

## MÉTODOS DE ARADURA

### Objetivo

El objetivo es que el estudiante pueda seleccionar un método de aradura adecuado para minimizar la cantidad de recorrido en el campo, el número de virajes sin trabajo, la distancia de un viraje y la cantidad de recorrido sin trabajo en el interior de un campo.

### 23. MODELOS DE OPERACIONES EN EL CAMPO

Pueden lograrse mejoras importantes en la eficiencia del campo al analizar el viraje y el modelo de las operaciones en el campo. Por supuesto que el modelo de las operaciones está estrechamente relacionado con el tamaño y la forma del campo, pero algunas consideraciones del modelo pueden estudiarse independientemente de las configuraciones de los campo.

Los objetivos diferentes de la minimización del tiempo modifican la elección de un modelo de campo. Particularmente en campos con barbecho se busca producir una superficie a nivel para eliminar el estancamiento de agua. El recorrido repetido de una máquina por un área particular del campo, por lo general uno de sus extremos, puede ocasionar la compactación del suelo. Los modelos eficientes de siembra se pueden sacrificar ocasionalmente para permitir modelos de cosecha más eficientes. Las medidas de conservación de suelo son probablemente el modificador más importante de los modelos de campo con eficiencia del tiempo; sin embargo el beneficio económico de la conservación del suelo no se descubre con facilidad y la decisión, por lo que respecta a un balance óptimo entre la conservación del tiempo y el suelo, es incierta.

#### 23.1. Consideraciones antes de arar

1. El primer trabajo que se hace al llegar a un terreno para arar es el de observar:
  - a. Forma del terreno.
  - b. Pendiente del terreno.

Para evitar al máximo la erosión de suelo y la pérdida de tiempo. En base a estos factores se determina la dirección de la aradura.

2. Marque las cabeceras del terreno con estacas dejando siempre un espacio por lo menos de 10 m, que corresponden al ancho de la cabecera para permitir el movimiento del tractor y del arado.

El ancho de la cabecera será mayor si se trabaja con arado de tiro.

## 23.2. Terminología

Algunos términos de uso común y algunos conceptos relacionados con los modelos de campo incluyen lo siguiente:

1. **Una vuelta**, significa el recorrido de una máquina a lo largo o alrededor del campo, desde un punto de partida determinado a un punto adyacente al primero. Un viaje es media vuelta o el recorrido de uno de los extremos del campo al otro.
2. La operación **en melgas**, describe la práctica de dividir el campo en subáreas y operar individualmente en éstas.
3. Las **fajas de viraje**, son áreas no procesadas que proporcionan espacios para realizar los virajes, estas áreas se procesan previamente o en un tiempo posterior, cuando la faja de viraje está en los extremos de un campo, se llama cabecera.
4. Un **modelo de cabecera**, tiene como viajes paralelos unos respecto a otros, se incrementa sucesivamente por el ancho de operación del implemento y se inicia en uno de los límites y termina en el opuesto. Los virajes son de  $180^\circ$  en las cabeceras.
5. Un **modelo en circuito**, describe la operación del implemento de manera paralela a cada uno de los límites de la melga, por lo general se describe como “ir alrededor del campo”. Si la melga es de lados rectos las operaciones se pueden iniciar desde el centro del campo; de otro modo, las operaciones inician en los límites exteriores. Los modelos de circuito que tienen virajes de  $90^\circ$  son: de esquinas redondeadas, de esquinas cuadradas y con fajas de viraje diagonales. Un modelo en circuito con virajes de  $270^\circ$ , puede iniciarse ya sea en el centro o en los límites de una melga.
6. En ocasiones se usan **modelos de alternación** al procesar cultivo de surcos establecidos. Para proporcionar un viraje que sea más fácil de ejecutar, los viajes no son adyacentes. El modelo de alternación puede ser una modificación del modelo continuo o se puede alternar toda la melga, Los virajes son de  $180^\circ$ .

En los siguientes gráficos se ilustran los modelos comunes para campos de lados rectos.

## 23.3. Modelo de cabeceras

La determinación del número más eficiente de melgas para el modelo de cabeceras es un problema de barbecho común. Si las melgas se hacen demasiado grandes, resultan viajes excesivos en la cabecera. Si las melgas se hacen demasiado pequeñas, se usa tiempo de más para terminar los numerosos surcos muertos. La eficiencia máxima estará en algún lugar entre los dos extremos (Fig. 59).

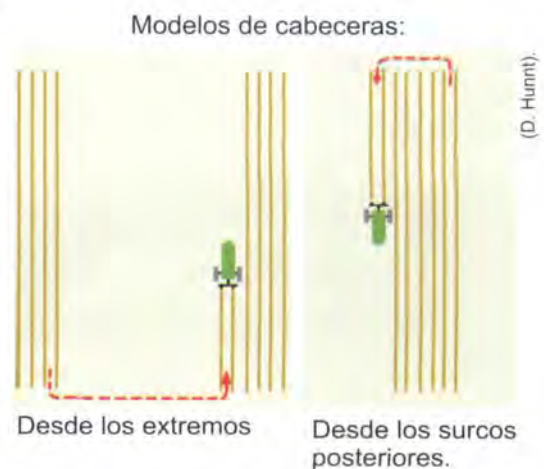


Fig. 59. Modelo de aradura de cabecera.

Se supone que las melgas con surcos posteriores y con surcos muertos son de igual tamaño y es necesario un viaje adicional por el campo para terminar una melga con surcos muertos. El terminado de una melga incluye el barbecho de una parte del suelo de regreso al surco expuesto para nivelar parcialmente la superficie del suelo. El procedimiento para un campo con dos surcos muertos posteriores o un campo de tres melgas se ilustran en la figura 60, las melgas con surcos posteriores se han completado, mientras que la melga con surcos muertos permanece (Donnell Hunt 1983).

### 23.4. Modelo continuo

La eficiencia del modelo continuo depende en gran medida del tiempo de viraje en las cabeceras. E. S Renoll (universidad de Auburn) sugiere que las cabeceras deberán ser lo suficientemente anchas para permitir un viraje sencillo, como el de la cultivadora de dos surcos montada en un tractor del inciso a) de la figura 60. Cuando las condiciones del terreno son uniformes, el viraje puede hacerse en 14 a 18 seg. Las cabeceras más estrechas incrementarán en un 50% el tiempo de viraje si el tractor se debe detener y dar marcha atrás antes de completar el viraje, como en el inciso b) (Fig. 60). Si no se usan cabeceras, será necesario hacer un rodeo hacia atrás, como en el inciso c) (Fig. 60), y el tiempo para virar será cuando menos el doble de un viaje sencillo.

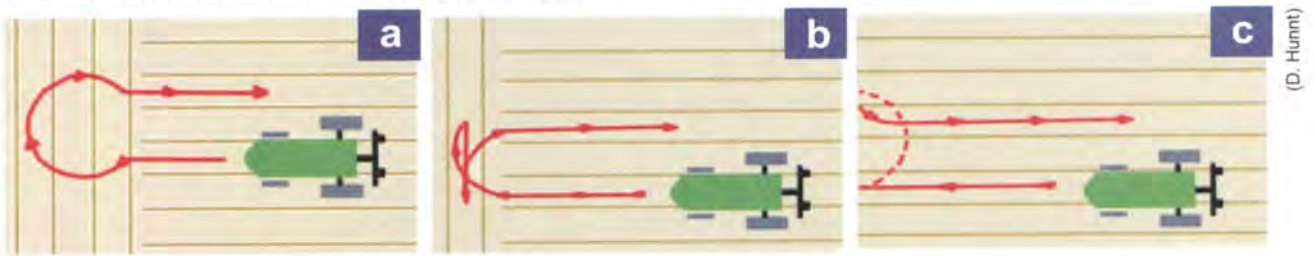


Fig. 60. Modelo de aradura continua.

Una parte del incremento del tiempo de viraje debido a cabeceras más pequeñas se cancelará por el tiempo disminuido necesario para terminar el campo.

La pérdida de tiempo de un modelo continuo usando arado reversible, solo comprende el tiempo de viraje en la cabecera. Puesto que este viraje necesita poco recorrido y puede incluir paradas y regreso (Donnell Hunt 1983).

### 23.5. Modelo en circuito de esquinas redondeadas

Modelo en circuito con esquinas redondeadas aparentemente tendría la mayor eficiencia de campo, ya que el barbecho es continuo. Sin embargo el radio de viraje del arado es un nuevo factor en este modelo. En la figura 61 se ilustra el efecto de un radio

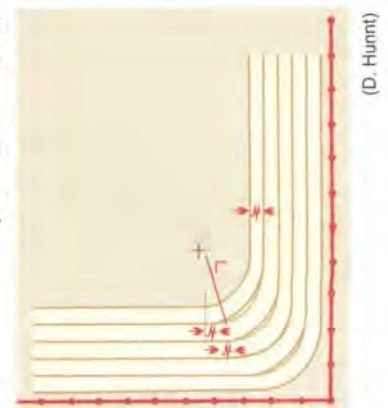


Fig. 61. Modelo de aradura de esquina redondeada.

grande de viraje de un implemento de anchura, cuando procesa una esquina de  $90^\circ$ . Nótese que el viraje se debe iniciar antes de cada vuelta. Mientras más corto sea el radio de viraje y el implemento sea más ancho éste tendrá menos dificultad para efectuar el viraje.

Pero incluso cuando el implemento pudiera pivotar sobre uno de los lados de su corte efectivo, aún se omitirían áreas.

Las áreas sin procesar dejadas por este modelo pueden considerarse sin importancia para algunas operaciones de labranza, pero para el barbecho su efecto es considerable.

Nótese que el largo del campo no es un factor de la cantidad del área perdida, pero afecta la proporción del área desperdiciada (Donnell Hunt 1983).

### 23.6. Modelo en circuito con virajes de $270^\circ$

El modelo en circuito con virajes de  $270^\circ$  por lo general se inicia en el centro de una melga cuando se barbecha, de modo que los viajes se harán más bien sobre el terreno barbechado, que en el que no lo está. En lo que respecta a la eficiencia de campo, no es importante donde se comience la operación, si se supone que el viraje en el terreno barbechado es igual de rápido que en el terreno que no lo está.

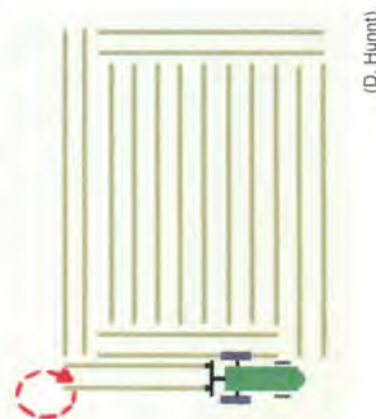
En la figura 62 se muestra la geometría de un viraje de  $270^\circ$ .

Obviamente, se requerirá algún tiempo adicional para localizar la posición y la longitud del surco posterior inicial. El tiempo adecuado empleado inicialmente reducirá el tiempo de terminado en los bordes del campo. Este es un buen modelo de barbecho para alternarlo con los tipos en circuito que echan la tierra fuera del centro del campo (Donnell Hunt 1983).

En la tabla se compara las eficiencias de los modelos de barbecho en un campo cuadrado con un área de 16 hectáreas. Los modelos que necesitan el mínimo tiempo de viraje son los más eficientes. El modelo de alternación y el modelo en circuito con esquinas cuadradas se omiten, ya que no se aplican para barbechar.

**Cuadro 8.** Comparación de modelos de barbecho.

Campos cuadrados	
De cabecera	93.0 %
Continuo	95.7 %
En circuito fajas de viraje diagonales	94.8 %
En circuito, esquinas redondeadas	91.9 %
En circuito virajes de $270^\circ$	84.0 %



(D. Hunt)

En circuito, con giros de  $270^\circ$  desde los extremos o desde el centro.

**Fig. 62.** Modelo de aradura con viraje de  $270^\circ$ .

## 24. FORMA DE CAMPO

Se espera que la eficiencia de campos de forma irregular sea significativamente menor que la de los campos rectangulares, debido al excesivo tiempo de viraje. Aun cuando los campos irregulares tengan lados rectos, la razón del tiempo de viraje con el tiempo de operación será evaluada.

Todos los modelos presentados, son modelos posibles para barbechar campos irregulares. El modelo continuo usado con un arado reversible tiene la mayor eficiencia para el trabajo en contorno y para otras formas irregulares. Si usan el modelo de cabeceras, éstas se deberán seleccionar de modo que sean tan perpendiculares a los surcos posteriores como sea posible. Es casi imposible iniciar el modelo tipo en circuito de 270° desde el centro de un campo irregular, pero se puede usar el modelo si se inicia desde los límites (Donnell Hunt 1983).

### 24.1. Terrenos en forma de cuña

Muchas veces al dividir el terreno en melgas sobran partes con medidas desiguales o sea triangulares. Arado el triángulo de la misma forma como una melga resulta antieconómico por los viajes en vacío, Por esta razón al arar un triángulo se aplica un método especialmente llamado aradura en cuña.

#### Proceso de ejecución

1. Determine el centro de la base (b) del triángulo.

Ejemplo:

$b = 20$  metros (o pasos)

Centro de la base =  $20/2 = 10$

2. Abra paso con el arado los surcos de ida y regreso en el centro del triángulo. A una profundidad de 10 cm (Marcar la línea central de la cuña).
3. Calcule el número de pasadas del arado dividiendo la mitad de la base sobre el ancho de trabajo del arado.

Ejemplo:

Mitad de la base 10 m.

Ancho de trabajo del arado = 1 m.

Número de pasadas =  $10/1 = 10$  pasadas.



Fig. 63. Determinar centro de la base.



Fig. 64. Abrir paso de ida y regreso.

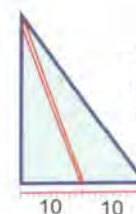


Fig. 65. Cálculo número de pasadas de arado.

4. Divida el largo de la línea central de la cuña entre el número de pasadas de la mitad de la base. Esto será igual a la distancia entre las estacas en la línea central.

Ejemplo:

Línea central = 60 m.

Número de pasadas de la mitad de la base = 10

Distancia entre estacas =  $60/10 = 6\text{m}$ .

5. Are la cuña volcando la tierra hacia el centro.

- Arando desde el lado izquierdo de la base hacia el centro de la cuña.
- El operador tiene que divisar a cada ida una estaca y seguir lo más recto posible paralelamente a los lados de la cuña.

Al terminar de arar la cuña en el primer ciclo quedan solamente surcos abiertos alrededor de ésta.

## 24.2. Arar el terreno en cuña segundo ciclo

En el primer ciclo de aradura se volteó la tierra hacia el centro de la cuña, así el segundo ciclo hay que volcar la tierra hacia los lados de la cuña.

### Proceso de ejecución

#### Primer paso:

Divida las distancias "a" y "c" (lados de la cuña) por el número de pasadas en la mitad de la base ( $b/2$ ).

Ejemplo:

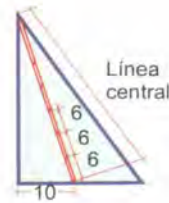
Número de pasadas = 10

Distancia "a" = 59 m.

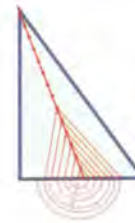
Distancia "c" = 62 m.

Distancia entre estacas sobre "a" =  $59/10 = 5.9\text{m}$ .

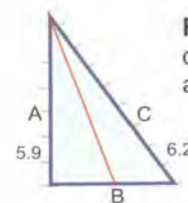
Distancia entre estacas sobre "b" =  $62/10 = 6.2\text{m}$ .



**Fig. 66.**  
División largo de línea central.



**Fig. 67.** Volcado de tierra hacia adentro.



**Fig. 68.** Primer paso, dividir las distancias a y c:

***Segundo paso***

Se ara la cuña empezando por la bases volcando la tierra hacia los lados de ésta.

Hay que arar paralelamente a la línea central.

Al terminar de arar la cuña se queda en la línea central el surco muerto.<sup>8</sup>



**Fig. 69.** Segundo paso, arar la cuña.

## PRÁCTICA DE LA UNIDAD

### Objetivo.

El objetivo es que el estudiante pueda seleccionar un método de aradura eficiente, para minimizar la cantidad de recorrido en el campo, el número de virajes sin trabajo, la distancia de un viraje y la cantidad de recorrido sin trabajo en el interior de un campo.

### Equipo

- Tractor
- Implemento (arado disco o vertedera)
- Metro
- Pita (cordel)
- Estacas
- Calculadora

### Metodología

Esta unidad no tendría relevancia si no se hace uso del tractor y el arado (disco, vertedera), buscar, coordinar la visita a empresas, colegios que dispongan del equipo.

Una vez acoplado y calibrado el implemento al tractor, deténgase a observar el área a trabajar, tomado en cuenta:

- Pendiente
- Forma
- Extensión
- Cultivo anterior
- Presencia de malezas

Una vez recolectada la información, haga un análisis con todos los métodos de aradura y determine cual es el apropiado.

Cuando se ha determinado el método de aradura, se procede a trazar el recorrido; para facilitar la visibilidad marque con estacas por donde iniciará y donde girará.

Para que sea didáctica la práctica, tome el tiempo que se tarda una vuelta con giro continuo, cabecera, en círculo, etc. Haga la comparación.

Tome en cuenta las medidas de seguridad para manipular equipo de mecanización agrícola:

- Casco
- Zapatos con protección (punta de hierro).

### **Evaluación**

¿Por qué es importante seleccionar el método de aradura adecuado?

Enumere los factores que afectan el rendimiento del arado y explique cada factor.

Explique el método de cuña, para el primero y segundo ciclo.



## EFICIENCIA Y COSTO DE OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

### Objetivo:

- Que el estudiante conozca la eficiencia de la maquinaria agrícola en el campo
- Evitar reparaciones prematuras a la maquinaria por operación no adecuada, falta de mantenimiento.

### Introducción

En la actualidad el rendimiento de la maquinaria agrícola ha pasado a ser parte primordial para los agricultores debido al aumento de áreas de producción, provocando que el uso de mano de obra en el campo sea menor, razón por la cual el uso de la máquina es importante.

Las máquinas están hechas para lograr ciertos niveles de trabajo, por lo que es importante entender de eficiencia de maquinaria agrícola, ya que ayuda al momento de seleccionar una máquina específica para diferentes tipos de trabajos.

### 25. EFICIENCIA Y RENDIMIENTO

Es la relación de capacidad efectiva de campo entre la capacidad teórica de campo.

$$E = (CEC / CTC) \times 100$$

#### Donde:

**E=** Eficiencia en el campo

**CEC=** Capacidad efectiva en el campo: Es la cantidad de trabajo realizado

**CTC=** Capacidad teórica en el campo: Es la cantidad de trabajo que sería realizada si no hubiese pérdida de tiempo.

#### 25.1. Factores que afectan la eficiencia

- Topografía del terreno
- Dimensiones y forma del terreno
- Mantenimiento de maquinaria
- Calibración del equipo
- Tiempo de comida
- Otros

## 26. CAPACIDAD TEÓRICA DE CAMPO (CTC)

Es el resultado del ancho de trabajo del implemento por la velocidad de trabajo, entre un área determinada.

$$CTC = (\text{ancho de trabajo} \times \text{velocidad}) / \text{área}$$

$$CTC = (m \times m/h) / m^2$$

## 27. CAPACIDAD EFECTIVA DE CAMPO (CEC)

Es el resultado de la capacidad teórica de campo tomando en cuenta un factor de corrección en la realización de la labor.

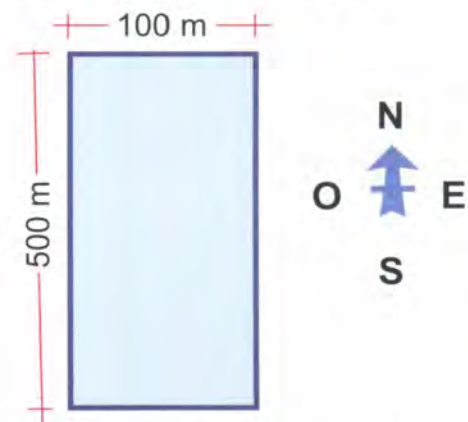
$$CEC = CTC \times \%$$

## 28. RENDIMIENTO

Es el resultado del trabajo realizado por la eficiencia que tenemos, (rendimiento = CEC).

### Ejemplo N°1

Terreno rectangular, sembradora trabajando en sentido de norte a sur.



**Fig. 70.** Terreno rectangular, sembradora trabajando en sentido de norte a sur.

### Datos para los ejercicios:

- Ancho de trabajo de la sembradora = 4 m
- Velocidad del tractor: 7 km/h
- Tiempo de calibración: 1 h
- Tiempo para alinearse en cada vuelta: 5 min.
- Tiempo para llenar las tolvas de fertilizante y semilla: 30 min (la sembradora tiene capacidad para sembrar y fertilizar 4 Ha sin parar).
- Tiempo de alimentación del trabajador: 20 minutos.

EjercicioN°1

Calcular CTC, CEC y Eficiencia

**CTC**

$$CTC = (4m \times 7,000m/h) / 10,000m^2$$

$$CTC = 2.8 \text{ Ha/h}$$



$$CTC = 5.0 \text{ Ha} / 1.78 \text{ h}$$

$$CTC = 5.0 \text{ Ha} / 1 \text{ h } 47 \text{ min}$$

**O**

$$CTC = 50,000 \text{ m}^2 / (4 \text{ m} \times 7,000 \text{ m/h})$$

$$CTC = 5.0 \text{ Ha} / 1.78 \text{ h}$$

$$CTC = 5.0 \text{ Ha} / 1 \text{ h } 47 \text{ min}$$

**CEC**

CTC	=1 h	47min
Tiempo de calibración	=1 h	
Alineación (25 vueltas*5 min)	=2 h	05 min
Tiempo de llenado (2 veces*30 min)	=1 h	
<u>Tiempo de comida</u>	<u>=</u>	<u>20 min</u>
CEC	=6 h	12 min

$$CEC = 5.0 \text{ Ha} / 6 \text{ h } 12 \text{ min}$$

$$CEC = 5.0 \text{ Ha} / 6.20 \text{ h}$$

$$CEC = 0.8 \text{ Ha} / 1 \text{ h}$$

**Eficiencia**

$$\text{Eficiencia} = (\text{CTC}/\text{CEC}) \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = (1.78 \text{ h}/6.20 \text{ h}) \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 28.7\%$$

**29. CÁLCULO DE POTENCIA**

Para calcular la potencia necesaria en la realización de una labor, la velocidad a que podrá realizarse con una potencia determinada, o la profundidad máxima que podremos alcanzar si tenemos una potencia dada y una velocidad determinada por el tiempo en que queremos terminar una labor.

Utilizamos la fórmula siguiente:

$$P = F \times V$$

Donde

P = potencia en kg/s

F = fuerza en kg

V = velocidad en m/s

En este caso la potencia de que hacemos mención es la potencia a la barra, es decir, la potencia de arrastre disponible. Partiendo de la potencia al freno del motor o la potencia medida con un freno (aparato especial para la medición de potencias) que suele ser bastante próximo a la potencia indicada en las especificaciones del fabricante, aplicaremos un coeficiente de tracción o rendimiento a la barra, que es el que nos relaciona el esfuerzo que está desarrollando el motor con el esfuerzo útil, de arrastre que nos queda disponible en la barra de tiro. La diferencia entre estas dos potencias representa el esfuerzo de auto tracción (desplazamiento del tractor) y el posible resbalamiento. Aunque no suele apreciarse a simple vista, un tractor trabajando en suelo arable siempre patina poco o mucho.

En tractores de rueda, el rendimiento a la barra suele ser del orden del 60 al 65% mejorando algo en los de doble tracción. En los tractores de oruga, cuya adherencia al terreno es mucho mejor, este rendimiento llega a ser del 70 al 75%.

La fuerza que hay que vencer, la resistencia que el suelo opone a la penetración del arado, está en función de la cantidad de tierra removida (anchura por profundidad de labor) y de las características del mismo.

Existen terrenos sueltos y terrenos compactos, éstos pueden estar húmedos y con buena temperatura.

Como valores medios indicativos podemos citar los siguientes:

<u>Tierras ligeras sueltas, arenosas</u>	30 – 40 kg/dm <sup>2</sup>
<u>Tierras de consistencia media</u>	50 – 60 kg/dm <sup>2</sup>
<u>Tierras muy compactas, arcillosas</u>	70 – 80 kg/dm <sup>2</sup>

Estos valores son frutos de numerosos estudios en diversos centros experimentales, y los dm<sup>2</sup> se refieren a la sección del prisma de tierra removida.

La velocidad a la que trabaje depende evidentemente de estos dos factores, con una determinada potencia podremos hacer mucha fuerza a poca velocidad, o no tanta fuerza pero más de prisa.

A continuación se presenta un ejercicio sencillo:

¿Qué potencia al freno deberá desarrollar un tractor de rueda para labrar con un arado una anchura de tierra de 1.2 m, a una profundidad de 0.3 m, a una velocidad de 5.4 km, por hora? Se admite un rendimiento a la barra de tiro del 60%, la resistencia media del terreno es de 50 kg/dm<sup>2</sup>

1. Determinamos la fuerza de tracción de la siguiente manera:

$$12 \text{ dm} \times 3 \text{ dm} \times 50 \text{ kg/dm}^2 = 1800 \text{ kg}$$

2. Determinamos la velocidad en m/s por lo tanto 5.4 km/h = 1.5 m/s

3. Potencia a la barra será = 1800 kg x 1.5 = 2700 kgm/s en cv será igual a 2700/75 = 36 cv.

4. Considerando que 36 cv representan el 60%, la potencia al freno será de 36/0.6 = 60 cv

La respuesta es que para hacer una labor de las características indicadas necesitamos un tractor que desarrolle una potencia al freno de 60 cv.

Es evidente que el mismo tractor podrá hacer una labor más profunda yendo más despacio o podrá modificar la potencia desarrollada variando el régimen del motor. Estos cálculos nos sirven simplemente para tener una idea aproximada de la necesidad de potencia para una determinada labor, o para conocer las posibilidades del tractor de que disponemos (José Felipe Gutiérrez, 2012).

### 30. CÁLCULO DE COSTOS DE LA MAQUINARIA E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Es importante determinar los costos de mecanización por diversos motivos para conocer los costos totales de producción y la rentabilidad de un cultivo; para decidir si es más económico realizar un determinado trabajo a mano, con bueyes o con tractor; para saber cuánto hay que cobrar por alquiler de maquinaria o determinar la rentabilidad de diferentes modelos de máquinas, si se trata de adquirir una de ellas; para saber si resulta económico comprar una máquina propia o si es más ventajoso alquilar este servicio.

#### Costos de operación de la maquinaria e implementos agrícolas

Los diversos factores que influyen en los costos totales del uso de maquinaria pueden agruparse en dos clases principales: costos fijos y costos variables.

Se consideran *costos fijos* aquellos que no dependen de la intensidad del uso de la máquina o, en otras palabras, aquellos que no son constantes en un determinado lapso de tiempo (normalmente un año).

Los *costos variables* en cambio están relacionados directamente con el uso de la máquina y varían, de acuerdo con el trabajo que se efectúa.

#### Costos fijos de la maquinaria

Los costos fijos se refieren al periodo de un año y comprenden lo siguiente:

1. Depreciación
2. Interés del capital invertido
3. Alquiler del galpón
4. Seguros y tasas

#### Depreciación

A través de la depreciación se compensa la disminución del valor de una máquina, debido al desgaste causado por su uso y su envejecimiento. Dado que generalmente sirve durante varios años. Hay que distribuir el costo de adquisición, que es un gasto único, entre los años de vida útil de la máquina, según la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo de adquisición (actualizado)}}{\text{Años de vida útil}}$$

Debe considerarse siempre el costo actualizado de adquisición, es decir el costo para adquirir una máquina nueva, igual o similar a la propia, en la fecha en que se hace el cálculo.

Para determinar el número de los años de vida útil de una máquina, se distingue entre vida útil según tiempo y vida útil según trabajo.

La vida según tiempo corresponde al periodo, al cabo del cual la máquina debe estar completamente amortizada. Por otro lado, para cada máquina se estima una cierta cantidad de trabajo (medida en horas, hectáreas, etc.) que la máquina probablemente no puede superar. Este límite se llama vida útil según trabajo.

En la mayoría de los casos, los años de vida útil corresponden a la vida útil según su tiempo, sin embargo si una maquinaria tiene un uso muy intenso, puede suceder que la máquina no llegue a cumplir los años previstos en la vida útil según tiempo. Este caso se da si al dividir la vida útil según trabajo entre la utilización anual de la maquinaria, resulta una cifra menor que la vida útil según tiempo. Entonces es esta cifra calculada la que representa los años de vida útil de la máquina y la depreciación anual debe calcularse sobre la base de esta cifra.

Cabe mencionar, que en este caso la depreciación anual ya no es constante sino variable de acuerdo con la utilización anual de la máquina.

Ejemplo para determinar la vida útil de una máquina:

Tipo de máquina: Tractor John Deere 1640

Vida útil según tiempo: 10 años

Vida útil según trabajo: 10,000 h

Utilización anual: Caso A: 500 h (poco trabajo)

Caso B: 2000 h (mucho trabajo)

$$\text{Caso A: } \begin{array}{l} \text{Vida útil según trabajo} = \frac{10,000 \text{ h}}{2,000 \text{ h/año}} = 5 \text{ años} \\ \text{Utilización anual} \end{array}$$

Control: trabajando 2,000 h al año, al cabo de 5 años se llega a un trabajo total de 10 años, con lo cual supuestamente ya está agotada la capacidad de trabajo del tractor.

El dinero que corresponde a las depreciaciones anuales debe acumularse y ser reservado para reemplazar la máquina, una vez que ya no se encuentre en condiciones adecuadas para el trabajo.

En otras palabras los fondos acumulados bajo el rubro de la depreciación sirven para mantener el valor del patrimonio.

### Interés del capital invertido

Si se adquiere una máquina con un préstamo del banco, es obvio que se tiene que pagar un interés por el capital prestado. Este gasto se carga a la máquina. Si se compra la misma máquina con el capital propio no hay ninguna obligación de pagar intereses a nadie, en este caso el propietario tiene el derecho de cobrar un interés por su capital propio invertido en la máquina, ya que recibiría un interés, si hubiera invertido su capital de otra forma (por ejemplo) en una libreta de ahorro, en depósito a plazo, en acciones de una empresa). El monto correspondiente se carga, igual que en el primer caso a la máquina.

Debido a que la máquina pierde el valor en el transcurso del tiempo, así el capital invertido y los intereses correspondientes disminuyen continuamente.

Para simplificar el cálculo y uniformizar los costos en los diferentes años no se sigue esta tendencia, sino que se calcula con un promedio de capital invertido, igual para todos los años. Este promedio depende: Del capital inicial, tiempo de depreciación, tasa de interés y el método de cálculo. Para fines prácticos debe considerarse como promedio el 60% del capital inicial.

Por consiguiente para el cálculo de los intereses resulta la siguiente fórmula:

$$\text{Interés anual: } \frac{0.6 \times \text{costo de adquisición (Actualizado)} \times \text{tasa de interés \%}}{100}$$

Surge un problema en tiempos de inflación. Si la tasa de inflación es igual o mayor que la tasa de interés aplicado, no se justifica, según el razonamiento del primer párrafo, la cobranza de intereses, puesto que el solo hecho de poseer una máquina le da ventaja a su propietario en comparación con otra persona que dispone solo de capital en efectivo, que pierde valor adquisitivo.

### Alquiler del galpón

Siendo algo muy costoso, la maquinaria merece un lugar adecuado de estacionamiento para evitar el deterioro causado por la intemperie (lluvia). Pero cualquier galpón cuesta, sea propio o no, por lo que hay que determinar su costo anual, tomando en cuenta el terreno que ocupa el galpón, la depreciación de la construcción, el interés del capital invertido y el mantenimiento de las instalaciones. El costo total anual se divide entre el área útil del galpón, resultando de esta forma el costo de alquiler por metro cuadrado. De cada máquina se determina el área que ocupa, incluyendo el espacio necesario para maniobras y se multiplica esta área por el costo de alquiler de un metro cuadrado.



$$\text{Alquiler de galpón} = \text{Área ocupada máquina/m}^2 \times \text{costo alquiler /m}^2$$

### Seguros y tasas

En varios países las máquinas automotrices están sujetas al seguro obligatorio y requieren placas, lo que implica el pago de derechos. Además, es posible asegurar las máquinas contra diversos riesgos. Todos estos gastos se consideran en este rubro de seguros y tasas. En muchos países no es obligatorio y no se acostumbra asegurar la maquinaria agrícola.

Sumando los costos mencionados anteriormente se obtienen los costos fijos totales por año de una determinada máquina o implemento. Para conocer los costos fijos de una máquina por unidad de trabajo, se dividen los costos fijos por año entre la ocupación anual prevista de la máquina.

$$\text{Costos fijos por la unidad de trabajo} = \frac{\text{Costos fijos por año}}{\text{Utilización anual}}$$

### Costos variables de la máquina

- Los costos variables que dependen directamente del uso de la máquina se calculan normalmente por unidad de trabajo, ya sea por hora, por hectárea trabajada, etc., según el caso. Pueden distinguirse los siguientes rubros:
  1. Reparaciones
  2. Mantenimiento
  3. Combustibles
  4. Lubricantes

### Reparaciones

Los costos de reparación comprenden los gastos por las reparaciones corrientes y las revisiones periódicas, así como cualquier materia por el mantenimiento (grasa, pintura, etc.) de la máquina. Son bastantes difíciles de estimar de antemano y dependen:

- Del valor de la máquina: Una máquina más cara (más complicada), requerirá normalmente reparaciones más costosas.

- De la intensidad del trabajo: Cuanto más se trabaja con la máquina, tanto más frecuentes y considerables son las reparaciones.
- De la edad de la máquina: Una máquina bien cuidada tendrá menos reparaciones.

Debido a estos factores, los costos de reparación varían de año en año y es imposible predecir su monto con exactitud, particularmente si no se dispone de suficiente experiencia. Una regla general, basada en experiencias de Suiza, dice que los costos totales de reparación de una máquina durante toda su vida, según trabajo corresponden aproximadamente al valor de adquisición de la máquina. Sin embargo, hay máquinas que requieren menos reparaciones, por lo que se trata de tomar en cuenta el llamado *factor de reparación*. A continuación se asigna el factor de reparación de acuerdo a frecuencia de reparación:

- Máquinas que requieren reparaciones regulares se les asigna un factor de reparación 1,0,
- Máquinas que necesitan más reparaciones tienen un factor mayor que 1.0 (por ejemplo 1.5).
- Máquinas menos propensas a deterioro reciben un factor menos que 1.0.

A base de lo dicho resulta la siguiente fórmula para calcular los costos de reparación por unidad de trabajo:

$$\begin{aligned} \text{Costos de reparación} &= \frac{\text{Costos adquisición (Actualizado)} \times \text{factor de reparación}}{\text{Vida útil según trabajo (en unidades de trabajo)}} \\ \text{Por unidad de trabajo} &= \end{aligned}$$

Con esta fórmula se estima el promedio de los costos de reparación por unidad de trabajo y no se toma en cuenta la variación entre los años. Por lo general, los costos reales con el concepto de reparaciones son menores durante los primeros años (máquina nueva), en cierta medida, por el hecho de que los intereses (también calculados como un promedio) son realmente mayores al inicio y menores al final de la vida útil de la máquina.

### Mantenimiento

El mantenimiento de una máquina consiste en el trabajo requerido para mantenerla en buenas condiciones para su uso normal y adecuado: limpieza, engrase, ajuste para el trabajo específico. El tiempo necesario es expresado en horas de trabajo del operador por unidad trabajada en la máquina.

Para calcular el costo del mantenimiento, simplemente se multiplica el tiempo requerido por el costo de una hora de trabajo del operador. También es frecuente utilizar un factor de mantenimiento (Tiempo de mantenimiento/Tiempo de trabajo de la maquinaria).

Costo mantenimiento =  $\frac{\text{tiempo requerido mantenimiento} \times \text{costo operador/h}}{\text{(en horas de trabajo)}}$

### Combustibles

El consumo del combustible depende del tipo y la potencia del motor y del grado de esfuerzo de la máquina.

El consumo específico por HP hora (Hph) varía poco y es:

0.22 L/Hp h para motores diesel  
0.37 L/Hp/h para motores de gasolina

En el caso del uso particular de un tractor, se puede partir de un 25% de grado de esfuerzo. Para motores estacionarios (trilladora) y para moto cosechadora, se calcula con un 60% de grado de esfuerzo.

Ejemplo:

Motor Diesel de 601 40% de esfuerzo  
Consumo estimado:  $0.22 \times 60 \times 0.4 = 5.28 \text{ L}$   
H

Multiplicando el consumo de combustibles por su costo unitario se llega al costo total de combustible por hora:

Costo de combustible =  $\frac{\text{Consumo de combustible} \times \text{precio del combustible}}{\text{(por hora)} \quad \text{(en litro por hora)} \quad \text{(por litros)}}$

## Lubricantes

El consumo de lubricantes es poco significativo para la mayoría de las máquinas, de modo que en este caso no es tomado en cuenta como costo explícito, sino como parte de los costos de reparación por lo que se incluye en dicho costo. Sin embargo, los lubricantes tienen mayor importancia en los motores y máquinas automotrices (aceite de motor, transmisión, etc.). La experiencia enseña que el consumo de lubricante equivale aproximadamente al 0.003% de la potencia del motor en HP (gasolina o diesel) de donde se deduce la siguiente fórmula para estimar el costo de los lubricantes por hora:

$$\text{Costo de lubricantes (por hora)} = \frac{0.003 \times \text{potencia del motor (en HP)} \times \text{precio del lubricante (Por litro)}}{100}$$

Sumando los costos de reparación, mantenimiento, combustibles y lubricantes, se obtienen los costos variables totales por unidad de trabajo de una determinada máquina.

Si se añaden a este monto los costos fijos por unidad de trabajo, se obtienen los costos totales por unidad de trabajo.

$$\text{Costo total de la máquina (por unidad de trabajo)} = \text{costos fijo (por unidad de trabajo)} + \text{costos variables (por unidad de trabajo)}$$

## Costo de administración y riesgo

En el caso de trabajo para terceros o alquilar la maquinaria a sus clientes, se justifica un recargo adicional en un 10-30% del costo total del uso de la maquinaria por concepto de administración y riesgo. El porcentaje empleado para el recargo depende de las condiciones específicas de cada caso. Para una empresa especializada en alquiler de maquinaria 15% de recargo sería un mínimo, a lo cual se deberá añadir un margen adecuado de ganancia.

## Tarifas de alquiler

Añadiendo al costo total de una máquina el recargo por riesgo y administración se obtiene la tarifa de alquiler de la máquina por unidad de trabajo. Cabe mencionar que el alquiler de maquinaria permite, aumentando su uso anual, abaratar los costos por hora para el propietario.

Tarifa por h = costo fijo por h + costos variables por h + recargo porcentual  
 Tarifa por Ha = costo fijo por Ha + costos variables por Ha + recargo porcentual

**Costos de operación**

En el cálculo de los costos de las máquinas e implementos obtenemos a la vez el costo por hora. Con las cifras de tiempo requerido por unidad de trabajo (Ha, mz, etc.) y la remuneración por hora para el operador, podemos calcular el costo de operación. Este se calcula tanto por hora como por unidad de trabajo.

**Cuadro 9.** Costos de operación (para el propietario).

Costos de operación por hora de trabajo:				
Costo de operación = Sin tracción	Costo total de la + máquina por hora		Costo total operador por hora	
Costo de operación = con tracción	Costo total de la máquina por hora	+	Costo total de + la tracción por hora	Costo operador por hora
Costo de operación por unidad de trabajo				
Costo de operación = sin tracción	Costo total de la máquina por hora	+	Costo del operador por hora	x tiempo requerido por unidad de trabajo.
Costo de operación = con tracción	Costo total de la máquina por hora	+	Costo total de la tracción por hora	+ x tiempo requerido por unidad de trabajo

**Cuadro 10.** Tarifa de operación (para terceros)

Tarifa de operación por hora de trabajo			
Tarifa de operación = sin tracción	*Tarifa de la máquina + por hora	Costo para el operador por hora	
Tarifa de operación = Con tracción	*Tarifa de la = máquina por hora	*Tarifa de la = tracción por hora	x tiempo requerido por unidad de Trabajo
Tarifa de operación por unidad de trabajo:			
Tarifa de operación = sin tracción	Tarifa de la máquina + por hora	Costo para el operador por hora	x tiempo requerido por unidad de trabajo
Tarifa de operación = Con tracción	Tarifa de la = Máquina por hora	Tarifa de la = tracción por hora	x tiempo requerido por unidad de trabajo

\* Costo total de la maquina por hora, mas % de administración y riesgo.

**Hoja de conocimientos relacionados**  
**Formato de control**  
**Control de Mantenimiento y Trabajo**

Fecha		Hodómetro		Actividad	Finca	Total horas
Día	Mes	Inicio	Final			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27	Agosto	250	250	Taller		0
28	Agosto					
29						
30						
31						
TOTAL						

**Hoja de conocimientos relacionados**  
**Formato de control**  
**Control de Combustibles, Lubricantes y Grasas**

Entradas

Año

Meses	Combustible	Aceite Hidráulico	SAE 30	SAE 40	SAE 90	SAE 140	Grasa
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							
TOTALES							
Menos salidas							
Existencia							

**Hoja de conocimientos relacionados**  
**Formato de control**  
**Control de Combustible y Aceite**

Año								
Mes								
Fecha	Combustible	Aceite	Combustible	Aceite	Combustible	Aceite	Combustible	Aceite
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
TOTAL								



**Hoja de conocimientos relacionados**  
**Formato de control**  
**Control de Combustibles, Lubricantes y Grasas**

Salidas

Año

Meses	Combustible	Aceite Hidráulico	SAE 30	SAE 40	SAE 90	SAE 140	Grasa
Enero							
Febrero							
Marzo							
Abril							
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							
TOTALES							

## Hoja de conocimientos relacionados

### Formato de control

#### Control de Salidas de Grasas y Lubricantes en Bodega

Meses	Año						
Fecha	SAE 30	SAE 40	SAE 90	SAE 140	Aceite Hidráulico	Grasa	Combustible
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
TOTAL							

**EJERCICIOS DE APLICACIÓN**

Usted tiene una empresa de mecanización agrícola y es contratado por el ingenio de Cantarranas para arar, rastrar y fertilizar 357 ha para la siembra de caña.

Calcular el costo de mantenimiento para la siguiente operación.

Su rendimiento es el siguiente:

Arado es de 2.47 Ha/h

Rastra es de 3.5 Ha/h

Fertilizar es de 4 Ha/h

El señor Bonifacio tiene 200 hectáreas y necesita mecanizar en un periodo de 15 días, con una rastra que tiene un ancho de 5 m a una velocidad de 3.5 km/h ¿Cuál será el rendimiento y el costo por hora?

**Resolución:**

---

---

---

---

---

---

**Acople:** Unir o encajar dos piezas o cuerpos de manera que se ajusten perfectamente.

**API:** Instituto Americano del Petróleo. Los productores de aceite tienen el deber de cumplir con las normas SAE y API, en su defecto, no se entregan licencias de producción y comercialización.

**Productos químicos:** Sustancias para realizar el control de enfermedades e insectos.

**Overol:** Vestimenta que ofrece algún tipo de protección a la exposición de productos químicos.

**Centro de gravedad:** El centro de gravedad es un punto imaginario desde el cual se podría suspender un vehículo y mantendría equilibrio. El auto ideal sería aquel donde el centro de gravedad (lateral y vertical) estuviera en el centro del auto.

**Traba de freno:** Mecanismo que permite detener las llantas independientemente. Con el dispositivo accionado las dos llantas frenan conjuntamente.

**Embrague violento:** Soltar el pedal de embrague rápidamente.

**Arcos:** Estructura de protección del operario, el arco es de material resistente que soporta el peso del tractor cuando se vuelca.

**Cuadros o bastidores:** Estructura de protección en forma de jaula, que ofrece mayor protección.

**Estribos:** Pieza al costado del tractor que sirve para movilizarse, cuando sube o baja del tractor.

**Cizallamiento:** Corte o cortadura de alguna parte del cuerpo.

**Protecciones auditivas:** Accesorio diseñado para proteger los oídos.

**Pruebas audio métricas:** Examen que tiene por objeto cifrar las alteraciones de la audición en relación con los estímulos acústicos.

**Peligros potenciales:** El peligro refiere a cualquier situación, que puede ser una acción o una condición, que ostenta el potencial de producir un daño sobre una determinada persona o cosa.

**Trilladoras:** Máquina que separa el grano del rastrojo de un cultivo.

**Ergonomía:** Se utiliza para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar distintos problemas de salud y de aumentar la eficiencia. En otras palabras, para hacer que el trabajo se adapte al trabajador en lugar de obligar al trabajador a adaptarse a él.

**Fuerza de tiro:** Se define como la potencia o fuerza de tiro disponible en el perno de enganche de la barra, cuando el tractor y su carga arrastrada se desplazan sobre terreno horizontal.

**4WD:** Tracción en las cuatro ruedas.

**2WD:** Tracción en dos ruedas.

**cv:** Caballo de vapor, es la potencia necesaria para elevar a un metro un peso de 75 kilogramos a una velocidad de un metro por segundo.

**Vaso decantador:** Parte del sistema de alimentación de aire que por su forma colabora recogiendo el polvo.

**PSI:** Se denomina PSI (del inglés Pounds per Square Inch) a una unidad de presión cuyo valor equivale a una libra por pulgada cuadrada.

**Crucetas de cardán:** Junta utilizada para transmitir el movimiento entre dos árboles de ejes concurrentes; el ángulo entre los ejes puede variar durante el funcionamiento, pero no puede superar los 40°, ya que se rompería la junta.

**Alternador:** Es una máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

**Motor de arranque:** Es un motor eléctrico alimentado con corriente continua con imanes de tamaño reducido y que se emplea para facilitar el encendido de los motores de combustión interna, para vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos del motor al arrancar.

**Lastre:** Peso adicional que lleva el tractor para evitar el patinaje.

**Bar:** Se denomina bar a una unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 atm).

**Hidroinflado:** Neumático que está lleno con una parte de agua y otra de aire.

**Lubricación:** Acción de una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma así mismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

**SAE:** Entidad técnica norteamericana cuya denominación es Society of Automotive Engineering y que está constituida por los principales especialistas del sector. Promueve intercambio de información y propuestas de unificación de las normas y materiales entre las diferentes industrias automovilísticas y colaterales.

**Sangrar el sistema:** Hacer que el combustible comience a circular por el sistema, sacando las burbujas de aire de las cañerías.

**Estrías:** Son surcos, muescas, líneas que tiene el eje del toma de fuerza.

**Labranza:** Es la remoción de la capa vegetal del suelo que se realiza antes de la siembra, para facilitar la germinación de las semillas, el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas.

**Fanguero:** Es una labor agrícola que consiste en batir con un tractor de ruedas de hierro la superficie de las parcelas para airearlas e incorporar al suelo la paja y rastrojos que quedan como restos de la cosecha después de la siega con las cosechadoras.

**Chaveta de traba:** Son elementos de fijación denominados de esta forma porque son prácticos para el fácil montaje y desmontaje de partes.

**Pie de arado:** Son capas densas que normalmente se forman a una profundidad de alrededor de 15 centímetros y son espesor variable.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernani, V.; Sabat, M.; 2007. Manual de Instrucciones RC2 1300, RC2 1500, RC2 1700. Pág. 26
- Cháves Alvarado, A. 2004. Maquinaria y Mecanización Agrícola. Libro. San José, C. R. EUNED. p 270-342
- Hunt, D. 1983. Maquinaria Agrícola: rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipo. Manual de laboratorio y cuaderno de trabajo. Universidad de Illinois. p. 111-126.
- Bowers, W; Espensched, R. 1988. Fundamentos de Funcionamiento de Maquinaria, Deere & Company, Moline Illinois; 368 p.
- Paz, F. Diseño e implementación de un plan de seguridad e higiene en la utilización de maquinaria agrícola para la unidad de Servicios Agrícolas de Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. 2006. 192p.
- 053.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.bse.com.uy/almanaque/Almanaque%201975/pdf/0%20-%20053.pdf>
- Seguridad en el uso de maquinaria agricola.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de [http://www.ayv.unrc.edu.ar/SEGURIDAD\\_Y\\_%20MEDIO\\_AMBIENTE/Jornada%20interdisciplinaria/1%20Seguridad%20en%20el%20uso%20de%20maquinaria%20agricola.pdf](http://www.ayv.unrc.edu.ar/SEGURIDAD_Y_%20MEDIO_AMBIENTE/Jornada%20interdisciplinaria/1%20Seguridad%20en%20el%20uso%20de%20maquinaria%20agricola.pdf)
- 2006719104256\_Utilizacion de máquina y equipos de laboreo.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/2006719104256\\_Utilizacion%20de%20maquina%20y%20equipos%20de%20laboreo.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006719104256_Utilizacion%20de%20maquina%20y%20equipos%20de%20laboreo.pdf)
- cap\_01\_laboreo.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de [http://www.inia.cl/medios/raihuen/Descargas/cap\\_01\\_laboreo.pdf](http://www.inia.cl/medios/raihuen/Descargas/cap_01_laboreo.pdf)
- d001874-s.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de [http://nasdonline.org/static\\_content/documents/1930/d001874-s.pdf](http://nasdonline.org/static_content/documents/1930/d001874-s.pdf)
- evolucion\_tractores.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de [http://www.uclm.es/profesorado/porrasyoriano/maquinaria/temas/evolucion\\_tractores.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/porrasyoriano/maquinaria/temas/evolucion_tractores.pdf)
- mantearados1b.pdf (Objeto application/pdf). (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.banrepcultural.org/sites/default/files/lablaa/ciencias/sena/agricultura/mantenimiento-de-arados/mantearados1b.pdf>