



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"METODOLOGIA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA  
DE LA OPERACION DE SIEMBRA EN CAMPO".

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

EMIGDIO MAYREN LAREDO

ASESOR: ING. CARLOS GOMEZ GARCIA.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

270025



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Q. Maria del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis  
" Metodología para Aumentar la Eficiencia de la Operación de Siembra en

Campo"

que presenta el pasante: Emigdio Mayrén Laredo  
con número de cuenta: 9256811-8 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México, a 12 de Mayo de 1998

PRESIDENTE

Ing. Manuel García de la Rosa

VOCAL

Ing. Carlos Deolarte Martínez

SECRETARIO

Ing. Carlos Gómez García

PRIMER SUPLENTE

Ing. Aurelio Valdez López

SEGUNDO SUPLENTE

Ing. Antonio Soroa Cerecero

*[Handwritten signatures and dates]*  
6-V-98  
6-V-98  
6-V-98  
6-V-98  
6-V-98

D E D I C A T O R I A

A MI PADRE OSCAR MAYREN BAÑOS

A MI MADRE BERTHA LAREDO DOMINGUEZ

COMO MUESTRA DE CARINO, RESPETO  
POR SU APOYO Y CONFIANZA

A MIS HERMANOS

PEDRO, ROXANA, LUZ DALIA  
LEOPOLDO ELIAS, BERTHA.

A MI TIA MARIA DEL SOCORRO LAREDO DOMINGUEZ  
POR LA AYUDA INCONDICIONAL QUE SIEMPRE ME  
HA BRINDADO

\*\*\*\*\*

## A G R A D E C I M I E N T O S

Ing. Carlos Gómez Garcia por apoyarme en este proyecto

A maestros, amigos, compañeros que siempre  
estimé, con quienes comparti buenos , y  
malos momentos pero sobre todo amistad  
algo difícil de encontrar.

Muy especial a Adriana Salinas R.

# INDICE

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Hipótesis.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Revisión de Literatura.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Historia de las Sembradoras.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Función de una Sembradora.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Clasificación de la Sembradora.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.1 Sembradora de Grano o Múltiple.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.2 Sembradora al Voleo.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3 Sembradora Especializada.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Sembradora Unitaria.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1 Partes de la Sembradora Unitaria.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2 Tipos de Armazón .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.3 Tolva.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.4 Sistema Dosificador de Semilla.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.5 Mecanismo Abridor de Surcos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.6 Dispositivo Cubridor de Semilla.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.7 Mecanismo Impulsor o Sistema de Mando.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.8 Mecanismo de Colocación de Semilla.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.9 Dispositivo de Control de Profundidad de Siembra.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Ajustes y Calibración.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.1 Ajustes .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.2 Calibración.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.3 Mantenimiento de la Sembradora.....</b>	<b>24</b>
<b>2.6 Eficiencia y Capacidad de la Sembradora.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.1 Capacidad Efectiva de Campo del Equipo de Siembra.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2 Factores que Afectan la Capacidad Efectiva de Campo.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.3 Patrones de Operación de Campo.....</b>	<b>30</b>

<b>3. Metodología.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Procedimiento y desarrollo para evaluar un Sistema de Siembra Planeada.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. Evaluación del Sistema de Siembra Convencional.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3 Materiales .....</b>	<b>41</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>42</b>
<b>5. Discusión de resultados.....</b>	<b>46</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>49</b>
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>50</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>51</b>
<b>9. Anexos.....</b>	<b>53</b>

## 1.- INTRODUCCION

La siembra es una actividad que todo agricultor procura se lleve a cabo en el tiempo optimo establecido dentro del ciclo agrícola. El sistema mas corriente hasta 1840 consistía en esparcir las semillas al voleo, sobre el terreno previamente labrado y taparlas después con un rastreo.

Los principales métodos generales de la siembra son: al voleo, mateada, en líneas, y dentro de esta ultima modalidad a chorrillo y a golpes; por otra parte, las semillas, después de la siembra pueden quedar en melgas, en surcos, ya sea en el fondo o en el lomo del surco.

El agricultor esta constantemente luchando para obtener mas eficiencia y capacidad de operación en el campo.

Generalmente, el agricultor siempre esta luchando contra el tiempo, un retraso por cualquier imprevisto puede impedir que se complete a tiempo la preparación del terreno para las fechas optimas de siembra, y los costos de estas operaciones en el campo aumentaran rápidamente. Varios factores contribuyen a la mala eficiencia en el campo. Entre ellos están tamaño de la máquina, velocidad de recorrido, forma del campo, condición de la máquina, condición del suelo y experiencia del operador.

Una buena eficiencia en el campo no necesariamente significa aumento de capacidad, aunque, un ligero cambio de eficiencia es dado para aumentar la capacidad.

Para una eficiencia optima en el campo, la capacidad y el rendimiento de la máquina, deben estar en relación al tiempo y sujeta a penalidades de costos fijados, de acuerdo con reducciones en rendimientos de potencia, ocasionadas por no haber terminado a tiempo el trabajo en la fecha limite.



Una preparación completa, cuidadosa antes de la temporada y un mantenimiento y servicio diario de las máquinas, pueden ayudar a reducir las pérdidas de tiempo en el campo.

Las demoras en el campo causadas por ajuste, reparaciones o averías mayores, pueden resultar críticas, desde el punto de vista de terminación a tiempo de las operaciones para un rendimiento máximo y calidad de la cosecha.

En este trabajo se realizó la evaluación técnica de un sistema de siembra planeado en el Municipio de Pinotepa Nacional, Oaxaca, con la finalidad de establecer un método que permita hacer más eficiente una operación de siembra en la producción agrícola.

## **1.1 OBJETIVOS**

1. Establecer una metodología que permita mejorar la eficiencia de campo en una operación de siembra con sembradora unitaria
2. Determinar el lugar de descarga y recarga de la sembradora en campo a fin de dejar en esos puntos la semilla de reabastecimiento y reducir los tiempos muertos.
3. A través de este método, incrementar la capacidad de campo diaria de la operación de siembra.
4. Procurar una disminución del costo total de uso de la siembra, por unidad de superficie.

## **1.2 HIPOTESIS.**

Una manera de aumentar el rendimiento en la capacidad de siembra, es a través de una reducción del tiempo total empleado por unidad de superficie. Esto se puede lograr al evitar los recorridos improductivos debido a las recargas de los depósitos que suceden en campo. La manera hipotética de evitar los recorridos improductivos en campo, es a través de predicciones de descargas de los depósitos y hacer ajustes para que las descargas sucedan solo en las cabeceras del campo; con el objeto de colocar en esos puntos la semilla de reabastecimiento.

## 2. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1 HISTORIA DE LA SEMBRADORAS

Durante el desarrollo de las sembradoras cabe recordar al Ingles Jethro Tull de Inglaterra de quien se dice construyó la primera máquina parecida a una sembradora, en 1731. También se puede mencionar la primera patente de una sembradora de granos múltiples registrada en 1799. La primera patente para un mecanismo de sembradora de maíz se registró en 1839. La sembradora de algodón se desarrolló en 1825 y una sembradora que colocaba grupos de semillas en 1920. Algunas innovaciones más recientes han sido la siembra de semillas recubiertas, para darles más pesos y tamaño uniforme. Algunas otras cuentan con mecanismos de dosificación neumáticos (Ulloa, 1981).

En 1945, México adquirió 815 sembradoras múltiples de EE.UU.; ya que para ese entonces las exigencias del campo eran muy grandes y no había fabricación de estas en el país

En la actualidad, ya se cuenta con fabricantes y armadoras de sembradoras en México.

### 2.2. FUNCION DE UNA SEMBRADORA

La sembradora hace un surco y coloca las semillas en la tierra a la misma distancia unas de otras y todas a la misma profundidad. (FAO, 1980).

Es una máquina agrícola que sirve para hacer la siembra de las diversas semillas, y con ellas se obtiene más regularidad en la germinación y desarrollo de las plantas (Escobar, 1980).

Las funciones de una sembradora son:

- Abrir el surco donde va a depositar la semilla
- Dosificar y depositar la semilla en el surco
- Enterrar la semilla
- Comprimir el suelo alrededor de la semilla para que esta disponga de mayor humedad y pueda germinar mejor (Ortiz, 1990).

### **2.3. CLASIFICACION DE LA SEMBRADORA**

Existe una clasificación de las sembradoras de acuerdo al sistema de siembra (Ulloa, 1980 y Smith, 1979).

#### **a).- Sembradora-Fertilizadora**

- a.1.- Sembradoras múltiples o en líneas
- a.2.- Sembradoras unitarias o de precisión

#### **b).- Sembradoras al voleo**

#### **c).- Sembradoras especiales**

- c.1.- Sembradoras de papas
- c.2.- Sembradoras de cañas
- c.3.- Sembradoras de hortalizas.

Ortíz, 1980, clasifica a las sembradoras de arrastres y suspendidas, de acuerdo al sistema de colocación de semilla:

- 1.- Sembradora monograno
- 2.- Sembradora a golpes

Las sembradoras monogranos, depositan los granos uno a uno y a distancias precisas.

Las sembradoras a golpes se utilizan en cultivos de semilla gruesa, como maíz, sorgo, algodón y leguminosas para grano, las cuales depositan un grupo de semillas (golpe) a una distancia de uniformidad aceptable.

Ambos tipos de sembradoras pueden clasificarse aun de acuerdo al mecanismo dosificador que puede ser de accionamiento mecánico y neumático (Breece, 1975).

Los mecanismos dosificadores tienen algunas variantes y se distinguen las siguientes:

**a).- DOSIFICACION MECANICA**

- De disco o plato semillero
- De dedos recolectores
- Bandas o correas perforadas
- Cucharillas.

**b).- DOSIFICACION NEUMATICA**

- De tambor medidor presurizado
- De disco medidor presurizado
- De disco medidor al vacío

**2.3.1. SEMBRADORA DE GRANOS O MULTIPLE.**

Constituyen un grupo de máquinas muy difundido dadas las grandes extensiones que se dedican a cultivos cerealistas y forrajeros, cuya disposición de las semillas sobre el suelo no requieren una exhaustiva precisión.

Este tipo de sembradora es especial para granos pequeños (arroz, trigo, avena, cebada, etc.), que se depositan en líneas cercanas una de otra y sin surcos pronunciados. La sembradora múltiple no coloca la semilla en grupos ni forma cuadro, si no que es una corriente continua de granos. (Soto, 1994).

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES.**

El ancho de siembra de estas máquinas es proporcional al número de tubos de descarga y separación entre ellas. El número de conductos varía de 12 a 24 o más y la separación puede ser de 10 a 20 cm. entre tubos de descarga.

## **ENGANCHE**

Muchas sembradoras son arrastradas y accionadas por sus propias ruedas, pero están conectadas al elevador hidráulico del tractor. El enganche está diseñado de manera que el alzamiento de las cuchillas y la interrupción del suministro de semilla se realiza levantando simplemente la palanca del elevador.

Existen sembradoras para ser suspendidas al elevador hidráulico. Con estas sembradoras las ruedas solo sirven para accionar el mecanismo de alimentación y para que la sembradora deje de trabajar basta levantar la máquina del suelo (Culpin, 1984).

## **ALIMENTADORES DE GRANO.**

El tipo más comúnmente usado en la sembradora de grano, es el alimentador de cilindro acanalado, como su propio nombre indica se trata de un cilindro en cuya superficie se encuentra unos compartimientos regularmente dispuestos, que en su giro recogen pequeñas cantidades de semilla de la parte inferior de las tolvas para ser descargadas en el extremo superior del tubo de caída.

## **ABRESURCOS**

Hay dos tipos principales de abresurcos:

Tipo disco: Abre camino a través del suelo y los residuos de cosecha, pueden ser de tipo disco simple y tipo disco doble.

Tipo reja: Es útil usarlo en las sembradoras con ruedas en los extremos y con ruedas prensadoras. Los abresurcos de reja generalmente se usan en condiciones de suelo áspero y rocoso.

## **TAPADORES.**

El dispositivo mas común para cubrir las semillas en la sembradora de granos, es la cadena de arrastre.

Estas sembradoras traen, atrás de los discos, cadenas de aproximadamente 35 cm de largo que se arrastran y mueven un poco de tierra, tapando la semilla. Los cultivos de semilla pequeña requieren poca profundidad de siembra, por lo tanto, estas cadenas hacen un trabajo eficiente.

## **DOSIFICADOR**

Las sembradoras de granos usan dos tipos de dispositivos de medición de semillas.

**Alimentación Acanalada:** La alimentación acanalada se hace mediante una rueda acanalada que corre dentro de una taza de alimentación. Hay una alimentación acanalada por cada abresurcos.

**Alimentación Doble:** Es ideal para medir semillas pequeñas y extrapequeñas en tasas bajas. El nombre doble describe que la rueda de alimentación tienen dos lados que miden semillas.

## **CAJA FERTILIZADORA.**

La tolva de fertilizante esta en la parte trasera para poder llenarla fácilmente.

Los alimentadores de fertilizante dosifican la cantidad deseada. Los tipos de alimentadores de fertilizante son:

**Rodillo Alimentador:** La tasa de aplicación de fertilizante se cambia variando la velocidad de los rodillos alimentadores.

**Plato estrellado:** El plato estrellado alimenta el fertilizante a través de una compuerta ajustable que está regulada para la tasa de aplicación deseada. La velocidad de los platos estrellados también puede cambiarse para permitir una proporción de aplicación mas amplia, cambiando las ruedas dentadas de la cadena

**Sinfin:** La tasa de aplicación puede cambiarse variando la velocidad del alimentador sinfin. El alimentador puede ser impulsado por correa, y unas poleas de diámetro variable permiten el cambio de dosis de aplicación.



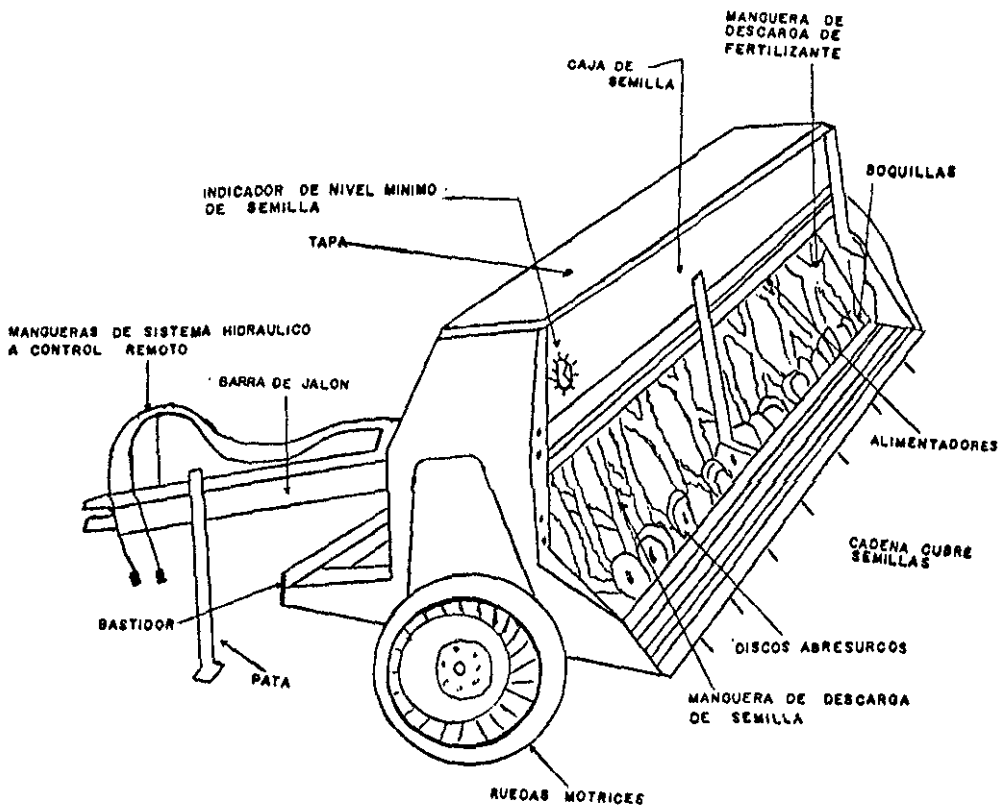


Fig. 1 SEMBRADORA DE GRANO, MULTIPLE (Soto, 1994).

### 2.3.2. SEMBRADORA AL VOLEO

La siembra al voleo es el mas antiguo y sencillo sistema para distribuir las semillas. La siembra mecánica al voleo es mas precisa y mas rápida que la efectuada a mano (Smith, 1979).

Las sembradoras al voleo son de construcción muy simple y se distinguen dos tipos:

- Distribución por fuerza centrífuga
- Descarga directa

De las primeras existen tipos manuales y también para montaje al tractor, coincidiendo en este caso con las abonadoras centrífugas. Se puede obtener en estas máquinas distintos tipos de distribución superficial, tanto de la semilla como de cualquier producto granulado (Ortíz, 1980).

La siembra al voleo esta muy difundida para semillas pequeñas y especialmente para semillas pratenses. (Ortíz, 1990).

Las de descarga directa son análogas, en cuanto a sus mecanismos distribuidores a las sembradoras en líneas, solo que al final dejan caer las semillas libremente a poca altura, en vez de introducirla al terreno a través de abre surcos. Van seguidas normalmente de una rastrá para enterrar la semilla.

### **2.3.3. SEMBRADORA ESPECIALIZADA.**

Las sembradoras especializadas que incluyen la sembradora de papa, sembradora de hortalizas y las transplantadoras, son muy importantes para fases específicas de la producción de cosechas agrícolas.

Las sembradoras especializadas realizan funciones similares a las otras sembradoras, tales como:

- Abertura de surcos en el suelo
- Medición de semillas o plantas
- Colocación de semilla o planta
- Firmeza del suelo alrededor de la semilla o planta (Breece, 1975).

### **2.4. SEMBRADORA UNITARIA**

#### **2.4.1. PARTES DE LA SEMBRADORA UNITARIA**

Dado que el presente va orientado a las sembradoras unitarias, se describirá a estas con mayor detalle.

En general todas las sembradoras unitarias o de precisión tienen los siguientes componentes básicos, algunos son opcionales y su uso de acuerdo a la condición del suelo para la siembra.

- Bastidor o armazón
- Depósito o tolva
- Sistema dosificador de la semilla
- Mecanismo abridor de surcos
- Dispositivo cubridor de semilla
- Impulsor o sistema de mando (rueda prensadora)
- Mecanismo de colocación de las semillas
- Dispositivo de control de profundidad de siembra

#### **2.4.2. TIPOS DE ARMAZON**

En las sembradoras unitarias se encuentran tres categorías de armazones (Breece, 1975).

- Armazón de sembradora de tracción
- Armazón de sembradora integral
- Barra portaherramientas.

El tipo de armazón que se encuentra con mayor frecuencia en las sembradora unitarias es el de barra portaherramientas. Esta pieza formada por un conjunto de placas de acero atornilladas o sólidas entre si, es el soporte para sostener todos los demás elementos que forman la unidad sembradora (Breece, 1975).

### **2.4.3. TOLVA**

Es el depósito que contiene la semilla durante la operación de siembra y alimenta al mecanismo de medición de la misma. Estas pueden estar hechas de metal o de fibra de vidrio, las tolvas de metal pueden tener un indicador de nivel de semilla, el cual indica al operador el momento de volver a llenar la tolva de semilla, sin embargo, las de fibra de vidrio son transparentes y el nivel de semilla puede verse a través de los lados de la tolva.

Esta es una de las partes importantes para determinar el momento y lugar de descarga de semilla ya que depende del tamaño de la tolva, de la razón de la descarga y la velocidad de avance.

### **2.4.4. SISTEMA DOSIFICADOR DE SEMILLA**

El objetivo del sistema dosificador, es obtener la densidad de siembra deseada y distribuir la semilla en forma homogénea a lo largo del surco, previamente abierto para tal fin. Esto implica regular la separación entre semillas y la profundidad a la que se colocan estas (S.A.R.H., 1976).

Entre los dispositivos dosificadores se encuentran:

- De plato semillero
- Recogedor de dedos
- Dispositivos neumáticos
- Dispositivos aleatorios

A continuación se describe con mayor detalle el plato semillero, ya que es el más usado en nuestro país y el cual está enfocado el presente trabajo.

## **DOSIFICADOR TIPO PLATO SEMILLERO.**

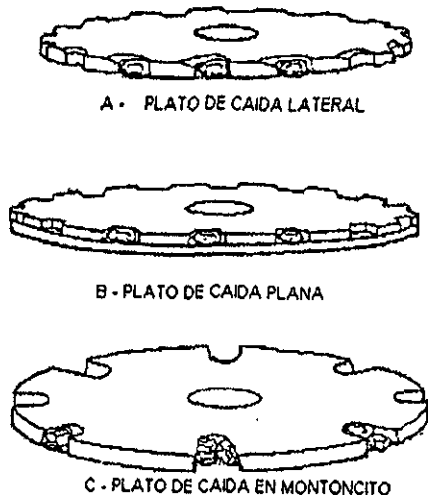
El mecanismo dosificador con plato semillero horizontal es el mas común, pero existen otros tipos, vertical o inclinado para semillas susceptibles a daños mecánicos (Ortíz, 1990).

El plato tiene aberturas o celdas y gira en el fondo de la tolva de semilla . A medida que el plato gira, los granos caen dentro de las aberturas o celdas del plato semillero.

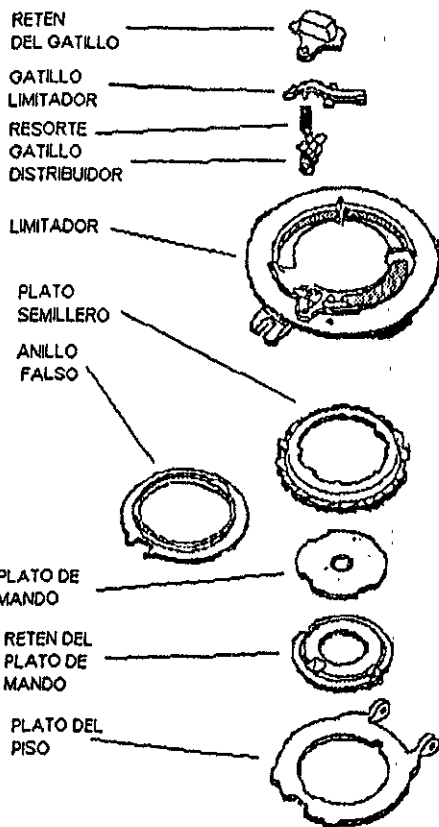
Si las celdas en el plato son de tamaño apropiado, solo un grano caerá en cada celda. Un limitador cargado a resorte, mantiene las semillas en las celdas del plato semillero sin que caigan de la tolva al tubo de descarga. También, debido a las variaciones en tamaño de la semilla, si mas de una semilla se encuentra en el camino hacia la celda, el gatillo limitador empuja la semilla extra fuera de la celda.

Cuando una celda que contiene una semilla pasa sobre el orificio de descarga en el fondo de la tolva, un gatillo distribuidor cargado a resorte deja de salir la semilla a través de la abertura al dispositivo de colocación de semilla. El número y tamaño o diámetro de estas celdas u orificios están diseñados para cada tipo de semilla que se va a sembrar.

Esta es otra parte importante que influye directamente en la razón de descarga de la semilla el cual determina el momento en que la tolva se vacía completamente.



PLATOS SEMILLEROS



MECANISMO DOSIFICADOR DE SEMILLA  
(PLATO SEMILLERO)

Fig. 2 CARACTERISTICAS DEL PLATO SEMILLERO

## 2.4.5. MECANISMO ABRIDOR DE SURCOS

Su función es el de abrir en el terreno una zanja o surco perfectamente definida, en cuyo fondo se puede depositar la semilla.

Dentro de los tipos de abresurcos que existen se tienen:

- Abresurco de patín o machete
- Abresurco de disco
- Abresurco de pala, doble vertedera o cincel
- Combinación de abresurco de patín y disco doble

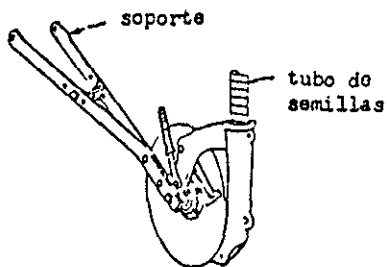
Los abresurcos de patín, se usan en terrenos en los cuales se han realizado labores de preparación convencionales.

Los abresurcos de discos se utilizan en lugares donde se practican sistema de cultivos mínimos o donde se han dejado mayor cantidad de rastrojo en la superficie. Estos tipos de abridores tienen una ventaja sobre los de tipo patín y es que cortan más las cañas de maíz y rastrojos de grano y mantienen una profundidad de siembra uniforme.

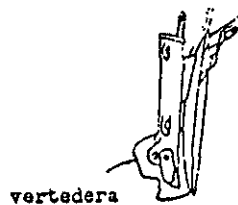
Los abresurcos de pala o cincel se usan con la sembradoras de camellones y surcos. Su principal ventaja es de preparar el surco de la semilla en condiciones de suelos pegajosos.

Combinación de abresurcos de patín y discos, tienen las ventajas de los dos tipos (patín y disco doble). El disco corta los residuos de rastrojos y el patín mantiene al suelo separador lo suficiente para permitir que la semilla descansa en el fondo de la ranura antes de que el suelo caiga sobre ella.

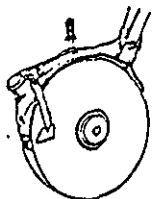




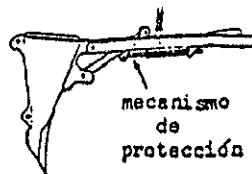
Surcador de disco simple sin vertedera y con tubo de entrega cerrada.



Surcador de disco simple con vertedera.



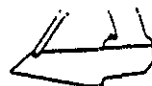
Surcador de disco doble plano



Azadón



Patín curvo



Patín recto

Fig. 3. TIPOS DE ABRESURCOS.

## 2.4.6. DISPOSITIVO CUBRIDOR DE SEMILLA.

Para asegurar un buen porcentaje de germinación, es necesario un buen contacto semilla-suelo, por lo que el componente cubridor es también de gran importancia en las máquinas sembradoras. Existen cuatro tipos diferentes de cubridores de semillas que son:

- De reja
- De cuchilla
- De disco
- De cadena.

De reja : Se trata de una reja escarificadora, de las mismas características que las montadas en los cultivadores, que se fija a un brazo flexible o rígido, que a su vez se une al bastidor de la máquina.

La cuchilla cubridora es mas económica y trabaja eficientemente en suelos labrados convencionalmente. Su desventaja esta en que tienden a atascarse en suelos con mucha cubierta de hojarasca.

Los discos cubridores se utilizan en condiciones de mucha hojarasca, en sistemas reducidos y en labranza disminuida, para obtener suficiente suelo suelto para cubrir la semilla.

La cadena se puede utilizar en cualquier dispositivo acoplado a la parte trasera del abresurcos para cubrir la semilla, pero generalmente se utiliza para cubrir semillas pequeñas.

#### 2.4.7. MECANISMO IMPULSOR O SISTEMA DE MANDO.

La función del sistema de mando es accionar el mecanismo dosificador para poder seleccionar las semillas y colocarla en el suelo con el espaciamiento deseado.

Los tres tipos de mecanismo impulsores mas comunes para hacer girar el mecanismo de siembra son:

**Impulsores de rueda transportadora:** Se usan en la mayoría de las sembradoras de tipo tracción o arrastre. Este tipo de impulsor gira el mecanismo de siembra a una velocidad que esta en relación al avance de la sembradora.

**Impulsores de rueda reguladora:** Se usan comúnmente en las sembradoras de barra portaherramienta o sembradoras de montaje integrado. El impulsor de rueda reguladora puede usarse cuando no existe rueda transportadora para mover la unidad de siembra.

**Impulsores de rueda prensadora:** Los impulsores de rueda prensadora pueden usarse cuando las sembradoras tipo unitario están montadas en barras portaherramientas.

El sistema de mando de rueda prensadora, tiene en la sembradora unitaria tres funciones. Es rueda de mando por que a través de dos engranes y una cadena transmite la fuerza necesaria para operar el mecanismo de siembra, dentro del bote semillero. Es rueda prensadora porque con su peso apisona el suelo sobre la semilla, para eliminar los espacios de aire que pudieran quedar alrededor de ellas; y es rueda reguladora, por que regula la profundidad de siembra (Breece, 1975).

El mecanismo impulsor de rueda puede afectar el calculo del lugar de descarga, ya que al producirse un excesivo patinaje, el lugar calculado de la descarga, puede variar.

#### **2.4.8. MECANISMO DE COLOCACION DE SEMILLA**

Consiste en un tubo recto, que puede ser metálico o de plástico y prácticamente sirve de guía a las semillas en su paso desde el mecanismo dosificador al fondo del surco.

#### **2.4.9. DISPOSITIVO DE CONTROL DE PROFUNDIDAD DE SIEMBRA.**

La profundidad de siembra de una sembradora unitaria, es controlada por la rueda prensadora, la zapata reguladora o el abre surco de patín.

Generalmente en todas las sembradoras el ajuste de profundidad se logra mediante una placa perforada y un pasador o leva, el cual colocado en diferente orificio de la placa, hace que la rueda prensadora suba o baje con respecto al dispositivo de colocación de la semilla.

Cuando se usa la zapata reguladora se levanta la rueda prensadora de tal manera que flote y la profundidad de siembra será controlada por la zapata reguladora. Si se usa abresurco de patín corto para regular la profundidad, esta se controla descendiendo o levantando los abresurcos en las sembradora.

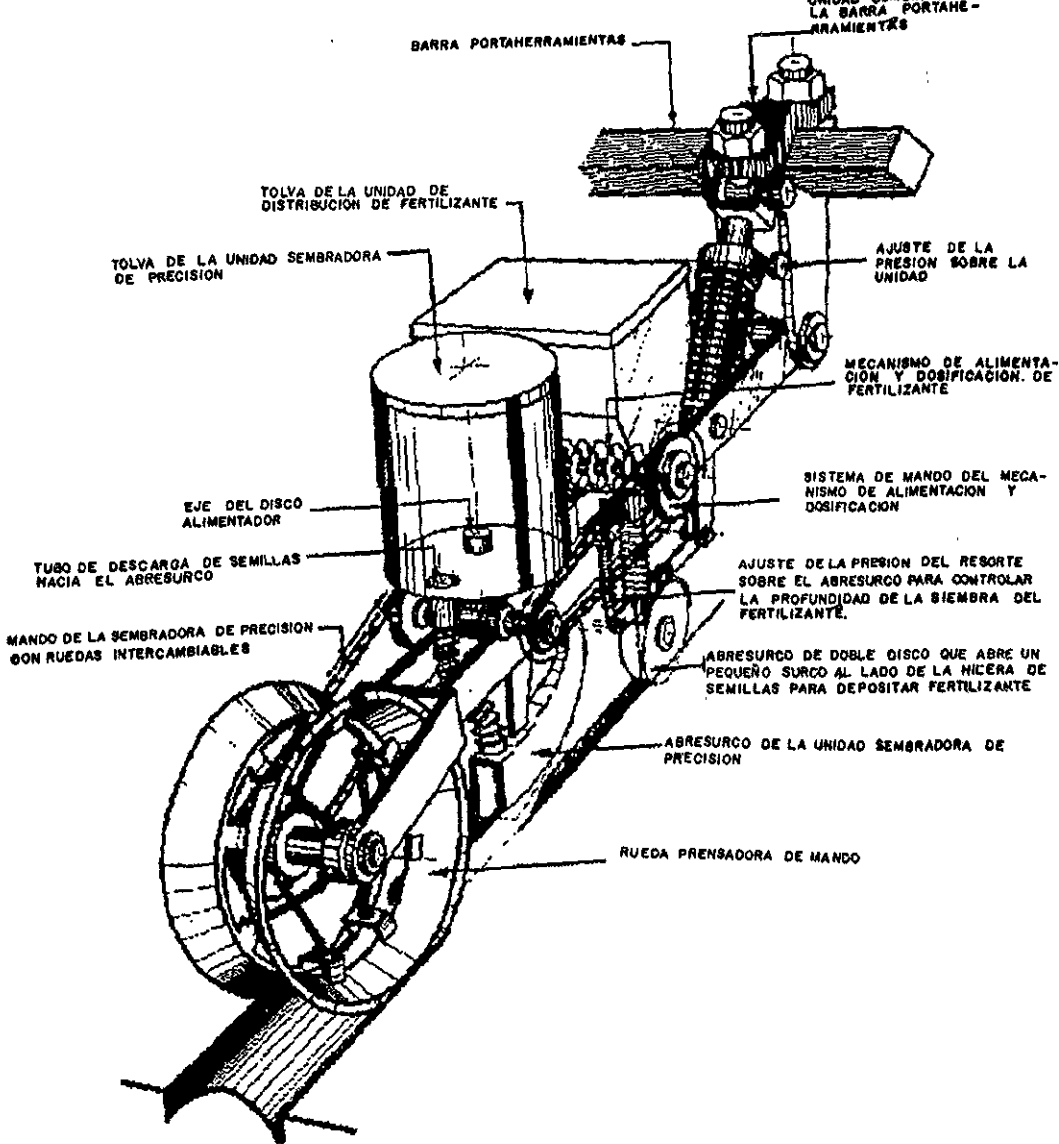


Fig. 4 PARTES DE UNA SEMBRADORA DE PRECISION.

## 2.5. AJUSTES Y CALIBRACION

### 2.5.1. AJUSTES.

Las regulaciones principales en las sembradoras unitarias son las siguientes.

#### a).- Regulación del ancho entre líneas de siembra

Se consigue colocando los cuerpos de la sembradora a una distancia previamente elegida, a lo largo de la barra portaherramienta del bastidor.

#### b).- Regulación de la profundidad de siembra

La profundidad de siembra es controlada por la rueda prensadora, la zapata reguladora o el abre surco de patín. Cuando es controlada por la rueda prensadora, la sembradora se ajusta para su profundidad máxima de operación, estando el pasador en el orificio superior de la barra de ajuste de profundidad de siembra. Para disminuir la profundidad, únicamente se cambia el pasador a un orificio de la placa de la sembradora.

Cuando se usa zapata reguladora se levanta la rueda prensadora, de tal manera que flote y la profundidad de siembra será controlada por la zapata reguladora. Si se usa abresurco de patín corto para regular la profundidad, esta se controla descendiendo o levantando los abresurcos en la sembradora.

#### c).- Regulación de la distancia entre semilla

El espaciamiento de las semillas en la hileras y el número de semillas por hectárea, se ajustan cambiando el plato semillero y las ruedas dentadas impulsora en cada unidad sembradora. Es decir, el espaciamiento de semilla está determinado por la relación de número de vueltas del mecanismo de siembra y el número de semillas seleccionadas al número de metros recorridos por la sembradora (Breece, 1975).

## 2.5.2. CALIBRACION

Una vez colocado los engranes, el plato semillero y haber ajustado la sembradora respecto al tractor, se procede a calibrar la sembradora de acuerdo a la población por hectárea que se necesitan sembrar o la separación de las semillas que se desea tener. Tal densidad de siembra se puede calcular, ya sea con la máquina parada o en su defecto, avanzando. Pero para cualquiera de estas formas el procedimiento es muy parecido, la única diferencia esta en que con la máquina avanzando se pueden obtener datos mas reales de dosis de siembra.

Un ejemplo de un plato semillero con 18 celdas. La transmisión contiene dos engranajes cónicos que provocan una reducción en el mando de 1 : 2, o sea, cuando la rueda de mando hace una revolución el disco con celdas gira media revolución. El diámetro de la rueda de mando es de 40 cm. Por consiguiente, su circunferencia es igual a  $3.14 \times 40 = 126$  cm. Se puede también medir esta circunferencia con una cuerda o con una cinta de medir .

Cuando la máquina avanza sobre 126 cm., la transmisión hace girar el disco con celdas media revolución. En media revolución el disco descarga  $18/2 = 9$  semillas. La distancia promedio entre las semillas en la hilera será igual a  $126/9 = 14$  cm.

## 2.5.3 MANTENIMIENTO DE LA SEMBRADORA

El mantenimiento consiste en realizar ciertas operaciones para cuidar el equipo; lubricarlo, mantenerlo en buenas condiciones, repararlo o reacondicionarlo cuando éste lo exija. Un buen mantenimiento puede reducir, el desgaste, los costos de operación y hasta la depreciación del equipo.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia del mantenimiento y eficiencia del equipo, aunque la eficiencia de campo se ve afectada por los siguientes factores (Breece, 1975).

- La capacidad teórica de la máquina
- La maniobrabilidad de la máquina
- Los modelos de campo
- La forma de campo
- El tamaño de campo
- Las condiciones de suelo

## **METODO DE CALIBRACION**

$$D = 10\,000 \text{ g / s} \dots\dots\dots (1)$$

Donde :

D= Dosis de siembra o fertilización; kg/ha.

g= Cantidad total de semillas o fertilizante colectada; kg

s= Superficie trabajada por la sembradora en una longitud de 30 metros; m<sup>2</sup>

## **PASOS A SEGUIR EN LA CALIBRACION**

- a).- Colocar bolsas de polietileno en los tubos de descarga de semilla y fertilizante
- b).- Seleccionar plato semillero
- c).- Seleccionar la combinación del engranaje
- d).- Medir distancias de 30 m. sobre el terreno y poner estacas en los extremos
- e).- Colocar el tractor junto con la sembradora al inicio de los 30 m.
- f).- Recorrer la distancia de 30 m. previamente medida y marcada, cuidar que la sembradora vaya entregando semilla y fertilizante en las bolsas de polietileno.
- g).- Finalmente se retiran las bolsas y se procede a pesar la semilla, para poder determinar con rapidez la densidad de siembra en kilogramos por hectárea.



## 2.6 EFICIENCIA Y CAPACIDAD DE LA SEMBRADORA

### 2.6.1 CAPACIDAD DE CAMPO DEL EQUIPO DE SIEMBRA

La capacidad de campo de las sembradoras en hileras, sembradoras de grano, sembradoras al voleo, están expresadas en hectáreas por hora.

Los tres factores que interesan son:

#### CAPACIDAD TEORICA DE CAMPO

Es la cantidad de superficie que una máquina realiza por unidad de tiempo, el número de hectárea que pueden sembrarse en una hora si no se pierde tiempo, es la capacidad teórica de campo.

$$CCT = 0.1 \times A \times V \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

A= Ancho de trabajo; m.

V= Velocidad de trabajo; km/h.

CCT= capacidad Teórica; ha/h.

Los factores que determinan la capacidad teórica de campo de la máquina son el ancho de la máquina y la velocidad, (Breece, 1975).

El ancho de trabajo es diferente al ancho del implemento por lo tanto se debe conocer la diferencia entre ambos; el segundo es usado normalmente y es en base al mostrado por catalogo. Y el ancho de trabajo efectivo es el resultado del trabajo en un terreno.

La velocidad de avance se refiere a la rapidez con que la máquina se desplaza de un punto a otro durante su operación.

## CAPACIDAD EFECTIVA.

Es el trabajo real realizado por la máquina en un período de tiempo y su obtención se hace apartir de la siguiente formula.

$$CEC= 0.1 \times A \times V \times E \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

E= Eficiencia; %.

CEC= Capacidad efectiva de campo; ha/h.

ó también:

$$CEC = \frac{S}{T_u + T_i} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

S= Superficie; ha.

Tu= Tiempo útil; h.

Ti= Tiempo inútil; h.

## EFICIENCIA DE CAMPO

Es la relación entre el número de hectáreas que la máquina puede cubrir teóricamente en una hora y el número de hectáreas efectivas trabajadas, se le conoce como la eficiencia de campo.

$$E = \text{CEC}/\text{CCT} \times 100 \text{-----} (5)$$

O también se le puede definir como:

**EFICIENCIA:** La eficiencia en campo es la proporción en tiempo que se aprovecha productivamente con relación al tiempo total empleado, expresando en porcentaje.

$$E = \left( \frac{T_u}{T_u + T_i} \right) \times 100 \text{-----} (6)$$

Donde:

E= Eficiencia, %

## **2.6.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE CAMPO**

Algunos de los factores más importantes son (Breece, 1975):

### **ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO**

El agricultor que planea su operación de siembra, ahorrará tiempo y aumentará la eficiencia en el campo. El plan debe incluir inspección y reparación de la sembradora, antes de su uso en la próxima temporada para ayudar a evitar el gasto de tiempo por averías y ajustes en el campo.

### **TAMAÑO DE LA MÁQUINA**

La compra de una sembradora que es el doble en tamaño, aumentará grandemente a la capacidad en el campo, pero reducirá un poco la eficiencia en el campo.

### **VELOCIDAD DE RECORRIDO**

Un aumento en la velocidad, puede aumentar la capacidad en el campo, pero puede reducir la eficiencia en el campo y afectar la población de siembra.

### **FORMA DEL CAMPO**

La forma del campo es un factor importante en la eficiencia en el campo de la máquina. El viraje en los extremos del campo toma tiempo, la mejor situación sería reducir el número de virajes posibles. Un campo en forma rectangular largo, proporciona la mayor eficiencia en el campo.

## **CONDICIÓN DEL EQUIPO**

El ajuste incorrecto de la sembradora, puede causar pérdida de eficiencia en el campo, debido a que la máquina no está funcionando correctamente.

## **CONDICIÓN DEL SUELO**

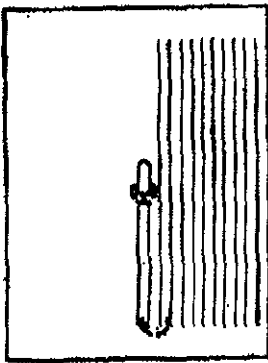
La condición del suelo afecta la capacidad en el campo durante la siembra. La condición atmosférica puede causar una condición mala del suelo y por lo tanto, reducir la eficiencia en el campo.

### **2.6.3 PATRONES DE OPERACIÓN DE CAMPO**

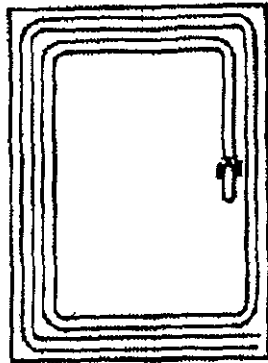
La eficiencia de campo es función del patrón de operación empleado. El agricultor debe seleccionar un patrón que le proporcione una eficiencia de campo óptima, pero ocurre que la topografía del terreno, rocas, árboles, entre otros, limitan el libre trazado de las pasadas del implemento, de manera tal, que deberá sacrificar eficiencia de campo para conseguir un diseño practicable en el campo a trabajar.

Un patrón de siembra es un esquema de las pasadas de la sembradora, que permitirá cubrir todo el área a sembrar. Teniendo en cuenta los distintos patrones de siembra y la forma y dimensiones del campo, se puede mejorar la eficiencia de campo. En resumen, lo que se trata de minimizar son las distancias recorridas por la máquina en vacío, es decir los giros en las esquinas o en las cabeceras.

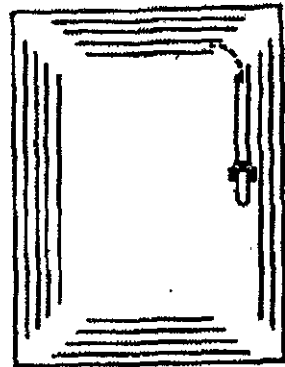
La FAO (1977), presenta al mundo sus modelos de campo tal y como se muestran a continuación:



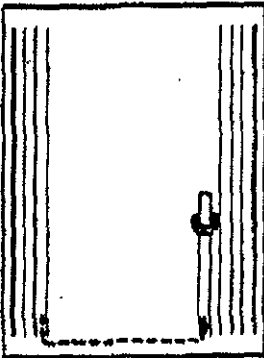
CONTINUJO CON FAJAS DE GIRO EN CADA EXTREMO



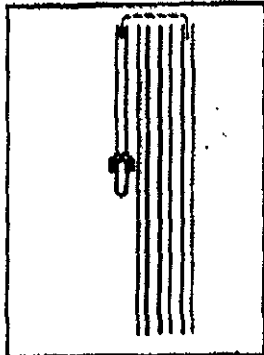
EN CIRCUITO CON ESQUINAS REDONDEADAS



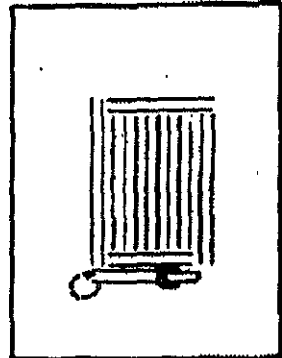
EN CIRCUITO, CON FAJAS DE GIRO EN LAS DIAGONALES DE LA ESQUINA



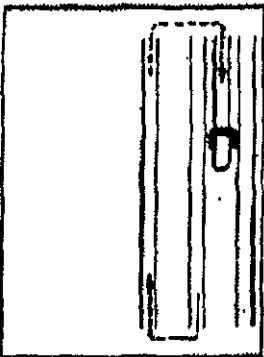
MODELO DE CABECERAS, DESDE LOS EXTREMOS



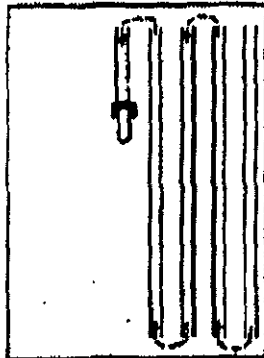
MODELOS DE CABECERAS, DESDE LOS SURCOS POSTERIORES



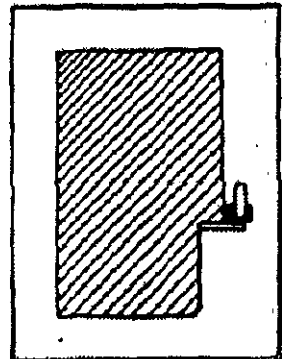
EN CIRCUITO, CON GIROS DE 270° DESDE LOS EXTREMOS O DESDE EL CENTRO



MODELOS DE ALTERNACION TRASLAPADA



MODELO DE ALTERNACION DIRECTA



EN CIRCUITO, CON ESQUINAS CUADRADAS

Fig. 5 MODELOS COMUNES DE MAQUINAS DE CAMPO PARA AREAS DE FORMA RECTANGULARES (FAO, 1977).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO PARA EVALUAR UN SISTEMA DE SIEMBRA PLANEADA

La siembra planeada es el procedimiento que se plantea para conseguir una reducción del tiempo, y completar la siembra en una superficie determinada, también denominado. “Método de siembra con abastecimiento predeterminado”.

Si se logra saber con cierta precisión el lugar de descarga de semilla, se podrá prevenir el abastecimiento en el lugar indicado del campo.

El método consiste en determinar el punto del campo donde ocurrirá la descarga de los depósitos de la sembradora, y en ese lugar, colocar la semilla de reabastecimiento. Se plantea que el reabastecimiento sea en una de las cabeceras más cercana y antes que ocurra la descarga total, o en el mejor de los casos, las descargas ocurran en una sola cabecera, aquella que se localice en mejores condiciones de operación y ubicación.

Los puntos necesarios que permiten encontrar el momento y el lugar de descarga de los depósitos de semillas son: la capacidad de la tolva, la velocidad de avance, la razón de descarga, la longitud del campo y forma del campo.

La capacidad de la tolva: es la masa o el volumen de semilla que la tolva puede contener de acuerdo a su tamaño. Tolvas muy grandes de alta capacidad, requieren de mayor tiempo de descarga si se utilizan los mismos mecanismos dosificadores.

La velocidad de avance: es la velocidad hacia delante que la sembradora recorre sobre el surco del campo. Se debe seleccionar aquella que permita una siembra adecuada y uniforme.

**La razón de descarga:** Es la cantidad de semilla que se descarga por unidad de tiempo, generalmente se mide en kilogramos por minutos.

**Longitud de campo:** La longitud del campo influye directamente en la determinación del lugar en que ocurre la descarga. El lugar de descarga dependerá además del ancho de siembra, de la velocidad de avance y de la razón de la descarga.

**Forma del campo:** Los campos de forma regular, facilitan el calculo del lugar de descarga con cierto margen de error, sin embargo, en campos irregulares no es recomendable implementar la metodología propuesta.

El trabajo se desarrolló en uno de tantos campos agrícolas existentes en el estado de Oaxaca, pero fácilmente localizable:

#### **A).- LOCALIZACION**

La evaluación del métodos se realizo en el municipio de Pinotepa Nacional, Oaxaca. Se encuentra ubicado al Sur del Estado; con una altura de 100 m.s.n.m. Se considera una zona subhúmeda Aw (w) i, el cual presenta lluvias en verano, temperatura media 27<sup>0</sup> C, siendo la temperatura máxima de 35<sup>0</sup> C. Se tiene una precipitación anual de 1750 mm.

El tipo de suelo existente es el franco-arcilloso, rico en materia orgánica.



## B).- SELECCIÓN DEL TAMAÑO Y FORMA DEL CAMPO

Se seleccionaron dos campo de forma rectangular de 3.7 hectáreas cada uno. En el primer campo se llevo a cabo la siembra por el método convencional; en el segundo, se implementó el método de siembra con abastecimiento predeterminado.

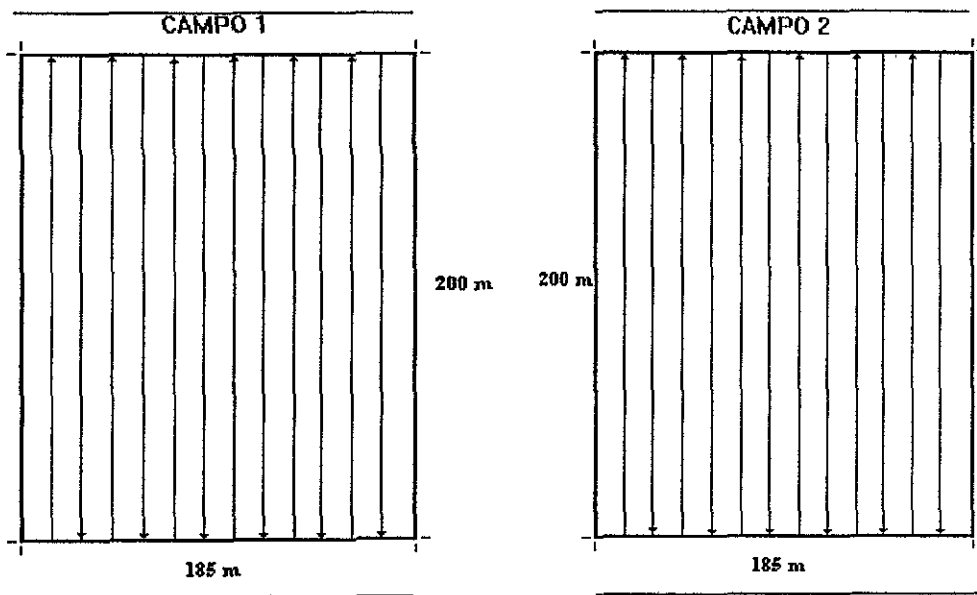


Fig. 6 FORMAS Y DIMENSIONES DE LOS CAMPOS EVALUADOS.

## C).- PATRÓN DE MOVIMIENTO

El patrón de movimiento utilizado para ambos campos fue el modelo continuo con viraje en las cabeceras debido a que este es el método que se reporta con mayor eficiencia.

## D).- CALIBRACIÓN

El procedimiento de calibración de la sembradora para determinar los kilogramos por hectárea, en cada campo, se llevó a cabo aplicando la fórmula 1

## E).- DETERMINACION DE VELOCIDAD Y PATINAJE

1).- Para calcular la velocidad, se aplicó la formula siguiente:

$$V = (L / t) 3.6 \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

V= Velocidad; km/h.

L= Longitud del campo; m.

t= Tiempo en recorrer la longitud L; seg.

b).- Medir distancias de 30 m. sobre el terreno y poner estacas en los extremos.

c).- Recorrer la distancia previamente medida, marcada, y tomar el tiempo de recorrido con la sembradora trabajando.

d).- Una vez recorrida la distancia se procede a aplicar otro tratamiento, hasta completar 6 repeticiones.

2).- Patinaje; para el cálculo de patinaje, se aplicó la siguiente ecuación:

$$Pa = \left( \frac{d_0 - d_1}{d_0} \right) 100 \text{ ----- (8)}$$

Donde:

Pa= Patinaje; %.

d<sub>0</sub>= Distancia de cinco revoluciones de la rueda motriz del tractor con la sembradora levantada; m.

d<sub>1</sub>= Distancia de cinco revoluciones de la rueda motriz del tractor con la sembradora trabajando; m.

## F).- DETERMINACIÓN DEL LUGAR DE DESCARGA DE LA SEMILLA

Para el campo 2, se implementó el método de siembra con abastecimiento predeterminado siguiendo el método propuesto por Gómez, (1993).

f.1.- Capacidad de siembra de la máquina (Cs)

$$Cs = \frac{a \cdot v \cdot k}{10} ; \text{kg/h} \text{ ----- (9)}$$

Donde:

a= Ancho de trabajo de la sembradora; m.

v= Velocidad de avance; km/h.

k= cantidad de semilla recomendado por hectárea; kg/ha.

Cs, también se puede calcular por:

$$Cs = 60N \cdot q ; \text{kg/h} \text{ ----- (10)}$$

Donde:

N= Número de hileras del equipo

q= Razón de descarga por hilera; kg/min.

f.2.- Para determinar el tiempo en que las tolvas se descargan ( $T_d$ ) se aplica la siguiente ecuación propuesta:

$$T_d = \frac{10M.N}{a.v.k}; h \text{ -----} (11)$$

Donde:

$M$ = Cantidad de semilla que cada deposito contiene; kg. (sin considerar remanente).

f.3.- Para determinar el lugar de descarga se aplica la siguiente ecuación propuesta por Gómez, 1993.

Como distancia ( $d$ ) = (velocidad ( $v$ )) X ( tiempo ( $T_d$ )), se obtiene la ecuación siguiente al sustituir por sus equivalencias respectivas.

$$d = \frac{10000M.N}{a.k}; m. \text{ -----} (12)$$

Donde:

$d$ = Distancia lineal en que ocurre la descarga; m.

f. .- Para determinar el número de recorridos ( $n$ ) en que ocurre la descarga, se aplica la siguiente ecuación propuesta:

$$n = \frac{10000M.N}{a.L.k} \text{ -----} (13)$$

Donde:

$L$ = Longitud del campo de forma regular sin considerar fajas de cabeceras; m

### G).- AJUSTE DE LA CANTIDAD DE SEMILLA OPTIMA EN LOS DEPÓSITOS

Finalmente, se determina la cantidad de semilla (M) que cada deposito debe contener, a fin de descargarse sólo en las cabeceras, como se muestra en la siguiente figura.

$$M = \frac{n.a.L.k}{10000N} ; \text{kg} \text{-----} (14)$$

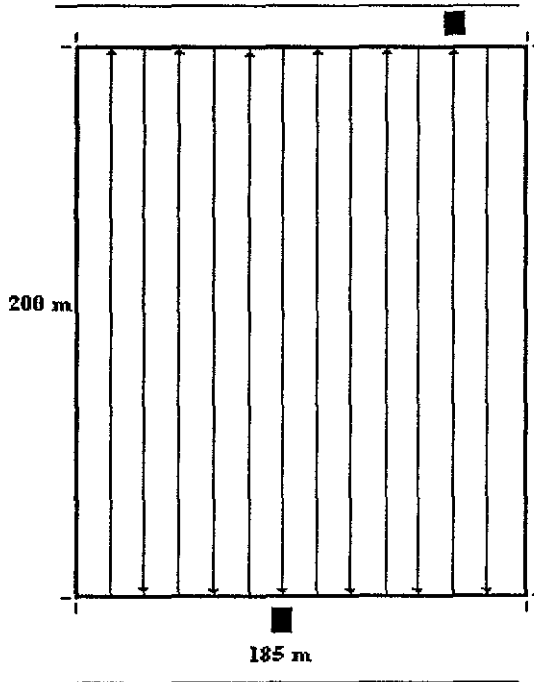


Fig.7 DESCARGA DE LA SEMILLA

## **H).- DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAMPO POR EL MÉTODO DE SIEMBRA CON ABASTECIMIENTO PREDETERMINADO.**

Se calcula por la formula No. (5)

## **I).- DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO**

La capacidad de campo por el método de siembra con abastecimiento predeterminado, se determina por la formula No. (3)

## **3.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SIEMBRA CONVENCIONAL**

### **A) DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD Y PATINAJE**

a) Para calcular la velocidad se aplicó la formula No. (7).

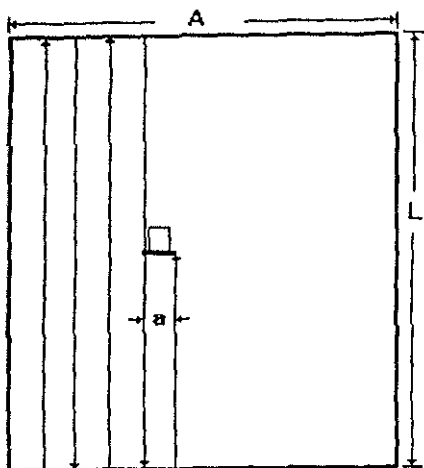
b) Para el calculo de patinaje se aplicó la formula No. (8).

### **B) DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAMPO**

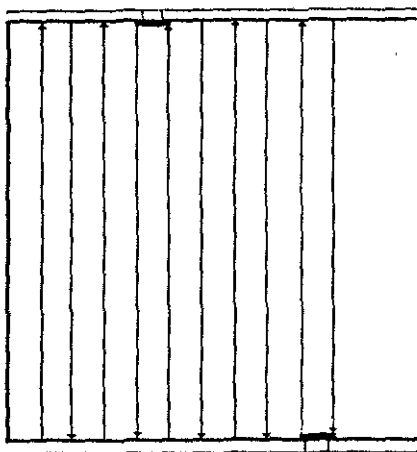
Se calcula por la formula No. (5).

### **C) DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO**

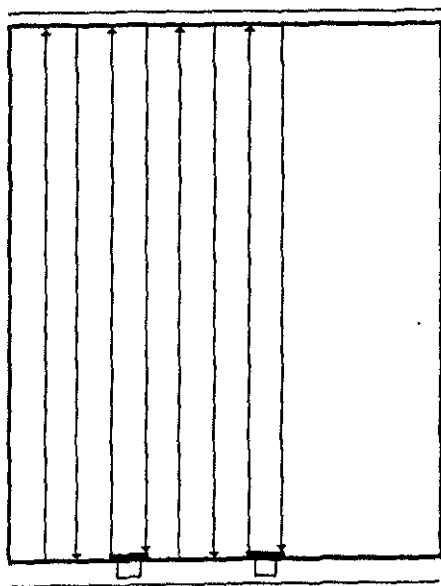
Se determina por la formula No. (3).



A) DESCARGA EN LA PARTE  
MEDIA DE LA LONGITUD  
DEL CAMPO



B) DESCARGA EN LAS CABECERAS  
EN FORMA ALTERNADA



C) DESCARGA EN UNA SOLA CABECERA

Fig. 8 POSIBLES PUNTOS REALES DEL CAMPO DONDE PUEDEN VACIARSE  
LOS DEPOSITOS DE UNA SEMBRADORA FERTILIZADORA.

### 3.3 MATERIALES

- Tractor F-6600 más sembradora (dos hileras) unitaria, marca Indiana.
- Campos, preparados con una aradura a 30 cm. de profundidad; dos pasadas de rastra
- Semillas (67 Kg.) de sorgo forrajero
- Cinta de 50 m.
- Estacas (10)
- Cal con aplicador (15 Kg.)
- Cronómetro
- Cuerda (200 m.)
- Báscula de 20 kg de capacidad
- Marcador
- 2 campos agrícolas de 3.7 has cada uno



#### 4. RESULTADOS

CUADRO No. 1 CALIBRACIÓN Y VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE LA SEMBRADORA EN AMBOS SISTEMAS EVALUADOS

SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/h)	PESO DE LAS BOLSAS (gr)	DOSIS DE SIEMBRA (kg/ha)
42	30	5.8	76	18

Se presentan los valores de los resultados obtenidos de la calibración para ambos campos ya que la sembradora utilizada fue la misma y el tipo de suelo fue similar

CUADRO NO. 2 VELOCIDAD DE AVANCE DE LA SEMBRADORA EN AMBOS SISTEMAS EVALUADOS

DISTANCIA (m)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/h)
30	18.5	5.8

La velocidad de avance fue de 5.8 km/h para ambos campos.

El tiempo de recorrido en una distancia de 30m fue de 18.5 segundos, el cual fue tomado en la parte media de la longitud del campo, estos datos son el promedio de 6 lecturas realizadas

CUADRO No. 3: DETERMINACIÓN DEL LUGAR DE DESCARGA DE LA SEMILLA EN EL SISTEMA DE SIEMBRA PREDETERMINADO.

DOSIS	ANCHO DE TRABAJO (a)	VELOCIDAD DE TRABAJO (v)	CAPACIDAD DE SIEMBRA (Cs)	TIEMPO DE DESCARGA DE LOS DEPÓSITOS (Td)	DISTANCIA LINEAL EN QUE OCURRE LA DESCARGA (d)	NÚMEROS DE RECORRIDOS EN QUE OCURRE LA DESCARGA (n)	MEDICIÓN Y AJUSTE DE SEMILLA EN EL DEPOSITO
kg/Ha	m	km/h	kg/h	h	m		kg
18	1.4	5.8	14.6	2.05	11905	59.5	14 8

El tiempo de descarga encontrado en los depósitos fue de 2.05 h es suficiente para sembrar dos hileras en una distancia de 11905m lineales, equivalente a 59.5 recorridos en el campo.

Para el calculo de la semilla recomendable en los depósitos se tomo como base un numero de recorrido completos, de 59.

Esto dio como resultado que cada deposito debería contener teóricamente 14.8kg mas 1 2kg para remanentes, que en total suma 16kg, para los campos estudiados

CUADRO No. 4: RESULTADOS DE PATINAJE EN AMBOS SISTEMAS EVALUADOS

No. DE PRUEBAS	DISTANCIA DE 5 REVOLUCIONES RUEDA CON CARGA (m)	DISTANCIA DE 5 REVOLUCIONES RUEDA SIN CARGA (m)	PATINAJE (%)
6	$d_0$	$d_1$	Pa
PROMEDIO	23.26	23.97	3.05

El resultado obtenido de patinaje fue de 3.05% para ambos campos.

La distancia de 23.26 m en 5 revoluciones de la rueda motriz del tractor con la sembradora trabajado, y la distancia de 23.97 m en 5 revoluciones de la rueda motriz del tractor con la sembradora levantada medidas en los recorridos de la longitud del campo

CUADRO No.5 RESULTADOS DE EFICIENCIA Y CAPACIDAD DE CAMPO EN LA SIEMBRA PLANEADA

TIEMPO TOTAL (h)	EFICIENCIA (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (ha/h)
6.42	70	0.57

CUADRO No. 6 RESULTADOS DE EFICIENCIA Y CAPACIDAD DE CAMPO EN LA SIEMBRA CONVENCIONAL

TIEMPO TOTAL (h)	EFICIENCIA (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (ha/h)
6.68	68	0.55

En los resultados obtenidos se puede apreciar una disminución en el tiempo total empleado y una ligera mejora en la eficiencia en el método con abastecimiento predeterminado. La capacidad de campo también mejoro ligeramente en el mismo método mencionado.

CUADRO No.7 CARACTERISTICAS DE LLENADO DEL DEPOSITO EN LA SIEMBRA PLANEADA

	DISTANCIA LINEAL DE SIEMBRA (m)
CAPACIDAD DEL DEPOSITO (20 kg)	15 873
CAPACIDAD AJUSTADA DEL DEPOSITO (15 kg)	11 905

Los resultados muestran las características de llenado, la sembradora tiene una capacidad de 20kg la cual fue ajustada a 15 kg. Para que las descargas ocurrieran en las cabeceras, después de 59 recorridos.

#### COMPARACION EN COSTOS

El costo por hectárea fue de \$200.00.

Para la siembra convencional se obtuvo una capacidad efectiva de campo de 0.55 ha/h la cual corresponde a 1.82 h/ha.

Para la siembra planeada se obtuvo una capacidad efectiva de campo de 0.57 ha/h la cual corresponde a 1.75 h/ha.

CUADRO No. 8 TIEMPO TOTAL EMPLEADO BAJO EL METODO CON ABASTECIMIENTO PREDETERMINADO.

$T_u$		$T_v$		$T_1$		$T_2$		$T_3$		$T_4$		$T_5$		$T$ total	
-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-----------	--

h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%
4.50	70.09	0.96	14.90	0.1847	2.95	0.0569	0.90	0.6815	10.61	0.0147	0.23	0.022	0.30	6.42	100

CUADRO No. 9 TIEMPO TOTAL EMPLEADO BAJO EL METODO CONVENCIONAL

$T_u$		$T_v$		$T_1$		$T_2$		$T_3$		$T_4$		$T_5$		$T$ total	
-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-----------	--

h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%
4.54	67.96	1.07	16.01	0.3886	5.81	0.1725	2.58	0.460	6.88	0.0171	0.25	0.0336	0.50	6.68	100

Donde :

$T_u$ = Tiempo productivo

$T_i$ = Tiempo improductivo

<p><math>T_v</math>= Tiempo de viraje  <math>T_1</math>=Tiempo de llenado  <math>T_2</math>= Tiempo de ajuste  <math>T_3</math>= Tiempo de descanso  <math>T_4</math>= Tiempo de espera  <math>T_5</math>= Tiempo de mantenimiento de la máquina.</p>
---

## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

En la calibración se encontró que la dosis de siembra para el cultivo de sorgo es de 18kg/ha con una velocidad de recorrido de 5.8km/h y un patinaje de 3.05%. Estos valores fueron los mismos para ambos campos ya que la sembradora utilizada fue la misma, bajo el mismo tipo de suelo

El patinaje de la rueda motriz ocurre debido a diferentes variables, dependiendo de la condición del suelo, el número de dispositivo de medición, peso de la sembradora y la condición de la sembradora.

El patinaje puede oscilar desde cerca de cero hasta veinte por ciento o más

La velocidad de avance actual debe verificarse en el campo, pues la velocidad máxima influye en la exactitud de siembra. El tacómetro del tractor no es un indicador preciso de la velocidad debido a una mas de las siguientes razones.

- Tamaño diferente del neumático
- Ruedas motrices sobreinfladas
- Condiciones del suelo, causando patinaje excesivo
- El tacómetro no trabaja correctamente.

Al comparar los tiempos utilizados durante la siembra, el método convencional gastó un tiempo de 6.42 h, contra 6.68 h en el método con abastecimiento predeterminado. La diferencia de 0.26 h (15min).

Se obtuvo una eficiencia de 70% con una capacidad de campo de 0.57 ha/h, para el método con abastecimiento predeterminado y para el método convencional una eficiencia de 68%, con una capacidad de campo de 0.55 ha/h, alcanzando una mejora de 2% de eficiencia y de 0.02 ha/h de capacidad a favor del método con abastecimiento predeterminado

Se puede apreciar una disminución en el tiempo total empleado y una mejora en la eficiencia de dos por ciento en el método con abastecimiento predeterminado. La capacidad de campo también mejoro ligeramente en el mismo método mencionado.

En las características de llenado, la sembradora tiene una capacidad de llenado de 20 kg, la cual fue ajustada a 15 kg. Como recomendable para hacer eficiente la operación en campo.

Se encontró que el número de recorridos en que ocurre la descarga fue de 59 presentándose esta en forma alternada en las cabeceras. Cada descarga ocurrió a 82.6m de distancia sobre la cabecera y es el punto donde se colocaron los sacos de semilla para reabastecimiento, con estos evitar recorrido en vacío. Lo recomendable es que las descargas ocurran en una sola cabecera a fin de evitar recorridos innecesarios en el campo.

El tiempo de descarga encontrado de los depósitos, fue de 2.05 h, el número de recorrido fue de 59, y la cantidad de semilla en los depósitos a fin de que la descarga ocurriera solo en las cabeceras de 14.8kg 15kg . Al término de la descarga, hubo diferencias en cuanto a remanente, el cual fue causado por no dar un buen servicio a la sembradora. En promedio se determino un remanente en los depósitos de 1.2kg a fin de prevenir recorridos en vacío en la siembra.

Con respecto a los tiempos productivos e improductivos, el tiempo productivo para el método de siembra con abastecimiento predeterminado fue de 4.50 h y de 4.54 para el método de siembra convencional. Todo esto en 3.7 hectáreas.

En tiempo improductivo fue 1.92 h para el método planeado y 2.14 h para el método convencional. Esto representan las pérdidas de tiempo debido a diversas causas mismas que el método con abastecimiento predeterminado trata de reducir. En este caso la reducción fue de 0.22h equivalente a 11.4%. Todo esto en 3.7 hectáreas.

El método con abastecimiento predeterminado, presenta ventaja en cuanto al método convencional en la reducción de tiempo, como en los llenados de las tolvas. Esto es favorable ya que se logra al terminar la actividad en menor tiempo y aumentar la capacidad de campo durante la siembra

La metodología planea la operación de siembra, se ahorra el tiempo y se aumenta la eficiencia en el campo. El plan debe incluir inspección y reparación de la sembradora antes de su uso en la próxima temporada para ayudar a evitar el gasto de tiempo por averías y ajustes en el campo. Al calcular el punto del campo donde ocurrirá la descarga se puede eliminar tiempo de viajes desde el lugar donde ocurre la descarga hasta donde se encuentra el material. Un buen operador es aquel que puede tomar ventajas de cualquier descanso, como el almuerzo o durante el llenado de combustible del tractor, etc.

Para una buena aplicación del método, se debe tomar en cuenta factores que afectan a la eficiencia en el campo, y con ello mejorar la capacidad efectiva en el campo de la máquina. Algunos de los factores más importantes son: tamaño de la máquina, velocidad de recorrido, forma del campo, condición del equipo, condición del suelo, salud y experiencia del operador.

## 6. CONCLUSIONES

- Los objetivos planteados en esta tesis, se alcanzaron satisfactoriamente
- La metodología propuesta calcula el lugar preciso de descarga de la semilla, para que en el se coloque el material de reabastecimiento, Los resultados de patinaje y velocidad de trabajo de la máquina y la dosis de siembra fueron similares en ambos campos, ya que las condiciones del terreno y la máquina eran las mismas.
- Se logra conseguir un ligero aumento en la eficiencia y capacidad de campo con el método de siembra con abastecimiento predeterminado, comparado con el método de siembra convencional.
- Son necesarios los ajustes de la capacidad de llenado de la sembradora para poder calcular el número de recorridos en que ocurre la descarga, en la cabecera deseada.
- Como el tiempo productivo es favorable para el método con abastecimiento predeterminado, se demuestra que hay un mejor aprovechamiento en el tiempo total empleado.
- Con esta propuesta metodológica se puede reducir costos operacionales al reducir el tiempo total empleado; esto ocurre por cada unidad de superficie a lo largo de la vida de la máquina.
- El método propuesto en comparación con el método convencional, calcula el lugar de descarga de la semilla y ahí se coloca el material para volver a cargar los depósitos de la sembradora, lo cual permite ahorrar tiempo en cargar la tolva de la sembradora; mientras que el método convencional no se conoce el lugar de descarga de la semilla y los abastecimientos ocurren en diferentes puntos y cabeceras del campo, presentando un mayor tiempo muerto por este concepto.



## 7. RECOMENDACIONES

- Las descargas en las cabeceras fueron en forma alternada, lo recomendable es que la descarga ocurra en una sola cabecera.

- Se recomienda ajustar la capacidad de llenado de la sembradora para poder ajustar al número de recorridos en que ocurre la descarga, en el lugar deseado de la cabecera evitando cargas innecesarias

- Se recomienda alcanzar con precisión, la calibración y tener una mayor predicción de descarga.

- El método se aplica solo para superficie donde ocurra mas de dos descargas en campo. Esto es, se recomienda aplicar esta metodología en superficies grandes.

- Se recomienda una buena preparación del terreno para que la sembradora funcione adecuadamente sin contra tiempos que desvíen los resultados de los campos

- Se recomienda dar mantenimiento periódico a la sembradora:

- Limpiar bien la sembradora

- Revisar que no haya obstrucciones en las unidades de la sembradora, para mantener los mecanismos funcionando correctamente.

- Reemplazar las piezas que muestren desgastes

- Checar el ajuste de los pernos antes de la siembra

- Inspeccionar los fondos de las tolvas.

- Se recomienda capacitar al operador para evitar tiempos improductivos innecesarios

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Breece H. Edward; Siembra,  
Publicaciones de Servicio John Deere,  
Moline, Illinois, 1975
- 2.- Escobar Romulo; Enciclopedia Agrícola, Tomo I ,  
México D.F. 1980
- 3.- El Maní o cacahuete,  
Edición Española; FAO 1980
- 4.- García López; Introducción a la Mecanización Agraria España, 1982.
- 5.- Gómez García Carlos y Andrés Herrera de Vázquez;  
Aumento de la Eficiencia de campo en las operaciones de siembra  
fertilización.  
Memorias de tercer Congreso Nacional, Asociación Mexicana de Ingeniería  
Agrícola, Querétaro 1993
- 6.- Hunt Donnell; Máquinaria Agrícola,  
Editorial Limusa, primera edición en español 1983,  
México, D.F. 1986
- 7.- Máquinaria para fertilización, siembra;  
Manuales para educación agropecuaria;  
Trillas; SEP, México D.F. , 1990

- 8.- Molina Soto Saul; Introducción al estudio de Máquinaria Agrícola,  
editorial Trillas, México D.F., 1994
- 9.- Ortiz Cañavate Jaime y Hernández José Luis,  
Técnica de Mecanización Agraria,  
editorial Mundi - Prensa, Madrid, España, 1990
- 10.- Ortiz Cañavate Jaime y Hernández José Luis;  
Las máquinas Agrícolas y su aplicación  
Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, 1980
- 11.- Smith Harris P.; Máquinaria y Equipo Agrícola,  
Editorial Omega, Barcelona, España, 1979.
- 12.- S.A.R.H.; Sembradoras Unitarias, 1976
- 13 - Sembradora Unitaria; John Deere MP - 25 Manual del Operador
- 14.- Stone Guluin, Maquinaria agrícola De. CESA, México, 1982
- 15.- SEP; Organización de operaciones Agropecuaria  
De. Trillas, México, D.F. 1990
- 16.- SEP. Tractores Agrícolas  
DE. Trillas, México D.F. 1990.
- 17 - Ulloa T. O. ; Maquinaria Agrícola II,  
Departamento de Fitotécnia, UACH, México, 1981
- 18.- Wilkinson H. Robert; Elementos de Maquinaria Agrícola,  
FAO, 1977

A N E X O S

## ANEXO 1

Calculo de la dosis de siembra:

Se utilizo la formula en ambos campos:

$$D = \frac{10000 \text{ g}}{s}$$

Donde:  $g = 0.076 \text{ kg.}$

$s =$  Longitud por ancho  
Superficie trabajada

$$D = 10000 \times 0.076 / 30 \times 1.4$$

$$D = 18 \text{ kg/ha.}$$

## A N E X O 2

Determinación de la velocidad de avance en ambos campos:

$$V = (L/t)3.6$$

Donde:  $L = 30 \text{ m}$

$t = 18.5 \text{ seg.}$

$$V = (30/18.5)3.6$$

$$V = 5.8 \text{ km/h.}$$

ANEXO 3

$k = \text{dosis} = 18 \text{ kg/ha.}$

$a = 1.4 \text{ m.}$

$v = 5.8 \text{ km/h.}$

$C_s = \text{Capacidad de Siembra}$

$C_s = a.v.k/10; \text{ kg/h}$

$$C_s = \frac{1.4 \times 5.8 \times 18}{10}$$

$C_s = 14.6 \text{ kg/h}$

$T_d = \text{Tiempo de descarga}$

$T_d = 10.M.N/a.v.k; \text{ h}$

$T_d = 10 \times 15 \times 2 / 1.4 \times 5.8 \times 18$

$T_d = 2.05 \text{ h.}$

$n = \text{Número de recorridos en que ocurre la descarga}$

$n = 10000.M.N / a.L.k$

$n = 10000 \times 15 \times 2 / 1.4 \times 200 \times 18$

$n = 59.5$

$M = \text{M edición y ajuste de semilla en el depósito}$

$M = n.a.L.k / 10000.N; \text{ kg.}$

$M = 59 \times 1.4 \times 200 \times 18 / 10000 \times 2$

$M = 14.8 \text{ kg.}$

ANEXO 4

Calculo de patinaje:

$$Pa = (d_o - d / d_o) 100$$

Donde:  $d_o = 23.26 \text{ m}$   
 $d = 23.97 \text{ m}$

$$Pa = (23.26 - 23.97 / 23.26) 100$$

$$Pa = 3.05 \%$$

ANEXO 5 y 6

Calculo de Eficiencia y Capacidad Efectiva de Campo:

Método Planeado

$$E = \frac{T_u}{T_u + T_i}$$

Donde:  $T_u = 4.50 \text{ h}$   
 $T_i = 1.92 \text{ h}$

$$E = \frac{4.50}{4.50 + 1.92}$$

$$E = 70 \%$$

$$CEC = 0.1 \times a \times V \times E$$

Donde:  $a = 1.4 \text{ m}$   
 $V = 5.8 \text{ km/h}$   
 $E = 70 \%$

$$CEC = 0.1 \times 1.4 \times 5.8 \times 70$$

$$CEC = 0.57 \text{ ha/h.}$$

Método Convencional

$$E = \frac{T_u}{T_u + T_i}$$

Donde:  $T_u = 4.54 \text{ h.}$   
 $T_i = 2.14 \text{ h}$

$$E = \frac{4.54}{4.54 + 2.14}$$

$$E = 68 \%$$

$$CEC = 0.1 \times a \times V \times E$$

Donde:  $a = 1.4 \text{ m}$   
 $V = 5.8 \text{ km/h}$   
 $E = 68 \%$

$$CEC = 0.1 \times 1.4 \times 5.8 \times 68$$

$$CEC = 0.55 \text{ ha/h.}$$

ANEXO 7

$$d = 10000.M.N/a.k; m$$

Donde:

M = Cantidad de semilla que cada deposito contiene (15 kg.)

N = Número de hileras de la sembradora (2 hileras).

k = Cantidad de semilla recomendado por hectárea (18 kg/ha).

$$d = 10000 \times 15 \times 2 / 1.4 \times 18$$

$$d = 11\ 905\ m$$