



PROGRAMA DE CONVERSIÓN DE DEUDA
DE HONDURAS FRENTE A ESPAÑA



Ingeniería en
**Energías
Renovables**

PREPARACIÓN DE SUELOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS

PREPARACIÓN DE SUELOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS

AUTORES:

GUSTAVO MATA, ING.

DAGOBERTO ARIAS AGUILAR, Ph.D.

RECONOCIMIENTO TÉCNICO:

CÉSAR AUGUSTO ALVARADO

FARAH MARCELA GIRÓN

DICIEMBRE 2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELOS Y COMPLEMENTARIOS.....	11
DESMONTE DE TERRENOS.....	11
LABRANZA PRIMARIA.....	12
LABRANZA SECUNDARIA.....	13
EQUIPOS PARA ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO A PROFUNDIDAD.....	15
PREPARACIÓN DE LA CAMA DE SEMILLA.....	18
EQUIPOS BASE, CONCEPTOS Y SU PREPARACIÓN.....	21
TRACTORES DE LLANTAS.....	21
TRACTORES DE CARRILES.....	22
PROTECCIÓN DE MÁQUINAS Y OPERARIOS.....	23
CONCEPTO DE FLOTACIÓN Y TRACCIÓN.....	30
PREPARACIÓN DE TRACTORES E IMPLEMENTOS. BALANCE DE PESO Y PESO TOTAL DEL TRACTOR..	33
PATINAJE DEL TRACTOR Y SU MEDICIÓN.....	34
RENDIMIENTO DE LABORES DE PREPARACION DE SUELOS.....	37
ESTADO DE LOS IMPLEMENTOS.....	39
ESTADO DE LA ESTRUCTURA (CHASÍS).....	39
ESTADO DE LOS COMPONENTES HIDRÁULICOS.....	40
COMPATIBILIDAD TRACTOR IMPLEMENTO.....	41
CARACTERÍSTICAS Y CUIDADOS DE LAS TOMAS DE FUERZA.....	42
TRAFICO DE MAQUINARIA SOBRE EL CAMPO.....	45
ELEMENTOS BASICOS DE ADMINISTRACION DE MAQUINARIA.....	47
PLANIFICACIÓN DE LABORES MECANIZADAS EN EL TIEMPO.	
CRONOGRAMAS DE TRABAJO.....	47
CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TRACTORES.....	48
COSTOS DE MAQUINARIA.....	50
DETALLE DE LOS COSTOS.....	52
PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	53
RENOVACIÓN DE MAQUINARIA. CRITERIOS.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	58



*Si no conozco una
cosa, la investigaré.*

Louis Pasteur (1822-1895)

INTRODUCCIÓN

ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DENDROENERGÉTICA

El adecuado establecimiento de una plantación, considera una serie de etapas o actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes, de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer el crecimiento inicial, sobrevivencia y desarrollo posterior de la planta (limpia del terreno a plantar, la fertilidad del suelo, preparación del sitio, entre otros).

HABILITACIÓN DE TERRENO

El objetivo de esta etapa es obtener un terreno limpio para que las plantas puedan establecerse y crecer adecuadamente, además de facilitar las labores de plantación. Sin embargo, se debe tener presente las regulaciones de corta de bosque nativo y vegetación en quebradas, por lo que se debe evitar la eliminación de ellas, especialmente cuando no afecten mayormente el desarrollo de la plantación.

¿QUÉ HACER PARA UNA ADECUADA HABILITACIÓN DE TERRENO?

Se pueden considerar dos faenas de importancia dentro de esta actividad: Roce y el ordenamiento de desechos en cordones o fajas.

Roce: consiste en la actividad de limpieza que es necesario llevar a cabo cuando existe una cubierta vegetal arbórea, arbustiva o de malezas que puede afectar el futuro desarrollo de la plantación y/o que además, pudiera dificultar el trabajo de la plantación.

Existen dos tipos de roce, roce manual y roce mecanizado. El uso de uno u otro depende de la topografía del lugar y del costo asociado a cada uno de ellos.

Roce manual: El objetivo es la eliminación de la vegetación a través de la utilización de mano de obra. Se realiza mediante el uso de herramientas manuales, como el rozón, hacha o con máquinas menores como la desbrozadora y motosierra. Los rendimientos dependen principalmente del tipo y densidad de vegetación que se encuentre en el lugar, así como de las características topográficas del terreno. Principalmente se realiza en terrenos de pendientes fuertes o cuando la vegetación presente es poco densa y no implica problemas de competencia.

- El roce manual es aconsejable en terrenos de pendiente fuerte o cuando la vegetación es poco densa.
- Se debe evitar la eliminación de vegetación nativa, cuando constituya bosque o este protegiendo cursos de agua.
- Se recomienda no remover la hojarasca del piso ni el suelo mineral durante la labor de roce.
- No se debe remover vegetación de áreas de protección de cauces y quebradas.

Roce mecanizado: El objetivo es eliminar la vegetación a través del uso de maquinaria mayor. Existe una variedad de maquinarias que se utilizan para estos fines, dentro de la cual podemos destacar:

- Excavadora con oruga, que realiza un trabajo de remoción de la vegetación con el tridente, y puede a la vez ordenar los desechos en fajas.
- Tractor picador, también conocido como mulcher. Esta es una máquina trituradora que permite la fragmentación de todo el material existente y, que tiene la ventaja de optimizar el manejo de desechos, ya que deja estos prácticamente incorporados al suelo.
- Bulldozer, al igual que la excavadora realiza un trabajo de remoción de la vegetación, a través del impacto. Estas máquinas tienen como restricciones la pendiente del terreno y la fragilidad del suelo.

En el caso de bulldozer y mulcher trabajan con una pendiente máxima de 25% - 30 %, y la excavadora hasta un 50%, para que no existan riesgos en su operación.

TRATAMIENTO DE DESECHOS

El objetivo es ordenar y/o eliminar los desechos que se originan en la preparación inicial del terreno de tal forma de despejar el espacio que ocuparán los árboles y facilitar las posteriores actividades silvícolas. Existen tres alternativas para el tratamiento de desechos: quema, ordenamiento y el picado o triturado del desecho con o sin incorporación al suelo.

Quema de desechos: consiste en la utilización del fuego para eliminar los desechos. Es una alternativa comúnmente usada, dado que permite la eliminación rápida y efectiva del material leñoso del lugar a plantar; además, produce un eficiente control de la competencia y la liberación de nutrientes que serán ocupados por las plantas en su crecimiento inicial. Sin embargo, no siempre es aconsejable debido al elevado riesgo de incendios, la pérdida de microorganismos y nutrientes del suelo, y pérdida de productividad en el mediano plazo, lo cual es crítico cuando las rotaciones son cortas. En el caso de decidir realizar una quema controlada, se debe dar aviso a la entidad competente, quien autorizará la fecha y hora que pueden efectuar esta quema.

Ordenamiento del desecho: es una técnica altamente recomendada y consiste en el ordenamiento del material disperso producto del roce; se puede realizar en fajas paralelas a la curva de nivel o en cordones de distribución regular, para permitir posteriormente un adecuado establecimiento de la plantación. Este ordenamiento puede realizarse en forma manual o mecanizada, y su espaciamiento dependerá de la densidad de plantación, como del rendimiento esperado. Esta alternativa permite una mejor protección del suelo, minimizando efectos erosivos y la pérdida de nutrientes.

- Ordenamiento manual requiere de mano de obra que toma el desecho y lo apila en fajas. Preferentemente este tipo de ordenamiento se realiza en terrenos con pendientes fuertes (30% - 35%) y siguiendo las curvas de nivel, o en el caso de existir una cantidad tal que no es necesario el uso de maquinarias.
- Ordenamiento mecanizado requiere de maquinaria que apila el desecho; esta labor puede hacerse en forma simultánea al roce, como es el caso de la excavadora, que va apilando en fajas el desecho que va extrayendo. Es recomendable que las pilas de desechos no tengan una altura superior a 1.5 m para no interceptar la luz que debiera recibir la plantación, y apilarlo en curvas de nivel para evitar procesos erosivos.

Picado del desecho: puede hacerse a través del tractor picador; éste realiza el roce y picado de desechos en forma simultánea con un rodillo que posee en la parte delantera. Es posible incorporar un elemento extra en la parte trasera del tractor picador que vaya incorporando el desecho al suelo. El ordenamiento y el picado de desechos tienen la ventaja respecto a la quema, de dejar los nutrientes presentes en el sitio, para que se incorporen gradualmente a través de descomposición al suelo y de esta manera asegurar un nivel de productividad del sitio en el mediano plazo, y mantener la humedad por más tiempo. Este tratamiento, junto con el ordenamiento del desecho, proporciona una mejor protección al suelo, al no extraer o eliminar la materia orgánica existente.

Siempre tomar en cuenta lo siguiente:

En el caso de utilizar la quema como técnica de eliminación de desechos esta debe ser de intensidad media y mínima duración, sin olvidar la construcción de cortafuegos en los bordes del terreno a quemar y mantener una vigilancia hasta que el fuego se haya extinguido completamente.

- Las quemas controladas deben estar autorizadas previamente por la entidad competente.
- Es conveniente emplear técnicas alternativas a la quema de desechos, especialmente en sitios de fuertes pendientes y de alto nivel de fragilidad.
- En terrenos con pendiente es aconsejable ordenar los desechos en fajas siguiendo las curvas de nivel.
- El ordenamiento y picado de desechos permiten proteger el suelo y minimizar la erosión.
- Se recomienda favorecer el depósito de desechos en cárcavas cuando éstas existan.
- Es aconsejable mantener la vegetación nativa, especialmente cuando no afecta mayormente la plantación.
- Se debe procurar mantener la vegetación en áreas de protección de cauces y quebradas para evitar procesos erosivos de mayor efecto.

PREPARACIÓN DEL SUELO

El objetivo de esta actividad es dejar el suelo en condiciones tales que permita una mayor retención de agua, que las raíces puedan extenderse y desarrollarse con facilidad, y promover el desarrollo de un mejor sostén de la planta y permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el perfil. Favorece a su vez, la penetración del agua y el aire a mayor profundidad, además de un mejor control de malezas, arbustos y otros. Es preferible que esta actividad se realice en períodos secos y cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permite prevenir procesos como compactación y remoción excesiva. Es recomendable que, la preparación se efectúe en curvas de nivel, con el objeto de proporcionar un mejor aprovechamiento del agua por la planta al interceptar su paso y quedar más tiempo retenida en la línea de preparación.

a) **Preparación mecanizada:**

Se realiza una remoción del suelo con la ayuda de maquinaria pesada, la que presenta, sin embargo, ciertas limitantes en su uso como la pendiente del terreno, la vegetación presente y los obstáculos naturales del terreno.

En terrenos con topografía moderadamente plana (hasta 30 % de pendiente), se puede realizar subsolado con tractor oruga, bulldozer o tractor agrícola de doble tracción sobre la línea de plantación, alcanzando una profundidad ideal de 70 cm y no inferior a 40 cm. Este tratamiento debe realizarse antes del período de lluvias, ya que el efecto de remoción de suelo sería mínimo e incluso perjudicial para las raíces si se efectúa en época de lluvias.

Es importante además, romper adecuadamente los terrones, donde los pastos presentes, como como los mejorados, no lo permiten. En el caso de carecer de subsolador, también es posible el uso de un arado de disco, que se puede usar con tractor agrícola de doble tracción. Esta técnica consiste en un subsolado menos profundo, solo hasta 30 cm 45 cm. En general el rutter es acompañado por dos pares de rastras paralelas que fabrican la cama de plantación. Este trabajo se efectúa luego que el suelo se ha mojado con las primeras lluvias y es recomendable hacer dos pasadas de tractor agrícola por surco.

Probablemente el mejor tratamiento es la combinación del subsolado y el surcado formando un camellón en curvas de nivel, lo cual favorece la remoción de suelo; además aumenta la eficiencia en la captación y conservación de la humedad del suelo y la disminución de vegetación competidora.

b) **Preparación con animales**

El cultivo con apoyo de animales, consiste en el uso de arado tirado por caballos, bueyes o burros, para la confección de surcos en curvas de nivel. Este tiene el inconveniente de la profundidad del surco, que usualmente no alcanza más allá de 30 cm, pero es una buena alternativa para controlar los procesos erosivos, dado que ayuda a detener el agua de lluvia que corre por las pendientes, evitando así que tome velocidad y pueda provocar pérdida de

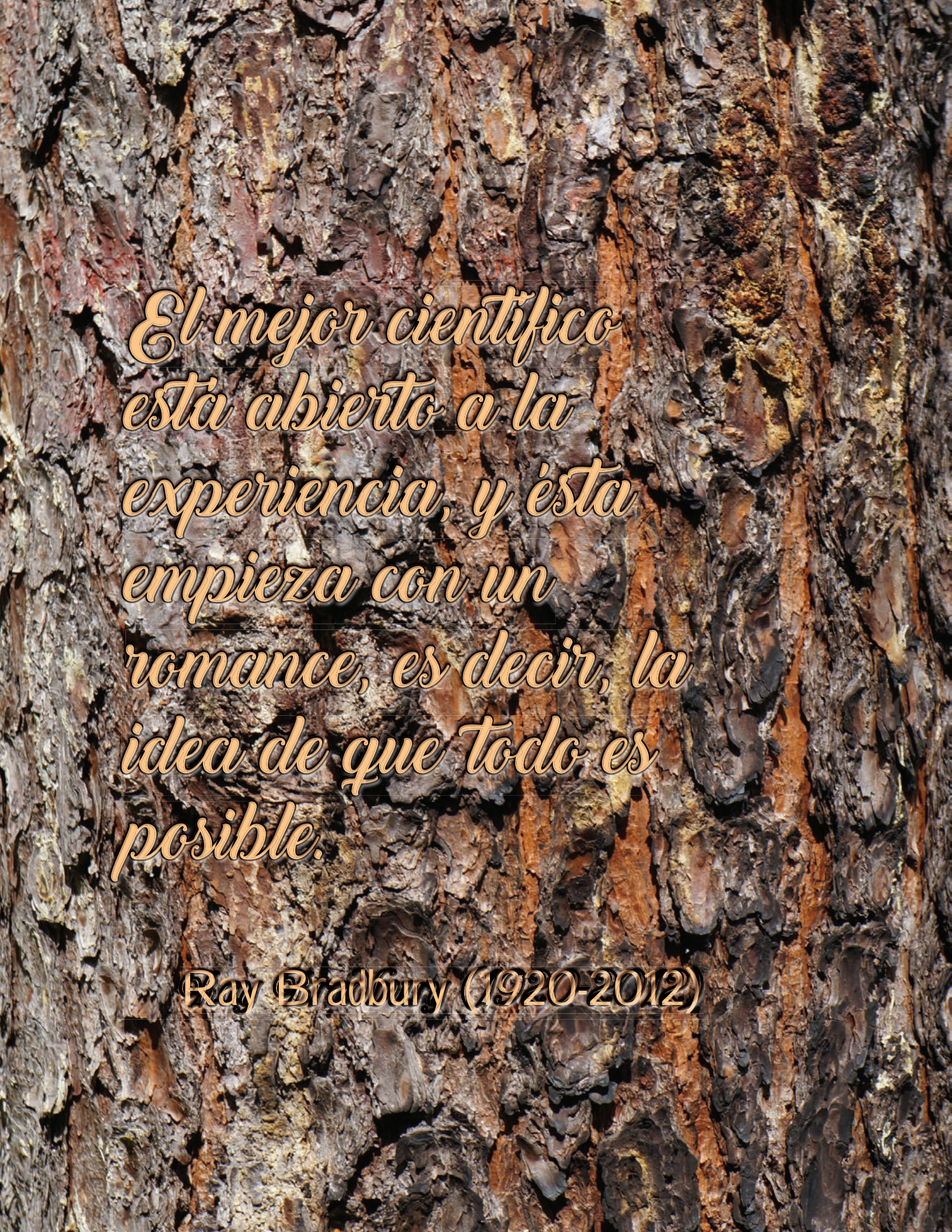
suelo.

c) **Preparación manual**

Consiste en utilizar mano de obra y herramientas manuales. En este caso, se realiza la confección de los hoyos de plantación en forma manual, realizando un cultivo con pala plantadora removiendo las primeras capas de suelo y soltando los terrenos.

Siempre tomar en cuenta lo siguiente:

- El subsolado puede efectuarse de 40 cm - 70 cm de profundidad o arado total de la superficie, subsolado profundo (60 cm - 80 cm) o escarificado con tractor (40 cm - 50 cm de profundidad, con tres subsoladores separados a 50 cm).
- Cuando la plantación se establece en terrenos con pendiente, es importante realizar la preparación de suelo siguiendo las curvas de nivel, para favorecer la captación de aguas lluvias, optimizar el uso del agua y disminuir los procesos erosivos provocados por la escorrentía.
- Para asegurar una adecuada preparación del suelo en la técnica con animales, se recomienda realizar un mínimo de dos pasadas por la línea de plantación.
- Es recomendable que la preparación de suelo se efectúe en condiciones de suelo seco, independiente de la maquinaria utilizada.
- Si las condiciones del terreno lo permiten, es recomendable utilizar subsolado como técnica para preparación de suelo.
- Cuando las condiciones de sitio, como mucha pedregosidad o demasiada pendiente, impidan el surcado o arado en curvas de nivel, se puede incidir en una buena preparación del hoyo de plantación.



*El mejor científico
está abierto a la
experiencia, y ésta
empieza con un
romance, es decir, la
idea de que todo es
posible.*

Ray Bradbury (1920-2012)



LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELOS Y COMPLEMENTARIOS

La preparación de suelos debe corresponder con una actividad racional donde se seleccione el equipo que implique los siguientes parámetros:

- Preparación adecuada de la cama de semilla (Varía de acuerdo al tipo de cultivo)
- Al menor costo posible
- En época adecuada en que las condiciones climáticas lo permitan (planificación de labores basada en las necesidades del cultivo, tomando en cuenta condiciones climáticas)

Existe innumerable cantidad de equipos para preparar el suelo. Esto nos lleva a la necesidad de conocer el fundamento de trabajo de cada grupo, sus ventajas y limitaciones.

De esta forma tenemos un criterio de racionalidad para seleccionar las herramientas adecuadas de preparación de suelos.

Basándonos en un orden lógico de las labores de preparación se hace una exposición de los fundamentos de trabajo de los implementos.

DESMONTE DE TERRENOS:

Necesario de acuerdo a las condiciones de siembra del cultivo a establecer.

Barrido de tacotales (terreno sin cultivar cubierto de maleza espesa.), bosque natural o cambio de uso del suelo eliminando plantaciones perennes para sustituir por cultivos anuales (Figura 1).



FIGURA 1: BARRIDO DE TERRENO BOSCOZO PARA USO EN AGRICULTURA.

LABRANZA PRIMARIA

IMPLEMENTOS:

Arados: Discos, vertederas, cinceles.

Función: Alteración de la condición física inicial del suelo, para la preparación posterior.

Arado de discos: En terrenos vírgenes o con residuos de cosecha es necesario voltear el terreno para aflojarlo y exponer malezas y plagas a los factores naturales como agua y sol para su descomposición (Figura 2). El volteo del terreno de los discos no es completo, aunque tienen como ventaja su buen desempeño en terrenos pedregosos así como el menor desgaste de la herramienta de corte por la rotación propia de su diseño. El arado de disco es muy sencillo, de bajo costo de adquisición y mantenimiento.

Arado de vertederas: Su herramienta de corte produce una inversión total del volumen de suelo, exponiendo los elementos nocivos a la acción de los factores naturales. Su costo inicial es mucho mayor que el del arado de discos, y el mantenimiento requiere más tiempo y costo por el ajuste de las vertederas. Los componentes hidráulicos para el volteo del arado (en caso de serlo) deben revisarse detalladamente (Figura 3).

Arado de cinceles: Produce un tipo de preparación de suelo de descompactado a relativa baja profundidad (en promedio 35 cm), sin alterar superficialmente (Figura 4). Si la superficie está cubierta con maleza, se tiene problema del atascamiento del implemento y su levantamiento forzado por la acumulación de rastrojo bajo su marco portaherramientas. Promueve el drenaje superficial al romper la compactación superficial, más no facilita la percolación profunda. El hecho de no voltear el terreno, mantiene una cantidad grande de rastrojo superficial que se convierte en materia orgánica, además de reducir la erosión hídrica superficial por el mínimo impacto del agua de lluvia sobre el terreno.



FIGURA 2: VOLTEO DE TERRENO CON ARADO DE DISCOS.



FIGURA 3: INVERSIÓN DE SUELO CON ARADO DE VERTEDEIRA.



FIGURA 4: ACABADO DE TERRENO CON ARADO DE CINCELES.

Triturado de residuos: La trituración de residuos es una práctica agronómica bastante empleada en muchos tipos de cultivos que facilitan la incorporación de residuos al volumen del suelo promoviendo la formación de materia orgánica.

Equipos para trituración: En el mercado de implementos agrícolas se destacan para labores de trituración, equipos de enganche a los tres puntos accionados por la toma de fuerza del tractor y cuyo ancho de corte puede variar desde 2.00 m hasta 3.50 m. La potencia requerida del tractor varía tanto por el ancho de corte del equipo como por la complejidad y fortaleza de su estructura (Figura 5). El sistema de corte se basa en:

- **Rodillo de martillos con distinto tipo de elementos de corte.** Este tipo de trituradora se usa para romper y reducir el volumen de follaje aéreo.
- **Rodillo de muelas fijas de tungsteno.** Este tipo de trituradora se usa para reducir prácticamente a polvo el follaje, que ya previamente lo ha molido la trituradora de martillos.

LABRANZA SECUNDARIA: IMPLEMENTOS:



FIGURA 5: TRITURADORA DESMENUZANDO MATERIAL FORESTAL.

Rastras tipo offset (rompedoras, afinadoras), tándem, rotocultivadores (eje horizontal, eje vertical) y sus variaciones dependiendo del tipo de elementos de corte.

Función: Afinar la granulometría del terreno dependiendo de las necesidades de preparación del cultivo, así como de la pluviosidad (erosión hídrica), topografía y exposición a erosión eólica.

Producir un emparejamiento del terreno de forma de eliminar ciertos baches y lomos fácilmente corregibles (nivelación muy localizada).

Rastra offset y tándem:

La más común por su relativo bajo costo, fácil de operar, bajo costo de mantenimiento, alta confiabilidad (componentes muy simples), de acople a la barra de tiro, alto rendimiento por su ancho de corte y velocidad de avance del conjunto tractor-implemento.

La versatilidad de su diseño permite configurar un marco muy pesado o muy liviano (rompedora o afinadora), así como variar el ancho de corte, peso de los discos, tipo de los discos (liso o dentado) (Figura 6).



FIGURA 6: RASTRA TÁNDEM AFINADORA.

Rotocultivadores:

Equipos generalmente de acople al enganche de tres puntos, accionados por toma de fuerza. Su costo relativo (comparando rendimiento con rastras) es más alto por ser equipos mecánicamente más complejos. Accionamiento a toma de fuerza por eje cardan, cajas de transmisión de engranajes, engranajes laterales o fajas. Su ancho de trabajo puede ser menor que las rastras y la velocidad de avance más baja con el fin de producir una cama de semilla muy fina (baja granulometría). Su rendimiento es más bajo, con la ventaja de producir un acabado fino del suelo, que no puede dar la rastra. (Figura 7)

Drenaje:

Labor fundamental en la mayoría de los cultivos. La densidad de la red de drenaje depende de factores como:

- Pluviosidad
- Pendiente del terreno
- Estructura y textura del suelo
- Profundidad promedio del nivel freático
- Tipo de cultivo y patrón de siembra
- Distancia de la red interna de drenaje a los colectores finales (canal primario o río)
- Diferencia de nivel entre la rasante de la red interna (gavetas) y el colector final

Actualmente las redes de drenaje internas se realizan de forma mecanizada con mini excavadoras, las que tienen características técnicas adecuadas tales como: Ancho de la máquina hasta 1.00 m, rodaje de caucho para reducir impacto sobre el retoño de los cultivos, distintas configuraciones de baldes (rectos o trapezoidales) dependiendo de las condiciones del suelo y tipo de canal, alcance de boom y stick para trabajar en profundidad o distancia horizontal. (Figura 8).



FIGURA 7: ROTOCULTIVADOR PARA AFINADO DE GRANULOMETRÍA DEL SUELO.



FIGURA 8: COLECTORES PRINCIPALES DE REDES DE DRENAJE.

Aplicación de enmiendas:

En suelos de baja fertilidad es práctica común la aplicación de enmiendas al suelo para mejorar características tales como: reducir la acidez intercambiable (incremento pH) y aumentar el porcentaje de materia orgánica. La aplicación eficiente de productos como: carbonato de calcio, gallinaza, boñiga (excremento de ganado), cachaza de caña de azúcar o ceniza de caña de azúcar se hace con equipos distribuidores al voleo o chorro consistentes en tolvas sobre ruedas jaladas por tractor a la barra de tiro de este y accionadas en sus mecanismos internos de distribución por la toma de fuerza del tractor (Figura 9). Los sistemas de distribución consisten en:

Al voleo: por medio de platos distribuidores rotantes con cangilones

Al chorrillo: por medio de canoas semejando brazos con tornillo sinfín interno y huecos distribuidos a lo largo de las canoas donde baja el chorro.

La selección del sistema de distribución, sea al voleo o a chorro depende de factores como: deriva causada por el viento (caso del carbonato de calcio), densidad y humedad de la materia orgánica. También tiene influencia el patrón del cultivo y su edad en que puede ser más eficiente y económico la distribución al chorrillo, más localizada en la hilera del cultivo y no al voleo.



FIGURA 9: IMPLEMENTOS PARA ESPARCIMIENTO DE ENMIENDAS AL SUELO COMO CALCIO Y ABONO ORGÁNICO.

EQUIPOS PARA ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO A PROFUNDIDAD

IMPLEMENTO:

Subsolador

Función: Descompactado del suelo.

Compactación del suelo: Reducción del espacio poroso.

El fenómeno de la compactación implica indisponibilidad de oxígeno para el intercambio gaseoso entre la raíz de la planta y el medio circundante. Dificultad en el drenaje de las aguas de percolación en el perfil de suelo debido a la falta de conductos



FIGURA 10: CORTE TRANSVERSAL DE SUELO MOSTRANDO GRADO DE COMPACTACIÓN POR HUELLAS DEL TRACTOR. PERFIL OBSERVÁNDOSE HORIZONTES.

por donde circular. Estas condiciones afectan el desarrollo del cultivo (Figura 10).

El fenómeno también provoca la escorrentía superficial por sello de la superficie.

Forma de medir la compactación: La medición de este fenómeno físico se hace a través de un equipo denominado penetrómetro. Una configuración consiste en una varilla de varias secciones de longitud con una punta cónica. Esta se conecta a un indicador de carátula en donde se fija un parámetro de presión de ruptura de suelo de acuerdo a las condiciones que requiere el cultivo para su desarrollo de raíces.

El penetrómetro tiene un par de agarraderas por donde se sostiene la punta contra el suelo para hacerla penetrar en su perfil (Figura 11). La condición natural es que conforme la punta profundiza, la presión vaya aumentando hasta alcanzar en el indicador el parámetro de presión de penetración escogido de previo. Alcanzado este valor se detiene la penetración y se marca la altura o profundidad en el suelo.

Esto da la medida de profundidad hasta la que el suelo está libre de compactación.

Subsoladores: Son equipos que requieren para su uso eficiente de amplia capacidad de arrastre por parte del tractor. Su profundidad de trabajo, ancho de corte y detalles constructivos van ligados directamente a una condición particular de su concepción:



FIGURA 11: PENETRÓMETRO DE ACCIONAMIENTO POR PRESIÓN DEL PERFIL DE SUELO.

Descompactar el suelo a más de la profundidad del pie de arado, donde no llegan los implementos de labranza primaria y secundaria. Se busca eliminar este fenómeno de los suelos donde hay tráfico de maquinaria que altera las condiciones de porosidad y drenaje natural de los suelos. Esto impide el libre crecimiento de las raíces del cultivo (Figura 12).

El descompactado de suelos se justifica en la medida en que los distintos equipos agrícolas efectúen entradas a los terrenos de cultivo y por la acción de la lluvia en que el agua se convierte en un compactador natural.

Esta labor por su naturaleza es costosa. Requiere alto consumo energético en combustible, desgaste de tren de potencia del tractor, gasto de llantas, calentamiento de los picos produciendo desgaste de elementos estructurales del implemento, debido a las características abrasivas del suelo en muchas ocasiones. Esto lleva a la necesidad de efectuar trabajos de refuerzo y revestimiento con soldadura de los picos, que son los elementos de corte del suelo.

Dado el esfuerzo requerido para subsolar, se debe estudiar con mucho cuidado la compatibilidad entre tractor y subsolador con el fin de que el acabado en profundidad sea el óptimo en cuanto a profundidad y ruptura o estallamiento lateral del suelo.

Dependiendo del ancho de corte del subsolador para lograr un determinado rendimiento de campo, así se debe escoger el tractor. Como un ejemplo práctico para un ancho de corte cercano a los 2.0 m se necesita un implemento de 3 vástagos y a



FIGURA 12: SUBSOLADOR ROMPIENDO EL PERFIL DE SUELO.



FIGURA 13: SUBSOLADOR DE 5 VÁSTAGOS CON FUSIBLE DE PROTECCIÓN DE TIPO HIDRÁULICO.

una profundidad efectiva de 60 cm. Esto implica vástagos de unos 72 cm de altura de construcción (Figura 13).

Es conveniente agregar aletones laterales en la punta y a una altura media a los picos para ruptura lateral del suelo.

El tractor recomendado en estas condiciones se sugiere sea de 150 a 160 HP al volante del motor.

Un tractor de estas características con un subsolador de más picos, hará un trabajo deficiente por el continuo patinaje que lleva a estar levantando el implemento de su profundidad de trabajo para poder bajar patinaje y avanzar. Levantar el implemento

implica reducir profundidad efectiva de trabajo, que es crítica en esta labor.

El patinaje es una condición que afecta negativamente el rendimiento de la labor de subsolado. Se puede reducir a niveles aceptables (entre 15% y 20%) por medio de prácticas como: Taco de medida adecuada en las llantas, lastre líquido y metálico en ambos ejes del tractor, distribución de peso recargada hacia el eje trasero en tractores con tracción asistida (delantera).

La textura del suelo tiene una incidencia significativa en los requerimientos de potencia del tractor. Para un determinado tractor, pasando de un suelo franco arenoso a un suelo arcilloso, la cantidad de picos del subsolador puede variar de 5 a 3, para una velocidad de avance dada.

El rendimiento de esta labor es relativamente bajo por dos factores: Baja velocidad de avance y reducido ancho de corte. Es básico en labores de subsolado, tener en excelentes condiciones estructurales los elementos del enganche de tres puntos, a saber: Brazos de montaje, brazos verticales, puntos de pivote y enganche, tensoras laterales, eje flector de sensibilidad (sensibilidad mecánica) o sensores de tiro (sensibilidad electrónica).

Los patrones de trabajo van a definir la calidad del subsolado en profundidad. Se recomienda dar el primer pase en dirección de la longitud mayor. Pases posteriores dependiendo de la forma del terreno se pueden cruzar a 45° o 90° del primer pase.

El pase a 90° por lo general conlleva a más recorridos en una y otra dirección si el terreno se aproxima a rectangular. El pase a 45° produce movimientos de mayor distancia trabajada que resulta más eficiente que a 90°. La vibración y golpeteo del tren de potencia del tractor se reduce cuando se hace el cruce a 45°. Esto ayuda a reducir patinaje y daño a la transmisión del tractor.

Al reducir patinaje el implemento mantiene por mayor distancia su profundidad máxima

de trabajo, por lo que la profundidad promedio de trabajo aumenta.

La cantidad de pases depende de: Dureza del terreno, textura del terreno, topografía y humedad de este. Se busca una profundidad de trabajo mínima que permita descompactar el volumen de suelo donde se produce el mayor desarrollo radical.

Sea cualquiera la cantidad de pases y el patrón de cruce entre estos, se tiene el área perimetral del terreno en una condición de mucha compactación por las vueltas del tractor en las cabeceras. Esto se da normalmente en todo el perímetro del lote.

Esta condición hace necesario el cierre perimetral final, subsolando esta faja de un ancho de 3.0 a 4.0 m. en todo el borde del terreno.

Características de un subsolador necesarias para un buen rendimiento:

Profundidad de trabajo: Diseño de los picos de forma curva para conseguir máxima profundidad de trabajo.

Diseño del marco: Estructura rígida simple para disminuir peso muerto.

Reducción de la resistencia al avance: Parte frontal del marco con mínima obstrucción de partes metálicas para reducir resistencia al avance contra el suelo.

Espesor de lámina de los picos: No menor a 1.5 pulg. para aumentar rigidez de los picos. Importante para no doblarse por el golpe de piedras.

Protectores de los picos: Bordes filosos recubiertos con platina angular y soldadura de revestimiento antiabrasivo. Puntas de picos cubiertas con "zapatos" o cobertores.

Uso de aletones laterales y topes de drenaje: Accesorios necesarios para mejorar la rotura lateral del suelo y los conductos de drenaje (Figura 14).



FIGURA 14: *SUBSOLADOR DE MONTAJE AL ENGANCHE DE TRES PUNTOS CON RODILLO DESTERRONADOR TRASERO.*



FIGURA 15: *ENCAMADORA DE VERTEDERAS DE ENGANCHE A LOS TRES PUNTOS.*

PREPARACIÓN DE LA CAMA DE SEMILLA

IMPLEMENTOS:

Surcador de vertederas: Equipo normalmente de enganche a los tres puntos del tractor. Por su forma produce un surco alto. Es una labor de relativa alta velocidad, requerida así por la necesidad de dar un buen formado al surco. Ya sea que se vaya a sembrar en el fondo del surco (terreno muy seco) o en el lomo de este (terreno muy húmedo). Por su configuración, la forma en que conforman los surcos en una pasada es de un surco central completo y dos medios surcos a derecha e izquierda. En la siguiente vuelta (dependiendo del patrón de trabajo) se completa un medio surco anterior y a la vez se va formando el surco central completo además del medio surco en el otro extremo (Figura 15).

La vertedera de este tipo de implemento es muy fácil de construir y su mantenimiento es mínimo.

Surcador de discos o alomillador: Equipo de enganche a los tres puntos. Se conforma de discos giratorios con un brazo de fijación a la



FIGURA 16: *ALOMILLADOR DE DISCOS DE ENGANCHE A LOS TRES PUNTOS.*

barra portaherramientas. Estos discos se fijan uno frente al otro con una angulación abierta vista desde arriba y el ancho de la cama o lomo se ajusta por el corrimiento de estos en la barra portaherramientas (Figura 16).

Surcador en forma de caja: Estructura metálica de enganche a los tres puntos del tractor generalmente con dos conformadores en forma aproximada a cuadrada. El acabado de las camas es de forma rectangular con

un ancho y profundidad definidos por las dimensiones y profundidad de trabajo del implemento. Su uso requiere alta velocidad (10km/h) para lograr un buen conformado. Este tipo de surcador o encamadora es ampliamente usado en cultivo de piña (Figura 17).

Uso del desterronador o Rotokin: Se está haciendo práctica común el uso de la doble labor en una pasada de tractor. En el caso del alistado de la cama de semilla, se usa en conjunto el rotopunta con la caja encamadora. El rotopunta consiste en un rodillo horizontal con puntas encubierto en una estructura cobertora metálica. Su función es desmenuzar el suelo a niveles de granulometría a los que no puede llegar una rastra afinadora offset. La hechura conjunta de la cama de semilla y desmenuzando, permiten un acabado muy fino de la cama, facilitando el desarrollo de la semilla por el buen drenaje y la porosidad del suelo (Figura 18).

Las condiciones naturales del medio donde se desarrolla la semilla deben ser tomadas en cuenta al momento de la preparación del terreno. Condiciones tales como: precipitación, pendiente, textura y estructura del suelo, drenaje, viento, son factores decisivos al momento de escoger los implementos y los niveles de reducción de la granulometría. Además la dirección en que se prepara el terreno puede tener incidencia en un aumento de la erosión hídrica.


Es fundamental establecer obras de conservación de suelos (no es el objetivo de esta publicación) para que el área de la plantación no se vea afectada por una pérdida constante del recurso suelo y sus capas de materia orgánica que generalmente son las más vulnerables y expuestas a la erosión.



FIGURA 17: ENCAMADORA DE VERTEDERAS CON TOLVA PARA FERTILIZANTE.



FIGURA 18: ROTOPUNTA PARA AFINAMIENTO DEL TERRENO AL ENGANCHE A LOS TRES PUNTOS Y ACCIONAMIENTO POR TOMA DE FUERZA.



*Un ordenador
es para mí la
herramienta más
sorprendente que
hayamos ideado.
Es el equivalente a
una bicicleta para
nuestras mentes.*

Steve Jobs (1955-2011)

EQUIPOS BASE, CONCEPTOS Y SU PREPARACIÓN.

TRACTORES DE LLANTAS:

El tractor de llantas es el equipo central en cualquier sistema de mecanización agrícola. Cumple distintas funciones dependiendo de su potencia y las necesidades de mecanización de la explotación agrícola/forestal/pecuaria (Figura 19).

Los tractores modernos cumplen un amplio rango de funciones gracias a sus accesorios para accionamiento de implementos. Estos accesorios son (Figura 20):

- Enganche de tres puntos trasero
- Enganche de tres puntos delantero
- Toma de fuerza trasera
- Toma de fuerza delantera
- Tomas hidráulicas de servicios auxiliares (traseras y delanteras)
- Eje delantero de doble tracción
- Variación de la carga de lastre. Tanto metálico como agua
- Barra de tiro. De tipo largo o de enganche corto.

Estas características básicas le permiten al tractor accionar una gran cantidad de implementos. Preparación de suelos, mantenimiento de cultivos, manejo de



FIGURA 19: TRACTOR AGRÍCOLA CONVENCIONAL MODERNO.



FIGURA 20: TRACTOR AGRÍCOLA CON 4 LLANTAS IGUALES Y CABINA CENTRADA. DISTRIBUCIÓN DE PESO 50% A 50%.

alimentación animal, transporte de materiales y otros.

Los implementos están diseñados de acuerdo a un rango de potencia del tractor a la toma de fuerza, caudal de bomba hidráulica, presión del circuito hidráulico, capacidad de levante del enganche de tres puntos.

Los rangos sugeridos por los fabricantes deben atenderse. De no hacerse, el implemento no se acciona correctamente, el rendimiento es mínimo y se le puede causar daño mecánico tanto al tractor como al implemento.

TRACTORES DE CARRILES:

El tractor de carriles para uso agrícola tiene funciones muy específicas, como:

Desmonte de terrenos, nivelación de suelos, conformación de caminos, labores de tiro de apoyo a tractores de llantas en condiciones de alta humedad de suelos, labores de preparación de suelos con rastra y subsolador (Figura 21).

Estos equipos tienen la desventaja de ser dependientes de transporte aparte para movilizarse grandes distancias.



FIGURA. 21: TRACTOR DE CARRILES DE TIPO INDUSTRIAL.

La configuración básica para las labores requeridas en aplicaciones agrícolas son:

- Rodaje de zapata ancha de una garra para flotación
- Pala frontal de tipo PAT (angulable, inclinable hidráulicamente)
- Accesorio trasero: Ripper de tres vástagos o winch hidráulico
- Transmisión de tipo hidrostático para alta maniobrabilidad con un solo mando manual (joystic)
- Arco de seguridad tipo ROPS

Una de sus ventajas principales respecto al tractor de llantas es su alta capacidad de tracción, por la superficie de contacto de las orugas con el suelo. Este sistema de rodaje permite hacer labores en suelos agrícolas en condiciones de alta humedad donde las llantas convencionales no pueden generar tracción por su reducida huella. Esto le confiere la ventaja también de reducir la compactación sobre el suelo, que es muy común en equipos sobre llantas.

Se debe aclarar la característica técnica sobre los tractores de aplicación especial, ya poco comunes en el mercado de maquinaria.

Los de aplicación especial son tractores de carriles diseñados para uso agrícola en labores de preparación de suelos sobre todo con rastra. La diferencia entre este y el tractor tipo industrial que se ha usado de ejemplo antes, está en la posición del centro de gravedad (Figura 22).



FIGURA 22: TRACTOR DE CARRILES DE APLICACIÓN ESPECIAL. CENTRO DE GRAVEDAD HACIA ADELANTE.

La razón de ambas es: El tractor de aplicación especial tiene su centro de gravedad hacia el frente del tractor. Al pegar implementos atrás; equilibra el centro de gravedad en el centro del tractor.

El industrial tiene el centro de gravedad de la mitad hacia atrás. Al tener pala frontal y hacer labor de empuje equilibra su centro de gravedad hacia el centro del tractor.

PROTECCIÓN DE MÁQUINAS Y OPERARIOS:

Estado de las llantas: Las llantas agrícolas son un elemento esencial para el buen rendimiento del tractor, ya sea en labores de preparación de suelos o transporte así como es un factor de seguridad en la operación del tractor. El costo de estas es bastante alto; de ahí la importancia del cuidado tanto de su banda de rodamiento como de sus paredes laterales. El recauche es básico para aumentar la vida útil de las llantas. La revisión constante de la presión de inflado y la estructura de la llanta en busca de cortes en banda de rodamiento y paredes laterales, previene fallas de pueden derivar en accidente (ver Figura



FIGURA 23: LLANTAS AGRÍCOLAS ANCHAS DE TIPO DE FLOTACIÓN.

23).

Estado de las luces de circulación, frenos y dirección: Las luces en el tractor son indispensables en las labores agrícolas. Se dan dos ejemplos de su importancia.

1. En labores agrícolas nocturnas tal como preparación de suelos, un buen sistema de luces permite ver con detalle toda el área circundante a por lo menos 5.00 m. de radio.

2. En labores de transporte por carretera, las luces son indispensables dado que los tractores y su equipo remolcado siempre van a velocidades menores que el tránsito normal. Por esto es básico que el conjunto tractor-remolque tenga una adecuada señalización de su ancho total y el tractor en buen estado sus luces principales y de parque que muestren el ancho completo del tractor (ver Figura 24).



FIGURA 24: SISTEMA DE LUCES DE CIRCULACIÓN Y TRABAJO DE UN TRACTOR AGRÍCOLA.

Carga máxima a acoplar en la barra de tiro trasera:

La barra de tiro es un accesorio que se le debe prestar atención máxima. Tanto en labores de preparación de suelos o cultivo con equipos de arrastre. También en trabajos de transporte donde los remolques deben asegurarse a la barra para evitar que se despeguen.

La barra de tiro tiene varias posiciones de enganche que le permite alargarse o recogerse. Esto reduce o aumenta su capacidad de carga vertical y la rigidez. Dependiendo del tipo de remolque, la barra se va a forzar más o menos. Los remolques de un eje que adicionan peso a la barra de tiro lo hacen en mayor o menor medida por la posición del eje único del remolque desde el punto de enganche al tractor (Figura 25).

El criterio para sacar o meter la barra de tiro se hace por necesidad de alejar las esquinas del remolque (caso de carretas con paredes) del guardabarros trasero del tractor al dar vueltas muy cerradas.

La barra muy alargada tiene el peligro de fracturarse por la fuerte palanca a que se somete por la carga que le induce el peso del remolque de un eje. El caso de remolques de dos ejes, el problema de la carga sobre la barra prácticamente no existe, puesto que la barra va simplemente apoyada sobre la barra de tiro (Figura 26).

Las barras deben llevar aditamentos de seguridad tal como pines laterales que evitan la oscilación lateral excesiva, muy perjudicial en el caso de caminos con pendiente lateral en que el remolque puede resbalar lateralmente; y dependiendo de su peso puede jalar al tractor resbalándolo y volcándolo. El principal aditamento de seguridad es el pasador inferior o superior que hace que el pin no se salga de la barra de tiro, situación que se puede dar en caminos con cambios de pendiente donde el movimiento entre barra de tiro y timón del remolque fuerzan hacia arriba el pin por instantes pudiendo sacarlo de su alojamiento (Figura 27).

Las barras de tiro normalizadas tienen rótulo lateral con indicaciones de su capacidad de carga dependiendo de su longitud.

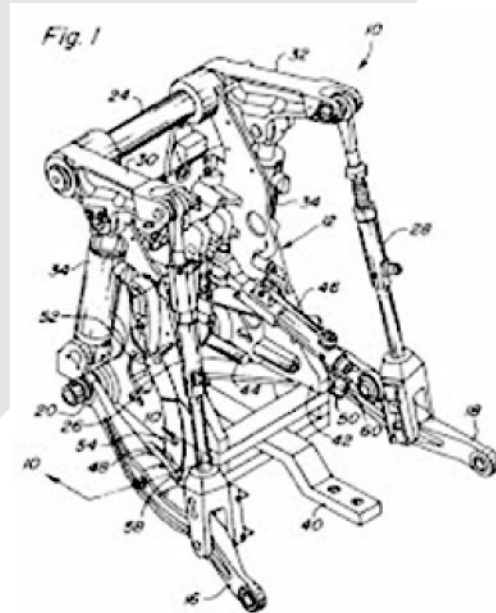


FIGURA 25: VISTA TRIDIMENSIONAL DE SISTEMA DE ENGANCHE DE TRES PUNTOS TRASERO DE UN TRACTOR AGRÍCOLA.

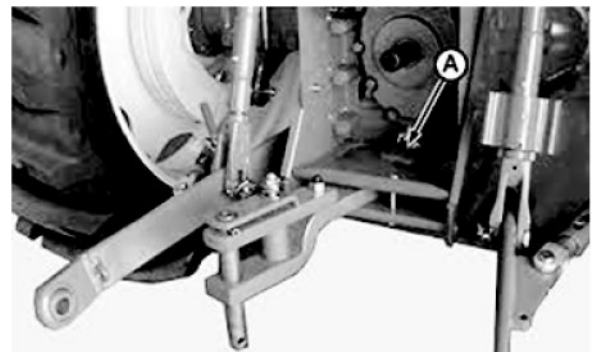


FIGURA 26: BARRA DE TIRO TRASERA CON PIN DE ACOPLE.



FIGURA 27: TIMÓN DE IMPLEMENTO CONECTADO A BARRA DE TIRO DE TRACTOR.

Distribución de peso en los ejes trasero y delantero:

En tractores de llantas de bastidor rígido (los más comunes) con tamaños de ruedas desiguales entre los ejes trasero y delantero, la distribución de peso normal es de 60% del peso atrás y 40% adelante. Esto sin conectar implementos al enganche de tres puntos trasero.

Al montar implemento atrás o adelante (si tiene enganche delantero), la distribución varía por adición de peso en alguno de los dos extremos. Esta adición de peso (atrás) debe mantenerse dentro de un rango que mantenga un mínimo de 20% del peso total sobre el eje delantero. Esto es indispensable para maniobrar con seguridad el eje de dirección del tractor y no exponer a este y su equipo acoplado a un levantamiento repentino del eje delantero en una condición de pendiente que pueda causar un accidente. Esto es funcional para cualquier trabajo que realice el tractor; sean labores de preparación de suelos o transporte (Figura 28).

El concepto de adición de peso es válido para implementos elevados en el enganche de tres puntos. No para implementos semi montados (al enganche de tres puntos y con rueda de apoyo al suelo) o de arrastre a la barra de tiro.

Esta distribución ideal debe mantenerse en lo posible, dado que permite los rangos de patinaje adecuados cercanos a 15%. De acuerdo al peso del implemento, se debe contrapesar el tractor manteniendo la relación 60% a 40%. Esto siempre y cuando el implemento sea compatible al tractor (Figura 29).

La recarga de peso excesiva sobre cualquiera de los ejes tiene consecuencias sobre la duración de los componentes. Las llantas pueden verse afectadas en su pared lateral por exceso de peso dañando su estructura. Componentes sensibles del eje delantero como el conjunto piñón-corona frontal, la caja de satélites y las cruces de los reductores delanteros se ven muy afectados por la sobrecarga de peso.



FIGURA 28: TRACTOR CON DISTRIBUCIÓN DE PESO SIMILAR EN AMBOS EJES CARGANDO IMPLEMENTOS EN ENGANCHES TRASERO Y DELANTERO.

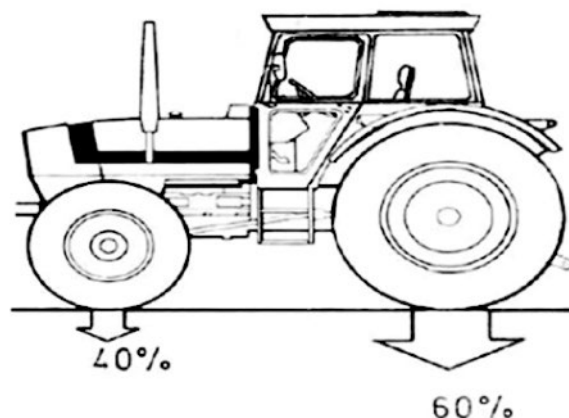


FIGURA 29: DISTRIBUCIÓN DE PESO TÍPICA PARA UN TRACTOR CON DOBLE TRACCIÓN Y LLANTAS DESIGUALES.

Montaje de arco de seguridad contra volconazos:

Este es un accesorio indispensable para la seguridad del conductor. En el presente no se debe comprar un tractor (nuevo o usado) sin arco de seguridad. El peligro de volcamiento es algo constante en un tractor agrícola por el uso en terrenos de ladera, donde el tractor se vuelve propenso a volcar. El arco debe ser mantenido en su lugar siempre y no modificarse afectando su resistencia estructural. El anterior concepto aplica a las cabinas cerradas, que cuentan con arco de seguridad en su perímetro (Figura 30).

Asiento de operador único:

Por su diseño el tractor está hecho para llevar únicamente al operador como lo estipula el derecho de circulación. El tractor en general tiene un solo asiento, salvo caso de tractores con cabina de cierta potencia en adelante que llevan un asiento de acompañante. Este debe llevar cinturón de seguridad como el del chofer (Figura 31).

Personas adicionales que vayan en la grada del tractor, guardabarros trasero o enganche de tres puntos, se transportan en una condición por completo insegura.

En caso de un volconazo solo la persona que va en su asiento (operario) tiene posibilidades reales de sobrevivir.

Velocidades máximas permisibles en carretera:

Las velocidades máximas se establecen en base a las características técnicas de los tractores. Estos equipos tienen mandos finales de doble reducción en el eje trasero. Esto quiere decir que entre mayor es la reducción en mandos finales, menor es la velocidad de avance. La caja de cambios dependiendo del número de relaciones, puede hacer una combinación con mandos finales de forma

que las velocidades máximas en carretera son de 30 o 40 km/h en transmisiones sincronizadas (Figura 32).



FIGURA 30: EL ARCO DE SEGURIDAD ROPS ES UNA ESTRUCTURA INDISPENSABLE PARA PROTEGER AL OPERARIO DE VOLCONAZOS.



FIGURA 31: ASIENTO DE SEGURIDAD ÚNICO EN CABINA CERRADA DE TRACTOR.



FIGURA 32: TRACTOR EN LABOR DE REMOLQUE DE TANQUE BOÑIGUERO POR CARRETERA.

Como referencia se indica que en tractores modernos diseñados para circular por carretera (además de funciones de preparación de suelos), estos pueden circular a velocidades de hasta 60 km/h. Para esto se requiere que el tractor este equipado con:

- Llantas radiales
- Eje delantero con suspensión hidráulica
- Suspensión en la cabina del operador
- Frenos con sistema ABS en las cuatro ruedas
- Transmisiones powershifto continuamente variable (IVT)
- Frenos en el remolque tirado por el tractor. El conjunto frenará simultáneamente al aplicar el freno del tractor, haciendo al conjunto tractor-remolque muy seguro.

Los tractores convencionales en el rango de 80 a 110 HP no tienen estas características anteriores por lo que su velocidad máxima en carretera es de 40 Km/h y sin ningún implemento o remolque acoplado en su parte trasera. Al acoplar implementos la velocidad de avance se reduce por aspectos de carga y seguridad. Se puede dar el caso en que un remolque acoplado en terreno plano y que luego toma una pendiente, la carga lo puede sacar de la trayectoria por la inercia y empuje de esta (Figura 33).

El tractor por su alto despejo al suelo y las cargas que arrastra, se convierten en un sistema en movimiento muy peligroso. De aquí la importancia máxima que tienen el sistema de frenos del conjunto tractor-implemento y la dirección hidrostática.

Acople seguro de implementos en la barra de tiro:

Este aspecto tiene una importancia clave en la seguridad del transporte y no se le da la importancia requerida. Se maneja con mucho descuido y por esto han ocurrido gran cantidad de accidentes atribuibles al mal estado de los componentes involucrados en el enganche tractor-implemento.



FIGURA 33: SISTEMA DE ENGANCHE TRASERO DE TRACTOR AGRÍCOLA CON BARRA DE TIRO.

Los componentes para el acople del tractor al remolque son:

- **Barra de tiro de tractor o enganche de acople corto:** Esta se debe mantener siempre intacta en su estructura. El gancho de acople fijado rígidamente a la barra. Verificar el desgaste de la barra en la base donde se encuentra el hueco sobre todo con remolques de un eje que le transfieren peso a la barra. Los pines de limitación del movimiento lateral se deben encontrar en su posición para evitar la sacudida lateral. El pin de fijación de pivote inferior de la barra de tiro se debe revisar diariamente. Si este se desmonta la barra de tiro se sale de su lugar. NUNCA se debe aplicar soldadura a una barra de tiro. En caso de fractura, lo recomendable es desecharla (Figura 34).
- **Pines de sujeción de barra de tiro y del acople corto:** Los pines deben revisarse por desgaste generado por los esfuerzos de tiro y el tiempo de uso.
- **Timón de enganche del implemento a remolcar:** Se debe verificar frecuentemente la medida del hueco de enganche del timón. Si este se hace más grande de la medida original causará esfuerzos cortantes en el pin de enganche produciendo desgaste y su



FIGURA 34: SISTEMA DE ENGANCHE TRASERO CON BARRA DE TIRO, BRAZOS DE LEVANTE Y TERCER PUNTO.

falla estructural. Hay que revisar el estado de la oreja de enganche, la cual no debe tener torceduras producto de volconazos. Esto para el caso de orejas rígidas. Ahora muchos timones traen oreja de acople de tipo giratorio para evitar torceduras en caso de volconazo.

- **Pin de enganche de barra-timón:** El pin debe mantenerse sin desgaste en su diámetro. Debe ser fabricado en un material duro, tal como acero 4140 con borde superior de diámetro saliente para su soporte en la barra de tiro. El diámetro recomendable no debe ser menor a 1.25 pulg y tener suficiente longitud libre por su parte inferior. Además como factor de seguridad este debe tener una perforación diametral en su parte más baja para meter un pasador o tornillo de seguridad que impida su movimiento

vertical brusco que lo pueda sacar. Este problema se da cuando uno de los huecos, sea de la barra de tiro o del timón es muy grande, lo que hace que este quede flojo, saliéndose cuando la barra y el timón forman un ángulo en condiciones de camino donde se dan cambios de pendiente. Un caso es el paso por un vado de río donde hay un palanqueo por el cambio de pendiente al atravesar el río.

- **Cadena de seguridad de amarre:** Como elemento de seguridad adicional ante un posible desmontaje del pin en el caso de transporte de remolques. Si estos remolques son muy pesados y circulan en centros de población o transportan personas con los respectivos permisos de ley; se recomienda el uso de cadena de seguridad entre el pivote del timón y el soporte de la barra de tiro. Su longitud debe ser mínima tal que se pueda dar un giro cerrado sin que se tense la cadena, y tampoco ser muy larga, puesto que en caso de salirse el pin, un tramo de cadena muy largo se somete a un jalonazo muy fuerte pudiendo reventarse.

Señalización en remolques de gran tamaño por carretera:

Por lo general los remolques de acarreo de productos agrícolas o subproductos tienen grandes dimensiones y al tratarse de productos a granel, el peso de arrastre es muy alto. Esto implica velocidades de transporte muy bajas; cercanas a los 20 km/h en terreno plano.

Al circular por carreteras públicas donde las velocidades de los vehículos normales son alrededor de 50 a 60 km/h; el encontrar un tractor con remolque a velocidades tan bajas, produce un retardo en el flujo vehicular que incluso puede causar accidentes (Figura 35).



FIGURA. 35: REMOLQUE DE DOS EJES DE ENGANCHE A BARRA DE TIRO DE TRACTOR PARA TRANSPORTE EN CARRETERA.

Esta condición muy especial de los equipos agrícolas circulando por carretera, implica medidas de seguridad como:

- Conjunto tractor remolque con sistema de frenos (ambos equipos)
- Tractor con luces frontales y traseras completas.
- Remolque con luces de circulación colocadas en las partes extremas traseras, frontales y laterales (ver figura 36).
- Carga del remolque protegida. Quiere decir: Tapar carga con lona a fin de evitar caída de material a granel que pueda provocar accidentes sobre peatones u otros vehículos cercanos.
- Uso de cadena de seguridad entre tractor y remolque como medida de seguridad adicional ante posible desacople entre tractor y remolque.

Estas medidas de seguridad aplican para implementos agrícolas de grandes ancho de trabajo y longitud.

Se debe tener especial cuidado con los equipos descentrados (que no van directamente centrados atrás del tractor), tales como: cosechadoras de forraje laterales o trailers de auto volteo. Estos equipos requieren para su transporte por carretera de señalización muy densa al lado del equipo que va cerca del centro de la carretera.

Uso de cubiertas protectoras en el tractor:

La naturaleza del trabajo del tractor implica circular por terrenos escabrosos, con alta pedregosidad, troncos y otros obstáculos.

Dada esta situación es una buena práctica poner cobertores a elementos sensibles del tractor que se encuentran muy expuestos a ser dañados por golpes de elementos solidos ajenos al tractor, tales como (Figura 37):

- Tanque de combustible y mangueras
- Barra de transmisión de la doble tracción
- Instalación eléctrica y sensores expuestos
- Electroválvulas de accionamiento de sistemas
- Filtros hidráulicos



FIGURA 36: LUCES DE CIRCULACIÓN EN GUARDABARRO TRASERO DERECHO DE TRACTOR.

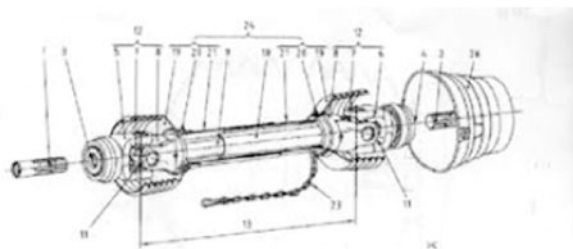


FIGURA 37: ESQUEMA DE EJE CARDAN DE CONEXIÓN A TOMA DE FUERZA CON SU COBERTOR DE PROTECCIÓN.

CONCEPTO DE FLOTACIÓN Y TRACCIÓN:

La comprensión de estas características de los tractores, ayuda en el mejoramiento de la tracción del tractor y la protección del suelo.

Flotación: Es un concepto directamente relacionado al peso del tractor y área de contacto del sistema de rodaje con el suelo (Figura 38).

Entre dos tractores idénticos con llantas diferentes, a igual peso del tractor, entre mayor sea la huella de las llantas, menor será la compactación producida por el tractor de llantas más anchas.

Tracción: Es una característica relacionada al área de contacto de las huellas con el suelo y el peso que actúa sobre dichas huellas.

Área de la huella en tractores de llantas y orugas:

En tractores de llantas: Normalmente la huella de las cuatro llantas en un tractor tiene forma elíptica. Esta forma tiene una mayor medida en las ruedas traseras que en las ruedas delanteras. La suma de las cuatro huellas nos dará el área total de contacto con el suelo (Figura 39).

En tractores de orugas: La huella de contacto con el suelo para ambas orugas se muestra como un rectángulo. Esta área representa muchas veces la suma de las áreas de huella de un tractor de llantas.

La diferencia de áreas establece la capacidad de tracción muy superior del tractor de carriles sobre el tractor de llantas. Esto para un peso dado en ambos tipos de tractores.

Se muestran las áreas de contacto del sistema de rodaje (llantas u orugas) para un tractor agrícola y un tractor de oruga convencional:

- 1) Tractor de oruga CAT D5K Versión XL.
Potencia al volante de motor: 77.6 Kw (104 Hp)
- 2) Tractor agrícola John Deere 6105 J.
Potencia al volante de motor: 78.3 Kw (105 Hp)
- 3) Tractor CAT equipado con rodaje de cadenas de garra única de 510 mm de ancho.
- 4) Tractor John Deere equipado con llantas delanteras: 14.9 x 24 R1 y traseras: 18.4 x 38 R1

Área de contacto con el suelo tractor oruga CAT:

$$510 \text{ mm} * 2.310 \text{ mm} = 1,178.1 \text{ mm}^2 * 2 \text{ orugas} = 2,356 \text{ mm}^2 = 2,356 \text{ m}^2$$

Área de contacto con el suelo tractor de llantas John Deere. A nivel superficial.

$$\text{Llanta delantera } 14.9 * 24: 870.97 \text{ cm}^2 = 0.087 \text{ m}^2 * 2 \text{ llantas} = 0.174 \text{ m}^2$$

$$\text{Llanta trasera } 18.4 * 38: 1935.5 \text{ cm}^2 = 0.194 \text{ m}^2 * 2 \text{ llantas} = 0.388 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contacto total a nivel superficial: } 0.562 \text{ m}^2$$

Área de contacto con el suelo tractor de llantas John Deere a 3 pulg (7.6 cm) de profundidad.

$$\text{Llanta delantera } 14.9 * 24: 2232.3 \text{ cm}^2 = 0.223 \text{ m}^2 * 2 \text{ llantas} = 0.446 \text{ m}^2$$

$$\text{Llanta trasera } 18.4 * 38: 4354.8 \text{ cm}^2 = 0.435 \text{ m}^2 * 2 \text{ llantas} = 0.87 \text{ m}^2$$

Área de contacto total a 3 pulg. de profundidad: 1.316 m²

De los resultados obtenidos se puede inferir lo siguiente:

El área de contacto de llantas a 3 pulg. de profundidad se refiere a un tractor con carga en el enganche de tres puntos. Representa el hundimiento de la llanta que describe un arco de circunferencia a profundidad en el suelo que se considera como área de contacto con el suelo multiplicado por 2 para el eje trasero más el área de contacto de la llanta delantera por 2 para el eje delantero. (A= 1.316 m²)

El resultado en área de contacto con el suelo a profundidad es muy superior a la huella de la llanta haciendo simple contacto con el suelo; la que describe un óvalo. (A= 0.562 m²)

Estos valores son muy inferiores al área de contacto que muestra el rodaje de un tractor de orugas (A= 2.356 m²).

Este valor casi duplica al área de contacto de las llantas a profundidad de 3 pulg.

Estos números justifican la diferencia en capacidad de arrastre y flotación de un tractor de oruga vs un tractor de llantas teniendo como parámetro la potencia de motor similar.

Justificar la inversión en un tractor de cadenas debe tener varios parámetros (se muestran a continuación) entre los cuáles está el anterior:

- Costo del equipo
- Horas de uso anuales
- Versatilidad de uso en terrenos húmedos y de topografía inclinada
- Costo de mantenimiento
- Capacidad técnica para flotación y tracción sobre el terreno
- Valor residual



FIGURA 38: REMOLQUE DE TRANSPORTE DE GRANDES DIMENSIONES CON SEIS LLANTAS DE FLOTACIÓN PARA DISTRIBUCIÓN DE CARGA Y SISTEMA DE FRENOS.

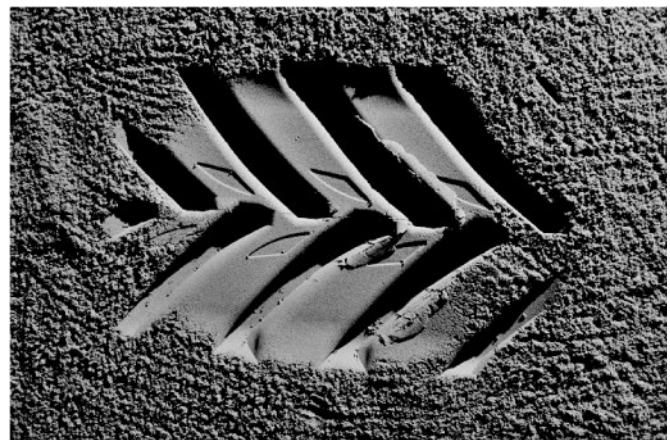


FIGURA 39: HUELLA DE LLANTA DE TRACTOR AGRÍCOLA CONVENCIONAL.

Presión de inflado de llantas: La presión de inflado tiene una incidencia clave en la capacidad de tracción de un tractor de llantas. Con frecuencia se comete el error de inflar las llantas agrícolas como si fueran llantas de un vehículo liviano a una presión de 30 PSI. Esto es un grave error puesto que en llantas agrícolas entre mayor es la cámara de inflado menor es la presión que se debe dar. Para conseguir una mejora en la capacidad de tracción y un transitar del tractor con menos brincos es necesario reducir la presión a valores de 15 PSI por ejemplo, siempre y cuando la llanta esté especificada para trabajar a dichas presiones. La reducción de presión tiene un efecto de aumento del área de contacto con el suelo que mejora su capacidad tractiva siempre y cuando se mantenga el peso que gravita sobre las llantas (peso completo del tractor) (Figura 40).

Llantas dobles: El efecto de estas es de duplicar el área de la huella en tractores de llantas. El aumento de la capacidad de tracción es significativo, más no llega nunca a los niveles de tracción de un tractor de carriles. El costo de la doble llanta es significativo dado que se requiere mano de obra adicional para montaje y desmontaje de estas, costo del aro, sistema de fijación (tornillos y tuercas), llantas. Además se puede dar el caso de dificultad de paso muy angosto por puentes y entradas de fincas donde se colocan portones entre columnas fijas. Otra condición negativa es en terrenos pedregosos donde se presan piedras entre los pares de llantas que dañan sus paredes laterales internas por lo que deben extraerse, perdiendo tiempo muy valioso (Figura 41).

Orugas de hule para tractor agrícola: Este es un “nuevo” concepto desarrollado en USA en los años 70. Inició sustituyendo las ruedas frontales de flotación en cosechadoras de granos para mejorar la tracción en suelos fangosos. El concepto se trasladó a tractores agrícolas instalándose inicialmente en el eje trasero, luego se extendió a ambos ejes, desarrollándose orugas triangulares de

huella con forma rectangular sustituyendo cada oruga a cada llanta aumentando significativamente la huella de contacto y su capacidad de tracción. Las características de un tractor de llantas en cuanto a capacidad de giro, velocidad de avance, tránsito por terrenos sinuosos, no se ven alteradas al cambiar a orugas. La mejora de tracción es sobresaliente y se mantiene la versatilidad del tractor de llantas. El cambio entre orugas y llantas es muy simple dado que el centro de la oruga tiene la misma forma del hueco central para el reductor (salida del mando final) y los huecos de los tornillos del



FIGURA 40: BAJA PRESIÓN DE INFLADO AUMENTA EL ÁREA DE CONTACTO DE LA LLANTA CON EL SUELO.



FIGURA 41: SISTEMA DE SIEMBRA COMPLETO CON REQUERIMIENTO DE ALTA TRACCIÓN (LLANTAS DOBLES).

flanger de la oruga de modo que se puede desmontar un sistema y montar el otro.

El inconveniente de este sistema es su alto costo en el presente. La producción no se ha masificado, sino que está en manos de sus inventores originales, por lo que hay pocas patentes sobre el invento e igual fabricantes especializados en su diseño y producción. Esto hace que su costo sea muy alto. A modo de ejemplo, un juego de orugas para un tractor 180 HP tiene un costo de unos \$70,000.00. Muy alto si se compara con el valor del tractor agrícola (Figura 42).



FIGURA 42: TRACTOR AGRÍCOLA ARTICULADO CON RODADO DE ORUGAS INDIVIDUALES.

PREPARACIÓN DE TRACTORES E IMPLEMENTOS. BALANCE DE PESO Y PESO TOTAL DEL TRACTOR.

Carga adecuada sobre cada eje: Los tractores de llantas debido a su configuración en que el eje trasero soporta la mayor cantidad de carga, se hace necesario distribuir el peso total del tractor de forma proporcional a las dimensiones del tren de potencia en la parte trasera y delantera.

Estando el tractor a su capacidad máxima de carga sin implemento conectado se debe buscar una distribución de peso entre eje trasero y delantero de 60% atrás y 40% adelante.

Esta distribución es aconsejable dadas las dimensiones de las transmisiones delantera y trasera.

Transferencia y adición de peso a los ejes:

Estos conceptos se pueden explicar con ejemplos. La adición de peso a cada eje consiste en la colocación de lastre líquido o metálico al eje, ya sea poniendo pesas o agua a las llantas. Esta práctica se hace tanto al eje trasero como al delantero. Aquí se está agregando peso extra dentro de los límites permisibles de la máquina por una necesidad de mayor tracción o más peso para soportar el empuje de remolques en caminos de pendiente.

La transferencia se puede explicar al acoplar un implemento al enganche de tres puntos. El tractor sin implemento tiene una distribución de peso aproximada de 60% atrás y 40% adelante. Al enganchar el implemento y apoyarlo al suelo la distribución original se mantiene. Una vez que este se eleva con el enganche de tres puntos, la distribución de peso cambia. Al elevar la carga con el enganche trasero el peso total sobre el tractor se puede recargar en el eje trasero hasta un máximo cercano al 80% del peso total. Esto implica que la carga sobre el eje delantero se puede reducir hasta un 20% como mínimo recomendable. Menos carga sobre el eje delantero hace que este tienda a levantarse ante la más mínima irregularidad del terreno, por lo que la pérdida de estabilidad y dirección es continua (Figura 43).

En resumen, la transferencia de peso ocurre al enganchar implementos al sistema de tres puntos del tractor (trasero o delantero). La adición de peso se da al agregar lastre al eje delantero y/o al eje trasero de acuerdo a necesidades de tracción y peso (Figura 44).



FIGURA 43: TRANSFERENCIA DE PESO AL EJE TRASERO POR ENGANCHE DE IMPLEMENTO PESADO.

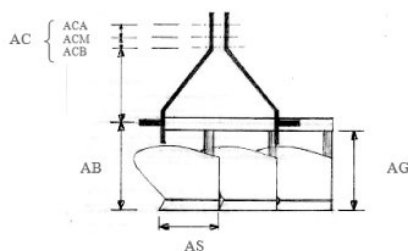
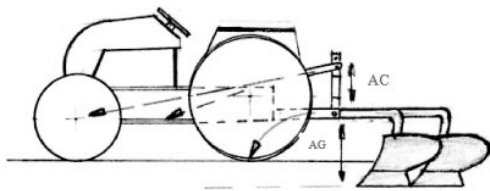


FIGURA 44: DIRECCIÓN DE LA FUERZA RESULTANTE AL MONTAR ARADO DE VERTEDERA AL ENGANCHE TRASERO.

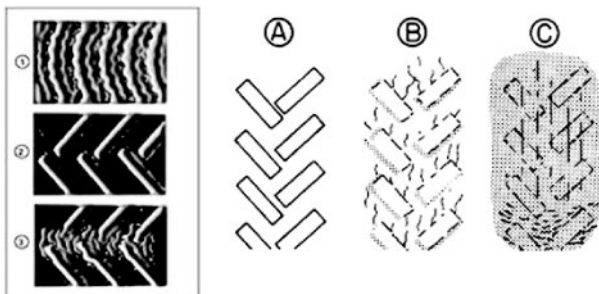


FIGURA 45: FORMA DE LA HUELLA DE LLANTA DEL TRACTOR AL VARIAR EL PATINAJE.

PATINAJE DEL TRACTOR Y SU MEDICIÓN.

Características del patinaje: El patinaje es una característica inherente a los tractores de llantas que realizan altos esfuerzos de tracción. Este fenómeno consiste en la pérdida de velocidad de avance por lo que aumenta el tiempo para finalizar una labor de mecanización en un área dada. El patinaje dependiendo de su valor reduce la capacidad de tracción ya sea con implemento enganchado a la barra de tiro o implemento al levante de tres puntos trabajando bajo el suelo.

Los tractores por su configuración de llantas, distribución de peso e implemento conectado presentarán distintos valores de patinaje. Este puede ser insuficiente como excesivo. Para ubicar estos valores se puede agrupar de la siguiente manera:

Patinaje insuficiente: Valores menores a 12%.
Característica: Excesivo contrapeso, la huella del tractor se define exactamente a la forma del taco de la llanta. Tren de potencia del tractor sometido a mucha sobrecarga.

Patinaje excesivo: Valores superiores a 20%.
Característica: Insuficiente contrapeso, la huella del tractor se desdibuja por completo. Tren de potencia del tractor con excesiva holgura y sometido a mucho golpeteo.

Patinaje adecuado: Valores entre 12% a 20%.
Característica: Huella definida con cierta deformación. Tren de potencia con holgura adecuada que le permite absorber golpes no de forma directa.

Forma de variar el patinaje: La variación de estos porcentajes se logra a través del aumento o reducción del contrapeso en los ejes delantero y trasero y la adición de lastre líquido a las llantas en ambos ejes (Figura 45).

También por el uso de llantas dobles en ejes trasero y delantero (ver Figura 46).

El lastre metálico consiste en las placas de pesas delanteras montadas en el soporte

frontal del tractor. Generalmente son unidades de peso aproximado a 40 kg. El lastre metálico trasero consiste de anillos atornillados a los aros traseros y normalmente se agregan dos por rueda trasera. Su peso individual puede llegar a los 50 kg (Figura 47).

El lastre líquido se agrega al volumen de la llanta, colocando la válvula de llenado en posición superior para llenar la llanta con agua hasta un volumen aproximado al 75% del volumen total.

Otra forma de reducir el patinaje y aumentar la capacidad de tracción es a través de la reducción de la presión de inflado de llantas. Dependiendo de la construcción de la llanta, sea convencional o radial, la presión de inflado se puede reducir a niveles entre 8 y 15 PSI (también las llantas cargadas con agua) lo que va a aumentar la tracción.

La llanta radial por su estructura tiene mayor capacidad de deformación de su pared lateral, por la baja presión de inflado a la que puede trabajar. Esto aumenta el área de contacto con el suelo y su capacidad de tracción (Figura 48).

Medición del patinaje: Se requieren dos condiciones para medir el patinaje de un tractor (Figura 49).

- 1) Recorrido horizontal con implemento alzado sin patinar
- 2) Recorrido horizontal con implemento trabajando el suelo con patinaje

Procedimiento:

- Se cuentan 10 vueltas de la rueda trasera con el implemento alzado y se mide el recorrido horizontal. D_{sp}
- Se cuentan 10 vueltas de la rueda trasera con el implemento trabajando y se mide el recorrido horizontal. D_{cp}
- Hechas las medidas de campo, se relacionan las distancias obtenidas por fórmula matemática:

$$\% \text{ Patinaje} = ((D_{sp} - D_{cp}) / D_{sp}) * 100$$



FIGURA 46: LLANTAS DOBLES EN AMBOS EJES PARA LABORES DE ALTA TRACCIÓN.

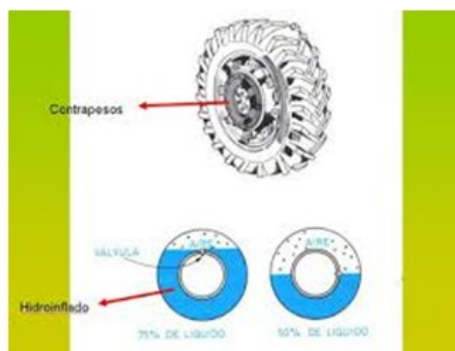


FIGURA 47: FORMAS DE CONTRAPESO EN TRACTOR. LASTRE METÁLICO Y AGUA EN LAS LLANTAS.



FIGURA 48: EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE PRESIÓN DE INFLADO EN LLANTA RADIAL. LLANTA RADIAL SE DEFORMA A BAJA PRESIÓN BAJO CARGA SIN SUFRIR DAÑO ESTRUCTURAL.

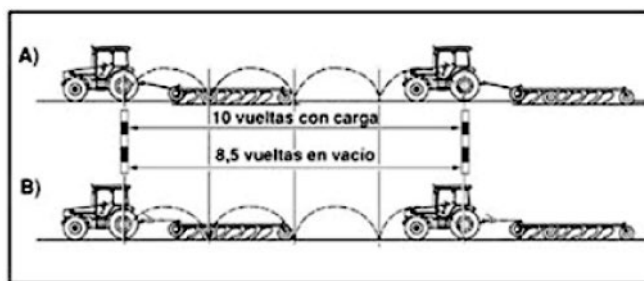
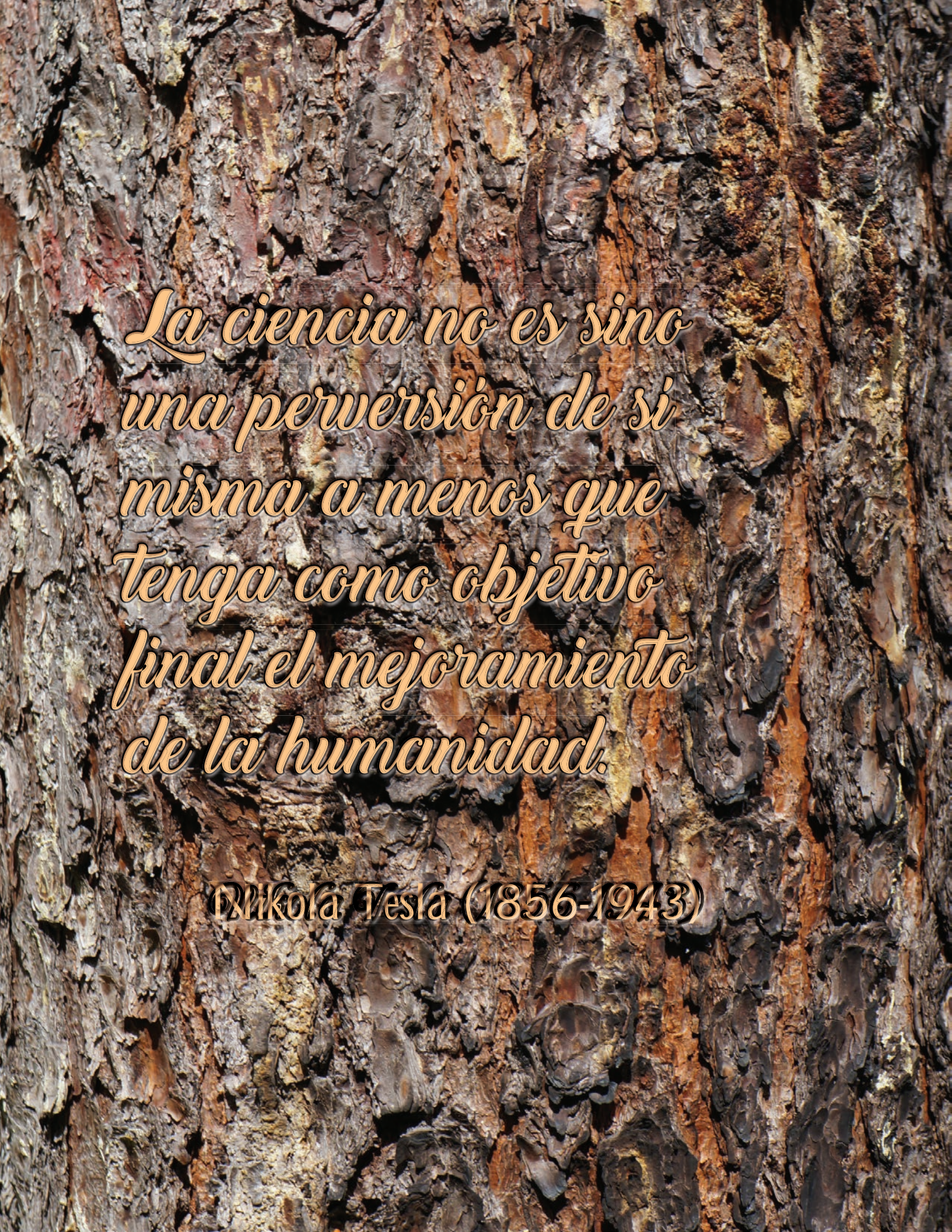


FIGURA 49: ESQUEMA DE PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE PATINAJE. DESPLAZAMIENTO CON IMPLEMENTO ENTERRADO Y CON IMPLEMENTO SIN ENTERRAR.



*La ciencia no es sino
una perversión de sí
misma a menos que
tenga como objetivo
final el mejoramiento
de la humanidad.*

Nikola Tesla (1856-1943)

RENDIMIENTO DE LABORES DE PREPARACION DE SUELOS

La adecuada administración de maquinaria implica conocer el rendimiento de las distintas labores efectuadas por los equipos agrícolas, sean de preparación de suelos o labores de mantenimiento del cultivo. Esto permite asignar costo a las labores y medir donde existen ineficiencias. (Figura 50).

CAPACIDAD EFECTIVA DE TRABAJO:

Se define como: $C = Va * Ac * Ef$

Donde:

Va= velocidad de avance del conjunto tractor implemento (m/h)

Ac= ancho de corte (m)

Ef =Factor de eficiencia. Este depende de varios factores que se explican a continuación.



FIGURA 50: EQUIPO DE TRES TRACTORES HACIENDO LABORES DE LABRANZA PRIMARIA, SECUNDARIA Y AFINADO DE CAMA DE SIEMBRA.

Para darle valor numérico a este parámetro se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- **Traslape entre pasadas de acuerdo al tipo de implemento.** El traslape puede variar de acuerdo al tipo de cultivo y la forma de siembra. Ejemplos: En cosecha de caña de azúcar no hay traslape entre pasadas continuas de la cosechadora. En labores de preparación de suelos como la rastrea se da traslape entre pasadas sucesivas de unos 20 cm para cubrir el borde de la pasada anterior.
- **Viajes en vacío sobre las cabeceras del campo.** En terrenos de cualquier forma en labores de preparación de suelos hay una faja perimetral de terreno donde no se prepara terreno en el patrón normal de trabajo. Este borde perimetral en que su ancho depende del largo del implemento y su tipo de enganche, se prepara una vez que el área de siembra este por completo preparada. Se hacen las pasadas necesarias para cubrir el ancho en todo el perímetro.

- Tiempos muertos de operario.** (10 minutos por cada hora) Por salud del operario se deben dar estos cortes de trabajo dado que en operación de maquinaria agrícola necesariamente se debe ir constantemente viendo hacia atrás, hacia adelante como es lógico, controlando dirección y manipulando mandos de sistema hidráulico. Estas labores requieren alta atención, concentración y producen mucho cansancio. De aquí la importancia de tomar los descansos.
- Viajes en vacío.** Dependen de la forma del lote. En lotes pequeños amorfos de topografía quebrada, se puede dar el caso de arar solo en una dirección a favor de pendiente (cuesta abajo). Si se usa un arado de vertedera no reversible, se dan las condiciones para que no se pueda arar en dos direcciones. Tanto por el tipo de implemento, en que este arado solo volteo hacia un lado y por una pendiente que no permite la aradura hacia arriba, se hace necesario arar hacia abajo y subir en reversa en viaje en vacío para volver a colocarse en el último surco y hacer una nueva pasada (Figura 51).
- Carga de combustible y mantenimiento básico.** Depende de varios factores. Llegada a tiempo del combustible, tamaño del tanque a llenar, rapidez o complejidad del mantenimiento del tractor (daños inesperados).



FIGURA 51: RASTRA ROTATIVA DE EJES VERTICALES AFINANDO TERRENO. SE MUESTRA CLARAMENTE EL ANCHO DE CORTE.

Ejemplo práctico real:

Labor de aradura con discos.

- Ancho de trabajo: 0.9 m
- Velocidad de avance: 4.8 km/h (4,800 m/h)
- Rendimiento: 0.75
- $C = 0.9 \text{ m} \times 4800 \text{ m/h} \times 0.75$
- $C = 3,240 \text{ m}^2/\text{h} (0.324 \text{ ha/h})$

Resulta evidente que el rendimiento de este implemento es muy bajo, tanto por su ancho de corte como por la velocidad de avance.

La recomendación de uso de un arado de discos es para terrenos pequeños como no más de 3 hectáreas para voltear el terreno en aproximadamente un día.

Para terrenos de grandes dimensiones se recomienda en labranza primaria el uso de rastras pesadas tipo offset de marco muy masivo y discos de 32 pulg o más de diámetro. El uso de implementos de más rendimiento implica el uso de tractores más potentes.

El análisis de posibilidades técnicas conlleva también el estudio del costo de las distintas configuraciones ya que se puede invertir menos en el conjunto tractor implemento pero el rendimiento de campo es menor. Al contrario un conjunto de mayor rendimiento de campo tiene un costo mayor. La lógica dice que el equipo de trabajo debe crecer en tamaño a como aumenta el área de cultivo.

Se debe hacer un análisis técnico-financiero que permita definir cuál configuración tiene el menor costo por hectárea. También se debe tomar en cuenta el costo de oportunidad de tener un equipo de alto rendimiento que permita preparar un terreno en el menor tiempo posible cuando en condición meteorológica variable se puede sacar el máximo provecho de una “ventana” de buen clima.

ESTADO DE LOS IMPLEMENTOS CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CORTE

Herramienta de corte quebrada, sin filo:

La herramienta dañada reduce la calidad del acabado de la preparación. Por ejemplo discos de rastra escotados con mucho desgaste y sin filo producen un acabado de corte e inversión de suelo muy deficiente que obliga a hacer pasadas adicionales sobre las consideradas necesarias. Esta situación reduce el rendimiento y aumenta los costos por más pasadas. El desgaste en los elementos de corte se debe a distintos factores como: Suelos pedregosos y abrasivos que producen desgaste en los bordes de corte de los elementos. Esta condición natural lleva a la recomendación de cada cierto período de uso, hacer el cambio de los elementos de corte. No vale la pena reconstruir o afilar los elementos cortantes porque de fábrica los bordes están tratados térmicamente y el afilado termina por eliminar el borde endurecido, llevando a un desgaste acelerado al elemento, inutilizándolo (Figura 52).

Ejemplos de elementos cortantes: Discos de rastra, discos de arado, puntas de rotokin, cuchillas en L de rotador, cuchillas de martillos y muelas de tungsteno para trituradoras (Figura 53).

ESTADO DE LA ESTRUCTURA (CHASÍS)

La integridad estructural de los implementos es esencial para el adecuado trabajo, así como la duración de este.

Un chasis torcido produce una resultante de fuerzas sobre el tractor desalineada que se sale de la línea central recargando el esfuerzo



FIGURA 52: CUERPO DE DISCOS DE RASTRA. SE MUESTRA EL DESGASTE DE LOS DISCOS ESCOTADOS POR EL USO NORMAL.



FIGURA 53: HERRAMIENTAS DE CORTE TÍPICAS DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS.

de tracción sobre alguno de los dos brazos de levante trasero del tractor.

Este caso se da con los subsoladores cuando el marco portaherramientas se dobla y alguno de los picos pierde la línea recta.

Este daño en el marco se da por un diseño incorrecto de falta de mecanismo de fusible para el pico ante golpes de piedras o troncos.

Al no haber mecanismo de fusible, ante impactos repentinos y violentos, el pico, si está fijado integralmente al marco, se deformará torciendo el marco y perdiendo la línea de trabajo.

El sistema de protección (fusible) es indispensable en subsoladores para evitar daños como el indicado.

Los marcos en rastras son estructuras mucho más elaboradas y tienen dos funciones básicas: como estructura de montaje de los cuerpos de discos y para darle peso a la rastra a fin de que esta aumente la penetración en el suelo al hacer los discos el corte de suelo. Las rastras tipo offset por ejemplo pueden diseñarse para ser rompedoras: estructura corta y masiva (pesada) y discos de gran diámetro mayores a 28 pulg. O ser tipo afinadora: cuerpos de discos lisos y escotados, diámetros de discos de 24 pulg. y estructura (marco) alargado y de perfil estructural más liviano.

En cuanto a duración de estructura del implemento lo ideal es que no se deforme, para lo que el implemento debe tener los mecanismos de protección necesarios (subsoladores). La deformación por golpes lleva a hacer reparaciones inconvenientes como calentar excesivamente la estructura por soldaduras, que la debilita y se facturará en el corto plazo (ver Figura 54).

ESTADO DE LOS COMPONENTES HIDRÁULICOS

Muchos implementos agrícolas modernos están accionados por el sistema hidráulico del tractor.

Los accesorios consisten en pistones hidráulicos y motores hidráulicos. A esto se unen los demás componentes del sistema hidráulico tales como bombas, válvulas distribuidoras, válvulas de alivio, filtros hidráulicos como elementos básicos.

Al conectar el implemento al tractor se conforma un solo sistema hidráulico, que debe ser compatible entre tractor e implemento. Esto quiere decir que debe haber proporción entre el caudal de la bomba hidráulica del tractor, las dimensiones de los pistones y el caudal requerido por los motores hidráulicos del implemento.



FIGURA 54: MARCO DE RASTRA ROMPEDORA DE TIPO PESADO.

La compatibilidad hace que la bomba del tractor accione correctamente en velocidad y fuerza los accesorios del implemento.

Para definir la compatibilidad se debe conocer los requisitos hidráulicos del implemento agrícola de su propia ficha técnica y comparar con el caudal de la bomba o bombas hidráulicas del tractor y la presión de alivio del sistema hidráulico de este.

Cuando ocurren fallas, ya sea en el sistema hidráulico del tractor o en los componentes del implemento, las consecuencias del problema se trasladan por todo el sistema afectando tanto al implemento como al tractor.

Por ejemplo un daño muy común es al conectar una carreta de volteo con pistón hidráulico a un tractor determinado, se puede producir contaminación del aceite de todo el sistema por la suciedad del aceite acumulado en el pistón que posiblemente ha estado conectado a otro tractor con aceite muy contaminado. Este va a afectar la bomba hidráulica del tractor y el distribuidor hidráulico de este como elementos más costosos.

Los problemas más frecuentes en los elementos hidráulicos del implemento son las fugas de aceite en pistones, motores

hidráulicos y válvulas distribuidoras. Las fugas tienen como consecuencia la reducción en el volumen o cantidad de aceite hidráulico en el sistema que puede llegar a hacer perder eficiencia a este reduciendo la velocidad de pistones y motores, por pérdida del nivel de aceite. Además esto produce entrada de aire causando cavitación en el sistema, haciendo que los implementos hidráulicos trabajen a brincos disparejamente.

Otro problema son las obstrucciones en el sistema completo, por ejemplo debido a suciedad en filtros hidráulicos o en acoples rápidos donde se conecta implemento y tractor. Esta falla produce calentamiento del aceite que va a dañar bombas, motores y pistones por pérdida de viscosidad del aceite, rayándose las partes internas de estos e inutilizándolos; requiriéndose el cambio.

COMPATIBILIDAD TRACTOR IMPLEMENTO IMPLEMENTO ADECUADO AL TAMAÑO DEL TRACTOR.

Todo implemento agrícola es correspondiente a un determinado tamaño de tractor. Tan amplio es este concepto como implementos existen: Carretas de volteo, rastras, arados, trituradoras, chapeadoras y otros (Figura 55).

Los implementos agrícolas por lo general definen en su hoja de especificaciones técnicas, la potencia requerida del tractor para el desempeño adecuado del tractor e implemento.

A la potencia requerida debe agregarse la característica del sistema hidráulico, tanto en el caudal de la bomba hidráulica como la presión del sistema hidráulico.

Generalmente estas recomendaciones de requisitos de potencia son reglas de dedo de los fabricantes, estimadas en base a

condiciones de uso muy generales e ideales, sea: Suelos de tipo franco, topografía plana/ondulada, baja pluviosidad.

La medición de potencia requerida para condiciones particulares para un tractor con determinada configuración de llantas y condiciones ambiente definidas es viable y se puede ser muy específico con cálculos ingenieriles (Figura 56).

Caso muy evidente de no compatibilidad es al conectar un implemento al enganche de tres puntos del tractor, este se levanta en su eje delantero perdiendo su capacidad



FIGURA 55: CHAPEADORA DE BRAZO ARTICULADO AL ENGANCHE DE TRES PUNTOS CON MOVIMIENTO HIDRÁULICO.



FIGURA 56: CARRETA DE TRANSPORTE DE TRES EJES ACOPLADA A TRACTOR. PARA ESTAS DIMENSIONES DE CARRETA ES NECESARIO QUE EL REMOLQUE ESTE EQUIPADO CON SISTEMA DE FRENOS SINCRONIZADO AL TRACTOR.

de dirección y maniobra apenas en un terreno plano. Si esta configuración se lleva a un terreno con pendiente, se producirá volcamiento del tractor.

Ejemplos muy interesantes de no compatibilidad podemos verlos en casos como:

- **Tractor y carreta de volteo:** La carreta cargada al máximo en pendiente empuja al tractor haciéndolo resbalar y sacándolo de su línea de avance volcándolo.
- **Tractor y rastra rompedora:** En suelos pesados como arcillosos se hace necesario eliminar al máximo la angulación (poner de filo) los discos cortadores para que se logre avance. Angular la rastra nos lleva a producir patinamiento en el tractor por lo que el avance es mínimo, rendimiento muy pobre. Este caso es muy frecuente.
- **Tractor y subsolador:** Picos en cantidad y profundidad mayor a la capacidad del tractor producen exceso de patinamiento (desgaste acelerado de llantas) y sobrecarga en la transmisión que puede causar fractura en componentes estructurales a un costo de reposición altísimo.
- **Tractor y carreta de descarga de desechos agrícolas de accionamiento hidráulico:** Para un implemento de este tipo con accionamientos hidráulicos en cadena de descarga y rodillo esparcidor (motores hidráulicos) y compuerta de descarga (pistones hidráulicos) es necesario tener en el tractor una bomba hidráulica de alto caudal (no menor a 100 lt/min) de forma que la combinación de funciones hidráulicas no bloquee alguna de estas por falta de caudal hidráulico. Esto es: La detención de la cadena de descarga al accionar a la vez el rodillo esparcidor al tiempo que se abre la compuerta.

La adecuada capacidad hidráulica de la bomba permite mantener tres funciones hidráulicas al mismo tiempo dando máximo rendimiento al implemento.

Preferiblemente y como acostumbran los fabricantes, los sistemas hidráulicos de alto caudal están asociados a bombas hidráulicas de caudal variable y sistemas de presión y flujo compensado (Figura 57).

CARACTERÍSTICAS Y CUIDADOS DE LAS TOMAS DE FUERZA

Las tomas de fuerza son muy prácticas por su versatilidad con muchos implementos, pero su funcionamiento no es bien comprendido, cometiéndose muchas veces errores en su operación, dañándose el embrague de accionamiento.



FIGURA 57: RASTRA ROTATIVA COMPATIBLE AL TRACTOR EN DIMENSIONES, PESO Y POTENCIA DE ACCIONAMIENTO REQUERIDA.



FIGURA 58: SISTEMA DE ENGANCHE DE TRES PUNTOS DELANTERO CON TOMA DE FUERZA.

Este accesorio se ha vuelto indispensable y requiere ciertos cuidados para su duración (Figura 58).

Los implementos tienen establecidas básicamente dos velocidades de salida de P.T.O para su accionamiento: 540 y 1000 rpm. Los tractores cuentan con cambios en su relación de transmisión para aplicar ambas velocidades.

La velocidad indicada por el implemento debe respetarse

El embrague de accionamiento puede ser mecánico o hidráulico. En el caso mecánico se usa un doble embrague en el paquete donde se encuentra el embrague de transmisión y el de toma de fuerza.

Los embragues hidráulicos son más cómodos de accionar pero requieren atención a la carga a girar por la toma de fuerza.

Se dan casos de daño en el embrague hidráulico por sobrecarga que llega a quemar el paquete de embrague. También se produce daño por fugas internas de presión hidráulica que accionan a medias el embrague lo que provoca patinamiento del conjunto de discos y se quema el embrague (Figura 59).

Como ejemplo de fuertes cargas que debe arrastrar la toma de fuerza al accionar implementos se menciona:

- 1) Trituradoras de residuos vegetales de gran peso, muy masivas en donde se necesita accionar la toma a mayor velocidad que el mínimo de velocidad del motor del tractor. Si se acciona a baja velocidad la inercia del implemento detiene el tractor (lo apaga).
- 2) Mixers para mezcla de raciones de alimento para ganado. El tanque

de material de estos implementos al cargarse a su máxima capacidad, presenta gran esfuerzo de accionamiento para la toma de fuerza por el sistema de cuchillas del mixer que se encuentra por completo cubierto de la mezcla de alimento. Esta carga con el tiempo deteriora el embrague gastando los discos de accionamiento del embrague hidráulico, llevando al patinamiento y quema del embrague (Figura 60).



FIGURA 59: EJE CARDAN TÍPICO PARA ACCIONAMIENTO DE IMPLEMENTO POR TOMA DE FUERZA.



FIGURA 60: CONEXIÓN TÍPICA DE IMPLEMENTO AL ENGANCHE DE TRES PUNTOS DEL TRACTOR ACCIONADO POR TOMA DE FUERZA.

PATRONES DE TRABAJO EN PREPARACIÓN DE SUELOS

El patrón a seguir en la forma de preparar el terreno tiene gran incidencia en la eficiencia de preparación, el acabado del terreno y la reducción de la erosión del suelo. Los patrones son variados y dependen mucho del tipo de implemento. Se puede iniciar del centro hacia la orilla, de los bordes hacia el centro o en secciones parciales de los bordes hacia el centro (Figura 61).

La forma de dar la vuelta en las cabeceras varía con el tipo de implemento. Los implementos al enganche de tres puntos totalmente suspendidos dan la mayor eficiencia en las vueltas, mientras que los implementos arrastrados a la barra de tiro de tipo largo como arados de vertedera reversibles de varios surcos y con rueda de apoyo (por su longitud) necesitan prácticamente hacer una vuelta en forma de ocho para acomodarse de nuevo en la línea de surco siguiente (Figura 62).

GEOMETRÍA DEL LOTE/TERRENOS AMORFOS

La mayor eficiencia en la preparación de suelos, donde se consigue la menor cantidad de pases repetidos de tractor e implemento es en los terrenos de forma regular, esto es las formas cuadradas o rectangulares.

En estas configuraciones se definen claramente los tramos rectos más largo posible, vueltas cortas en las cabeceras y traslapes mínimos (Figura 63).

Es necesario en cualquier terreno de forma irregular, la buena práctica de “cuadrar” el terreno de manera que haya una “sección central” cuadrada o rectangular en que se prepara el terreno con máxima eficiencia y luego se prepara los bordes que en este caso resultan ser la periferia o cabecera donde tractor e implemento hacen el giro para

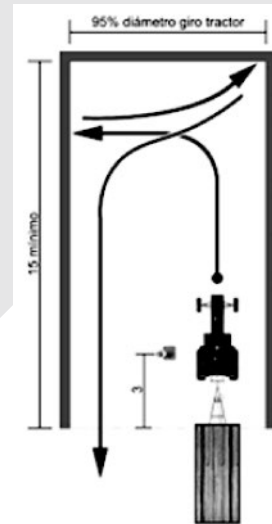


FIGURA 61: SISTEMA DE ENGANCHE DE TRES PUNTOS DELANTERO CON TOMA DE FUERZA.

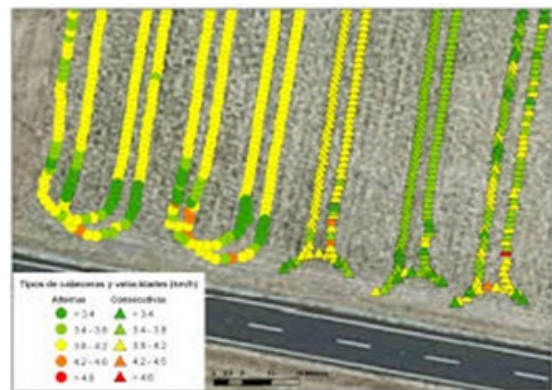


FIGURA 62: PATRONES DE VUELTAS EN CABECERAS DEL LOTE.



FIGURA 63: SURCOS LARGOS EN TERRENO DE FORMA REGULAR. ALTA EFICIENCIA DE PREPARACIÓN DE SUELOS.

acomodarse a la preparación del terreno de forma regular. La periferia debe prepararse al final, dado que al ser la faja donde se produce compactación por las vueltas, es necesario descompactar y preparar al final para alistar el área de siembra completa (Figura 64).

De acuerdo al área total de preparación y la topografía del lote, el terreno a "cuadrar" se puede dividir en sub áreas regulares con red de drenaje bien definida desde la red interna (cuaternaria) hasta los colectores primarios a la salida en el borde del área total.

La definición de la red de drenaje depende de factores como: topografía, pluviosidad, estructura y textura del suelo, forma del terreno.

Esta concepción sale del alcance de esta publicación, aunque su definición va por completo ligada a la forma de preparar el terreno.

TRAFICO DE MAQUINARIA SOBRE EL CAMPO:

La inadecuada planificación del uso de patrones de trabajo en preparación de suelos, así como una deficiente preparación del tractor en la distribución de peso y peso total, lleva a un excesivo paso de maquinaria sobre el campo. Este exceso produce compactación a distintas profundidades, que se presenta como aumento de resistencia a la penetración del suelo.

Hay implementos en los que el control del traslape es complicado, tal como las rastras tipo offset; por su velocidad de avance, ancho de corte y giro, es un implemento que promueve la compactación.

En el caso de las trituradoras, por su velocidad de trabajo baja y ancho de corte muy bien definido por el acabado que deja, es más simple el control de pasadas y traslape.

Esto lleva a un uso del implemento más racional que se manifiesta como menor compactación del terreno.

Como es de esperar el exceso de pases produce aparte de la compactación, también más horas operario, desgaste adicional de llantas y consumo extra de combustible (Figura 65).


En una adecuada gestión de maquinaria, estos parámetros deben medirse para conocer el costo extra innecesario. Una vez Identificado su valor, se deben tomar medidas técnicas para reducir estos costos innecesarios.



FIGURA 64: *TERRENO DE USO AGRÍCOLA AMORFO. NO HAY PATRÓN DEFINIDO DE PREPARACIÓN Y BAJA EFICIENCIA DE LABORES DE MANTENIMIENTO DE CULTIVO.*



FIGURA 65: *MUESTRA DE HUELLAS DE LLANTA DE TRACTOR POR TRÁFICO DE MAQUINARIA.*



*Poco me satisface
aquella ciencia que
no ha sabido hacer
virtuosos a quienes
la profesaron.*

Salustio (83 A.C. - 35 A.C.)

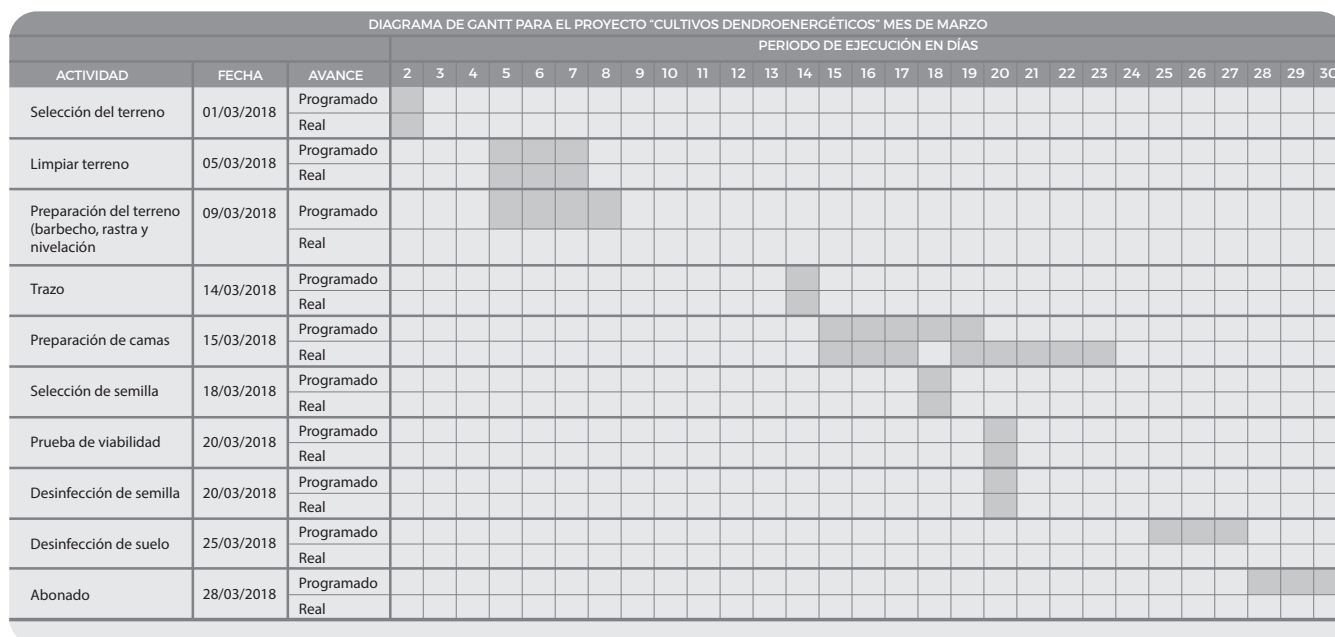
ELEMENTOS BÁSICOS DE ADMINISTRACIÓN DE MAQUINARIA

PLANIFICACIÓN DE LABORES MECANIZADAS EN EL TIEMPO

CRONOGRAMAS DE TRABAJO

El buen rendimiento del uso de la maquinaria parte de la base de un cronograma de trabajo anual/mensual donde se indique de acuerdo al tipo o tipos de labor por realizar, sea el ciclo del cultivo; la proyección de los tiempos de uso de los equipos durante el año. Se puede dentro de este año hacer sub divisiones para observar su uso en períodos mensuales (ver Figura 66).

FIGURA 66: EJEMPLO DE CRONOGRAMA PARA CULTIVOS DENDROENERGÉTICOS. SE MUESTRAN LAS LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELOS.



La mecanización agrícola genera dependencia sobre los equipos; debido a esto las paradas inesperadas tienen un costo muy alto por el atraso en la realización de las labores de las que depende el cultivo para su desarrollo.

Es imposible mantener una disponibilidad de 100% del tiempo de los equipos. Las razones son varias:

- Mantenimiento preventivo
- Llantas estalladas
- Mantenimiento correctivo (varonazos)

Hay otro grupo de razones de parada no atribuibles a la indisponibilidad mecánica tales como:

- Espera de órdenes
- Falta de combustible
- Atasco por barreal
- Paradas dentro de ciclo de trabajo por tiempo prolongado de carga
- Tiempos muertos atribuibles a operario (necesidades básicas, almuerzo)

Las causas de mayor tiempo perdido y costo se atribuyen a los varonazos inesperados. Estos generan costos en dos vías: La imposibilidad de realizar labores asignadas y el costo de su reincorporación a las labores.

Este último puede ser bajo por reparaciones muy sencillas como reparar una llanta que puede demorar una hora y los materiales muy baratos, también puede ser muy alto por una reparación de caja de cambios o de un motor. Dichos trabajos son muy laboriosos, de cuidado extremo, muy lentos y de costo de repuestos muy alto.

En el plan anual de trabajo “se debe hacer campo” a labores de mantenimiento preventivo de la maquinaria. Los espacios de

tiempo en que no se planifican labores de asistencia al cultivo, deben ser empleados en el mantenimiento preventivo.

La escala o nivel de intervención de mantenimiento preventivo depende de la actividad y el nivel de esfuerzo por realizar de la maquinaria y el período de tiempo en que se desarrolla la actividad.

De cualquier manera que se haga, el mantenimiento preventivo **nos aleja de la indisponibilidad no programada** y nos acerca a la disponibilidad en el tiempo requerido.

Se dan casos de cultivos que requieren asistencia agronómica (fumigaciones) prácticamente todos los días del año. Es el caso de la piña.

Se considera por el costo tan alto de la no asistencia que se debe contar con tractores de relevo que suplan la necesidad del o los tractores faltantes por mantenimiento o reparaciones de los titulares.

Esto es válido para muchos cultivos especialmente extensivos en que por su acelerado desarrollo para cumplir con fechas de cosecha, se hace indispensable cumplir estrictamente con el programa de trabajo de asistencia agronómica.

CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE TRACTORES.

ASPECTOS TÉCNICOS:

- **Tamaño de las áreas a trabajar:** El rendimiento del tractor debe ir emparejado con el tamaño del área por trabajar. Área grande, tractor grande y viceversa. La proporción es clave en el rendimiento. De acuerdo al tamaño del tractor, el implemento debe ser compatible con este para lograr un rendimiento adecuado.

- Características del tractor.** PTO, enganche de tres puntos, válvulas de control remoto, barra de tiro, tipo de llantas: En general cualquier tractor de fabricante reconocido tiene un grupo de especificaciones técnicas básicas (accesorios) con las que se cubren la mayoría de implementos. Accionamientos a la toma de fuerza, acople a la barra de tiro o enganche de tres puntos.
- Tipo de implemento a accionar.** Capacidad de trabajo, ancho de corte, velocidad de trabajo: Podemos mencionar una norma básica al emparejar tractor e implemento: Usar el implemento de mayor ancho de corte que el tractor pueda accionar con holgura para este (no exceso). Dependiendo de la velocidad de trabajo y el ancho de corte se establece el rendimiento de la labor.
- Condiciones topográficas y de pluviosidad de los terrenos a trabajar, pendientes máximas:** Las condiciones de pendientes máximas y la pluviosidad deben tomarse en cuenta al escoger las especificaciones técnicas del equipo. En terrenos muy quebrados no es conveniente el uso de llantas muy altas porque se aumenta la altura del centro de gravedad con el potencial de producir peligro de volcamiento (Figura 67). En terrenos muy fangosos son importantes las llantas de huella ancha que permitan al tractor mejorar su capacidad de flotación (Figura 68). La mayor cantidad posible de lastre metálico y líquido permite al tractor manejar cargas en pendiente hasta 1.5 veces el peso del tractor sin peligro de empuje de la carga sobre el tractor que lo haga resbalar.

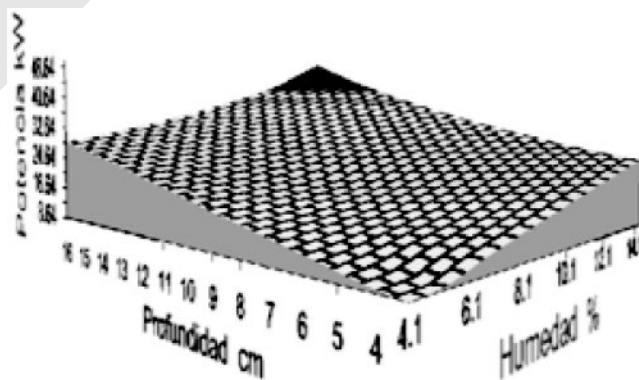


FIGURA 67: ESQUEMA TRIDIMENSIONAL RELACIONANDO PROFUNDIDAD DE TRABAJO, HUMEDAD DEL SUELO Y POTENCIA REQUERIDA EN TRACTOR PARA MOVER RASTRA.



FIGURA 68: SUBSOLADOR COMPATIBLE CON TRACTOR DE LLANTAS DUALES PARA MEJORAR TRACCIÓN.

Aspectos financieros:

- **Condiciones de financiamiento. Monto del crédito, tasa de interés, período de gracia, plazo, costo del equipo:**

Las variables financieras deben ser estudiadas por analistas financieros con mucha experiencia en este tema. Son temas generalmente muy áridos en que por ejemplo la tasa de interés puede ser muy atractiva pero el plazo muy largo y al contrario también se da la posibilidad. El período de gracia debe ser ligado al tipo de actividad agrícola/forestal/pecuaria por desarrollar. No es lo mismo el establecimiento de una plantación forestal que produce réditos al cabo de 5 años, a si se establece una plantación de hortalizas que en 3 meses ya genera ingresos. El monto del crédito va ligado al costo del equipo. Dicho costo para su análisis y aceptación requiere una fundamentación técnica de los equipos por adquirir.

COSTOS DE MAQUINARIA

Conocer semanal/mensualmente los costos de maquinaria nos permite tener la herramienta básica de administración de maquinaria.

Determinar los costos horarios facilita con criterio la toma de decisiones para renovación de maquinaria.

Implementar un sistema de costeo requiere tiempo y lo más importante: la captura de información de campo. Este aspecto es indispensable, ya que la veracidad o no de la información de campo, afecta en la misma proporción la veracidad de la información de costos.

Ordenar la información para montar un sistema de costeo, requiere información básica de campo y la división de información para montar los costos.

El costo total se divide de la siguiente forma:

Costo total = Costos fijos + Costos variables

Para comprender la diferencia, el costo fijo es el que siempre se debe enfrentar mientras exista la operación de maquinaria, prácticamente como un valor fijo en el tiempo. El costo variable depende del uso de la maquinaria; a mayor uso en el período de tiempo, el costo varía.

En términos generales los costos fijos se refieren a: Intereses, depreciación, seguros, galerón.

Los costos variables se refieren a: Reparaciones, combustibles y lubricantes, mantenimiento.

Dentro de los costos variables, se deben identificar algunos rubros que tienen el potencial de volverse muy altos por mala administración de la maquinaria.

Estos rubros los llamamos insumos claves y pueden hacer inviable una operación de maquinaria.

Se refieren a: Repuestos, combustible, lubricantes y llantas.

Al ser insumos indispensables en la operación de maquinaria, muchas veces se comete el error de ver con naturalidad algún grado de desperdicio.

Combustibles: Por ejemplo, motores de tractores con pobre mantenimiento, tienden a presentar altos consumos de combustible que significan para una flotilla de maquinaria un incremento muy fuerte en el rubro de combustible.

Lubricantes: Es muy frecuente el caso de la reposición de niveles de aceite hidráulico por fugas en los implementos que acciona el tractor como también fugas propias del tractor.

Llantas: Son un elemento clave en los costos variables y la mejor forma de administrar su uso es por medio de un plan de recauche en donde se desmonten las llantas a tiempo para recauchar y tener juegos de llantas de reposición para no varar el tractor mientras se recaucha el juego original.

La costumbre de rodar las llantas prácticamente hasta su destrucción es muestra de no administración. Se debe tomar en cuenta que la llanta nueva tiene un valor cercano al doble de un recauche y la duración es de un 50% de una llanta recauchada.

Repuestos: La necesidad de compra depende mucho de los niveles de mantenimiento preventivo y la calidad de la operación del equipo que se establezca (Figura 69).

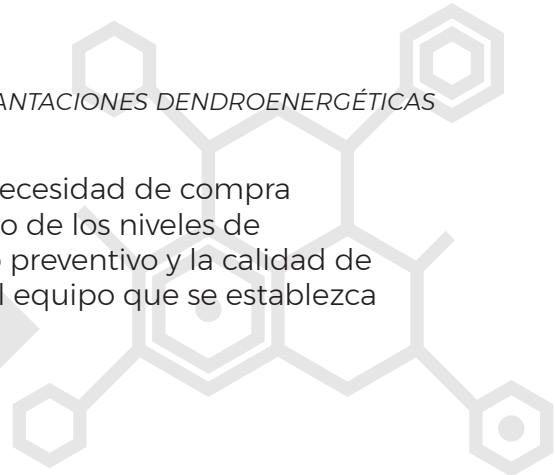


FIGURA 69: CUADRO DE COSTOS PARA DISTINTOS IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS.

TIPO DE IMPLEMENTO	VALOR NUEVO US\$	TRACTOR US\$/HA		COMBUSTIBLE	COSTO TOTAL US\$/HA	COSTO TOTAL US\$/M2
		REPUESTOS Y MANTENIMIENTO US\$	REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Cosechadora	81,360.00	12.00	-	-	12.00	0.00120
Picadora Chopper	14,000.00	7.62	7.48	6.54	21.64	0.00216
Micropicadora (tiro)	9,500.00	7.60	9.37	7.33	16.41	0.00164
Pastera disco	5,530.00	2.65	2.46	1.27	6.39	0.00064
Rastrillo	3,995.00	0.64	1.23	0.57	2.44	0.00024
Enfardadora redonda	21,000.00	5.88	3.08	2.78	11.74	0.00117
Enfardadora convencional	15,000.00	2.88	1.85	2.78	7.50	0.00075
Zorra para silo maíz	1,500.00	1.44	9.86	1.90	13.20	0.00132
Zorra para silo pradera	1,500.00	1.00	6.85	6.73	14.58	0.00145
Zorra para fardos convencional	1,500.00	0.77	5.26	4.68	10.70	0.00107
Pincho 3 puntas	200.00	0.04	1.83	3.59	5.45	0.00054

Fuente: En base a Costos Operativos de maquinaria agrícola. Fucrea-GTZ

NOTAS:

- a) El valor de tractor puede oscilar entre los 18,000.00 a 24,000.00 dólares. Todo depende de la potencia en caballos que se tenga.
- b) No se toman en cuenta los costos de mano de obra por ser éstos datos muy variables según el tipo de maquinaria usada.

DETALLE DE LOS COSTOS

COSTOS FIJOS

Estos costos son independientes del uso de la maquinaria.

- 1) Intereses por préstamos en caso de financiar la compra de maquinaria. Información aportada por el banco prestamista. Lo normal es que la compra de maquinaria se hace con financiamiento bancario. Las tasas de interés para insumos agrícolas (maquinaria incluida) tienen una tasa de interés más baja que los préstamos de tipo personal o de los créditos para actividades industriales.
- 2) Depreciación: Valor actual / Vida útil (años). El método de cálculo de depreciación más común es la depreciación en línea recta donde se asume una desvalorización constante en el período de vida útil de la maquinaria.
- 3) Alquiler de galerón (si corresponde):

$M^2 * C / M^2 * \text{mes.}$

Es común el caso en que para fincas agrícolas se cuenta con alguna infraestructura aprovechable para guardar la maquinaria, por lo que este costo no se considera al asumir que ya es un bien pagado a través del tiempo. En el peor de los casos las máquinas se dejan a la intemperie para no incurrir en el "gasto" de un galerón.

Esta práctica es muy costosa en el corto plazo ya que acelera la depreciación de la maquinaria por efecto de condiciones ambientales (sol y lluvia) que afectan la pintura y condiciones mecánicas por generación de óxido en los componentes del tren de potencia, además de contaminación de fluidos lubricantes con agua por filtración en el tractor. En

resumen, esta mala práctica reduce la vida útil de los equipos agrícolas.

- 4) Seguros: Tarifa mensual (C/mes): Depende del año y tamaño del tractor.

Estos cuatro rubros anteriores son los principales en el cálculo de los costos fijos.

COSTOS VARIABLES

Estos dependen estrictamente del uso de la maquinaria.

- 1) Planilla operarios maquinaria
- 2) Repuestos maquinaria
- 3) Mantenimiento de maquinaria (lubricantes y filtros)
- 4) Planilla mecánicos reparaciones
- 5) Planilla mecánicos mantenimiento
- 6) Combustible

El rubro de mayor costo es el combustible por su uso diario. Los repuestos dependen mucho de condiciones de operación de la maquinaria y los planes de mantenimiento preventivo que se establezcan y pongan en práctica.

Es conveniente hacer una separación del mantenimiento correctivo y el preventivo. La razón es medir cuanta inversión y resultados positivos se producen por el mantenimiento preventivo contra el mantenimiento correctivo.

Por experiencia el mantenimiento preventivo en distintas escalas tiene un costo mucho menor que el correctivo.

Razones:

El M.P. es un mantenimiento programado donde se revisan componentes y se hace un cambio mínimo de piezas tal como algunos rodamientos, retenedores y empaquetaduras.

El M.C. es un varonazo no programado donde por lo general se deben cambiar componentes muy costosos como partes de motor, caja de cambios, sistema hidráulico, toma de fuerza y doble tracción.

Al programarse una parada se planifica el reemplazo del equipo para no afectar las labores agrícolas asignadas.

Los varonazos no permiten planificación, por lo que se debe conseguir tractor de relevo dentro de la misma operación o equipo de alquiler.

Los costos totales son la suma de los costos fijos más los costos variables.

Hay un costo administrativo correspondiente al 20% del costo total.

Costo Final = costo total + costo administrativo

Consideramos el uso mensual de la maquinaria con la variable: Y

El costo final es: X

Costo mensual horario: X / Y

ALQUILER DE MAQUINARIA

Este es un tema que requiere análisis profundo para determinar el umbral de rentabilidad a partir de donde se justifica tener maquinaria propia. Un parámetro a valorar para tomar decisiones es el área a trabajar (Figura 70).

El costo indicado por el contratista debe ser comparado con los números de costos hechos internamente.

PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

NIVELES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El tipo de mantenimiento preventivo se puede adecuar a las siguientes condiciones:

Cultura/programación de mantenimiento preventivo: La dirección de la empresa; usuaria y propietaria de la maquinaria debe promover la cultura de MP en el personal involucrado en el uso, administración y mantenimiento de los equipos agrícolas. Debe reconocerse esta práctica como una necesidad básica de los equipos y no como un gasto, lujo o práctica innecesaria (Figura 71).

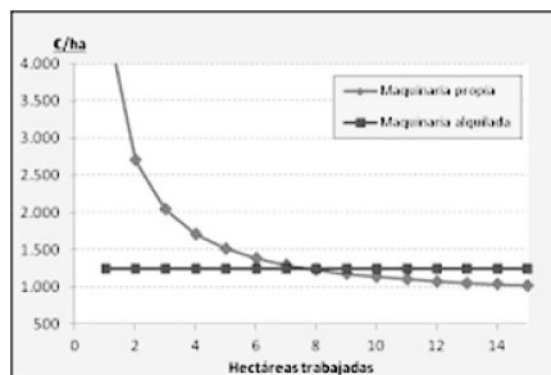


FIGURA 70: CURVAS DE COSTOS PARA MAQUINARIA PROPIA Y ALQUILADA DONDE SE MUESTRA LA IMPORTANCIA DEL ÁREA MÍNIMA PARA TOMAR DECISIONES.



FIGURA 71: INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BAJA ESCALA.

Tiempo ocioso del tractor: Dependiendo del tipo de cultivo en que trabaja el tractor, se dispone de determinado período de tiempo en que este no trabaja o lo hace en muy pocas horas del día. Con adecuada planificación se programa una determinada cantidad de días con labores de mantenimiento específicas.

Niveles de esfuerzo de la máquina: El mantenimiento preventivo debe adecuarse a la carga y tipo de trabajo en el que se esfuerzan más determinados sistemas. Por ejemplo: en labores de trituración en piña, el sistema de toma de fuerza del tractor está sometido a esfuerzos muy altos y sobrecargas por períodos de tiempo muy prolongados, que se vuelven prácticamente permanentes. Al intervenir un equipo con estas características de uso se debe dar énfasis a la revisión del tren de toma de fuerza con las particularidades que requiere la marca del tractor.

Presupuesto disponible para mantenimiento: Es de esperar que de acuerdo a la intensidad del trabajo del tractor, así será su desgaste de componentes y a la vez la retribución de la inversión hecha por el equipo con trabajo productivo. En esta medida “debe recompensarse” al tractor con un presupuesto y tiempo de reparación proporcional al beneficio económico producido por el equipo.

Calidad de los operarios de maquinaria: De las decisiones más importantes a nivel administrativo en operación de maquinaria, está la de promover a los excelentes operarios de maquinaria. Un buen operario es garantía de cuidado del equipo y productividad de este. Esto se traduce en conservación del equipo/reducción de la depreciación. Mayor disponibilidad del equipo, lo que implica menos tiempo muerto por intervenciones de mantenimiento correctivo. Esto lleva como gran resultado a reducir el costo horario de los equipos.

Tipos de intervención de mantenimiento correctivo:

Las intervenciones de mantenimiento correctivo por su naturaleza tienen un costo muy importante por el lucro cesante de la máquina y el costo en repuestos (Figura 72).

El tiempo de intervención debe ser muy juicioso tomando en cuenta parámetros como:

- Presupuesto asignado al tractor para mantenimiento correctivo.
- Daños presentes en el equipo y ciclo de mantenimiento por realizar. Este ciclo puede responder a una serie de labores ya definidas previamente que se hacen de forma generalizada y tocan varios puntos críticos del tractor y entre otras labores requiere el cambio de elementos consumibles, esto es: filtros en general, fajas, bombillos, fluidos (aceites, anticorrosivo de radiador), calibre de válvulas de motor.
- Tiempo máximo disponible de intervención sobre la necesidad del equipo en la labor.
- Personal técnico (mecánico) idóneo para la intervención de mantenimiento.
- Espacio físico adecuado (taller) en cuanto a: área bajo techo, piso plano de ser posible, paredes laterales, evacuación correcta de desechos (aceite, filtros, basura).



FIGURA 72: INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/CORRECTIVO DE GRAN ESCALA EN TRANSMISIÓN TRASERA DE TRACTOR.

RENOVACION DE MAQUINARIA, CRITERIOS PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA:

Se da una pauta de algunos parámetros para definir la renovación de maquinaria.

- **Estado mecánico del tractor (avalúo).** El estado mecánico define en parte el valor del tractor. También es importante para poner a trabajar el tractor de inmediato en caso de venta.
- **Valor de mercado del tractor.** Este se define por variables como: Estado mecánico, población de modelos similares, presencia de la marca en el país, disponibilidad de repuestos, cantidad de especificaciones técnicas/accesorios, sencillez mecánica, asistencia postventa por parte del distribuidor.
- **Obsolescencia del tractor.** La maquinaria se vuelve obsoleta básicamente por mejora en las especificaciones técnicas de los equipos más modernos (Figura 73).

Se pueden dar ejemplos interesantes en el caso de los tractores.

Hace treinta años todavía se comercializaban en nuestra región, tractores con eje delantero sin doble tracción. Las distintas marcas comenzaron a introducir tractores con eje delantero de doble tracción y hoy en día es un estándar en todas las agencias de maquinaria en Costa Rica.

Otro caso se refiere a las características del sistema hidráulico. Los tractores tenían apenas una tubería de presión hidráulica trasera para voltear el vagón de una carreta por presión

hidráulica. Actualmente tractores de 100 HP tienen como mínimo dos válvulas de control remoto (presión y retorno) para implementos que se accionan por medio de presión hidráulica.

Estas mejoras técnicas vuelven obsoletos los tractores de modelos anteriores, al mejorar el aspecto técnico en los modernos y facilitar las labores agrícolas a operarios y propietarios de maquinaria.



FIGURA 73: TRACTOR ANTIGUO MUY SIMPLE, DE BAJAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ALTAMENTE DEPRECIADO.

- **Valor del equipo nuevo a adquirir.** Sobre el valor del equipo se deben considerar aspectos tales como:
 - Calidad de la marca y su historial en el país.
 - Casa representante y su experiencia.
 - Respaldo en repuestos y servicio.
 - Población del tipo de máquinas a adquirir.
 - Historia de valor de reventa del tipo de máquina a adquirir.

Estos puntos deben considerarse porque es evidente que buenas calificaciones en estos, justifican un monto de inversión inicial mayor que en el caso de equipos que no tienen buenos números en los puntos indicados.

El crédito bancario para compra de maquinaria es una forma de adquirir equipos de buena marca y con un respaldo total en aspectos de post venta. Esto puede dar garantía de un ciclo completo exitoso de la vida útil de la máquina.

- **Análisis de costos. Depreciación-mantenimiento.** La vida económica del equipo es una herramienta básica para la toma de decisiones. La forma práctica es graficar para un equipo dado en el tiempo la depreciación por alguno de los métodos conocidos como el método lineal o balance decreciente Vs el costo de mantenimiento correctivo. La intersección de estas curvas y el punto de proyección en el eje del tiempo nos dará los años de vida económica de la máquina (Figura 74).

Estos valores tendrán un alto acierto en la medida que los datos de mantenimiento sean los reales para el equipo.

De usarse información indirecta de modelos de máquinas similares, los resultados se alejan de la realidad en la proporción de la diferencia técnica de los equipos.

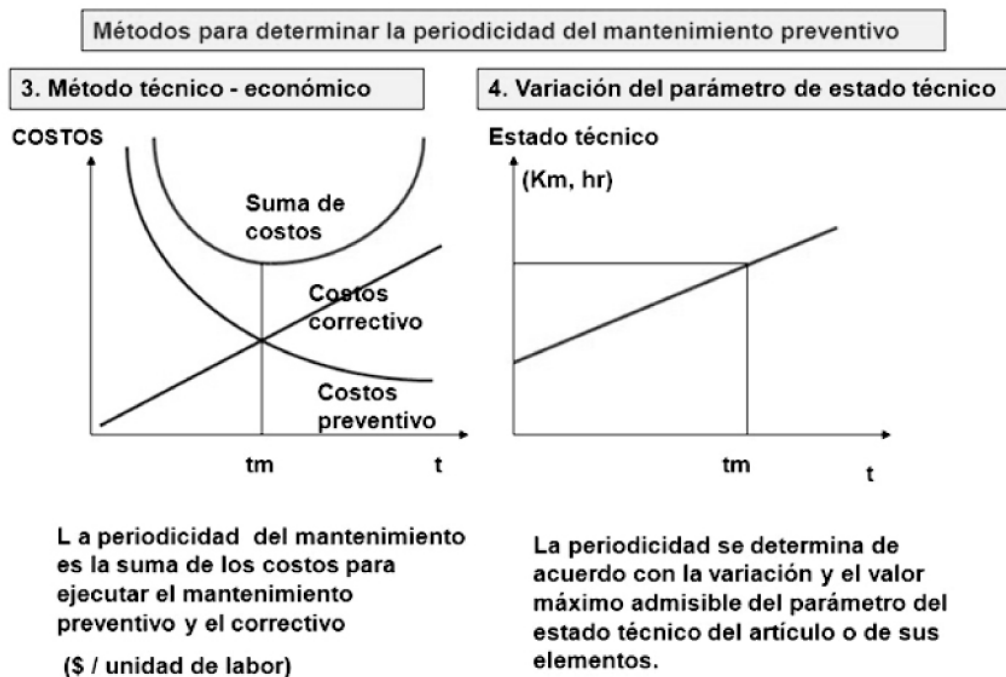


FIGURA 74: MÉTODOS PARA CUANTIFICAR EL CICLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Esto quiere decir que es evidente, que para obtener resultados confiables es necesario que la información para las curvas sea la propia de la máquina que se utiliza y se está midiendo.

La decisión de cambio basada en criterios numéricos como el indicado puede quedar relegada por la aparición de maquinaria con mayores estándares de calidad y especificaciones técnicas que lleven a reducir el costo horario de los equipos durante su vida útil.

- **Financiamiento del equipo.** Por el alto valor de inversión y la necesidad de mecanizar para reducir costos, se vuelve indispensable en muchos casos el financiamiento bancario (Figura 75).

Para el crédito bancario deben tomarse en cuenta parámetros como:

- Período de gracia
- Tasa de interés
- Monto del crédito
- Plazo del crédito

Estos son algunos de los puntos a considerar y requieren análisis de las distintas opciones por parte del personal de finanzas de la empresa interesada.



FIGURA 75: EQUIPO MODERNO DE ALTAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. PUEDE SER ADQUIRIDO A TRAVÉS DE FINANCIAMIENTO BANCARIO.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A. Maquinaria y mecanización agrícola, 570pp. Ed. Universidad Estatal a Distancia (EUNED), ISBN 9968-31-332-7. San José, Costa Rica, 2004.
- Arguedas-Gamboa, M. Arias-Aguilar, D, Briceño-Elizondo, E., Canessa-Mora, R., Chavarría-Vidal, A. E., Esquivel, E., & Guevara-Bonilla, M. (2016). Mejoramiento tecnológico de suelos para el incremento de la productividad en plantaciones de *Tectona grandis*. Recuperado en <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6841>.
- Benito, E., Soto, B., Díaz Fieros, F. (1991). Soil erosion studies in NW Spain. En: Sala, M.; Rubio, J. L.; García-Ruiz, J. M. Soil Erosion Studies in Spain. Geoderma Ediciones. Logroño.
- Betancourt, Y.; M. Rodríguez; C. Iglesias; A. Gutiérrez: "Calidad de la labor de nuevas alternativas de preparación de suelos arcillosos pesados con superficies acanteradas y cobertura de residuos vegetales en caña de azúcar". Revista Ingeniería Agrícola, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 4(1): 8-13, 2014b.
- Betancourt, Y.; M. Rodríguez; C. Iglesias; J. R. Gómez; I. García; E. Becerra: "Calidad de la labor de tres aperos de labranza primaria en suelos arcillosos pesados con superficies acanteradas y cobertura de residuos vegetales". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 23(1): 5-10, 2014a.
- FAO. Manual de sistemas de labranza para América Latina, pp. 193-195. Boletín de suelos de la FAO, ISBN: 92-5-302869. Roma, Italia. 1992.
- Gavande, S. A. S. A. (1991). Física de suelos: principios y aplicaciones. Limusa.
- Lal, R. (1997) Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂- enrichment. Soil and Tillage Research, 43, 81-107.
- Merino, A., Rey, C., Brañas, J., Rodríguez-Soalleiro, R. (2003). Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don de Galicia. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 12, 85-89.
- Valverde, J. C., Guevara-Bonilla, M., Arias, D., Briceño, E., & Esquivel, E. (2017). Efectos de las actividades de labranza en el índice de área foliar en una plantación de *Tectona grandis* en la zona norte de Costa Rica. Madera y Bosques, 23(2), 7-19.



Ingeniería en
Energías
Renovables