



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE INGENIERIA

**EVALUACION DE BANCO CON
SEMBRADORAS PARA**

AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Por:

Salvador Darío Valdivia Montes

Tesis

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación de banco con sembradoras para agricultura de precisión

Por:

SALVADOR DARÍO VALDIVIA MONTES

TESIS

Que se somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial

Para obtener el título de:


INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis

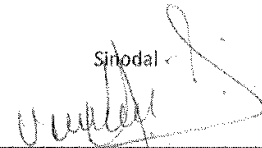
Director de tesis


Dr. Santos C. Campos Magaña

Sinodal


Dr. Martín Cadena Zárate

Sinodal


Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la División de Ingeniería


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez


Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2011

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de contenido	I
Índice de Figuras	II
Índice de Cuadros	III
Anexos	IV
Agradecimientos	V
Dedicatorias	VI
Resumen	VII
I. Introducción	1
1.2 Objetivos e hipótesis	3
II. Revisión de literatura	4
2.1 Agricultura de precisión	2
2.1.1 Sistema de Agricultura de precisión	5
2.2 Definición de sistemas inteligentes	7
2.3 Funciones de una sembradora	8
2.3.1 Siembra de precisión	9
2.3.2 Factores que afectan el llenado de celdas y daño e la semilla	12
2.3.3 Mapa de rendimiento	13
III. Método de evaluación de dosificadores de semilla	17
3.1 Localización del área de trabajo	17
3.2 Materiales y Métodos	17
3.3 Metodología	18
IV. Resultados y Discusión	20
V. Conclusiones y Recomendaciones	29
VI. Bibliografía	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 Esquema del círculo virtuoso de la agricultura de precisión	5
Fig. 2.2 Esquema del sistema Verion adaptado a la sembradora Agrometal Mega Neumática testada por el INTA Manfredi	5
Fig.2.3 Representación de los datos de posición y rendimiento sin tratamiento con SIG y sin el	13
Fig. 2.4 Muestra de un mapa de cosecha de trigo	17
Fig. 3.1 Diagrama de actividades para la evaluación de una sembradora	18
Fig. 4.1 Componentes del aparato del sistema de dosificación variable	20
Fig. 4.2 Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador neumático con semillas de maíz	23
Fig. 4.3 Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador mecánico con semillas de maíz	24
Fig. 4.4 Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador neumático con semillas de sorgo	26
Fig. 4.5 Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador mecánico con semillas de sorgo	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de un dosificador neumático y uno mecánico con semillas de maíz.	22
Cuadro 4.2 Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de un dosificador neumático y uno mecánico para semillas de sorgo.	26
Cuadro 4.3 Coeficientes de correlación de las ecuaciones de respuesta para los dosificadores y semillas evaluadas.	28

ANEXOS

Cuadro de datos sembradora mecánica maíz plano	28
Cuadro de datos sembradora neumática maíz plano	29
Cuadro de datos sembradora neumática sorgo	30
Cuadro de datos sembradora mecánica sorgo	31
Evaluación y modificación de un dosificador de semillas para superficies pequeñas.	32

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios que nos da el milagro de la vida, y con la vida, nos da la obligación de preservarla, en el noble arte y oficio milenario que es la agricultura y por la agricultura buscar el desarrollo del ser humano y fomentar en el; el amor a la naturaleza.

A mis Padres: Guadalupe y Salvador por brindarme la confianza y apoyarme para alcanzar mi sueño de ser Profesionista.

A mis hermanos Julio y Jorge por la paciencia y por todo su apoyo en los instantes felices, pero sobre todo en los instantes difíciles en que la distancia me volvía vulnerable.

A mi Alma Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas del conocimiento de manera desinteresada y con el conocimiento haberme dejado conocer la libertad y la verdad, así como brindarme las herramientas para enfrentarme a la vida.

Al departamento de Maquinaria Agrícola y a todos sus docentes por su paciencia, entrega, dedicación y confianza al transmitirme conocimientos y habilidades, pero sobretodo valores, para enseñarme que con el conocimiento hay una gran responsabilidad.

DEDICATORIAS

*El futuro es una oportunidad,
el pasado es un sueño,
la verdad y la justicia,
son tangibles a nosotros
en la medida que nuestra humildad
nos lo permite...*

El presente trabajo se lo ofrendo a todas y cada una de las personas, instituciones, asociaciones y familias que intervinieron en mi educación temprana a nivel profesional y que en el presente trabajo se ven consolidados su apoyo y esfuerzo para que yo pudiera tener una carrera.

RESUMEN

Esta Tesis forma parte del proyecto: DESARROLLO DE EQUIPOS SENSORES E INSTRUMENTOS PARA AGRICULTURA DE PRESICION Y LABRANZA DE CONSERVACION. El cual tiene entre sus objetivos el desarrollo de sistemas de evaluación de dosificadores variables de semilla tanto del tipo neumático como del tipo mecánico. Este trabajo se circunscribe en la verificación de la calidad y variabilidad de dosificación para maíz y sorgo del dosificador MP 25 y MAX EMERGE 7200 de la marca John Deere, para lo cual se construyo un aparato para el montaje de unidades dosificadoras así como sistemas de transmisión, motor-reductor, variador de frecuencia sensores de semilla y velocidad de siembra así como un monitor para el registro de eventos. Para el caso de maíz la velocidad de siembra fue de 113 hasta 1200 semillas/minuto y para el caso de sorgo fue de 800 a 3200 semillas/minuto. De acuerdo con los resultados obtenidos el mejor comportamiento fue la de la sembradora neumática Max Emerge 7200 con un porcentaje de llenado de celdas de 100 y $111 \pm 8\%$ para el caso de maíz y sorgo respectivamente y con un coeficiente de correlación del 80% considerando con esto que esta máquina es recomendable para la agricultura de precisión. Los resultados de la evaluación de la MP25 muestran una variabilidad relativamente alta del 10% y con un coeficiente de correlación del 51% lo cual no la hace recomendable para este tipo de sistema de producción.

PALABRAS CLAVES: Dosificador de maíz y sorgo, agricultura de precisión.

I. INTRODUCCION

La agricultura de precisión o manejo de sitio específico es la utilización de herramientas que permiten la obtención y análisis de datos geo-referenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos así como una disminución sustantiva en la contaminación.

A nivel mundial las oportunidades y riesgos actuales en la producción de alimentos está vinculada con: alta demanda mundial de alimentos (granos, carne, aceite, proteína, bioenergía); alta demanda y costo de petróleo y gas natural en todo el mundo (el gas natural es 90% del costo de la producción de amoníaco); aumento del área fertilizada en el mundo; deficiencias de nutrientes que limitan la producción de cultivos y forrajes así como altos niveles de contaminación ambiental entre otros.

Una forma de contrarrestar estos efectos y corregir algunas de sus causas es mediante el manejo óptimo en la aplicación de insumos en la agricultura, para la aplicación de esta tecnología se requiere de una fase de diagnóstico previo de rendimiento combinado con muestreo de ambientes para determinar los factores limitantes de la producción así como su localización precisa para poder de ahí realizar las prescripciones en tiempo real y sitio específico de insumos.

Se requiere para lo anterior contar con sistemas que integren entre otros por Ay DGPS (sistema de posicionamiento global diferencial), sensores, SIG (sistema de información geográfica), así como equipos de dosificación variables de insumos. A nivel mundial como un indicador existen alrededor de 20 países que han incorporado estos sistemas inteligentes y automatizados en la aplicación de insumos agrícolas, entre los que destacan Estados Unidos con 30,000 unidades de producción, Argentina con 1,200, Brasil con 250, Reino Unido con 400, México con cero unidades. Actualmente en la UAAAN (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) no se cuenta con maquinaria ni equipos e instrumentos automatizados para docencia e investigación en mecanización para la

agricultura de precisión. Por tal motivo durante la convocatoria interna 2009 para proyectos de investigación de la universidad fue presentado y autorizado un proyecto de investigación denominado: “DESARROLLO DE EQUIPOS, SENSORES E INSTRUMENTOS PARA AGRICULTURA DE PRESICIÓN Y LABRANZA DE CONSERVACION”, cuyos objetivos planteados fueron:

1. Fortalecer la enseñanza e investigación en agricultura de precisión.
2. Evaluación de calidad de equipos agrícolas de labranza de conservación.
3. Desarrollo de un sistema de simulación de dosis variable de semillas.
4. Sistema de dosificación variable de semillas en tiempo real.
5. Desarrollo de equipo para la generación de mapas de conductividad eléctrica resistencia al corte y penetración geo-referenciados.
6. Desarrollo de un Sistema Integral para el monitoreo de fuerzas en equipos de labranza.

“El presente trabajo de tesis se circunscribe en el objetivo numero 4 con las siguientes finalidades”:

Se validará un banco de pruebas en el cual se evaluarán dos sistemas de dosificación de semillas en términos de eficiencia del llenado de celdas por efecto de la velocidad de siembra, uno de ellos será de tipo mecánico y el otro de tipo neumático. Para el sistema de control de dosificación variable se emplearán sensores de frecuencia de caída de semilla y de velocidad de siembra. El sistema de control de velocidad de dosificación variable será a través de un variador de frecuencia con control automático; en donde se comparará la eficiencia de dosificación variable registrando en forma digital la dosificación real vs dosificación programada. Los ajustes a los dosificadores se harán para dos tipos de semilla (maíz, sorgo), siete niveles de dosificación (rangos) y dos niveles de velocidad de siembra (4-8 km/h)

1.2 Objetivos e hipótesis

Objetivo general

Contar con un Banco de dosificador variable de semillas con registro automático de dosificación real vs dosificación teórica para docencia e investigación.

Objetivos específicos

- Diseñar y construir un banco de pruebas para sembradoras (mecánica y neumática) de dosificación variable que integre dosificadores, sensores, variador de velocidad y registro automático.
- Monitorear el desempeño de sembradoras en tiempo real mediante el uso de programación de objetos.
- Evaluar el comportamiento de sembradoras mecánica y neumática con sorgo y maíz.

Hipótesis

Se comprobara si los dosificadores empleados en la agricultura de precisión tienen dosificación del $100 \pm 3\%$ por efecto de la velocidad de siembra.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Agricultura de precisión

Del Campo (2005) define la agricultura de precisión como: “El uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote”. La agricultura de precisión involucra el uso de sistemas de posicionamiento global y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. La información obtenida puede usarse para implementar planes de manejo de la variabilidad. Junto a la biotecnología, la agricultura de precisión es uno de los cambios tecnológicos más importantes que ha vivido la agricultura en los últimos años.

Bongiovanni (2003) define la agricultura de precisión como:

“Es la utilización de modernas herramientas capaces de facilitar la obtención y análisis de datos geo-referenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos. Mayor producción con sostenibilidad del ambiente productivo”.

Rizzo (2004) define agricultura de precisión como:

“Conceptualmente la Agricultura de Precisión es una nueva forma integrada de gerenciamiento de la información de los cultivos, basada en la existencia de la variabilidad espacial y temporal de la unidad mínima de manejo en la agricultura tradicional”.

Lo que hoy en día se conoce como agricultura de precisión es una actividad que tiene como principales objetivos conocer con una determinada precisión la variabilidad del suelo sin disminuir la superficie de trabajo, vinculando unívocamente las variables que intervienen en la parcela, logrando la sustentabilidad productiva del suelo, regulando el impacto ambiental promoviendo la conservación del recurso suelo y por último obteniendo un aumento en la rentabilidad económica del productor.

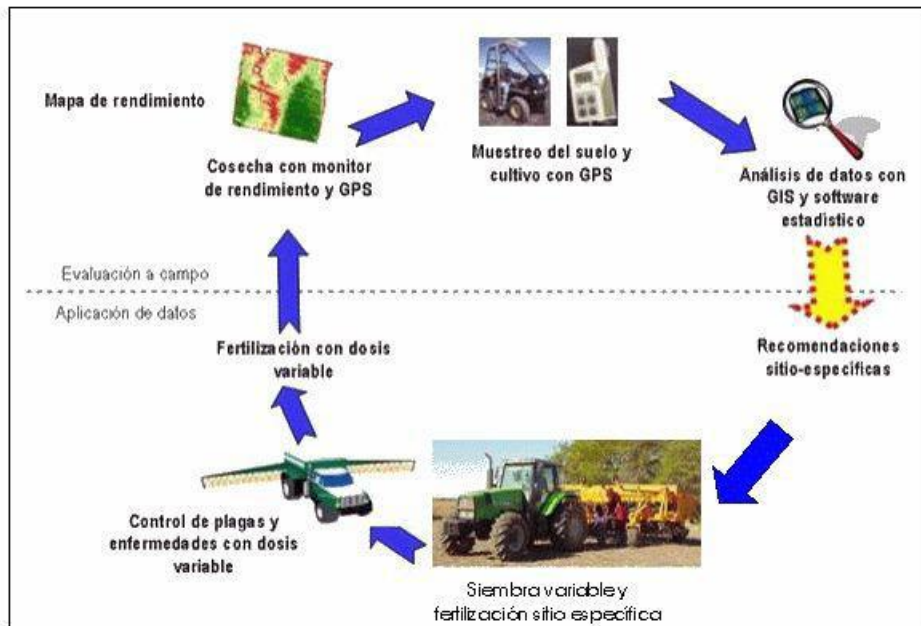


Fig. 2.1 Esquema del círculo virtuoso de la Agricultura de Precisión. http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/_precop_agricultura-de-precision-y-siembra-variable-de-insumos-en-tiempo-real.pdf

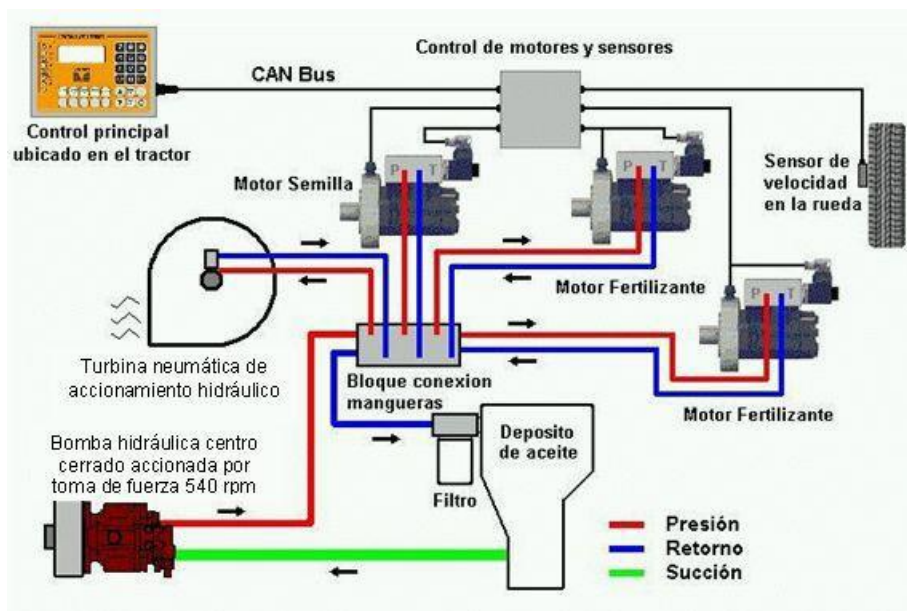


Fig. 2.2 Esquema del sistema verión adaptado a la sembradora Agro-metal Mega Neumática testada por el INTA Manfredi. http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/_precop_agricultura-de-precision-y-siembra-variable-de-insumos-en-tiempo-real.pdf

2.1.1. Sistema Agricultura de Precisión

La agricultura de Precisión (Bragachini, 2004) permite obtener datos geo-referenciados cuantificando la variabilidad espacial de rendimiento dentro de un lote, disponiendo esa información se puede orientar un muestreo dirigido al suelo, lo que facilita la identificación de las causas para ajustar un diagnóstico más preciso en cada sitio de lote esquematizado en la pantalla de un computador, obteniendo la información técnica para ajustar diagnósticos de fertilización y densidad de siembra. Niveles de fósforo en el suelo y respuestas esperadas para diferentes dosis, así como también el rendimiento de acuerdo a las características físico-químicas del suelo, fecha de siembra, cultivar, agua útil durante el ciclo, son parámetros útiles para orientar a la mejor densidad de siembra para cada sitio del lote, quedando en claro que la variabilidad cuantificada debe ser importante y el sitio no menor de 5 ha dentro del lote. Mediante el uso de sembradoras neumáticas de precisión se optimizan al máximo los insumos, así como también se incrementa la eficiencia del dosificador para asegurar el éxito de la siembra y olvidarse de las líneas de siembra uniformes y la gran diferencia entre el número de plantas programadas y las cosechadas. En la actualidad se sabe un poco más del aprovechamiento agronómico de los datos de rendimiento grabados especialmente (mapas de rendimiento), se sigue avanzando en los conocimientos agronómicos en la puesta a punto de las herramientas de cosecha de datos, geo-referenciados, en el diseño de los ensayos, en el desarrollo de nuevas herramientas como los sensores remotos de tipo real, la percepción remota que aportara importantes adelantos tecnológicos en cuanto a imágenes digitalizadas, geo-referenciadas, también y por otro camino paralelo se están mejorando aspectos de precisión, facilidad de ubicación y bajando los costos de todo el equipamiento necesario, como lo es el tractor, la sembradora y/o cosechadora para realizar en forma eficiente la aplicación de insumos de acuerdo a la real necesidad de cada sitio de lote.

La idea es relativamente simple: maximizar la producción y minimizar los costos.

2.2 Definición de sistemas inteligentes

Un sistema inteligente es un medio capaz de almacenar situaciones para lograr un objetivo, con la capacidad de controlar si la última acción realizada fue favorable o no, es decir cuando un sistema se sale de los parámetros previamente definidos, logra identificarlo y se pueden preestablecer o corregir en ese momento se dice que es un sistema inteligente.

En la actualidad el uso de sistemas de información geográfica (SIG) sistemas de posicionamiento global (GPS) así como herramientas de tipo sensor- motriz y herramientas de alto nivel tecnológico constituyen los sistemas inteligentes.

El funcionamiento de una sembradora neumática responde a las variaciones de diagnóstico agronómico geoposicionando dentro de un sitio específico, respondiendo a prescripciones de diferentes densidades de siembra y dosis de fertilizante, lo que significa, que una vez cargado el croquis del lote específico con sus coordenadas, se puede establecer en el lote dos o tres sitios específicos y con rendimientos potenciales muy diferentes. Esto es, que una vez cargadas las prescripciones de la semilla y fertilizante para cada sitio y calibrada la sembradora, se posiciona la maquina a través de la señal de un DGPS (Digital Global Positioning Systems), recibirá ambas ordenes por separado, (semilla y fertilizante por medio de dos navegadores que le enviaran la señal al controlador y a su vez a los dos actuadores) motores hidráulicos comandados por un sistema eléctrico que acciona válvulas controladoras de giro de los distribuidores de semilla y fertilizante, todo ello posicionando en un lote con un método de precisión por medio de una señal DGPS en tiempo real. Al quedar geopocionada la sembradora en el lote lee la prescripción grabada y adapta el giro de los motores hidráulicos para entregar las semillas por hectárea programas y el fertilizante correspondiente a cada sitio del lote.

Todo el sistema es controlado desde la cabina del operador a través de un monitor, que entrega la información de cada distribuidor por separado, las distancias entre semillas, las semillas por hectárea, la capacidad de trabajo, velocidad de avance y superficie sembrada.

2.3 Funciones de una sembradora

Para la realización de una buena siembra se requiere que una sembradora efectúe las siguientes funciones (Kepner, 1978):

- Abra el surco para la semilla a una determinada profundidad.
- Mida la semilla.
- Deposite la semilla en el surco dentro de un patrón aceptable.
- Cubra la semilla y compacte el suelo alrededor de la semilla a un grado propio. para el tipo de semilla involucrado.

La sembradora debe ser capaz de no dañar la semilla para que haya una buena germinación, la semilla debe ser colocada en el suelo de tal manera que todos los factores que afectan a la germinación y a las labores de emergencia sean tan favorables como sea posible.

Las partes de una sembradora de precisión, (Ortiz ,1989) son las siguientes:

- Bastidor
- Discos cortadores de residuo
- Abridor de surcos
- Dosificador de semilla
- Dosificador de fertilizante
- Tapadores de surcos
- Transmisión
- Sensores de dosificación
- Turbina

2.3.1 Siembra de precisión

(Ortiz, 1989) menciona las condiciones que se deben de reunir para que una siembra pueda denominarse de precisión:

- 1.- Las semillas deben ser de tamaño uniforme y forma preferiblemente esférica.
- 2.- Las celdas deben de ser de tamaño apropiado para las semillas. Los platos y otras partes críticas del mecanismo de medición deben de ser fabricadas con exactitud.
- 3.- Las semillas deben tener tiempo suficiente para entrar en las celdas para lo cual es importante la velocidad periférica del plato.
- 4.- Debe de existir un buen cepillo con objeto de evitar siembras múltiples y barrer las semillas mal colocadas con el objeto de que no se quiebren.
- 5.- Debe de existir un sistema positivo de inyección de las semillas de modo que las obligue a caer por el tubo de salida.
- 6.- El tubo de caída debe ser de un diámetro pequeño, liso, recto y debe terminar en la proximidad del fondo del surco, con el objeto de que no se retrase la semilla durante la caída. Así, sembrando a una velocidad de 5 km/hr, con un espacio de 5 cm, si una semilla se retrasa 1/30 seg, al caer, será alcanzada por la semilla siguiente.
- 7.- Las semillas deben situarse a la profundidad adecuada y no deben desviarse por rebote o rodar en el surco.

Mecanismos de medición de semillas.

Los mecanismos de medición de semillas se clasifican en:

- Con plato horizontal.
- Con plato inclinado.
- Con plato vertical.

- Con celdas en una banda.
- Con celdas circunferenciales.
- Neumático con ranuras por dosificación al vacío.

Mecanismo de medición con plato horizontal. Existen dos tipos de plato que son: de fondo con celdas en el borde y de caída a la orilla (Kepner, 1978), es el que más se utiliza para semillas de grueso calibre tales como maíz y garbanzo ya que la precisión en estos casos puede considerarse aceptable. Sin embargo, dada la forma de alimentación ha de adaptarse perfectamente el alojamiento a la forma de la semilla.

Mecanismo de medición con plato inclinado. Otro tipo de sistemas de medición que se usa en platos semilleros es el tipo plato inclinado la alimentación es lateral donde las semillas se recogen desde la parte inferior de la tolva siendo descargadas bien por la parte superior, o bien en un segundo plato paralelo al interior que las conduce justo hasta la zona de descarga situado bajo la tolva. Los distribuidores de plato inclinado son sensibles a la caída de las semillas a la tolva, una vez alimentados por efecto de las vibraciones producidas en el cuerpo de la siembra. La altura de la caída varía de entre 10 y 30 cm según si la descarga es por abajo o por arriba (Ortiz, 1989).

Mecanismo de medición con plato vertical. Los mecanismos de medición con rotación vertical son usados con frecuencia en siembras precisas de vegetales y remolacha azucarera como lo menciona (Kepner, 1978). Mejor que disco se hablaría de tambor estrecho de 2 a 4 cm de espesor en cuyo lomo se disponen los alojamientos de la semilla, estos pueden disponerse sobre la superficie exterior en hilera simple o doble. Este segundo caso posibilita duplicar el número de alojamientos, aumentar el tiempo de alimentación o mejorar el coeficiente de llenado. Dada la reducida altura de descarga menor de 10 cm se mejora notablemente la precisión, sin embargo, son más caras que las anteriormente mencionadas. El diámetro de los platos puede llegar a los 50 cm. (Ortiz, 1989).

Mecanismo con celdas de medición en una banda. Este tipo de mecanismo preciso tiene celdas en una banda, ajustadas a la semilla, las semillas llegan desde un depósito y entran a la cámara por arriba de la banda. Y son mantenidas en un nivel controlado (Kepner ,1978). Como la banda gira en sentido de las manecillas de reloj, el botador de semillas que también gira retira las semillas en exceso, teniendo una semilla en cada celda. Las semillas que están en las celdas son transportadas sobre la base y son descargados por la parte inferior de la banda en la rueda repelente de semillas. La falta de estos mecanismos repelentes de excesos de semillas causa variabilidad en el espaciamiento de las semillas.

Mecanismo de medición neumático con celdas circunferenciales. El sistema de medición neumática dispone de un depósito centralizado y unidades de medición que abarcan 4, 6 u 8 hileras. (Kepner,1978). El tambor de semillas tiene una hilera de celdas circunferenciales de semillas por unidad de sembradora en hilera. Es requerido un soplador para abastecer de aire al tambor manteniendo una precisión alrededor de 4kPa (0.6 psi) en el tambor, el aire fluye a través de las celdas de semilla hasta que la semilla ocupe este lugar.

Debido a la existente precisión diferencial cada semilla se mantiene en la celda a medida que el tambor gira hasta pasar por un cepillo estacionario posicionado cerca de la parte superior en donde se retiran excesos de semilla. Las ruedas bloqueadoras de aire colocadas en la parte superior del tambor tapan momentáneamente las celdas, provocando que las semillas caigan en el tubo de semillas. El flujo de aire a través de los tubos las conduce a sus unidades respectivas de siembra y las deposita en los surcos. Este sistema está diseñado para semillas tales como el maíz, frijol, granos de sorgo, empleando un tambor diferente para cada tipo de semilla.

Mecanismo de medición neumática con ranuras. El principio neumático es también utilizado para mecanismo de medición en surcos. Se necesitan pequeños sopladores manejados por motores eléctricos conectados al sistema eléctrico del tractor y que proporcionen aire a presión a la cámara de medición (Kepner 1978). Las semillas sostenidas contra las ranuras son levantadas y transportadas en dirección contraria a las manecillas del reloj estas son liberadas en el tubo de semillas cuando las ranuras pasan una trampa que bloquea la presión del aire de la presión frontal del rotor. Diferentes discos giratorios son usados para diferentes tipos de semillas.

Un gran número de mecanismo de medición de semillas empleando el principio del vacío han sido desarrollados experimentalmente y al menos un fabricante contaba con una sembradora con el mecanismo de vacío en el año de 1977. Muchos de estos mecanismos tienen una bomba central de vacío con regulación a cada unidad succionadora, cada unidad cuenta con su respectiva cámara de vacío y el plato giratorio para evitar fugas de aire.

Las semillas al ser succionadas en contra de las celdas del plato giratorio, se mantienen en ellas hasta llegar a un punto donde el sello de vacío termina, y debido a la diferencia de presión existente entre la recámara de vacío y la presión atmosférica, las semillas caen hacia el fondo del curso ó sea por gravedad se ilustra el principio de operación del sistema de medición por dosificación al vacío.

2 .3.2 Factores que afectan el llenado de celdas y daño en la semilla

El porcentaje de llenado de las celdas para una sembradora dada esta influenciado por factores tales como: el tamaño máximo de las semillas en relación al tamaño de la celda, el rango de tamaño de la semilla, la forma de estas, la forma de las celdas, el tiempo de exposición de una celda a la semilla dentro del depósito y la velocidad lineal de la celda (Kepner, 1978).

El porcentaje de llenado de la celda se define como el número total de semillas descargadas dividido por el número total de celdas pasando por el punto de descarga de acuerdo a esta definición el 100% de llenado de las celdas no necesariamente significa que cada celda contenga a una semilla, pero meramente implica que alguna celda pueda estar vacía y que otras sean llenadas por múltiples semillas. La distribución más uniforme de la semilla es usualmente obtenida con combinaciones de semilla, tamaño de la celda y velocidad de la celda, que proporcionan alrededor de 100% del llenado promedio de las celdas.

$$\% \text{ Llenado de celdas} = \frac{\text{semillas reales}}{\text{semillas teóricas}} (100)$$

<http://www.c4-ingenieros.es/empresa1.htm>

2.3.3 Mapa de Rendimiento

La práctica más importante, quizá, son los mapas de rendimiento. Para ello son necesarias una serie de tecnologías, tomemos como ejemplo una cosechadora de cereal, como se puede apreciar en la figura (2.3).

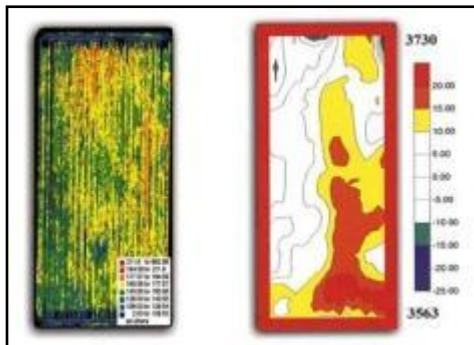


Figura 2.3 A la izquierda, representación de los datos de posición y rendimiento, sin tratamiento con SIG. A la derecha, la misma parcela tras tratar los datos con un SIG.

<http://www.c4-ingenieros.es/empresa1.htm>

Será necesario un receptor GPS montado sobre la cosechadora, el cual obtendrá segundo a segundo la información de la posición en el campo, a medida que la cosechadora avanza por el campo. Además, esta cosechadora debe tener 2 sensores, uno para medir el flujo de grano, y otro para medir la humedad del grano cosechado. A medida que la maquina avanza, un ordenador recoge la información que le llega del GPS, con un intervalo de 1.2 segundos registrando la latitud y la longitud, y de los dos sensores.

Normalmente la información se almacena en memoria PCMCIA, la cual puede extraerse de este ordenador, y pasar su información posteriormente al ordenador de la oficina.

Si se realizase una representación de esta información, se obtendría la parte izquierda de la figura 3, la cual como se ve es difícil de interpretar. Por lo tanto es necesario un software que permita una mejor lectura o interpretación de los datos, estos programas informáticos son los SIG (Sistemas de Información Geográfica). Así la figura antes mencionada, aparecerá suavizada, como en la parte derecha de la figura 3.

Elías (1997) que relato el desarrollo, construcción y uso a campo, de un sistema de instrumental y adquisición de datos para el mapeo de producción en granos. El sistema consistía en la medición automática de peso de los granos cosechados utilizando una sub-tolva granelera apoyada sobre cuatro células de carga dentro de la tolva de la cosechadora, sin ninguna modificación estructural de la misma, obteniendo un error máximo de 3.99 N para una capacidad de la sub-tolva de 4.905 N. La principal ventaja del sistema de pesaje automático, desarrollado por Elías, está en permitir la obtención directa del peso de los granos cosechados, sin necesidad de sensores para la medición del flujo de granos y calibración para cada cultivo.

Balastreire (1998) que presenta el potencial de utilización de los conceptos de AP en el cultivo de la caña de azúcar. En su artículo el autor resalta entre los principales beneficios que la aplicación de este concepto puede ofrecer, como: a) posibilidad de reducción de polución ambiental, b) beneficios económicos, donde la reducción del costo final del producto puede ser obtenida reduciendo los insumos en los puntos de bajo potencial de producción y redireccionandolo a los puntos de mayor potencial, c) ganancia de productividad, con aumento de producción y un aumento de la cantidad de azúcar de caña disponible. Además según Balestreire el potencial de aplicar los conceptos de AP en el cultivo de la caña de azúcar se divide en cuatro puntos:

Mapa de suelo: Este mostrará el potencial de fertilidad del suelo, y permitirá establecer las estrategias de aplicación de fertilizantes.

Mapa de cultivo: Permitirá obtener mapas georeferenciados de los tablonos del cultivo en sus diferentes estadios.

Mapa de cosecha: Se puede obtener un mapa de producción de cada celda dentro de un tablón. Con la Georeferenciación se tiene la localización exacta de cada celda, entonces, se puede verificar en el lugar cual fue el motivo de la baja de producción.

Schneider *et al.*, (1996) desarrollaron un sistema de monitoreo de producción de papa que consistía en un acondicionador de señales y una unidad de control (SCCU), sensor para medir la velocidad de la correa transportadora de las celdas de carga, DGPS, computadora a bordo y un modem con frecuencia de radio (RF). El sensor de masa (celda de carga) fue montado en una barra con una escala de fondo de 225 kg. El sensor de velocidad de la correa transportadora fue fijado al lado del eje en el cual fue montado un magneto. Los tiempos registrados en un archivo fueron ajustados para corregir la diferencia de tiempo entre el momento de cosecha y el momento de pesaje, "lag time". Fue usado un algoritmo para determinar la media de las medidas de peso

dentro de una distancia fija de 15 m. En este método es preferible usar un número de fijo de puntos, considerando la posibilidad de inicio y fin de las operaciones de la máquina.

Cadena (2000) Indica que un mapa de rendimiento es aquel que intenta reflejar: la variación espacial de la producción.

Se obtiene mediante los sistemas de posicionamiento (como el GPS, Glonass o Galileo) nos permiten conocer las coordenadas de un punto en el campo. Si al mismo tiempo, al dato de esas mismas coordenadas podemos añadirle el dato de la lectura en campo de una variable "A", al tomar muchos de esos puntos estamos obteniendo un **mapa** de la distribución espacial de "A". En A.P. la variable "A" puede ser cantidad de cosecha, contenido de un nutriente del suelo, humedad, densidad de malas hierbas, etc.

Una de las variables más valiosas y empleadas en A.P. es la cosecha recogida en un punto (medida con un sensor especial acoplado a la maquinaria de recolección), y el mapa que se elabora tras la obtención del rendimiento de un cultivo en muchos puntos junto con sus coordenadas a lo largo y ancho de toda la parcela es el llamado **mapa de cosecha o mapa de rendimiento** (*Yield Map* en inglés), un elemento clave de partida en A.P., en dichos mapas se pueden distinguir las distintas zonas de una parcela según su rendimiento.

El mapa de cosecha o mapa de rendimiento, como se muestra en la figura (2.4) a la vez, un fin y un medio en A.P. Es importante subrayar que las etapas siguientes a su obtención, son el análisis e interpretación de los datos para finalmente llegar a una serie de conclusiones que se traducirán en medidas directas, que el agricultor podrá llevar a cabo en la más inmediata etapa del ciclo productivo. Dichas medidas pueden ser: Dosis de abonado variable, dosis de tratamientos fitosanitarios sólo en los lugares necesarios, labores de cultivo según zonas, etc.

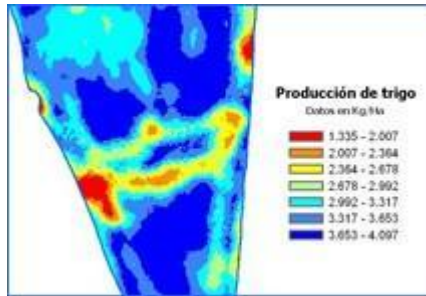


Fig. 2.4. Muestra de un Mapa de Cosecha de trigo fuente <http://www.c4-ingenieros.es/ap1.htm> C4 Ingenieros Profesionales de la Ingeniería y el medio ambiente.

III. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE DOSIFICADORES DE SEMILLA

3.1 Localización del área de trabajo

La evaluación se realizó en el departamento de Maquinaria Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buena Vista, Saltillo y se localiza al suroeste de Coahuila en las coordenadas 101°59'17" Long. Oeste y 25°23'59" Lat. Norte a una altura de 1600 msnm.

3.2 Materiales y métodos

Para la evaluación de los dosificadores mecánicos MP-25 y del dosificador neumático Max Emerge 7500 de la Empresa John Deere de labranza para conservación; se emplearon los siguientes equipos e instrumentos.

- Variador de frecuencia (Micro Máster 4200).
- Motoreductor 1:30.
- Dos sistemas de dosificadores de semillas. Neumático, Max Emerge 7200 y mecánico MP-25.
- Sensores de semillas y de velocidad.
- Contador digital de semillas reales e ideales semillas de maíz plano y semillas de sorgo

- Banco de pruebas
- Enganche de paralelogramo para enganchar la sembradora al banco de pruebas

3.3 Metodología

Las pruebas de la sembradora se realizaron en el laboratorio de pruebas del departamento de Maquinaria Agrícola de la UAAAN de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-0-168SCFI-2009 siguiendo el esquema de evaluación mostrado en la figura (3.1)

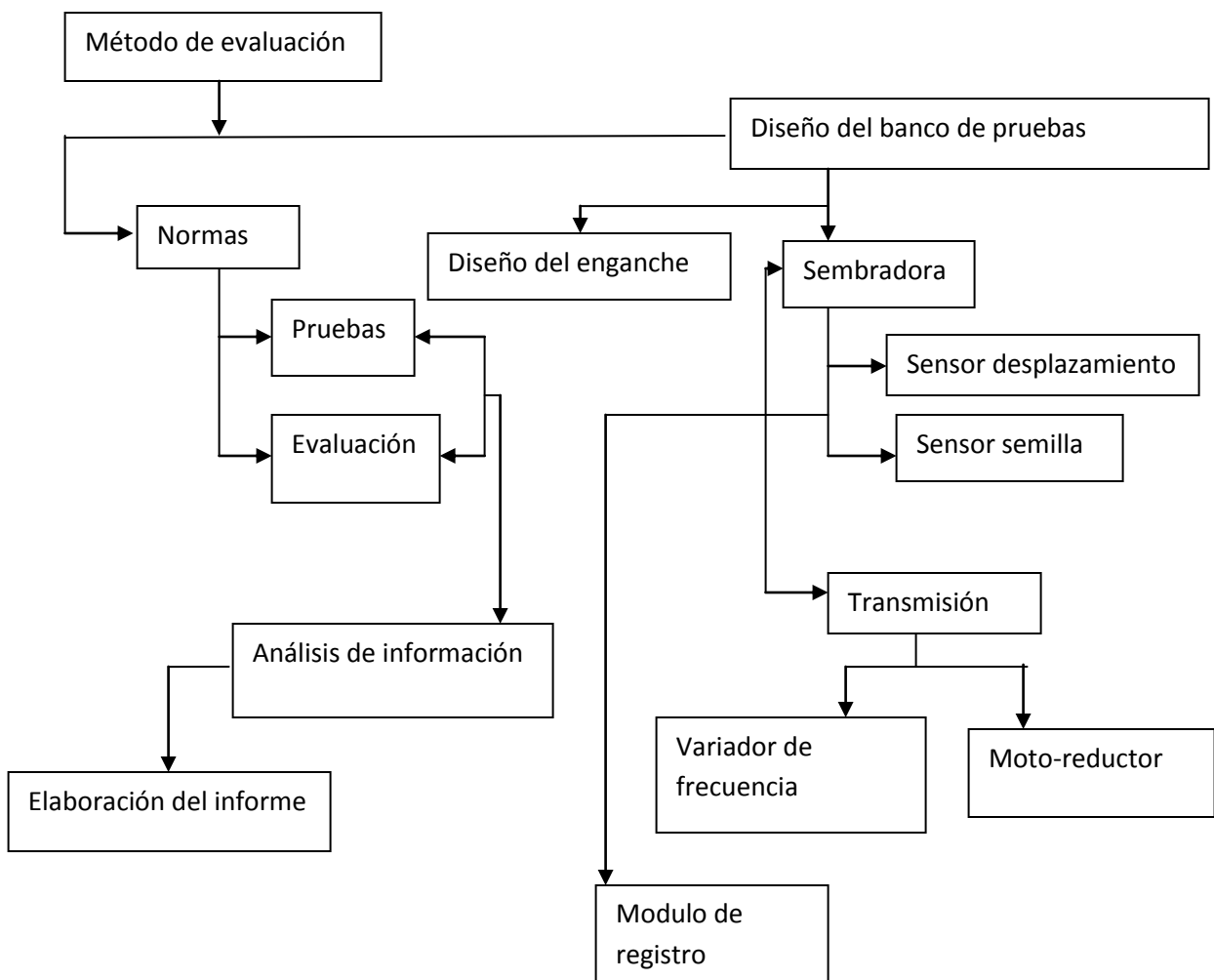


Fig. 3.1 Diagrama de actividades para la evaluación de sembradora

Las pruebas realizadas a los dosificadores MP-25 y del dosificador neumático Max Emerge 7500 de la Empresa John Deere se llevaron a cabo para determinar la eficiencia de dosificación en función del porcentaje de llenado de celdas a 7 diferentes velocidades en las semillas de maíz plano, será de 300 a 1500 semillas por minuto y de 300 a 3000 semillas por minuto para sorgo, los rangos de velocidades seleccionadas fueron en función de una densidad de siembra, con lo cual se determinarían las curvas de eficiencia de llenado de celdas en los siguientes rangos para cada tipo de semillas a una velocidad de siembra de 6-10 km/h.

Para obtener la mayor uniformidad en dosificación se realizó una selección de semilla por tamaño y forma empleando una seleccionadora mecánica.

Para llevar a cabo la evaluación de dosificación se determinó la mejor relación de transmisión y la frecuencia a la que debería operar el motor reductor para obtener los rangos de semilla por minuto en función de las características de operación bajo condiciones de campo. Una vez obtenidas las relaciones de transmisión, las frecuencias y la presión en el caso de el dosificador neumático se iniciaron las pruebas de dosificación para cada uno de los tratamientos se realizaron 3 repeticiones cada una de 1 minuto, excepto en el tratamiento de la sembradora mecánica para sorgo en la cual pesamos 3 grupos de 500 semillas, obteniendo una media y un promedio determinando 5.69 semillas por celda con un plato dosificador de 32 celdas y así determinamos las semillas por vuelta de plato y dado que no alcanzaba a dar la dosificación requerida para los parámetros antes citados incrementamos el tiempo a 5 minutos realizando después una conversión y ajuste en las tablas para obtener las curvas de dosificación. Se hizo un análisis de varianza para cada tipo de semilla para los 4 tratamientos empleando el paquete estadístico de la Universidad de Nuevo León. Para la determinación de

las curvas de comportamiento del dosificador por cada tipo de semilla se realizo un análisis de regresión empleando el paquete estadístico de Minitab v-10.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En las figura (4.1) se muestran los componentes del aparato que se construyo para la verificación de la calidad de funcionamiento de dos dosificadores de semillas uno mecánico, MP25 de plato horizontal, y el otro neumático de la Max Emerge 7200 o 7500 ambos de la marca John Deere.

Los elementos que integran el sistema de dosificación variable de semillas son:



Fig 4.1 Componentes del aparato del sistema de dosificación variable.

1. Marco para montaje de sembradoras unitarias
2. Motoreductor con una relación de transmisión 1:30
3. Transmisión de engranes y cadenas
4. Vacuómetro 0-30 pulgadas de agua
5. Variador de frecuencia Siemens 420
6. Contador digital de semillas
7. Sensor de caída de semilla
8. Sensor de desplazamiento
9. Dosificador neumático Max Emerge 7200 :plato de sorgo de (45) y plato de maíz (30 celdas).
10. Dosificador mecánico MP 25 plato de sorgo (32) y de maíz (24 celdas)

En el cuadro (4.1) se muestran los resultados de la evaluación del dosificador neumático Max Emerge 7200 de la marca John Deere, para maíz, donde se muestra la velocidad en semillas por minuto de evaluación fluctuó desde 329 hasta 1281 mostrando una calidad de dosificación que va desde 92 hasta el 108 %. En la figura (4.2) muestra la curva de respuesta de dosificación para maíz en el rango de velocidades descritas la calidad de la respuesta esta dada por el coeficiente de correlación de la curva de repuesta cuadrática la cual es de 79 %.

En el cuadro (4.1) también se muestran los resultados de la evaluación del dosificador mecánico MP25 de la marca John Deere, también para maíz , donde se muestra que la velocidad en semillas por minuto de evaluación fluctuó desde 103 hasta 1261 mostrando una calidad de dosificación que va desde 79 hasta el 92 %. En la figura (4.3) muestra la curva de respuesta de dosificación para maíz en el rango de velocidades descritas la calidad de la respuesta esta dada por el coeficiente de correlación de la curva de repuesta cuadrática la cual es de 80.6 %.

Cuadro (4.1) Porcentaje de llenado de celdas obtenidos en la evaluación de un dosificador neumático y uno mecánico para semilla de maíz.

Semillas por minuto		% de llenado	
Neumática	Mecánica	Neumática	Mecánica
	103		79.45
	291		83.49
329		108.53	
	485		85.24
487		106	
646		104.99	
	683		89.29
805		105.47	
	873		81.72
963		102.42	
	1068		81.42
1122		92.4	
	1261		70.18
1281		92.12	

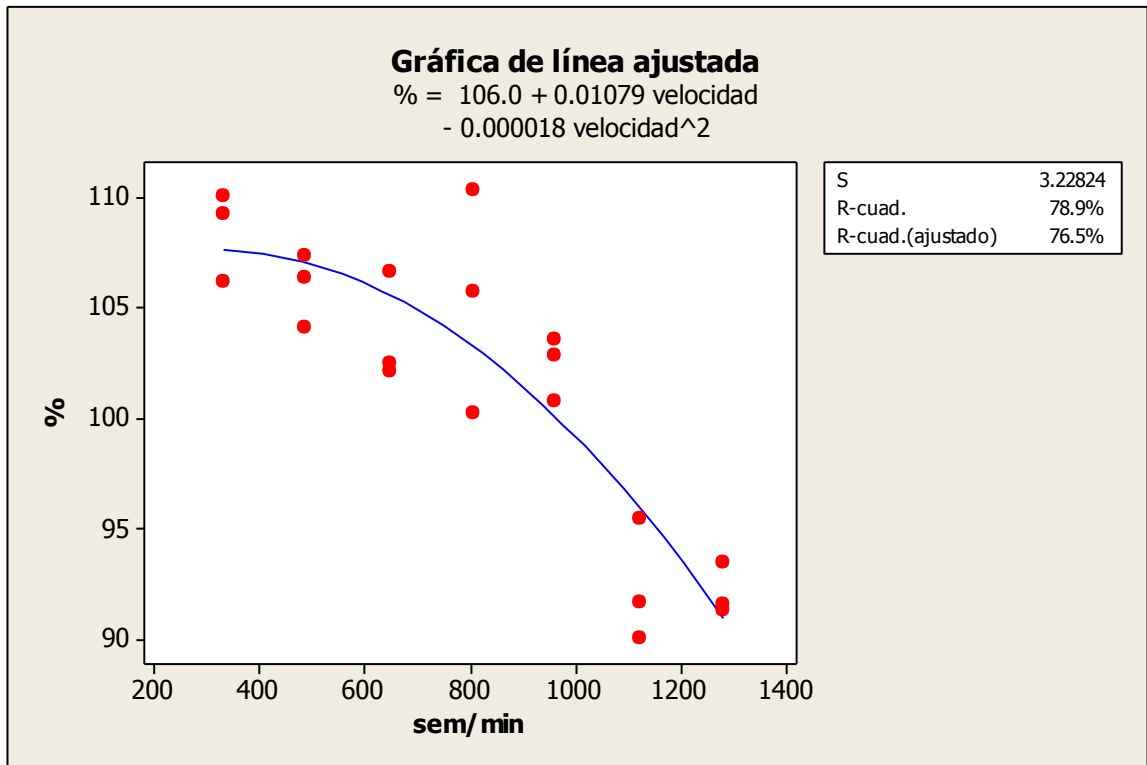


Figura 4.2. Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador neumático con semillas de maíz.

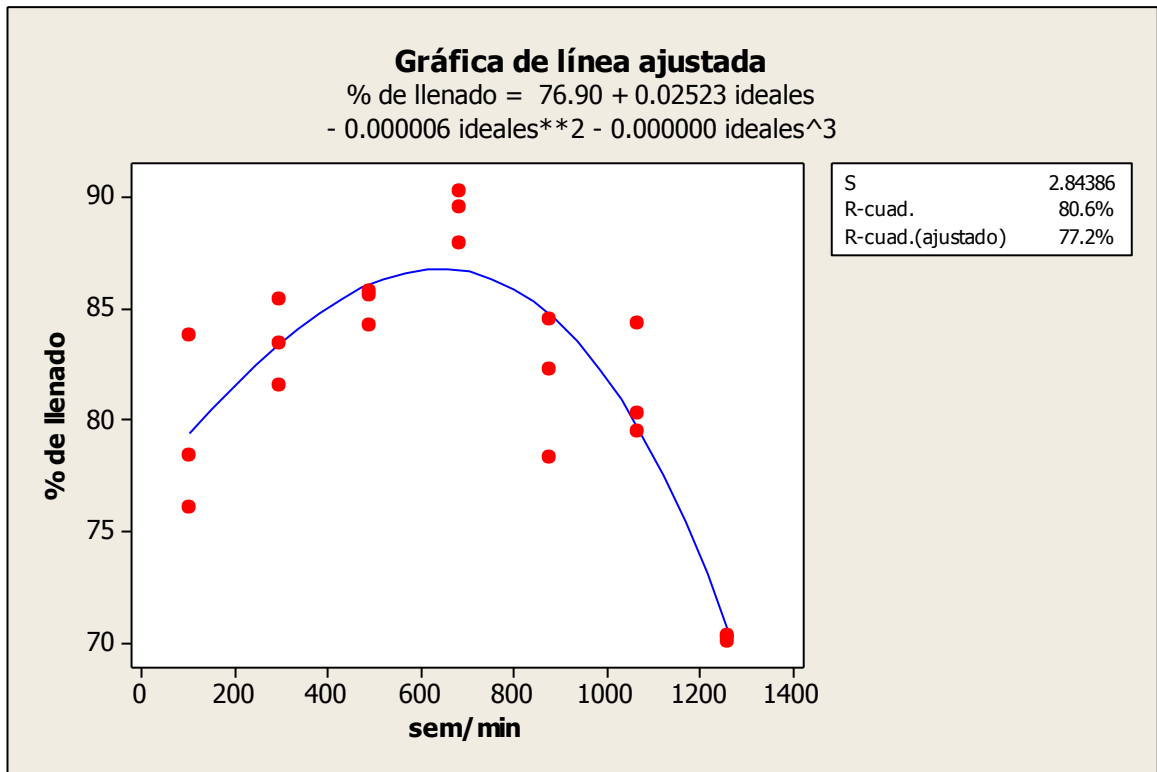


Figura 4.3. Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador mecánico con semillas de maíz.

En el cuadro (4.2) se muestran los resultados de la evaluación del dosificador neumático Max Emerge 7200 de la marca John Deere, para sorgo de grano, donde se muestra que la velocidad en semillas por minuto de evaluación fluctuó desde 987 hasta 2848 mostrando una calidad de dosificación que va desde 119 hasta el 103 %. En la figura (4.4) muestra la curva de respuesta de dosificación para sorgo en el rango de velocidades descritas, la calidad de la respuesta esta dada por el coeficiente de correlación de la curva de repuesta cuadrática la cual es de 85.2%.

En el cuadro (4.2) también se muestran los resultados de la evaluación del dosificador mecánico MP25 de la marca John Deere, también para sorgo de grano, donde se muestra que la velocidad en semillas por minuto de evaluación fluctuó desde 800 hasta 3200 mostrando una calidad de dosificación que va desde 83.49 hasta el 92 %. En la figura (4.5) muestra la curva de respuesta de dosificación para sorgo en el rango de velocidades descritas la calidad de la respuesta esta dada por el coeficiente de correlación de la curva de repuesta cuadrática la cual es de 50.7 %.

Cuadro (4.2) Porcentaje de llenado de celdas obtenidas en la evaluación de un dosificador neumático y uno mecánico para semillas de sorgo.

Semillas por minuto		% de llenado	
Max Emerge7200	MP25	Neumática	Mecánica
	800		83.49
987		119.06	
	1200		88.91
1297		114.92	
	1600		88.72
1607		113.77	
1917		110.87	
	2000		91.13
2227		109.31	
	2400		90.97
2538		106.42	
	2800		93.29
2848		103.14	
	3200		88.22

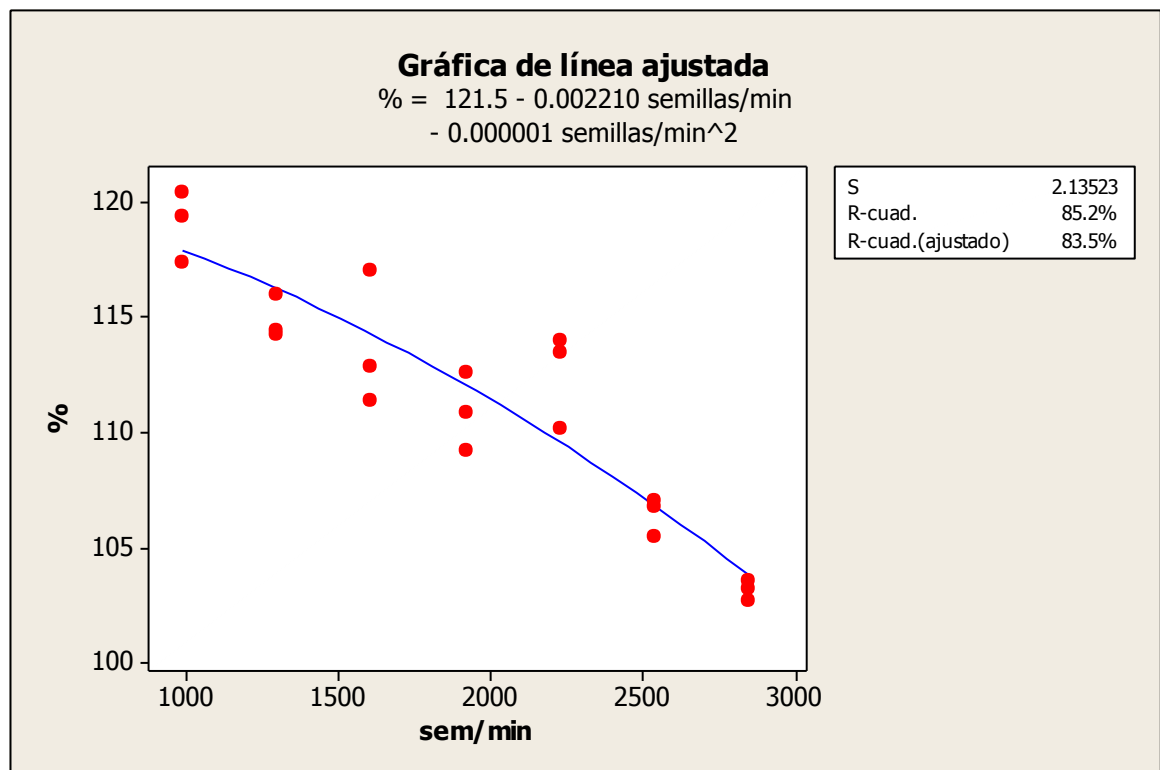


Figura 4.4. Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador neumático con semillas de sorgo.

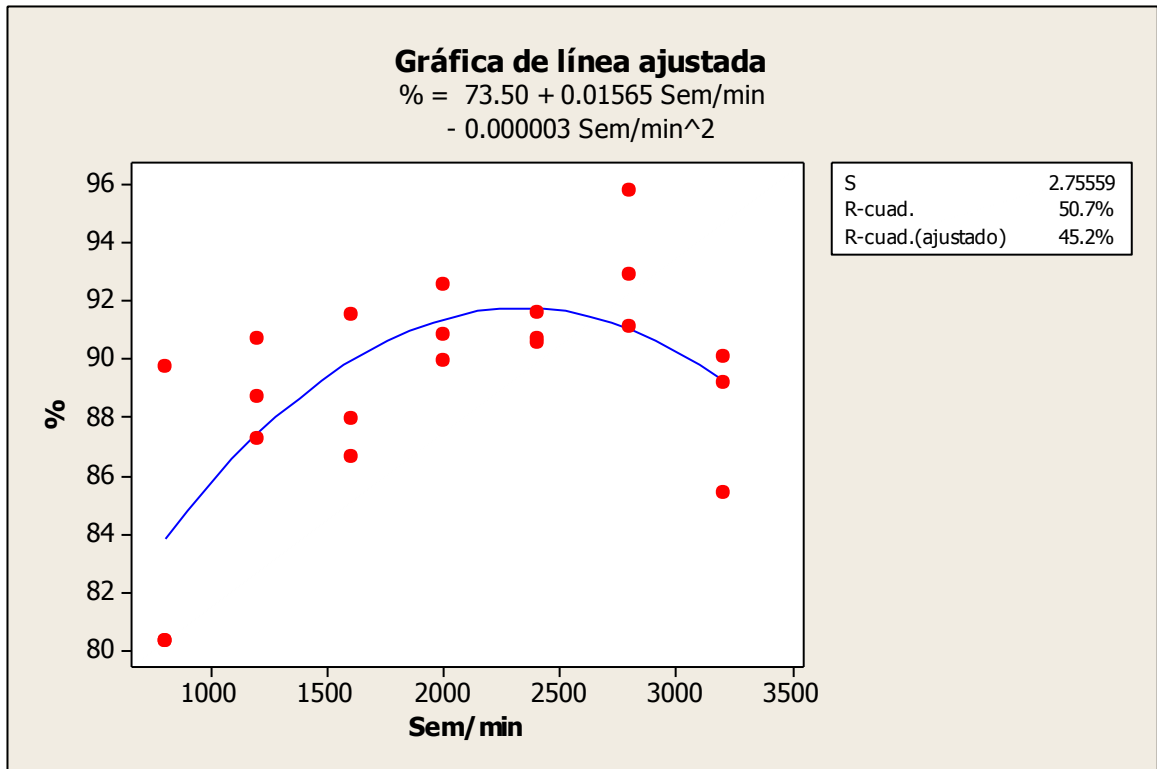


Figura 4.5 Gráfica de respuesta del porcentaje de llenado de celdas en la evaluación de un dosificador mecánico con semillas de sorgo.

En el cuadro (4.3) se muestra un cuadro comparativo del comportamiento de los dosificadores evaluados, para el caso del dosificador neumático muestra una media del porcentaje de llenado de celdas del $100 \pm 8\%$ y del $111 \pm 8\%$ para el caso de maíz y sorgo respectivamente y con coeficientes de correlación del 82%. Para el caso del dosificador mecánico la media del porcentaje de llenado de celdas fue de $80 \pm 10\%$ y de $88 \pm 5\%$ para maíz y sorgo respectivamente, sin embargo su coeficiente de correlación para la curva de respuesta del sorgo fue del 51%

Cuadro (4.3) Coeficientes de correlación de las ecuaciones de respuesta para los dosificadores y semillas evaluadas.

Dosificador	Semilla	Rango de velocidad s/min	Rango de % de llenado	Ecuación	RSQ
neumático	maíz	329-1281	108-92	$106+0.01079id-0.000018id^2$	78.90%
mecánico	maíz	103-1261	89-70	$76.9+0.02523id-0.000006id^2$	80.60%
neumático	sorgo	987-2848	119-103	$121.5-0.002210id-0.000001id^2$	85.20%
mecánico	sorgo	800-3200	93-83	$73.5+0.01565id-0.000003id^2$	50.70%

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se desarrollo un aparato que permite evaluar el comportamiento de dosificadores de maíz en términos de calidad y uniformidad de dosificación.

El dosificador neumático tiene una calidad de llenado de celdas del 100% para el caso de maíz y de 111% para sorgo con una uniformidad de mas del 80%. Sin embargo tiene una variabilidad en su dosificación del $\pm 8\%$. En su conjunto este dosificador si se recomienda para agricultura de precisión en lo que respecta a maíz y sorgo.

La calidad de trabajo del dosificador mecánico tuvo un coeficiente de correlación muy baja, del 51%, en relación a la semilla de sorgo y con medias de dosificación por debajo de las esperadas viéndose grandemente afectado por la velocidad de dosificación por lo tanto no se recomienda su uso en agricultura de precisión.

Se recomienda que el aparato desarrollado se incorpore una tarjeta de control que registre en forma automática tanto la velocidad de dosificación como las semillas reales e ideales.

Así mismo se sugiere se despliegue en tiempo real la calidad de dosificación en términos de eventos y tiempos de caída de semilla.

Anexos

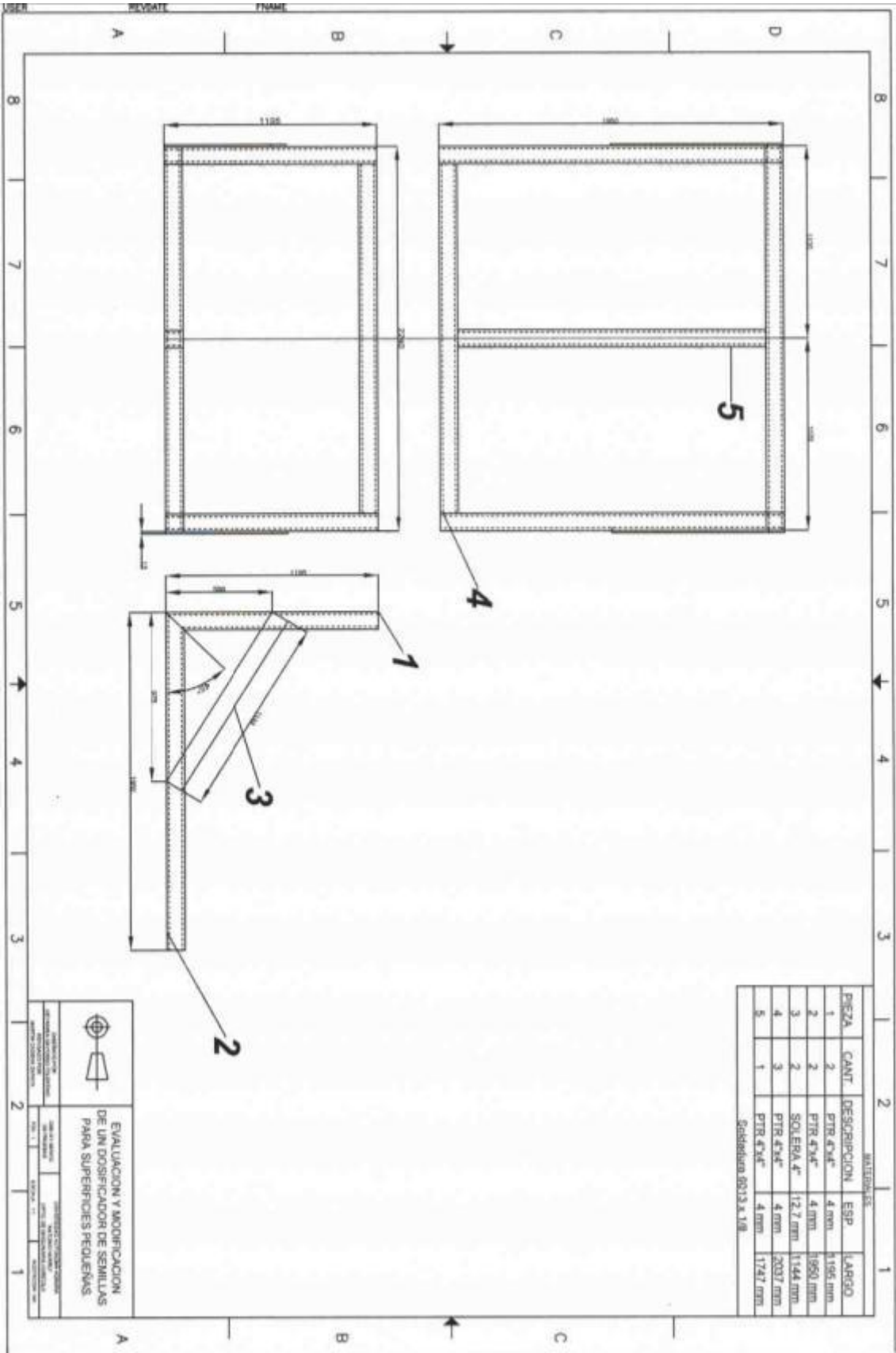
CUADRO DE DATOS. SEMBRADORA MECÁNICA MAÍZ PLANO							
	Hertz	Motriz	Conducido	Semillas Ideal	Semilla Real	Dañadas	Tiempo (MIN)
1	48	9	36	15847	1007	36	12:52
1	48	9	36	15501	1002	30	12:24
1	48	9	36	14964	1004	23	11:38
2	36	20	20	5209	1003	32	04:04
2	36	20	20	4241	1009	31	04:11
2	36	20	20	4087	1012	34	04:00
3	60	20	20	2891	1012	28	02:25
3	60	20	20	2643	1023	37	02:29
3	60	20	20	2569	1014	31	02:25
4	47	36	20	1766	1018	22	01:40
4	47	36	20	1810	1020	33	01:42
4	47	36	20	1716	1026	30	01:40
5	60	36	20	1456	1011	33	01:22
5	60	36	20	1501	1008	31	01:24
5	60	36	20	1628	1016	29	01:29
6	59	36	16	1299	1015	26	01:11
6	59	36	16	1275	1005	19	01:11
6	59	36	16	1287	1006	29	01:07
7	35	36	9	1029	1018	40	01:09
7	35	36	9	858	1025	38	00:50
7	35	36	9	1012	1004	31	01:08

CUADRO DE DATOS. SEMBRADORA NEUMÁTICA MAÍZ PLANO							
	Hertz	Motriz	Conducido	Semillas Ideal	Semilla Real	Dañadas	Tiempo (MIN)
1	30	26	25	2636	1000		02:48
1	30	26	25	2495	1006		02:43
1	30	26	25	2439	1002		02:41
2	40	26	25	1903	1001		01:59
2	40	26	25	1990	1004		02:07
2	40	26	25	1969	1007		02:06
3	59	26	25	1598	1001		01:30
3	59	26	25	1595	1002		01:29
3	59	26	25	1500	998		01:26
4	35	26	12	1198	1006		01:16
4	35	26	12	1135	1002		01:15
4	35	26	12	1248	1001		01:15
5	42	26	12	1064	1002		01:06
5	42	26	12	1056	1004		01:04
5	42	26	12	1069	1000		01:06
6	49.5	26	12	1001	1006		57 SEG.
6	49.5	26	12	991	998		55 SEG.
6	49.5	26	12	1001	991		55 SEG.
7	56	26	12	933	994		52 SEG.
7	56	26	12	962	999		54 SEG.
7	56	26	12	964	1000		53 SEG.

CUADRO DE DATOS. SEMBRADORA NEUMÁTICA SORGO

	Hertz	Motriz	Conducido	Semillas Ideal	Semilla Real	psi	Tiempo (MIN)
1	60	26	25	4523	5041	7	04:21
1	60	26	25	4384	5027	7	04:16
1	60	26	25	4339	4992	7	04:12
2	38	26	12	2986	4992	7	03:19
2	38	26	12	3179	5039	7	03:24
2	38	26	12	3154	5047	7	03:24
3	47	26	12	2805	5044	7	02:49
3	47	26	12	2817	5047	7	02:41
3	47	26	12	2807	5047	7	02:47
4	56	26	12	2477	5064	7	02:23
4	56	26	12	2498	5073	7	02:21
4	56	26	12	2537	5023	7	02:24
5	47	36	12	1768	5034	7	01:59
5	47	36	12	2040	5030	7	02:03
5	47	36	12	2015	5054	7	02:00
6	53	36	12	1815	5025	7	01:51
6	53	36	12	1858	5059	7	01:52
6	53	36	12	1850	4996	7	01:52
7	60	36	12	1821	5047	7	01:43
7	60	36	12	1844	5062	7	01:43
7	60	36	12	1824	5019	7	01:43

CUADRO DE DATOS. SEMBRADORA MECÁNICA SORGO							
	Hertz	Motriz	Conducido	Semillas Ideal	Semilla Real	peso(g)	Tiempo (MIN)
1	34	9	24	4875	2481	76.9	05:00
1	34	9	24	4726	2477	85.9	05:01
1	34	9	24	4766	2434	76.9	05:00
2	52	9	24	4803	4003	125.3	05:01
2	52	9	24	4781	4083	130.2	05:00
2	52	9	24	4752	4049	127.4	05:01
3	38	16	24	4995	5313	165.9	05:01
3	38	16	24	5040	5544	175.2	05:01
3	38	16	24	4986	5303	168.3	05:01
4	48	16	24	5378	6749	221.4	05:00
4	48	16	24	5378	6890	217.4	05:00
4	48	16	24	5183	6777	215.3	05:00
5	58	16	24	5197	8123	260	05:01
5	58	16	24	5271	8059	260.5	05:01
5	58	16	24	5199	8161	263	05:00
6	56	16	20	5123	9136	305.3	05:00
6	56	16	20	5096	9488	320.8	05:04
6	56	16	20	5061	9366	311.3	05:00
7	34	24	16	4575	9866	326.9	05:01
7	34	24	16	4564	10343	344.8	05:00
7	34	24	16	4391	10370	341.4	05:00



PIEZA		CANT.	DESCRIPCION	ESP.	LARGO
1	2	PTRE 4"x4"	4 mm	1195 mm	
2	2	PTRE 4"x4"	4 mm	1090 mm	
3	2	SOLETA 4"	12.7 mm	1144 mm	
4	3	PTRE 4"x4"	4 mm	2007 mm	
5	1	PTRE 4"x4"	4 mm	1747 mm	

MATERIALS

	EVALUACION Y MODIFICACION DE UN DOSIFICADOR DE SEMILLAS PARA SUPERFICIES PEQUEÑAS
	CENTRO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO DEL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE INGENIERÍA VENEZUELA
	VENEZUELA

USER: REVDATA FRAME

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Cadena Z. M., Valenzuela G. J. R., De la Peña C. B. E., Gaytan M. T. 2000. Informe de las actividades realizadas con la maquinaria bajo contrato de comodato "UAAAN – New Holland". Departamento de Maquinaria Agrícola Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
2. Colombino A. A., Pollacino J.C., 1996. Diseño y construcción de un banco de ensayos para conjuntos dosificadores de sembradoras y fertilizadoras., revista facultad de agronomía., 16 (1-2) 69-72
3. Daberkow, S.; Fernandez-Cornejo, J. and M. Padgett. 2002. Precision Agriculture Technology Diffusion: Current Status and Future Prospects. Presented at the 6th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, MN, (USA) July 14-17, 2002. 15 pp.
4. ELIAS, A. I., Mapeamento da colheita mecanizada de grãos utilizando um sistema de posicionamento global. Piracicaba, 1997. 37p. Exame de Qualificação – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, USP.
5. García B.S Gracia L. C., Serwatowski H. R 2000 Diseño y construcción de un banco d ensayos para el estudio de equipos neumáticos de siembra. Memorias del congreso latinoamericano de ingeniería agrícola (CLIA), X congreso nacional de ingeniería agrícola (AMIA), Guanajuato Gto,. México.
6. Kepner R. A.,Barger E. C., 1978 Principles of farm machinery. Third edition, The AVI Publishing Company. Inc. Connecticut, USA.
7. Lowenberg-DeBoer, J. 1997. A bumpy road to the adoption of precision agriculture. Purdue Agricultural Economics Report. Nov. 1997. http://www.agecon.purdue.edu/extension/pubs/paer/pre_98/paer1197.pdf.
8. Norton, G.W. and S.M. Swinton. 2001. Precision Agriculture: Global Prospects and Environmental Implications. Forthcoming in G.H. Peters and P. Pingali, eds. Tomorrow's Agriculture: Incentives, Institutions, Infrastructure and Innovations: Proceedings of the 24th International Conference of Agricultural Economists, 2000. London: Ashgate.

9. Ozuna Villatoro José Manuel; 2003, Desarrollo de un banco modular para la evaluación bajo condiciones de laboratorio de sembradoras integrales, Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Mecánico Agrícola.
10. Ramírez Tejeda A. 2000 Desarrollo de un sistema semiautomático para el control de la frecuencia de dosificación de semilla, Tesis, Licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz. Ver; México.
11. Secretaria de economía norma mexicana, NMX-0-168-SCFI-2001. tractores, implementos, y maquinaria agrícola- sembradoras- sembradoras unitarias y/o fertilizadoras, accionadas mecánicamente, con dosificador de semilla de disco específicamente y métodos de prueba
12. Thompson, S. (1989). Control Systems Engineering and Design Longman Group UK, Limited.

