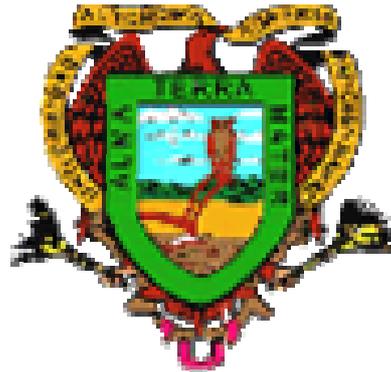


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**MECANIZACIÓN DE SIEMBRA EN LABRANZA DE
CONSERVACIÓN Y COSECHA DE AGUA PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ARROZ EN LA
ZONA TROPICAL DE MÉXICO(Etapa II: Diseño y
construcción de un prototipo sembrador de arroz para labranza
de conservación).**

Por:

CARLOS AUGUSTO RAMÍREZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Octubre de 2007.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

MECANIZACIÓN DE SIEMBRA EN LABRANZA DE CONSERVACIÓN Y
COSECHA DE AGUA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE ARROZ
EN LA ZONA TROPICAL DE MÉXICO (Etapa II: Diseño y construcción de un
prototipo sembrador de arroz para labranza de conservación).

Por:

Carlos Augusto Ramírez Martínez

Tesis

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado
Presidente del Jurado

M.C Héctor Uriel Serna Fernández

Director externo del INIFAP

Sinodal

M.C Marco Antonio Reynolds Chávez

Dr. Martín Cadena Zapata

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre de 2007.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios nuestro señor** por haberme conducido por un buen camino durante toda mi vida y por permitirme culminar con éxito mi carrera.

A mi inolvidable **ALMA MATER, UAAAN** por haberme brindado la oportunidad de prepararme profesionalmente.

Mi más sincero y particular agradecimiento al **M.C Marco Antonio Reynolds Chávez** por la excelente dirección de este trabajo de tesis y por su gran amistad brindada durante mi estancia en el Campo de Mecanización del INIFAP de Cotaxtla, Veracruz.

Al **M. C. Héctor Uriel Serna Fernández**, por su colaboración en éste trabajo de tesis y por la aportación de sus conocimientos, así mismo por la confianza y amistad que me brindo.

Al **Dr. Martín Cadena Zapata** por el apoyo brindado durante la realización de éste trabajo y por darme la oportunidad y su confianza.

Al **M.C Tomàs Gaytan Muñiz** por brindarme su apoyo y fungir como jurado de la presentación de tesis.

A los diversos maestros del departamento de Maquinaria Agrícola, **M. C. Jesús Valenzuela, Ing. Juan Arredondo, M.C. Elizabeth de la Peña y M. C. Juan Guerrero** por aportar un pequeño granito de arena durante el desarrollo de mi carrera en la **NARRO**.

Al **Táller de Mecanización Agrícola** del INIFAP COTAXTLA, Veracruz; a la gente chambeadora, Don Toño Nieves, Don Tereso, Israel y Raciél.

Al **INIFAP** (Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias), por la oportunidad de realizar esta tesis en sus instalaciones.

“Por siempre buitre de la Antonio Narro”

DEDICATORIAS

A mis padres:

**Sra. Rosa Martínez Torres (Mamá Lala).
Sr. Gilberto Ramírez López.**

Un eterno agradecimiento porque siempre me brindaron su apoyo, sus consejos y su ayuda moral que fue lo que más me motivo siempre a salir adelante en mis errores, fracasos y tropiezos de mi vida. Siempre les estaré agradecido por haberme dado la vida y sacarme siempre adelante desde mi niñez hasta mi vida profesional.

Los amo, Dios los bendiga siempre.

Con mucho cariño para mi hermana:

M.V.Z Johanna Karina Ramírez Martínez.

Por el lazo que nos une y por el gran apoyo que me has brindado a cada instante y por ser mi modelo de ejemplo a seguir.

A mi sobrina:

Frida Karina Bartolo Ramírez.

Eres una bendición y alegría para la casa mamá Blanca.

A mi novia:

C.P. Alejandra Menchú Ruiz (mamá Tiernita); por tu paciencia y amor, por ser alguien importante en mi vida y por todo el apoyo que me brindas, solo te puedo decir "**gracias**".

INDICE DE CONTENIDO

Página

INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
I. INTRODUCCIÒN	1
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos e hipótesis	6
II. REVISION DE LITERATURA	7
2.1. Cultivo de arroz	7
2.1.1. Origen	7
2.1.2. Morfología general del arroz	7
2.1.2.1. Semillas	8
2.1.2.2. Características generales del grano	9
2.1.2.3. Características del tamaño del grano	10
2.2. Requerimientos edafoclimaticos.....	11
2.2.1. Clima.....	11
2.2.2. Temperatura	11
2.2.3. Precipitación	12
2.2.4. Suelo.....	12
2.3. Métodos de siembra	13
2.4. Labranza de conservación.....	16
2.4.1. Definiciones de Labranza de Conservación.....	16
2.4.2. Antecedentes de Labranza de Conservación	17
2.4.3. Estudios sobre Labranza de Conservación.....	18
2.4.4. Definiciones funcionales sobre Labranza de Conservación.....	20
2.4.5. Ventajas de la Labranza de Conservación.....	22
2.5. Conocimiento general de sembradoras.....	23
2.5.1. Sembradoras principios y características.....	23
2.5.2. Funciones generales de una sembradora.....	24
2.5.3. Partes esenciales de una sembradora.....	25

2.5.4. Características que afectan a los componentes de una sembradora....	26
2.6. Análisis de las partes que componen una sembradora	25
2.6.1. Bastidor de la sembradora	28
2.6.2. Tolva	29
2.6.3. Órganos de distribución o dosificadores de semilla	31
2.6.3.1. Características de las sembradoras con distribuidor para siembra a chorrillo (Grano fino)	31
2.6.3.1.1. Sembradora con distribuidor de cuchara	32
2.6.3.1.2. Sembradora con distribuidor de cilindro acanalado	35
2.6.3.1.3. Sembradora con distribuidor de cilindro dentado.....	37
2.6.3.1.4. Sembradora con distribuidor centrifugo	39
2.6.3.1.5. Sembradora con distribuidor neumático	40
2.6.3.2. Sembradoras de precisión	41
2.6.4. Órganos de enterrado de la semilla	43
2.6.5. Órganos complementarios	48
2.6.6. Mecanismos de regulación	50
2.6.6.1. Regulación de la profundidad de siembra.....	51
2.7. Sembradoras para labranza de conservación	52
2.7.1. Criterios para diseño y fabricación de sembradoras de siembra directa	52
2.7.2. Características generales de la sembradora de labranza de conservación	52
2.7.3. Componentes del tren de siembra de una sembradora para labranza de conservación	53
2.7.3.1. Disco cortador.....	53
2.7.3.2. Doble disco sembrador	55
2.7.3.3. Ruedas tapadoras	57
2.8. Proceso general de calibración de una sembradora para grano fino	58
III.- MATERIALES Y METODOS	61
3.1. Conocimiento general del arroz.....	64

3.2. Conocimiento general de sembradoras para Labranza de Conservación y antecedentes de diseño.....	64
3.3. Desarrollo del tren de siembra a partir de la sembradora de Maíz Cotaxtla.. “V”	65
3.4. Modelado del tren de siembra, chasis o bastidor principal y otros componentes en el software CAD	67
3.5. Acoplamiento de componentes de la sembradora de arroz.....	67
3.6. Prueba de campo del tren de siembra.....	70
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
VI.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	88
VII.- ANEXOS.....	91

INDICE DE CUADROS

Página

CUADRO 4.1. Fuerzas horizontal y vertical para disco ondulado y doble disco73

CUADRO 4.2. Profundidad de surco y disturbación de suelo en disco doble y disco ondulado73

INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 2.1 . Semilla de arroz (con pericarpio para siembra).....	9
FIGURA 2.2 . Detalle de siembra	13
FIGURA 2.3 . Sembradora adaptada para siembra a voleo	15
FIGURA 2.4 . Sembradora para siembra a línea a chorrillo	15
FIGURA 2.5 . Sembradora para siembra en línea a golpes	16
FIGURA 2.6 . Sembradora de grano fino	24
FIGURA 2.7 . Sembradora con algunos de sus componentes	26
FIGURA 2.8 . Bastidor de sembradora.....	28
FIGURA 2.9 . Llenado de la tolva	29
FIGURA 2.10 . Detalles del interior de la tolva	30
FIGURA 2.11 .Tipos de tolva	30
FIGURA 2.12 . Esquema de distribuidor de cuchara fija.....	32
FIGURA 2.13 . Distribuidor de cucharillas	33
FIGURA 2.14 . Cambio de engranajes	34
FIGURA 2.15 . Distribuidor de cucharillas	35
FIGURA 2.16 . Distribuidor de cilindros acanalados	36
FIGURA 2.17 . Regulación de la cantidad de semilla	37
FIGURA 2.18 . Distribuidor de cilindros dentados	38
FIGURA 2.19 . Caja de cambios tipo Nortón	38
FIGURA 2.20 . Distribuidor centrifugo.....	40
FIGURA 2.21 . Sembradora con distribuidor neumático	41

	Página.
FIGURA 2.22 . Sembradora con distribución neumática para siembra a chorrillo	41
FIGURA 2.23 . Cuerpo de una sembradora de precisión	42
FIGURA 2.24 . Tubo de descarga tipo telescopico	44
FIGURA 2.25 . Esquema de mecanismo de enganche	45
FIGURA 2.26 . Rejas de enterrado	45
FIGURA 2.27 . Botas de enterrado y detalle de la lengüeta	46
FIGURA 2.28 . Surcador de disco simple	46
FIGURA 2.29 . Sembradora con surcador con discos dobles para siembra directa ..	47
FIGURA 2.30 . Rodillos de recubriendo de semillas	48
FIGURA 2.31 . Sembradora con marcadores	50
FIGURA 2.32 . Doble disco sembrador desfasado	56
FIGURA 2.33 . Tubo de descarga de semilla	57
FIGURA 2.34 . Tren de siembra con regulación de profundidad trasera y doble rueda en camellón.....	58
FIGURA 3.1 . Taller de mecanización campo Cotaxtla.....	61
FIGURA 3.2 . Equipo de de taller	62
FIGURA 4.1 . Metodología para el diseño y construcción del prototipo sembrador de arroz para labranza de conservación	63
FIGURA 4.2 . Tren de siembra de sembradora de arroz Cotaxtla “V”	65
FIGURA 4.3 . Tren de siembra de sembradora de arroz Cotaxtla	78
FIGURA 4.4 . Bastidor de sembradora de arroz Cotaxtla	79

FIGURA 4.5 . Enganche principal de sembradora de arroz Cotaxtla.....	79
FIGURA 4.6 . Diseño final de Sembradora de arroz de SD Cotaxtla (vista frontal)	80
FIGURA 4.7 . Bastidor o chasis de sembradora de arroz.....	81
FIGURA 4.8 . Conjunto disco contador y doble sembrador móviles	82
FIGURA 4.9 . Paralelogramo de sembradora de arroz.....	83
FIGURA 4.10 . Bastidor de rueda tapadora reguladora de Profundidad.....	83
FIGURA 4.11 . Soporte de ruedas tapadoras	84
FIGURA 4.12 . Enganche de centro de sembradora	85

RESUMEN

La falta de información y desconocimiento del uso y manejo de tecnologías apropiadas al cultivo de arroz, las diferentes zonas y condiciones socioeconómicas de los productores, han ocasionado una notable tendencia negativa en la producción en los últimos 5 años, ocasionando un déficit del 85 % en la demanda nacional, misma cantidad que representa el total de la importación de este grano en nuestro país, aunado a esto se tiene un grave deterioro del recurso suelo en fertilidad y productividad debido al uso intensivo del laboreo, la poca capacidad de retención de humedad, condiciones climáticas cambiantes y la falta de equipo apropiado.

Para un buen manejo del cultivo de arroz y aumentar su producción en la zona tropical de México, es necesario la implementación de maquinaria de siembra para Labranza de Conservación, la cual ayude a la conservación de humedad en el suelo y reduzca los costos de producción con menos labores agrícolas.

El presente trabajo trata del diseño y construcción de un prototipo sembrador de arroz bajo el sistema labranza de conservación, proyecto de CONACYT-SAGARPA-INIFAP. Dicho prototipo fue desarrollado en el campo Cotaxtla del INIFAP en el área de mecanización, en el estado de Veracruz. Teniendo como base el modelo de tren de siembra de la sembradora de Maíz Cotaxtla "V" para labranza de conservación, desarrollado en este campo experimental se hicieron las modificaciones apropiadas para adaptar este tren de siembra a las dimensiones de lo que sería una sembradora para grano fino (en este caso arroz), teniendo como resultado final una sembradora con 6 trenes de siembra móviles (6 discos cortadores y 6 dobles discos sembradores), lo que equivale a 6 surcos y la cual tiene facilidad de poder adaptarse para utilizar 2 anchos de trabajo 1.50 m (0.30 m entre surco y surco) a 1.25 m (0.25 m entre surco y surco); con un peso estimado total de la sembradora de 620 kg.

Los planos y la memoria de cálculo se omiten en el presente trabajo ya que son derechos reservados del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) el cual hará un registro de dicho modelo y patente ante el IMPI (Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual).

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población, actualmente se cultiva en 113 países, muchos lo consideran el cultivo más importante del mundo; principalmente si se toma en cuenta la superficie cultivada por su adaptabilidad a una gama de condiciones climáticas en su cultivo y la cantidad de gente que depende de su cosecha es un poco más del 40% de la población mundial. En 2005-2006, los tres productores líderes fueron China (30.60 % de la producción mundial con 125 millones de toneladas, India (21.76 % con 89 millones de toneladas), e Indonesia (8.46 % con 35 millones de toneladas); en total la producción mundial del 2005 fue de 413 millones de toneladas.

En México son trece los estados que producen arroz, destacando Campeche con más del 50% del total del cultivo nacional, seguido de cerca por Veracruz, Tabasco y Nayarit (COVECA, 2003) entre otros productores, los cuales en conjunto siembran el 70 % de la producción nacional.

La demanda de arroz de México es de 1,000,000 de toneladas anuales, mientras que la producción nacional alcanzó en el 2006 las 180,000 toneladas, es decir que se tiene que importar el 85% (de Estados Unidos) y que nada más se produce el 15 % en el país según expresó Díaz Hass presidente de la asociación de productores de arroz en México (Diario Imagen, 2007).

La producción arrocera del estado de Veracruz proviene principalmente de la región temporalera localizada en la cuenca del río Papaloapan, donde se cultiva el 80% de las 17,000 hectáreas que se cultivan de arroz. En la actualidad uno de los principales problemas, entre otros, que enfrentan los integrantes del sistema producto de arroz de temporal son los costos debido a una excesiva labranza, la cual representa hasta el 40% de los costos de producción, bajo rendimiento y calidad de grano así como la susceptibilidad de las actuales variedades comerciales a plagas y enfermedades, ocasionado entre otros factores

por déficit de agua en el suelo producto de la errática y mala distribución de la precipitación pluvial durante todo el ciclo lluvioso, que representa pérdidas parciales o totales de la producción (Sant´ Ana, 1981).

La degradación de la fertilidad de suelos sometidos a la preparación física intensiva provoca pérdidas en la rentabilidad de productos tropicales tales como el arroz; este problema se debe a la erosión y a la pérdida de materia orgánica superficial, ocasionada por las técnicas de labranza convencional; aunado a esto la falta de equipo apropiado y/o la importación de equipos que fueron desarrollados con parámetros y condiciones diferentes a las de nuestro país es sin duda uno de los factores de rezago en la producción de arroz.

La labranza de conservación ha probado ser una alternativa viable para reducir hasta en un 40% los costos de producción por concepto de labranza, incrementar en un 30% la disponibilidad de agua en el suelo y hasta 30 % el rendimiento de los cultivos (Campos, 1993).

(Campos y Reynolds, 2001) desarrollaron un prototipo de sembradora neumática de precisión para labranza de conservación para cultivos como maíz, frijol, soya y sorgo donde obtuvieron resultados de calidad de siembra superiores al 80% y eficiencia de siembra superiores al 85%.

Debido a la demanda de arroz que se requiere en México es necesario buscar soluciones que permitan contrarrestar la tendencia negativa en la producción nacional y una alternativa sería mecanizar y eficientar los procesos específicamente el de siembra, bajo el sistema de labranza de conservación.

Es por eso, que el INIFAP en respuesta ha esta problemática, en el presente trabajo desarrolló un prototipo de equipo de siembra bajo el sistema de labranza de conservación adaptado a las condiciones y requerimientos específicos del cultivo arroz.

ANTECEDENTES

En el desarrollo de sembradoras se menciona a Jethro Tull (Inglaterra, 1731) como la persona que construyó la primera maquina parecida a una sembradora de grano. La primera sembradora como tal se patento en Norteamérica en 1856, a partir de esta sembradora se tomo como base para modificar, sofisticar y construir nuevos equipos, como la construcción de la sembradora de algodón en el año de 1825. Para el año de 1839, aparece la primera sembradora de maíz con más de una hilera.

En el caso de México se importan por primera vez sembradoras de la marca Albidon y Avery construidas y probadas para México en el año de 1800 fabricadas en Missouri. Es en las haciendas de nuestro país en donde se utilizaron las sembradoras de un solo grano en el año de 1890 y los elementos para tirar fertilizante se agregaron en el año 1900, al salir al mercado el tractor. En 1920 salieron las sembradoras que colocaban grupos de semillas a una distancia uniforme. La de mecanismo de dosificación neumático fue en el año de 1973 y la siembra liquida o fluida en el año de 1976 para hortalizas principalmente.

En años recientes se han diseñado equipos funcionales para tiro mecánico y animal por INIFAP (Del Toro, 1997; Campos, 1996, 1997,1999) y otras instituciones como la UACH (Gaytan et al, 1999a, 1999b), además de varias compañías en la zona centro y norte del país, con diversas modalidades de equipos de siembra y con diversos sistemas de siembra como convencional, mínima labranza y siembra directa con los métodos conservacionistas y para diferentes cultivos.

Cabe mencionar que la maquinaria agrícola utilizada en la labranza de conservación, las sembradoras disponibles en su mayoría es de procedencia extranjera, con problemas en la adopción y a precios inasequibles para la mayor parte de los agricultores.

Con la finalidad de incrementar la adopción del sistema de labranza de conservación (LC) bajo condiciones de temporal y en respuesta a las demandas generadas por los productores para poder reducir los costos de producción por excesiva labranza o laboreo y la conservación del recurso suelo el programa de mecanización agrícola de INIFAP desarrollo una maquina sembradora de dosificación mecánica y neumática acoplada al enganche de tres puntos para tractores de potencia media (Campos y Reynolds, 2001). Dicho prototipo esta integrado en su mayoría por componentes nacionales y para cultivos como: maíz, sorgo, soya y frijol; cuenta con un sistema de triple disco para el corte de residuo y apertura del surco (microlabranza) acoplados a un sistema de flotación para absorber las irregularidades del suelo y con control de profundidad independiente para cada uno de los cuerpos de siembra. Debido a las características propias del diseño, el equipo puede operar bajo condiciones de suelo preparado y sin preparar, con residuos hasta de un 30 % de cobertura y con pendientes máximas de trabajo hasta de un 15 %.

Después de mencionar algunos trabajos y un panorama breve de los desarrollos realizados por el INIFAP en equipos de siembra y en sistemas de labranza de conservación surge esta necesidad de incrementar la producción del cultivo de arroz en la cuenca del Papaloapan como sitio piloto en Veracruz.

(Déficit de producción nacional de 850 000 toneladas).

Dicha zona presenta problemas de excesivos costos de producción por el laboreo intensivo, stress de humedad (lapsus en tiempo sin precipitación o distribución uniforme de lluvias de temporal), perdida de suelo por escurrimiento y por supuesto las desventajas de la labranza convencional.

Producción año 2002-----20 000 ha

Producción actual -----10 000 ha (Consejo Veracruzano del Arroz, 2006)

Basados originalmente en el desarrollo de la maquina sembradora Cotaxtla "V" y en la experiencia obtenida en granos como maíz, sorgo, soya y frijol y específicamente en su tren de siembra se inició el desarrollo de un nuevo prototipo pero para el cultivo de arroz.

1.2 Objetivos e hipótesis.

Objetivo general.

- Desarrollar un prototipo de equipo de siembra directa y de conservación con sistema de labranza de conservación.

Objetivos específicos.

- Desarrollar los planos del prototipo de siembra con el software Autocad.
- Realizar memoria de cálculo de componentes del tren de siembra

Hipótesis.

“Mediante el prototipo de sembradora para labranza de conservación es posible reducir hasta en un 30 % los costos de producción, reducir la dosificación de semilla en un 20 % y disminuir el consumo de combustible en un 15%”.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de arroz.

2.1.1. Origen.

Se cree que el cultivo del arroz se inició hace más de 6,500 años en muchas regiones húmedas de Asia Tropical y Subtropical, desarrollándose paralelamente en varios países: los primeros cultivos aparecen en la China 5000 años antes de nuestra era, desde sus tierras bajas a sus tierras altas, así como en Tailandia hacia 4500 antes de J.C., para aparecer luego en Camboya, Vietnam y al sur de la India. De ahí, las especies derivadas llamadas japónica (tipo de cultura irrigada de zona templada, de granos medianos o pequeños, llamados también granos redondos, y de cultura inundada, - de zona tropical cálida) e indica (tipo de cultura irrigada de zona tropical cálida, de granos alargados, delgados y planos) se extendieron hacia otros países asiáticos: Corea, Japón, Myanmar, Pakistán, Sri Lanka, Filipinas e Indonesia. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo.

2.1.2. Morfología general del Arroz.

En climas templados y subtropicales el arroz cultivado (*Oryza sativa*) se considera una planta anual semiacuática. Sin embargo, en climas tropicales el arroz puede sobrevivir como perenne al rebrotar luego de realizada la cosecha (esta capacidad de rebrote puede emplearse para realizar una segunda cosecha o bien para emplearlo como forraje para pastoreo ganadero).

A la madurez las plantas poseen un tallo principal y una cierta cantidad de macollos dependiendo de la densidad de siembra (3 en alta densidad hasta 15 macollos en bajas densidades). Los macollos reproductivos son aquellos que

desarrollan una panoja fértil, los macollos infértiles son aquellos que por diversas causas no llegan a formar una panoja fértil o bien la forman, pero al momento de la cosecha no llegan a madurar sus granos al mismo tiempo que el resto del cultivo.

La densidad de panoja/m² define el primer componente del rendimiento del cultivo. Una densidad media de 250 plantas/m² sería lo adecuado para lograr una adecuada cantidad de panojas/m² en el estado reproductivo. Con altas densidades de siembra se forman aproximadamente dos macollos fértiles por planta es decir que, a la cosecha se tendrían unas 500 panojas/m². Tomamos este valor como estimativo de una buena implantación si bien un mayor valor sería lo deseable.

La altura de plantas es variable dependiendo de cada variedad y condiciones de crecimiento, en general varían entre 0.4 m a 1 m.

La morfología del arroz se estudia en dos etapas, **la fase vegetativa** (incluye los estados de germinación, plántula, y inicio y pleno macollamiento) y **la fase reproductiva** (iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez).

El conocimiento de la morfología de la planta de arroz es importante para interpretar las prácticas de manejo del cultivo y su comercialización.

2.1.2.1. Semillas

El grano de arroz, comúnmente llamado semilla, recién cosechado está formado por el cariópse y por cáscara, está última compuesta de glumas. Industrialmente se considera al arroz cáscara aquel comprendido por el conjunto de cariópse y glumas.

A su vez el cariópse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (tejido rico en proteínas), tegmen (cubierta seminal), y el pericarpio (cubierta del fruto), como se muestra en la Fig. 2.1.



FIGURA 2.1. Semilla de arroz (con pericarpio para siembra).

2.1.2.2. Características generales del grano.

- **Arroz pulido o Arroz blanco:** es el grano sin pericarpio.
- **Arroz perlado, abrigantado o glaseado (Glasé):** es el arroz blanco que se abriganta por fricción con aceite, glucosa y/o talco.
- **Arroz quebrado:** es el que presenta el grano partido en cualquier sentido, siempre que tenga un tamaño mayor al 50% del grano entero.

También se considera arroz quebrado a aquel partido en un 3/4 a 1/2 de su tamaño original, dependiendo del destino de comercialización. Para exportación las normas son más exigentes y el grano partido un 3/4 no se considera entero, sino quebrado.

- **Arrocín:** es el producto constituido por fragmentos de tamaño menor del 50% del grano entero (medio grano) y la harina que se separa durante el pulido o abrillantado.

Los productos derivados del arroz podrán contener como máximo 14,0% de humedad y 0,60% de cenizas (500-550°C). No deberá contener más de 0,04% de dióxido de azufre, 0,50% de talco y 0,10% de semillas y/o cuerpos extraños".

2.1.2.3. Características del tamaño del grano.

De acuerdo con sus características morfológicas se clasifican en los siguientes tipos:

- **Tipo Largo Ancho:**

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 cuya longitud media es igual o mayor a 7 mm (similares a la variedad Fortuna).

- **Tipo Largo Fino:**

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es mayor o igual a 3:1 y cuya longitud media es mayor o igual a 6,5 mm.

- **Tipo Mediano :**

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 y cuya longitud media es igual o mayor a 6,0 mm y menor a 7,0 mm.

- **Tipo Corto (Japonés):**

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es igual o menor a 2:1 y cuya longitud media es menor a 6,9 mm.

2.2. Requerimientos edafoclimáticos.

2.2.1. Clima.

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados y mediterráneos. El cultivo se extiende desde los 49-50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultiva en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas.

2.2.2. Temperatura.

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días.

La panícula, usualmente llamada “espiga” por el agricultor, comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 milímetros. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas.

La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima de los 50 °C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo correlativamente después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos.

La transpiración depende de la humedad y de la temperatura ambiente y, como la respiración, alcanza también su máximo en el momento en que la espiga se encuentra en zurrón para decrecer después del espigado.

2.2.3. Precipitación.

Los requerimientos de agua necesarios en la planta de arroz, para obtener una buena producción, es de 1200 mm; sin embargo debido a que el arroz de temporal, depende totalmente del agua; la cantidad y la distribución de la precipitación son importantes (Rosas, 1994). Los periodos más sensibles al déficit de agua son la floración y la segunda mitad del periodo vegetativo (elongación del tallo). Cuando el contenido de humedad del suelo disminuye hasta el 70 a 80 % del valor de saturación, los rendimientos de arroz comienzan a descender.

2.2.4. Suelo.

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos.

2.3. MÉTODOS DE SIEMBRA.

Según la forma de situar la semilla en el terreno (Fig. 2.2), las formas de efectuar la siembra pueden ser (Hernanz, 1997) :

1. A voleo.
2. En línea o hilera (Chorrillo y golpes).



FIGURA 2.2. Detalles de siembra.

1. A voleo:

La siembra a voleo consiste en depositar uniformemente una cantidad previamente determinada de semilla en la superficie a sembrar, y una vez depositada enterrarla con gradas de púas o rulos. La ejecución material de este método de siembra se ha llevado a cabo de manera clásica manualmente. Un obrero cargado de una alforja llena de semilla, caminando por la parcela, arroja el grano buscando una uniformidad de reparto y una determinada densidad de siembra. Evidentemente es un método poco preciso al ser dependiente totalmente de la habilidad del operario encargado de la siembra.

Las sembradoras para este tipo de siembra pueden ser de tipo espaciador centrífugo o sembradora a voleo de alimentación de banda, llamado también distribuidor de campo (Breece, 1975).

También se efectúa esta siembra con abonadoras centrífugas pero, aunque con ellas se consigue una mayor precisión en el reparto, ofrecen los mismos problemas de la siembra manual, es decir, consumo excesivo de semilla y sobre todo imposibilidad de la posterior mecanización de las labores secundarias de cultivo. Hay casos como el del cultivo de las forrajeras, alfalfa, etc..., en los que se usa la siembra a voleo. Para ello se utilizan sembradoras de chorrillo a las que se les suprimen los tubos de caída y las rejas de enterrado (Fig. 2.3). De esta forma, se consigue una gran uniformidad en el reparto de la semilla.



FIGURA 2.3. Sembradora adaptada para siembra a voleo.

2. **En línea o hilera:** Este tipo de siembra es la más utilizada y puede hacerse a **chorrillo** y a **golpes**.

La **siembra a chorrillo** (Hernanz, 1997) Fig. 2.4, consiste en depositar en forma continua sobre cada línea de siembra una determinada cantidad de grano.



FIGURA 2.4. Sembradora para siembra en líneas a chorrillo.

La **siembra a golpes** (Hernanz, 1997) Fig. 2.5, consiste en depositar sobre cada línea de siembra una determinada cantidad de grano, de forma intermitente y de tal modo que los granos queden separados entre sí una distancia constante. Si

las semillas son depositadas individualmente la siembra se denomina **de precisión**. Con ella se consigue gran ahorro de semilla, y de mano de obra en las labores de aclare y escarda.



FIGURA 2.5. Sembradora para siembra en línea a golpes.

2.4. LABRANZA DE CONSERVACIÓN.

2.4.1. Definiciones de labranza de conservación.

El termino "**Labranza de Conservación**" se ha venido empleando como sinónimo de labranza mínima, labranza reducida, cero labranza, etc. De acuerdo con Mannering y Fenster (1983), por Labranza de Conservación se debe entender cualquier sistema de labranza que reduzca las pérdidas de suelo y de agua, en relación con la labranza convencional. Frecuentemente es una forma de la labranza en que no se invierte el suelo y se retiene una cantidad de residuos protectores sobre la superficie. La definición propuesta abarca una amplia gama de técnicas de control de erosión, pero su común denominador es la exigencia

fundamental que reduzcan las pérdidas de suelo y agua en relación con la labranza convencional.

Siemens y Oswald (1978) definen **labranza de conservación** como aquellos sistemas en los cuales se deja un residuo vegetal en la superficie, o se deja un suelo terronado para protegerlo de la acción del viento y agua. (Barreto et al, 1998).

En términos generales, la "**Labranza Conservacionista**" implica la preservación de los residuos vegetales de cultivos previos, de ahí que se defina como cualquier tipo de labranza que mantenga al menos 30 % de la superficie del suelo cubierta con residuos hasta realizada la siembra (Mannering et al., 1987). Los residuos protegen el suelo contra la acción directa del viento y el agua, lo que contribuye a reducir o eliminar el encostramiento, sellado y escorrentía.

La práctica más radical de **Labranza Conservacionista** es la denominada Siembra Directa (SD), también conocida como Labranza Mínima (LM) o Labranza Cero (Unger et al., 1993). Este sistema consiste en realizar la siembra sin preparación previa del suelo, por lo cual se mantienen todos los residuos vegetales intactos en la superficie, solamente se realiza con una sembradora especial, una línea de corte muy pequeña sobre los residuos y el suelo, que no ocasiona más perturbación que la necesaria para colocar la semilla a la profundidad deseada.

2.4.2. Antecedentes de la labranza de conservación

La labranza cero o de conservación con bases científicas, como alternativa de labranza convencional, nació a partir de la década de los 40's con el descubrimiento del 2,4-D y otros herbicidas hormonales que permitieron a los agricultores controlar las malezas de hoja ancha sin necesidad de recurrir a las

cultivadoras o al azadón. El descubrimiento de la Atrazina a finales de la década de los 50's y los herbicidas de contacto en la década de los 60's ampliaron la base química de la labranza de conservación y produjeron oportunidades de estudios y desarrollo únicos en la historia de la labranza (FIRA 1996).

A principios de los años 70, los agricultores de América del Norte y del Sur comenzaron a someter a prueba la labranza de conservación, y aun la agricultura sin labranza. Con la técnica de conservación, los agricultores dejan los restos de los cultivos en la tierra después de la cosecha, en vez de ararlos o quemarlos. Siembran nuevos cultivos con aperos especialmente diseñados, que introducen las semillas por un hueco abierto en el suelo, por debajo de la capa protectora de materia orgánica formada de residuos en descomposición. (FAO, 2000).

En los Estados Unidos de Norteamérica desde hace muchos años los agricultores y agrónomos han realizado adaptaciones de sembradoras convencionales que han permitido la expansión de la siembra directa en esa nación. Tal es el caso de George Mackibben, quién construyó lo que se considera una de las primeras sembradoras para siembra directa en la Estación Experimental de Dixon Springs, de la Universidad de Illinois, utilizando innovaciones propias y partes de sembradoras convencionales (Lessiter, 1989).

2.4.3. Estudios realizados en labranza de conservación.

La cobertura del suelo absorbe la energía cinética de la lluvia, evitando su golpeteo directo sobre el suelo. Un clásico trabajo de Mannering y Fenster (1977) muestra que la erosión se reduce exponencialmente con la cobertura del suelo por residuos vegetales, obteniéndose la máxima reducción cuando se obtiene el 30% de la superficie cubierta y poco efecto con mas cobertura, lo que llevó a la definición de "Laboreo Conservacionista" para cualquier sistema de preparación del suelo que deje 30% o más de la superficie cubierta a la siembra (Allmaras et al., 1991). Pero el efecto no es solamente de la cobertura, Blevins y Frye (1993)

citan varios trabajos que indican que simplemente la no perturbación del suelo también reduce su erosión comparada con situaciones de suelo laboreado sin ninguna cobertura. Esto es consecuencia de que el suelo sin perturbar no sufrió la degradación física que provoca el laboreo.

Las sembradoras diseñadas para operar en condiciones de suelos desnudos y muy roturados no funcionan cuando hay residuos vegetales, ya que estos se aglomeran en los carros de siembra impidiendo la colocación de las semillas (Erbach et al., 1983).

La mayor infiltración en siembra directa que en LC es explicada por Onstad y Voorhees (1987) como sigue: Los residuos en la superficie protegen al suelo tanto de la energía radiante como de la energía de las gotas de lluvia. El encostramiento superficial es parcialmente el resultado de la energía de la lluvia golpeando la superficie del suelo, por lo que la intercepción de la lluvia por los residuos retarda la formación de una costra. Cuanto mas anclados se encuentren los residuos, mayor será su efecto. En primer lugar porque existen conductos a través de los que el agua puede entrar mas rápido al suelo; estos conductos son tanto fisuras y rajaduras alrededor de las raíces desde la base de los tallos en la superficie, como los espacios que ocupaban dichas raíces y que fueron cediendo al morir y descomponerse. En segundo lugar porque los residuos en la superficie ofrecen resistencia al escurrimiento superficial, dando más oportunidad a la infiltración; este efecto es mas seguro si los residuos están anclados, ya que no pueden ser arrastrados si el escurrimiento tiene mucha energía (tormentas intensas). Así mismo, el efecto antes mencionado es mayor cuanto mayor sea la masa de residuos sobre la superficie. En tercer lugar, los residuos de las raíces y los de la parte aérea que parcialmente puedan incorporarse al suelo, son sustrato para micro y macro organismos que al transformarlos producen agregados estructurales estables y espacios o poros en el suelo, lo que mejora las posibilidades de infiltración.

Los primeros trabajos científicos de labranza de conservación que se hicieron en México se establecieron en 1975 por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo (CIMMYT), en el estado de Veracruz (Kocher et al, 1983).

2.4.4. Definiciones funcionales sobre labranza.

La llamada “no-labranza” o “labranza cero” se refiere a un método o técnica específica, con su propio requerimiento de sembradora, grupo de herbicidas, etc. En cambio, la labranza de conservación es mejor entendida como una meta u objetivo, junto con algunas especificaciones, tales como condición de la superficie del suelo, una reducción en número de pases con maquinaria, aumento de la proporción de lluvia captada, prevención de la erosión, y otros.

Debido al uso de diversos términos con referencia a labranza, fueron publicadas en 1982 definiciones para los más comunes. Estas definiciones fueron publicadas por la Sociedad para la Conservación de Suelos y Agua (Soil Conservation Society of America 1982). Como parte de varias reuniones y grupos de trabajo otros detalles han sido agregados por acuerdo común.

Estos detalles están incluidos en publicaciones del Centro de Información en Tecnología de Conservación y documentos del Servicio de Conservación de Suelos (USDA-SCS). Algunas definiciones funcionales son las siguientes:

1. **Labranza convencional.** Operaciones de labranza primaria y secundaria para la preparación de la cama de siembra. Este sistema se refiere al uso del arado de reja y vertedera en la labranza primaria, seguida por la labranza secundaria con el uso de rastra de discos o dientes, y también por alguna limpieza mecánica en control de malezas. Con este sistema se deja prácticamente cero residuos en la superficie del suelo.

2. **Labranza de conservación.** Es cualquier sistema de labranza y siembra que reduce la pérdida de suelo y agua, en comparación con labranza convencional, y que además retiene cantidades protectoras de residuos de cosecha en la superficie. Después de la siembra debe haber por lo menos 30 por ciento de la superficie del suelo cubierta por residuos (nota: en el Estado de Carolina del Norte este concepto requiere 50 por ciento de cobertura) aportando así una reducción en la erosión por agua.
3. **No labranza.** Es un método de siembra que no requiere ninguna preparación de cama de siembra, con excepción de una inyección de nutrientes y un método para abrir el suelo y colocar la semilla a la profundidad deseada. Generalmente se incluye un disco acanalado frente a la sembradora, y el ensamblaje de dos discos para abrir el surco y colocar las semillas.
4. **Labranza camellón (ridge tillage).** Es un método en que se prepara la cama de siembra y se siembra en un solo paso, sobre un camellón preparado como método de control mecánico de malezas durante el cultivo previo. El suelo no recibe ninguna labranza entre la cosecha previa y la presente siembra, con posible excepción de un método de inyección de nutrientes. La labranza de camellón es diferente a la no labranza porque en la formación del camellón se entierra la mayoría de residuos de la cosecha anterior, mientras que en la no labranza generalmente se conservan todos los residuos por no usar ninguna limpieza mecánica para controlar las malezas.
5. **Labranza en fajas ó de tira (strip tillage).** En un método para la preparación de la cama de siembra y la siembra en una faja o tira de aproximadamente 5 a 20 cm de ancho y de 5 a 10 cm de profundidad. Hay también un método con más profundidad (25-40 cm), usando un “subsolador”. Fuera de las fajas, quedan el suelo y los residuos sin disturbar por limpieza mecánica o labranza, pero la zona preparada es más ancha en comparación con la cero labranza.

Existen varios tipos de equipo para preparar las fajas. Es considerada labranza de conservación si se deja un mínimo de 30% con cobertura.

6. **Labranza en protección de cobertura (mulch tillage).** Consiste en la preparación en forma especial de toda la superficie del suelo antes de sembrar, con cuidado de mantener una porción de residuos y también de minimizar la finura y firmeza de la superficie del suelo. Este sistema es considerado como labranza de conservación si mantiene un mínimo de 30% de la superficie con cobertura después de la siembra.

2.4.5. Ventajas de la labranza de conservación.

- 1) Reduce la erosión. El mantillo que cubre la superficie del suelo lo protege del impacto de las gotas de lluvia, reduciendo de esta manera en algunos casos hasta cero el proceso de erosión.

- 2) Aumenta la infiltración. La presencia de rastrojos sobre la superficie (2 toneladas como mínimo) permite que el agua se infiltre y esté disponible para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en etapas críticas de desarrollo, reduciendo la pérdida de agua por evaporación.

- 3) Conserva la humedad. Al estar cubierto el suelo con el mantillo, los rayos del sol se reflejan evitando que lleguen a la superficie, con lo cual la humedad se conserva más tiempo. Por el mismo efecto, la temperatura del suelo es menor que en la superficie desnuda.

- 4) Mejora el control de malezas. No se remueve el suelo, por lo que las semillas enterradas no germinan y la población de las semillas en condiciones de germinación se reduce paulatinamente. Por otro lado, el mantillo sombrea la superficie, por lo que no se presentan las condiciones para la germinación de estas semillas.

5) Aumento de la materia orgánica. Los rastrojos sobre el suelo le dan al agricultor una oportunidad para incrementar a mediano plazo el contenido de materia orgánica del predio y hacerlo más productivo a un costo bajo por el hecho de devolverle a la tierra un gran porcentaje de los elementos que son extraídos por los cultivos.

6) Reduce trabajo. En el caso del agricultor, reduce el trabajo, el tiempo y la energía agrícola; hay menos desgaste de tractores, en consecuencia menos gastos en reparaciones; las cosechas aumentan gradualmente al reducirse cada vez más el consumo de insumos y se elevan las ganancias.

7) Beneficia el ambiente. Este sistema de cultivo hace más constante la corriente de los ríos y se restablecen los pozos secos, gracias a una mejor absorción de la lluvia; el agua es más limpia debido a que hay menor erosión e inundaciones, y las contingencias meteorológicas extremas producen repercusiones menores (huracanes o sequías).

2.5. Conocimiento general de sembradoras.

2.5.1. Sembradoras principios y características

Puede definirse la sembradora como una máquina que permite la siembra regular, bien sobre toda la superficie o bien en líneas equidistantes y a una profundidad uniforme, de todos los granos utilizados en cultivos. Después de la siembra las semillas deben sobrevivir de sus propias reservas hasta que, tras la germinación, los cotiledones emergen al exterior y la radícula se clava en la tierra y como plántula puede realizar la fotosíntesis. No todos los granos sembrados sobreviven, y es por lo que la cantidad de semilla usada debe ser superior al número de plantas deseadas. Los factores que afectan a la selección de la cantidad de semilla son la especie e incluso la variedad a sembrar, el potencial

germinativo de la semilla (medido en laboratorio), el suelo y su fertilidad, la forma de cultivo y el método de recolección. También es preciso considerar la posible formación de costras, así como su resistencia, sin olvidar factores tales como enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas.

Quizá porque la siembra es una de las faenas de cultivo que se hace mejor mecánicamente que manualmente, es por lo que el desarrollo de las sembradoras ha dado lugar a que aparezcan en el mercado máquinas cada vez más perfeccionadas, como se muestra en la Fig.2.6.



FIGURA 2.6. Sembradora de grano fino.

2.5.2. Funciones generales de una sembradora.

1. Abrir un surco en el suelo, con la profundidad y forma adecuadas.

Para una germinación adecuada las semillas deben colocarse debajo de la superficie, por lo tanto, el equipo sembrador debe proveer un mecanismo para la apertura del surco. Este dispositivo es un abresurcos que debe mantener el surco a una profundidad apropiada en una variedad de condiciones de suelo (Hernanz, 1997). La semilla no puede ser plantada demasiado superficialmente ni demasiado en profundidad, ya que estas dos situaciones ponen en riesgo la germinación.

2. Medir la semilla. Es una de las principales funciones de las máquinas sembradoras. Consiste en la dosificación correcta de la semilla, con el menor porcentaje posible de daños y fallas.

3. Colocar la semilla. El equipo sembrador debe asegurar la conducción de la semilla al surco sin modificar el tiempo de caída, el espaciamiento y la profundidad en condiciones normales o irregulares. Otro problema es la colocación de la semilla con relación a otra semilla o fertilizante. En este último caso, la sembradora debe estar diseñada para que la semilla y el fertilizante queden colocados sin hacer contacto.

4. Cubrir la semilla, tapando sin dañar. Existen varios tipos de mecanismos: cuchillas cubridoras, discos cubridores, ruedas prensadoras, etc. Si la semilla fue sembrada al voleo y necesita ser cubierta, será necesario realizar otras operaciones de campo, tales como el pasaje de una rastra de dientes, púas, cadenas, barras de arrastre, cultivadores de campo, etc.

5. Compactar la tierra sobre los costados de la semilla. Para asegurar buen contacto y rápida emergencia de la semilla.

2.5.3. Partes esenciales de una sembradora.

Las partes esenciales de una sembradora son:

- 1 Bastidor.
- 2 Tolva.
- 3 Órganos de distribución.
- 4 Órganos de enterrado.
- 5 Órganos complementarios.
- 6 Mecanismos de regulación.

En la Fig. 2.7 se muestra una sembradora con sus componentes principales.



FIGURA 2.7. Sembradora con algunos de sus componentes.

A la hora de elegir una sembradora, las características que le deben ser exigidas son las siguientes:

2.5.4. Características que afectan a los componentes de una sembradora.

Características que afectan al bastidor.

Gran variabilidad de distancias entre líneas.

- Solidez.
- Enganche cómodo y rápido del tractor.

Características que afectan a los órganos de distribución.

- La cantidad de grano sembrado en cada línea de cultivo debe ser idéntica.
- Respeto escrupuloso de la densidad de siembra deseada.
- Amplio margen de regulación de la densidad de siembra.
- Polivalencia en cuanto a las diferentes especies y variedades de semillas.

- Integridad del grano, llevándolo al surco sin roturas ni deterioros que afecten a su poder germinativo.
- Las variaciones en la velocidad de avance e inclinaciones del terreno no deben alterar la calidad del trabajo.
- Precisión en la distribución en el caso de una siembra monograno.
- Posibilidad de funcionamiento con muy poca cantidad de semilla.
- Fácil limpieza.

Características que afectan a la tolva.

- Facilidad de acceso para llenado.
- Posibilidad de vaciarla totalmente para evitar mezclas de semillas.
- Posibilidad de ver y controlar el nivel de contenido.
- Presencia de agitadores.
- Presencia de separadores.

Características que afectan a los órganos de enterrado.

- Adaptabilidad a los distintos tipos de suelos.
- Uniformidad en la profundidad de enterrado.
- Apertura y cierre del surco de siembra.
- Resistencia a la abrasión.

Características que afectan al conjunto de la máquina.

- Existencia de marcadores.
- Buena maniobrabilidad.
- Facilidad de transporte.
- Simplicidad de mecanismos.
- Solidez.
- Elevada capacidad de trabajo.
- Precio competitivo.

2.6. Análisis de las partes que componen una sembradora.

En lo que sigue se procede a un análisis sistemático de las sembradoras, para lo cual se estudian los distintos componentes de la máquina.

Se presta una mayor atención a los órganos de distribución y enterrado por ser ambos fundamentales para su correcto funcionamiento.

2.6.1. Bastidor de la sembradora.

Está constituido fundamentalmente por una barra, provista o no de ruedas, la cual soporta la tolva de la máquina, los órganos de enterrado y el sistema de enganche al tractor. Ocasionalmente puede soportar un asiento para el obrero encargado de la vigilancia de las operaciones de siembra (Hernanz,1997) Fig. 2.8.

En todo bastidor se debe tender a conseguir que en toda su longitud se puedan colocar los cuerpos de siembra de forma que no queden zonas muertas, es decir, zonas en las que no pueden colocarse los órganos necesarios para la siembra de las líneas de cultivo.

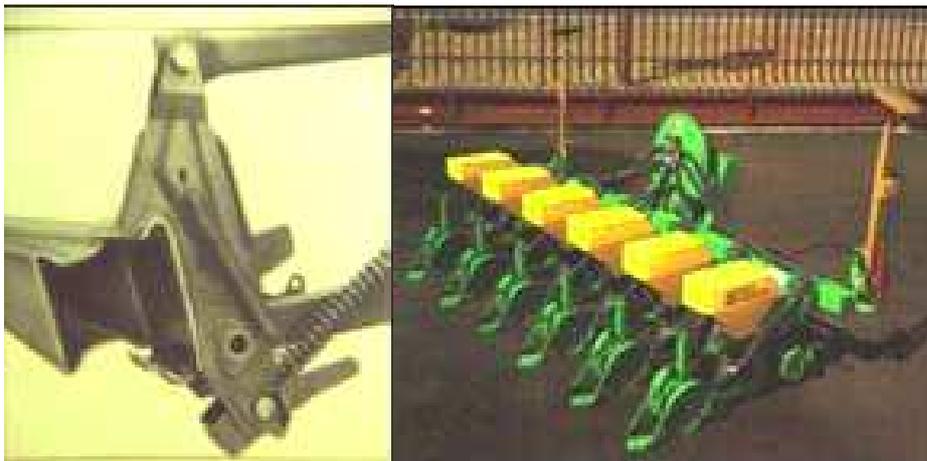


FIGURA 2.8. Bastidor de una sembradora.

2.6.2. Tolva.

Es el depósito que contiene las semillas a usar en la siembra; puede ser de plástico, fibra de vidrio o lamina (Hernanz, 1997) Fig. 2.9.



FIGURA 2.9. Llenado de la tolva.

Puede ser la tolva común para todas las líneas de cultivo o independiente para cada una. En el primer caso, para facilitar la evacuación de semillas y permitir una alimentación regular de los distribuidores, cuando la máquina trabaja sobre un terreno en pendiente, el fondo de la tolva debe estar dividido en compartimentos (Hernanz, 1997) Fig. 2.10.

También es conveniente la existencia de un agitador dotado de movimiento rotativo o alternativo, que impida la formación de bóvedas en el interior de la masa de grano.



FIGURA 2.10. Detalles de interior de la tolva.

Las formas de las tolvas son muy diversas algunas de las más clásicas se presentan en la (Hernanz, 1997) Fig. 2.11:

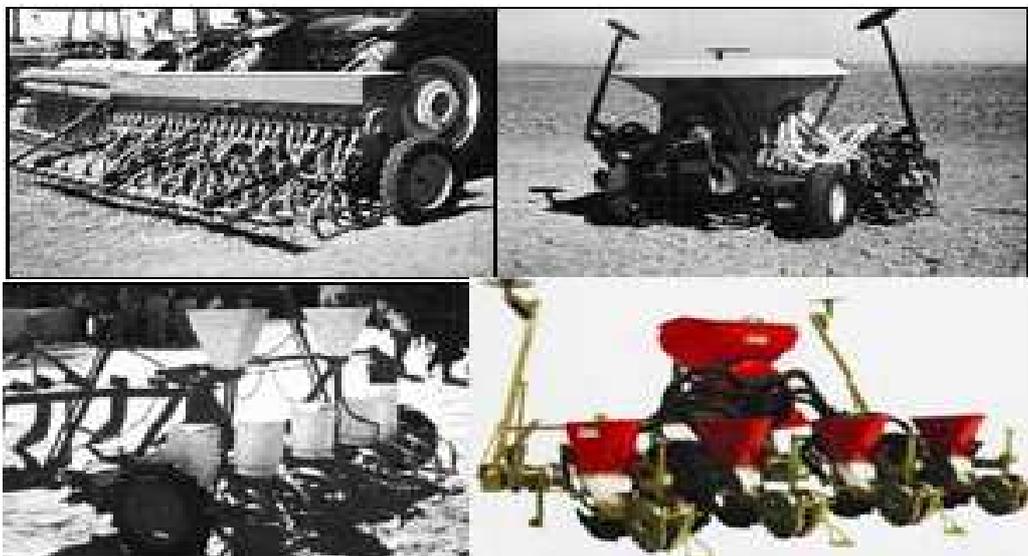


FIGURA 2.11. Tipos de tolva.

2.6.3. Órganos de distribución o dosificadores de semilla.

Los dosificadores o distribuidores de semilla constituyen la parte esencial de la máquina sembradora. En ellos es esencial que permitan una gran regularidad de siembra, y una gran polivalencia en cuanto a que puedan ser utilizados para distintas especies de semillas. El distribuidor es el elemento que diferencia unas sembradoras de otras. Los distintos tipos usados son los que se presentan a continuación:

- Distribuidores de cucharas.
- Distribuidores de cilindros acanalados.
- Distribuidores de cilindros dentados.
- Distribuidores centrífugos.
- Distribuidores neumáticos.
- Distribuidores mecánicos de precisión.

Los cinco primeros tipos representan los distribuidores de las llamadas **sembradoras de chorrillo**. Los restantes son los de las llamadas **de precisión**.

El accionamiento de los órganos de distribución puede hacerse desde una de las ruedas del tractor, desde las ruedas portadoras, desde una rueda cuyo fin es exclusivamente de accionamiento del distribuidor, o desde la toma de fuerza del tractor.

2.6.3.1. Características de las sembradoras con distribuidor para siembra a chorrillo (grano fino).

Los cultivos sembrados con una sembradora de grano fino generalmente son cosechas de alto rendimiento. Las sembradoras de grano fino proporcionan una distribución más precisa de las semillas y una profundidad más uniforme que el equipo de siembra tipo a voleo (Breece, 1975).

Existen dos tipos principales de sembradoras de grano fino: Sembradora con rueda en los extremos y sembradora con ruedas prensadoras. El tamaño de las sembradoras con ruedas en los extremos puede tener de 12 a 24 abresurcos y las sembradoras prensadoras pueden tener de 6 a 24 abresurcos.

En las sembradoras de grano fino hay diferentes tipos de dispositivo para medir la semilla entre los cuales están el distribuidor de cuchara, el de cilindro acanalado, el de cilindro dentado, distribuidor centrífugo y distribuidor neumático.

2.6.3.1.1. Sembradora con distribuidor de cuchara

Los mecanismos con distribuidor de cuchara representan el sistema más antiguo (Hernanz, 1997) Fig. 2.12. El mecanismo de distribución consiste en una serie de discos verticales montados a intervalos regulares sobre un mismo eje. Estos discos llevan una serie de receptáculos con forma de cuchara (Hernanz, 1997) Fig. 2.13, fijados al borde de los mismos, los cuales, al pasar por la masa de grano se llenan de semillas y las vierten en unos embudos conectados a unos tubos de caída por los que son conducidos hasta el suelo.

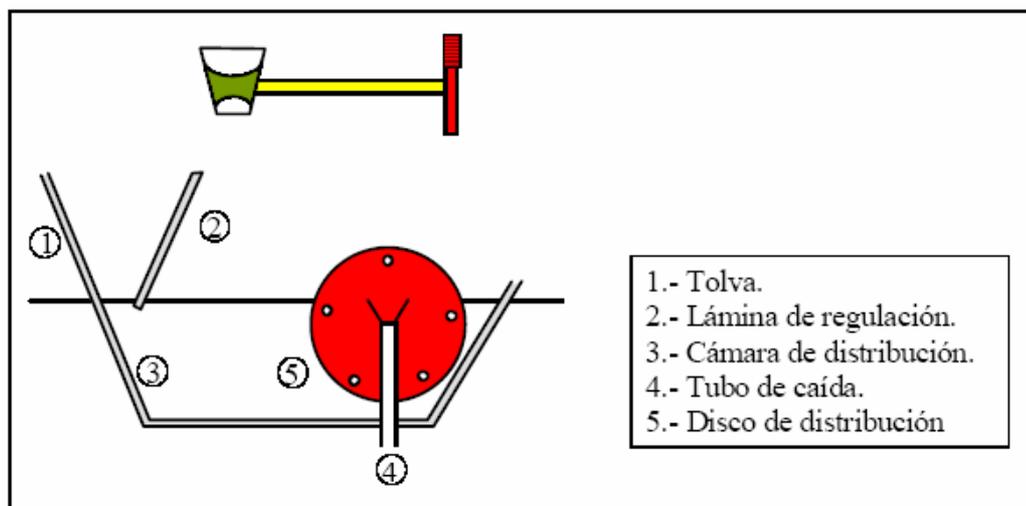


FIGURA 2.12. Esquema distribuidor de cuchara fija.

Hay modelos en los que los receptáculos tienen una concavidad en cada cara, una mayor que otra, de forma que se pueden adaptar a diferentes tamaños de semilla. Otros llevan cucharas que pueden sustituirse para adaptar la sembradora a distintos tipos de semillas.



FIGURA 2.13. Distribuidor de cucharillas.

La dosis por hectárea con este tipo de distribuidor se regula variando la velocidad de rotación de los discos, lo que puede obtenerse con la ayuda de un cambio de engranajes o de piñones en una transmisión por cadena (Hernanz, 1997) Fig. 2.14.

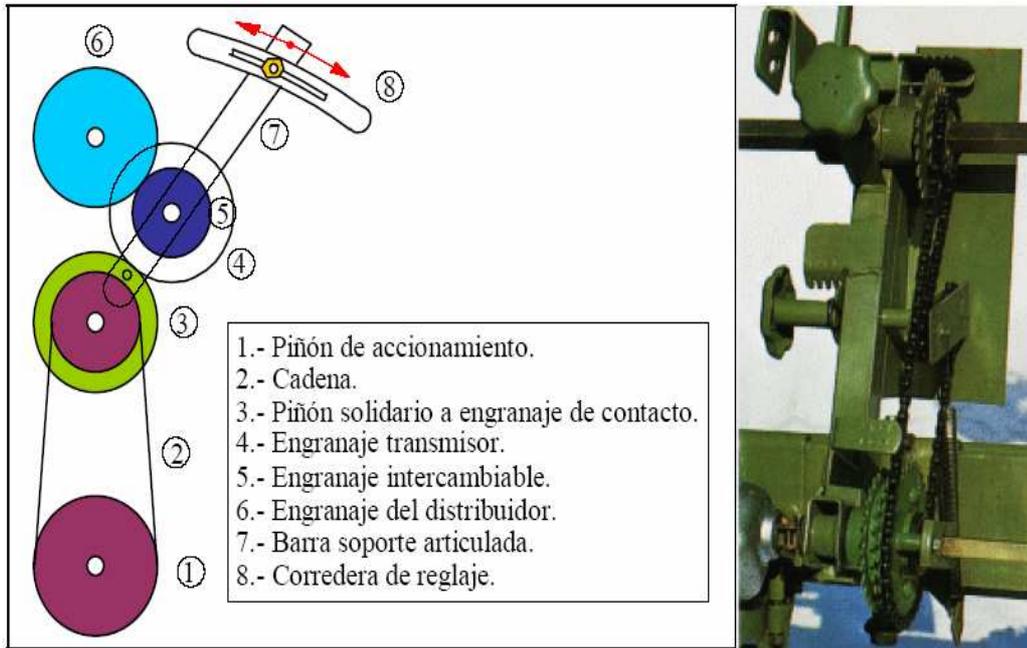


FIGURA 2.14. Cambio de engranajes.

Esta forma de regulación de la densidad de siembra encarece la máquina. Es por lo que un mecanismo de distribución con cucharas regulables de tamaño variable ha sido desarrollado. Consta este distribuidor de dos discos gemelos arrastrados por un árbol de distribución cortado en dos partes en el sentido de su longitud. Uno de los discos de estas parejas es solidario a una mitad del árbol, mientras que el otro lo es con la otra mitad. Las cucharas tienen ahora forma de canales, con un extremo unido a uno de los discos y articuladas mediante junta prismática en la superficie del otro (Hernanz, 1997). La Fig. 2.15, muestra un esquema de este tipo de distribuidor.

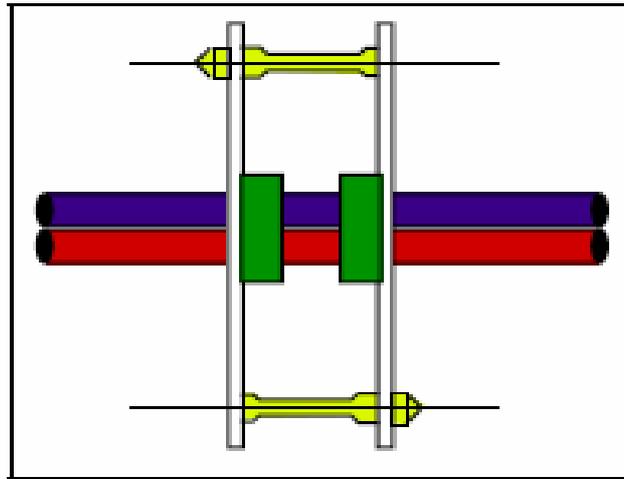


FIGURA 2.15. Distribuidor de cucharillas.

Los dos medios ejes de accionamiento, con sus discos respectivos, pueden deslizarse el uno sobre el otro. Este movimiento es obtenido con la ayuda de una manivela colocada a un lado de la tolva. Para marcar el espacio existente entre los discos hay una aguja indicadora solidaria a la manivela de apertura y cierre. Al acercarse o separarse los discos se modifica la capacidad de las cucharillas, obteniéndose de esta forma una regulación continua de la dosis de siembra, de una manera fácil y rápida. El distribuidor de cucharas no ataca la integridad de las semillas, siendo por ello interesante en el caso de siembra de granos frágiles, en cambio esta máquina no trabaja bien a velocidades elevadas y las sacudidas o vibraciones tienen influencia desfavorable en la uniformidad de reparto. En general se puede decir que es un tipo de distribuidor que carece de precisión.

2.6.3.1.2. Sembradora con distribuidor de cilindro acanalado.

Pertenecen a las máquinas llamadas de distribución forzada. En ellas los elementos de distribución son cilindros con acanaladuras rectas o helicoidales que giran, solidarios a un eje transversal, en el interior de pequeñas cajas fijadas en el fondo de la tolva, denominadas cámaras de distribución (Hernanz, 1997) Figura 2.16.

Al girar estos cilindros aprisionan en sus acanaladuras una cierta cantidad de semillas, y rozándola contra una lengüeta metálica o de plástico que se mantiene en posición por medio de un resorte que le permite ceder eventualmente, ante la presión de ciertos cuerpos extraños, las dirigen hacia los tubos de caída por donde llegarán al terreno.

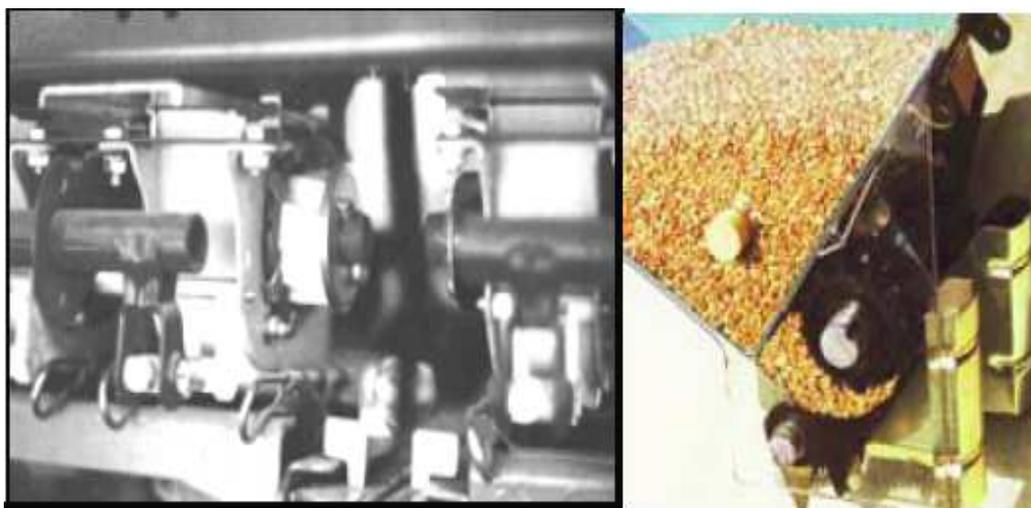


FIGURA 2.16. Distribuidor de cilindros acanalados.

La regulación de la dosis de siembra se logra, fundamentalmente, por deslizamiento longitudinal de todo el conjunto de los distribuidores, entrando en la cámara más o menos superficie acanalada y variando así la capacidad para sacar el grano de la cámara de distribución (Hernanz, 1997) Fig. 2.17.

Existe dentro de este tipo de mecanismos de distribución, una variante que extrae el grano por encima del cilindro, cuyo objetivo básico es el de evitar daños a la semilla.

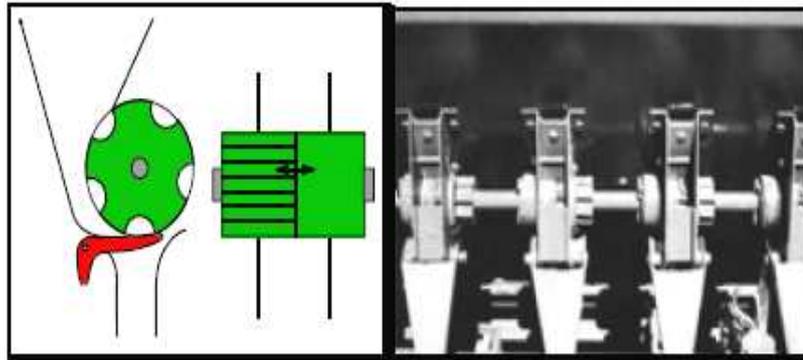


FIGURA 2.17. Regulación de la cantidad de semilla.

Algunas de estas sembradoras llevan una caja de cambios, con la cual se consigue un amplio margen en la dosis de siembra. Este sistema de distribución es bastante regular y no resulta influenciado por la velocidad de tracción, el estado o la pendiente del terreno. Además es simple y de precio accesible. En cambio puede producir rotura de una parte de las semillas, en especial, en el caso de semillas frágiles y se adapta con dificultad a la distribución de semillas de tamaños muy grandes o muy pequeños. Cuando se trata de lograr dosis muy reducidas, el ajuste de este dispositivo de distribución es difícil, e irregular, debido a que la longitud del elemento acanalado que entra en la cámara de distribución para extraer el grano, es demasiado pequeño para asegurar uniformidad en su trabajo, siendo muy fácil la formación de bóvedas que impiden el llenado de las acanaladuras.

2.6.3.1.3. Sembradora con distribuidor de cilindro dentado.

La disposición de los órganos de distribución son similares a las de cilindro acanalado, no obstante el cilindro de distribución es diferente ya que en lugar de acanaladuras lleva dientes dispuestos a tres bolillos y además cada cilindro dentado está colocado fijo en el eje, es decir, no tiene desplazamiento en sentido axial.

Los cilindros dentados giran en el interior de sus respectivas cámaras de distribución, y empujan las semillas que, rozando con una lengüeta, son arrastradas a los tubos de caída correspondiente (Hernanz, 1997) Fig. 2.18.

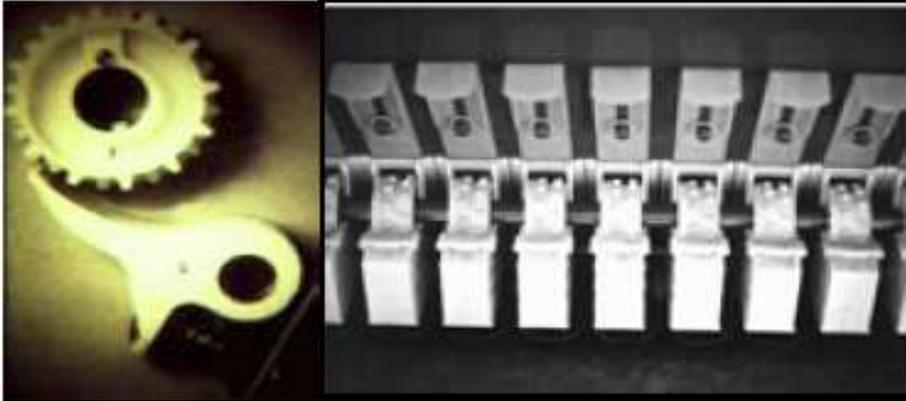


FIGURA 2.18. Distribuidor de cilindros dentados.

Generalmente están equipadas con una **Caja Norton** con los que se pueden obtener un número elevado de velocidades (Hernanz, 1997) Fig. 2.19.



FIGURA 2.19. Caja de cambios tipo Norton.

Este sistema se puede utilizar con cualquier tamaño de semilla, tiene una regularidad de distribución bastante grande, tanto en dosis altas como en bajas y rompe relativamente poca semilla.

En los sistemas mencionados anteriormente cada tubo de caída tiene su sistema de distribución propio, en cambio algunas sembradoras a chorrillo utilizan un distribuidor único para la totalidad de la línea de siembra.

2.6.3.1.4. Sembradora con distribuidor centrífugo

Tienen un principio de funcionamiento que consiste en lo siguiente:

Por gravedad, las semillas que contiene la tolva penetran en el interior de un cono giratorio por una apertura regulable que es la que ajusta la dosis de siembra. Una vez en su interior, por aletas que van soldadas al cono, son sometidas a fuerzas que originan su ascensión hasta llegar a la tapa superior donde existen agujeros por los que entran en los tubos de caída y son dirigidas hacia las botas de apertura del surco de siembra (Hernanz, 1997).

El accionamiento del mecanismo se hace a partir de las ruedas portadoras por medio de dos piñones cónicos. El esquema de funcionamiento se muestra en la Fig. 2.20.

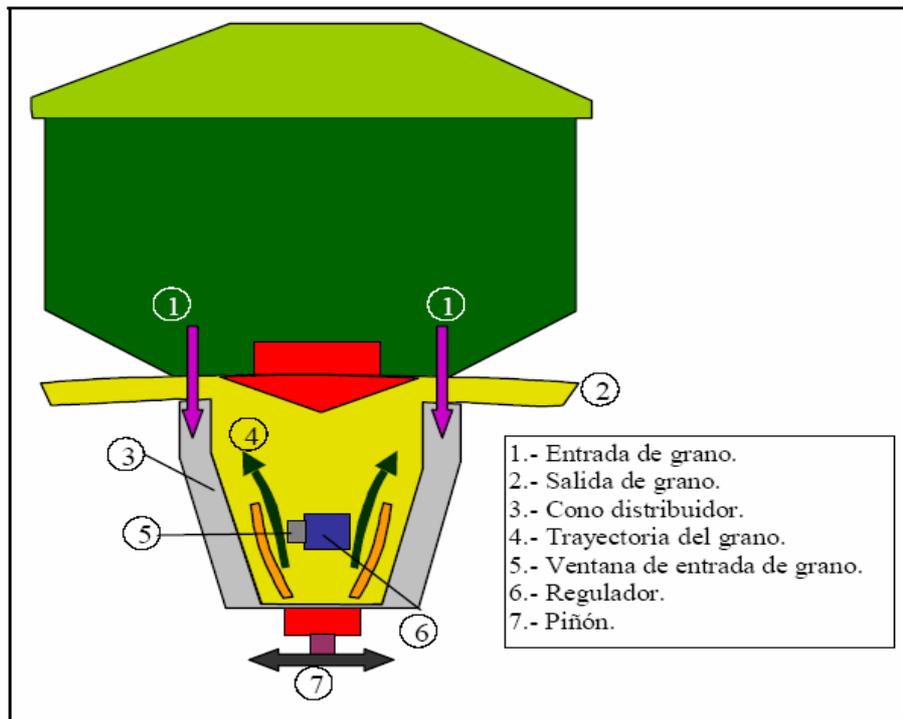


FIGURA 2.20. Distribuidor centrífugo.

Este sistema permite una regulación fácil y rápida de la dosis de siembra y la posibilidad de trabajar a gran velocidad, en cambio puede producir deterioro en las semillas y pueden aparecer obstrucciones en la entrada regulable de alimentación del cono distribuidor.

2.6.3.1.5. Sembradora con distribuidor neumático.

Son de concepción muy semejante a las de tipo centrífugo. La diferencia fundamental entre ambos sistemas estriba en el movimiento del grano desde la tolva hasta los tubos de salida. En éstas la dosificación se realiza como sigue: Un único cilindro acanalado, accionado por una rueda, saca el grano de la cámara de distribución. Las semillas que arrastra en su giro son aspiradas por un Venturi, por el que circula la corriente de aire que produce una turbina accionada por la toma de fuerza del tractor y son transportadas a lo largo de un tubo hasta la cabeza cónica de distribución, con ventanas de salida hacia los diferentes tubos de caída del grano a los surcos de siembra (Hernanz, 1997) Fig. 2.21 y 2.22.



FIGURA 2. 21. Sembradora con distribuidor neumático.

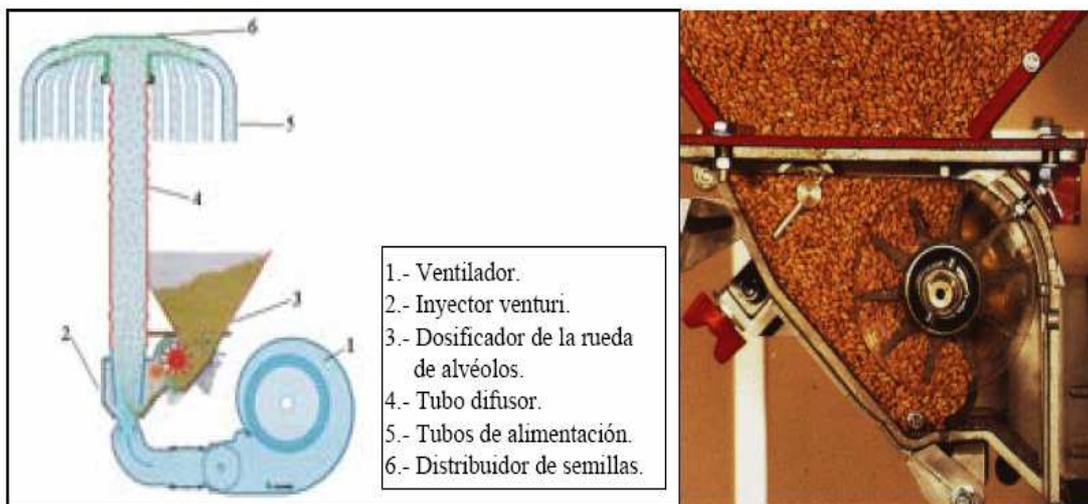


FIGURA 2.22. Sembradora con distribución neumática para siembra a chorrillo.

Este sistema de siembra puede ser considerado como un modelo perfeccionado de las sembradoras centrífugas con el que se eliminan la mayoría de los inconvenientes de funcionamiento.

2.6.3.2. Sembradoras de precisión.

Situar en el suelo un número limitado de granos, a una profundidad y a una distancia entre ellos constante, son los objetivos de la **siembra de precisión**.

En la mayor parte de los cultivos que necesitan una **siembra monograno**, se busca que la planta manifieste todo su potencial genético, evitando que las

plantas compitan entre ellas para procurarse el agua, los elementos minerales, el oxígeno, el gas carbónico y la luz que le son necesarios.

Para ello se usan las **sembradoras de precisión** las cuales realizan la selección de un grano en la cámara de distribución, su aislamiento y posterior enterrado a la profundidad idónea y a la distancia determinada. Consiguiendo además que, prácticamente, no haya necesidad de aclareo posterior, lo que se traduce en una mayor producción y también en una mayor facilidad para la recolección mecánica (Hernanz, 1997) Fig. 2.23.



FIGURA 2.23. Cuerpo de una sembradora de precisión.

Según lo dicho, puede definirse sembradora de precisión como aquella máquina que deposita a profundidad uniforme y a distancias iguales las semillas, consiguiendo además un paralelismo entre líneas. Las ventajas más notables de la utilización de sembradoras de precisión son (Hernanz, 1997) :

1. Ahorro de semillas.
2. Mayor uniformidad del cultivo.
3. Mejor desarrollo.
4. Disminución de las faenas de escarda y aclareo.
5. Aumento del rendimiento de la recolección.

Para obtener los resultados esperados, en las sembradoras de precisión, los distribuidores están concebidos de forma que suelten las semillas individualmente, una tras otra, con intervalos regulares. Tiene gran influencia en ello el sistema de accionamiento del mecanismo distribuidor, ya que la falta de uniformidad del reparto de grano en las líneas de siembra no es debida al deslizamiento en sí de la rueda de accionamiento del mecanismo distribuidor, con la cual éste guarda una relación constante, sino que es debido a las fluctuaciones de ese deslizamiento. Lógicamente los intervalos entre granos sucesivos

Son tanto más regulares cuanto mayor es el radio de la rueda de accionamiento del distribuidor, soporta mayor carga o está equipada de mejores dispositivos de adherencia.

2.6.4. Órganos de enterrado de las semillas.

Son los que realizan la colocación de la semilla en la tierra. Su influencia en la germinación y emergencia de las semillas es importante ya que son esenciales para su colocación a la profundidad adecuada, para compactar las partículas de tierra a su alrededor y establecer un íntimo contacto entre ambas y para cubrirlas de forma que no se formen costras que impidan la nascencia. El conjunto consta de las siguientes partes (Hernanz, 1997) :

1. Tubos de descarga del grano.
2. Órganos de enterrado.
3. Surcadores.
4. Órganos de recubrimiento.

1. Tubos de descarga del grano. Estos tienen por objeto llevar la semilla desde los órganos de distribución hasta depositarla en el suelo.

Puesto que los tubos han de poder levantarse para adaptarse al terreno, es preciso que ofrezcan posibilidad de variar su longitud o bien de deformarse. Existen dos tipos, uno formado de tubos de materia plástica flexible o bien por una cinta o hilo de acero enrollado, sistemas ambos muy deformables, pero de un coeficiente de rozamiento tan elevado que impide una buena caída de las semillas, y además al elevarse los surcadores se originan deformaciones, que a veces ocasionan pendientes tan pequeñas que impiden su libre caída, con las consiguientes irregularidades en el reparto de la semilla. Otro tipo es el denominado telescópico, que consiste en una serie de tubos de plástico que pueden deslizarse unos dentro de los otros (Hernanz, 1997) Fig. 2.24. De esta forma, no hay cambios de pendiente y la caída de semillas es más uniforme.



FIGURA 2.24. Tubo de descarga tipo telescópico.

2. Órganos de enterrado. Este esta montado en sistema que sujeta cada uno al propio bastidor o bien a una barra horizontal colocada paralela a él.

El sistema de fijación ha de permitir a los órganos de enterrado adaptarse a las desigualdades del terreno, para lo que deben tener libertad de movimiento en sentido vertical.

Además, debe ser suficientemente rígido para impedir desplazamientos en sentido lateral para conseguir un total paralelismo de las líneas de siembra.

Asimismo, el sistema de fijación de los órganos de enterrado, debe permitir una fácil maniobrabilidad para el cambio cómodo de distancias entre líneas (Hernanz, 1997). Existen diferentes formas de fijación de los órganos de enterrado, de los cuales la Fig. 2.25 muestra alguna de las más clásicas.

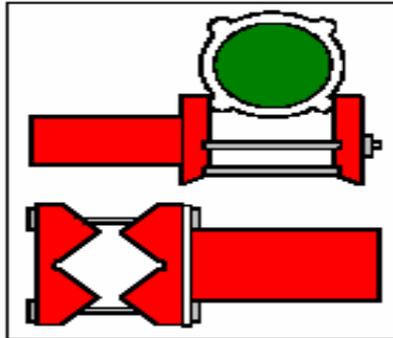


FIGURA 2.25. Formas para el sistema de fijación de los órganos de enterrado.

3. Surcadores. Son los elementos encargados de abrir el microsurco en el que se deposita la semilla que proviene del distribuidor a través del tubo de caída. Según su forma pueden ser de reja, de bota, de disco simple y de disco doble.

- **Rejas:** Están construidas por una pieza perfilada de acero o de hierro fundido. Es un sistema que se adapta perfectamente a todos los suelos. En su fabricación es muy importante la elección del material pues en algunos modelos de rejas (Hernanz, 1997) Fig. 2.26 se da un desgaste muy rápido, sobre todo en tierras abrasivas, debido a la mala calidad del material usado.



FIGURA 2.26. Rejas de enterrado.

- **Botas:** Se utilizan en suelos muy sueltos en los que se ha preparado un buen lecho de siembra, fino y sin terrones. En general, para evitar que accidentalmente se llenen de tierra, están dotadas de lengüetas articuladas que las cierran cuando la máquina por alguna circunstancia retrocede, (Hernanz, 1997) Fig. 2.27.



FIGURA 2.27. Botas de enterrado y detalle de la lengüeta.

- **Discos simples:** son ligeramente cóncavos y presentan las ventajas de corte con rodadura análoga a los arados y gradas de discos. Para evitar atascos deben llevar adosados rascadores. El esquema de funcionamiento de este sistema es el representado en la Fig. 2.28.

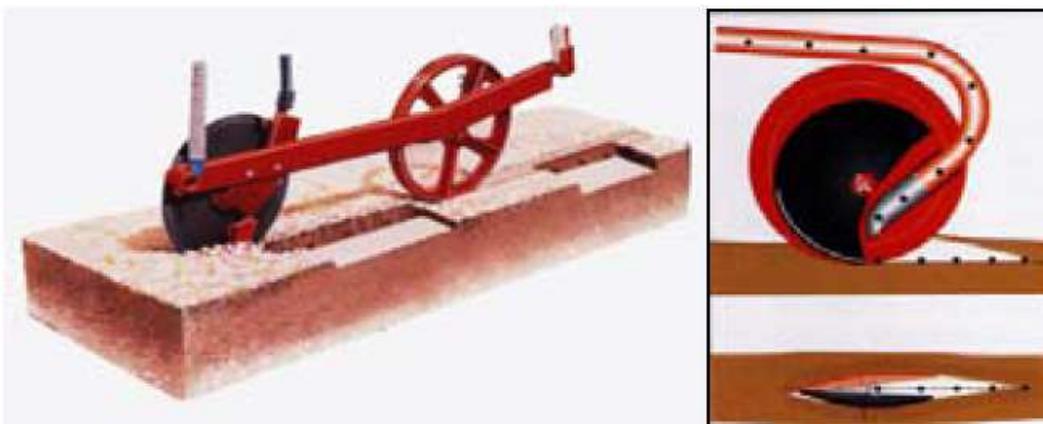


FIGURA 2.28. Surcador de disco simple.

- **Doble disco:** Consisten en dos discos colocados en planos convergentes, de forma que se tocan en su parte delantera, realizándose la descarga de semillas entre ambos (Hernanz, 1997) Fig. 2.29.



FIGURA 2.29. Surcador con disco doble para siembra directa.

Con este sistema de surcador, el mullido que se obtiene en la siembra, sobre todo en terrenos no preparados o sin laboreo previo, o endurecidos por condiciones climáticas adversas, es muy bueno. Su desgaste es lento y la fuerza necesaria para su tracción no es elevada. En cambio son muy sensibles a los cambios de profundidad de siembra.

4. Mecanismo de tapado de semilla (ruedas tapadoras).

Aunque los surcos que abren los surcadores deben, si la tierra tiene buena temperatura, cerrarse por sí solos, a veces las condiciones climáticas, de laboreo, así como la propia naturaleza del terreno no siempre permiten que las semillas se pongan sin ninguna intervención en contacto con la tierra, es por lo que pueden considerarse importantes por el hecho de que favorecen la nascencia. Al recubrir las semillas de tierra, y compactarla sobre ellas, se reducen los espacios libres, se les proporciona la humedad necesaria para la germinación y se mejora el desarrollo inicial.

Los sistemas empleados (Hernanz, 1997) Fig. 2.30 como órganos de recubrimiento pueden ser de los siguientes tipos:

- Cadena rastrera.
- Diente de recubrimiento.
- Grada ligera.
- Rodillo individual.

De todos ellos el de rodillo individual es que debe usarse en las sembradoras de precisión, ya que con él se favorece altamente la nascencia, y no provoca movimientos por arrastre de la semilla una vez colocada en el suelo.

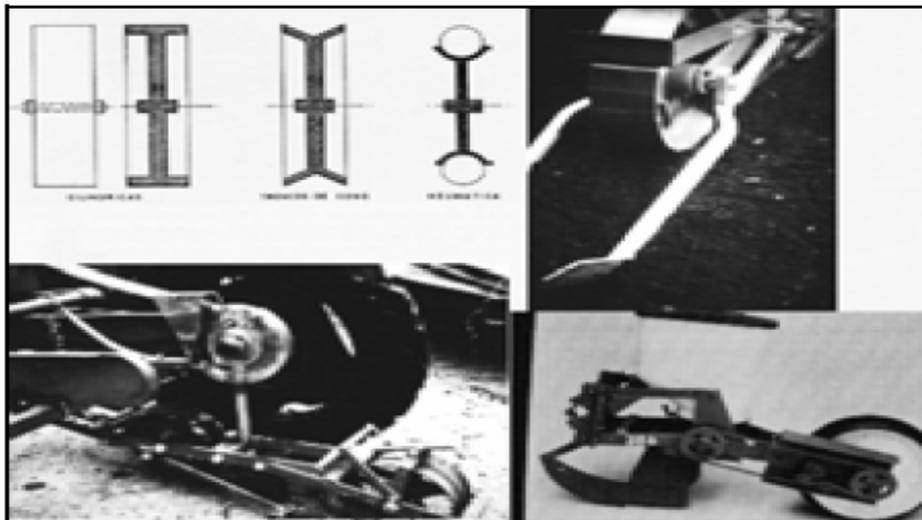


FIGURA 2.30. Rodillos de recubrimiento de semilla. De izquierda a derecha cadena, diente de recubrimiento, grada ligera y rodillo individual.

2.6.5. Órganos complementarios.

Son necesarios en las sembradoras para mejorar y facilitar su trabajo. Entre ellos se pueden considerar los que realizan la elevación de los órganos de enterrado. Este alzamiento sólo debe asegurarse en las sembradoras arrastradas, ya que las suspendidas se levantan en su totalidad por medio del elevador hidráulico del tractor.

El sistema de alzamiento puede ser:

- Manual: el tractorista actúa sobre una palanca que acciona, al mismo tiempo, la regulación de la profundidad.
- Mecánico: el alzamiento queda asegurado por un dispositivo en forma de jaula de ardilla accionado desde el tractor por medio de una cuerda, al tirar de ésta, se provoca la elevación de los órganos de enterrado. Tirando de nuevo se consigue su descenso.
- Hidráulico: la sembradora va unida al tractor por una tubería de presión flexible que conduce el aceite a presión hasta un cilindro hidráulico. Es este quien motiva la elevación o descenso de los órganos de enterrado.

Otros órganos complementarios son los **marcadores o trazadores** cuya utilización permite que las líneas contiguas, pertenecientes a dos pasadas consecutivas de la máquina, estén exactamente a la misma distancia que las distintas líneas de siembra dejadas en cada pasada. Semejante precisión sólo puede obtenerse utilizando marcadores montados en un brazo o palanca con alzamiento. Existen formas y modelos muy diferentes de trazadores, siendo los más extendidos los constituidos por discos cóncavos (Hernanz, 1997) Fig. 2.31.



FIGURA 2.31. Sembradora con marcadores.

2.6.6. Mecanismos de regulación.

Los reglajes de las sembradoras tienen una importancia considerable y sobre todo en las sembradoras de precisión. Las regulaciones a las que debe poder someterse toda máquina sembradora son las siguientes (Hernanz, 1997) :

1. Separación entre líneas: Este ajuste se obtiene desplazando sobre el bastidor los órganos de enterrado de las semillas. Para una correcta equidistancia entre líneas de siembra puede servir una regla graduada o cualquier aparato de medida.

Es muy conveniente, casi necesario, que las ruedas portadoras, puedan desplazarse lateralmente, para que no produzcan compactación en el terreno, circunstancia ésta muy desfavorable en el caso de que pasen sobre alguna de las líneas de siembra, pues pueden formarse costras que impidan la nascencia de las semillas.

2. Regulación de la densidad de siembra: Como resumen, sólo un número de semillas sembradas por unidad de longitud, se pueden variar de las formas siguientes:

- Variando la capacidad de grano del mecanismo distribuidor.
- Aumentando o disminuyendo la velocidad de rotación del distribuidor.
- Cambiando el distribuidor por otro más adecuado.

2.6.6.1 Regulación de la profundidad de siembra.

La profundidad de siembra es uno de los factores importantes en el éxito de la operación. Debe ser regulada en función (Hernanz, 1997):

- Del tamaño de la semilla: los granos pequeños son generalmente sembrados a profundidades menores que los gruesos.
- De la época de siembra: se sembrará a más profundidad cuanto mayor sea la temperatura ambiente.
- Del tipo de suelo: en suelos arenosos se sembrará a mayor profundidad que en suelos arcillosos.
- De la formación de costras: en suelos con facilidad de encostramiento, se debe sembrar más superficialmente que en aquellos que no exista dicha posibilidad.
- De las condiciones climáticas: en zonas con pluviometría adecuada se sembrará a menor profundidad que en zonas que no la tengan.
- De la humedad del suelo: suelos con más contenido de agua requieren menor profundidad que en zonas que no la tengan.

La profundidad de siembra: se regula variando la altura de la rueda de enterrado con respecto al punto más bajo del surcador.

Si la sembradora posee patines limitadores a profundidad es necesario ajustarlos distanciándolos más o menos de la base del surcador.

Otros tipos de sembradoras poseen resortes para forzar la penetración del surcador, de forma que para una tensión dada del resorte se consiga una profundidad de siembra que fluctúa en función de la resistencia del terreno.

2.7. Sembradoras para labranza de conservación o siembra directa.

2.7.1. Criterios para diseño y fabricación.

En el laboreo de conservación quedan abundantes restos del cultivo precedente sobre la superficie del suelo para protegerlo de la erosión y acumular mayor cantidad de agua de lluvia. De ahí que las sembradoras directas, en términos generales, deberán estar diseñadas para evitar los atascos y por otro lado disponer de un sistema de enterrado de semillas adaptados a dichas condiciones.

2.7.2. Características generales de la sembradora de labranza de conservación.

Las sembradoras directas deben reunir las siguientes características (Hernanz, 1997; Kepner; 1978; campos, 1993).

1. Peso suficiente para atravesar los residuos vegetales.
2. Capacidad de abrir un surco lo suficientemente ancho (varios cm) y profundo (de hasta 4-6 cm) como para albergar adecuadamente la semilla.

3. Rigidez y resistencia de sus elementos para soportar las mayores cargas.
4. Posibilidad de regular la dosificación distinto tamaño y asegurar adecuado recubrimiento.
5. Poder modificar su configuración para adaptarse a diferentes cultivos y aceptar la inclusión de elementos de abonado y tratamientos.
6. Los tractores que arrastren las sembradoras directas deberán tener en términos generales unos 60-80 hp (45-60 kW). Dicha exigencia no suele ser debida a la fuerza que requiere la tracción o tiro, sino al peso de la sembradora, que puede crear problemas en el elevador y de estabilidad en pendientes y en virajes, sobre todo en máquinas suspendidas. En ocasiones es necesario el uso de tractores de más de 100 hp (74 kW).

2.7.3. Componentes del tren de siembra de una sembradora para labranza de conservación.

Actualmente en siembra directa existen varias tendencias de trenes de siembra y su eficiencia y conveniencia puede depender de la zona y su adaptabilidad; dentro de los principales componentes de un tren de siembra de una sembradora para labranza de conservación se encuentran los siguientes:

2.7.2.1. Disco cortador

Los **elementos de corte de residuos e inicio de la franja de siembra**, si se usan separadamente, preceden a todos los demás y cortan y/o orientan los residuos superficiales en la hilera de siembra para mejorar la acción de los componentes secundarios de siembra. Para ello se puede recurrir a elementos separadores o cortadores (Hernanz, 1997).

La franja de siembra es la única intervención mecánica que se realiza sobre el suelo, con ello se persigue colocar la semilla en condiciones aptas para la germinación, pero la presencia de cobertura vegetal tiende a dificultarlo. Debido a esto antes de que entren en función los discos sembradores el camino debe estar lo más despejado posible. Para ello se recurre al uso de elementos cortadores o separadores.

Los elementos cortadores están constituidos por discos que atacan los residuos en sentido vertical descendente, cortando estos, a la vez que abren un pequeño surco, cuya anchura viene dada por la forma del disco, y la profundidad es función del tipo, humedad del suelo, peso que gravita sobre él y su diámetro.

En terrenos secos la penetración se ve dificultada por la alta resistencia que opone el suelo a la acción de corte, en este caso es necesario aumentar la carga de los muelles que regulan la profundidad hasta valores que pueden alcanzar los **200 Kg** (Un mínimo de 80 kg) por elemento (Hernanz, 1997), esto si la sembradora dispone del peso suficiente de lo contrario sería necesario añadir lastre. Es importante tomar en cuenta que cuanto menor sea el diámetro del disco tanto mayor es la profundidad del surco pero la eficiencia de corte del residuo se ve comprometida. Por el contrario cuando mayor es el diámetro del disco se produce un mejor corte a costa de que se profundiza menos en el terreno. Una solución de compromiso conduce a que los diámetros varíen entre **40 y 48 cm**. La forma del disco también es importante tenerla en cuenta, ya que influye en la eficacia de la siembra.

Los tipos de disco de corte más utilizados son los ondulados; el perímetro de este tipo de disco tiene forma ondulada de tal manera que al rodar sobre el suelo dibuja una franja de unos 5 a 7 cm como máximo. El número por ondas de disco puede variar de 8 y 50 dependiendo del ancho de la franja requerido y la profundidad de la misma. Al introducirse en el suelo los flancos de la onda ayudan a la formación de la tierra fina necesaria para entrar en contacto con la semilla y

estimular la germinación. Las velocidades de trabajo idóneas están comprendidas entre 8 y 12 km / h (para granos finos).

Los discos cortadores pueden montarse en la parte delantera del chasis de la maquina o en un bastidor independiente situado entre la sembradora y el tractor. En el segundo caso es importante mantener perfectamente bien alineados los discos cortadores con los de siembra.

2.7.2.2. Doble disco sembrador

El siguiente proceso es la formación del lecho de siembra donde la semilla ha de localizarse uniformemente en profundidad en condiciones óptimas para su germinación y emergencia. Los sistemas que mayoritariamente se utilizan en las sembradoras a chorrillo se pueden clasificar en dos grupos: **discos y rejas**.

1.- Discos. Los abresurcos de siembra pueden ser simples o dobles. En ambos casos van montados de manera inclinada con respecto al plano del suelo y a la dirección de avance.

Las maquinas de **disco simple** no suelen llevar elemento abridor o cortador delantero, ya que el mismo realiza las acciones de apertura y siembra. El borde a su vez puede ser liso o acanalado, en este segundo caso con el objeto de cortar mejor el rastrojo. Lateralmente disponen de una reja por donde caen las semillas al fondo del surco. Mediante la presión de un muelle se puede conseguir la penetración del suelo y en algunos modelos mediante una rueda lateral de goma o metálica que regula la profundidad de trabajo.

Las de **doble disco** abren el suelo en forma de V y suelen requerir un disco delantero para el corte de los residuos (Hernanz, 1997). La acción combinada de ambos, al colocar un disco desfasado uno de otro se logra un abresurco muy apto para siembra directa (Fig. 2.32). Este sistema lleva disco cortador el cual

necesitara de más peso que las de disco único para alcanzar la misma profundidad. Dichos dispositivos son apropiados para actuar con abundante cantidad de residuos sin que se produzcan atascos.



FIGURA 2.32. Doble disco sembrador desfasado.

La mayor parte de las sembradoras para cultivos en hileras disponen de una o dos ruedas de goma laterales para desplazarlas con respecto a los discos, de manera que en todo momento mantienen constante la profundidad de siembra.

Para cultivos en hileras prácticamente la mayoría de las sembradoras utilizan el triple disco, ondulado el de corte de residuos y doble el de siembra con una o dos ruedas laterales de goma, que pueden modificar la posición de su eje con respecto a los dos discos, a fin de regular la profundidad de siembra. En otros casos delante de una sembradora convencional se coloca un bastidor que dispone de los elementos cortadores, lo que facilita el camino de los dobles discos de siembra.

Entre el doble disco se sitúa el **tubo de descarga** el cual deposita la semilla en el fondo del surco; los mejores tubos de descarga (Fig. 2.33) de semilla aparentan ser los que poseen forma rectangular con el lado más largo siguiendo la línea de siembra y achicándose al llegar a la salida con una leve inclinación en sentido contrario al avance de la sembradora. De esta manera se disminuye el efecto de la velocidad entre el suelo y la semilla disminuyendo el rebote en el fondo del surco.



FIGURA 2.33. Tubo de descarga de semilla.

2.- Rejas. El segundo grupo son aquellas sembradoras que disponen de rejas para la creación de los surcos de siembra; la diferencia con respecto a las de disco se centra en que actúan sobre el suelo ejerciendo el corte en sentido vertical ascendente lo que reduce considerablemente su peso para la misma anchura de trabajo. Las rejas van montadas sobre brazos que se unen al bastidor, bien por cuadriláteros articulados o directamente. La adaptación a terrenos pedregosos es mejor que las de disco aunque tampoco están exentas de los inconvenientes en estas circunstancias.

2.7.2.3. Ruedas tapadoras

Una vez depositada la semilla es necesario cubrirla con tierra lo suficientemente adecuada, como para que la humedad del suelo impregne sus tejidos y se inicie el proceso de germinación. En algunos modelos se coloca inmediatamente detrás de los abresurcos de siembra una pequeña rueda que aprieta la semilla antes de que intervengan los órganos de tapado (Fig. 2.34).

La cobertura final se lleva a cabo mediante las ruedas compactadoras ya sean simples o dobles, fabricándose tanto de goma como de nylon endurecido o metal. Las de goma son semiflexibles de manera que el apoyo sobre el suelo se lleva a cabo sobre una importante superficie de trabajo lo que ayuda a apretar la

tierra en el cierre. Tienen la ventaja que en condiciones húmedas o semihúmedas o en terrenos plásticos despegan la tierra adherida lo que evita posibles acumulaciones. Cuando trabajan en condiciones secas y con alta presión de apriete pueden acelerar su desgaste.



FIGURA 2.34. Tren de siembra con regulación de profundidad trasera con doble rueda en camellón.

2.7.2.4. Proceso general de calibración de sembradora para grano fino.

La graduación de este tipo de sembradoras se hace con base en los siguientes datos:

- Número de descargas de la tolva y distancia entre ellas.
- Diámetro de la rueda propulsora.
- Descarga por chorro, por vuelta de la rueda.
- Engranajes utilizados en la transmisión, o posición del piñón loco en la caja de engranajes.
- Posición de la compuerta de salida del grano.

Ejemplo: Una sembradora de grano fino de 17 chorros colocados a 18 cm, va a ser utilizada para sembrar arroz, a razón de 90 kg/ha. La rueda propulsora tiene 75 cm de diámetro, la calibración se efectúa de la siguiente manera:

Si la máquina tiene una tabla de calibración, ésta trae el juego de piñones a utilizar o la posición del piñón loco en la caja para una descarga en kg/ha del cereal dado, o en lb/acre; en éste último caso el factor por el cual hay que multiplicar para obtener kg/ha es 1.12.

Como paso inicial, se colocan los piñones señalados, o la posición en la caja de engranajes indicada en la tabla, para la densidad de siembra deseada. Esta calibración corresponde, en general, a una variedad de semilla diferente a la que se va a sembrar, por lo que siempre debe calibrarse la máquina con la semilla que se va a usar.

Se coloca suficiente semilla sobre una o varias descargas, pero se deja abierta la compuerta de sólo una de ellas.

Se bloquea la máquina, en forma tal que se pueda hacer girar la rueda propulsora con la mano y haga algunas vueltas, hasta que fluya un poco de semilla por el tubo de descarga. A partir de este momento se recoge la semilla que descarge durante el movimiento de 10 vueltas de la rueda.

Si la descarga fue por ejemplo 30 gramos, la densidad sería:

Área de descarga =

$$18 \text{ cm} * 10 \text{ vueltas} * (75 * 3.14) \frac{\text{cm}}{\text{vuelta}}$$

$$42.390 \text{ cm}^2 = 4.24 \text{ m}^2 / \text{chorro}$$

$$4.24 \frac{\text{m}^2}{\text{chorro}} * 17 \text{ chorros} = 72 \text{ m}^2$$

$$\text{En } 72 \text{ m}^2 \text{ depositará} : 0,030 \frac{\text{kg}}{\text{chorro}} * 17 \text{ chorros} = 0.51 \text{ kg}$$

La descarga en kg/ha sería:

$$10.000 \frac{m^2}{ha} * \frac{0.51 \text{ kg}}{72 m^2} = 70.8 \text{ kg/ha}$$

Para depositar 90 kg/ha, es necesario aumentar la velocidad de rotación del eje del piñón de descarga ó abrir más las compuertas de descarga.

La calibración se hace por ensayo y error, hasta obtener la cantidad de granos por chorro, correspondientes a la densidad deseada. Para el caso del ejemplo, ésta se alcanza cuando el chorro deposite 38 gramos en las 10 vueltas de la rueda.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Unidad de ingeniería y Taller de Mecanización del Campo Experimental Cotaxtla INIFAP (Fig. 3.1).



Figura 3.1. Taller de mecanización INIFAP, Campo Cotaxtla.

El equipo y los materiales utilizados fueron los siguientes:

Equipo:

- Software Autocad
- Torno
- Equipo de soldadura eléctrica
- Pantógrafo
- Taladro de banco
- Equipo de corte

En la Figura 3.2 se muestra parte del equipo.



Figura 3.2. Equipo de taller. Parte superior izquierda, equipo de soldadura eléctrica, pantógrafo, taladro de banco y torno.

Materiales para construcción:

- Placas de acero especiales 1018 y 1042 ASAE.
- Perfiles tubulares y soleras comerciales.
- Soldadura: 6018,7013 y 7018.
- Discos ondulados de 17”.
- Discos planos 15”.
- Resortes (Compresión y extensión).
- Tornillos comerciales.
- Tuercas.
- Arandelas.
- Ruedas tapadoras.

Metodología

El proceso para el desarrollo del prototipo sembradora de arroz para labranza de conservación se describe en el siguiente diagrama de flujo, Fig. 4.1.

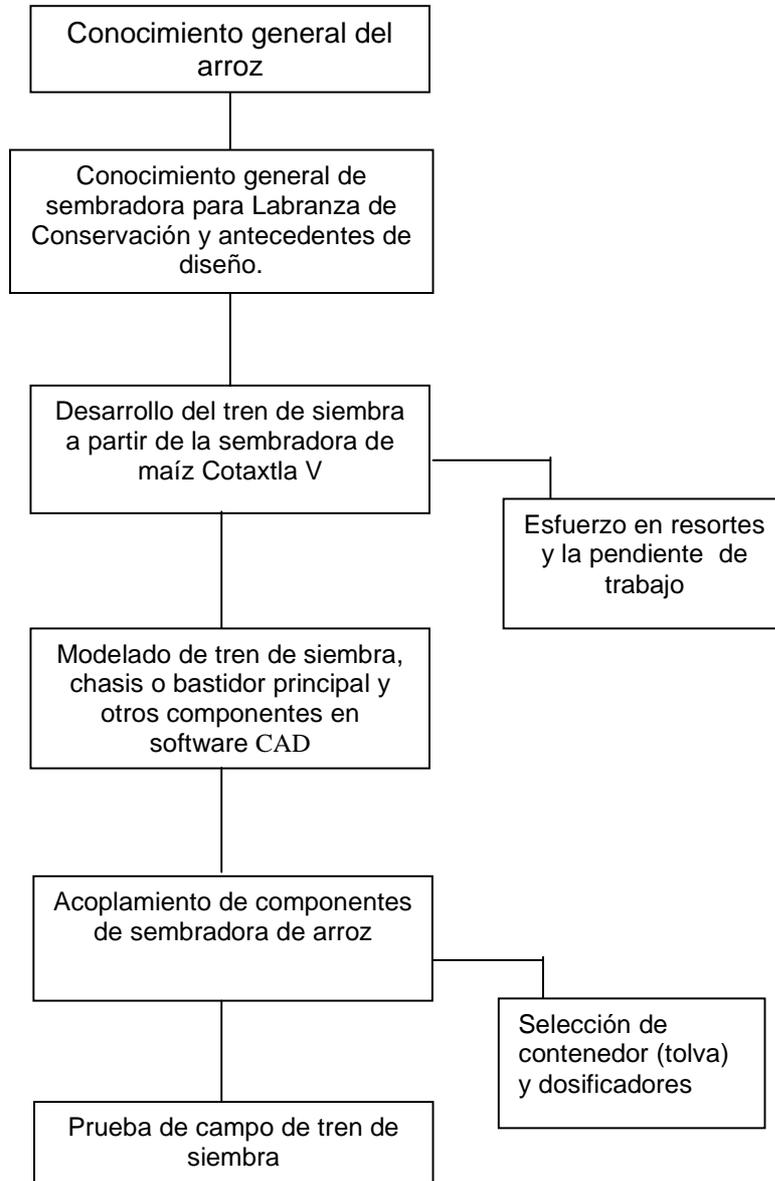


Figura 4.1. Metodología para el diseño y construcción del prototipo sembrador de arroz para labranza de conservación.

3.1. Conocimiento general del arroz.

Para el desarrollo del prototipo fue necesario conocer las condiciones generales en que los productores de arroz de la zona de influencia del proyecto (cuenca del Río Papaloapan Tierra Blanca, Tres Valles y José Azueta), llevan a cabo sus actividades de manejo y preparación para la siembra, ya que con estas características se tendría un mejor enfoque de las necesidades en base a parámetros y requerimientos que tiene que cubrir la sembradora de arroz para labranza de conservación; por lo que tuvo que documentarse los siguientes aspectos:

- Fecha de siembra en condiciones de temporal.
- Costos por laboreo o preparación de siembra.
- Método de siembra que utilizan en la región.
- La variedad de arroz utilizada en la región.
- Cantidad de semilla que utilizan por hectárea de siembra.

3.2. Conocimiento general de sembradoras para Labranza de Conservación y antecedentes de diseño.

Este punto es de suma importancia ya que cae dentro de los parámetros y requerimientos que debe de tener una maquina sembradora que opera bajo condiciones de labranza de conservación, para esto se hace necesario buscar ciertos criterios que engloban su características principales.

Como precedente de conocimiento de diseño de equipo de siembras bajo el sistema de labranza de conservación se cuenta con información de la sembradora Cotaxtla V (Fig. 4.2); misma que sirvió específicamente como base para el inicio de este diseño, principalmente para el sistema de triple disco o tren de siembra, utilizado con anterioridad en cultivos tales como maíz, sorgo, soya y frijol. Cabe resaltar que este sistema ha sido utilizado en los estados de Baja California Sur, Puebla, Oaxaca y principalmente en Veracruz; donde se tiene un trabajo de siete años con un impacto en superficie de 3 mil hectáreas con 14 maquinas.



Figura 4.2. Tren de siembra de sembradora Cotaxtla “V”.

3.3. Desarrollo del tren de siembra a partir de la sembradora de Maíz Cotaxtla “V”.

El diseño del Tren de siembra de la sembradora de maíz Cotaxtla fue diseñado con características y parámetros propios para trabajar en condiciones bajo el sistema de labranza de conservación, en suelos que van desde ligeros hasta pesados. El funcionamiento de este tren de siembra esta soportado por

diferentes evaluaciones de laboratorio simulando las condiciones de diferentes tipo de suelos y eficiencia tanto en el disco cortador de residuos como en el doble disco sembrador (Mojica, 2000), dicha recopilación de información es necesaria para conocer los parámetros de este tipo de tren de siembra, ya que de ello depende las modificaciones que se llevarían a cabo en el para adaptarse a la sembradora de arroz.

- Para el desarrollo y fabricación de los componentes e inicio de la construcción del prototipo el primer paso consiste en conocer las dimensiones del sistema de triple disco o tren de siembra ya que este se encuentra determinado; la tolva es otro de los componentes que ya están definidos, por lo que solo resta definir la posición de acoplamiento de tren de siembra el cual debe ser acoplado por medio de tornillos y con alineación independiente.
- El segundo paso consiste en el acoplamiento de la base de la tolva de semillas ya definida, con lo que será el chasis principal no olvidándonos que la base de ambas son portadoras del sistema de transmisión, y que a su vez son responsables del proceso de siembra.
- El tercer paso de análisis previo al diseño y construcción son la evaluación de requerimientos específicos de la maquina como el ancho de trabajo, peso de la maquina, dimensiones, demanda de potencia, tipo de enganche, datos técnicos como tipo de textura de suelos, rangos de la pendiente de trabajo, etc.
- Después de analizar los puntos descritos con anterioridad se empieza a desarrollar el tren de siembra y ajustar en base a los requerimientos técnicos del prototipo y por consiguiente cada uno de los componentes que lo integran de manera general.

- **Calculo de esfuerzo del tren de siembra y calculo de la pendiente.**

Con el conocimiento previo de la Sembradora de maíz Cotaxtla se procede al cálculo de los esfuerzos de los componentes de tren de siembra centrados principalmente el **resorte de compresión** el cual esta fabricado de material comercial de acero trefilado ASTM 227 trefilado duro de superficie lisa para carga de impacto medio el cual forma parte del sistema de disco cortador, ya que su resorte regula la fuerza de penetración en los residuos o rastrojos.

El otro calculo sería la fuerza que ejercen los **resortes de extensión** fabricado también de material comercial trefilado ASTM 227 para carga de impacto medio sobre el doble disco sembrador; ya que es allí donde va colocado el sistema de flotación, estos son determinantes para regresar a su posición original al doble disco y mantenerlo en un punto en el cual allá una distancia apropiada en la cual no choquen el sistema de dosificación y la barra de paralelogramo.

Otro resultado que se desea obtenerse es el calculo de la pendiente de trabajo de la maquina del cual se requiere que sea desde 0 % hasta el 15% máximo, sabiendo que el arroz es un cultivo que se siembra en terrenos donde las pendientes no son muy pronunciadas; para ello se tiene que tomar en cuenta la distancia horizontal que deba haber desde el centro del disco cortador de residuos hasta el centro del doble disco sembrador mas la distancia vertical del tope de la barra del paralelogramo. Estas medidas nos ayudaran para hacer un dimensionamiento previo del bastidor en la separación que deba llevar entre la separación de los componentes del tren de siembra.

3.4. Modelado de tren de siembra, chasis o bastidor principal y otros componentes en el software CAD.

El diseño asistido por computadora es una herramienta muy importante que nos permitirá realizar todos los planos de dibujo que comprende el proyecto, realizar sus perspectivas necesarias de cada pieza para poder llegar a una comprensión visual del conjunto ya que en el van implícitas los objetivos marcados en este caso la el diseño y construcción de la sembradora de arroz.

Además que el dibujo asistido por computadora permite con mas facilidad la corrección en medidas y modificaciones de piezas que requieren algunos cambios. En este caso se llevo a cabo la elaboración del tren de siembra en cada una de sus partes y medidas correspondientes así como el de otros componentes en su conjunto.

3.5. Acoplamiento de componentes de la sembradora de arroz.

- Previo al montaje, se lleva a cabo la fabricación de cada una de las piezas de la sembradora, esto se realiza en el Taller de Mecanización del Inifap Cotaxtla, el cual cuenta con el equipo y la herramienta necesaria para la construcción de prototipos de maquinaria de siembra.
- La modificación de algunos componentes del tren de siembra y ajustes en dimensiones de los mismos se hace necesaria para adaptar el sistema que tenía la sembradora de Maíz Cotaxtla a las características que requiere la sembradora de arroz.

Dentro de las modificaciones que se llevaron a cabo en el tren de siembra se encuentra:

- El **mecanismo de triple disco**. En la sembradora de maíz Cotaxtla estos están soldados al bastidor o chasis, en la sembradora para arroz se hicieron de manera que fueran móviles acoplados por medio de tornillos

en un placa sujetadora sobre el chasis para que puedan ajustarse al ancho de siembra si fuese requerido.

- En el **sistema del paralelogramo** se cambiaron las dimensiones de la placa del tensor fijo, la cual daría como resultado la distancia adecuada entre el dosificador de semilla y el tubo de descarga, que se encuentra montado en el cuerpo del doble disco; también se disminuyó el espesor de la barra de los paralelogramos (en la sembradora de maíz los paralelogramos eran más gruesos) y como consecuencia se modificó la longitud de los bujes donde se unen las articulaciones del paralelogramo.
- En el **bastidor del mecanismo de rueda tapadora** se modificó de tal manera que permitiese tener libertad de movimiento y evitar el choque entre el mecanismo de dosificación de la tolva y el tubo de descarga de semilla, para esto se le dio un ángulo de inclinación que permitió que quedara un más espacio, cosa que no permitía el bastidor original de la sembradora de maíz por su forma geométrica en la parte superior el cual describe una línea recta.
- En el **sistema de tapado** se modificaron las ruedas dobles inclinadas con ángulos verticales a ruedas dobles anchas en posición recta, estas son ruedas de tipo comercial de plástico polietileno de tal manera que puedan desmontarse fácilmente y puedan ser sustituidas como refacción; otra característica con la que se adaptó este sistema, fue la de poder ampliar el ancho de huella de tapado, ya que pueden variarse de acuerdo a las características de rastrojo y las condiciones de suelo para llevar a cabo un buen tapado de la semilla de arroz.

- En el **bajante de dosificación** en la tolva de la sembradora comercial utilizada por los productores de la región era de tipo telescopio pero adecuado a las características de su tren de siembra que es para labranza convencional, para el tren de la sembradora de arroz se tenían que fabricar de manera que fueran cortos de tal manera que permitiesen un holgura entre el tubo de descarga y este, para esto se fabricaron de fibra de vidrio con una entrada amplia y terminada en reducción, pudiéndole acoplar una manguera intermedia de tipo flexible de superficie interior lisa entre la descarga del dosificador y el tubo de descarga del disco cortador y que al modificar el ancho de siembra pudiera ser por el tipo de manguera esta pudiera acomodarse a la posición del doble disco sembrador.
- Se diseñó un **enganche central** de la sembradora de arroz de forma desmontable por medio de tornillos; este se construyó de tal manera que por medio de dos placas horizontales que están sujetas a él lleguen hasta la barra (chasis) que soportan los dobles discos sembradores y que ahí puedan ser atornilladas junto con dicha barra; esto con la finalidad de que haya un equilibrio de carga tanto de levante y arrastre y no solo la barra de los discos cortadores soporte dicho esfuerzo.

3.6. Prueba de campo del tren de siembra.

Por último, después de que toda la sembradora está constituida se pasa a la prueba en campo de su tren de siembra, con la finalidad de hacer ajustes en él mismo para adecuarlo a las características por la profundidad de enterrado que requiere la semilla de arroz, en esta parte se tiene que regular las ruedas tapadoras las cuales también funcionan como reguladoras de profundidad y con ello hacer una prueba general del funcionamiento de la máquina sembradora.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1

Se obtuvo la siguiente información sobre las condiciones generales de la condiciones del arroz en la zona:

- Siembra en condiciones de temporal entre los días comprendidos del 15 Mayo al 15 de Junio periodo en el cual se presentan las primeras lluvias y que pueden ser aprovechadas para la siembra.
- El costo en la durante las siembra del arroz les representa un gasto de \$2,800 pesos haciendo las labores de preparación de terreno (labores primarias) y la siembra (plantación y fertilización).
- El método de siembra utilizado en la región es el de hileras utilizando maquinas sembradoras de convencionales y en algunos casos utilizan la siembra al voleo con maquinas de este tipo.
- La variedad que más utilizan en la siembra y que mas rendimiento les ha dado es Milagro Filipino con un promedio de 4.5 toneladas por hectárea.
- En la región utilizan un promedio de 100 kg. Por hectárea con maquinas sembradoras convencionales y cuando siembran al voleo se llevan entre 120 y 130kg. por hectárea el cual representa una excesiva dosis de arroz por hectárea.

4.2

Para efecto de conocer las características con que debe contar una sembradora para labranza de conservación se enfocó en la experiencia del departamento de Ingeniería y Mecanización Agrícola del INIFAP y con los conocimientos base de los llamados precursores de los sistemas de siembra en el contexto mundial.

El sistema de siembra para labranza de conservación debe ser capaz de realizar las siguientes operaciones (Campos, 1993, Kepner; 1978; Gebbresenbet, 1992).

7. Operar bajo un amplio rango de textura de suelo y humedad.
8. Peso suficiente del mecanismo de disco cortador para atravesar los residuos vegetales en diferentes densidades. (120 a 200 kg)
9. Capacidad de abrir un surco lo suficientemente ancho y profundo capaz de disturbar el suelo como para albergar adecuadamente la semilla con su mecanismo doble sembrador y producir una buena nascencia.
10. Posibilidad de regular la dosificación para diferente tamaño y asegurar adecuado recubrimiento.
11. Flexibilidad para modificar su configuración y adaptarse a otro ancho de siembra.
12. Contar con un sistema de tapado de semilla y cerrado de surco con una eficiencia superior al 90%.

4.3

La información de las características que se recabaron sobre el tren de siembra de la sembradora "Cotaxtla V" fueron: Cuenta con un disco cortador de residuos intercambiable de 0.408 m de diámetro para profundidades de trabajo con corte de residuos hasta 0.150 m. Dobles discos de 0.380 m. de diámetro para una apertura de surco de 0.050 m. para profundidades de siembra hasta de 0.120 m; permitiendo la siembra en terrenos hasta de 15% de pendiente, debido a que sus unidades se encuentran contenidas como máximo dentro del ancho del tractor. Ruedas tapadoras controladoras de profundidad, paralelogramos para seguir las irregularidades del terreno, resortes de tensión de transferencia de peso. Las pruebas hechas en el laboratorio de mecanización del campo Cotaxtla (Mojica, 2002), con discos ondulados y discos dobles en condiciones similares de campo en humedad y compactación le arrojaron los siguientes resultados mostrados en la siguientes tablas.

Cuadro 4.1. Fuerzas horizontal y vertical para disco ondulado y disco doble Fuente (Mojica 2002).

HERRAMIENTA	FUERZA DE TIRO MÁXIMO(N) A 90mm.	FUERZA DE PENETRACIÓN MÁXIMO (N) A 90mm.
Disco ondulado	1,939	2,139
Doble disco	2,487	888

Cuadro 4.2. Profundidad de surco y disturbación de suelo en disco doble y disco ondulado Fuente (Mojica 2002).

HERRAMIENTA	PROFUNDIDAD DE SURCO (mm)	SECCIÓN DE SURCO (mm ²), DISTURBACION DE SUELO
Disco Doble	33	466
	55	1,327
	60	1,500
	93	3,667
Disco ondulado	34	926

	49	1,691
	70	3,381
	90	3,087

- **La fuerza del resorte de compresión se desarrollo en base a sus características de fabricación como sigue (Fuente Shigley. Diseño en ingeniería mecánica)**

Fuerzas de reacción en el resorte de compresión

Especificaciones del resorte montado en el disco cortador

Alambre trefilado duro ASTM 227 superficie lisa

Ver anexo 1

Diametro del exterior del alambre

De 2.75 Pulg

Diametro del alambre

d 0.5 Pulg

Diametro medio del alambre

Dm 2.25 Pulg ^m

Constante para tensión minima

A 140 Ksi

Ver anexo 2

Constante para tensión minima

m 0.19

Ver anexo 2

Extremo sencillo rectificado:

Numero de espiras totales

Nt 7

Modulo de elasticidad transversal del material

G 11.4x10³ Ksi

Ver anexo 3

Calculo

a) Esfuerzos de cedencia a la torsión del alambre

Resistencia a la tensión minima del alambre

$$S_{ut} = \frac{A}{d} \quad \begin{array}{l} \mathbf{A} \quad 140 \\ \mathbf{d} \quad 0.5 \\ \mathbf{m} \quad 0.19 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}_{ut} \quad 159.7069202 \text{ Klb/plg}^2 \end{array}$$

Resistencia maxima a la torsión del alambre

$$S_{sy} = 0.45 S_{ut} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}_{ut} \quad 159.70692 \\ \mathbf{0.45} \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}_{sy} \quad 71.8681141 \text{ Klb/plg}^2 \end{array}$$

b) Carga estatica dedido al Esfuerzo de cedencia

Constante de rigidez

$$C = \frac{Dm}{d} \quad \begin{array}{l} \mathbf{d} \quad 0.5 \\ \mathbf{Dm} \quad 2.25 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{C} \quad 4.5 \end{array}$$

Factor Wahl (factor de curvatura)

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad \begin{array}{l} \mathbf{C} \quad 4.5 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{KB} \quad 1.333333333 \end{array}$$

Carga debido al esfuerzo de cedencia

$$F_s = \frac{\pi d^3 S_{sy}}{8 K_B D_m}$$

d	0.5		
Ssy	71.8681141	Fs	1175.942017 lbf
KB	1.33333333		
Dm	2.25		

c) Módulo de resorte

Numero de espiras activas

$$N_a = N_t - 1$$

Ver anexo 4

Nt	7	Na	6 Vueltas
-----------	---	-----------	-----------

Modulo de rigidez del resorte

$$K = \frac{Gd^4}{8D^3 N_a}$$

d	0.5		
G	11.4		
D	2.25	K	1303.155007 lbf/pulg
Na	6		

d) Longitud solida del resorte

Deflexión originada por la carga

$$Y_s = \frac{F_s}{k}$$

Fs	1175.94202	Ys	0.902380769 Pulg
K	1303.15501		

Longitud solida

$$L_s = (N_a + Q')d$$

Na	6	Ls	3.5 Pulg
Q'	1		
d	0.5		

Longitud libre

$$L_0 = Y_s + L_s$$

Ys	0.90238077	Lo	4.402380769 Pulg
Ls	3.5		

e) Carga sobre longitud solida del resorte

$$F_s = KY_s$$

K	1303.15501	Fs	1175.942017 lbf
Ys	0.90238077		5.232610242 KN

- El cálculo para la fuerza del resorte de tensión del sistema de flotación es el siguiente (Fuente Shigley. Diseño en ingeniería mecánica).

Fuerzas de reacción en el resorte Tensión

Especificaciones del resorte montado en el disco cortador

Alambre trefilado duro ASTM 227 superficie lisa

Diametro del exterior del alambre	De	1.65625	Pulg	
Diametro del alambre	d	0.25	Pulg	
Diametro medio del alambre	Dm	1.40625	Pulg ^m	
Constante para tensión minima	A	140	Ksi	Ver anexo 2
Constante para tensión minima	m	0.19		Ver anexo 2
Extremo sencillo				
Numero de espiras totales en el cuerpo	Nb	23		
Modulo de elasticidad transversal del material	G	11.4x10 ³	Ksi	Ver anexo 3
Modulo de elastico	E	28.5x10 ³	Ksi	Ver anexo 3

Calculo

a) Esfuerzos de cedencia a la torsión del alambre

Resistencia a la tensión minima del alambre

$$S_{ut} = \frac{A}{d} \quad \begin{array}{l} \mathbf{A} \quad 140 \\ \mathbf{d} \quad 0.25 \\ \mathbf{m} \quad 0.19 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}_{ut} \\ \mathbf{S}_{sy} \end{array} \quad \begin{array}{l} 182.1878598 \\ 81.98453689 \end{array} \text{ Klb/pulg}^2$$

Resistencia maxima a la torsión del alambre

$$S_{sy} = 0.45 S_{ut} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}_{ut} \quad 182.18786 \\ \mathbf{0.45} \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}_{sy} \\ \mathbf{F}_s \end{array} \quad \begin{array}{l} 81.98453689 \\ 284.7205846 \end{array} \text{ Klb/pulg}^2$$

b) Carga estatica debido al Esfuerzo de cedencia

Constante de rigidez

$$C = \frac{Dm}{d} \quad \begin{array}{l} \mathbf{d} \quad 0.25 \\ \mathbf{Dm} \quad 1.40625 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{C} \\ \mathbf{K}_B \end{array} \quad \begin{array}{l} 5.625 \\ 1.256410256 \end{array}$$

Factor Wahl (factor de curvatura)

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad \begin{array}{l} \mathbf{C} \quad 5.625 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{K}_B \\ \mathbf{F}_s \end{array} \quad \begin{array}{l} 1.256410256 \\ 284.7205846 \end{array}$$

Carga debido al esfuerzo de cedencia

$$F_s = \frac{\pi d^3 S_{sy}}{8 K_B D_m} \quad \begin{array}{l} \mathbf{d} \quad 0.25 \\ \mathbf{S}_{sy} \quad 81.9845369 \end{array} \quad \begin{array}{l} \mathbf{F}_s \\ \mathbf{F}_s \end{array} \quad \begin{array}{l} 284.7205846 \\ 284.7205846 \end{array} \text{ lbf}$$

KB	1.25641026	1.266926282	KN
Dm	1.40625		

c) Módulo de resorte

Ver anexo 4

Numero de espiras activas

$$N_a = N_b + \frac{G}{E}$$

Nb	23	Na	23.4
G	11.4		
E	28.5		

Modulo de rigidez del resorte

$$K = \frac{Gd^4}{8D^3N_a}$$

d	0.25		
G	11.4		
D	1.40625	K	85.54043122 lbf/pulg
Na	23.4		

d) Longitud solida del resorte

Deflexión originada por la carga

$$Y_s = \frac{F_s}{k}$$

Fs	284.720585	Ys	3.32849134 Pulg
K	85.5404312		

Longitud solida o del cuerpo

$$L_s = (N_a + Q')d$$

Na	23.4	Ls	6.1 Pulg
Q'	1		
d	0.25		

Longitud libre

$$L_0 = 2(C-1+N_b)d$$

C	5.625	Lo	8.3125 Pulg
Nb	23		
d	0.25		

e) Carga sobre longitud solida del resorte

$$F_s = KY_s$$

K	85.5404312	Fs	284.7205846 lbf
Ys	3.32849134		1.266926282 KN

- **Pendiente de trabajo de la sembradora de arroz.**

Para que la sembradora de arroz pueda operar con una pendiente del 15% necesita tener una separación horizontal de 0.52 m desde el centro del disco cortador hacia el centro del doble disco sembrador y tener una separación de 0.08 m en el tope del paralelogramo.

S = Pendiente

$$S = (y / x) * 100$$

x = Distancia horizontal

$$S = (0.08 / 0.52) * 100 = 15.3 \%$$

y = Distancia vertical

4.5

En las Figs. 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran en su conjunto total el tren de siembra, bastidor y enganche respectivamente, el cual se realizó con la ayuda del programa Autocad 2006.

En la Figura 4.6 se muestra el diseño completo de la sembradora de arroz.

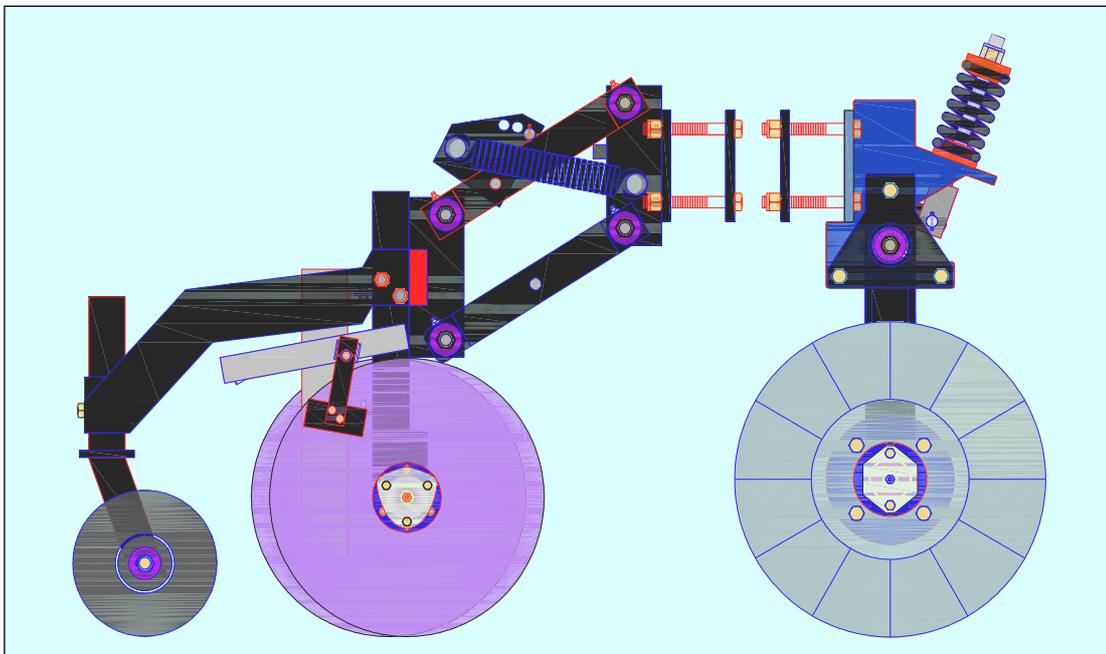


Figura 4.3. Tren de siembra de sembradora de arroz Cotaxtla.

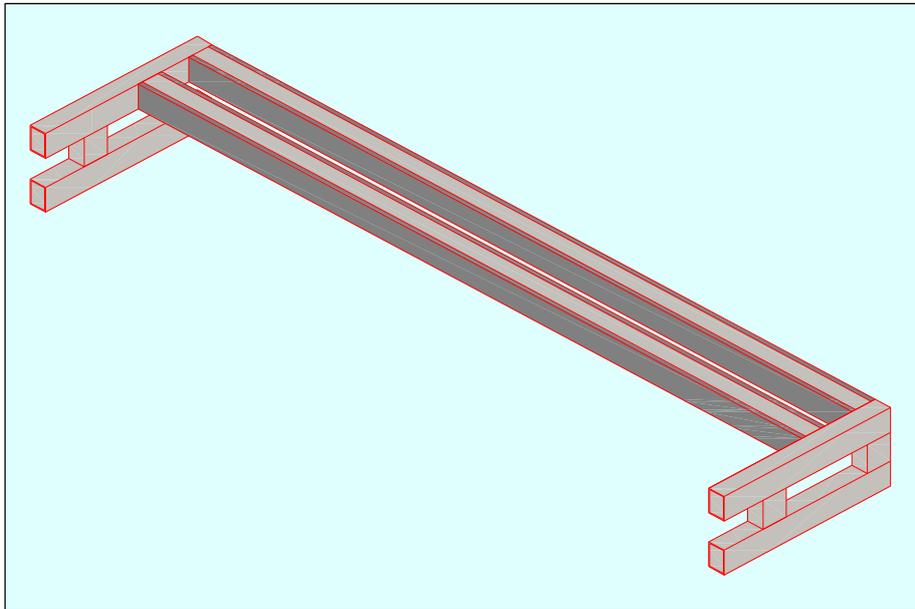


Figura 4.4. Bastidor de sembradora de arroz Cotaxtla.

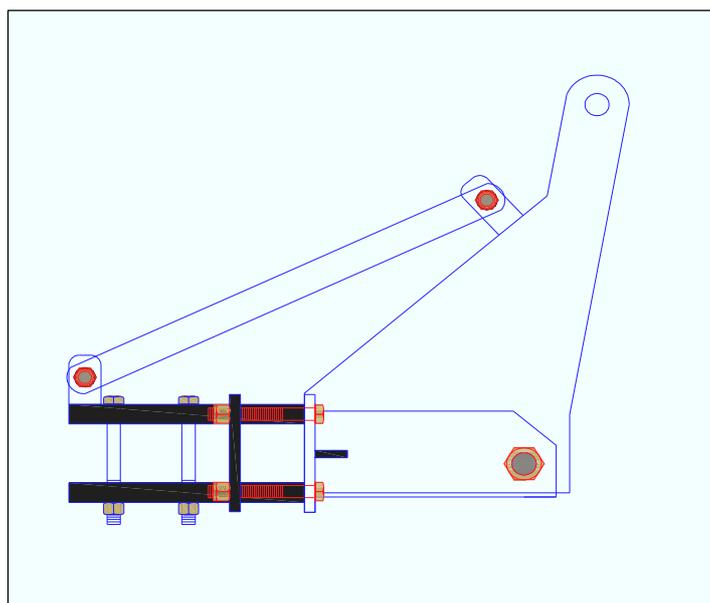


Figura 4.5. Enganche principal de sembradora de arroz Cotaxtla.

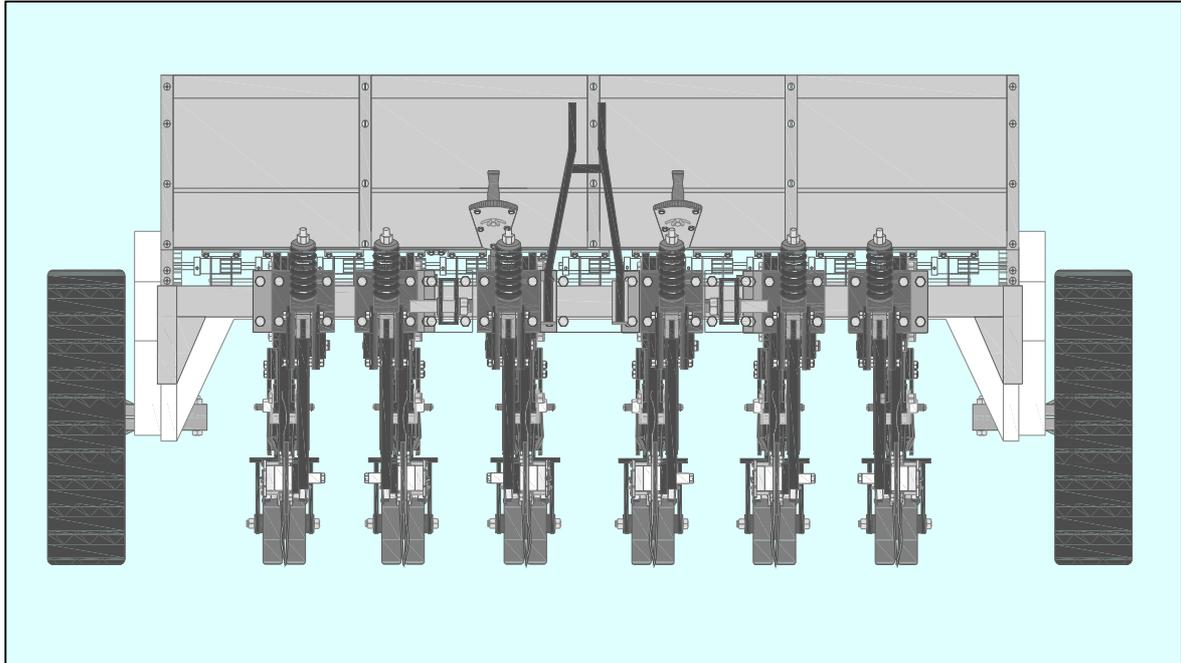


Figura 4.6. Diseño final de sembradora de arroz de SD, Cotaxtla (vista frontal).

4.5

Chasis o bastidor principal.

Se utilizó un tolva de tipo comercial de las empleadas por las sembradoras convencionales para siembra de grano fino de fabricación de lamina, con tipo dosificador de cilindro acanalado de 13 salidas, transmisión por cadenas desde rueda motrices de engrane de paso 40 y con un largo de tolva de 89 pulgadas.

Con la condición del ancho de la tolva se dimensiono el bastidor obteniéndose uno con las siguientes características:

El ancho del bastidor es de 89-3/4 pulgadas suficientes para sujetarlo por medio de tornillos estándares de 5/8 pulgadas y soldadura 7018 de acero centrado al bastidor.

El largo del bastidor es de 21 ½ pulgadas, colocándose la primera barra de soportes de de discos cortadores a una distancia de ½ pulgada desde su parte frontal; la segunda barra de soporte que corresponde a la de los discos sembradores se coloco a una distancia de 4 ½ pulgadas. Cada una de estas barras van con un refuerzo de solera de acero de ½ x 3 pulgadas (Fig. 4.7).

Las barras que soportan el bastidor son de perfil tubular cuadrado comercial de 2 x 3 x 1/8 pulgada. Cada una de estas partes están unidas en sus terminaciones por soldadura 7018 la cual es utilizada para soportar grandes esfuerzos.

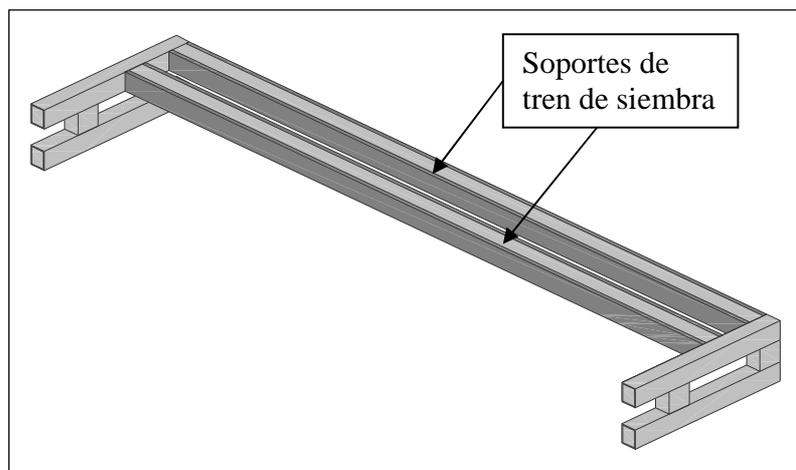


Figura 4.7. Bastidor o chasis de sembradora de arroz Cotaxtla.

Sistema de disco cortador y doble disco sembrador.

La placa sujetadora del mecanismo cortador como la del sembrador tiene una dimensión de 6 x 6 ½ pulgadas la cual sujeta al bastidor del disco cortador a la barra de soporte del bastidor de la sembradora; la sujeción se hace con tornillos comerciales de grado de 5/8 x 4-7/8 pulgadas NC (Fig. 4.8).

Con la facilidad de que disponen de ser móviles los mecanismos anteriores se puede hacer una variación entre el ancho de siembra de arroz pudiendo pasar de 0.30 m a 0.25 m. Las placas tienen un grosor de ½ pulgada.

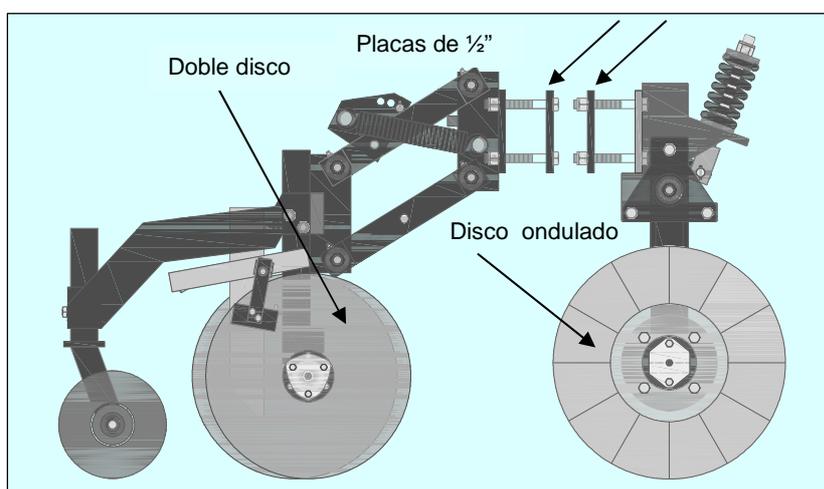
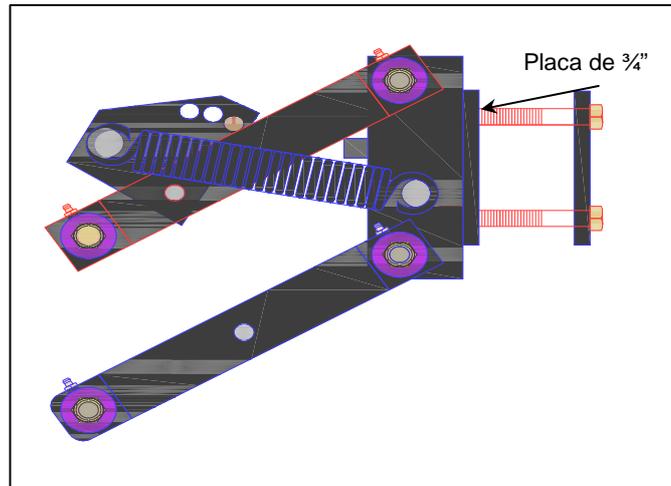


Figura 4.8. Conjunto de disco cortador y sembrador móvil.

Sistema de paralelogramo.

En el prototipo de sembradora de arroz esta se disminuyó a ¾ pulgada; así también el cambio de espesor en la placa que sujeta los paralelogramos (placa de tensión fija del resorte), se disminuyó de 1 pulgada de espesor a ¾ pulgada. Las articulaciones del paralelogramo están sujetas con tornillos de 5/8 x 3-3/4 pulgada con arandelas planas de 5/8 pulgadas (Fig. 4.9).



**Figura 4.9. Paralelogramo de sembradora de arroz.
Bastidor del mecanismo de rueda tapadora.**

Para el bastidor de la sembradora de arroz (Fig. 4.10) se modifico dándole un ángulo de 60° y otro de 127° con respecto a la normal del chasis base, esto permite que quede un espacio de 2 pulgadas mas de holgura con respecto al original de la sembradora de maíz. Esta fabricado con placa de acero de 3/8 pulgada.

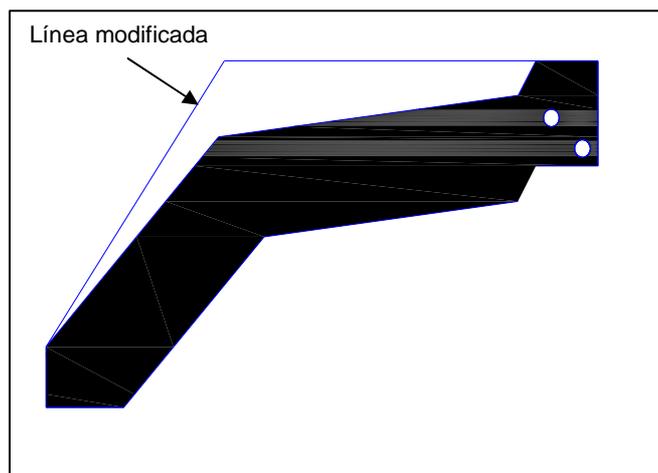


Figura 4.10. Bastidor de rueda tapadora reguladora de profundidad.

Sistema de tapado.

Se utilizaron ruedas de 7-7/8 pulgadas, con ancho de 2 pulgadas. El soporte de la ruedas esta fabricado de placa de acero de 3/8 pulgada. El peine de tipo vertical se utiliza para controlar la profundidad en este sistema, esta hecho de tubular PTR de 2-1/2 x 2-1/2 x 1/4 pulgada, con una serie de agujeros de 1/2 pulgada de diámetro que a lo largo de el que nos permite controlar y variar su altura, dichos agujeros se encuentran separados de centro a centro a una distancia de 3/4 pulgada (Fig. 4.11).

El ancho de separación o apertura entre rueda y rueda puede variar hasta un mínimo de 3/8 hasta 3/4 de pulgada; esta regulación se hace con una serie de arandelas de 1/8 pulgada de grosor que pueden ser colocadas entre rueda y rueda. Esta calibración depende de las condiciones de trabajo y pueden ser: diferente contenido de humedad de suelo, porcentaje de residuo, textura de suelo, sistema de siembra.

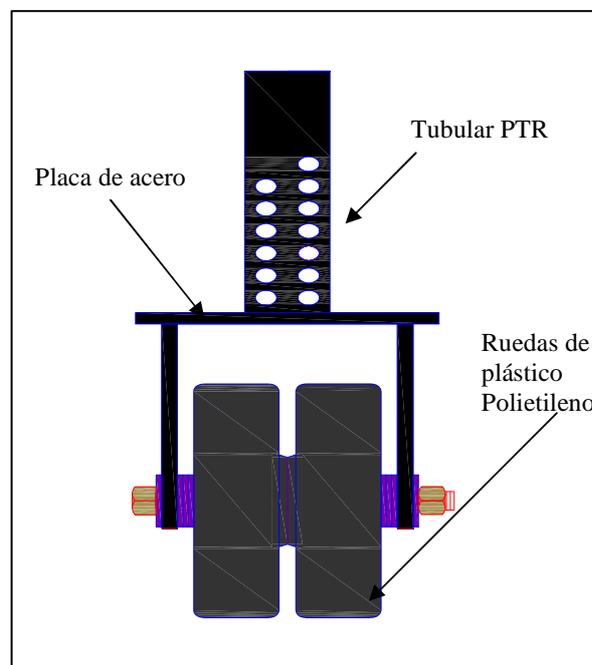


Figura 4.11. Soporte de ruedas tapadoras.

Enganche de sembradora (central).

El enganche esta sujeto al bastidor en forma vertical y horizontalmente por tornillos de grado de 5/8 pulgada; las placas horizontales que sujetan al bastidor desde el soporte de la barra de disco sembrador hasta el soporte de la barra del disco cortador tienen un espesor de 1 pulgada por 11 pulgadas de largo y 3 pulgadas de ancho, con perforaciones para tornillos de 5/8 de pulgada. Cada una de las uniones que se encuentran soldadas se realizaron con soldadura 7018 por los esfuerzos que este soporta (Fig. 4.12).

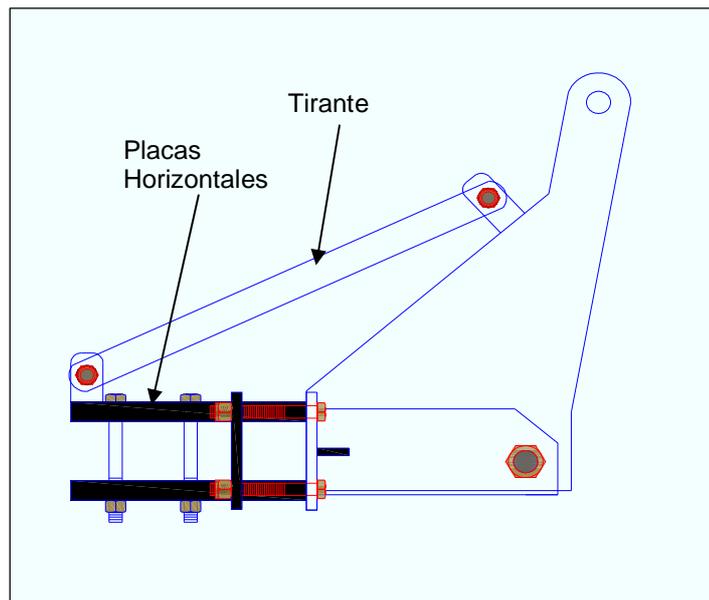


Figura 4.12. Enganche de centro de sembradora.

La rueda de tapado y de control de profundidad se ajusta de manera que el disco cortador y el doble surcador penetren 2 cm de profundidad que es la adecuada para que el arroz germine satisfactoriamente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se desarrollo un prototipo de una maquina sembradora de arroz para operar bajo condiciones de labranza de conservación y que cuenta con las siguientes características y dimensiones:

- **Peso total:** 620 kg.
- **Enganche:** Tipo de 3 puntos.
- **Capacidad de la tolva de semillas:** 200 kg.
- **Dosificador:** Tipo rodillo acanalado con desplazamiento axial.
- **Regulador de cantidad de semilla:** Tipo axial, con dosis máxima de 120 kg/ha y mínima de 54 kg/ha
- **Descarga de semilla:** Por gravedad
- **Ruedas de mando de transmisión:** dos (ruedas de goma)
- **Cantidad total de cuerpos cortadores y sembradores:** 12 (seis cortadores y seis sembradores) lo que equivale a seis trenes de siembra para seis surcos de trabajo.
- **Corte y roturación:** Disco ondulado de 17".
- **Abresurco sembrador:** Doble disco plano de 15".
- **Vinculación entre doble disco sembrador y chasis o bastidor principal:** Paralelogramo articulado.

- **Control de profundidad- tapado regulable:** Doble rueda niveladora de plástico polietileno selladora de surco.

DIMENSIONES

- **Ancho de transporte:** 2.13 m.
- **Ancho de trabajo maximo:** 1.50 m.
- **Ancho de trabajo minimo:** 1.25 m.
- **Desplazamiento posible entre líneas de siembra:** 0.25 m a 0.30 m.

RECOMENDACIONES.

Como recomendación, se sugiere que para la tercera etapa del proyecto denominado Mecanización de siembra en Labranza de Conservación y Cosecha de agua para incrementar la productividad del arroz en la zona tropical de México se lleve a cabo una evaluación total de la sembradora de arroz, en condiciones de campo para conocer las condiciones reales en las que se puede operar la misma y hacer los ajustes si son necesarios.

NOTA: EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES LA SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO Y CONSISTE EN EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SIEMBRA DEL CULTIVO ARROZ BAJO EL SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN, CABE MENCIONAR QUE DICHO PROTOTIPO TIENE COMO

FINALIDAD SER REGISTRADO ANTE EL **IMPI** (INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL), COMO MODIFICACIÓN DE DISEÑO ESPECÍFICAMENTE EL SISTEMA DE TREN DE SIEMBRA, POR LO QUE SE OMITIÓ LA MEMORIA DE CÁLCULO Y LOS PLANOS DE DISEÑO.

VI. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Allmaras R.R, Unger P.W. 1991. Adoption of conservation tillage and associated planning system.
2. Barreto, H., Raab. 1998. Labranza de Conservación en Maíz. El Batán, México, CYMMIT.PROCIANDINO.
3. Breece, H.E. Hansen H.V; Hoerner, T.A. 1975. "Fundamentos de funcionamiento de maquinaria". John Deere Service Publications, Moline, Illinois.
4. Blevins, R.L. y Frye W.W. 1993. Conservation tillage: an ecological approach to soil management. Adv. in Agronomy, vol. 51, p: 33-78.
5. Campos, M.S.G 1993. Development of a minimum tillage maize planter for Mexican agriculture. Unpublished PhD. Thesis. Newcastle University. Newcastle Upon Tyne. England.
6. Campos y Reynolds. 2001. Folleto Técnico num. 1, 2001, INIFAP. Sembradora de precisión "Cotaxtla V"
7. COVECA. 2004. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria Gobierno del Estado de Veracruz-Llave.
8. Erbach D.C. 1983. Equipment modification and innovation for conservation tillage. J. Soil and Water Cons. Special issue 38:182-185.
9. FIRA. 1996. Labranza de Conservación para una agricultura sustentable. Experiencia y logros del FIRA. Boletín informativo num. 281, vol. XXIX. 28 P.
10. Gaytán, J., A. Avila y J. Grajales 1999a. Adaptación y evaluación agrotécnica de una sembradora para condiciones de labranza de conservación sobre un monocultivo. Memoria del Simposio Nacional sobre Labranza de Conservación. Montecillos, Mex. Resumen 79-80.
11. Hernanz, J.L. 1997. Sembradoras a chorrillo de siembra directa. Vida rural n° 49.

12. Kocher F.1983. Sistema de Labranza de Conservación y agua en el suelo. Simposium "La sequía y su impacto en la agricultura". Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mexico. 39 p
13. Mannering, J.B. y Fenster C.R. 1977. Vegetative water erosion control for agricultural areas. In Soil erosion and sedimentation, ASAE, St. Joseph, MI, EEUU.
14. Rosas, G. 1994. Potencial productivo para arroz en temporal en Veracruz. Publicación especial No. 34 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro de investigación Regional Golfo Centro.
15. San't Anna E.P 1981. Improvement strategies for upland rice in Brazil. Paper presented at the second session on improvement strategies for upland rice. Travelling whorkshop on blast and upland rice.
16. Onstad, C.A. y W.B. Voorhees (1987). Hydrologic soil parameters affected by tillage. In Logan, T.J. et al. (Eds.) Effects of conservation tillage on groundwater quality, nitrates and pesticides, Lewis Publishers, p: 95-112.
17. Unger P. W., 1993. Criteria for the selection of tillage systems and practices. In: Efecto de los sistemas de labranza de la degradación y productividad de los suelos. Segunda reunión bianual de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista, RELACO. 14-19 noviembre de 1993. Acarigua-Guanare, Venezuela.

DIRECCIONES DE INTERNET

- 1.<http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/paginas/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>.
- 2.<http://www.aeac-sv.org/pdfs/semb.pdf>.
- 3.<http://www.agriculturadeprecision.org/cfi/Mercado%20de%20Sembradoras%20II%20Parte%20II.htm>
- 4.<http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=201>
- 5.<http://www.elsitioagricola.com/articulos/bragachini/Mercado%20de%20Sembradoras%20iii%20-%20Sembradoras%20de%20Grano%20Fino%20-%20soja%20-%20pasturas.asp>.

6. <http://www.elsitioagricola.com/articulos/bragachini/Mercado%20de%20Sembradoras%20ii%20-%20Analisis%20de%20Mercado%20Parte%20i.asp>.

7. <http://www.fagro.edu.uy/~maquinaria/docs/Sembradora.pdf>

8. <http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/7mo/66/cap6.pdf>

9. http://www.geocities.com/biotropico_andino/cap4.pdf

10. <http://www.imagenzac.com.mx>.

11. <http://www.j-tull.com/>

12. <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/arroz/morfoar.htm>

13. <http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra1.htm>

14. http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=47&id_art=834&id_ejemplar=59.

15. <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/maquinaria/temas/sembradoras.pdf>.

16. http://energia.guanajuato.gob.mx/gaceta/Gacetaideas/Archivos/15032006_EVOLUCION_PERSPECTIVA_LABRANZA_CONSERVACION_MEXICO.pdf

17. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/villar04/parte12/02-01.html.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Materiales para resortes y especificaciones.

Nombre del material	Especificaciones similares	Descripción
Alambre de piano, 0.80-0.95C	UNS G10850 AISI 1085 ASTM A228-51	Éste es el mejor, el más tenaz y el más empleado de todos los materiales para resortes pequeños. Presenta la mayor resistencia a la tensión y puede soportar mayores esfuerzos ante cargas repetidas que cualquier otro material para resorte. Disponible en diámetros de 0.12 a 3 mm (0.005 a 0.125 pulg). No se emplee a temperaturas mayores de 120°C (250°C), o a temperaturas bajo cero.
Alambre templado en aceite, 0.60-0.70C	UNS G10650 AISI 1065 ASTM 229-41	Éste es acero para resortes de uso general que se emplea para muchos tipos de resortes de espiras, cuando el costo del alambre de piano resulta prohibitivo y en tamaños mayores que el alambre de piano disponible. No adecuado para cargas de choque o impacto. Disponible en diámetros de 3 a 12 mm (0.125 a 0.500 pulg), pero se consigue con tamaños mayores y menores. No se emplee a más de 180°C (350°F), o a temperaturas bajo cero.
Alambre trefilado duro, 0.60-0.70C	UNS G10660 AISI 1066 ASTM A227-47	Éste es el acero para resortes para uso general más barato y se debe utilizar sólo donde la duración, la exactitud y la deflexión no sean muy importantes. Disponible en diámetros de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg). No se emplee a más de 120°C (250°F), o a temperaturas bajo cero.
Cromo vanadio	UNS G61500 AISI 6150 ASTM 231-41	Ésta es la aleación más popular de acero para resortes en condiciones que implican esfuerzos mayores que los que se pueden emplear con los aceros al alto carbono, y para su uso cuando son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o impacto. Se utilizan ampliamente para resortes de válvulas de motores de aviones y para temperaturas hasta de 220°C (425°F). Disponible en recocido o pre-revenido con tamaños de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg) de diámetro.
Cromo silicio	UNS G92540 AISI 9254	Esta aleación es un material excelente para resortes sometidos a esfuerzos elevados y cargas de impacto que requieren larga vida. Las durezas Rockwell de C50 a C53 son muy comunes y el material se utiliza hasta temperaturas de 250°C (475°C). Disponible en 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg) de diámetro.

Anexo 2. Constantes A y m para calcular la resistencia a la tensión mínima en resortes.

Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para calcular la resistencia de tensión mínima de alambres para resortes comunes

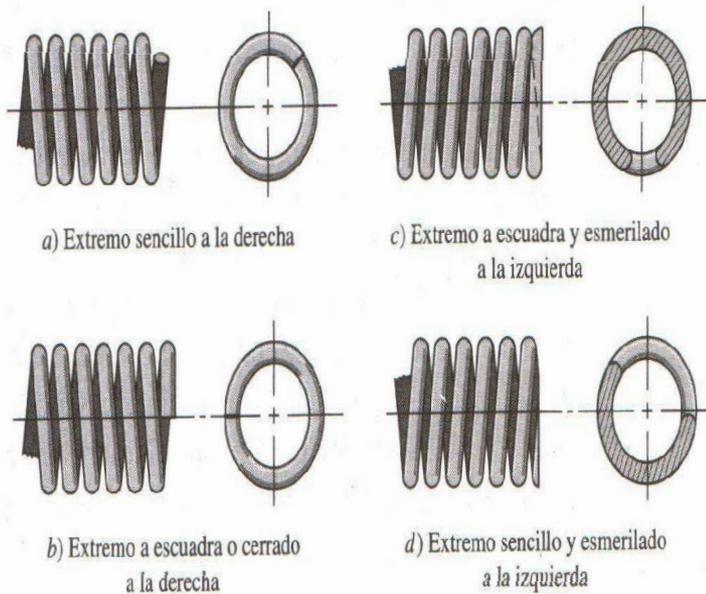
Fuente: Associated Spring-Barnes Group, *Design Handbook*, Bristol Conn., 1987, p. 19. En la información gráfica se ajustaron las curvas, se agregaron los costos relativos de la p. 20.

Material	ASTM Núm.	Exponente m	Diámetro pulg	A, kpsi · pulg ^m	Diámetro, mm	A, MPa · mm ^m	Costo relativo alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.4
Alambre T y R en aceite†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.0
Alambre trefilado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.7
Alambre al cromo silicio	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302#	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.1
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

Anexo 3. Constantes para tipo de extremo de resorte.

$$L_s = (N_t - a)d$$

donde a varía, con un promedio de 0.75, por tanto, la anotación dN_t en la tabla 10-2 puede ser una sobrestimación. La verificación de estas variaciones consiste en tomar resortes de un fabricante particular, cerrarlos hasta su longitud sólida y medir su altura sólida. Otra manera es inspeccionar el resorte y contar los diámetros del alambre en el apilamiento sólido. Resulta útil definir Q como el número de vueltas "muertas", $Q = N_t - N_a$ y Q' como la cantidad que se debe sumar a N_a para encontrar la altura sólida. Por



Término	Tipo de extremos de resortes			
	Sencillo	Sencillo y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, N_e	0	1	2	2
Espiras totales, N_t	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, L_0	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud sólida, L_s	$d(N_a + 1)$	dN_a	$d(N_a + 2)$	$d(N_a + 2)$

Anexo 4. Propiedades mecánicas de materiales para resortes.

Propiedades mecánicas de algunos alambres para resortes

Material	Limite elástico, porcentaje de S_{ut}		Diámetro d, pulg	E		G
	Tensión	Torsión		Mpsi	GPa	
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0
			0.033-0.063	29.0	200	11.85
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75
			>0.125	28.0	193	11.6
Resorte trefilado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5
			>0.125	28.5	196.5	11.4
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2
A232	88-93			29.5	203.4	11.2
Cromo silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2
Acero inoxidable						
A313*	65-75	45-55		28	193	10
17-7PH	75-80	55-60		29.5	208.4	11
414	65-70	42-55		29	200	11.2
420	65-75	42-55		29	200	11.2
431	72-76	50-55		30	206	11.5
Bronce fosforado B159	75-80	45-50		15	103.4	6
Cobre al berilio B197	70	50		17	117.2	6.5
	75	50-55		19	131	7.3
Aleación inconel X-750	65-70	40-45		31	213.7	11.2

*También incluye 302, 304 y 316.

Nota: Véase la tabla 10-13 para los valores de diseño del esfuerzo de torsión permisible.

Anexo 5. Medidas de soleras comerciales

S O L E R A S

M E D I D A S PULGADAS		MILIMETROS		KILOS POR METRO	No. PZAS. APROX. POR TON.
3/8" x	1	9.5 x	25.4	1.899	86
	1 1/4		31.7	2.374	69
	1 1/2		38.1	2.849	58
	2		50.8	3.798	44
	2 1/2		63.5	4.748	35
	3		76.2	5.698	29
	4		101.6	7.597	22
	5		127.0	9.488	18
1/2" x	1	12.7 x	25.4	2.532	65
	1 1/4		31.7	3.165	52
	1 1/2		38.1	3.798	44
	2		50.8	5.064	33
	2 1/2		63.5	6.331	26
	3		76.2	7.597	22
	4		101.6	10.129	
	5		127.0	12.650	13
5/8" x	1	15.9 x	25.4	3.165	52
	1 1/4		31.7	3.957	41
	1 1/2		38.1	4.748	35
	2		50.8	6.331	26
	2 1/2		63.5	7.913	21
	3		76.2	9.496	18
	4		101.6	12.661	13
	5		127.0	15.813	11
3/4" x	1 1/2	19.1 x	38.1	5.698	29
	2		50.8	7.597	22
	2 1/2		63.5	9.496	18
	3		76.2	11.395	16
	4		101.6	15.194	12
	5		127.0	18.975	9
	6		152.4	22.769	8
	8		203.2	30.33	16
1" x	2	25.4 x	50.8	10.129	5
	2 1/2		63.5	12.661	13
	3		76.2	15.194	12
	4		101.6	20.258	8
	5		127.0	25.299	7
	6		152.4	30.359	6
	8		203.2	40.45	4

S O L E R A S

M E D I D A		M I L I M E T R O S		K I L O S P O R M E T R O	N o. P Z A S. A P R O X. P O R T O N.
P U L G A D A S					
1/8" x	1/2	3.2 x	12.7	0.317	527
	5/8		15.9	0.396	417
	3/4		19.1	0.474	352
	1		25.4	0.633	263
	1 1/4		31.7	0.791	210
	1 1/2		38.1	0.950	176
	2		50.8	1.266	132
	2 1/2		63.5	1.60	102
	3		76.2	1.90	86
3/16" x	1/2	4.8 x	12.7	0.474	352
	5/8		15.9	0.593	278
	3/4		19.1	0.712	234
	1		25.4	0.950	176
	1 1/4		31.7	1.187	141
	1 1/2		38.1	1.424	117
	2		50.8	1.899	88
	2 1/2		63.5	2.374	70
	3		76.2	2.90	56
1/4" x	1/2	6.3 x	12.7	0.633	263
	5/8		15.9	0.791	208
	3/4		19.1	0.950	176
	1		25.4	1.266	132
	1 1/4		31.7	1.583	105
	1 1/2		38.1	1.899	88
	2		50.8	2.532	66
	2 1/2		63.5	3.165	53
	3		76.2	3.798	44
	4		101.6	5.064	33
	5		127.0	6.330	30
	6		152.4	7.596	22
	8		203.2	10.11	16
5/16" x	1	7.9 x	25.4	1.583	104
	1 1/4		31.7	1.978	83
	1 1/2		38.1	2.374	70
	2		50.8	3.165	53
	2 1/2		63.5	3.957	42
	3		76.2	4.748	35
	4		101.6	6.331	26
	5		127.0	7.906	21
	6		152.4	9.487	18
	8		203.2	12.64	13

Anexo 6. Medidas comerciales de PTR tubular.

PTR								
DIMENSIONESEXTERIORES		COLOR	ESPESOR			LNG	PESO	
PULGADAS	MILIMETROS		CAL	PULGADAS	MILIMETROS	METROS	KG./MT.	KG./PZA.
1 X 1	25 X 25	Blanco	14	0.075	1.90	6	1.44	8.64
1 X 1	25 X 25	Verde	13	0.090	2.30	6	1.72	10.32
1 X 1	25 X 25	Amarillo	11	0.120	3.00	6	2.29	13.74
1 X 1	25 X 25	Rojo	10	0.135	3.40	6	2.57	15.42
1 1/4 X 1 1/4	32 X 32	Blanco	14	0.075	1.90	6	1.84	11.04
1 1/4 X 1 1/4	32 X 32	Verde	13	0.090	2.30	6	2.20	13.20
1 1/4 X 1 1/4	32 X 32	Amarillo	11	0.120	3.0	6	2.89	17.34
1 1/2 X 1 1/2	38 X 38	Azul	14	0.075	1.90	6	2.20	13.20
1 1/2 X 1 1/2	38 X 38	Amarillo	13	0.090	2.20	6	2.65	15.92
1 1/2 X 1 1/2	38 X 38	Blanco	12	0.105	2.70	6	3.08	18.48
1 1/2 X 1 1/2	38 X 38	Verde	11	0.120	3.00	6	3.51	21.06
1 1/2 X 1 1/2	38 X 38	Rojo	10	0.135	3.40	6	3.92	23.52
2 X 1	50 X 25	Blanco	14	0.075	1.90	6	2.22	13.32
2 X 1	50 X 25	Verde	13	0.090	2.30	6	2.65	15.90
2 X 1	50 X 25	Rojo	11	0.120	3.00	6	3.50	21.00
2 1/2 X 1 1/4	64 X 32	Blanco	14	0.075	1.90	6	2.79	16.75
2 1/4 X 1 1/4	64 X 32	Blanco	14	0.075	1.90	6	2.98	17.88
2 X 2	51 X 51	Azul	14	0.075	1.90	6	2.99	17.94
2 X 2	51 X 51	Blanco	12	0.105	2.70	6	4.15	24.90
2 X 2	51 X 51	Verde	11	0.120	3.00	6	4.71	28.26
2 X 2	51 X 51	Rojo	10	0.135	3.40	6	5.28	31.68
2 1/2 X 2 1/2	64 X 64	Azul	14	0.075	1.90	6	3.73	22.43
2 1/2 X 2 1/2	64 X 64	Blanco	11	0.120	3.00	6	5.91	35.43
2 1/2 X 2 1/2	64 X 64	Verde	10	0.135	3.40	6	6.65	39.90
3 X 2	76 X 51	Azul	14	0.075	1.90	6	3.73	22.43
3 X 2	76 X 51	Blanco	12	0.120	3.00	6	5.91	35.46
3 X 2	76 X 51	Verde	10	0.135	3.40	6	6.65	39.90
3 X 3	76 X 76	Azul	14	0.075	1.90	6	4.50	27.00
3 X 3	76 X 76	Blanco	11	0.120	3.00	6	7.11	42.66
3 X 3	76 X 76	Verde	10	0.135	3.40	6	7.99	47.94

Anexo 7. Medidas de placas comerciales.

PLACA

MEDIDAS		3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	11/16"	3/4"	13/16"	7/8"	15/16"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Pies		4.8	6.4	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	17.5	19.1	20.6	22.2	23.8	25.4	31.8	38.1	50.8
Metros		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.						
3" x 6"	(.914x1.83)	62	83	104	125	146	167	187	208	229	250	271	291	312	333	410.99	500.39	667.18
3" x 8"	(.914x2.44)	83	111	139	167	194	222	250	278	305	333	361	389	416	444	555.96	667.18	889.57
3" x 10"	(.914x3.05)	104	139	173	208	243	278	312	347	382	416	451	486	521	555	694.96	833.98	1111.97
4" x 8"	(1.22x2.44)	111	148	185	222	259	296	333	370	407	444	481	518	555	592	741.31	889.57	1186.1
4" x 10"	(1.22x3.05)	139	185	231	278	324	370	416	463	509	555	601	648	694	740	926.64	1111.97	1482.62
4" x 12"	(1.22x3.66)	167	222	278	333	389	444	500	555	611	666	722	777	833	888	1110	1332	1776
5" x 10"	(1.52x3.05)	174	231	289	347	405	463	521	578	636	694	752	810	868	925	1156	1388	1850.5
5" x 15"	(1.52x4.57)	260	347	434	521	607	694	781	868	954	1041	1128	1215	1301	1388	1737.45	2084.94	2779.92
5" x 20"	(1.52x6.10)	347	463	578	694	810	925	1041	1157	1272	1388	1504	1619	1735	1851	2316.6	2779.92	3706.56
6" x 12"	(1.83x3.66)	250	333	416	500	583	666	750	833	916	999	1083	1166	1249	1333	1665	1998	2664
6" x 18"	(1.83x5.49)	375	500	625	750	874	999	1124	1249	1374	1499	1624	1749	1874	1999	2498	2998	3997
6" x 20"	(1.83x6.10)	416	555	694	833	972	1110	1249	1388	1527	1666	1804	1943	2082	2221	2779.92	335.9	4447.87
KILOS POR M ²		37.35	49.80	62.25	74.70	87.15	99.61	112.06	124.51	136.96	149.41	161.85	174.31	186.75	199.21	248.76	298.70	398.35
KILOS POR PIF ²		3.470	4.627	5.793	6.940	8.097	9.253	10.410	11.567	12.724	13.880	15.037	16.194	17.350	18.507	23.13	27.76	37.01

Anexo 8. Resortes de extensión y compresión.



Anexo 9. Disco sembrador (izquierda) y disco cortador ondulado (derecha).



Anexo 10. Ensamblé de sembradora de arroz.



Anexo 11. Sembradora acabado final.



Anexo 11(a). Sembradora acabado final.

