	1 200	80	0.075	90
Sembradora de hortalizas	15	1 200	80	0.075	90
Equipos de cosecha					
Cabina - operador automático	10	2 000	200	0.000	80
Cosechadora, autopropulsada	10	2 000	200	0.025	50
Recolector de paja	12	2 000	200	0.010	75
Recolector de almidón	12	2 000	200	0.015	70
Instalaciones de almidón	10	2 000	200	0.010	60
Cosechadora de campo, tipo 1000	10	2 000	200	0.010	80
Esqueadora de heno, avance	14	2 000	200	0.010	60
Empacadora de heno, potencia	13	2 000	200	0.008	80
Quedador - tractorista de heno	12	2 000	200	0.150	200
Bastidor, descortezadora	10	2 000	200	0.000	60
Molador de paja, autopropulsada	10	2 500	250	0.010	100
Cosechadora de remolacha	10	2 500	250	0.010	75
Vertice					
Equipo fertilizador	8	1 200	150	0.100	120
Fertilizador de forraje	12	2 000	167	0.011	60
Fertilizante de suelo	15	3 000	200	0.010	90

Cuando el promedio anual de uso varía entre número de horas, la máquina se depreciará después de que se consuma su vida útil.

* Si la máquina es del tipo montado, el tiempo de vida de la nueva cuerpo para cada tiempo de desgaste, partes y componentes incrementa una vez al año.

tabla 1.

Reparaciones y mantenimiento. Los costos de reparación son difíciles de estimar, debido a grandes variaciones resultantes de las diferencias en las condiciones de operación, manejo, programas de mantenimiento, costo total, etc. Los records de costo de reparación de granjeros individualmente varían en su exactitud, forma y son muy completos. Los estudios de costos deben incluir un número grande de granjas para poder proveer respuestas razonables. Estas respuestas no son directamente aplicables a ninguna situación específica, pero sí dan pie para estimar costos generales.

Los costos de reparación incluyen el mantenimiento (ajuste por desgaste, servicio diario y lubricación, etc.), lo mismo que el costo de todas las partes y el trabajo necesario para instalar las partes. Los costos de reparación por hora usada se incrementan con la edad de la máquina, pero tienden a nivelarse conforme la máquina se va haciendo vieja.

La cantidad de cambio en las cuotas de reparación (costo por hora), con la edad, está influenciado por el tipo de maquinaria. Los implementos para el arado y otras máquinas requieren de un frecuente afilamiento o reemplazo de los elementos cortantes, por lo que tienen cuotas de reparación inicialmente altas y los incrementos son relativamente pequeños, conforme se van haciendo viejos.

Cuando un costo promedio durante la vida útil promedio es aceptable, es más simple el aplicar un cargo uniforme anual por reparaciones, esto se hace conjuntamente con la depreciación en línea recta.

La tabla 1 incluye promedios de costos de reparación por hora durante lo indicado de vida hasta el desgaste, lo mismo que los costos de reparación de la vida total.

Combustible, lubricante y provisiones varias. Con los otros tractores y otro equipo con motor, el costo del combustible y lubricantes (incluyendo aceite para el motor y filtros), debe ser incluido en el cargo total de la máquina.

Para un tiraje dado D en kilómetros y una velocidad dada S en kilómetros por hora, la fuerza en la barra de tracción para un implemento de montaje, semi-montaje o de arrastre en kW es

$$dbp = -\frac{D \cdot S}{3.6}$$

El tiraje para la mayoría de los implementos de labranza de arrastre está dado en forma de resistencia o rodamiento. La fuerza requerida para romper la resistencia al rodamiento se determina multiplicando la normal de la carga de cada rueda a la superficie del suelo (en unidades de fuerza) por el coeficiente apropiado de resistencia o rodamiento y sumándole la resistencia de cada una de las ruedas.

Los requerimientos de combustible de los tractores, se pueden estimar a partir de la tabla 2, conociendo la potencia que se necesita en la barra de tracción y expresándola como porcentaje del máximo PTO disponible.

MAXIMA POTENCIA PTO	PTO Kilowatt Caballos por litro			PTO H.P. Caballos por galón		
	Diesel	Gasolina	LP Gas	Diesel	Gasolina	LP Gas
	100	2.60	1.60	1.59	13.2	9.7
80	2.53	1.78	1.52	12.9	9.0	7.7
60	2.36	1.57	1.40	12.0	9.0	7.1
40	2.02	1.23	1.16	10.3	6.3	5.9
20	1.37	0.79	0.75	7.0	4.0	3.8

tabla 2. *Conversión de combustible para tractor.*

El poder que se entrega a la barra de tracción es siempre menor que lo que entrega el PTO (toma de poder), debido a pérdidas en las ruedas, resistencia a rodamiento del tractor y pérdidas por fricción en el diferencia, entre el motor y las ruedas. La suma de estas pérdidas puede representarse como un coeficiente de tracción y transmisión (T & T), que se define como la relación entre el poder de la barra de tracción y el poder en el PTO.

La tabla 3 muestra valores típicos de coeficientes T & T determinados de un monograma para un implemento de semimontaje.

CARGA, PORCENTAJE DE MAXIMO APROVECHAMIENTO PTO POTENCIA	COEFICIENTE DE TRACCION Y TRANSMISION					
	Terreno Firme		Terreno Cultivable		Terreno Suave y Arenoso	
	6.5 km/hr	8 km/hr	6.5 km/hr	8 km/hr	6.5 km/hr	8 km/hr
80	0.73	0.75	0.60	0.61	*	*
70	0.75	0.75	0.61	0.61	*	*
60	0.75	0.74	0.61	0.59	*	0.51
50	0.74	0.72	0.60	0.56	0.51	0.50
40	0.72	0.68	0.55	0.49	0.50	0.45

* Excesivo tiraje de llanta (arriba del 18%)

tabla 3. *Coefficientes de tracción y transmisión para tractores de tracción sencilla.*

Los coeficientes para tractores con tracción en las cuatro ruedas serían algo más grandes que en el caso con tracción sencilla. Los tractores de tracción, pocas veces tienen más de 5% de resbalamiento, aún en suelo muy flojo. Los coeficientes de T & T, para estos casos, probablemente serían, por lo menos, de un 0.8 a un 0.85 en tierra firme y de 0.7 a 0.75 en suelo flojo.

El poder PTO correspondiente a la barra de tracción requerida, se determina aplicando el apropiado coeficiente T & T. Para determinar el tamaño necesario para un trabajo en particular, o el tamaño máximo o la velocidad de un implemento para un tractor dado, la carga máxima no debe exceder del 80% del poder máximo disponible.

Como un ejemplo: Si asumimos una rastra de disco con una tracción de 18N (4050 lbr), va a ser jalada a 6.5 km/h (4 mph), en un suelo firme y sin arar, por un tractor diesel con un PTO máximo de 60 kW (80.5 hp). El problema es determinar el consumo promedio de combustible.

$$dbp = \frac{18 \times 6.5}{3.6} = 32.5 \text{ kW (43.6 hp)}$$

Refiriéndose a la segunda columna de la tabla 3, el coeficiente T & T para suelo firme oscila entre 0.73 y 0.75, de un 80% a un 40% de carga. Usaremos un valor de 0.74 para el problema. Entonces el poder PTO requerido para desarrollar 32.5 kW en la barra de tracción es de $32.5/0.74 = 43.9 \text{ kW (58.9 hp)}$.

Dado que el máximo poder de PTO disponible está dado como 60 kW, la carga real es de $100 \times 43.9/60 = 73\%$ del poder máximo. Interpolando entre 60 y 80% en la columna de diesel en la tabla de los combustibles, da un factor de conversión de 2.47 kW-h/lt, el consumo de combustible será entonces de $43.9/2.47 = 17.8 \text{ lt/h (4.7 gal/h)}$.

La tabla de combustibles también se puede usar para estimar los requerimientos de combustible para máquinas autoimpulsadas o para motores en implementos de tracción, si los requerimientos de poder son conocidos o pueden estimarse.

Costo total de una operación de campo. Generalmente se desea el costo total en una base, ya sea por unidad aérea o bien por unidades de producción.

Para determinar los costos totales por unidad de trabajo, involucramos los siguientes factores:

1. Uso anual del implemento, en horas o hectáreas.
2. La capacidad efectiva de campo del implemento en hectáreas por hora.
3. Total de costos fijos anuales del implemento.
4. Costo total de operación por hora (reparaciones, combustible y lubricantes) para el implemento.
5. Costo por hora o por hectárea de la potencia del tractor requerido por implementos que no son autopulsados.
6. Costo de labor por hora.

Algunas operaciones de cosecha, pérdidas de campo y/o reducciones de calidad resultantes del uso de la máquina, deben ser consideradas también, ya que el potencial de la tierra baja. Este cargo contra las operaciones, es particularmente importante cuando se comparan varios métodos.

CAPITULO III

LABRADO Y DINAMICA DE LA TIERRA

INTRODUCCIÓN

Consideremos algunos de los aspectos generales de la labranza y de los métodos para labrado, incluyendo una cobertura breve de dos principios de la dinámica (movimiento) de la tierra, aplicado al labrar. En general no se ha hecho ningún intento para describir una falla en la tierra.

Aún cuando algunos estudios de la dinámica de la tierra, fueron hechos en 1920, ha habido un marcado resurgimiento en esta área, desde aproximadamente 1950, desde entonces, se han producido un sinnúmero de escritos científicos. Gill y Vanden Berg han analizado, resumido y coordinado, estudios de dinámica de la tierra, resultantes de reportes durante 1964, relacionando estos resultados con principios básicos y conceptos. Su esfuerzo se tradujo en un excelente libro de referencia.

No obstante los rápidos avances hechos en años recientes, la labranza está muy lejana de ser una ciencia exacta. Aunque uno de los objetivos principales es el proveer condiciones ambientales propicias para el cultivo de las plantas, no

podemos especificar o identificar cuantitativamente las condiciones deseadas del suelo. Las fuerzas que se aplican a una herramienta de labranza para producir un efecto dado en el suelo, pueden ser medidas exactamente, pero no podemos predecir confiablemente los efectos de cambios en el diseño del herramental. Por consecuencia, no es sorprendente que el diseño del equipo de labranza, esté más como arte que como ciencia.

A lo largo de este estudio se hace referencia a la herramienta para arar y de los implementos para la labranza. Una herramienta para arar, se define como un elemento individual para el trabajo de la tierra, como pueden ser una pala, cuchilla, etc. Un implemento para el labrado, consiste de una herramienta o un grupo de herramientas, junto con el marco, ruedas, aditamentos de control y protección y cualquier otro componente estructural, o transmisión de poder.

Objetivos de la labranza. El arado se puede definir como la manipulación mecánica de la tierra, para cualquier propósito. En la agricultura, algunos de los objetivos de la labranza son:

1. Desarrollar una estructura en el suelo adecuada para formar una cama de semillas o raíces. Una estructura granular es deseable para permitir una infiltración rápida y una buena retención del agua de lluvia, para proveer una

adecuada capacidad de aire y el intercambio del mismo, y para minimizar la resistencia a la penetración de la raíz. Una buena cama de semillas, por ejemplo, generalmente, se considera que implica partículas más pequeñas y una mayor firmeza en la vecindad de las semillas.

2. Para controlar hierbas, o para remover plantas no deseadas (limpieza).
3. Para manejar residuos de plantas. Una mezcla conciensuda de la basura es deseable, desde el punto de vista de la descomposición y el arado, aunque conservar la basura en las capas de la superficie, reduce la erosión. Por otro lado, una cobertura completa, es algunas veces necesaria para controlar insectos, o para evitar interferencia con las operaciones de precisión, como son el plantado y cultivo de algunas cosechas.
4. Para minimizar la erosión de la tierra, siguiendo algunos métodos como el de establecer los contornos del campo, hacer los surcos y poner la basura en su lugar.
5. Establecer configuraciones específicas en la superficie, para el plantado, regado, drenaje, operaciones de cosecha, etc.
6. Para incorporar y mezclar fertilizantes, pesticidas al suelo.
7. Para realizar una segregación. Esto puede involucrar, mover la tierra de un lado a otro, remoción de rocas y otros objetos extraños, o bien eliminarlos.

Métodos de labranza. Las operaciones para la preparación de camas de semillas, se clasifican frecuentemente como primarias y secundarias, aunque no se encuentre siempre una diferencia muy clara. Una operación de labranza primaria, constituye la operación mayor e inicial en la tierra, normalmente se usa para reducir la dureza de la tierra, cubrir materiales de las plantas o distribución de los agregados; las operaciones secundarias de labranza se usan para crear condiciones refinadas en el suelo, que vienen a continuación de las operaciones primarias.

SISTEMAS DE LABRANZA MÍNIMA

Los ingenieros y productores, así como los científicos de suelos, han acordado que se está haciendo más labrado del necesario, para asegurar un máximo de entradas netas, debidas a la producción de la cosecha. En algunos casos, la compactación de tierra por parte del tractor y los implementos, en una secuencia de operaciones de labranza secundaria, pueden eventualmente, eliminar los efectos de las operaciones de labranza primaria. Las operaciones de arado con un ancho continuo, usualmente se diseñan para producir una buena cama de semillas, aunque el grado de pulverización de la tierra puede ser excesiva, al igual que la firmeza de la tierra para el incremento de las raíces.

En años recientes, ha habido un interés en los sistemas de

labranza mínima, como una forma de reducir los costos de producción de las cosechas y para el mejoramiento de las condiciones del suelo. Labranza mínima es un concepto amplio, que puede ser utilizado en muchas formas.

Los principales objetivos son:

1. Reducir la energía mecánica y los requerimientos de mano de obra.
2. Conservar la humedad y reducir la erosión del suelo.
3. Realizar tan sólo las operaciones necesarias para optimizar las condiciones para cada tipo de área, dentro de un campo.
4. Minimizar el número de viajes en el campo.

En algunos sistemas de labranza mínima, las unidades combinadas de arado y plantado, siguen a las de abertura de la tierra, ruptura u otras operaciones primarias, con franjas delgadas, recibiendo terreno acarreado de la sembradora en terreno de no trabajado, o bien en terreno que fué arado en la vez anterior: varios arreglos de unidades combinadas, que realizaron operaciones de acarreo mínimo y plantado, ya son adquiribles comercialmente.

La principal aplicación de los sistemas de labranza mínima, ha sido en el maíz, aunque se ha aplicado satisfactoriamente en el algodón y una serie de cosechas también en hileras. El maíz de mínima labranza, con frecuencia se planta sobre

césped o algún residuo de grano. En los sistemas sin labranza, una herramienta adecuada corta y acarrea una franja de 5 a 8 cm (2-3 in) de ancho sobre la cubierta retenedora de la humedad y la sembradora sigue inmediatamente atrás.

Entre los primeros acercamientos de la labranza mínima en el maíz, figuran: la combinación del arado y plantado; el sembrado en pistas de rueda, inmediatamente después del arado, por varias razones, ninguno de los dos métodos ha tenido mucha aceptación.

Sembrado, con rebajado de surcos en campos sin labrado, es una forma de labranza mínima que se practica con el maíz y otras cosechas en hileras en algunas áreas. Cada fila se planta en el fondo de un surco o una franja elevada en el surco, en una operación combinada.

La experiencia ha indicado que una labranza mínima, bajo condiciones apropiadas y con alguna cosecha en hileras, es una buena forma de conservar recursos y bajos costos de producción, normalmente sin reducir nuevos problemas de administración, particularmente cuando los residuos de plantas superficiales están involucrados. Los problemas de insectos se incrementarán y se requiere de un adecuado control de la hierba por la vía química.

Labrado del rastrojo protector. El objetivo principal es el

reducir la erosión proveniente del aire y del agua y conservar el agua reduciendo su desperdicio. Esta práctica es muy aceptada en regiones áridas y semiáridas. Este tipo de labranza consta de, cortar la raíz de las hierbas y otras plantas y dejar el residuo de la cosecha en la superficie o bien revuelto con las capas de tierra de la superficie.

La disposición adecuada de los residuos, dependerá de la cantidad presente y de las operaciones subsiguientes involucradas. Las grandes cantidades de residuos en la superficie protegen la tierra, pero presentan problemas de sembrar (ya que la sembradora debe penetrar ésta capa) e inclusive, en el cultivo si las cosechas en filas están incluidas en la rotación de cultivos.

Definición de fuerza, energía y términos de potencia. Considerando fuerzas de labranza y relaciones de energía, es importante que el estudiante se familiarice con las definiciones fundamentales y relaciones de mecánica. Términos pertinentes, junto con conceptos adicionales utilizados específicamente en conexión con la maquinaria agrícola.

Fuerza. Es cualquier acción que cambia o trata de cambiar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo. Una fuerza está completamente especificada por su magnitud, dirección y sentido. Las unidades comunes son el Newton en sistema SI y

la libra en sistema inglés.

Tiro. En un implemento, es la fuerza total ejercida por una unidad de potencia. En los implementos de labranza, está generalmente a un ángulo superior a la horizontal, y puede estar o no, en un plano vertical, paralelo a la línea de movimiento.

Tracción. Es la componente horizontal del tiro, paralela a la línea de movimiento.

Tracción lateral. Es la componente horizontal del tiro, perpendicular a la línea de movimiento.

Tracción específica. Es la tracción por unidad de área de sección transversal ya labrada, normalmente expresada como Newtons por centímetro cuadrado (kgf/cm^2).

Par o torque. Es el momento de una fuerza tendiente a producir una rotación con respecto a un punto. Es el producto de la fuerza por su brazo de palanca y comunmente se expresa en N-m (lbr-pig). Un par consiste de dos fuerzas iguales y opuestas que son paralelas, pero no concurrentes. La magnitud o momento de un par, es igual al producto de una de las fuerzas por la distancia perpendicular entre una y otra. Un par puede tender a producir rotación en cualquier punto en el plano de las dos fuerzas. Entonces el torque,

es un par especial en que el centro de rotación, se encuentra en la línea de una de las fuerzas.

Trabajo. Es un producto de la fuerza (en dirección del movimiento), por la distancia en la que la fuerza actúa, las unidades comunes son el Joule en SI y la ft-lbr en el sistema inglés.

Potencia. Es la relación en que se realiza el trabajo. Unidades comunes son el kW en el sistema SI y los hp en el sistema inglés. Un kW es un kJ de trabajo por segundo. Un hp de potencia es 550 ft-lbr de trabajo por segundo.

Potencia en la barra de tracción (dbp). En relación con ya sea un implemento de montaje o de tiro, es la fuerza requerida para jalar o mover un implemento, a una velocidad uniforme.

Fuerzas que actúan en un implemento o en una herramienta de labranza. Al ingeniero le interesan las fuerzas que actúan sobre un implemento de labranza, desde los puntos de vista de requerimientos totales de fuerza, enganchamiento apropiado a la aplicación de la fuerza de tiro, diseñado para dureza y rigidez adecuadas, y determinación de los mejores ajustes y formas de las herramientas.

Un implemento (o herramienta) de labranza moviéndose a una velocidad constante, está sujeto a tres fuerzas principales o

sistemas de fuerzas, que deben estar en equilibrio. Estas son:

1. Fuerza de gravedad, actuando sobre el implemento.
2. Fuerzas del suelo, actuando sobre el implemento.
3. Las fuerzas actuando entre el implemento y lo que produce el movimiento. Si el par de una transmisión rotatoria de poder no está involucrado, la resultante de estas fuerzas, es el tiro de la unidad de poder sobre el implemento.

Clyde, subdivide el total de las reacciones del suelo en fuerzas útiles y parásitas. Él define a las fuerzas útiles, como aquellas que la herramienta debe de vencer en el corte o movimiento de la tierra. Las fuerzas parásitas son aquellas (incluyendo las fuerzas de fricción o resistencia al rodamiento) que actúan sobre superficies estabilizantes, como son los lados de un arado. Bajo una serie de condiciones operantes con un implemento específico, el operador tiene poco control sobre las fuerzas útiles de resistencia al suelo, pero ambos el diseñador y el operador, tienen algo de control de las fuerzas parásitas.

Cuando una herramienta no es simétrica con respecto a la vertical, el plano longitudinal que pasa por su línea central, y las fuerzas útiles del suelo, introducen un efecto rotacional).

Hay dos formas de mostrar la reacción de la tierra en un implemento de labranza, para el caso general en el que un efecto rotacional existe, se verán en la figura (3.1). Otros métodos incluyen:

1. Una fuerza y un par en el plano perpendicular a la fuerza.
Método de la llave inglesa.
2. Tres fuerzas en ejes mutuamente perpendiculares y tres pares en los planos de intersección de los ejes.
3. Tres fuerzas en tres planos mayores.

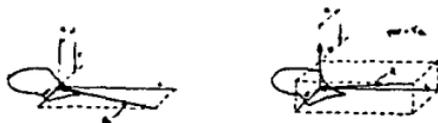


figura 3.1 Dos formas de expresar la reacción total del suelo, cuando un efecto rotacional existe.

Vanden Berg señala, que la línea única de acción de una fuerza resultante, puede ser mostrada por el método de la llave, ya que éste representa el par mínimo.

Símbolos usados en el análisis de las fuerzas de labranza. Los símbolos más comunes se identifican en la siguiente lista. Otros se identificarán conforme aparezcan.

R = Resultante de las fuerzas útiles del suelo, actuando sobre una herramienta o implemento (figura 3.1b), donde las fuerzas útiles y parásitas no pueden determinarse separadamente. Incluye a las dos.

- L = Componente longitudinal o direccional de R.
- S = Componente lateral de R.
- V = Componente vertical de R.
- R_h = Resultante de L y S (figura 3.1a).
- R_v = Resultante de L y S (componente de R en el plano longitudinal vertical).
- a = Distancia lateral entre V y R_h, para herramienta con un efecto rotacional (figura 3.1a).
- Q = Resultante de todas las fuerzas parásitas actuando sobre un implemento.
- Q_h = Componente de Q en el plano horizontal. Incluye fuerzas estabilizadoras laterales y las fuerzas longitudinales de fricción.
- Q_v = Componente de Q en la vertical. Incluye fuerzas de soporte vertical y las fuerzas longitudinales de fricción o de resistencia al rodamiento.
- P = Resultante del tiro forzado en el implemento por la unidad de poder.
- P_h = Componente de P en el plano horizontal.
- P_v = Componente de P en la vertical, del plano longitudinal.
- W = Fuerza de gravedad actuando en el implemento, a través del centro de gravedad.
- H = Centro de resistencia horizontal del implemento, el cual es el punto de concurrencia de R_h y Q_h.
- G = Punto de concurrencia de Q_v y el resultante de W y R_v. Puede ser llamado el centro de resistencia vertical.

Los índices X, Y y Z, aplicados a P y Q, se refieren a los componentes longitudinales, laterales y verticales de las fuerzas, respectivamente.

Mecánica de la labranza. Las reacciones de la tierra a las fuerzas aplicadas por la herramienta de labranza, están afectadas por la resistencia del suelo a la compresión, adhesión (fuerzas atractivas entre la tierra y algunos otros materiales). Estas son todas, propiedades dinámicas en tanto se hacen manifiestas tan sólo con el movimiento de la tierra. Las fuerzas de aceleración no son propiedades de la tierra, pero también se encuentran presentes. Nichols ha mostrado que las fuerzas reactivas de toda clase de suelo, están dominadas por una capa de humedad en las partículas coloidales y, por lo tanto, están relacionadas con la humedad de la tierra y su contenido coloidal.

La tierra se puede clasificar como plástica y no plástica. El término plástico implica que el suelo es moldeable en un rango de contenido de humedad y que retendrá su forma moldeada después de que seque. Las arenas y otros suelos conteniendo menos de un 15 o 20% de barro o coloidales, generalmente se consideran no plásticos.

Si un suelo plástico se satura en agua y entonces se le deja secar, pasa por las siguientes etapas en orden: pegajoso, plástico, desmenuzable, duro (cementado).

La etapa desmenuzable representa las condiciones óptimas para la labranza. La compactación del suelo por los implementos de labranza y las unidades de poder, que es un problema serio en algunas áreas, se produce cuando se trabaja la tierra estando muy húmeda.

Prácticamente todas las herramientas de labranza consisten de dispositivos para aplicar presión al suelo, a menudo a través de planos inclinados o cuñas. Conforme la herramienta avanza, la tierra a su paso está sujeta a esfuerzos compresivos, los cuales en un terreno desmenuzable, resultan en una acción de corte. El corte del suelo, es considerablemente diferente del corte de la mayoría de los sólidos, en tanto que la reacción se puede extender a una distancia considerable, en cualquiera de los lados del plano de corte, debido a la fricción interna y la acción cohesiva de las capas de humedad.

La cohesión se puede definir como la fuerza que sujeta o mantiene a dos partículas del mismo tipo juntas.

Se produce una fricción interna, debida al entrelazado de las partículas dentro de la masa del suelo.

La fricción interna y la cohesión a veces son referidas como las propiedades físicas reales del suelo. En la realidad,

son tan sólo parámetros de forma como se ve en la siguiente ecuación:

$$r = C \sigma \tan \phi$$

donde:

r = esfuerzo cortante en una falla en la tierra.

C = Cohesión.

σ = Esfuerzo normal al plano de la falla de corte.

ϕ = Ángulo de fricción interno.

Basado en esta ecuación, la cohesión puede ser racionalizada como el esfuerzo cortante con una carga normal cero. Los valores de C y ϕ pueden ser determinados midiendo el esfuerzo de corte para varios valores de esfuerzo normal. El esfuerzo cortante tiene una influencia importante en la tracción de la herramienta de labranza.

Una falla en el suelo debida a compresión, siempre se asocia con una reducción en volumen. Una falla por corte, no es un fenómeno independiente de una falla por compresión, pero ocurren como una acción combinada. Una falla o rendimiento de un suelo, puede ser evidenciado como un flujo plástico, sin el desarrollo de superficies de fallas de corte. Un ejemplo podría ser el flujo de un terreno húmedo de barro, al rededor de un subsoleador conforme la herramienta avanza, a través del suelo.

Los cortes en la tierra, pueden definirse como una acción rebanadora que no resulta en ninguna otra falla mayor como el corte. Las condiciones en las cuales el corte puro, puede ocurrir, están determinadas por las características y humedad contenida y hasta cierto punto por el grado de confinamiento. En muchas operaciones de labranza, el corte no está claramente definido, como acción independiente.

Fricción y adhesión. Todas las operaciones de labranza involucran una acción deslizante de tierra sobre algunas superficies de la herramienta. La fricción de la tierra contra una herramienta que tiene grandes áreas de contacto, se traduce en una componente significativa de la tracción requerida. La fricción también está involucrada cuando dos cuerpos rígidos de tierra se mueven uno con respecto del otro, éste fenómeno es diferente de la fricción interna. A menos que se involucren velocidades o grandes cargas normales, la fricción de cuerpo rígido de tierra con tierra, normalmente se asume que obedecen a la ley de simple fricción, en la cual:

$$\mu = \frac{F}{N} = \tan \phi$$

donde:

μ = coeficiente de fricción (tierra con tierra).

F = fuerza de fricción tangente a la superficie.

N = fuerza normal (perpendicular a la superficie).

ϕ = ángulo de fricción.

En ésta relación ideal, es independiente de la carga normal, el área de contacto y la velocidad de derrape, o de deslizamiento.

La fricción del suelo en una herramienta de labranza, es normalmente suelo en acero, pero en algunos casos es, suelo en plástico (en algunos arados se cubren las partes con plástico). Cuando la tierra resbala en el acero, las fuerzas adhesivas entre el suelo y el metal, tienen una marcada influencia en las fuerzas de fricción. Las fuerzas adhesivas son debidas principalmente a las capas de humedad y su magnitud varia con el contenido de humedad. Las fuerzas adhesivas tienen el efecto de incrementar la carga normal (perpendicular), en la superficie, aumentando la fuerza de fricción tangencial. Ya que es impráctico separar los efectos de estos dos componentes, la práctica usual en las pruebas de laboratorio es el representar su efecto combinado con un coeficiente de fricción aparente que se define como ν (para diferenciarlo de μ en la ecuación anterior).

La relación general entre la fricción entre la tierra y metal y el contenido de humedad de la tierra, que fue descrito por Nichols, se muestra en la figura 3.2. En la fase de fricción, las fuerzas adhesivas son pequeñas y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente del contenido de humedad. Los suelos en condiciones desmenuzables, normalmente tienen contenidos de humedad en este rango. En

la fase de adhesión, las capas de humedad se desarrollan entre el metal y las partículas del suelo, creando fuerzas adhesivas que causan el aparente coeficiente de fricción, con crecimiento conforme se van engrosando estas capas. Cuando el suelo tiene suficiente humedad, como para actuar como lubricante, el coeficiente de fricción decrece conforme se va añadiendo agua.

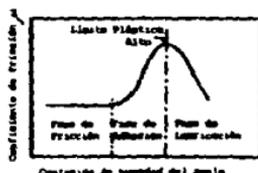


figura 3.2 Curva característica mostrando el efecto de contenido de humedad, sobre un coeficiente aparente de fricción entre acero y tierra.

Los contenidos transitorios de humedad entre fases, se incrementan con un contenido de barro, siendo más alto para suelos con barro que para los arenosos. Los rangos típicos de suelo en acero pulido normalmente, serán lo reportado por varios investigadores, son de 0.2 a 0.5 para arenosos, 0.3 a 0.65 para arcilla y 0.35 a 0.8 para barro. La cantidad menor en cada caso, representa valores en la fase de fricción.

Varios investigadores han encontrado que los coeficientes aparentes de fricción entre tierra y metal bajan, conforme la

carga normal se hace más grande, especialmente en barro húmedo y en barro con arcilla.

Resistencia del suelo, caracterizada por la resistencia a la penetración. La resistencia del suelo, es la habilidad o capacidad de un terreno en particular, para resistir una fuerza aplicada. La resistencia a la penetración, es un parámetro compuesto que involucra varias propiedades independientes del suelo, pero considerada generalmente como un reflejo de la resistencia a la penetración, se utiliza un tornillo instrumentado, conocido como tornillo penetrómetro, que se empuja dentro del terreno y la fuerza es observada de acuerdo a la probabilidad de penetración.

La lectura del penetrómetro que da la fuerza por unidad de área en la base de la sección transversal, provee indicadores de la dureza relativa de los diferentes suelos y de uniformidad en condiciones del suelo específicas.

Abrasión de los suelos. La abrasión es una propiedad dinámica de los suelos, que tiene un efecto acumulativo, más que un efecto inmediato. Cuando una gran cantidad de tierra resbala por la superficie de una herramienta de labranza, el desgaste abrasivo puede cambiar el tamaño, forma o dureza de la herramienta, lo suficiente para volverla inefectiva, especialmente si las presiones contra la herramienta, son elevadas. Las características que afectan a la abrasividad

incluyen la dureza, forma y tamaño de las partículas de tierra, la firmeza con la que las partículas se detienen en la masa del suelo y el contenido de humedad del suelo. La resistencia de los metales a la abrasión, depende de la composición del material y por su dureza, resistencia y tenacidad.

Una capa de una aleación especial contra la abrasión, se utiliza frecuentemente aplicada en las orillas cortantes de la herramienta, para reducir su grado de desgaste, especialmente para terrenos arenosos o bien de arena o arcilla. Este proceso se conoce como un revestimiento. Los materiales para recubrimiento de distinta composición, se encuentran para condiciones específicas de abrasión o de impacto. Estos materiales vendidos por varias marcas, son extremadamente duros y algunos son bastante frágiles. Generalmente, son aleaciones no ferrosas como cromo-cobalto-tungsteno o acero al alto carbono conteniendo elementos como cromo, tungsteno, manganeso, molibdeno, etc. Se aplica a las herramientas de labranza a base de soldadura por arco, o bien, soplete de oxiacetileno.

Factores de diseño en una herramienta de labranza. El propósito de una herramienta de labranza es el de implantar (cambiar, mover o formar) un terreno, según sea requerido, para obtener una condición deseada del terreno. Hay tres factores de diseño, condiciones iniciales del suelo, forma de

herramienta, forma del movimiento de la herramienta, que controlan o definen la manipulación del suelo. El resultado de estos tres factores independientes, se encuentra evidenciado por dos factores externos, principalmente, las condiciones finales del suelo y las fuerzas requeridas para manipular el terreno. Estos cinco factores son de interés directo para el diseñador de implementos agrícolas.

De los tres factores internos, el diseñador tiene control tan sólo en la forma de la herramienta. El usuario puede variar la profundidad o la velocidad de operación y puede usar la herramienta en una gran gama de condiciones iniciales de terreno. Pero, la forma de la herramienta no puede ser considerada independiente de la manera del movimiento o de las condiciones iniciales del terreno. La orientación de la forma de la herramienta, con respecto a la dirección del viraje, debe estar definida.

Las diversas condiciones iniciales del terreno, a menudo requieren formas diferentes. Por ejemplo, se han desarrollado muchas formas de arado de vertedera para diferentes tipos de condiciones en el terreno.

La forma de la cual se ocupa el diseño, es la superficie por la cual se mueve la tierra, cuando se opera una herramienta de labranza. Gill y Vanden Berg clasificaron tres formas características macroforma, microforma, forma de arista. El

término microforma, designa la forma de arista. El término macroforma, designa la forma de la superficie gruesa, mientras que la forma de arista se refiere a las formas perimetrales y seccionales de los límites de la superficie que trabaja en el suelo. Las navajas en forma de disco, lisas o con muescas, tienen diferentes formas en la arista, pero las macroformas pueden ser iguales. Las microformas se refieren a la dureza de la superficie.

La mayoría de las formas de las herramientas de labranza han sido desarrolladas por los métodos de corte y prueba, o bien, con análisis cualitativo. La relación de forma y manipulación, han recibido su más grande énfasis en el desarrollo de los arados de vertedera, así como las relaciones de forma y fuerza, se han tomado en cuenta en las herramientas de tipo de cincel. Las descripciones matemáticas de las formas, son los medios más versátiles de representación, pero la herramienta como los arados de vertedera, tienen formas complejas que no pueden ser representadas sencillamente, en forma matemática. La representación gráfica se utiliza a menudo para los fondos de los arados, aunque se han intentado los análisis matemáticos, lo mismo que existe un incremento en el análisis por computadora para los fondos de los arados.

La forma del movimiento, involucra la orientación de la herramienta, su paso por el suelo, y la velocidad a su paso.

Para herramientas que viajan en línea recta (no rotatorias, ni oscilantes), el paso queda definido solamente con dar el ancho y la profundidad del corte; la orientación de una herramienta que tenga una forma particular, puede significar una influencia para la manipulación de la tierra y para las fuerzas. A menudo el sistema de enganche utilizado para posicionar una herramienta, afecta a la profundidad y a la orientación. Cuando hay suficiente potencia disponible, la velocidad es el factor de diseño más fácil de variar. El incrementar la velocidad gradualmente, incrementa la tracción, pero también afecta los movimientos del suelo y su desmenuzamiento.

Medición y evaluación del comportamiento. Como ya se dijo anteriormente, las fuerzas de las herramientas y las condiciones del suelo, son dos de los principales aspectos en el comportamiento de las herramientas para labranza. La herramienta debe efectuar la necesaria manipulación de tierra, con un mínimo de energía, y las condiciones finales del suelo deben ser aceptables, cuando se comparen con las condiciones deseadas.

Los sistemas de fuerza que actúan en las herramientas de labranza, pueden ser representados matemáticamente y las fuerzas pueden ser medidas.

Pero una evaluación cuantitativa de comportamiento es

dificil, ya que no se ha desarrollado un método adecuado que describa las condiciones del suelo, o que especifique las condiciones necesarias para un uso determinado.

Tres aspectos de la condición final del suelo que pueden ser de interés, dependiendo de la operación de labranza determinada, son:

- a) El grado de desmenzamiento de la tierra.
- b) La segregación de los terrenos, en relación a la profundidad.
- c) Uniformidad de la mezcla, a través de la profundidad labrada. El desmenzamiento de la tierra puede ser medido cerniendo una mezcla representativa de toda la profundidad labrada. Gill y Vanden Berg, describen una cernidora rotatoria para este propósito, los resultados pueden ser expresados en términos del tamaño real de los terrenos, un módulo de pulverización o un diámetro medio de masa.

La segregación de los tamaños de los terrones, quizás en un terrón más grande en o cerca de la superficie, algunas veces se desea, pero no así como otros casos. Muchos tipos de herramientas de labranza, tienen este efecto, variación del grado. Cerniendo distintas capas del perfil del suelo, proporciona medios para medir el comportamiento de las herramientas de labranza.

A menudo el objetivo de la labranza, es el mezclar la tierra para obtener una distribución uniforme de terrenos o humedad. En otras palabras, los materiales aplicados como pesticidas o fertilizantes necesitan ser mezclados uniformemente con el suelo. La uniformidad de la mezcla, puede ser medida aplicando, materiales de rastreo al suelo y determinar su distribución, después de la labranza. Materiales radioactivos, materiales fluorescentes, sodio y potasio, además de otros, han sido empleados.

La evaluación del desarrollo involucra al comparar las condiciones actuales y finales, con las condiciones deseadas. La condición deseada es determinada enteramente por el uso que se le dará a la tierra labrada.

Para determinar la eficiencia de la utilización de la energía de un implemento de labranza, cuando el principal objetivo es el desmenuzamiento de la tierra, la energía equivalente representada por una reducción en el tamaño de los terrones, deberá ser determinada experimentalmente. Esto se ha efectuado, aplicando energía al suelo en una forma controlada y midiendo los efectos en términos del tamaño de los terrones. Gill y McCreery desarrollaron un método, en el cual las muestras de tierra, se dejan caer desde una altura determinada a una superficie rígida y la energía cinética gastada en la caída, está relacionada con el diámetro de la masa media resultante.

Las caídas sucesivas de los terrones grandes, muestran una relación entre el diámetro de la masa media y el total de la energía cinética entregada.

En otros métodos para determinar la energía equivalente de entrada, las fuerzas que rompen el suelo han sido aplicadas por compresión lenta, por golpeo en el suelo por un péndulo, o por la rotación de una navaja similar a la de un arado rotatorio. Ninguno de los métodos mide la energía para alcanzar a pulverizar, ya que los mecanismo de falla, pueden diferir de aquellos en el sistema de labranza actual. Los resultados de los diferentes experimentos, no necesariamente dan las mismas respuestas. Una nueva prueba se debe efectuar para cada nueva condición del suelo, aún así, estos métodos sí proporcionan un medio útil para comparar los resultados de las diferentes operaciones de labranza.

Para evaluar una operación de labranza en términos de utilización de energía, la energía para labranza de entrada real por unidad de volumen, se calcula a partir de la tracción medida, ancho de corte y profundidad de corte. La energía de entrada equivalente determinada por alguno de los métodos descritos anteriormente, se divide entre la energía para labranza de entrada real, para obtener la relación dimensional que puede ser llamada, factor de utilización de energía. Este factor, no representa eficiencia de labrado

en sentido estricto, porque la energía equivalente de entrada de referencia, no es un mínimo absoluto.

Medición de las fuerzas del suelo en las herramientas de labranza. Si una herramienta es fijada en un bastidor auxiliar que está soportado completamente de un marco de carga, a través de los seis transductores de fuerza apropiadamente orientados, la reacción resultante del suelo puede ser determinada completamente. El sostén normalmente jalado por una unidad de poder separada, mueve la herramienta por el suelo a velocidades, profundidades y orientaciones laterales controladas, mientras se miden las fuerzas resultantes. Para resultados exactos, se necesita una pista o un sistema guía, para que el conductor pueda mantener un ancho y una profundidad de corte constantes en la zona de prueba.

Con un arreglo tal, las herramientas que tiene cualquier combinación de reacciones rotacionales o traslacionales, pueden ser probadas. Las fuerzas parásitas pueden ser incluidas en la reacción medida del suelo, o pueden ser eliminadas o minimizadas por ajustes en la herramienta, o quitando las superficies de soporte o estabilizadoras.

El efecto de la gravedad en la herramienta, se elimina de las consideraciones de la fuerza, tomando lecturas iniciales de

carga en la herramienta suspendida y luego tratando sólo con los cambios causados por la reacción del suelo.

Las mediciones de fuerza en herramientas de tamaño completo, pueden ser efectuadas con unidades móviles para prueba en el campo o por medio de facilidades en el laboratorio, teniendo tierra en grandes depósitos. Los sistemas de depósitos de tierra, permiten conducir pruebas bajo condiciones de operación, cuidadosamente controladas. Este arreglo es particularmente adecuado para estudios básicos y para pruebas repetitivas, involucrando la comparación de diferentes diseños o ajustes de herramientas, bajo varias condiciones del suelo.

Cuantitativamente, los resultados no necesariamente representan las condiciones de campo. Las unidades de prueba en el campo, proporcionan resultados que son más típicos para condiciones reales de operación, pero está influenciada por una variabilidad de condiciones del suelo, aún en un sólo campo. Los resultados de campo proporcionan una mejor base, para diseño estructural, que los resultados en depósitos de tierra.

Medición de la tracción de los implementos de tiro. La tracción es un componente del tiro en la dirección del viaje. El mecanismo más simple para medir la tracción es un dinamómetro de resorte (esencialmente una escala de un

resorte grande) que se conecta entre el tractor (su barra de tracción) y el implemento (su gancho) y se lee directamente debido a fluctuaciones rápidas en la carga, tal dinamómetro sólo sirve para mediciones aproximadas. Uno de tipo hidráulico, transmitiendo presión a un manómetro calibrado en unidades de fuerza, es más fácil de leer que uno de resorte, ya que las fluctuaciones de fuerza, pueden ser controladas considerablemente, si se usa un fluido viscoso o teniendo una restricción en la línea del manómetro. Algunos dinamómetros hidráulicos llevan un record de la tracción en una gráfica movida por una rueda.

Los dinamómetros medidores de deformación, son usados a menudo para medir la fuerza de la barra de tracción. Se utilizan varias configuraciones, pero usualmente el esfuerzo se mide en los miembros que están sujetos a flexión. Teniendo calibradores opuestos en tensión y compresión, proporciona una máxima respuesta y simplifica la compensación de la temperatura. Un transductor de fuerza de tipo anular, con los medidores de deformación, tiene gran sensibilidad a las fuerzas de tensión axial o compresión y la respuesta no está afectada por cargas de flexión.

Para proporcionar un cuadro completo de la tracción del implemento y de los requerimiento de energía, es necesario medir la velocidad, el ancho y la profundidad de corte, además de determinar la tracción, aún en una carrera corta,

es recomendable por lo menos, tener el record del tiro, en relación a la distancia del viaje. Integrando el área bajo la curva, se obtiene el promedio del tiro y del trabajo total. La velocidad se puede determinar, tomando el tiempo a una distancia de viaje medida, o bien, registrada automáticamente, también se puede hacer con un tacómetro generador, acoplado a una rueda que toque el suelo.

Si se conecta un dinamómetro convencional directamente a la línea de tracción del implemento, la fuerza medida, representa la tracción total y no sólo una componente de la tracción. Entonces, la inclinación de la línea de tracción, con respecto a la horizontal, y el ángulo horizontal de la dirección del viaje, deben ser medidos para que la tracción pueda ser calculada a partir del tiro.

La tracción de los arados se expresa comúnmente en Newtons por centímetro cuadrado (se conoce como tracción específica). Para algunos implementos, como las sembradoras, se especifican kilonewtons (libras-fuerza) por hilera. Para la mayoría de los demás implementos de labranza, la tracción se da en kilonewtons por metro de ancho (lbr/ft de ancho, algunas veces también indicando la profundidad).

Medición de la fuerza de enganche en implementos de montaje y semi-montaje. La tracción se puede medir, instalando medidores de deformación en los lados frontal y trasero de los pasadores que sujetan la parte frontal de las conexiones,

en un gancho de tres posiciones. Una viga simple, más que una viga volada, puede ser usada para el punto de adhesión superior.

Cuatro calibradores se posicionan adecuadamente en cada soporte para que responda tan solo a momentos de flexión en el plano horizontal, se puede tener una sola lectura conectando las salidas de los tres circuitos puente (uno por soporte) en paralelo o conectando todos los calibradores en un solo circuito puente. Midiendo la diferencia entre dos momentos de flexión en dos secciones de cada viaje de soporte, se eliminan los efectos de momentos, causados por fricción en las juntas de la rótula.

Requerimientos de energía para el roturado de la tierra. La energía requerida para el roturado del suelo, está relacionada con el grado de pulverización deseado. La cantidad de energía requerida para producir un grado de pulverización determinado, depende principalmente de la dureza del suelo y la eficiencia de la utilización de energía, del implemento utilizado.

La dureza del suelo está relacionada con la naturaleza del suelo y su condición física. Los suelos con contenidos de barro, tienen mayor demanda de energía para roturar, que aquellos que tienen contenido arenoso o de tierra negra. El clima, las prácticas de cultivo, las prácticas culturales, y

otros factores, influyen en la condición física. Para un suelo dado, los requerimientos de energía aumentan con la densidad bruta.

La dureza de un suelo inicialmente húmedo, crece considerablemente conforme se seca el suelo, particularmente con arcilla y arcilla con tierra negra, por lo que se incrementan los requerimientos de energía para la pulverización. Cuando las herramientas tienen grandes superficies de enganche con el suelo, la fricción aumentada en la etapa de adhesión, aumenta los requerimientos de energía, si el suelo está muy húmedo. Por esto, si se programan las operaciones de labranza, para que se realicen con contenidos óptimos de humedad, puede ser importante en relación con la minimización de requerimientos de energía. En regiones áridas, el riego previo a la labranza, puede reducir requerimientos de energía y/o incrementar el grado de pulverización. Las operaciones secundarias de labranza, se deben efectuar antes de que los terrones se alcancen a secar.

La profundidad de corte, ancho de corte, forma de herramienta (incluyendo las orillas cortantes), arreglo de la herramienta, y la velocidad de desplazamiento, son factores que pueden afectar a la tracción y a la eficiencia de utilización de energía para una condición específica del suelo. Los efectos de estos parámetros, varían con los diferentes tipos de implementos y con diferentes condiciones

de suelos. Al asignar los efectos en la tracción, cualquier otro efecto acompañante en el grado de pulverización, debe ser considerado. En algunos casos, el roturado incrementado del suelo, debe de ser suficiente para prevenir una reducción aparente en la eficiencia de la utilización de la energía. Se debe preguntar entonces, si la pulverización incrementada es ventajosa en una situación en particular.

Con los implementos de tipo cincel, la tracción específica promedio es una operación de labranza, generalmente muestra un pequeño o moderado incremento con la profundidad, especialmente en suelos más pesados. Las pruebas de campo, algunas veces muestran un gran incremento en profundidades por abajo de la profundidad normal de labranza, debido a la variación en las condiciones del suelo. El efecto de la profundidad, con respecto a la tracción específica de los arados de vertedera, está influenciado por la forma y tamaño. Una localización inadecuada de las ruedas, correderas o herramienta adyacente que pueda interferir con el patrón normal de falla del suelo, puede incrementar la tracción. La forma y orientación de las herramientas, son factores significativos en lo concerniente a la tracción.

Efecto de la velocidad en la tracción. La velocidad incrementada, aumenta la tracción con la mayoría de los implementos de labranza, principalmente debida a la más rápida aceleración de cualquier terreno, que se mueve

apreciablemente. La aceleración del suelo incrementa la tracción, debido por lo menos a dos razones: primero, las fuerzas de aceleración, incrementan las cargas normales en las superficies de acoplamiento con el suelo por lo tanto, incrementando la resistencia a la fricción y; segundo, debido a la energía cinética impartida al suelo. Ya que las fuerzas de aceleración varían conforme al cuadrado de la velocidad y ya que la tracción también incluye componentes que son esencialmente independientes de la velocidad, parece lógico el representar la relación entre la velocidad y la tracción por una ecuación de la forma:

$$D_s = D_o + K S^2$$

Donde:

D_s = Tracción con la velocidad S

D_o = Componente estática de la tracción, independiente de la velocidad.

S = Velocidad.

K = Una constante, cuyo valor está relacionado al tipo y diseño de implemento y a las condiciones del suelo.

La magnitud del efecto de la velocidad sobre la tracción, depende de la magnitud relativa de los componentes que son independientes de la velocidad y de los componentes que aumentan con la velocidad, lo mismo que influenciados por el tipo y diseño de los implementos y por la condición y el tipo de terreno.

Estudios con modelos a escala. Las pruebas de campo para las herramientas de labranza, se complican por la variabilidad natural de las condiciones del terreno. El uso de grandes depósitos de tierra para la prueba de herramientas de tamaño normal, requiere de una instalación muy costosa y de un equipo altamente especializado. Otro enfoque, ofreciendo economía, conveniencia y un buen control de las condiciones, es la aplicación de principios similares en la prueba de laboratorio de modelos a escala de herramientas de labranza. Los modelos a escala se emplean en muchas áreas de la ingeniería, pero no es sino hasta 1960, que ha habido mucho interés en estos estudios.

Los objetivos usuales de las pruebas con modelos a escala son, (a) ser capaces de predecir el comportamiento de sistemas prototipo (de tamaño normal), a partir de valores medidos en un sistema pequeño y relativamente barato, o (b) para obtener un entendimiento de la naturaleza, magnitud, y efecto de los parámetros físicos del sistema.

Los estudios con modelos a escala, están basados en el concepto de similaridad entre el sistema prototipo y el modelo, con las mismas leyes físicas, gobernando ambos sistemas.

Dos sistemas mostrarán comportamiento similar, si se logran

similitudes geométricas, cinemáticas y dinámicas. El obtener similitud geométrica, es una cuestión relativamente sencilla. Para similitud dinámica, la relación de todas las fuerzas que afectan el sistema, deben de ser las mismas en el modelo, que en el prototipo. El problema es determinar e identificar esas fuerzas. La similitud cinemática, normalmente se logra si las similitudes dinámicas y geométricas están presentes.

El primero y más importante paso para planear el estudio de un modelo, es la identificación de todas las variables físicas medibles, las cuales, cuando están combinadas adecuadamente, describirán completamente el fenómeno físico estudiado. Entonces, los principios de análisis dimensional, se aplican para equipar estas variables, en una serie de términos independientes y dimensionales, que se usan como la base para el diseño del modelo.

Si se logra una reducción a escala real de todos los factores relevantes, una buena predicción del comportamiento del sistema prototipo se puede obtener, simplemente, multiplicando el comportamiento del modelo, por un factor de escala apropiado. Normalmente hay elementos de los cuales no se puede obtener una escala. Esto resulta en desigualdad o distorsiones significativas. El reducir a escala las propiedades del terreno, es uno de los mayores problemas.

Una alternativa para intentar definir y medir todas las propiedades del suelo para poder obtener una escala, es el usar el mismo terreno para el prototipo y el modelo.

Entonces, la distorsión es tomada en cuenta empíricamente, observando los resultados obtenidos con modelos de varios tamaños (teniendo distintos factores de escala) y desarrollando un factor de predicción para compensar la distorsión.

CAPITULO IV

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y TEORIA DE SOLDADURA

La calidad y tipo de materiales usados en los aperos agrícolas están en función de la fortaleza, duración y rendimiento. En la actualidad, para la construcción de aperos agrícolas, se tiende a eliminar la fundición lo más posible, empleando el acero estampado. De esta forma se reduce el costo de fabricación en forma sustancial. Reduce así el peso de la máquina, pero su fortaleza y duración se mantiene e incluso se incrementa.

Los materiales usados en la construcción de equipo agrícola pueden clasificarse en materiales metálicos y no metálicos.

Los materiales no metálicos se dividen en: madera, caucho, cuero, fibras vegetales y plásticos.

Maderas. En la actualidad el hierro y el acero han casi sustituido en su totalidad a la madera. Esto se debe a dos razones principales que explican este hecho: primero, el acero es más duradero; segundo, su precio está bajando en relación con la madera de buena calidad, a causa de la escasez de ésta última.

Caucho. El caucho es obtenido tanto de árboles de caucho como sintéticamente. Se han desarrollado composiciones especiales de caucho para propiedades deseadas en casos particulares. Existen varios tipos de materiales de caucho que varían en cuanto a sus propiedades generales de dureza, flexibilidad, adhesividad y resistencia química.

Su uso principal en el equipo agrícola es para la producción de cámaras y cubiertas; se usa también en la fabricación de correas planas y trapezoidales de transmisión y para el aislamiento de los cables de conducción eléctrica. En las transportadoras se emplean discos de goma para sujetar las plantas.

Plásticos. El material plástico es un sólido orgánico, polimerizado a un alto peso molecular, que es susceptible de ser moldeado, generalmente con la ayuda de calor o presión, o de ambas a la vez. Hay muchos grupos y tipos de plásticos comerciales que se venden bajo diferentes nombres.

Ciertos tipos de plásticos se usan para vertederos, tuberías, cajas de batería, cerdas para cepillos, ventanas, tolvas de distribuidoras de abono y semillas, etc.

Cueros y fibras vegetales. El cuero se emplea principalmente para correas de transmisión. Las fibras

vegetales se usan en los cepillos, tejidos y mullido de tapizados.

MATERIALES NO FERROSOS

Los materiales no ferrosos son el cobre y sus aleaciones como el latón y el bronce; aluminio, magnesio, plomo, zinc y estaño.

Aleación. Se llama aleación a una sustancia que tiene propiedades metálicas y que está compuesta por dos o más elementos químicos, de los cuales uno al menos es un metal. Los grupos más comunes de aleaciones son el bronce, latón, metal Babbitt, aceros de aleación y las aleaciones de aluminio.

Cobre. Ocupa el tercer lugar en importancia comercial inmediatamente después del hierro y del acero. La poca dureza del cobre le permite poder ser transformado en láminas delgadas o en fino alambre. Se usa para la fabricación de cables eléctricos, tuberías para la conducción del combustible desde el depósito hasta el carburador y en los generadores y motores de arranque.

Latón. Normalmente el latón es una aleación de cobre y zinc. Se emplea para la fabricación de radiadores,

conducciones, varillas para soldar, filtros para las conducciones de combustible, piezas de instrumentos y terminales de acoplamiento.

Bronce. Es una aleación de cobre y estaño. Con el fin de abaratar la aleación, modificar su color o aumentar su maleabilidad, se le agrega también zinc. El bronce fosforado, al magnesio y el bronce al aluminio son aleaciones especiales de cobre que contiene pequeñas proporciones de estaño y zinc y otros metales. Estas aleaciones se emplean para la fabricación de manguitos de cojinetes, bujes, válvulas, pistones de bombas y cojinetes.

Metal Babbitt. Es una aleación a base de estaño que contiene pequeñas cantidades de cobre y antimonio. Un buen metal Babbitt para cojinetes de automóviles debe contener un 7% de cobre, un 9% de antimonio y un 84% de estaño. Se usa principalmente para recubrir cojinetes.

Metales de aporte en la soldadura. El normal contiene aproximadamente una parte de estaño y una de plomo, el que emplean los fontaneros contiene dos partes de estaño por una de plomo; este metal se usa principalmente para unir entre sí estaño, cobre, latón, acero e hierro dulce.

Aluminio. Es un metal blanco con un matiz ligeramente azulado, resistente a la corrosión y a la acción de la

mayoría de los productos químicos, pero puede ser disuelto por ácido clorhídrico. A menudo se emplea para aleaciones con hierro y cobre. Es ampliamente usado para fundiciones ligeras en ciertos tipos de equipos agrícolas.

Zinc. Es un elemento metálico de tono azul blanquecino y aspecto cristalino, quebradizo cuando está frío y maleable entre los 110 y 120°C. Se emplea principalmente como recubrimiento protector contra la corrosión sobre la chapa de hierro y las piezas moldeadas de fundición.

METALES FERROSOS

Los metales ferrosos están constituidos por el hierro y sus aleaciones, tales como la fundición, la fundición maleable y el hierro forjado, etc.

Fundición. La fundición es un hierro que contiene tal cantidad de carbono, o de un equivalente, que no es maleable a ninguna temperatura.

Existen dos tipos de fundición: la fundición gris, en la cual el carbono está separado del hierro bajo la forma de grafito, y la fundición blanca en la que el carbono y el hierro están combinados. Existe una tercera, la fundición atruchada o moteada que es una mezcla de la blanca y la gris.

Las piezas de fundición son, generalmente, de gran volumen y muy quebradizas; no pueden ser forjadas, pero pueden unirse entre sí mediante soldadura normal o de latón. El proceso para unir dos piezas, por este último procedimiento, consiste en calentar las secciones de fractura hasta la temperatura de soldadura aplicando el metal soldante.

Fundición maleable. Es una fundición blanca recocida, de la que se ha separado el carbono sin llegar a formar grafito lamelar, como en el gris.

El proceso para hacer maleable la fundición, consiste en fundir conjuntamente el arrabio blanco con la chatarra de hierro en el horno, vertiendo la mezcla en los moldes de arena. Una vez frías las piezas, se limpian y se preparan para el recocido, en cajas de hierro fundido se ponen las piezas junto con óxido de hierro, el cual actúa como descarburador. Las cajas se colocan en un horno cuya temperatura se eleva a unos 752-C y se mantiene en él de 3 a 5 días. Después se apaga el horno y se deja enfriar lentamente durante varios días antes de sacar las piezas.

Fundición endurecida al frío. Es una fundición vertida en moldes especiales que tienen partes que son metálicas en lugar de ser de arena. Estas partes metálicas hacen que el hierro fundido, en contacto con ellas, se enfrie más rápidamente que el resto. Las partes metálicas del molde

deben calentarse hasta que se produzcan explosiones al ponerse en contacto con una superficie fría. En las vertederas para arados se ve que las fibras de hierro se orientan perpendicularmente a la superficie en aquellas en las que el metal ha sido endurecido al frío.

Fundición dúctil. Es este un metal empleado para la fabricación de piezas para equipo agrícola. Es un hierro de alta calidad producido mediante la adición, en el caldero de colada, de una aleación de magnesio a la fundición derretida preparada para producir fundición gris.

Esta fundición tiene muchas aplicaciones, tales como ruedas motrices, engranajes, rejas de arados, dedos para segadoras, piezas para el atador de las empacadoras de heno, abrazaderas de montaje para la rueda trasera o de surco de los arados, etc. La fundición dúctil permite ser soldada en forma análoga a la gris, pero exige una varilla especial e inversión de polaridad designada como NIROD 55.

Hierro forjado. Es hierro que se emplea en trabajos de forja. Contiene muy poco carbono, del 0.05 ó 0.10 al 1%. Es caro, y por lo general se le sustituye por un acero dulce.

Clases de acero. El acero es una variedad de hierro clasificado entre la fundición y el hierro forjado; es muy tenaz y cuando se le somete al temple se vuelve duro y

elástico. La composición de las diversas variedades de acero: al carbono, magnesio, níquel, molibdeno, cromo, cromo-vanadio y tungsteno, pueden identificarse por un sistema numérico expresado en la tabla siguiente:

Contenido de carbono y número de los diferentes tipos de acero

Tipo de acero	% de carbono	Número SAE
carbono muy bajo	0.05 - 0.18	1008 - 1016
carbono bajo	0.19 - 0.23	1017 - 1022
carbono medio	0.24 - 0.47	1025 - 1043
carbono alto	0.48 - 0.70	1045 - 1065
carbono muy alto	0.71 - 1.03	1070 - 1095

En la tabla anterior, las últimas cifras del número indican el contenido de carbono del acero.

Su resistencia está íntimamente relacionada con el contenido de cobre y sus diversas aleaciones tienen números superiores a los aceros que no la tienen. Con el fin de poder identificar fácilmente las distintas calidades de acero, cuando éste se encuentra en almacenes, se emplea un código de colores preestablecidos.

Una aleación de acero es una mezcla de dos o más metales, los más comunes son: boro, manganeso, níquel, vanadio, tungsteno y cromo.

Acero al boro. Contiene una pequeña cantidad de boro y éste tiene la propiedad de aumentar la dureza del acero.

Acero al manganeso. Contiene generalmente del 11 al 14% de este metal y del 0.8 al 1.5% de carbono, por lo cual tiene propiedades de extrema dureza y ductilidad.

Acero al níquel. Es un acero con una proporción del 2 al 5% de níquel y de 0.1 a 0.5% de carbono; es fuerte, tenaz, dúctil y se emplea en la fabricación de piezas sometidas a tensiones y golpes continuos.

Acero al vanadio. Si se agrega al acero un 0.2% de vanadio, adquiere una fuerza tensional y una elasticidad comparables a las de los aceros con pequeña y media proporción de carbono, pero con una disminución de su ductilidad.

Acero al cromo-vanadio. Contiene del 0.5 al 1.5% de cromo, del 0.15 al 0.30% de vanadio y del 0.15 al 1.1% de carbono. Se usa para la construcción de piezas fundidas para maquinaria, muelles, ejes, engranes y pasadores.

Acero al tungsteno. Contiene del 3 al 18% de tungsteno y del 0.2 al 1.5% de carbono y se emplea en la construcción de matrices y de herramientas de corte de alta velocidad.

Acero al molibdeno. Las propiedades de este acero son

similares a las del acero al tungsteno.

Acero al cromo. Los aceros al cromo contienen generalmente del 0.5 al 2% de cromo y del 0.1 al 1.5% de carbono. Los aceros al cromo que contienen del 14 al 18% de cromo son variedad del llamado acero inoxidable.

Acero al cromo-níquel. El acero al cromo-níquel normal contiene del 0.3 al 2% de cromo, del 1 al 4% de níquel y del 0.1 al 0.6% de carbono. Es tenaz y dúctil y se emplea en la fabricación de engranes, cigüeñales, bieles y piezas de maquinaria. Cuando este acero contiene una proporción del 16 al 19% de cromo, del 7 al 10% de níquel y menos del 0.15% de carbono, se obtiene el comunmente llamado acero inoxidable.

Acero para herramientas. Se designan con este nombre a una variedad de aceros que contienen una alta proporción de carbono y que se emplean en la fabricación de herramientas. Tienen la propiedad de endurecer extraordinariamente mediante un templado a una temperatura de 750 a 1000°C.

Acero dulce. Es el que contiene bajo porcentaje de carbono. El acero de alma dulce está constituido por tres capas de acero. Las dos capas exteriores de acero duro se soldan a una tercera interior de acero dulce. Este acero se emplea en la fabricación de cuerpos de arados.

Los aceros revestidos o metálicos se obtienen adheriendo a una base más gruesa de acero, mediante laminado en caliente, una capa de níquel, de Inconel o de metal Monel. Esta capa suele tener un espesor de 4.5mm o más, constituyendo del 10 al 20% del grosor total de la placa.

Formas comerciales de los aceros. El acero al que se le deforma, tal como los angulares, barras, viguetas en T, en U, en Z, en I, etc., cuyas secciones más conocidas son las que se muestran en la figura 4.1, se le llama acero laminado.

Comercialmente existen en forma de barras, pueden ser redondas, ovaladas, cuadradas, exagonales, etc. También existen diversos tipos de tubos, tanto redondos como rectangulares.

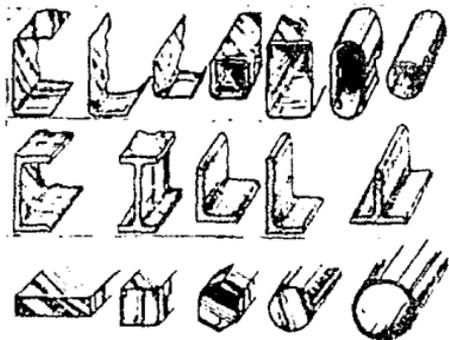


Figura 4.1

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

En muchos casos, cuando se exige de una pieza determinada muchas horas de trabajo, y ya que los aceros extraduros no pueden ser mecanizados ni terminados fácilmente, se emplea para mecanizar la pieza primero un acero dulce al que posteriormente se le aplica un tratamiento para endurecerlo. Los procesos de endurecimiento más comunes son:

Endurecimiento mediante tratamiento térmico. Tratamiento térmico es un término empleado para describir la aplicación de procesos de calor y frío al acero. Dichos tratamientos incluyen: recocido, temple, revenido y cementado. Las camisas de los arados, los discos de los arados y las hojas de las

gradas de discos son ejemplos de piezas que sufren tratamiento térmico para hacerlas más útiles.

Endurecimiento superficial. Como su nombre lo indica consiste en endurecer una aleación de hierro, de tal forma que la capa superficial se haga considerablemente más dura que el interior o alma. El endurecimiento superficial se puede ejecutar por diversos procedimientos, tales como:

- **Carburación.** En un proceso en el cual el acero se envuelve en carbón vegetal y se calienta hasta 850°C durante un tiempo lo suficientemente largo para que la dureza adquiera la profundidad deseada.

- **Nitruración.** En este procedimiento, para endurecer la superficie, se coloca éste previamente tratado para calor en una cámara hermética a una temperatura de unos 500°C y se inyecta en la cámara gas amoníaco.

- **Carbonitruración.** Es un proceso de endurecimiento del acero mediante la adición de un gas rico en carbono y amoníaco.

- **Cianuración.** Este procedimiento consiste en introducir un acero durante algún tiempo en un baño de cianuro potásico fundido, como consecuencia, se forma una fina superficie dura.

Endurecimiento por inducción. Se lleva a cabo mediante el empleo de una corriente eléctrica alterna de alta frecuencia que se aplica al acero durante un corto espacio de tiempo. Inmediatamente después, la superficie se introduce en agua para obtener el templado y consiguiente endurecimiento.

Endurecimiento a la flama. Para ello se emplea un soplete de oxiacetileno, con lo cual se calienta la superficie rápidamente a una temperatura superior a la crítica, después de lo cual se sumerge en agua para templarla.

Blindaje con soplete. Consiste en aplicar por soldadura un metal duro sobre una base metálica colocando sobre ésta un depósito con la varilla, con objeto de obtener un recubrimiento final que sea más duro que la superficie primitiva.

Se blinda para dar más resistencia al desgaste, al calor o a la corrosión, o a combinaciones de las tres, pero generalmente es para prevenir el desgaste. Los polvos de blindaje se esparcen sobre el metal de base, el cual se calienta hasta el punto de fusión con el objeto de adherir intensamente el polvo.

UNIONES SOLDADAS

En la mayoría de las piezas que constituyen al marco-cultor, se utiliza como una forma de unión la soldadura. Por tal motivo es conveniente mostrar las bases teóricas que se tomaron en cuenta para el cálculo de dichas uniones.

Existen dos formas fundamentales de unión por soldadura, generalmente para uniones soldadas de chapa; éstas son la soldadura a tope y la soldadura en ángulo.

La soldadura a tope se utiliza generalmente cuando se solicitan o se presentan esfuerzos a tracción (tensión) y a compresión, principalmente.

La soldadura en ángulo puede soportar esfuerzos a cortante, así como a tracción y a compresión. En ocasiones también a flexión.

Estos tipos de soldadura se pueden realizar por arco eléctrico o por gas, siendo de mayor uso el primer método.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA SOLDADURA A TOPE

La resistencia de una soldadura a tope, es igual al producto

de la superficie de la sección total de la soldadura, por la tensión de trabajo admisible a tracción o compresión, para un material dado. En éste caso, el área total se toma como el producto de la longitud de la soldadura, por el espesor de la chapa más delgada. Estas medidas se ilustran en la figura.

Es decir:

$$P = \sigma b t$$

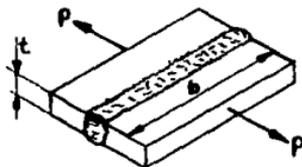
Donde:

P = resistencia de la soldadura

σ = tensión de trabajo admisible

b = ancho de la chapa más delgada

t = espesor de la chapa



figura

Se puede tomar como medida, para el cálculo, el espesor del material, ya que en éstas soldaduras se suele hacer el cordón del mismo grueso del material a unir.

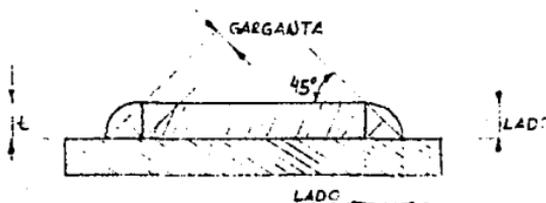
En éste tipo de soldaduras, generalmente se presentan tensiones normales a tracción, a compresión o a flexión.

Se ha establecido, sin embargo, que la soldadura a tope no necesita ser calculada, si ésta ha sido realizada en forma correcta, continua y con una penetración completa, además de que se hayan tomado las medidas necesarias para evitar los cráteres en los extremos de las chapas.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS EN ÁNGULO

Para éste tipo de soldadura, es necesario definir varias dimensiones que le caracterizan y que además, son usadas en el cálculo de las tensiones y de la resistencia de la soldadura.

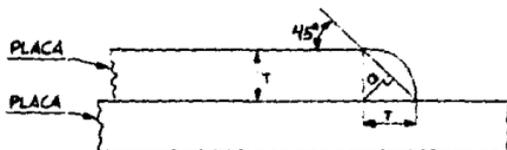
Primero, la soldadura en ángulo, no importa en que forma se ejecute, siempre tendrá la forma de un triángulo inscrito, como se puede ver en la figura.



En la figura, se pueden apreciar las "anchuras de cordón", o "lados", los cuales, por lo general suelen ser de iguales dimensiones, tanto el vertical como el horizontal.

Se le da el nombre de "garganta", a la mínima dimensión de la

sección en la soldadura. Se considera que la dimensión de la garganta, es igual al lado del cordón multiplicado por el seno de 45 grados. Ver la figura



Es decir:

$$a = T \text{ sen } 45^\circ$$

El cálculo de la dimensión de la garganta es importante ya que, generalmente, se supone que la falla o la fractura se produce a cortante y a 45° en la garganta; por lo que en el cálculo de la resistencia de una soldadura en ángulo, se considera solamente la resistencia a cortante en la sección o área de la garganta.

Puesto que la dimensión de la garganta, es decisiva para el cálculo de la resistencia, se debe de elegir un espesor adecuado de garganta, dentro de ciertos límites, que satisfaga las necesidades de diseño que el fabricante solicite.

Se puede decir entonces, que la dimensión de la garganta la podemos elegir y calcular para que la soldadura resista una carga determinada, con un margen de seguridad necesario,

según se especifique; obien, si tenemos ya establecida ya la dimensión de la garganta, entonces podemos calcular la carga limite que podra resistir la soldadura.

Ahora, para el cálculo de la resistencia de una soldadura en ángulo, llegamos a la conclusión de que la resistencia es igual al producto del área total en la sección de la garganta, por la tensión de trabajo admisible a cortante, que es específico para cada tipo de material, y el cual viene tabulado en manuales y tablas.

La formula será entonces:

$$P = \sigma a L$$

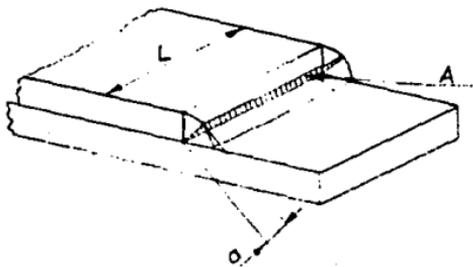
$$P = \sigma A$$

Donde:

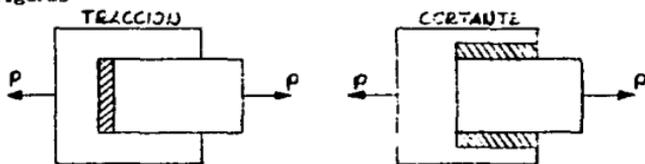
σ = tensión de trabajo admisible

a = longitud de la garganta

L = longitud del cordón



Según sea la disposición de los cordones de soldadura, con respecto a la dirección de la carga, la soldadura puede estar sometida a tracción o a cortante. Esto se muestra en las figuras



Se debe tomar en cuenta que la disposición del cordón de una construcción, es mejor cuanto menor sea la desviación del flujo de tensiones y por lo tanto, las tensiones creadas por entalla y otros. ver la figura



En ocasiones se acostumbra agregar un cordón perpendicular en el extremo de la placa más estrecha; pues se ha encontrado que dichos cordones perpendiculares, a la dirección de la carga son más fuertes que los que siguen la dirección de la carga. Sin embargo, generalmente se consideran con la misma resistencia.

Las tensiones citadas, en los cordones de soldadura, se calculan a partir de las fórmulas siguientes:

- 1) Cuando se trata de varios cordones independientes de soldadura, como es el caso más general en la práctica, que se hacen en un mismo sistema o pieza que se encuentra sujeta a tracción, compresión, o bien en uniones soldadas, solicitadas para un tipo de carga transversal o longitudinal, la fórmula correspondiente es:

$$\sigma = \tau = \frac{P}{\sum(a \times L)}$$

Donde:

σ = tensión normal que actúa en el cordón (kg/cm^2)

τ = tensión cortante (tangente), que actúa en el cordón (kg/cm^2)

P = carga (kg)

a = espesor de la soldadura (garganta) (cm)

L = longitud efectiva del cordón (cm)

En éste caso, las secciones de garganta diferentes en los distintos cordones, se suman y la carga total se divide entre ésta suma, para obtener el esfuerzo cortante admisible.

- 2) Para soldaduras solicitadas a flexión, tenemos la fórmula siguiente:

$$\sigma = -\frac{M}{J_r} \times C$$

Donde:

σ = tensión normal (kg/cm²)

M = momento flector (kg-cm)

J_r = momento resistente (cm⁴)

C = distancia desde la fibra neutra (cm)

3) Para soldaduras solicitadas en forma combinada, tenemos la fórmula:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2 + \tau_n^2}$$

en donde:

σ_v = tensión principal o de comparación en el cordón (kg/cm²)

σ = tensión normal que actúa en el cordón (kg/cm²)

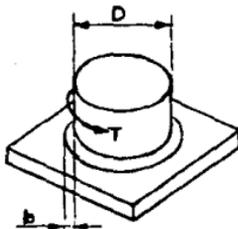
τ = tensión cortante (kg/cm²)

τ_n = tensión cortante normal (kg/cm²)

ESTUDIO DE LA TORSIÓN EN SOLDADURAS EN ÁNGULO

TORSIÓN EN FLECHAS

Se estudiará el caso de la torsión en una soldadura en ángulo que se encuentra realizada para la unión de un elemento circular.



Como se encuentra representado en la figura , existe un par o momento (T), el cual actúa sobre la flecha que se encuentra unida a una chapa, por medio de la soldadura en ángulo. Su diámetro mide "D". La anchura del cordón se denomina con "b", como ya se había visto anteriormente.

Se considera que a la flecha se le coloca en el plano vertical y la chapa en el plano horizontal. La tensión cortante se verifica en el plano horizontal, es decir, sobre la superficie de la chapa.

Como se vió anteriormente, en el estudio de la torsión en resistencia de materiales, la fórmula para este caso, para esfuerzo a torsión, se encuentra descrita por:

$$\tau = \frac{T \rho}{I_p}$$

en donde:

T = par ejercido sobre la flecha (kg-cm)

ρ = distancia al centroide (1/2 D) (cm)

I_p = momento polar de inercia (cm⁴)

Tenemos que el momento polar de inercia para éste caso se define como:

$$I_p = \int \rho^2 \times dA = (1/2 D)^2 \times \pi \times b \times D$$

en donde:

dA = diferencial de área de la soldadura

b = lado de la soldadura

D = diámetro de la flecha

Considerando que ρ es pequeña comparada con respecto a "D", podemos tomar a ρ como una constante. Ahora, substituyendo en la fórmula de torsión, obtenemos:

$$\tau = \frac{T \cdot (1/2 D)}{(1/2 D)^2 (\pi) (b) (D)} = \frac{2 \cdot T}{\pi b D^2}$$

Por los estudios realizados y por la experiencia, se ha encontrado que esta tensión a cortante se produce en el plano horizontal, en el lado de la soldadura. Pero ésta no es la tensión máxima a la que se sujeta la soldadura, pues ya como se había visto, ésta se produce a lo largo de la garganta, es decir, a 45° con respecto al plano horizontal. Es decir, que como $a = b \times \text{seno de } 45^\circ$, y $\text{sen } 45^\circ = 0.7071$, lo debemos substituir para considerar el efecto del cortante a 45°.

Por lo tanto, la tensión cortante máxima será:

$$\tau = \frac{2.83 T}{(\pi) (b) (D)^2}$$

TORSIÓN EN TUBOS

Para el caso de tubos, sometidos a torsión, se utiliza la fórmula de Bredtschen, que se aplica para secciones huecas de pequeño espesor de pared, en donde podemos definir a "S" como el espesor de la pared. La fórmula es como sigue:

$$\tau = \frac{T}{2 \times s \times A}$$

en donde:

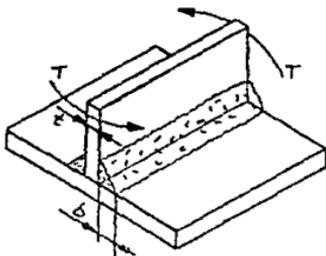
A = área que abarca el tubo

s = b = espesor de la pared

T = par o momento aplicado al tubo

TORSIÓN EN CHAPAS

En el caso de la unión de dos chapas perpendiculares entre sí, se considera como dos soldaduras más o menos largas y próximas entre sí, para los efectos de cálculos de la soldadura. Este caso se muestra en la figura



El par actúa sobre una chapa que se encuentra unida a la otra, en forma de ángulo. En donde la longitud del cordón es "L", y la anchura o lado del cordón es "b".

El par aplicado T, tiende a hacer girar la chapa sobre el eje Z, alrededor de su centro; como se puede observar en la figura.

El esfuerzo es ejercido en contra, es realizado por las soldaduras y la misma chapa horizontal. Si consideramos que las placas son rígidas, podemos suponer que las tensiones cortantes varían desde 0, en el eje Z; hasta su máximo valor, a la distancia más alejada del eje; es decir, en los extremos de la chapa. Para nuestro caso, se encuentra a una distancia L/2.

Si consideramos a τ como la tensión cortante en la soldadura que se encuentra en los extremos de la chapa, y la comparamos en forma de analogía a una viga sometida a flexión pura; entonces se aplicaría la fórmula:

$$\tau = \frac{T \times C}{I}$$

en donde:

T = par ejercido sobre la chapa

C = distancia del extremo del elemento al eje Z,
es decir L/2

I = momento de inercia para una sección rectangular,
es decir $2 b L^3 / 12$

ahora, substituyendo en la fórmula:

$$\tau = \frac{3 T}{b L^2}$$

Pero como sabemos, la tensión máxima a cortante se presenta en la garganta, es decir a 45° con respecto al plano horizontal por tanto la fórmula nos quedará como:

$$\tau = \frac{4.24 T}{b L^2}$$

CASO ESPECIAL EN CHAPAS

Cuando las soldaduras en ángulo se encuentran muy separadas entre sí, sería como el caso en que la anchura del grosor de la lámina "t", sea del mismo orden que el largo "b" es muy difícil lograr su estudio. Pues tenemos que la fórmula de la torsión es válida cuando la sección es circular y no cuando es rectangular, por lo que no se puede aplicar en éste caso. Dicha fórmula, sin embargo, puede dar una aproximación, aunque no muy buena, de la tensión cortante

máxima, pero en ocasiones ésto no siempre es suficientemente exacto, puesto que la soldadura que se encuentra más alejada del centro puede no estar resistiendo el máximo esfuerzo.

Para el caso en que las piezas, tanto vertical como horizontal son lo suficientemente gruesas y rígidas, se puede considerar que el esfuerzo cortante es proporcional a la distancia al centro de gravedad de las áreas de la soldadura y entonces sí será posible obtener una aproximación suficiente, aplicando la fórmula de la tensión.

CAPITULO V

SECUENCIA EN EL DISEÑO DE UN MARCO-CULTOR

Existen diversos métodos de diseño, sin embargo el presente trabajo se realizó sin seguir estrictamente alguno de ellos.

Para la idea general en cuanto al diseño del marco-cultor y varios de sus elementos más importantes, se utilizó parcialmente el método de "lluvia de ideas", el cual en su forma más general consiste en la identificación del problema y su solución mediante la reunión de un grupo de personas, recopilación de ideas de cada una de ellas, evaluación de las mismas y la elección de la mejor. En consecuencia sólo se presentan las ideas que se eligieron en cada caso, y la justificación de sus formas y dimensiones mediante técnicas de Ingeniería.

El diseño del marco-cultor se realizó tomando en cuenta que la tracción se obtendrá de tiro animal.

Cabe hacer mención que algunos elementos, también importantes no se analizan debido a que su estudio ya está completamente desarrollado y sólo se eligió el elemento adecuado para nuestro propósito. Tal es el caso de la vertedera, las llantas, los tornillos, etc.

FUNCIONAMIENTO

Se puede explicar el funcionamiento del marco-cultor considerando que cuenta con dos sistemas aparentemente independientes: el sistema que acondiciona el terreno (abre el surco y lo cierra a su debido momento) y el sistema alimentador de semillas y abono.

Al funcionar simultáneamente ambos sistemas, el resultado es que en una pasada abre el surco, se deposita semilla y abono y se cierra el surco.

Acondicionador de terreno. Este sistema está compuesto por una vertedera y un mecanismo para accionarla con sus respectivos soportes, además de una cadena que cierra el surco.

La vertedera tiene como función abrir el surco cuando está en posición de trabajo, esto es, prepara la tierra para recibir la semilla y el abono (fig. 5.1). Esta vertedera va montada sobre una flecha que a su vez va fija a dos brazos formados con PTR articulados al marco mediante un par de bisagras.



fig. 5.1 Vertedera en sus dos posiciones

El mecanismo que sirve para controlar, fijar y mantener la posición de la vertedera, cuenta con dos brazos y un tornillo de potencia, de tal manera que al hacer girar un volante manualmente se acciona el mecanismo. Este mecanismo está soportado por una estructura que se encuentra fija al marco (fig. 5.2)

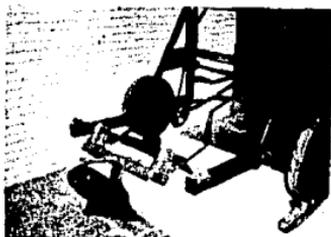
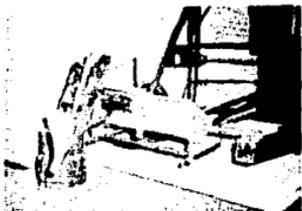


fig. 5.2 a) mecanismo en posición de reposo. b) mecanismo en posición de trabajo

Sistema alimentador. El propósito del sistema alimentador es el de suministrar, en su respectivo momento, la semilla y abono al surco que va formando el sistema acondicionador del terreno.

Las partes fundamentales que componen al sistema son dos: el

mecanismo de transmisión de movimiento y el dispositivo abastecedor.

El mecanismo de transmisión consta de un juego de estrellas impulsadas por cadena (mecanismo de bicicleta), que dan movimiento a un conjunto de piñon-engrane cónicos que a su vez proporcionan movimiento al dispositivo abastecedor de semillas y abono mediante un par de poleas acopladas por una banda. (fig. 5.3)

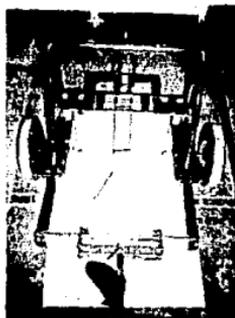


fig. 5.3 Mecanismo de transmisión de movimiento

El dispositivo abastecedor se compone de dos depósitos (uno de semilla y otro de abono). En el interior de cada uno de ellos se encuentra un disco con cuatro perforaciones de tal manera que al pasar estas perforaciones por un conducto de salida permiten el paso de la cantidad necesaria de abono o semilla. Este disco gira sobre un aro que contiene una pieza que forma parte del conducto de salida, esta pieza está

conectada al ducto que transporta la semilla hasta el lugar apropiado (ver fig. 5.4).



fig. 5.4 Dispositivo abastecedor

Para encontrar las reacciones que se producen en los apoyos (B) y la fuerza F_b se hace el análisis estático:

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 ; & F_b \cos\theta - F_{1x} - F_{2x} &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 ; & F_b \sin\theta - F_y &= 0 \\ \Sigma M_b &= 0 ; & F_b l_1 \cos\theta - F_{1x} l_2 \cos\theta &= 0\end{aligned}$$

Resolviendo el sistema y sustituyendo los valores que se conocen se encuentra que: $F_b = 1290$ kg., $F_{1x} = 708$ kg. y $F_y = 321$ kg. Con estos valores se pueden diseñar los otros elementos que componen el sistema acondicionador del terreno.

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES

El diseño de los elementos principales que componen al marco-cultor se debe realizar, tecnológicamente hablando, de forma tal que se tomen en cuenta varios factores como la funcionalidad, durabilidad, facilidad para darles mantenimiento preventivo y correctivo, facilidad de manejo, factibilidad económica, etc.

En el presente capítulo, se justifican las dimensiones de los elementos en base a su resistencia mecánica principalmente, sin dejar de considerar los demás factores.

Para ello es conveniente, por lo que toca al sistema acondicionador del terreno, hacer el análisis de los esfuerzos que se provocan cuando se está labrando la tierra, es decir, cuando se encuentra trabajando el sistema.

El elemento que se utiliza para labrar la tierra es la vertedera y las fuerzas que se provocan al realizar dicha actividad se pueden resumir como se indica en la figura 5.5

Las reacciones que provoca la vertedera son producto de la forma de la misma, la cual se ha obtenido de manera meramente experimental. Por tal motivo, las reacciones F_{1y} y F_{1z} no están exactamente bien determinadas. Sin embargo, se pueden hacer algunas simplificaciones:

- En cuanto a las fuerzas que actúan en dirección Y, se puede asumir que el peso de la vertedera y las partes que se encuentran en la parte trasera del marco-cultor, es suficiente para soportar o contrarrestar la F_{iy} provocada por la misma vertedera.
 - Para contrarrestar la fuerza que provoca la vertedera en dirección Z, se adapta una rueda que va haciendo contacto con el suelo provocando una reacción en la misma dirección y de la misma magnitud de F_{iz} , pero en sentido contrario.
- De tal manera que la única fuerza a considerar para el diseño de los elementos es F_{ix} , que es la resistencia que presenta la tierra para ser labrada y cuyo valor máximo es del orden de 540 kgf. (cuando la tierra es arcillosa).

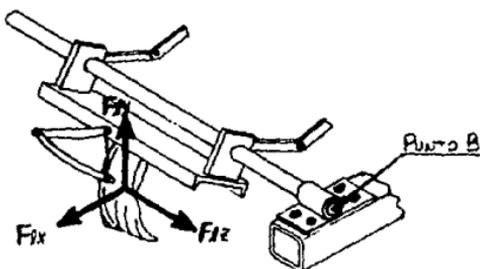
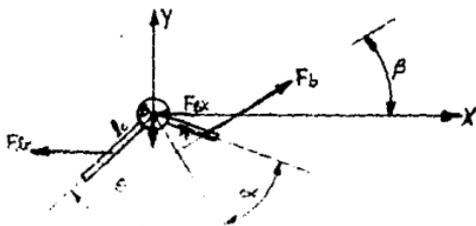


figura 5.5 Fuerzas producidas por la vertedera.

Con lo anterior se obtiene el siguiente diagrama:



Para encontrar las reacciones que se producen en los apoyos (B) y la fuerza F_b se hace el análisis estático:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 ; & F_b \cos\beta - F_{1x} - F_{2x} &= 0 \\ \sum F_y &= 0 ; & F_b \sin\beta - F_y &= 0 \\ \sum M_b &= 0 ; & F_b P_1 \cos\alpha - F_{1x} l_c \cos\theta &= 0\end{aligned}$$

Resolviendo el sistema y sustituyendo los valores que se conocen se encuentra que: $F_b = 1290 \text{ kg.}$, $F_{1x} = 708 \text{ kg.}$ y $F_y = 321 \text{ kg.}$ Con estos valores se pueden diseñar los otros elementos que componen el sistema acondicionador del terreno.

ESTRUCTURA-SOPORTE DEL TORNILLO

Es la estructura que sujeta al tornillo de potencia permitiéndole únicamente movimiento de giro sobre el mismo eje del tornillo, como se observa en la figura 5.6:

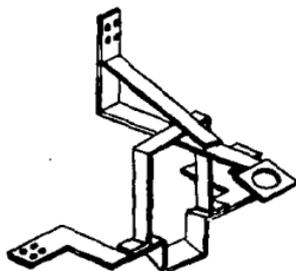


Figura 5.6

Algunas de las dimensiones de los elementos que componen la estructura, como son la longitud de cada uno de los brazos y las bases sobre las cuales descansa directamente el tornillo, se establecen exclusivamente por la posición que debe guardar el tornillo, es decir, por condiciones preestablecidas.

Las demás dimensiones como son la sección transversal de los brazos, el diámetro de los tornillos y las que corresponden a la soldadura se obtienen mediante el análisis de los esfuerzos que debe soportar la estructura.

La carga principal que debe soportar la estructura proviene de la vertedera a través de unos brazos que unen a ambas

partes. Por tal motivo, durante el análisis, a dicha carga se le conocerá como F_b .

Cabe mencionar que por razones mismas del diseño, dependiendo del sentido de la F_b es la distribución de esfuerzos en la estructura, por lo mismo se hace el análisis para los dos casos extremos:

- a) La vertedera se encuentra en posición de reposo. El sentido y punto de aplicación de la F_b se muestra en la figura 5.7:

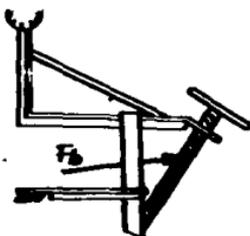
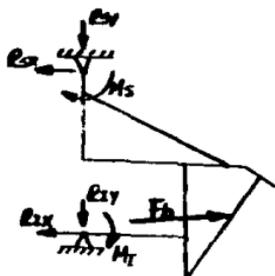


Figura 5.7

Las reacciones en los apoyos se muestran en el siguiente diagrama:

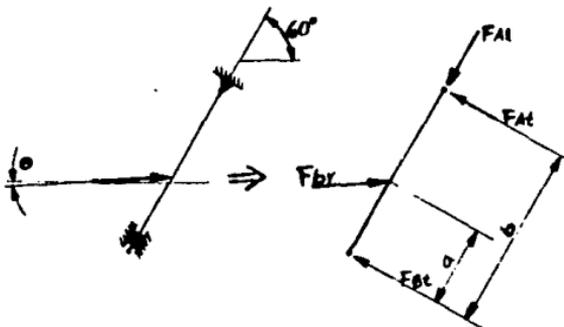


Del análisis estático se obtiene:

$$R_{sx} + R_{lx} = F_b \cos\theta$$

$$R_{sy} + R_{ly} = F_b \operatorname{sen}\theta$$

Con lo anterior no se obtiene suficiente información ya que, se tienen más incógnitas que ecuaciones. Para encontrar los valores de las reacciones (R_{sy} , R_{sx} , R_{ly} , R_{lx} , M_s y M_l), es conveniente seguir paso a paso la distribución de esfuerzos que se genera desde el mismo tornillo de potencia. tal distribución se analiza a continuación.



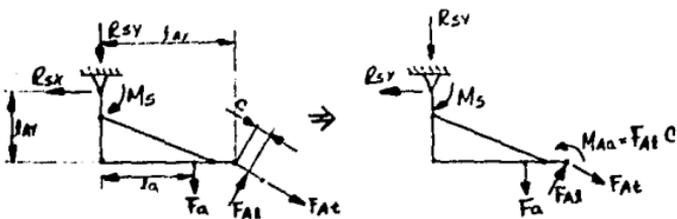
Con el análisis estático obtenemos:

$$F_{Al} = F_{br} \cos(60 - \theta)$$

$$F_{At} = (a/b) F_{br} \operatorname{sen}(60 - \theta)$$

$$F_{bt} = (1 - a/b) F_{br} \operatorname{sen}(60 - \theta)$$

Las fuerzas y reacciones que actúan en el apoyo superior, se pueden simplificar de la siguiente manera:



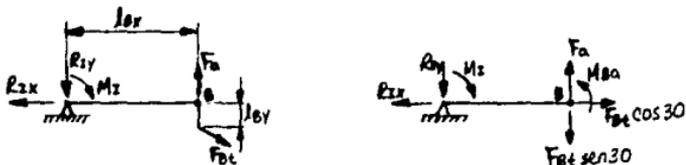
si se hace el análisis estático se obtiene:

$$R_{sx} = F_{At} \cos 60 + F_{At} \cos 30 \quad \dots (a.1)$$

$$R_{sy} + F_a = F_{At} \sin 60 - F_{At} \sin 30 \quad (a.s.1)$$

$$M_s + F_a l_a = M_{Aa} + l_{ax} F_{At} \sin 60 + l_{ay} F_{At} \cos 60 + \\ + l_{ay} F_{At} \cos 30 - l_{ax} F_{At} \sin 30 \quad (a.s.2)$$

Para el apoyo inferior se simplifica a continuación



Con el análisis estático se obtiene:

$$R_{ix} = F_{At} \cos 30 \quad \dots (a.2)$$

$$F_a - R_{iy} = F_{At} \sin 30 \quad (a.1.1)$$

$$M_i - F_a l_a = M_{Ba} - l_{ax} F_{At} \sin 30 \quad (a.1.2)$$

De (a.s.1) y (a.1.1), restandolas:

$$R_{Sy} + R_{iy} = F_{At} \text{ sen}60 - F_{At} \text{ sen}30 - F_{Bt} \text{ sen}30$$

Por otro lado, ya sabemos que;

$$R_{Sy} + R_{iy} = F_{Br} \text{ sen}\theta \quad (r.1)$$

De (a.s.2) y (a.1.2), sumandolas;

$$\begin{aligned} M_r = M_s + M_i = M_{As} + l_{Ax} F_{At} \text{ sen}60 + l_{Ay} F_{At} \text{ cos}60 + \\ + l_{Ay} F_{At} \text{ cos}30 - l_{Ax} F_{At} \text{ sen}30 + \\ + M_{Bs} - l_{Bx} F_{Bt} \text{ sen}30 \end{aligned} \quad (r.2)$$

Como se puede observar, solo se cuenta con dos ecuaciones (r.1) y (r.2) y se tienen cuatro incógnitas (R_{Sy} , R_{iy} , M_s y M_i). Sin embargo, de M_s y M_i no nos interesa su valor particular sino el valor total del momento al que se someterá la estructura, es decir, la suma de M_s y M_i la cual denotamos como M_r .

En cuanto a R_{Sy} y R_{iy} , para efectos de diseño, lo que nos interesa saber es el valor máximo que pudieran tomar, para ello basta con hacer una observación; se sabe que, por razones mismas del diseño de la estructura, el sentido de las reacciones R_{Sy} y R_{iy} que se dibujó en los diagramas anteriores es el correcto. De tal manera que de la ecuación (r.1) se puede deducir que $0 < R_{Sy} < F_{Br} \text{ sen}\theta$ y también que $0 < R_{iy} < F_{Br} \text{ sen}\theta$.

Por lo tanto, los valores de R_{Sy} , R_{iy} y M_r son:

$$R_{Sy} = F_{Br} \text{ sen}\theta \quad \dots (a.3)$$

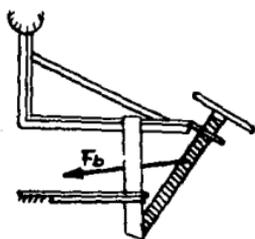
$$R_{1y} = F_b \sin \theta$$

... (a.4)

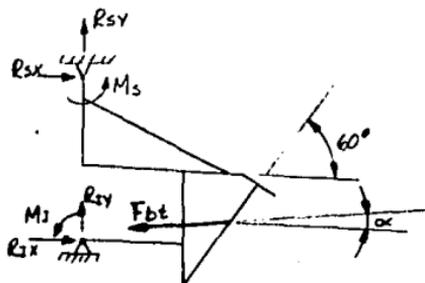
$$M_T = F_{A1}(c + l_{Ax} \sin 60 + l_{Ay} \cos 60) + F_{A2}(l_{Ay} \cos 30 - l_{Ax} \sin 30) + F_b(l_{By} \cos 30 - l_{Bx} \sin 30)$$

... (a.5)

- b) La vertedera se encuentra trabajando. El sentido y punto de aplicación de la F_b se muestra en la siguiente figura:



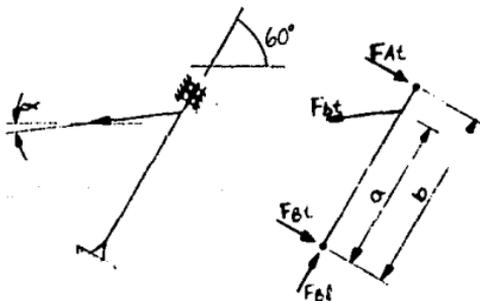
Las reacciones en los apoyos se muestran en el siguiente diagrama:



con el análisis estático se obtiene:

$$R_{sy} + R_{iy} = F_{bt} \operatorname{sen} \alpha$$

Las reacciones que surgen en los apoyos del tornillo se muestran a continuación:



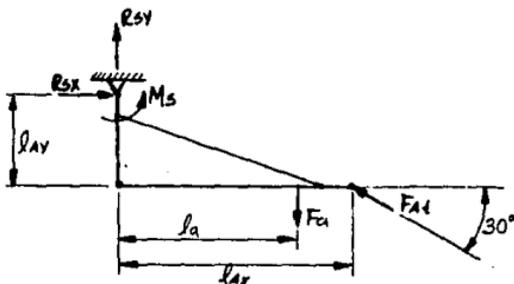
del análisis estático se obtiene:

$$F_{b1} = F_{bt} \cos(60 - \alpha)$$

$$F_{at} = (a/b) F_{bt} \sin(60 - \alpha)$$

$$F_{bt} = (1 - a/b) F_{bt} \sin(60 - \alpha)$$

Las fuerzas y reacciones del apoyo superior se pueden simplificar de la siguiente manera:



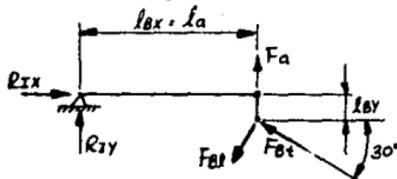
analizándolo se obtiene:

$$R_{sx} = F_{at} \cos 30 \quad \dots (b.1)$$

$$R_{sy} - F_a = - F_{at} \sin 30 \quad (b.s.1)$$

$$F_a l_a - M_s = l_{ax} F_{at} \sin 30 - l_{ay} F_{at} \cos 30 \quad (b.s.2)$$

En el apoyo inferior se simplifican a continuación:



del análisis estático obtenemos:

$$R_{ix} = F_{B1} \cos 30 + F_{B1} \cos 60 \quad \dots (b.2)$$

$$R_{iy} + F_a = F_{B1} \sin 60 - F_{B1} \sin 30 \quad (b.1.1)$$

$$M_i + F_a l_a = F_{B1} l_{Bx} \sin 60 + F_{B1} l_{By} \cos 60 + \\ F_{B1} l_{By} \cos 30 - F_{B1} l_{Bx} \sin 30 \quad (b.1.2)$$

Sumando (b.s.1) con (b.1.1) :

$$R_{sy} + R_{iy} = F_{B1} \sin 60 - F_{B1} \sin 30 - F_{At} \sin 30$$

sin embargo, ya sabemos que:

$$R_{sy} + R_{iy} = F_{B1} \sin \alpha \quad (t.1)$$

Restando (b.s.2) a (b.1.2):

$$M_i + M_s = F_{B1}(l_{Bx} \sin 60 + l_{By} \cos 60) + F_{B1}(l_{By} \cos 30 - \\ - l_{Bx} \sin 30) + F_{At}(l_{Ay} \cos 30 - l_{Ax} \sin 30) \quad (t.2)$$

Con el razonamiento del inciso anterior, podemos establecer:

$$R_{sy} = F_{B1} \sin \alpha \quad \dots (b.3)$$

$$R_{iy} = F_{B1} \sin \alpha \quad \dots (b.4)$$

$$M_i = F_{B1}(l_{Bx} \sin 60 + l_{By} \cos 60) + F_{B1}(l_{By} \cos 30 - \\ - l_{Bx} \sin 30) + F_{At}(l_{Ay} \cos 30 - l_{Ax} \sin 30) \quad \dots (b.5)$$

Hasta el momento solo se han encontrado los esfuerzos que se presentan para cada estado de la vertedera (reposo o trabajando). Para saber en que situación se presentan los valores más grandes de R_{sx} , R_{sy} , R_{ix} , R_{iy} y M_i , solo resta sustituir los valores conocidos en las ecuaciones (a.1, a.2, a.3, a.4, a.5, b.1, b.2, b.3, b.4 y b.5) y compararlos.

Al hacer lo anterior, se encontró que los esfuerzos son máximos cuando la vertedera se encuentra trabajando.

En realidad se podía esperar dicho resultado ya que, la carga principal que proviene de los brazos (F_b), es mucho mayor cuando está trabajando que cuando está reposando la vertedera. Sin embargo, se hizo el análisis en ambos casos para no dejar lugar a dudas y comprobar lo que a primera vista parece obvio.

A continuación se presentan los valores máximos de las reacciones, obtenidos con el análisis anterior y utilizando un valor de $F_b = 1000$ kg que es un valor ligeramente superior al real:

$$R_{sx} = 579.2 \text{ kg}$$

$$R_{sy} = 248.7 \text{ kg}$$

$$R_{ix} = 383.3 \text{ kg}$$

$$R_{iy} = 248.7 \text{ kg}$$

$$M_r = 31783 \text{ kg-cm}$$

Una vez que se conocen las fuerzas máximas que se producirán en los apoyos del soporte, se pueden diseñar las piezas que unirán la estructura al marco. Por ejemplo, para los dos apoyos inferiores se diseñó el tipo de unión mostrado en la siguiente figura:



Las perforaciones que se observan en la figura sirven para sujetar, mediante tornillos, la estructura al marco. El cálculo de las dimensiones de la soldadura se explicó previamente.

Todos los brazos de la estructura están diseñados para elaborarse con perfil de acero. Para encontrar sus dimensiones transversales convenientes, se buscan las zonas críticas en cuanto a la deflexión, es decir, las zonas en las cuales los esfuerzos que deben soportar provoquen la mayor deflexión.

Las zonas críticas encontradas en la estructura se muestran en la figura 5.9. Como se puede notar, las zonas críticas son los brazos que van unidos directamente a las piezas que sirven como apoyos, o sea, las que sujetan la estructura al marco.

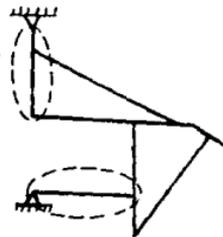


figura 5.9

Las cargas que deben soportar los apoyos se resumen a los momentos M_s y M_r , o sea, a un momento total M_r , por lo cual, para encontrar la deflexión a la distancia que nos interesa (l_a), se utiliza la ecuación

$$f = \frac{M_r \cdot l_a^2}{2 \cdot n \cdot E \cdot I}$$

donde:

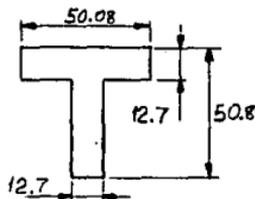
E = Módulo de elasticidad 84×10^4 (Kg/cm^2)

I = Momento de inercia (cm^4)

n = Número de apoyos

De la ecuación anterior se puede observar que la única variable que podemos manipular, para obtener una deflexión mínima aceptable, es el momento de inercia (I), el cual depende de la sección transversal de los brazos.

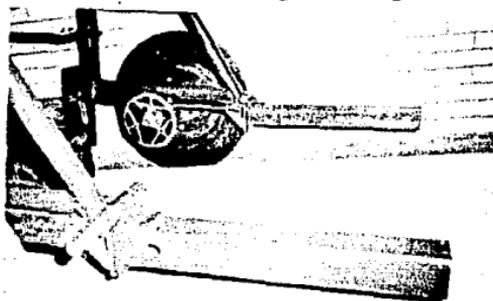
La sección transversal que se eligió es la que se muestra en la siguiente figura



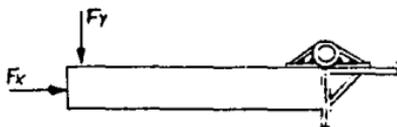
Esta sección se conoce con el nombre comercial de perfil "T". La deflexión máxima que permite a una distancia $l_a = 42\text{cm}$, al aplicarle un momento $M_r = 31783 \text{ kg-cm}$ es igual a $f = 0.76\text{cm}$, deflexión que se puede decir, es aceptable.

BISAGRAS Y SOPORTE TRASERO

Ambas partes se muestran en la siguiente figura:



El propósito de estas piezas es el de soportar las cargas producidas por la vertedera. Por razones vistas al principio de esta sección se conoce que, cuando la vertedera está trabajando, las bisagras y el soporte están sometidos a las fuerzas mostradas en la siguiente figura:



Al diseñar la pieza que funcionará como soporte es necesario considerar que debe soportar una fuerza de compresión (F_x) y

una fuerza flexionante (F_y).

El área transversal suficiente para soportar una fuerza de compresión se obtiene fácilmente con la fórmula

$$A = \frac{n F_x}{\sigma}$$

donde:

n = factor de seguridad

σ = resistencia a la compresión del material

Por otro lado, la deflexión que provoca F_y se mide con la fórmula

$$f = \frac{F_y l^3}{3 E I}$$

donde:

E = módulo de elasticidad

I = momento de inercia

De donde se puede observar que la única variable que se puede manipular para evitar la deflexión es I , la cual depende de la sección transversal.

El elemento que se eligió como soporte trasero es un perfil conocido como PTR de 3" X 1/16" que tiene un área transversal de $A = 4.5 \text{ cm}^2$ y un $I = 40 \text{ cm}^4$. Al sustituir los valores conocidos en las dos fórmulas anteriores, se puede asegurar que el soporte trabajará con un factor de seguridad a la compresión de $n = 15.8$ y una deflexión máxima de $f = 0.16 \text{ cm}$ ubicada en el punto de aplicación de

la fuerza de flexión (F_y).

En cuanto a las bisagras, existen dos cosas fundamentales para diseñar: la soldadura y el perno.

La teoría para diseñar la soldadura se explicó previamente, por tal motivo, en esta sección no se profundiza al respecto.

Para diseñar el perno es necesario calcular el área de la sección transversal conveniente:

$$A = \frac{n F}{\tau}$$

donde:

n = factor de seguridad

$$F = (F_x^2 + F_y^2)^{1/2}$$

τ = resistencia al esfuerzo cortante del material.

Si el perno es de sección transversal circular, como es el caso, entonces el diámetro necesario es:

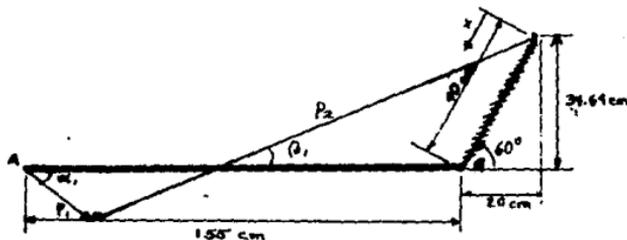
$$D = (4A/\pi)^{1/2}$$

En el diseño se escogió un perno con $D = 20$ mm. lo cual asegura que trabajará con un factor de seguridad de $n = 12.9$.

Los valores elevados de n que se obtuvieron para las dos piezas, resultan de un exceso dimensional en las mismas. Sin embargo, en este caso, se tomaron en cuenta otros factores muy importantes como son el peso necesario en la parte trasera del marco-cultor, facilidad de armado y desarmado, congruencia dimensional, etc.

BRAZOS

Para obtener las dimensiones de los brazos que hacen girar la reja partimos de ciertas dimensiones preestablecidas, como son la distancia entre el eje de la reja y un extremo del tornillo (distancia entre los puntos A y B), longitud del tornillo e inclinación del mismo. De donde obtenemos el siguiente esquema:



donde P_1 y P_2 son los brazos de los cuales queremos saber sus dimensiones adecuadas para obtener en el brazo P_1 un movimiento de giro mínimo de 80° .

Del diagrama anterior se pueden obtener, mediante un análisis trigonométrico, las siguientes ecuaciones:

$$P_1 \cos \alpha_1 + P_2 \cos \beta_1 = 155 + 40 \cos 60 = 175 \quad \dots (1)$$

$$-P_1 \operatorname{sen} \alpha_1 + P_2 \operatorname{sen} \beta_1 = 40 \operatorname{sen} 60 = 34.64 \quad \dots (2)$$

$$P_1 \cos \alpha_2 + P_2 \cos \beta_2 = 155 + (40 - x) \cos 60 \quad \dots (3)$$

$$-P_1 \operatorname{sen} \alpha_2 + P_2 \operatorname{sen} \beta_2 = (40 - x) \operatorname{sen} 60 \quad \dots (4)$$

Lo que resta es dar diferentes dimensiones a P_1 y P_2 , obtener α_1 y α_2 , que son las que nos interesan, restarlas y obtener el giro al cual corresponden las dimensiones sugeridas de P_1 y P_2 .

Después de hacer lo anterior en varias ocasiones se llegó a las siguientes dimensiones que cumplen con un giro mínimo de 80° :

$$P_1 = 15 \text{ cm}$$

$$P_2 = 167 \text{ cm}$$

$$R_t = 30 \text{ cm}$$

donde:

R_t = recorrido suficiente del tornillo

El brazo transmisor (P_2) es elemento que permite accionar la vertedera mediante el tornillo de potencia como se muestra en la figura 5.11:

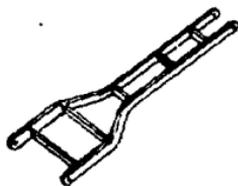
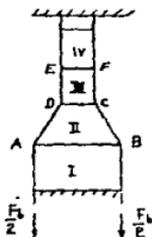


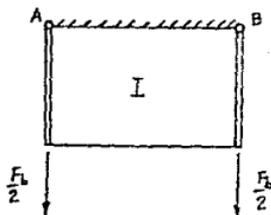
fig .5.11 Brazo transmisor

La forma del brazo es producto del espacio disponible y de la forma de los elementos que va a unir.

Para encontrar la sección transversal conveniente es necesario hacer un análisis de esfuerzos. Para ello, es conveniente dividirlo en secciones. En el siguiente diagrama se muestran los esfuerzos a los que irá sometido y las secciones en que se dividió:



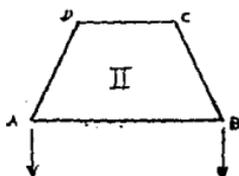
Analizando la sección I tenemos,



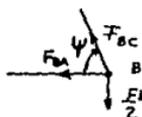
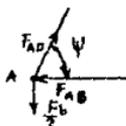
es evidente que las dos secciones colineales a las fuerzas están sometidas a una fuerza $F_b/2$ a tracción, por tanto sólo

necesitan una sección transversal que soporte esa fuerza.

De la sección II:



analizando los puntos A y B:

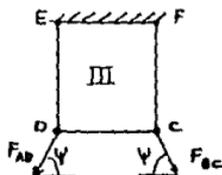


de donde se obtiene

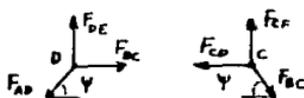
$$F_{AD} = F_{BC} = \frac{F_b}{2 \operatorname{sen} \psi}$$

$$F_{AB} = F_{BA} = \frac{F_b}{2 \operatorname{tan} \psi}$$

En la sección III tenemos:



Analizando los puntos C y D:



de donde se obtiene:

$$F_{DC} = F_{CB} = F_b/2$$

$$F_{CD} = F_{BC} = \frac{F_b}{2 \tan \phi}$$

La sección IV es similar a la sección I.

Una vez que se tienen los esfuerzos a los que irán sometidos cada pieza que forma el brazo se puede encontrar la sección transversal de cada uno de ellos. Sin embargo, es recomendable encontrar las secciones críticas, diseñarlas con un factor de seguridad determinado y considerar la misma sección transversal para los demás. Con esto se asegura que las demás piezas no van a fallar.

Del análisis se obtiene que la parte crítica del brazo es el travesaño A-B debido a que es la única sección sometida a compresión (cuando la vertedera está trabajando) y a que tiene una longitud relativamente grande. Por ello se puede diseñar mediante un análisis por pandeo, considerándola como columna de Euler, con las características mostradas en la

fig. 5.12:



figura 5.12 Columna de Euler

El método consiste en obtener el momento de inercia de la siguiente forma:

$$I = \frac{P_{cr} l^2}{C \pi^2 E} \quad \dots (a)$$

donde:

$$P_{cr} = n F_b \quad [1b]$$

n = factor de seguridad

C = constante que depende de la condición de los extremos, en este caso el valor recomendado es de 1.2

E = módulo de elasticidad [Mpsi]

Por otro lado se sabe que el momento de inercia, para una sección rectangular con respecto a su eje más débil es:

$$I = \frac{w t^3}{12} \quad \dots (b)$$

donde:

w = lado mayor [plg]

t = lado menor [plg]

Lo que se debe hacer es dar valores a w y a t hasta igualar la I que se obtiene de la ecuación (a).

Para comprobar si es una columna de Euler, primero se obtiene la relación l/k donde k es el radio de giro de la sección transversal ($k = 0.289t$). En seguida se obtiene la relación $(l/k)_1$ con la siguiente ecuación:

$$(l/k)_1 = [2\pi^2 C E / S_y]^{1/2}$$

donde:

S_y = resistencia de fluencia [kpsi]

Si $l/k > (l/k)_1$, entonces es una columna de Euler y las dimensiones escogidas son correctas.

Del análisis se comprobó que el travesaño A-B se comporta como una columna de Euler y se obtuvo que es necesaria una sección transversal de 1" X 5/8" aproximadamente para trabajar con un factor de seguridad de 4.

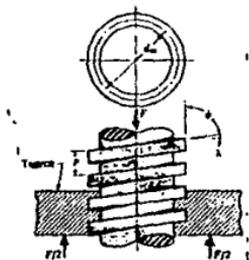
Ahora bien, las otras partes trabajan a tensión y el valor máximo de ésta se presenta en A-D y B-C con un valor aproximado de 750 kg. Para lo cual se seleccionó una sección transversal de 1" X 1/4" que es una sección mucho más grande de la necesaria.

TORNILLO

El tornillo es elemento que nos permitirá el ascenso y descenso de la reja.

En este caso nos interesa conocer el par requerido para llevar a cabo dicho movimiento.

Utilizando un tornillo con las siguientes características:



donde:

$$\phi = 1 \frac{1}{4}$$

$$\phi = 1 \frac{1}{16}$$

$$p = \text{paso} = \frac{7}{32}$$

$$W_{\text{reja}} = 40 \text{ kg}$$

de la fórmula:

$$T = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{1 + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right)$$

donde:

d_m = diámetro medio = $1 \frac{5}{32}$

μ = coeficiente de fricción = 1

l = avance = $1/5$

De aquí obtenemos que en la posición 1 requerimos un par de:

$$T_1 = 0.7 \text{ kg-m}$$

y en la posición 2 que es la reja en su posición más alta:

$$T_2 = 1.74 \text{ kg-m}$$

que es un par fácil de obtener.

Hasta el momento, se ha presentado el diseño de las partes que componen al sistema acondicionador del terreno.

En lo que respecta al sistema alimentador de semillas y abono, como se mencionó anteriormente, se compone de dos subsistemas:

mecanismo de transmisión de movimiento. Este mecanismo se compone de varias partes cuyo diseño está completamente desarrollado, por lo que solo se concretó a seleccionar las partes adecuadas y relacionarlas de tal manera que transmitieran el movimiento de las ruedas al dispositivo abastecedor.

dispositivo abastecedor. Las partes que componen a este subsistema no van sometidas a esfuerzos de consideración, por

tal motivo su diseño se basa principalmente en la funcionalidad mecánica, por supuesto sin dejar de considerar los demás factores que se han mencionado a lo largo de todo este trabajo.

CONCLUSIONES

El alcance de la presente tesis podría ser tan grande como uno quisiera. Lo ideal en el diseño de un equipo nuevo es partir desde el reconocimiento del problema que se pretende solucionar con tal equipo y llegar a una producción en serie del mismo, para realizar posteriormente estudios de tipo estadísticos y comprobar en qué medida se solucionó el problema original.

Debido a varios factores, en el presente trabajo sólo se pudo llegar hasta el diseño y construcción de un prototipo del Marco-Cultor, con lo cual se pudo comprobar la funcionalidad mecánica y las características que ya se han mencionado.

El siguiente paso sería la planeación para la producción en serie del Marco-Cultor para lo cual es necesario hacer otro trabajo tan grande o más que el que aquí se presenta. A grandes rasgos, para llegar a realizar una producción en serie se deben de considerar y determinar los siguientes aspectos:

1. Mercado potencial. Este punto es muy importante ya que con el se puede determinar la magnitud que puede alcanzar el proyecto, es decir, una vez que se conoce el número de unidades que se necesitarían para abastecer el mercado, se puede determinar la magnitud de la producción por unidad

de tiempo para lograr tal objetivo. Obviamente mientras mayor sea el mercado potencial, mayor es la producción que se necesita y el control del proyecto se vuelve más complejo.

2. Plazo del proyecto. Existen proyectos a corto, mediano y a largo plazo lo cual también dependen de la magnitud y ambición del proyecto.

3. Capital. Generalmente este es el punto que finalmente determina el tamaño del proyecto.

Una vez que se ha determinado lo anterior se puede estudiar la ubicación y tamaños de la planta donde se llevará a cabo la construcción.

Construcción. El Marco-Cultor cuenta con un número determinado de partes del cual se pueden distinguir dos grupos: las partes que se pueden conseguir en el mercado actual y las que necesitan de una fabricación especial.

En cuanto al primer grupo de partes, su diseño está completamente desarrollado y existen uno o más fabricantes que se dedican a ello, por ejemplo los tornillos, tuercas, cadena de bicicleta, engranes, vertedera, etc. De tal manera que el problema de abastecimiento de estas partes, se reduce a conseguir los proveedores que más convengan y

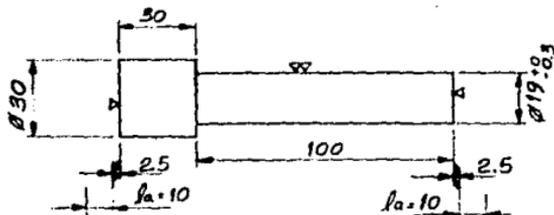
negociar con ellos tomando en cuenta varios factores como precio, calidad, funcionalidad, etc.

Para fabricar las partes que contempla el segundo grupo pueden suceder dos situaciones: fabricarlas en la misma planta o mandarlas a fabricar con algún proveedor que tenga la capacidad y experiencia suficiente para ello. En realidad, esto depende de un estudio para saber qué es lo más conveniente.

Ya que se cuenta con la totalidad de las partes que componen al Marco-Cultor y el abastecimiento continuo de éstas, es indispensable planear una línea de ensamble, la cual será tan compleja o tan simple dependiendo nuevamente de varios factores como cantidad y calidad de las unidades que se descan obtener por unidad de tiempo, el personal disponible, capital, etc.

Es claro que la fabricación de las partes que componen al Marco-Cultor y el ensamble de las mismas, son dos cosas completamente diferentes. Para fabricar alguna de las partes, generalmente se lleva a cabo todo un proceso que se puede optimizar y controlar mediante un estudio del cual forma parte lo que se conoce como "Ruta de trabajo". A manera de ejemplo se presenta la ruta de trabajo (fig. C2) para la fabricación de una de las partes del Marco-Cultor (fig. C1). También para optimizar y controlar una línea de ensamble

existe un estudio que se simplifica en lo que se conoce como "Ruta Crítica".



pieza: PERNO PARA BISAGRA

material: St 3411

medidas en bruto: $\varnothing 19.8 \times 105$

acot: mm

factor hombre-hr-maq: 500 \$/hr

fig. C1

El hombre y el animal de tiro siguen también ocupando lugares de primer orden en la explotación del campo, y sobretodo en zonas y regiones donde el empleo de maquinaria y equipo pesado resulta poco práctico, no remunerativo o incosteable.

RUTA DE TRABAJO

No.	OPERACION	MATERIALES	TIPO DE OBRERO	CANTIDAD	UNIDAD	MATERIALES	TIPO DE OBRERO	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO PASIVO			TIEMPO ACTIVO TIEMPO HORAS	COSTO \$
										PREP	DOCR	FINES		
1	SECCION DE OBREROS DE LA O.C. 3411 DIA=31.7 X 125	SIN	SECCION DE OBREROS	1	OPERA	SECCION DE OBREROS	SECCION DE OBREROS	1	OPERA	0	0	0	0.0	65
2	SECCION PISA PARA LADO B	SECCION PISA PARA LADO B	SECCION PISA PARA LADO B	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B	SECCION PISA PARA LADO B	1	OPERA	0	0	0	0.0	41.7
3	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=27	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=27	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=27	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=27	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=27	1	OPERA	0	0	0	0.30	26.5
4	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=23	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=23	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=23	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=23	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=23	1	OPERA	0	0	0	0.30	26.5
5	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=19.1	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=19.1	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=19.1	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=19.1	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=19.1	1	OPERA	0	0	0	0.30	19.0
6	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=10.25	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=10.25	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=10.25	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=10.25	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=10.25	1	OPERA	0	0	0	0.36	51.1
7	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=2.5m	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=2.5m	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=2.5m	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=2.5m	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=2.5m	1	OPERA	0	0	0	0.07	25.4
8	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=1.5m	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=1.5m	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=1.5m	1	OPERA	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=1.5m	SECCION PISA PARA LADO B CON DIA=1.5m	1	OPERA	0	0	0	0.0	25

fig. C2

RUTA DE TRABAJO

OPCIÓN	VELOCIDAD	TIEMPO	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD	VELOCIDAD
RESERVA PARA LABO A CON DIAS-30	2	3	11-05 v -21 v/min E: 1 m/rev a-296 ppm	1	3	0	1	2	1	0	0.15	51.2	
RESERVA PARA LABO A CON 1-2.1 v	2	6	11-05 v -21 v/min E: 1 m/rev a-296 ppm OPERACION TIEMPO MATERIAL	1	2	0	1	2	2	1	0.11	56	
RESERVA PARA LABO A CON 1-2.1 v	---	---	---	1	3	BANCO DE TRABAJO	DETENIM TE. ESTOPPO, GIRASA	---	3	1	---	53.3	
											TOTAL	1471.7	

Fig. C2 (continuación)

México en particular, es un país aún muy en vías de desarrollo. El campo no ha recibido aún un apoyo suficiente como para localizarse en nivel de alto desarrollo. Como resultado, la producción agrícola es insuficiente para cubrir ella sola las necesidades alimenticias y vitales de un pueblo de bajos recursos económicos en su mayoría. Una gran parte de la extensión territorial cultivable, está constituida por zonas todavía marginadas; de difícil acceso y cuyas condiciones climáticas suelen ser inhóspitas. Sus habitantes son por lo general campesinos y trabajadores de pocos recursos y de bajos ingresos económicos que se ven imposibilitados de adquirir cualquier tipo de maquinaria agrícola, e inclusive herramientas manuales sofisticadas y costosas. Al contrario, deben adaptar sus sistemas de trabajo y producción a los materiales y recursos de la región.

Herramientas rudimentarias de poca eficiencia; materiales débiles y pesados; animales mal alimentados y un mal aprovechamiento del terreno conducen a un constante bajo rendimiento del trabajo. Esta situación empeora cuando el campesino y su familia dependen únicamente de la cosecha obtenida en su parcela o pequeña propiedad, teniendo así una alimentación anémica e insuficiente.

El objetivo de ésta Tesis, es contribuir al mejoramiento del nivel de vida del campesino medio, y de pocos recursos económicos, al igual que del pequeño ejidatario y agricultor,

mediante el empleo de un dispositivo con aplicaciones agrícolas, de fabricación sencilla y de bajo costo, además de un alto índice de eficiencia.

El Marco-Cultor ofrece una gran versatilidad pudiendo aplicarse en el sembrado de semillas; en el proceso de preparación de tierra para el sembrado; al barbechar; en la introducción de fertilizantes y en el fondeo de cultivo. Además, su operación puede realizarse mediante tracción animal o tracción motriz.

El Marco-Cultor ofrece una gama de enormes ventajas y beneficios, de índole tecnológicas, económicas y sociales.

Beneficios tecnológicos: El Marco-Cultor tiene como función substituir las técnicas de cultivo rudimentarias u obsoletas, tales como el arado a mano, a través de una módica inversión y de una muy alta eficiencia, a la vez evita el empleo de equipo y maquinaria costosos que se encuentran fuera del alcance popular.

Beneficios Económicos: El trabajador de la tierra tiene la posibilidad de obtener mayores beneficios y una óptima utilización del terreno, gracias al bajo costo, al alto rendimiento y a la gran versatilidad del Marco-Cultor.

Beneficios Sociales: Considerable mejoría en el nivel medio de vida de la familia rural y campesina.

BIBLIOGRAFIA

1. Titulo: MEXICO HOY
Autor: CASANOVA
Editorial: SIGLO XXI
2. Titulo: APEROS DE LABRANZA PARA LAS REGIONES ARIDAS Y TROPICALES
Autor: H. S. HOPPEN
Editorial: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION ROMA, 1970
3. Titulo: CINEMATICA DE LAS MAQUINAS
Autor: GUILLET
Editorial: CECSA
4. Titulo: GRAPHIC ANALYSIS AS APPLIED TO THE STUDY OF WHEEL TYPE TRACTORS
Autor: LA CONTE J. W.
Editorial: AGRICULTURE ENG. No.18
5. Titulo: EL TRACTOR AGRICOLA Y SU COSTO OPERATIVO
Autor: TOMAS BLANCAS GARCIA
Editorial: TESIS PROFESIONAL FACULTAD DE INGENIERIA UNAM 1985
6. Titulo: MAQUINARIA AGRICOLA, RENDIMIENTO ECONOMICO.

COSTOS, OPERACIONES, POTENCIA Y SELECCION DE EQUIPO

Autor: DONNEL HUNT

Editorial: LIMUSA

7. Titulo: A STUDY OF POWER REQUERIMENTS AND EFFICIENCY OF TESTING MACHINES

Autor: SILVER E.A. AND G.W. McCUEN

Editorial: AGRICULTURE ENG. No. 16

8. Titulo: MAQUINARIA AGRICOLA

Autor: ARCHIE A. STONE AND HAROLD E. GULVIN

Editorial: CECSA

9. Titulo: RESISTENCIA DE MATERIALES

Autor: WILLIAM A. NASH

Editorial: McGRAW HILL-SCHAUM

10. Titulo MECANICA DE MATERIALES

Autor: EGOR R. POPOV

Editorial: LIMUSA