

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



Dosis Variable de Semillas y Evaluación de Piloto Automático

Por:

JOSÉ DOMINGO ÁLVARO DEARA

Tesis

**Presentado como Requisito Parcial para Obtener
el Título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

AGOSTO 2018

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

Dosis Variable de Semillas y Evaluación de Piloto Automático

POR:

JOSÉ DOMINGO ÁLVARO DEARA

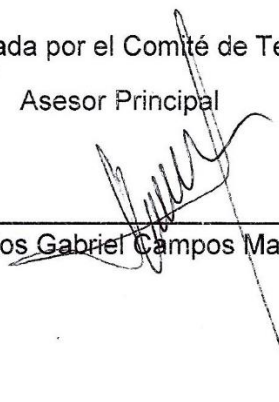
TESIS

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

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

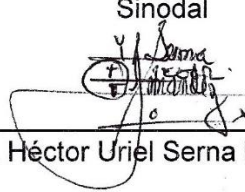
Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor Principal



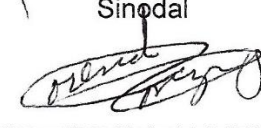
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Sinodal



MC. Héctor Uriel Serna Fernández


Sinodal



Ing. Rosendo González Garza



Coordinador de la División de Ingeniería



Dr. Luis Samaniego Mofeno

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Agosto, 2018.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Principalmente agradezco a Dios, por darme vida, y la oportunidad de llegar a una meta importante en mi vida, gracias por darme la perseverancia y la fortaleza para seguir adelante.

A la UAAAAN por haberme acogido y darme la oportunidad de terminar una carrera profesional, así como brindarme las herramientas necesarias de seguir desarrollando las habilidades para hacer frente a las circunstancias de la vida. Gracias Alma Mater.

A mis profesores que marcaron con sus enseñanzas mi futuro que han creído en mí como un profesional de confianza y siempre estuvieron ahí para darme una mano de ayuda.

Papá, gracias por tu apoyo, la orientación que me has dado, por iluminar mi camino y darme la pauta para poder realizarme en mis estudios y mi vida. Agradezco los consejos sabios que en el momento exacto has sabido darme para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a tomar las decisiones que me ayudan a balancear mi vida y sobre todo gracias por el amor tan grande que me das.

Mami, tú eres la persona que siempre me ha levantado los ánimos tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil como personal. Gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que

siempre tienes para mis enojos, mis tristezas y mis momentos felices, por ser mi amiga y ayudarme a cumplir mis sueños.

A mis hermanos, que de una u otra manera son la razón por la cual me vi en este punto de mi vida, a puertas del título profesional tan anhelado.

A todos mis compañeros de generación

Sotero, David, Gustavo, Cristian, Levi, Carlos Eduardo, Esli, Daniel, Eduardo Rey, Ricardo Antonio, Pedro, Emiliano, Ricardo, Favian, Joel, Jorge, David Ávila, Abenamar, Jehu.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Agricultura de Precisión	3
3.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	8
3.3. Sistema de Información Geográfica (SIG)	9
3.4. Manejo de Sitio Específico.....	11
3.5. Variabilidad	12
3.6. Mapas de prescripción	12
3.7. Dosis Variable.....	13
3.8. Limitantes a la adopción y problemas relacionados a la utilización de AP....	14
IV. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS	15
4.1. Materiales equipo y software	15
4.2. Evaluación del performance del dosificador de vacío de sembradora John Deere en función del porcentaje de llenado de celdas	23
4.3. Ajustes de la sembradora John Deere 1030 para la Evaluación de uniformidad de siembra.....	24
4.4. Evaluación Piloto Automático John Deere	25
4.5. Metodología para la obtención de mapas de prescripción.....	30
4.6. Instalación del Motor hidráulico RAWSON.....	33
V. RESULTADOS.....	36
5.1. Comportamiento de un dosificador neumático bajo condiciones de laboratorio. .	36
5.2. Evaluación del sistema de Piloto Automático.....	39

5.3. Mapa de Prescripción Generado en Farm Works Mapping de Trimble	46
5.4. Resultados de la prueba del motor Rawson acoplada a la Sembradora Neumática 1700	47
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
6.1. Conclusiones.	51
6.2. Recomendaciones.	51
VII. REFERENCIAS.....	52
VIII. ANEXOS	57
ANEXO A.....	57
A.1 Abrir software.....	57
A.2 Crear un proyecto	58
A.3 Como leer datos de tarea (parcela)	61
A.4 Agregar un suministro.....	68
A.5 Crear una vista	75
A.6 Crear un Plan de Aplicación	77
A.7 División de la parcela en lotes	79
A.8 Exportar el mapa de aplicación de dosis variable.....	85
ANEXO B.....	88
B.1 Agregar aplicaciones a la pantalla FmX	88
ANEXO C.....	91
C.1 Cargar mapa de prescripción a la pantalla FmX.....	91
ANEXO D.....	95
D.1 Configuración de Field-IQ	95
ANEXO E.....	104
E.1 Configuración del implemento	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4. 1	Conexión Field-IQ a la pantalla FmX.	18
Figura 4. 2	Descripción y Número de partes para conectar el controlador Field-IQ a la pantalla FmX.	19
Figura 4. 3	Sembradora John Deere 1030.	20
Figura 4. 4	Sembradora John Deere 1700.	21
Ecuación 1	Semillas por minuto.	24
Ecuación 2	Porcentaje de llenado.	24
Figura 4. 5	Calibración del TCM.	26
Figura 4. 6	Invertir posición del tractor.	27
Figura 4. 7	Resultado de la Calibración.	27
Figura 4. 8	Pivote central.	28
Figura 4. 10	Metodología para generar mapas de prescripción.	30
Figura 4. 11	Proceso Levantamiento Topográfico.	31
Figura 4. 12	Diseño de placas de sujeción.	33
Figura 4. 13	Torno del taller del Departamento de Maquinaria.	34
Figura 4. 14	Diseño de la placa (a), Taladro radial (b).	34
Figura 4. 15	Diseño del soporte del motor.	35
Figura 5. 1	Gráfica de línea ajustada.	39
Figura 5. 2	Secciones trabajadas en la parcela uno con coordenadas N25° 14' 13.2252" w100° 48' 10.1088".	40
Figura 5. 3	División de la parcela dos.	42
Ecuación 3	Pérdida de Eficiencia en Superficie.	42
Figura 5. 4	Croquis de la parcela tres.	43
Figura 5. 5	Prueba uno de Consumo de Combustible.	44
Figura 5. 6	Prueba dos de Consumo de Combustible.	44
Figura 5. 7	Mapa de prescripción.	47
Figura 5. 8	Soporte y placas soldadas.	47
Figura 5. 9	Ensamble de Componentes.	48
Figura 5. 10	Acoplamiento de Mecanismos.	48

Figura 5. 11	Conexión del Sistema con la sembradora.	49
Figura 5. 12	Pruebas en campo.	49
Figura 5. 13	Sistema acoplado a la sembradora.	50
Figura A. 1	Icono del Software.	57
Figura A. 2	Comprobar Actualizaciones.	57
Figura A. 3	Selección del Proyecto.	58
Figura A. 4	Agregar Nuevo Proyecto.	59
Figura A. 5	Seleccionar Proyecto.	60
Figura A. 6	Sistemas de Medidas y Georeferenciación.	60
Figura A. 7	Proyecto en blanco.	61
Figura A. 8	Leer Datos de Tareas.	62
Figura A. 9	Seleccionar archivo.	63
Figura A. 10	Progreso de importación.	64
Figura A. 11	Enlazar archivo.	65
Figura A. 12	Archivo vinculado.	65
Figura A. 13	Ver el mapa importado.	66
Figura A. 14	Mapa importado.	67
Figura A. 15	Visualizar Carreteras y Calles.	67
Figura A. 16	Nuevo suministro.	68
Figura A. 17	Ingresar información del suministro.	69
Figura A. 18	Productos y Cultivos.	69
Figura A. 19	Commodity.	70
Figura A. 20	Propiedades del producto.	70
Figura A. 21	Terminar configuración de Productos y Cultivos.	71
Figura A. 22	Propiedades del Suministro.	71
Figura A. 23	Aplicar a lotes.	72
Figura A. 24	Aplicar grupo de trabajo.	72
Figura A. 25	Tareas planeados.	73
Figura A. 26	Cultivo de la Empresa.	73

Figura A. 27	Seleccionar Producto.....	74
Figura A. 28	Añadir Tipo de Tarea.	74
Figura A. 29	Secuencia para crear una Vista.	75
Figura A. 30	Vista Nueva.....	77
Figura A. 31	Plan de Aplicación.	77
Figura A. 32	Crear Plan de Aplicación.....	78
Figura A. 33	Actividades Agrícolas.....	78
Figura A. 34	Dosis por Defecto.	79
Figura A. 35	Invertir Selección.	79
Figura A. 36	Mapa seleccionado.	80
Figura A. 37	Fusionar mapa.	80
Figura A. 38	Herramientas de División.....	81
Figura A. 39	Mapa Dividido.	82
Figura A. 40	Aplicar Dosis a cada bloque.....	82
Figura A. 41	Propiedades del objeto.	83
Figura A. 42	Cantidad y costos.	83
Figura A. 43	Guardar y Cerrar para crear el mapa de prescripción.....	84
Figura A. 44	Mapa de prescripción obtenida.	85
Figura A. 45	Seleccionar el archivo para exportar.....	85
Figura A. 46	Trabajo planeado.	86
Figura A. 47	Exportación de datos de trabajo.	86
Figura A. 48	Escribir datos de tareas.	87
Figura B. 1	Pantalla de inicio.	88
Figura B. 2	Configuración.	88
Figura B. 3	Pantalla de Configuración.	89
Figura B. 4	Pantalla de Configuración del sistema.	89
Figura B. 5	Ingresar Contraseña (2009).	90
Figura B. 6	Agregar Complementos.	90
Figura C. 1	Copiar archivo a la pantalla FmX.	91

Figura C. 2	Selección de Archivo de Datos.	91
Figura C. 3	Copiando el archivo de memoria USB a la memoria de la pantalla. ...	92
Figura C. 4	Pantalla de inicio.	92
Figura C. 5	Pantalla de Configuración.	93
Figura C. 6	Selección de Campo.	93
Figura C. 7	Prescripción a cargar.	94
Figura C. 8	Mapa de prescripción.	94
Figura D. 1	Pantalla de Configuración.	95
Figura D. 2	Programación de Material.	95
Figura D. 3	Agregar Configuración.	96
Figura D. 4	Asignar material deseada.	96
Figura D. 5	Configuración de híbrido.	97
Figura D. 6	Configuración de rangos.	97
Figura D. 7	Material configurado.	98
Figura D. 8	Configuración de operación.	98
Figura D. 9	Constante de Calibración.	99
Figura D. 10	Terminar Configuración.	99
Figura D. 11	Configurar Control.	100
Figura D. 12	Control de secciones.	100
Figura D. 13	Relación de engranajes.	101
Figura D. 14	Terminar en Programar Controlador.	101
Figura D. 15	Configuración de Control de Surcos.	102
Figura D. 16	Configuración de Sensores.	102
Figura D. 18	Asignar el Material.	103
Figura E. 1	Configuración de Implemento.	104
Figura E. 2	Configurar el tipo de Operación.	104
Figura E. 3	Configurar medidas.	105
Figura E. 4	Configuración de geometría.	105
Figura E. 5	Configuración de límites.	105

Figura E. 6	Configuración de interruptores.....	105
Figura E. 7	Configuración de sensor de elevación de implemento.....	105
Figura E. 8	Configuración de interruptores.....	105

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3. 1	Perspectivas de la Agricultura de Precisión	7
Cuadro 4. 1	Ajustes de la Sembradora	24
Cuadro 5. 1	Pruebas del Dosificador Neumático	36
Cuadro 5. 2	Medias de semillas min^{-1} y porcentaje de llenado.....	37
Cuadro 5. 3	Análisis de Varianza.....	37
Cuadro 5. 4	Medias, Bloques Completamente al Azar.	38
Cuadro 5. 5	Comparación de Medias del porcentaje de llenado de celdas por efecto de la velocidad de dosificación.....	38
Cuadro 5. 6	Datos de la evaluación de la sembradora John Deere 1030.....	40
Cuadro 5. 7	Comparación de la parcela dos.....	41
Cuadro 5. 8	Datos de la parcela tres.	43
Cuadro 5. 9	Datos de Consumo de Combustible.....	45
Cuadro 5. 10	Observaciones del Piloto Automático.	45
Cuadro 5. 11	Observaciones de la Sembradora.....	45
Cuadro 5. 12	Opinión de los operadores.....	46
Cuadro 5. 13	Prueba de velocidad en km h^{-1} con 5 diferentes velocidades.....	50
Cuadro A. 1	Cuadro de Diálogo.....	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Semillas por minuto.....	24
Ecuación 2	Porcentaje de llenado.....	24
Ecuación 3	Pérdida de Eficiencia en Superficie.....	42

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue contribuir a la caracterización de la operación del piloto automático de la empresa John Deere así como la elaboración de mapas de prescripción de dosis variables de insumos empleando el software Farm Works Mapping de Trimble y su acoplamiento a la pantalla FmX con la facilidad del IQ. Se acopló satisfactoriamente el motor hidráulico marca Rawson para dosis variables de insumos a la barra de la sembradora *MaxEmergePlus* 1700. Con lo que respecta al comportamiento del dosificador de semillas de vacío, en el rango de velocidades de semillas por minuto evaluadas, se detectó que hay un porcentaje mayor de llenado de celdas al 100 por ciento lo cual nos indica que el nivel de vacío debe ser verificado antes de cada prueba. En la evaluación del piloto automático se detectó que se requiere hacer todos los ajustes necesarios previos a su uso como son: localización del centro de la antena con el centro del implemento, así como es importante los ajustes correctos del implemento, el centrado de los estabilizadores en el tractor para que su operación sea amigable una vez que se tiene los ajustes correctos. Se detalló el procedimiento de la elaboración del mapa de prescripción de semillas empleando el software Farm Works Mapping y la pantalla FmX de Trimble haciéndolo más amigable para su implementación. Se acopló favorablemente el motor hidráulico para la transmisión de la sembradora *MaxEmergePlus* 1700 para ser empleada en la dosis variable de insumos. No mostrando fallas en la alineación de las cadenas de transmisión.

Palabras claves: *Pantalla FmX, Dosificador de semillas de vacío, mapas de prescripción de semillas*

I. INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas que interesa a asesores y productores, en particular, es la dosis variable, que actualmente apunta a mejorar el manejo de los insumos, lo que dependerá del cultivo y del fertilizante que se utilice. Ejemplo de esto son los ensayos que buscan curvas de respuesta a la fertilización, que se realizan con nitrógeno y en gramíneas (maíz y trigo básicamente). Por ello, variar la dosis en estos cultivos y con éxito va a depender de los conocimientos que tengamos sobre rendimientos en los diferentes ambientes, el porcentaje de variabilidad del lote y del objetivo que persiga el asesor o productor. Algunos buscan obtener respuesta agronómica (en vez de una respuesta meramente económica) porque son dueños del campo y desean aportar rastrojos de calidad mediante el mayor aporte de fertilizantes, obteniendo de esta manera el máximo rendimiento (Bongiovanni *et al*, 2006).

La dosificación variable en la AP (Agricultura de Precisión) permite una aplicación específica según las necesidades de cada región, con dos métodos: Empleo de GPS para dividir el terreno según una rejilla, con celdas de tamaño arbitrario, posibilitando el acceso preciso a un punto de cada celda, recolección de muestras y aplicación de los fertilizantes adecuada para cada celda. Empleo de fotografías aéreas. Éstas se digitalizan, georreferencian, y basándose en sus características se determina la cantidad de fertilizante a aplicar en cada punto exacto del terreno. El GPS se encargará posteriormente de proporcionar cada coordenada a la fertilizadora, así como la cantidad a aplicar (Proietti, 2006).

El propósito de este trabajo fue la evaluación del performance del autoguiado de la empresa de John Deere (JD), el desarrollo de una metodología para la evaluación de los mapas de prescripción de insumos empleando el software Farm Works Mapping V2017 de Trimble a la pantalla de control FMX, la evaluación del performance de una sembradora de precisión de la empresa (JD) así como el acondicionamiento de una sembradora JD modelo 1700 a ser empleada con siembra variable de semillas

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Implementar un sistema de agricultura de precisión

2.2. Objetivos específicos

- Evaluación del comportamiento de un dosificador neumático bajo condiciones de laboratorio
- Evaluación del performance de un sistema de Piloto Automático bajo condiciones de campo
- Reelaboración de la secuencia de un mapa de prescripción empleando el Software Farm Works Mapping V2017 de Trimble.
- Acoplamiento de un motor hidráulico para el control de dosificación de semilla a una sembradora JD 1700.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión puede considerarse pues como un paso más hacia la precisión de las operaciones culturales manteniendo como objetivos el incremento de la competitividad de los productos (en calidad y cantidad) y el mantenimiento de la protección medioambiental (Gil, 2010).

En el término Agricultura de Precisión se engloban una serie de tecnologías de aplicación en la producción agraria, que tienen como factor común el uso de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) en la racionalización de la toma de decisiones y su precisa ejecución. Cualquier tarea que forme parte de las operaciones necesarias para la implantación de un cultivo es susceptible de ser realizado haciendo uso de alguna de las técnicas que integran la AP (Vega & Pérez, 2013)

Según Borghi (2014). La innovación de los productos argentinos, en lo que respecta a las herramientas de agricultura de precisión aplicadas a las máquinas agrícolas, han logrado un alto nivel tecnológico. En los últimos años el crecimiento de estas herramientas fue exponencial y también se vio reflejado en las exportaciones, especialmente en los países donde se encuentran máquinas sembradoras y pulverizadoras, tales como Sudáfrica, Australia y Ucrania.

La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos (González *et al.*, 2011)

La AP en el reconocimiento de la variabilidad espacial y temporal del clima, los suelos y los cultivos, y consecuentemente, de la importancia de proporcionar un manejo agronómico específico que tenga en cuenta esas diferencias. La agricultura de precisión, conocida también como agricultura específica por sitio, usa tecnologías de información espacial, tales como los sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas de información geográfica (SIG), para mejorar las decisiones agronómicas de diferentes cultivos (Lisarazo & Alfonzo , 2010)

El término Agricultura de Precisión (AP) significa optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo a través del uso de tecnologías más eficientes. En definitiva, la agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas, semillas, agroquímicos y correctivos (Best & Zamora, 2008).

La Agricultura de Precisión es un conjunto de actividades que incluyen la recolección y manejo de información, la cual permite tomar decisiones económicas y ambientalmente apropiadas para la producción de cultivos.

La recolección de la información se realiza espacialmente, con la ayuda del "DGPS", mientras que el manejo de la misma se hace a través de sistemas de información geográfica "SIG". El DGPS permite la localización en tiempo real de cada sector del lote, mientras que el SIG permite el manejo de la información generada en el terreno, en mapas georreferenciados (Bragachini & Méndez, 2004)

La aplicación de conceptos de AP usualmente se considera relativa a la agricultura sostenible o sustentable. Esta pretende evitar la aplicación de las mismas prácticas a un cultivo, sin tener en cuenta las condiciones locales de suelo y clima y puede ayudar a evaluar situaciones locales de enfermedad (Auernhammer, 2001).

En AP existen dos aproximaciones para la aplicación variable de insumos. La primera de ellas se basa en el muestreo y mapeo de los factores de producción a ser manejados en forma diferencial (fertilidad del suelo, malezas, etc.) y la posterior elaboración de mapas de prescripción para la aplicación variable de los insumos

(fertilizantes, herbicidas, etc.). La segunda aproximación es el sensoriamiento directo del suelo y/o el cultivo para la aplicación inmediata de los insumos en forma variable. El uso de una u otra dependerá del nivel tecnológico disponible y del costo de operación involucrado (Ortega, 1999).

La AP tiene el potencial de proporcionar a los productores modernas herramientas para manejar esos insumos que tienen que ser importados al campo. En lugar de aplicar fertilizantes o pesticidas indiscriminadamente en dosis uniformes sobre grandes áreas, la AP permite a los productores “afinar la puntería” con las aplicaciones de estas sustancias químicas. En cierto sentido, la AP sustituye algunos insumos físicos externos por la información y el conocimiento, acercando potencialmente el campo al ideal del balance biológico. Por supuesto, la tecnología informática y el conocimiento que hacen que la AP funcione, también son insumos externos. La esperanza que se pone en la AP es que sea menos desequilibradora de los sistemas naturales que los insumos físicos aplicados indiscriminadamente (Bongiovanni, 2001)

Herramientas fundamentales de la agricultura de precisión (Gil, 2010)

1. SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN GPS y DGPS

- ◆ El GPS permite conocer la posición de un vehículo en la parcela. Está basado en la utilización de un conjunto de satélites. Teniendo en cuenta las “interferencias” es necesario disponer, además de un receptor GPS, de una señal de corrección para obtener una precisión de medida compatible con los requerimientos agrícolas. Se habla entonces de un GPS o GPS diferencial

2. CAPTADORES DE RENDIMIENTO

- ◆ Asociados a un sistema GPS permiten la realización de cartografías de rendimiento, utilizables para posteriores razonamientos de actuación.

3. OTROS CAPTADORES DE ADQUISICION DE INFORMACION (SUELO, PLANTA, CLIMA)

- ◆ Sistemas más o menos automatizados capaces de recoger y almacenar información sobre los distintos aspectos de la parcela (textura del suelo, contenido de humedad, contenido en M.O y nutrientes), la planta (nivel de clorofila) y el clima. Se convierten en “ojos suplementarios” del agricultor.

4. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

- ◆ Paquetes informáticos que permiten tratar la información de diversas fuentes en su conjunto y establecer de forma ordenada la información relativa a un punto determinado.

5. MODELOS DE AYUDA PARA LA TOMA DE DECISIONES

- ◆ Para cada una de las operaciones culturales, existen diferentes modelos de ayuda basados en las características agronómicas de los cultivos y en los datos obtenidos con los captadores.

6. SISTEMAS PARA MODULAR LAS DOSIS DURANTE EL TRABAJO

- ◆ A partir de las cartografías establecidas, estos sistemas permiten la modificación en continuo y en tiempo real de las características de trabajo de los equipos.

La agricultura de precisión ha pasado de ser un proyecto de futuro a una realidad palpable. La rápida evolución de las tecnologías implicadas, con el consiguiente descenso de los costes de fabricación, y la necesidad de mantener un entorno productivo que permita la sostenibilidad de los medios, hace que los avances tecnológicos enfocados hacia una mejora de las condiciones de trabajo, un incremento de la precisión en la distribución y una garantía de calidad de los productos finales sea una necesidad.

Sin embargo queda todavía mucho camino por recorrer hasta la completa difusión de estas nuevas tecnologías en la agricultura convencional. Y gran parte de este camino hace referencia al nivel formativo del usuario. Uno de los aspectos que

mayor incidencia presentan en el análisis económico de la agricultura de precisión es el correspondiente al proceso de formación del usuario. La mejor de las tecnologías será incapaz de generar resultados positivos si no somos capaces de sacar el máximo partido a las prestaciones. Y esto pasa por el establecimiento de canales de comunicación y de transmisión de informaciones rápidas, seguras y eficaces entre las distintas figuras que intervienen en el proceso. No debemos olvidar que, al final, las máquinas trabajan en el campo y es el propio usuario el que debe conocer perfectamente las características, posibilidades y modos de actuación de las mismas (Gil, 2010)

Gil (2010) describe en el Cuadro 3.1, la situación y las perspectivas de la agricultura de precisión en labores de siembra.

Cuadro 3. 1 Perspectivas de la Agricultura de Precisión

			Medios disponibles	
<i>Operación cultural</i>	<i>Parámetros a considerar</i>		Hoy	Mañana
<i>Siembra</i>			Rendimiento medio de la parcela	Mapas de rendimiento
	<i>Dosis de semilla</i>		Condiciones generales del medio	Disponibilidad de nutrientes
			Variedad y época	Mapas topográficos
				Contenido de humedad

<i>Nivel de desmenuzamiento</i>	Sondeo manual con muestreos fijos	Captador en el apero (telemetría, análisis de imagen).
<i>Textura</i>	Mapas de suelos	Sondeo manual o automatizado a partir de mapas de resistividad o conductividad eléctrica
	Sondeo manual predeterminado	
	Sondeo a partir de mapas de rendimiento	
<i>Profundidad del suelo</i>	Mapas de suelos	Toma de muestras manual o automatizadas a partir de mapas de rendimiento, imágenes de satélites o fotos aéreas
	Sondeo manual predeterminado	
	Sondeo a partir de mapas de rendimiento	

3.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

el empleo del GPS permite que los agricultores puedan recopilar datos sobre sus terrenos de cultivo, ya sea durante la cosecha o previamente a ella, de tal manera que hoy por hoy los cultivos ya no han de ser necesariamente tratados como una superficie de terreno de características homogéneas, sino que pueden ser tratados acorde con sus características espaciales. Es decir, se ha pasado de trabajar en kilómetros cuadrados a trabajar en metros cuadrados. Esto se ve traducido en una mejor aplicación de pesticidas, semillas, riego, etc., todo lo cual conlleva un sustancial ahorro en costos variables de producción que, en su totalidad, compensan el gasto derivado del empleo de estas nuevas tecnologías (Pérez *et al.*,2002)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación por satélite basado en los satélites que orbitan la Tierra, y la transmisión de señales de radio a los receptores en tierra (es decir, dispositivos GPS). Sobre la base de mediciones de la cantidad de tiempo que las señales de radio viajan desde un satélite a un receptor, los receptores GPS calculan la distancia y determinar con gran exactitud la ubicación de sus antenas en términos de longitud, latitud y altitud. GPS se puede utilizar en diversas áreas tales como: la agricultura, la navegación marítima, la cartografía, topografía y otras aplicaciones donde se requiere un posicionamiento preciso (Oloufa & Abdel, 2001)

La AP reconoce que la producción agrícola depende del suelo, clima, manejo pasado y varía en el espacio y en el tiempo. Por lo tanto las decisiones de manejo varían en forma sitio y tiempo específica, y no rígidamente programados como existen en la realidad (Bragachini & Méndez, 2004)

Las aplicaciones de los sistemas de posicionamiento global y de navegación en la agricultura pueden ser muy diversas. No obstante, las más comunes que se pueden citar son las siguientes: determinación de los límites de la finca, guiado automático de maquinaria agrícola, asignar las coordenadas a las muestras tomadas con objeto de elaborar los mapas de producción u otra característica y determinar la actuación en cada punto. Un ejemplo de esto último, sería distribuir la dosis de fertilizantes y fitosanitarios en función de las coordenadas (Riquelme, 2011)

3.3. Sistema de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten superponer información obtenida a escalas diferentes de forma que la información correspondiente a una posición determinada de una parcela esté formada por múltiples capas informativas superpuestas e interrelacionadas entre sí. Por ejemplo, el sistema posibilita el establecimiento de relaciones entre mapas de rendimientos elaborados en años diferentes a una escala determinada, con los datos obtenidos en la misma parcela en cuanto a profundidad del suelo y contenido de materia orgánica a otra escala diferente. En general, estos sistemas aglutinadores de información suelen

comercializarse incorporados con los equipos receptores de la señal de satélite (GPS) (Gil, 2010)

Un SIG destinado a su utilización con fines agrícolas debe poder:

- ✓ Integrar los datos de diferentes fuentes de información para transformarlos en mapas directamente utilizables
- ✓ Aprovechar la información obtenida a partir de imágenes de satélites o fotos aéreas
- ✓ Establecer mapas de actuación diferencial para las distintas operaciones culturales, es decir, integrar los modelos agronómicos de decisión con la información obtenida
- ✓ Disponer de interfaces o “comunicadores” que permitan establecer relaciones directas con las distintas herramientas que intervienen (modelos agronómicos de ayuda a la toma de decisiones, sistemas GPS) y su posterior transmisión a los equipos capaces de realizar la aplicación modular.

El término SIG o sistema de información geográfica (Geographic Information System) se emplea para referirse a varios conceptos interrelacionados pero diferentes. Por una parte se utiliza para hacer referencia al programa o aplicación de ordenador que sirve para manejar mapas. Algunos autores restringen el término SIG a los programas de ordenadores capaces de, no solo permitir la visualización, consulta e impresión de los mapas, sino además realizar operaciones de análisis como superposiciones vectoriales o álgebra de mapas. (Mancebo, 2008)

La maquinaria agrícola moderna está equipada con la tecnología que permite la extracción de una gran cantidad de capas de información de cada sector o lote del campo. Una de estas capas son los “mapas de rendimiento”. Un mapa de rendimiento puede definirse como un modelo digital del lote conformado por un conjunto de puntos de mapeo registrados durante la cosecha del lote. Cada uno de estos puntos posee un conjunto de atributos tales como la humedad del suelo, rendimiento en quintales,

etc. La cantidad de puntos de mapeo que posee un mapa de rendimiento varía según el tamaño del lote y ronda en un promedio de 22.000 puntos. A medida que se suceden las diferentes campañas, se va generando una historia del campo (por lotes). Además de los mapas de rendimiento, se recolectan mapas de aplicación de fertilizantes, de re fertilización, de velocidad de siembra, de puntos de extracción de muestras de suelo con sus respectivos resultados, de ambientación, etc. El volumen de la información crece de manera exponencial a medida que pasa el tiempo, tornándose cada vez más compleja de administrar y manipular eficientemente (Uva & Campanella, 2009)

3.4. Manejo de Sitio Específico

La idea del Manejo Sitio Específico (MSE, área de mayor desarrollo dentro de la AP) es hacer lo correcto en el lugar adecuado y en el momento oportuno. Esta idea es tan vieja como la agricultura, pero durante la mecanización de la agricultura en el siglo XX hubo una gran motivación económica para tratar grandes extensiones de tierra con prácticas agronómicas uniformes. La AP proporciona una forma de automatizar el manejo sitio-específico usando la informática, por lo tanto haciendo que el manejo sitio-específico pudiera tener una aplicación práctica en la agricultura. La AP incluye todas las prácticas de producción agrícola que usan la informática para ajustar el uso de insumos de modo tal que permita obtener el producto deseado, o para monitorear dicho resultado, por ejemplo, la aplicación con Dosis Variable (DV), los monitores de rendimiento, los sensores, etc.(Bongiovanni, 2001)

El manejo sitio específico (MSE), o Agricultura de Precisión, es tratar áreas menores dentro de lotes de una manera distinta a la que se manejaría el lote entero. El manejo sitio específico reconoce e identifica variaciones en tipo de suelo, textura, color, y productividad dentro de los lotes, luego trata de manejar esa variabilidad en una escala mucho menor que en las prácticas normales. Incluye recolectar, interpretar y manejar gran cantidad de datos agronómicos detallados, de lugares precisos en los lotes en un intento de ajustar y mejorar la eficiencia de la producción de cultivos.

El concepto de MSE no es nuevo, pero nuevas herramientas de alta tecnología hacen más fácil manejar distintas áreas en los lotes de forma diferencial. Las

tecnologías de precisión incluyen sistemas de posicionamiento global diferencial (DGPS), monitores de rendimiento, sistemas de información geográfica (SIG o GIS), software de computación, y tecnología de dosis variable (VRT). Los muestreos intensivos de suelo y reconocimientos de campo completan el paquete tecnológico (Roberts, 2000)

Las prácticas de Manejo Sitio-Específico (MSE) serían recomendables en situaciones donde, en el potrero, exista una alta variabilidad de los factores de producción (fertilidad, malezas, agua, etc.) y los rendimientos varíen en función de ellos. Bajo estas condiciones, idealmente debieran aplicarse manejos diferenciales dentro del sitio en términos de fertilización, control químico de malezas, etc., en vez del tradicional manejo promedio utilizado en la actualidad (Ortega *et al.*, 1999)

3.5. Variabilidad

La variabilidad de las propiedades del suelo es una condición inherente al mismo, debido a que en su formación intervienen varios procesos diferentes que, a su vez, están controlados por los factores de formación (clima, material parental, organismos, relieve y tiempo). Estas interacciones pueden ser muy variadas dando como consecuencia una alta cantidad de suelos posibles (Jaramillo, 2011).

Dentro de un campo de cultivo con manejo agronómico homogéneo, la variabilidad de las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo usualmente conduce a diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas, y por ende en el rendimiento del cultivo (Srinivasan, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008).

3.6. Mapas de prescripción

Conocer en detalle la variabilidad química y física de los suelos permite ajustar los planes de nutrición a una tasa variada. Su correlación con la productividad puede tener mayor o menor impacto según los suelos: por ello, conocer el tipo de suelos ayuda a

complementar las recomendaciones e interpretar los mapas de productividad. Para construir los mapas de recomendación es necesario tener los análisis de suelos debidamente estructurados con protocolos de almacenamiento de datos que permitan ajustarlos, depurarlos y filtrarlos con calidad de información (Mosquera, 2011)

La aplicación variable de insumo es la etapa fundamental de la agricultura de precisión. En vez de aplicar una misma cantidad de insumos para todo el lote, se dosifican de acuerdo al potencial productivo de cada ambiente, permitiendo hacer un uso eficiente de los mismos (semillas, fertilizantes, etc.). En esta instancia también es clave GeoAgroGIS, ya que facilita la elaboración del llamado mapa de prescripción, donde se asignan las diferentes dosis por ambiente. Este mapa se carga en las sembradoras o fertilizadoras equipadas con sensores de dosificación variable, que realizan el trabajo a campo (GEOAGRO, 2012).

Según Damián (2011), un manejo por ambientes se puede aplicar menor cantidad de insumos para reducir los costos, y de esta manera aumentar el margen económico en las zonas con menor potencial; o se pueden obtener mayores rendimientos aplicando más insumos en las zonas con mayor potencial, lo que también mejoraría la relación costo-beneficio.

3.7. Dosis Variable

La tecnología de dosis variable es la herramienta que permite la implementación de decisiones de manejo en MSE. Una máquina para aplicaciones equipada con hardware y software controla aplicaciones variables en tres áreas: siembra, pulverización y fertilización. La idea es relativamente simple. Comienza con información oportuna precisa, ej. Varios años de mapas de rendimiento, datos de análisis de suelo, ubicación de infestación de malezas, etc. Se realiza un mapa de prescripción utilizando un software GIS, y el aplicador variable acoplado a un DGPS aplica la dosis correcta de semilla, herbicida o fertilizante exactamente donde se necesita (Roberts, 2000)

La idea fundamental en que se basa la Agricultura de Precisión es que se debe aplicar los insumos en cantidades que se puedan aprovechar en su totalidad, y que cada área del lote exprese el máximo potencial económicamente posible. Según esto, ahorraríamos insumos en las áreas de bajo rendimiento potencial sin disminuir el rendimiento (que era bajo), para trasladarlo a las áreas con mayor potencialidad, que si pueden aumentar la producción aprovechando los insumos correctamente. (Roberts, 2000)

3.8. Limitantes a la adopción y problemas relacionados a la utilización de AP

Las causas mencionadas más frecuentemente para justificar la no adopción fueron la falta de especialización tanto de profesionales como de operarios (64% y 44%) y la escasa disponibilidad de capacitación (52%), con un porcentaje más bajo se mencionó el alto costo de la tecnología (41%) y menos del 30% señaló como limitante al costo de los servicios que se contratan, la existencia de pocas empresas de servicios, la falta de fuentes de financiamiento y el beneficio económico y agronómico aún no suficientemente demostrado. De manera esperable para estas el costo de la tecnología no fue una limitante. Los usuarios de AP mencionaron como principal problema la escasa capacitación del personal (55%). Los usuarios más recientes también plantearon que se requiere una mayor especialización para el procesamiento de los datos, mientras que los adoptantes tempranos mencionaron como un problema la incompatibilidad entre equipos y/o software. Estos últimos también resaltaron el escaso servicio post venta de las empresas y en menor proporción el tiempo requerido para el procesamiento (Melchiori *et al.* 2013)

IV. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo para las condiciones de laboratorio en el Departamento de Maquinaria Agrícola.

Para las evaluaciones bajo condiciones de campo se realizaron en el Rancho Guadalupe con coordenadas $N25^{\circ} 14' 13.2252''$ $w100^{\circ} 48' 10.1088''$. Se utilizó un predio de 40 hectáreas.

4.1. Materiales equipo y software

Software

- Farm Work Mapping Trimble
- Simulador FmX

Farm Works Mapping de Trimble

Es un software que permite una gestión avanzada para la administración de campos y clientes, acceso a herramientas básicas de contabilidad para controlar los factores de flujo de efectivo del día a día, importación y creación de mapas de rendimiento, análisis de muestras de suelo, mapas de aplicación de agroquímicos y fertilizantes, tipos de suelo, drenaje, fotos y otros datos de importancia.

Simulador FmX

Es una herramienta que permite simular en tiempo real las diferentes facilidades de control de diferentes implementos como dosis variable, control automático y nivelación que realiza la pantalla FmX.

Equipos

- ❖ Módulo Dosificador de Precision Planting

- ❖ Pantalla integrada FmX
 - Field IQ
 - Manual Guidance
 - Survey
- ❖ Antena de corrección RTK
- ❖ Tractor John Deere 6403 con cableado para sistema con piloto automático y VRT.
- ❖ Sembradora neumática de labranza de 4 hileras John Deere 1030
- ❖ Sembradora neumática de labranza de 4 hileras John Deere 1700
- ❖ Piloto automático John Deere
 - Antena receptora GPS StarFire6000
 - Pantalla de Sistema de Piloto automático John Deere 2630
 - Kit Universal Auto Trac
 - Arnés de conexión
- ❖ LogBook 360
- ❖ Motor hidráulico RAWSON

Módulo Dosificador de Precision Planting

Estos módulos de sembradoras cuentan con un sensor optoelectrónico para conteo de semillas reales, un sensor de efecto HALL para el conteo de semillas ideales, así como tarjetas electrónicas, con un micro controlador, para la rectificación de señales.

Pantalla integrada FmX

Permite realizar una amplia gama de operaciones de agricultura de precisión. Permite un buen rendimiento y control al contar con un sistema de doble recepción GPS/GNSS que permite actualizar para obtener mejores calidades y rangos de precisión con las señales OmniSTAR, RTX, RTK y GLONASS. Debido a sus prestaciones avanzadas en todas las etapas del ciclo del cultivo, desde la preparación del terreno a la cosecha, aumenta la productividad a lo largo de todo el año. Permite la guía, dirección y registro de varias aplicaciones para agricultura de precisión en actividades como: control de aplicaciones, nivelación y/o drenaje de terrenos, preparación de terrenos, control de equipos de aspersión, siembra y cosecha. Cuenta con la aplicación Field IQ que se utiliza para el control de aplicación de dosis variable, monitoreo de semilla. Para el uso de las aplicaciones se requiere su activación previa siguiendo la metodología descrita en el Anexo B. Para configurar el controlador Field IQ en la pantalla FmX Anexo D y para configurar el implemento Anexo E.

OmniSTAR: Es un sistema global de transmisión diferencial GPS en tiempo real utiliza una red de estaciones de referencia (o estaciones base) para medir los errores indicados dentro de la señal GPS. RTX: Combina datos en tiempo real con posicionamiento innovador y con algoritmos de compresión, para proporcionar más de 4 centímetros de precisión repetitiva, con apenas un minuto de convergencia en áreas seleccionadas. GLONASS: Es un sistema global de navegación por satélite.

Field IQ

Es un sistema para el control de secciones y de aplicaciones de dosis variable que evita la superposición de semillas y fertilizantes, controla la dosis de aplicación de productos y monitorea la dosis de semilla o el bloqueo de fertilizante. Controla simultáneamente la dosis de aplicación de hasta seis materiales diferente incluyendo granos gruesos, granos finos, fertilizantes granulados, líquidos y amoniaco anhidro en distintas combinaciones. El control de dosis variable de productos puede conseguirse con un mapa de prescripción VRA (Aplicaciones de tasa variable); o en tiempo real con un sistema GreenSeeker para administrar eficazmente la necesidad de fertilizante de su lote. El registro del área real tratada indica donde se han aplicado insumos y automatiza los informes de registro. En la Figura 4.1, se muestra la conexión del IQ y en la Figura 4.2, se describe las partes del IQ para conectar a la pantalla FmX.

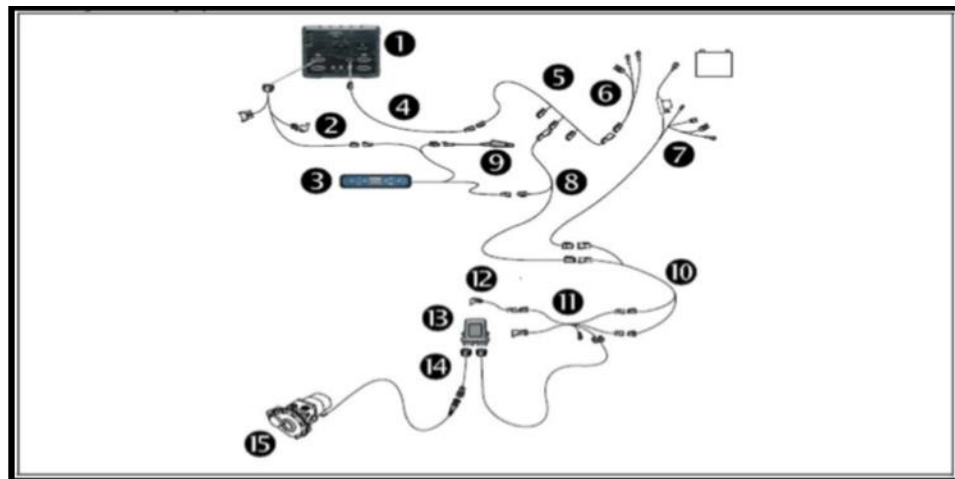


Figura 4. 1 *Conexión Field-IQ a la pantalla FmX.*

	Descripción	Numero de pieza
1	Pantalla integrada AgGPS FmX	93100-01
2	Pantalla integrada FmX al cable Field-IQ	75834
3	Caja de interruptores Field-IQ	75050-01
4	Cable de alimentación de la pantalla	66694
5	Canal de energía	67259
6	Cable de alimentación básico	67258
7	Montaje de cable, conexión de energía a enganche	76941
8	Montaje de cables, conexión de la cabina CAN a enganche	77368
9	Interruptor de pedal remoto (opcional)	60490
10	Cable de extensión de alimentación CAN	75528-XX
11	Módulo de cable Rawson	75527
12	Herramienta final del equipo (incluye la P/N 75491)	75526
13	Módulo de control Rawson	75070-00
14	Motor Rawson CPC a cable DTM	75531
15	Un solo piñón Rawson PAR 40 motor	304152

Figura 4. 2 Descripción y Número de partes para conectar el controlador Field-IQ a la pantalla FmX.

Manual Guidance

Las pantallas de guía de Trimble ayuda a monitorear y mapear con precisión la información de campo en tiempo real.

Survey

Es una aplicación de la pantalla FmX usada para mapear campos, crea límites, puntos interiores y las superficies con facilidad, calcula e informa sobre la verdadera superficie de su estudio de la zona-para cobertura de campo óptimo y diseños de superficie precisos. Analiza una vista 3D de los datos de elevación para entender fácilmente la disponibilidad de agua dentro en el lote. Crea mapas de los canales y todo el sistema de tuberías e ingresa información, tal como el tipo de material a usar y el tamaño de la tubería.

Antena de corrección RTK

Del inglés Real Time Kinematic o navegación cinemática satelital en tiempo real, esta es una técnica usada para la topografía y navegación marina basado en el uso de medidas de fase de navegación con señales GPS, GLONASS. Donde una sola

estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniendo una exactitud submétrica; es decir la equivocación que puede cometerse en la ubicación es menor a 1 metro. La estación base RTK envía correcciones mediante un transmisor de radio a los receptores móviles que hay en el vehículo. El sistema cuenta con un error de 2.5 cm y un alcance entre el receptor-estación base de 13 km de radio, el receptor tiene la capacidad de mandar mensajes de corrección hasta 5 veces por segundo.

Tractor John Deere 6403

Para este trabajo se utilizó el tractor John Deere 6403 de 105 hp con sistema hidráulico de centro abierto con bombas de engranes a 66.62 litros por minuto y una velocidad nominal del motor de 2100 rpm.

Sembradora neumática de labranza de 4 hileras John Deere 1030

La sembradora 1030, Figura 4.3, cuenta con 2 botes para fertilizante, 4 botes para semillas y 4 botes para granulados. Con la sembradora 1030 se tiene como en labranza reducida, se a las condiciones de terreno en sus diferentes texturas. Se siembra con vacío y sin vacío. El mando para el sistema de vacío, se genera con una Bomba Hidráulica conectada a la Toma de Fuerza del Tractor, con esto se obtiene mayor productividad en campo.



Figura 4.3 Sembradora John Deere 1030.

Sembradora neumática de labranza de 4 hileras John Deere 1700

La sembradora 1700, Figura 4.4, está equipada con un bastidor fijo rígido, 4 botes para fertilizante y 4 botes para semillas.



Figura 4. 4 Sembradora John Deere 1700.

Piloto automático John Deere

El piloto automático nos ayuda a realizar un mejor trabajo de laboreo, debido a que ocupa sistemas de posicionamiento global, dando más confianza y seguridad al operador cuando se realiza la labor.

Antena receptora GPS StarFire 6000






El receptor StarFire 6000 capta hasta 3 señales de satélites de corrección en paralelo y ofrece así la mejor señal de corrección y cobertura de señal superiores a las de las anteriores.

- Recibe señales satelitales y de corrección
- Genera una posición geográfica

Pantalla de Sistema de Piloto automático John Deere 2630




El monitor GS3 2630 de John Deere es un monitor que presenta una pantalla táctil que permite controlar una variedad de aplicaciones, máquinas e implementos de precisión

Sus características:

-  Capacidad de video
-  Compatible con USB
-  Modo de espera
-  Localizador de terreno
-  Control de máquina e implemento.

Kit Universal Auto Trac

Características

-  Solución para flota mixta de máquinas
-  Reduce la fatiga del operador
-  Reduce la compactación del suelo

Arneses de conexión

Los arneses de conexión ya están instalados en el tractor que se usó para este proyecto.

LogBook 360

Es un sistema de adquisición de datos basados en PC, el cual combina la inteligencia a bordo con una PC-Card extraíble que almacena el archivo de configuración y los datos recogidos. En la carpeta de Bitácoras tienen muchas opciones, la mayoría de los cuales son detallados en el capítulo LBK, y en las tarjetas opcionales DBK y documentos Módulos. Tener en cuenta que la conexión PC puede ser por puerto serie o paralelo.

Motor hidráulico RAWSON

El motor RAWSON controla la sección modular, la aplicación de tasa variable y sistema avanzado de monitoreo de semillas para todas sus operaciones de siembra, nutrientes y manejo de plagas.

Características

- ✚ Reemplaza los mecanismos de rueda-sembradora eliminando las cadenas, los embragues y el deslizamiento de ruedas
- ✚ Compatible con la pantalla TMX-2050 y la pantalla integrada FmX
- ✚ Compatible con muchos controladores de terceros.

4.2. Evaluación del performance del dosificador de vacío de sembradora John Deere en función del porcentaje de llenado de celdas

El desarrollo de la prueba se llevó a cabo en el del Departamento de Maquinaria Agrícola. Para el acondicionamiento del prototipo de banco de pruebas de dosificadores de semillas se utilizó el laboratorio de prácticas, el cual consta con la herramienta necesaria para el desarrollo del trabajo.

Se empezó con hacer los ajustes necesarios en el dosificador verificando las conexiones de las mangueras de flujo de semilla y la de vacío, se prosigue a cargar las semillas en el dosificador. Para estas pruebas bajo condiciones de laboratorio se empleó el software de instrumentos virtuales de Lab VIEW para el registro de datos

como son semillas reales vs semillas ideales, así como el tiempo de caída entre cada evento.

Una vez hecho los ajustes anteriores, con el software se calibra los voltajes deseados para las pruebas. El software marca el número de semillas reales y semillas ideales contadas durante las pruebas.

En cada prueba se consideró 1000 semillas reales. Para cada voltaje (2, 3, 4, 4.5, 5, 5.5) volts se realizaron tres pruebas tomando nota de los datos; tiempo, semillas reales y semillas ideales. Para el cálculo de la eficiencia del llenado de celdas se empleó la Ecuación 2.

Ecuación 1 Semillas por minuto

$$\text{SEMILLAS POR MINUTO} = (\text{SEMILLAS IDEALES} * 2) / \text{TIEMPO}$$

Ecuación 2 Porcentaje de llenado

$$\% \text{ DE LLENADO} = \left(\frac{\text{SEMILLAS REALES}}{\text{SEMILLAS IDEALES} * 2} \right) * 100$$

4.3. Ajustes de la sembradora John Deere 1030 para la Evaluación de uniformidad de siembra.

Los ajustes realizados a la sembradora previo a la siembra se encuentran enumerados en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Ajustes de la Sembradora

Número de Ajuste	Descripción
1	En el proceso de calibración de la sembradora, se ajustó a un distancia entre hileras a 0.82 m.

2	Después se ajustaron los trenes de la sembradora quedando colineales a las ruedas motrices del tractor.
3	También se hizo ajustes en los discos abre surcos de las semillas respecto al del fertilizante haciendo un desfase de 5 cm respectivamente.
4	Se hizo una rectificación de los componentes de los botes de fertilizante y botes de semilla (mangueras, platos dosificadores).
5	Se conectó la Bomba Hidráulica en la Toma de Fuerza del Tractor para el mando de vacío con el que trabaja el tractor.
6	Se ajustaron los mecanismos de engranes motriz y conducido de acuerdo a las especificaciones para la densidad de siembra requerida. Para este caso en el engrane motriz se trabajó con uno de 20 dientes y el engrane conducido quedando con un engrane de 18 dientes para una densidad de siembra aproximadamente de 7.78 semillas por metro.
7	Se ajustó el vacío en el vacuómetro de acuerdo a la velocidad y a las revoluciones con las que se tuvo que hacer la evaluación. Para este caso el vacío fue de 9.5 pulgadas de agua, la velocidad B 2 y las revoluciones de 1200 RPM.
8	Para rectificar el cumplimiento en la dosificación de la sembradora se hizo un prueba durante el ajuste, dando 10 vueltas a la rueda que acciona a los botes de la sembradora, las 10 vueltas equivalentes a 22.8 m porque la rueda motriz de la sembradora tiene un perímetro de 2.28 m, durante esta prueba la sembradora tiró en promedio 178 semillas.

4.4. Evaluación Piloto Automático John Deere

Para la evaluación del piloto automático es necesario la calibración del TCM (Terrain Compensation Module) y para esta calibración se tiene que seguir una serie de instrucciones.

- ✚ Para empezar con la calibración es indispensable posicionar el tractor en un terreno plano donde sea fácil de maniobrar y alejado de líneas de electricidad de alta tensión.
- ✚ Una vez que se acepte hacer la calibración desde la pantalla, se debe de seguir 5 pasos, que se enumeran a continuación.

1. La pantalla nos informa de las acciones a realizar, como se observa en la Figura 4.5. En este primer paso es estacionar el tractor en una superficie plana marcando una referencia en un eje fijo del tractor.

- Podemos escoger algún punto fijo como el eje trasero, eje delantero, eje de impulsión, en tractores con orugas o el centro de vehículo que nos sirva como eje fijo de referencia.
- Una vez posicionado y marcado la referencia que tomemos le damos en aceptar.

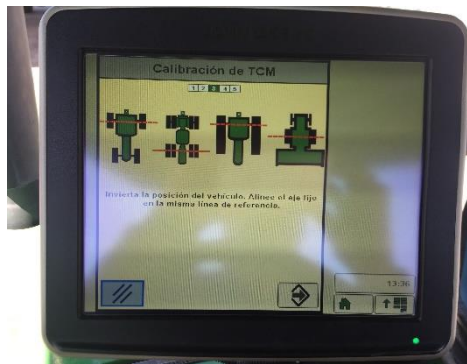


Figura 4.5 Calibración del TCM.

2. Invertir la posición del tractor.

Posicionar el eje fijo sobre la misma línea de referencia del paso 1 una vez que se gire el tractor. Pulsamos aceptar nuevamente en la pantalla, Figura 4.6.



Figura 4.6 *Invertir posición del tractor.*

3. El sistema nos informa de, si la calibración fue exitosa o hubo inconvenientes en la misma.
4. Cualquiera que sea el resultado pulsar en Aceptar, de ser el resultado erróneo como se ve en el lado izquierdo de la Figura 4.7, hay que repetir el procedimiento y si el procedimiento fue exitoso como se observa en el lado derecho de la Figura 4.7, concluir con la calibración.

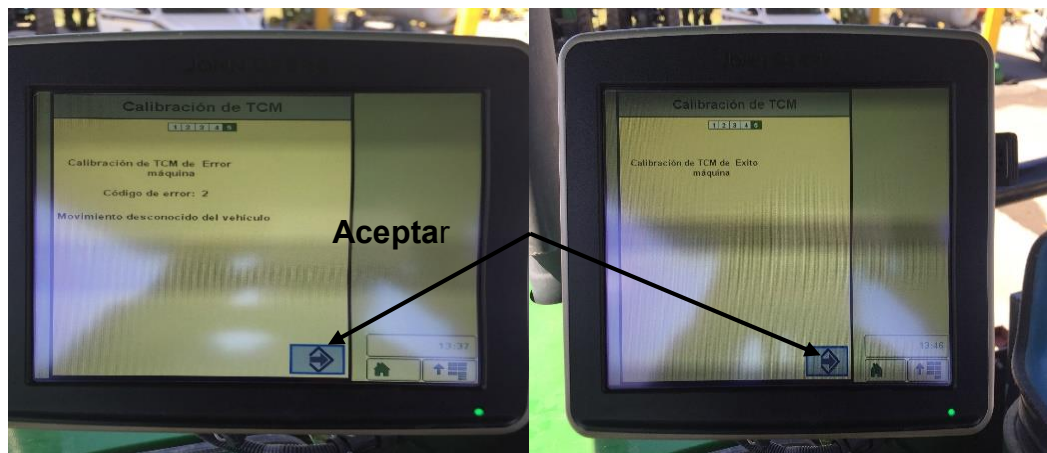


Figura 4.7 *Resultado de la Calibración.*

Después de concluir la calibración del equipo, se prosigue a la siguiente etapa de evaluación, en este caso fue la siembra con el Piloto Automático en una superficie de terreno de 11 hectáreas, Figura 4.9.



Figura 4. 8 Pivote central.

Para esta evaluación se siguieron los siguientes pasos:

- 1 En la parte superior derecha de la pantalla darle clic en el icono Anular para pasar al siguiente ventana
 - Se selecciona el botón Menú
 - Seleccionar StarFire6000
 - Revisar información GPS para verificar si está conectado a los satélites
 - Abrir ventana de Green Star
 - Ir a configuración y seleccionar SF3
- 2 Calibrar el TCM, este paso se definió en el comienzo del apartado **Evaluación Piloto Automático John Deere**
- 3 ir a GS3
 - Pulsar el icono Mapeo

- Ir a Límite para marcar el perímetro del terreno donde se va a trabajar.
- Después de haber marcado el Límite del terreno nos vamos a Guiado y dentro de este seleccionar Ajustar Pasadas y en este ingresar el número de pasadas requeridas

4 Marcar puntos A y B

- Dentro del terreno a trabajar, fijar un punto A y luego seleccionar en la pantalla Marcar punto A
- Para marcar el punto B, tomar un punto de referencia para empezar a marcar una línea recta y estando al final de la recta pulsamos en la pantalla Marcar B, las líneas de guía se ajustan paralelamente a línea A-B marcado.
- Después de haber marcado los puntos A y B, podemos comenzar a trabajar, partiendo desde la línea trazada ya que el sistema lo considera como la 0.

Para empezar a trabajar se engancha la sembradora al tractor y se conecta lo Bomba Hidráulica a la Toma de Fuerza del tractor.

Ajustar los estabilizadores a la misma distancia para mantener la sembradora horizontalmente y ajustar el tercer punto para nivelar la sembradora.

Cuando se haya hecho los ajustes, se prosigue a llenar los botes de fertilizante y semillas.

Posicionar el tractor en la línea "0" a una distancia considerable respecto al perímetro del terreno para que la antena reciba buena señal y no haya desfasamientos y activar el Piloto Automático para empezar a trabajar dentro de los límites marcados del terreno trabajando con las especificaciones descritas en el Cuadro 4.1 con numeral 7°.

4.5. Metodología para la obtención de mapas de prescripción.

En la Figura 4.9, se indica la metodología a seguir para obtener el mapa de prescripción.

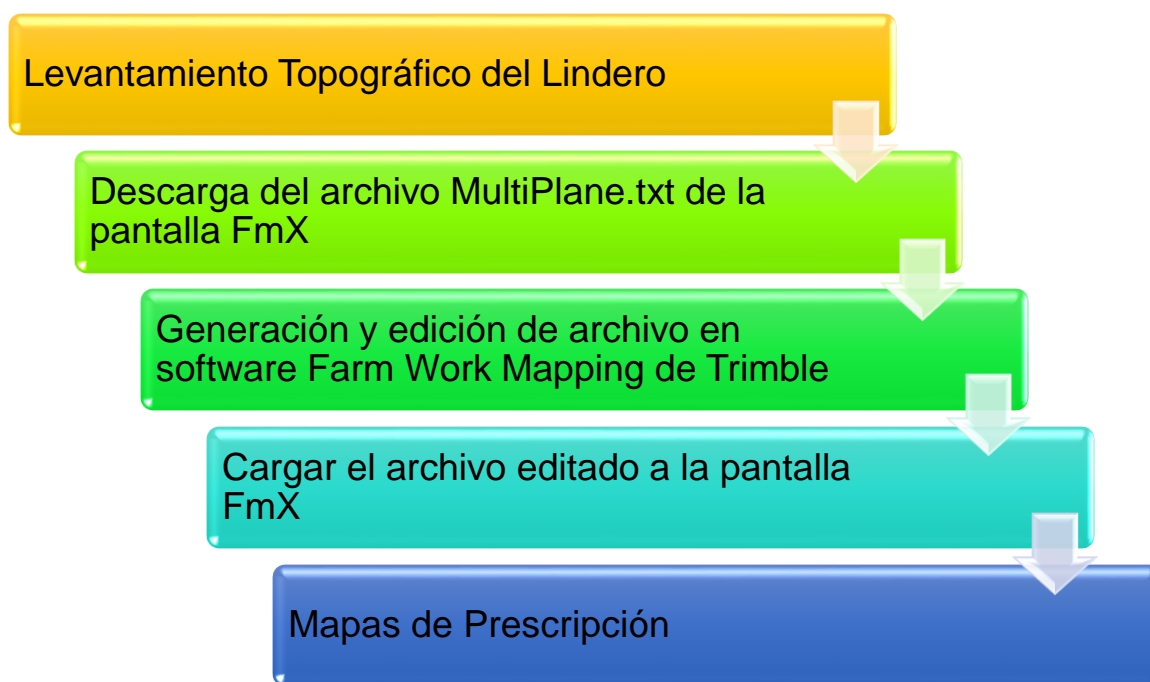


Figura 4. 10 Metodología para generar mapas de prescripción.

Levantamiento topográfico

La metodología que se utilizó esta descrita por Peláez (2015). El levantamiento topográfico se realiza utilizando la aplicación Survey incluida en la interfaz FmX del sistema de control automático, configurando la altura (distancia del suelo-receptor GPS) de la antena receptora. Se genera un Master Bench Point (MBP) o punto maestro fuera del terreno, luego se define la extensión de la parcela haciendo un recorrido por el borde de la misma, posteriormente se hace un recorrido en el interior del terreno, al finalizar se guarda o se cierra el campo generado y la pantalla guarda automáticamente los archivos en su memoria interna que después podrán ser extraídos en un dispositivo USB. La Figura 4.10, muestra el diagrama general del proceso para el levantamiento topográfico.

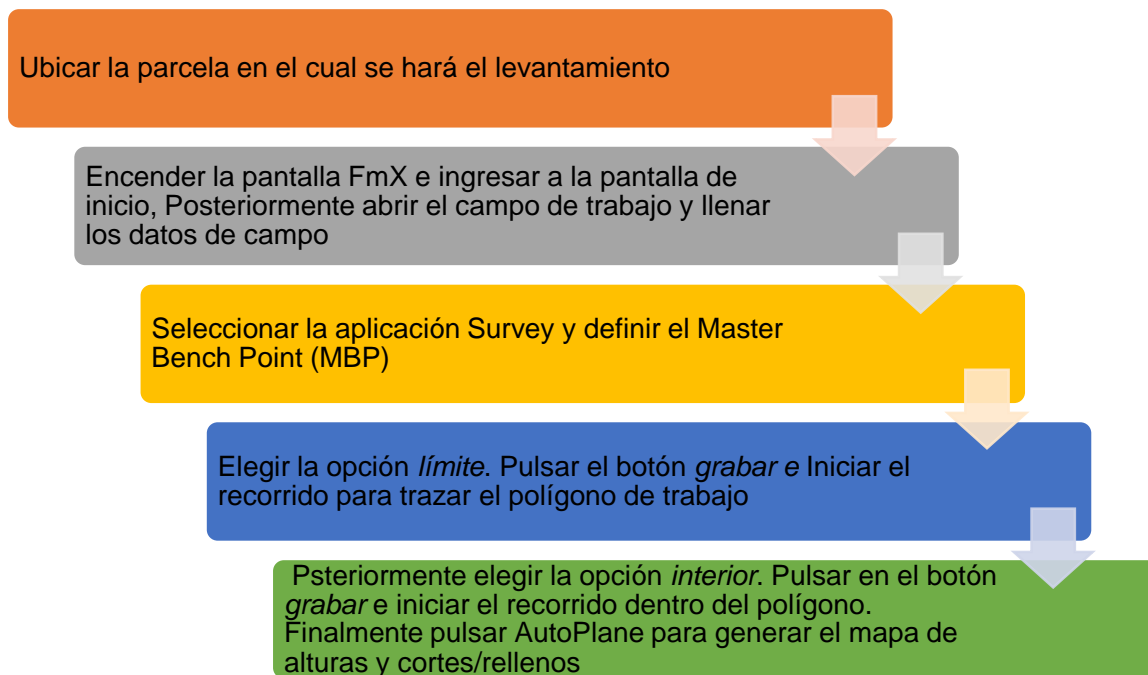


Figura 4. 11 Proceso Levantamiento Topográfico.

Descarga del archivo

Realizado el perímetro de la parcela y el levantamiento topográfico se procede a la descarga de la carpeta generada por la interfaz FmX que contiene el archivo MultiPlane.txt a una memoria USB.

Generación de mapas de prescripción

Para generar los mapas de prescripción es necesario que el formato del perímetro de la parcela esté en un archivo MultiPlane.txt. Si se visualizan todos los puntos registrados es probable que los mapas de rendimiento o de información del área real tratada queden muy congestionados y puede resultar difícil ver los patrones de un lote o analizar los datos. Todo esto puede evitarse creando vistas diferentes para cada capa, tales como mapas de cuadrículas y contornos. Antes de crear la vista de contornos o de la cuadrícula de un lote, tenemos que importar los datos del levantamiento topográfico al software Farm Works Mapping de Trimble para poder trabajar con el lindero del lote. Para crear los mapas de prescripción es necesario

asignarle un suministro (semillas), y así crear las vistas antes mencionadas, estos mapas también pueden usarse para crear mapas de aplicación de dosis variable, el cual nos permite dividir la parcela y así poder asignar la dosis de aplicación a cada lote.

Cargar el mapa de prescripción a la pantalla FmX

Para cargar el archivo que se obtuvo en el software Farm Works Mapping de Trimble el cual automáticamente nos lo guarda en archivo Shape (shp), lo cual contiene tres archivos (shp, shx y dbf). No habrá ningún problema al cargar el archivo a la pantalla FmX.

El objetivo de la reestructuración de este manual fue conocer la respuesta de la pantalla FmX una que se diera la dosis a aplicar y si la pantalla es capaz de reconocer la prescripción.

El manual contiene los siguientes pasos que se llevaron a cabo para asignar una dosis de semilla a cada área de lote y así poder obtener la prescripción deseada.

- Abrir el software
- Crear un proyecto
- Como leer datos de tarea (parcela)
- Agregar un suministro
- Crear una vista
- Crear una aplicación
- División de la parcela en lotes
- Exportar el mapa de aplicación de dosis variable

4.6. Instalación del Motor hidráulico RAWSON

Para poder instalar y montar el motor en la sembradora, se tuvo que diseñar las placas para el soporte como se muestra en la Figura 4.11.

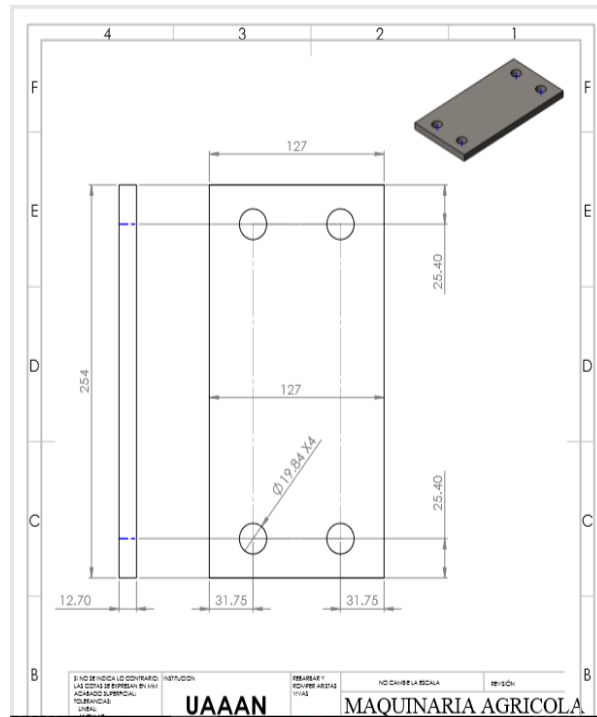


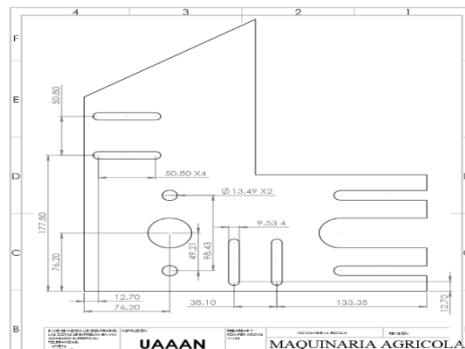
Figura 4.12 Diseño de placas de sujeción.

Para las placas de sujeción se ocuparon placas de acero de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ "). Para la flecha de soporte de las chumaceras y el engrane de 18 dientes se ocupó una barra de acero de 25.4 mm (1"), para esto se tuvo que rebajar con el torno (Figura 4.12) una barra de acero de 27 mm ($1 \frac{1}{16}$ ") hasta el diámetro deseado.



Figura 4. 13 Torno del taller del Departamento de Maquinaria.

Para la placa de apoyo y soporte de la flecha de las chumaceras se ocupó una placa de acero de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ "), misma que se le hicieron los barrenos marcados en el diseño (Figura 4.13 a), estos barrenos se hicieron con el taladro radial (Figura 4.13 b) que se encuentra en el taller de máquinas y herramientas del Departamento de Maquinaria.



(a)



(b)

Figura 4. 14 Diseño de la placa (a), Taladro radial (b).

Para el soporte de la base del motor se ocupó una placa de acero de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ ") haciéndole los barrenos como se muestra en la Figura 4.14.

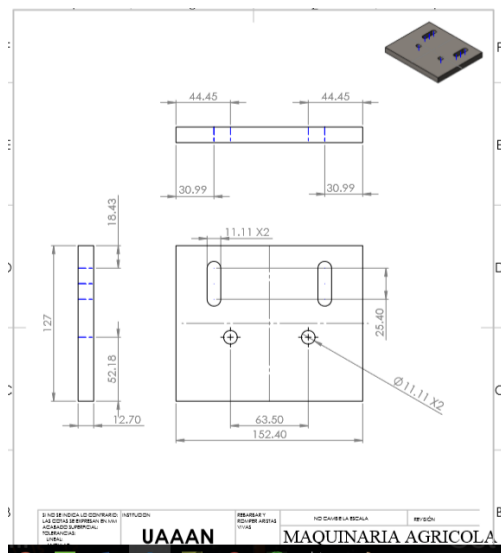


Figura 4. 15 *Diseño del soporte del motor.*

V. RESULTADOS

El trabajo se dividió en 4 partes

1. La fase de evaluación de llenado de celdas con el dosificador neumático.
2. Fase de campo, fue la evaluación del performance del Piloto Automático en términos de capacidad de siembra (horas por hectárea, consumo de combustible por hectárea, velocidad de trabajo y otros).
3. Acoplamiento mecánico del sistema de dosis variable en la sembradora 1700 *MaxEmergePlus*. Lo que fue el montaje del motor hidráulico para la transmisión de dosificación automática.
4. Edición del mapa de prescripción de dosis variable de semillas.

5.1. Comportamiento de un dosificador neumático bajo condiciones de laboratorio.

Tiempo de dosificación de 1000 semillas bajo condiciones de laboratorio (Módulo Dosificador), Cuadro 5.1.

Para esta evaluación se trabajó a un nivel de vacío de 12 pulgadas de agua.

Cuadro 5.1 Pruebas del Dosificador Neumático

VOLTS	PREBA I				PRUEBA II			PRUEBA III		
	TIEMPO	Número de Semillas		TIEMPO	Número de Semillas		TIEMPO	Número de Semillas		
		Reales	Ideales		Reales	Ideales		Reales	Ideales	
2.0	3.86	1148	498	3.86	1151	500	3.88	1135	500	
3.0	2.06	1126	504	2.05	1118	501	2.01	1139	502	
4.0	1.38	1084	505	1.38	1076	500	1.38	1061	500	
4.5	1.2	1038	499	1.2	1071	501	1.2	1071	500	
5.0	1.06	1033	499	1.05	1018	501	1.06	1036	501	
5.5	0.96	1011	499	0.95	1015	499	0.95	1012	499	

Con los datos que se tomaron del módulo dosificador se generó el Cuadro 5.2, donde SEMILLAS MIN⁻¹ es el total de semillas ideales sobre el tiempo, en este caso el tiempo son en minutos. Y para el porcentaje DE LLENADO de celdas es el cociente de semillas reales sobre el total de semillas ideales multiplicado por 100.

Cuadro 5.2 Medias de semillas min⁻¹ y porcentaje de llenado.

SEMILLAS/MIN	VOLTS	% DE LLENADO
258.3	2	113.5
492.5	3	112.2
727.1	4	107.0
833.3	4.5	106.0
947.0	5	102.8
1046.9	5.5	101.5

El análisis de varianza en el Cuadro 5.3 indica que hay una diferencia significativa entre las velocidades de dosificación afectando el porcentaje de llenado de celdas. Misma que se verá reflejado en la densidad de siembra, así como la uniformidad de dosificación y en el número de semillas doble.

Cuadro 5.3 Análisis de Varianza.

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	341.938	341.938	174.71	0
Error	16	31.315	1.957		
Total	17	373.252			

Contraste de medias de acuerdo al Software Univesidad de Nuevo León, donde de acuerdo al **% de llenado**, tenemos que el tratamiento 1 (2 Volts) es igual al tratamiento 2 (3 Volts), el 3 al 4 (4 y 4.5 Volts) y el 5 (5 Volts) con el 6 (5.5 Volts), como se muestra en el Cuadro 5.4.

Cuadro 5. 4 Medias, Bloques Completamente al Azar.

Tratamiento	Media	0.05
1	113.490	a
2	112.247	a
3	107.010	b
4	106.000	b
5	102.833	c
6	102.467	c

Comparación de medias del porcentaje de llenado de celdas se registraron los datos en el Cuadro 5.5.

Cuadro 5. 5 Comparación de Medias del porcentaje de llenado de celdas por efecto de la velocidad de dosificación.

Tratamiento	Media	0.05
1	113.489	a
2	112.243	a
3	107.010	b
4	106.000	b
5	102.830	c
6	101.268	c
DMS=	2.365	

En la Figura 5.1, se muestra el comportamiento del porcentaje de llenado respecto a las semillas por minuto.

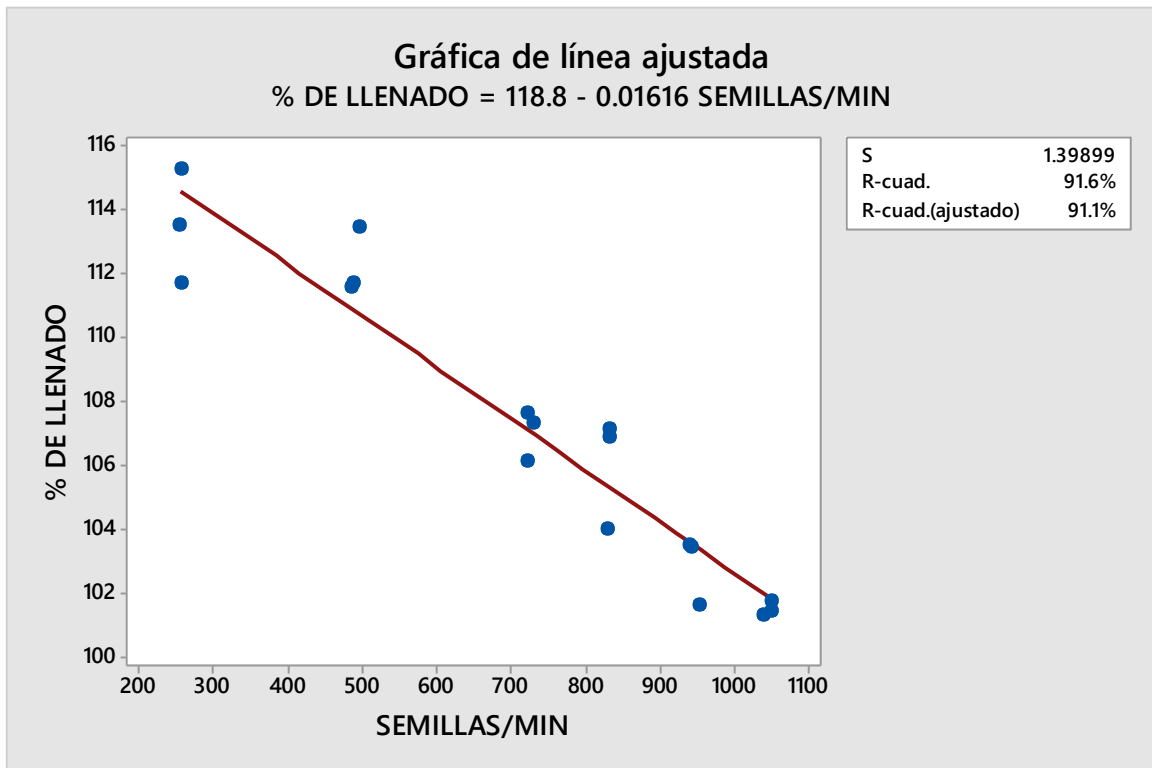


Figura 5. 1 Gráfica de línea ajustada.

Con la gráfica se determina que para velocidades de entre (250-500) Semillas-min⁻¹ se tiene un sobre llenado de celdas entre (10-15) %.

Para velocidades de entre (700-850) Semillas/min se tiene un porcentaje de llenado de (4 a 7) %, y para velocidades de (900. 1050) Semillas/min se tiene un sobre llenado de (1 a 3) %.

5.2. Evaluación del sistema de Piloto Automático

Para la evaluación del sistema se trabajó en tres parcelas diferentes la primera de 40 hectáreas Figura 5.5, la segunda de 9.87 hectáreas y la tercera de 1.85 hectáreas. Cada una se describe en los Cuadros (5.6, 5.7, 5.8) con los datos registrados

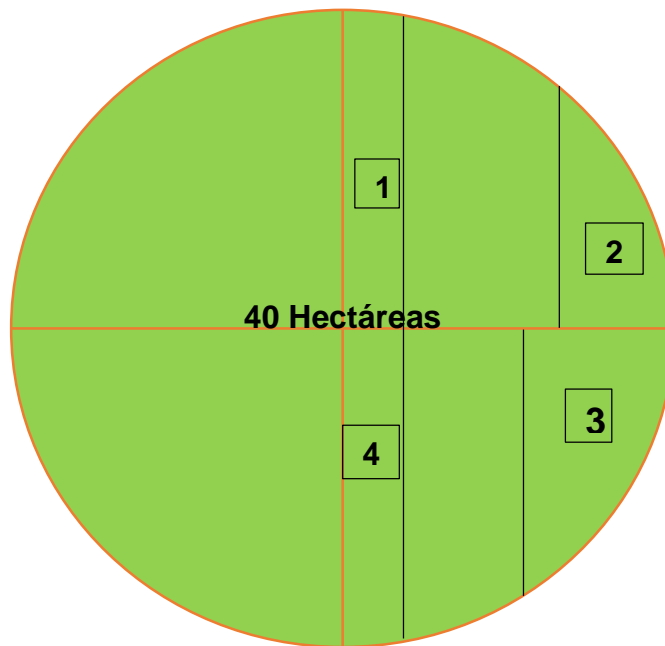


Figura 5. 2 Secciones trabajadas en la parcela uno con coordenadas N25° 14' 13.2252" w100° 48' 10.1088".

La evaluación de la sembradora John Deere 1030 y la evaluación del Piloto Automático se hicieron simultáneamente. En el Cuadro 5.6, se indican la superficie, el tiempo y la velocidad promedio de cada sección trabajada en la parcela uno, en este caso fueron 4 secciones. También se indica el tiempo en que se trabajó cada hectárea por cada sección y el tiempo promedio en el que se trabajó cada hectárea de la superficie total de las 4 secciones de la parcela uno.

Cuadro 5. 6 Datos de la evaluación de la sembradora John Deere 1030.

<i>Secciones</i>	<i>Velocidad de Trabajo</i>	<i>Superficie (Ha)</i>	<i>Líneas de 4 surcos</i>	<i>Surcos</i>	<i>Tiempo (hr)</i>	<i>Velocidad (km/h)</i>	<i>Rendimiento (Horas x Hectárea)</i>
1	B 3	5.627	50	200	6.099	4.489	1.084
2	B 2	1.082	20	80	1.551	4.703	1.432
3	B 3	1.460	25	100	2.161	4.049	1.481
4	C 1	2.889	25	100	2.618	5.761	0.906
Totales		11.058	120	480	12.428		
Promedio						4.751	1.226

En el Cuadro 5.7 se registraron los datos de la parcela dos. Esta parcela se dividió en 4 partes (P1, P2, P3 y P4) como se muestra en la Figura 5.3, en este caso solo se consideraron tres sub parcelas dado que la P1 lo sembró el productor sin Piloto Automático con una sembradora de dosificación mecánica. Se consideró para propósito de esta evaluación la superficie (hectáreas), el número de surcos, el tiempo total trabajado (horas) para las sub parcelas (P2, P3 y P4), el tiempo por cada hectárea y las velocidades.

Cuadro 5. 7 Comparación de la parcela dos.

	<i>Parcela Testigo</i>		<i>Parcela de Evaluación</i>			
	<i>Superficie Has</i>	<i># de Surcos</i>	<i>Superficie (has)</i>	<i># De Surcos</i>	<i>Tiempo (horas)</i>	<i>Rendimiento Horas x hectárea</i>
P1	4.92	128				
P2			1.51	48		
P3			2.12	88		
P4			1.32	136		
Total			4.95	272		
TIEMPO					4.18	0.84

En la sub parcela (P1) de la parcela dos Figura 5.3, se hizo una siembra tradicional donde el total de surcos sembrados fueron 128 a un espacio entre surcos de 0.76 m (30")

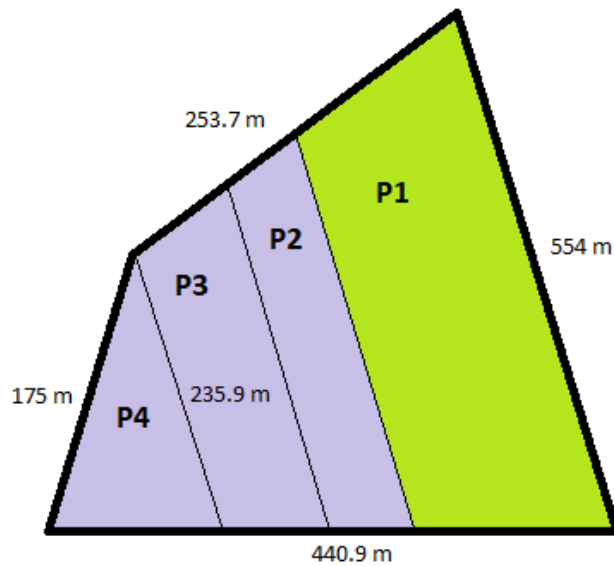


Figura 5.3 División de la parcela dos.

La Ecuación 3, se consideró para el cálculo de la eficiencia de aprovechamiento de la superficie de siembra el mismo terreno para la siembra con Piloto Automático con la misma calibración de ancho de surcos (0.76 m), el número de surcos resultantes sería de 136.

PES=Perdida de Eficiencia en Superficie.

Ecuación 3 Pérdida de Eficiencia en Superficie

$$\text{PES} = \left[\frac{\# \text{ de Surcos Esperado} - \# \text{ de Surcos Reales}}{\# \text{ de Surcos Esperado}} \right] * 100$$

$$\left(\frac{136 - 128}{136} \right) * 100 = 6 \%$$

La parcela tres donde se realizó la última evaluación del Piloto Automático tiene las medidas indicadas en la Figura 5.4.

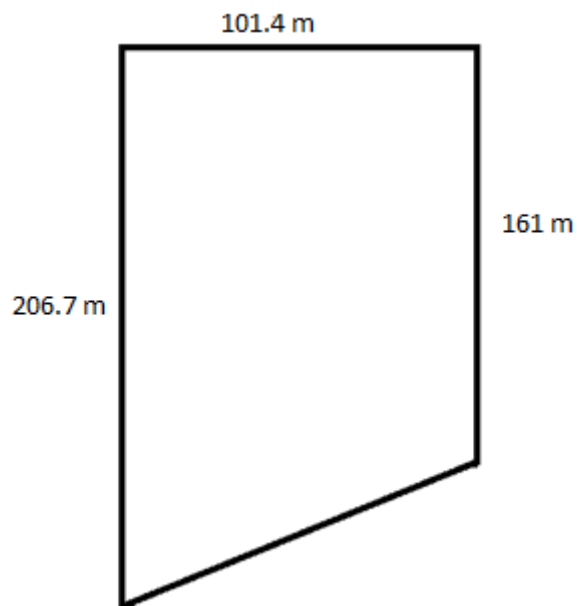


Figura 5. 4 Croquis de la parcela tres.

En la evaluación que se realizó se contaron los números de surcos trabajados y la superficie total como se muestra en el Cuadro 5.8.

Cuadro 5. 8 Datos de la parcela tres.

<i>#de Pasadas</i>	<i># de Surcos</i>	<i>Superficie (Has)</i>
63	252	1.85

Curvas de consumo de combustible

En las Figuras (5.5 y 5.6) se muestran ejemplos de consumo de combustible en Litros por hectárea empleando medidores de consumo de combustible marca (S-004 BAICO) tanto en el suministro de combustible en la bomba cebadora como en el retorno al tanque. La constante de calibración obtenida por Linares (2016) fue de 3.0976 Pulsos ml^{-1} . El promedio de consumo de combustible trabajando en séptima velocidad a 1300 rpm del motor fue de 14 litros/ha, considerando una capacidad estimada de 0.84 horas por hectárea.

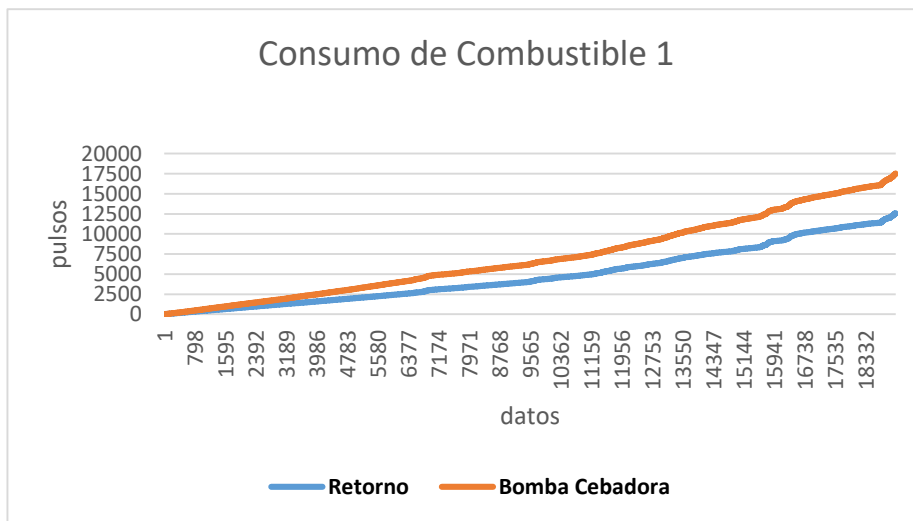


Figura 5.5 Prueba uno de Consumo de Combustible.

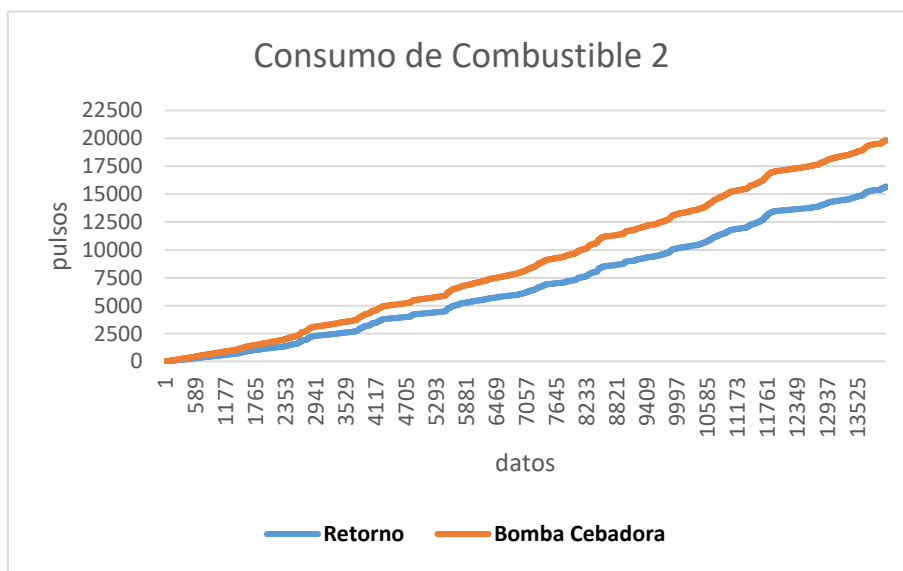


Figura 5.6 Prueba dos de Consumo de Combustible.

En el Cuadro 5.9, se muestran los datos registrados del consumo de combustible.

Cuadro 5. 9 Datos de Consumo de Combustible.

	Pulsos Bomba Cebadora	Pulsos Retorno	Diferencia Pulsos	Área (Hectáreas)	Consumido Combustible Litros	K Constante	Consumo Litros x Hectárea
Prueba 1	17514	12595	4919	0.1148	1.59	3.0976	13.8
Prueba 2	19841	15683	4158	0.0958	1.34	3.0976	14.0

En el Cuadro 5.10, se describen las observaciones sobre el piloto automático que se realizaron durante la evaluación, así como las observaciones en la sembradora descritas en el Cuadro 5.11.

Cuadro 5. 10 Observaciones del Piloto Automático.

- ✚ Falta de contrapesos en el tractor evita el contacto adecuado de las ruedas delanteras con el suelo, lo que hace un desfase del equipo respecto de las líneas de guía marcados. Se le agregaron bultos de arena con un peso aproximado de 150 kg.
- ✚ Al usar dos equipos de piloto automático en un mismo campo donde se ha tomado el límite y se ha comenzado a trabajar con un equipo ya sea (uno con Trimble y otro John Deere) provoca error en el surco de cierre.

Cuadro 5. 11 Observaciones de la Sembradora

- ✚ Taponamiento de tubos conductores de fertilizante a causa de la tierra que estaba húmeda.
- ✚ El tubo de plástico donde cae la semilla del bote 4 se levantó causando así una irregularidad en la caída de semillas.
- ✚ El abre surcos de la fertilizadora tenía mucho juego y eso causó que la manguera se tapara muy seguido. Esto en virtud de la dificultad de poder darle el ajuste para evitar el muelleo excesivo de acuerdo a la resistencia del suelo.

El Cuadro 5.12, contiene la opinión de los operadores, sobre el uso del piloto automático.

Cuadro 5. 12 Opinión de los operadores.

<p>Ing. Edgar O. Padrón Cisneros</p> <p>Mi opinión en cuanto al piloto automático, es un equipo el cual permite trabajar con mayor rapidez eficientando el proceso a desempeñar en campo. Dando seguridad al operador en referencia de hacer correctamente el laboreo, confiando en la georreferencia del equipo.</p> <p>Como conclusión esto se resume en un trabajo correcto aprovechando el máximo de terreno, y reduciendo tiempos.</p>
<p>Ing. Amaury Arreola Cruz</p> <p>El piloto automático nos ayuda a realizar un mejor trabajo de laboreo, debido a que ocupa sistemas de posicionamiento global, dando más confianza y seguridad al operador cuando se realiza la labor, haciendo eficiente el trabajo a realizar y en un menor tiempo, comparado con el laboreo tradicional, lo que permite reducir insumos como el consumo de combustible, entre otros.</p>

5.3. Mapa de Prescripción Generado en Farm Works Mapping de Trimble

En esta sección se describe brevemente el resultado de la reelaboración de la secuencia de cómo generar el Mapa de Prescripción. La secuencia completa se describe en el Anexo A, así como el proceso para cargar el archivo (shp) a la pantalla FmX se describe detalladamente en el Anexo B, en la Figura 5.7, se ilustra el mapa obtenido de la secuencia.

En esta fase lo que se hizo fue mejorar la secuencia elaborado por Bartolón (2017)



Figura 5.7 Mapa de prescripción.

5.4. Resultados de la prueba del motor Rawson acoplada a la Sembradora Neumática 1700

Después de que todas las placas tuvieran los cortes y barrenos necesarios se prosigue a soldar las partes indicadas en el diseño para la fijación de todo el soporte Figura 5.8.



Figura 5.8 Soporte y placas soldadas.

Cuando el soporte se soldó completamente se prosigue a ensamblar las chumaceras, la flecha y los tensores, como se muestra en la Figura 5.9.



Figura 5. 9 *Ensamble de Componentes.*

Se monta el soporte del motor en el bastidor de la sembradora, para luego colocar las cadenas e instalar el motor, como se muestra en la Figura 5.10.



Figura 5. 10 *Acoplamiento de Mecanismos.*

Después de que se instaló todo el soporte y mecanismos, se enganchó la sembradora en el tractor para comprobar la linealidad de la cadena que conecta de un engrane de la placa soporte al engrane conectado a la flecha que acciona los botes de la semilla como se muestra en la Figura 5.11.



Figura 5. 11 Conexión del Sistema con la sembradora.

Esta prueba se realizó en la cancha número 2 de futbol de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Figura 5.12, las pruebas se hicieron con 5 velocidades (A3, B1, B2, B3 y C1) y a distancia de 50 m y a una revolución promedio del tractor en trabajos de siembra de 1300 rpm.



Figura 5. 12 Pruebas en campo.

En la Figura 5.13, se muestra el sistema de Dosis Variable montada a la sembradora *MaxEmergePlus*.



Figura 5. 13 Sistema acoplado a la sembradora.

En la prueba realizada el recorrido se realizó en una distancia de 50 m tomado los tiempos de ida y vuelta, como se muestra en el Cuadro 5.13.

Cuadro 5. 13 Prueba de velocidad en km h^{-1} con 5 diferentes velocidades.

<i>Velocidad</i>	<i>RPM</i>	<i>Tiempo (min)</i>		<i>Distancia (m)</i>	<i>Velocidad (km/h)</i>
		<i>IDA</i>	<i>VUELTA</i>		
A3	1300	1	0.91	50	3.1
B1	1300	0.73	0.76	50	4.0
B2	1300	0.55	0.53	50	5.6
B3	1300	0.43	0.43	50	7.0
C1	1300	0.35	0.35	50	8.6

Durante las pruebas realizadas, la cadena mantuvo su posición de linealidad en las diferentes velocidades evaluadas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

Para el comportamiento del dosificador de semillas de vacío, en el rango de velocidades de semillas por minuto evaluadas, se detectó que hay un porcentaje mayor de llenado de celdas al 100 por ciento lo cual nos indica que el nivel de vacío debe ser verificado antes de cada prueba.

Para el piloto automático se requiere hacer todos los ajustes necesarios previos a su uso como son: localización del centro de la antena con el centro del implemento, así como es importante los ajustes correctos del implemento, el centrado de los estabilizadores en el tractor para que su operación sea amigable una vez que se tiene los ajustes correctos.

Se detalló el procedimiento de la elaboración del mapa de prescripción empleando el software Farmer Mapping y la pantalla FmX de Trimble, haciéndolo más amigable para su implementación

Se acopló favorablemente el motor hidráulico para la transmisión de la sembradora *MaxEmergePlus* 1700 para ser empleada en la dosis variable de insumos, no mostrando fallas en la alineación de las cadenas de transmisión.

6.2. Recomendaciones.

Para trabajar con cualquier equipo, es necesario hacer un seguimiento a las instrucciones indicadas para los operarios.

Se recomienda evaluar la secuencia de la elaboración del mapa de prescripción y evaluar el sistema de dosis variable en siembra real.

VII. REFERENCIAS

- Agüera Vega, J., M. Pérez Ruiz, (2013).** Agricultura de precisión hacia la integración de datos espaciales en la producción agraria. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, 2013(105), 12-27.
- Auernhammer, H. 2001** Precision farming - the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture* 30 (1-3): 31-43.
- Best, S., I. Zamora, 2008.** Tecnologías aplicables en Agricultura de Precisión. Uso de tecnología de precisión en evaluación, diagnóstico y solución de problemas productivos. Primera edición. Fundación para la Innovación Agraria Santiago, Chile.
- Bongiovanni, R. 2001** VII Congreso Nacional del Maíz. AIANBA, Pergamino, Argentina.
- Bongiovanni, R., E. C. Mantovani, S. Best, Á. Roel, (2006).** Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Procisur/IICA.
- Borghi, M. I. 2014.** Tecnología de precisión: un crecimiento sin techo. pp. 1-2. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Bragachini, M., A. Méndez, 2004** Tecnología Disponible para Aplicaciones de Insumos Sitio Específico.

- Gil, E. (2010).** Situación actual y posibilidades de la Agricultura de Precisión. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, España, 59(1-12).
- González, C. L., J. C. Sepúlveda, R. Barroso, F. O. Fernández, F. M. Pérez, J. Lorenzo, (2011).** Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. *Idesia*, 29(1), 59-69.
- INTA, Manfredi, 2000.** Manejo Sitio Específico de Cultivos En la primera etapa de introducción a la Agricultura de Precisión en EEUU, por los años 1991-1993
- Jaramillo-Jaramillo, D. F. (2011)** El suelo: Origen, Propiedades, Espacialidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 553 p.
- Lisarazo, S. I., C. O. Alfonso, (2010).** Precision Agriculture Applications in the Cultivation of *Elaeis Guineensis* and Hybrid O x GOil Palms. *Revista de Ingeniería, Argentina*, 124(1-7).
- Mancebo, Q. S. 2008.** Aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Libros SIG, España, 109(1-15).
- Melchiori, R. J. M., S. M. Albarenque, A. C. Kemerer, (2013).** Uso, adopción y limitaciones de la agricultura de precisión en Argentina. *Curso Int. Agric. Precisión*, 12(2013), 07.
- Mosquera, C., G. Ramírez, G. Barona, 2011.** Aplicación de Agricultura de Precisión. Memorias Seminario Agricultura Específica por Sitio y Agricultura de Precisión. Técnicaña.

- Oloufa, A. A., M. A. Abdel-Aty. 2001.** Application of DGPS for collision avoidance in intelligent transportation systems in a wireless Environment, University of Central Florida
- Ortega, R., L. M. Flores, INIA, C. Q., de Recursos Naturales, D., Ambiente, M. (1999).** Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico. *Ministerio de Agricultura, Instituto de investigaciones agropecuarias. CRI Quilamapu. (Chile)*, 13-46.
- Pérez, F., M. Zamora, L. Vicini, M. Monasterio, 2002** AgroVisión, vol. 38
- Proietti, F. A. (2006).** Evaluación económica-financiera sobre la implementación de técnicas de agricultura de precisión. *Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 6. Expo de Máquinas Precisas. 1. 2006 07 25-27, 25 al 27 de julio de 2006. Manfredi, Córdoba. AR.*
- Riquelme, J. (2011).** Contribución a las Redes de Sensores Inalámbricas. Estudio e Implementación de Soluciones Hardware para la Agricultura de Precisión. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, Colombia, 310(1-40).
- Roberts, T. L. (2000).** Manejo sitio específico de Nutrientes, Avances en Aplicaciones con Dosis Variable. *Seminario Taller Agricultura de Precisión en el Cono Sur. PROCISUR. Buenos Aires, Argentina.*
- Rodríguez, J., A. M. González., F. R. Leiva., L. Guerrero. 2008.** Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 26(2): 308 321.
- Srinivasan, A. 2006.** Handbook of precision agriculture principles and applications. New York. Pp. 3-15

Uva, M. A., O. Campanella, (2009). AP-SIG: un SIG con funciones específicas para Agricultura de Precisión. In *XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.

Páginas Web

Damián. (2011). [En línea] [Fecha de consulta Abril 2018]
<jornadastucumansig.com.ar/resumenesext/ponencias/04_Utilizacion%20de%20GIS
%20para %20maximizar%20explotaciones%20agricolas%20en%20zonas.pdf>

GEOAGRO. (2012). [En línea] [Fecha de consulta Abril 2018]
<https://www.geoagro.com/agricultura-por-ambientes>

VIII. ANEXOS

ANEXO A

A.1 Abrir software

Para iniciar el software ubicar el icono indicado en la Figura A.1, hacer doble clic.



Figura A. 1 Icono del Software.

En el cuadro de diálogo Comprobar Actualizaciones Figura A. 2, haga clic en cancelar.

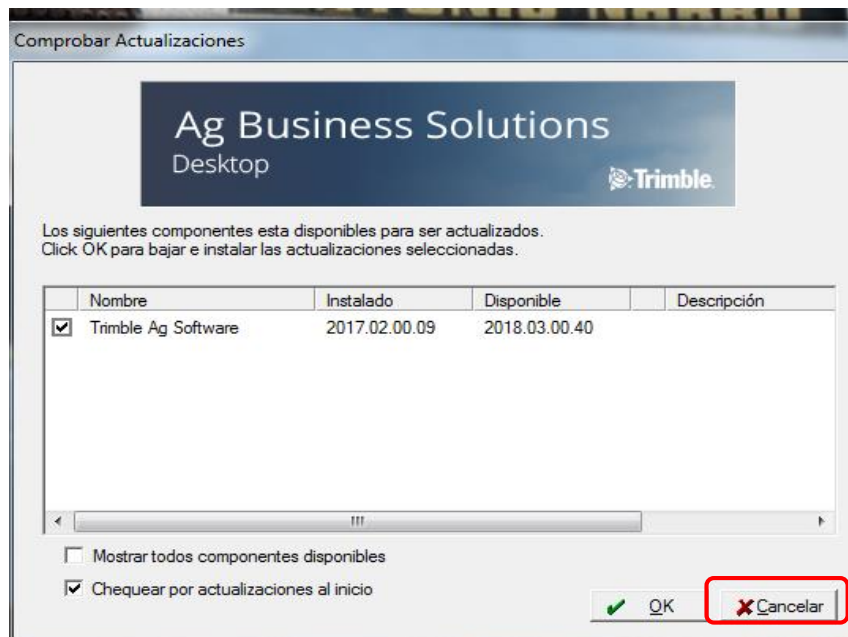


Figura A. 2 Comprobar Actualizaciones.

A.2 Crear un proyecto

Cada vez que inicie el software, aparecerá el cuadro de dialogo Selección del Proyecto, Figura A.3.

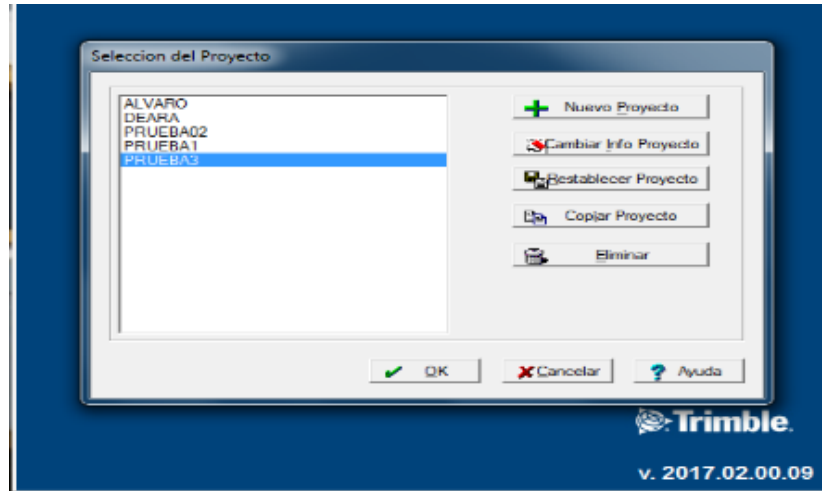


Figura A. 3 Selección del Proyecto.

En el Cuadro A.1, se describen las opciones que aparecen en la Figura A.3.

Cuadro A. 1 Cuadro de Diálogo.

Haga clic en	Para
Nuevo proyecto	Crear un proyecto.
Cambiar la información del proyecto	Cambiar el nombre y/o la contraseña del proyecto.
Restablecer proyecto	Restablecer una copia de seguridad de un proyecto anteriormente guardado en otro dispositivo de almacenamiento.
Copiar proyecto	Copiar un proyecto o parte de un proyecto
Eliminar	Eliminar un proyecto.

Para crear un proyecto nuevo:

1. En el cuadro de diálogo Selección del Proyecto Figura A. 4, haga clic en Nuevo Proyecto.

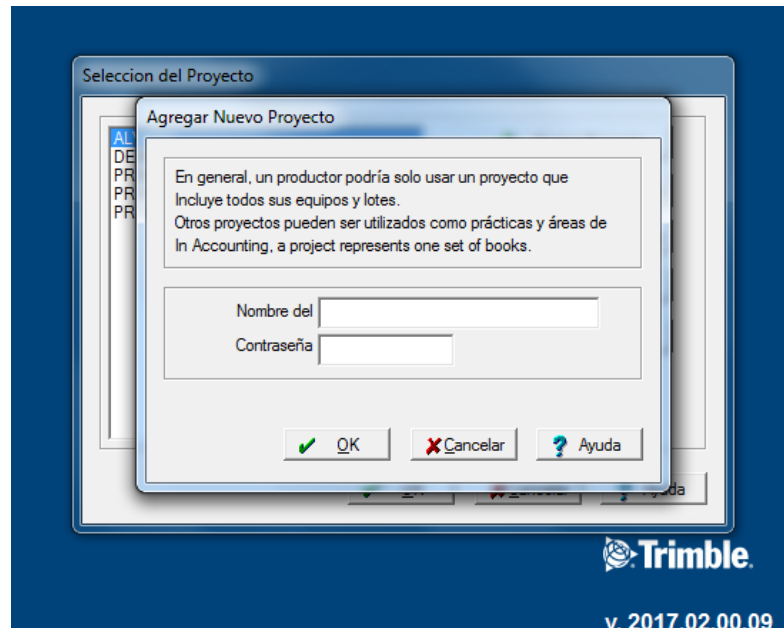


Figura A. 4 Agregar Nuevo Proyecto.

- 2.

En el cuadro de diálogo Agregar Nuevo Proyecto, ingrese un nombre para el proyecto nuevo. Así mismo, puede ingresar una contraseña (opcional). Las contraseñas son sensibles a mayúsculas y minúsculas y pueden tener hasta ocho letras y números, pero no deben incluir ningún símbolo especial, tal como (@) o (~). Si no se requiere una contraseña, deje el campo Contraseña en blanco.

3. Haga clic en OK para volver al cuadro de diálogo Selección del Proyecto.

4. El cuadro de diálogo Selección del Proyecto, muestra el nombre del proyecto (Figura A.5). Para abrir el proyecto, asegúrese de resaltar el nombre del proyecto correcto y haga clic en OK.

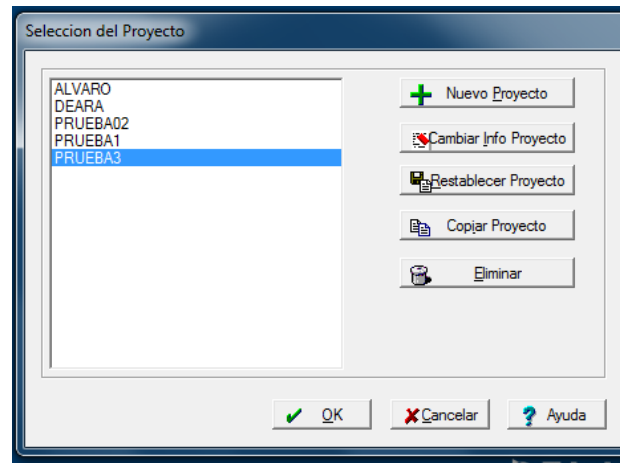


Figura A. 5 Selección Proyecto.

Selección del sistema de unidades de medida.

La primera vez que abra el programa, se le pedirá que seleccione un sistema de unidades de medida como se muestra en la Figura A.6.

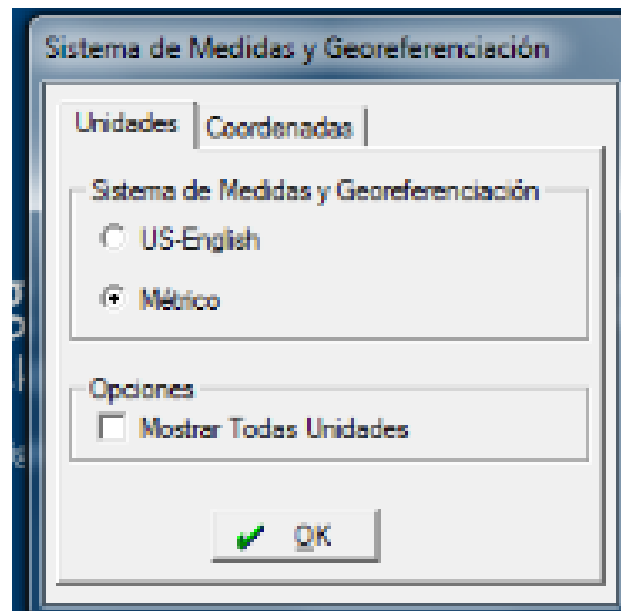


Figura A. 6 Sistemas de Medidas y Georeferenciación.

Seleccione la opción que corresponda y haga clic en OK. Las opciones son:

- ❖ US-English (EE.UU.-Inglés o sistema imperial estadounidense).
- ❖ Metric (Métrico).
- ❖ Show All Units (Mostrar todas las unidades). Aquí se muestran unidades en el sistema métrico y en el sistema imperial —el software usa la primera selección (US-English o Metrics) para las medidas de área y distancia, pero muestra las medidas de volumen tanto en el sistema métrico como en el imperial.

El software crea un proyecto nuevo en blanco para que empiece a trabajar, Figura A.7.

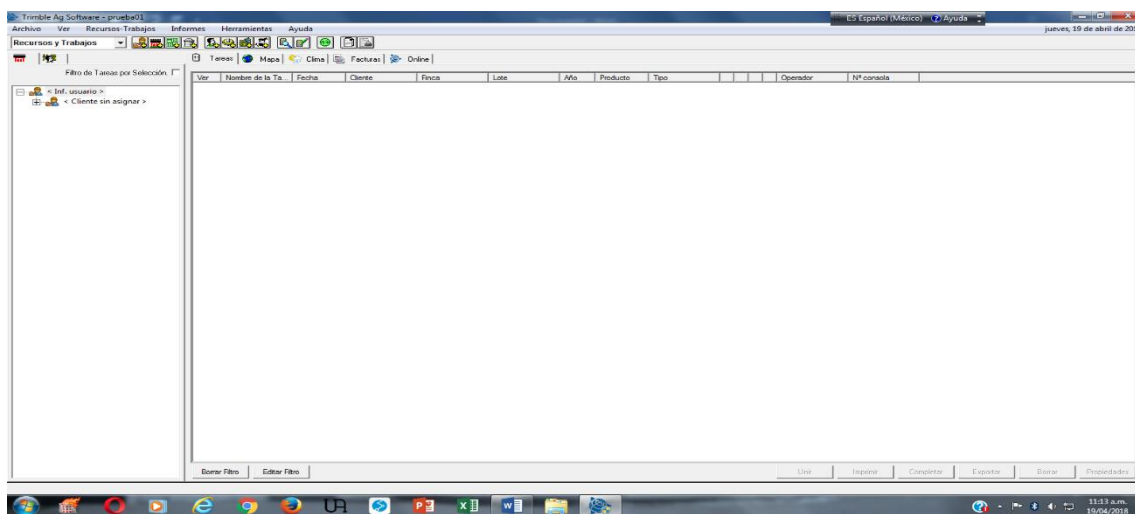



Figura A. 7 Proyecto en blanco.

A.3 Como leer datos de tarea (parcela)

Use la opción Leer Datos de Tareas (Figura A.8), para importar datos de agricultura de precisión tales como mapas de rendimiento y mapas del área real tratada. Inserte la unidad USB con la información de la pantalla de agricultura de precisión que contenga el mapa de lindero en archivo MultiPlane.txt y seleccione Leer Datos de Tareas.

1. En el menú Archivo, seleccione Leer Datos de Tareas o haga clic en el icono de importación de datos de un trabajo  en la barra de herramientas.

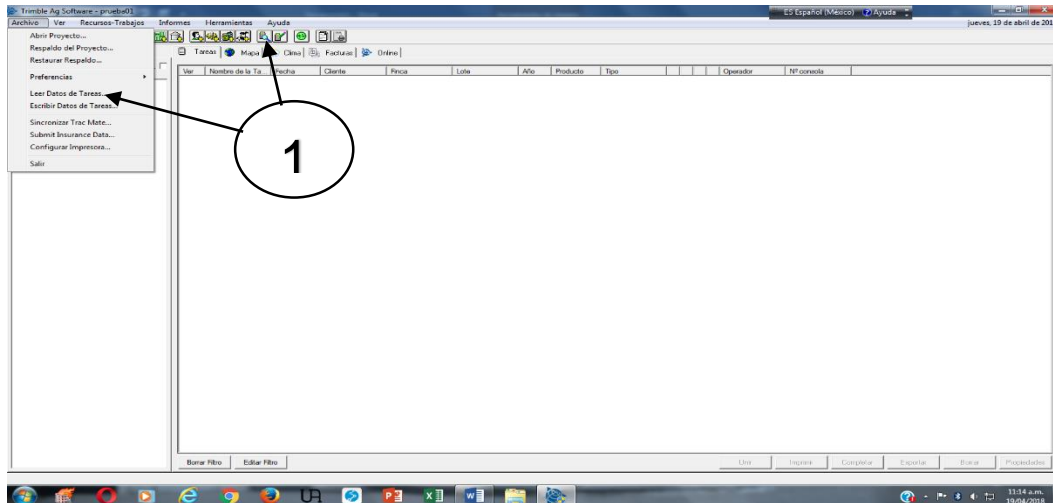


Figura A. 8 Leer Datos de Tareas.

2. En la columna izquierda del cuadro de diálogo Leer Datos del Trabajo, haga clic en + al lado del tipo de monitor con el que registró los datos y seleccione el tipo de datos particulares como se indica en la Figura A.9. De esta manera se filtrarán los archivos mostrados en el lado derecho del cuadro de diálogo para que sólo se visualicen los tipos de archivos seleccionados.
3. En Ruta del Archivo, haga clic en Examinar para buscar la tarjeta de memoria o la carpeta donde guardó los datos de rendimiento o información del área real tratada.
4. Seleccione el archivo correspondiente. Para seleccionar los trabajos a importar, resalte cada uno de ellos. Para seleccionar múltiples archivos, mantenga presionada la tecla [Ctrl] mientras selecciona.
5. Elija una de las siguientes opciones.

- I. Delete fly away points (Borrar puntos flotantes) para filtrar todos los puntos que no estén en el lote debido a datos GPS malos. Es la opción recomendada.
- II. Import Fields Without Tasks (Importar los lotes sin tareas) permite importar nombres de lotes establecidos en el monitor y en la lista de clientes, fincas y lotes sin tener que registrar primero un trabajo para ese lote.
- III. Update Field Boundaries (Actualizar linderos de lotes). Para ciertos monitores, esta opción permite actualizar los linderos registrados y guardados en la tarjeta de memoria al importar los trabajos.
- IV. Skip confirming Farm/Field Information (Omitir Confirmación de Información de Finca/Lote). Seleccione esta opción para agregar nuevos clientes, fincas y lotes a la ficha Farm (Finca) sin tener que confirmar cada vez el nombre de un cliente, finca o lote.
- V. Skip confirming Supplies, Equipment and People (Omitir Confirmación de Suministros, Equipo y Personas). Seleccione esta opción para agregar nuevos suministros, equipo y personas a la ficha Inputs (Ingresos) sin tener que confirmar cada vez el nombre de cada uno.

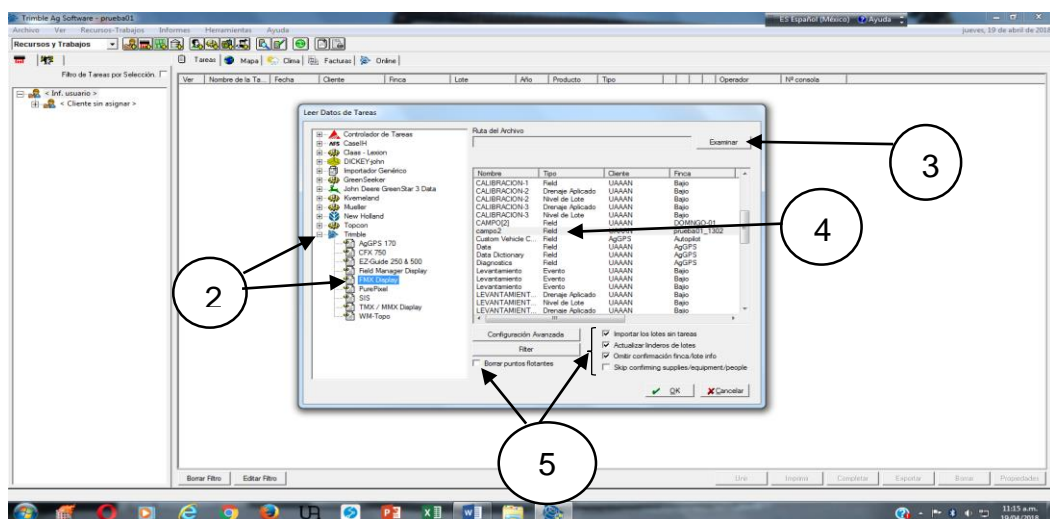


Figura A. 9 Seleccionar archivo.

6. Clic en OK. Se muestra el progreso de la importación a medida que se leen los archivos, Figura A.10.

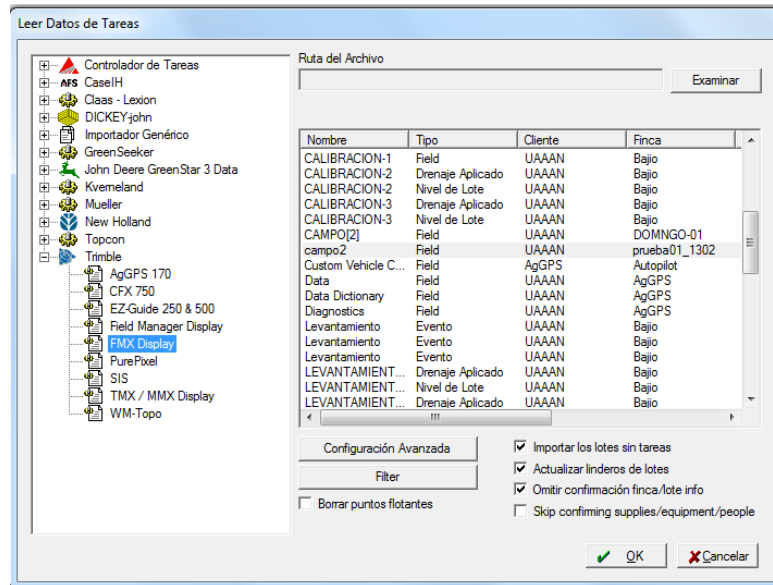


Figura A. 10 Progreso de importación.

7. Seleccione un elemento de Operation Resources (Recursos de Operación) y haga uno de lo siguiente, Figura A.11:

- I. Si se trata de un elemento nuevo, haga clic en Create (Crear) e ingrese toda la información correspondiente en la pantalla que aparece. De esta manera se crea un nuevo recurso en el software de escritorio. Si seleccionó la casilla de verificación Skip confirming Farm and Field information (Omitir confirmación de información de finca y de lote), el programa creará automáticamente esos clientes, fincas y lotes en la ubicación que corresponda.
- II. Si el elemento es igual que el ya listado en Desktop Resources (Recursos Escritorio), resalte ambos recursos y haga clic en Link (Enlace).

III. Si el recurso no aparece en Desktop Resources, (Recursos Escritorio), es posible que se haya retirado: Seleccione Show Retired (Mostrar Retirados).

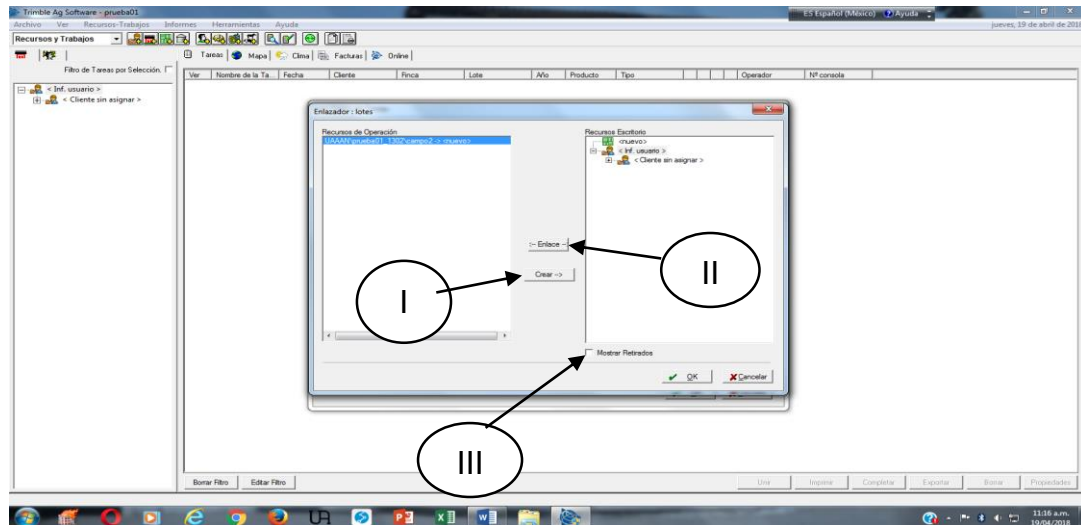


Figura A. 11 Enlazar archivo.

8. Una vez vinculado, haga clic en OK, Figura A. 12.

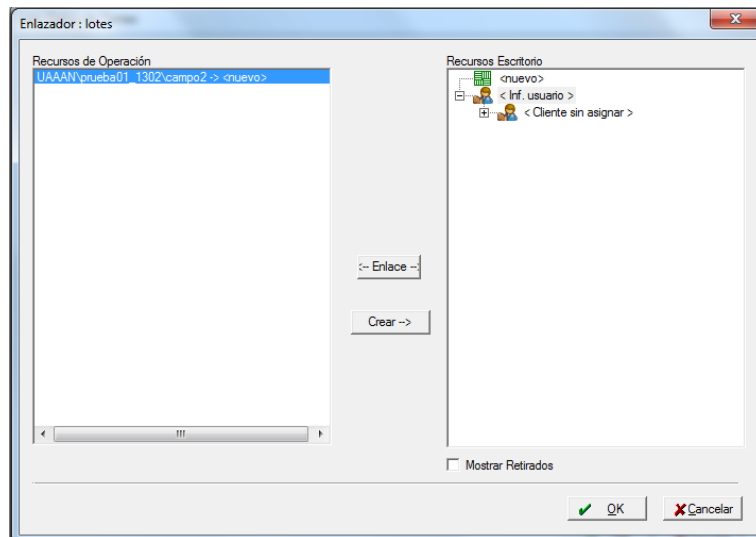



Figura A. 12 Archivo vinculado.


9. Para ver el mapa importado seguir los pasos indicados en la Figura A.13.

1 Asegúrese de que se ha habilitado Mostrar Trabajos en Áreas Terreno (Show Jobs in Land Areas) en el menú Ver.

2 Seleccione la ficha Mapa para poder ver el archivo importado. 

3 En la ficha Finca, ubique el trabajo en el lote o finca correspondiente.



4 Haga doble clic en el trabajo que tenga los datos de rendimiento o de área real tratada a visualizar en el mapa.  prueba01_1302

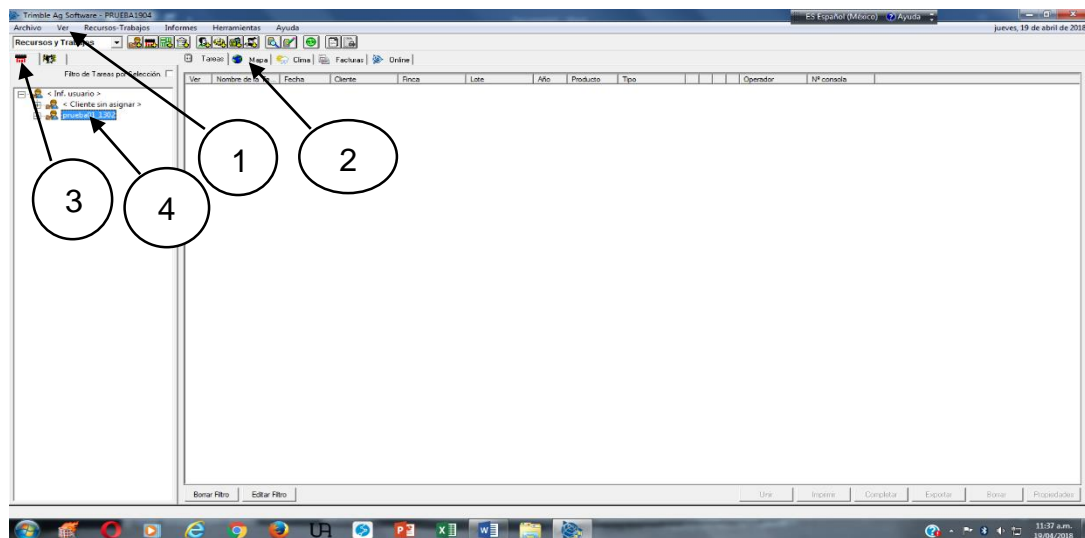



Figura A. 13 Ver el mapa importado.

5 Clic en el icono para mostrar la capa de lindero. 

6 Después de ejecutar el icono se mostrará la Figura A.14.

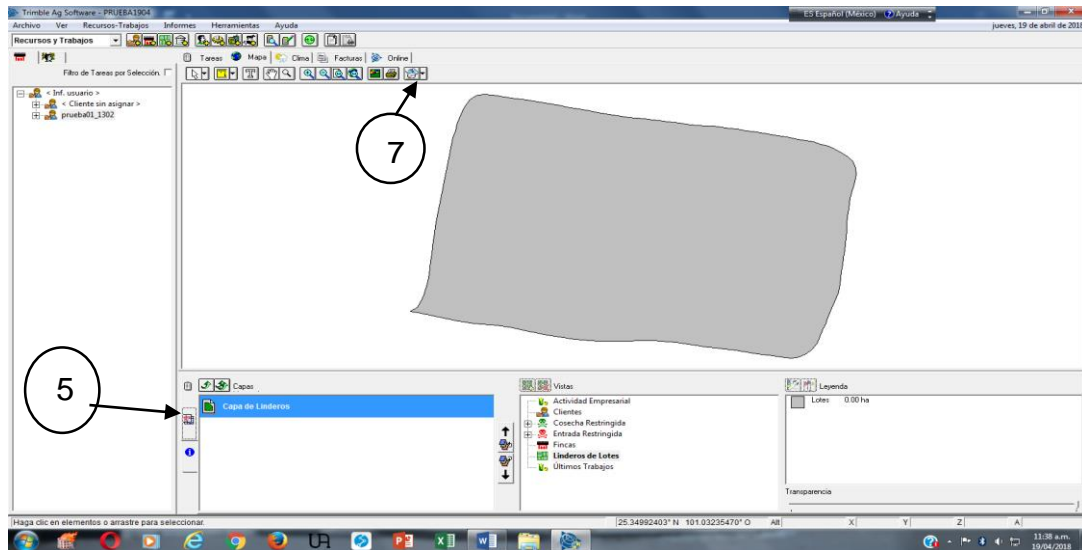


Figura A. 14 Mapa importado.

7 Clic en el icono para visualizar Carreteras y Calles.



8 Después de ejecutar la imagen se mostrará la Figura A.15.

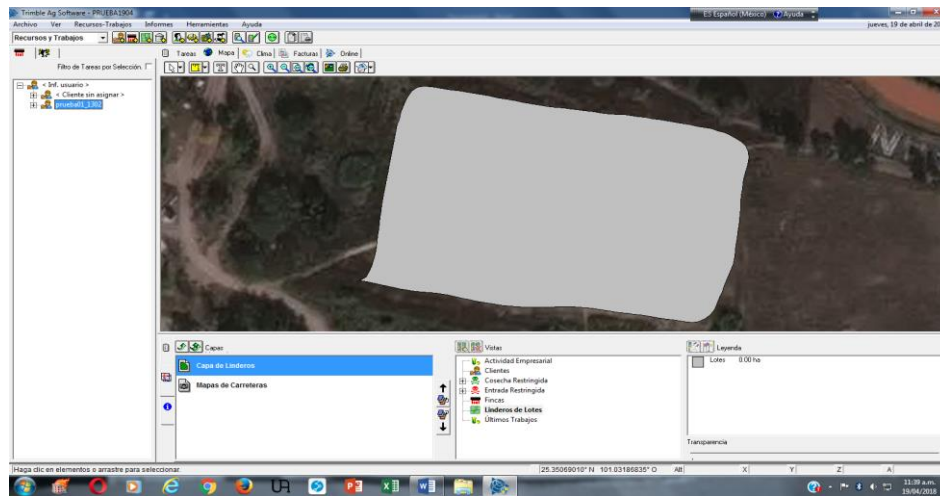



Figura A. 15 Visualizar Carreteras y Calles.

A.4 Agregar un suministro

En el cuadro de diálogo de la Figura A.16, puede mantener información completa de todos los suministros aplicados a sus lotes, por ejemplo, semillas, fertilizantes, insecticidas, y otros productos químicos.

- 1 Haga clic en el icono de Nuevo suministro. 

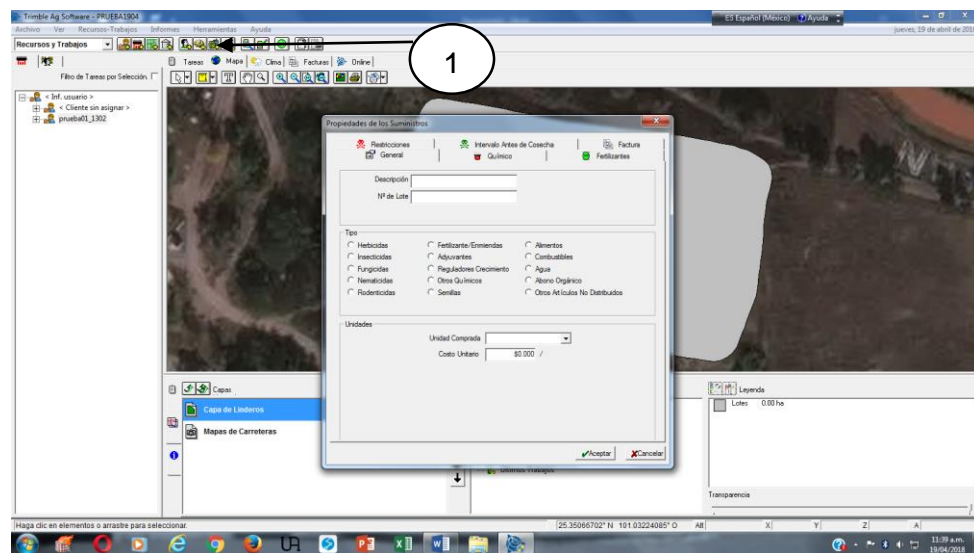


Figura A. 16 Nuevo suministro.

- 2 Ingrese la información deseada en las fichas.

- ◆ Ingrese el nombre del suministro, en este caso Semillas, Figura A.17.

◆ Producto, Añadir/Editar.

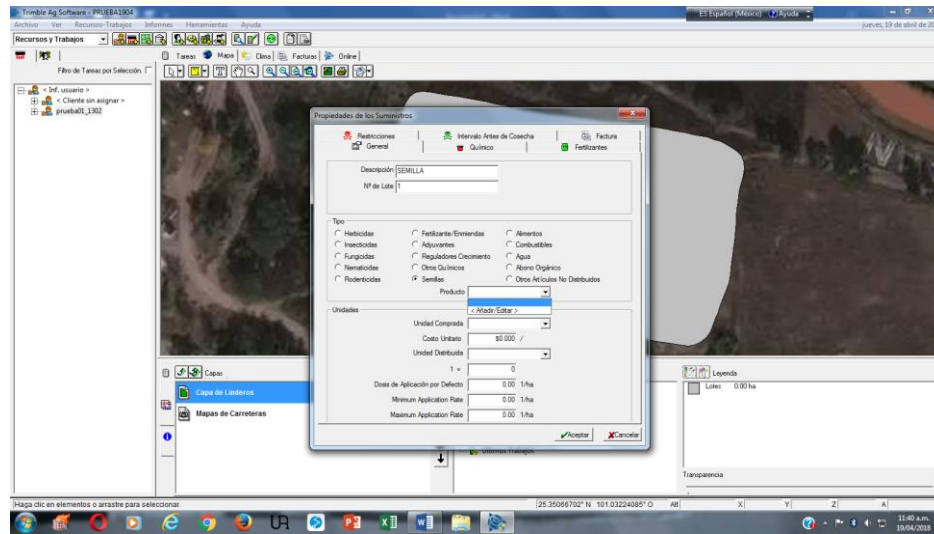


Figura A. 17 Ingresar información del suministro.

3 En el cuadro de diálogo Productos y Cultivos, haga clic en Agregar para poder seleccionar el producto, Figura A. 18.

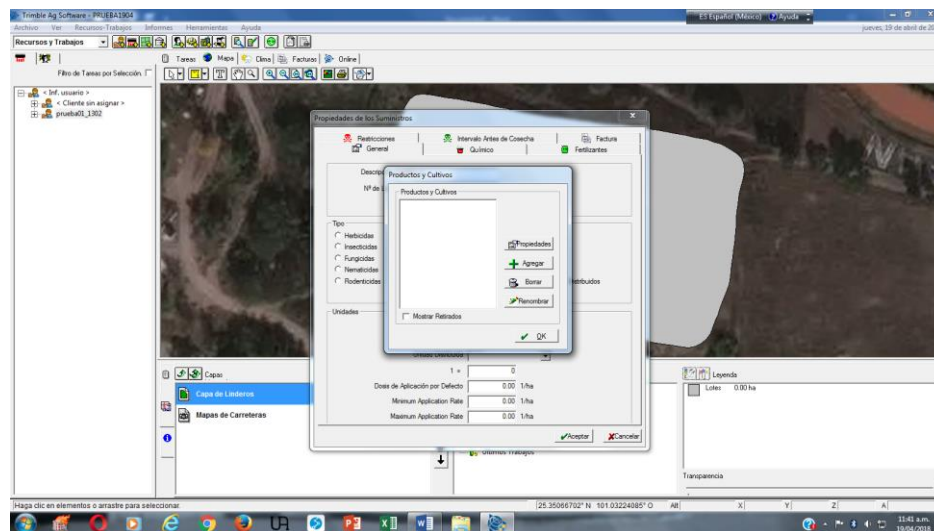


Figura A. 18 Productos y Cultivos.

4 En el cuadro de diálogo Commodity, Figura A.19, seleccione el producto y haga

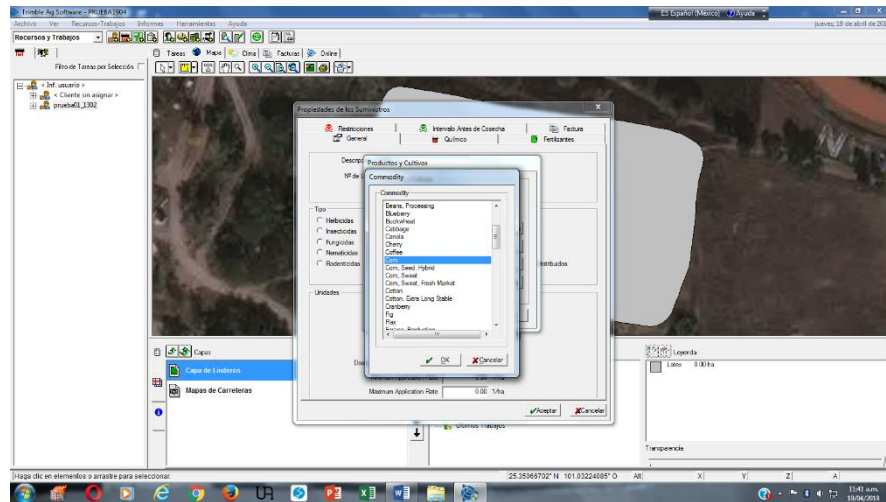


Figura A. 19 Commodity.

clic en OK.

5 Ingrese las propiedades del producto y haga clic en Aceptar, Figura A.20.

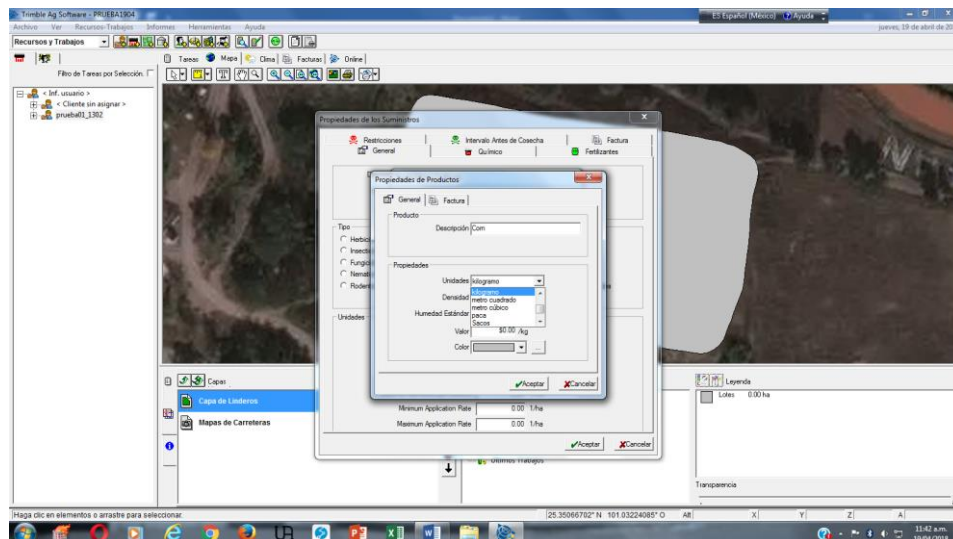


Figura A. 20 Propiedades del producto.

- 6 En el cuadro de diálogo, Productos y Cultivos de la Figura A.21, haga clic en OK.

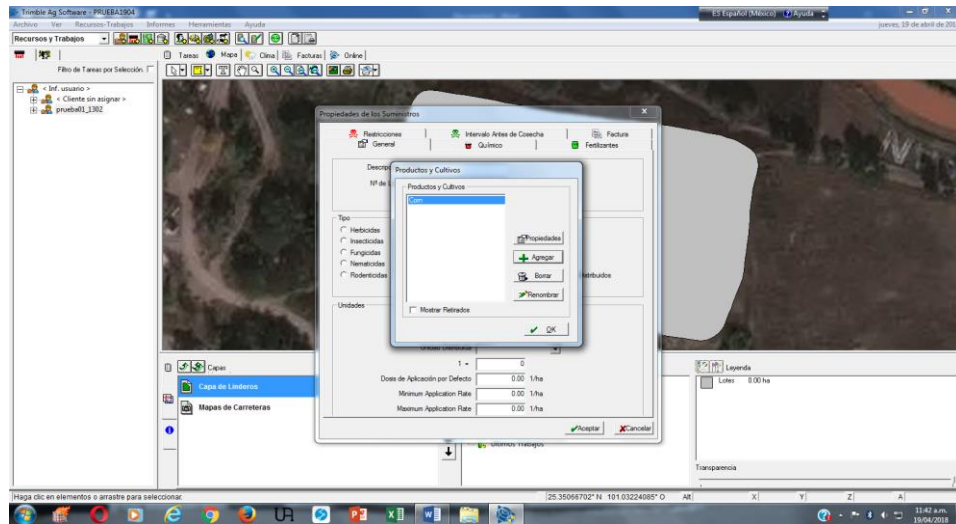


Figura A. 21 Terminar configuración de Productos y Cultivos.

- 7 En el cuadro de diálogo, Figura A. 22, Propiedades de los Suministros ingrese o cambie la información según corresponda y haga clic en Aceptar.

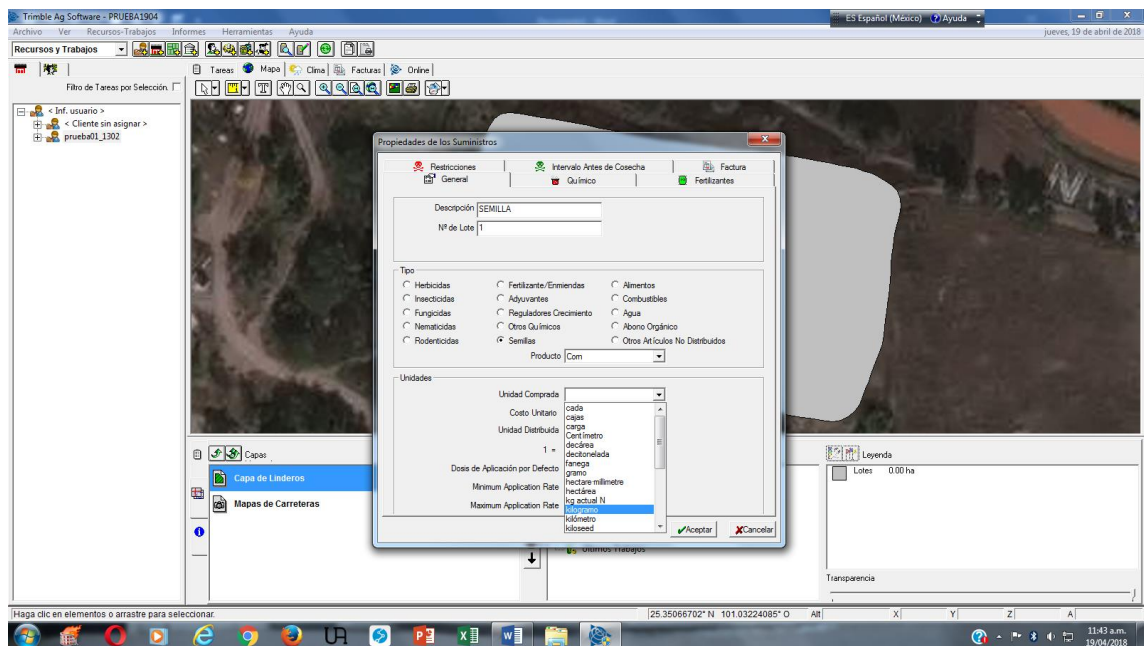




Figura A. 22 Propiedades del Suministro.

- 8 Haga clic en el icono , para mostrar los insumos.
- 9 Haga clic en el icono , para añadir los insumos.
- 10 Haga Clic en Aplicar a Lotes como se indica en la Figura A.23.

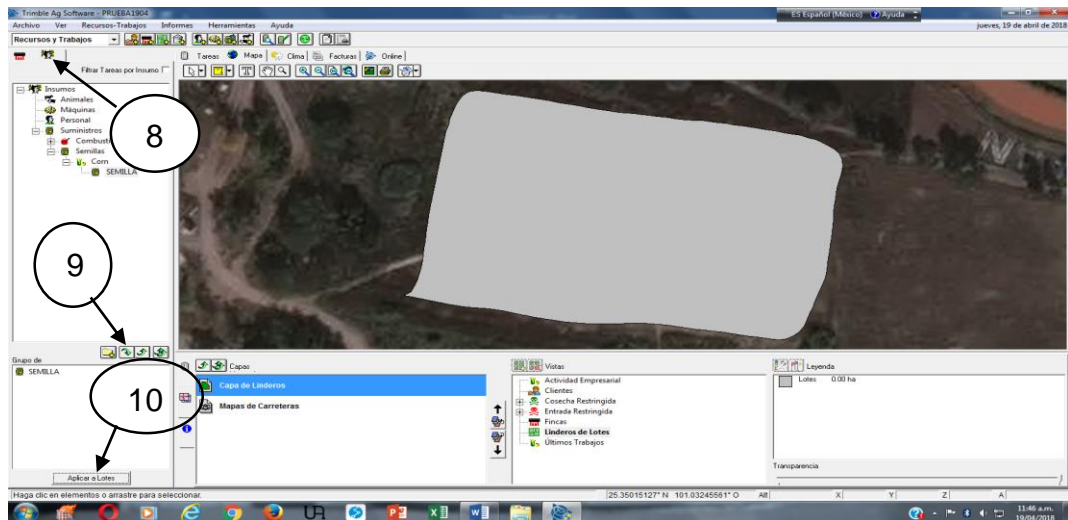


Figura A. 23 Aplicar a lotes.

- 11 Haga clic en + para expandir el árbol, Figura A.24.

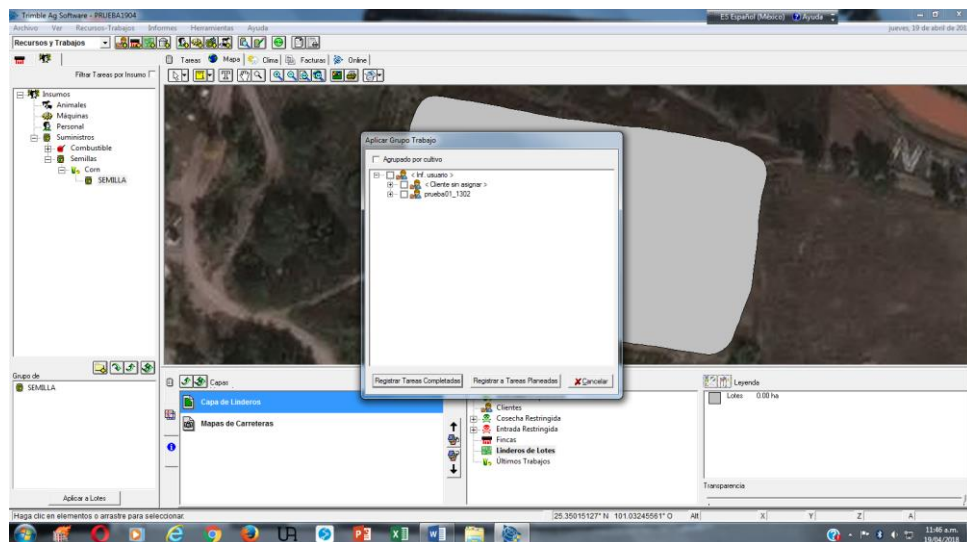


Figura A. 24 Aplicar grupo de trabajo.

12 Haga clic en la casilla continua a los lotes para los que planea el trabajo y haga clic en Registrar a Tareas Planeados como está marcado en la Figura A.25.

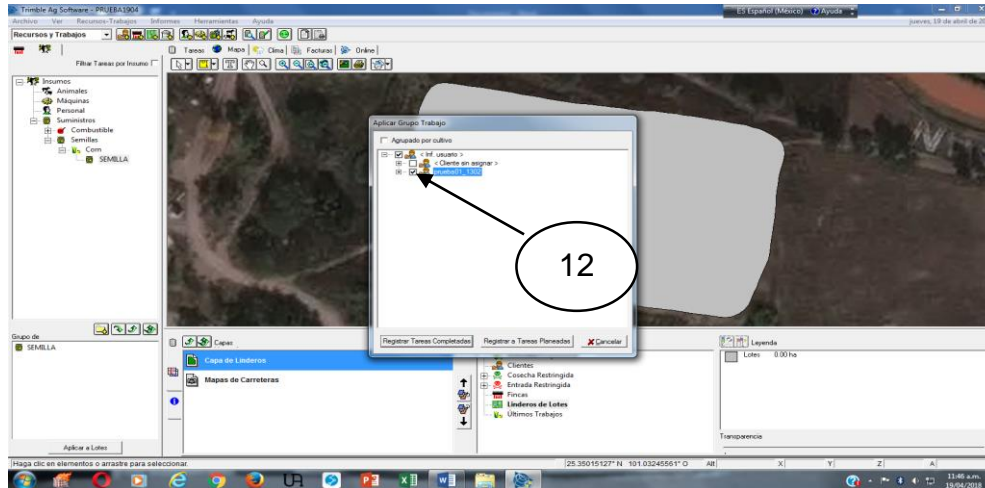


Figura A. 25 Tareas planeados.

13 Haga clic en Cultivo de la Empresa, **Cultivos de la Empresa** seleccione el producto y año actual clic en OK, Figura A.26.

◆ Clic en añadir

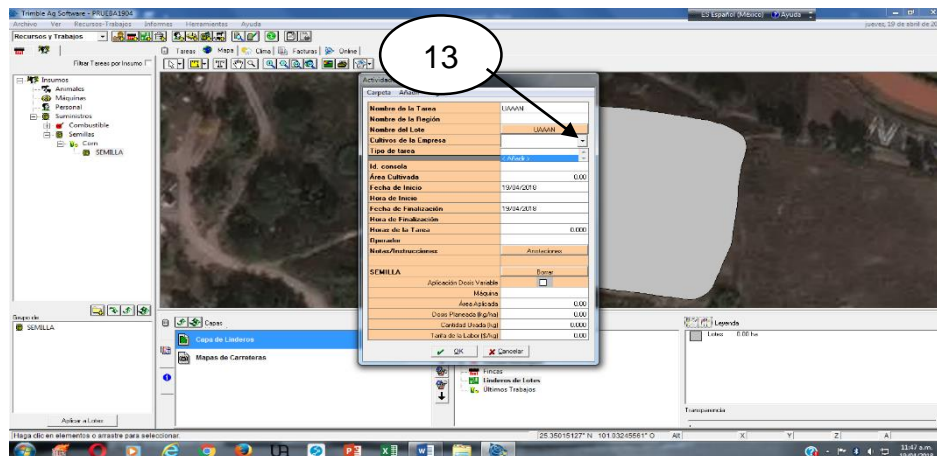


Figura A. 26 Cultivo de la Empresa.

- ◆ Seleccione el producto y año actual como se muestra en la Figura A.27.
- ◆ Clic en OK

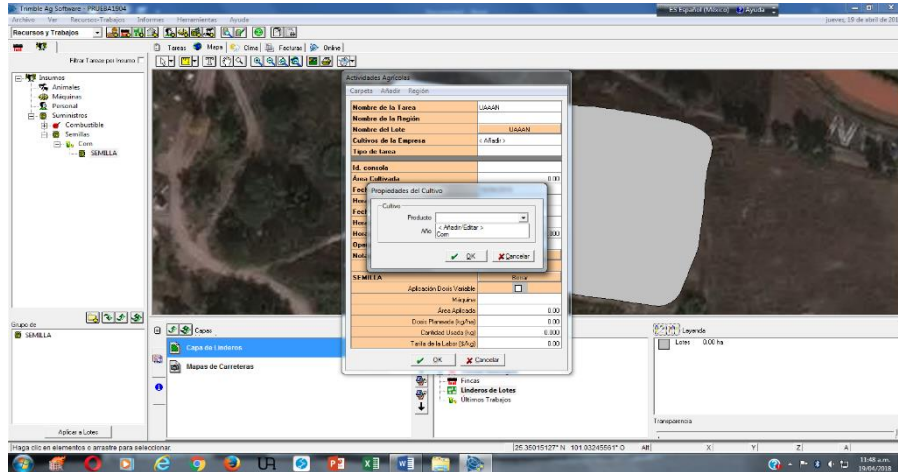


Figura A. 27 Seleccionar Producto.

14 Haga clic en Tipo de Tarea.



- ◆ en este caso vamos a añadir planting-seeding porque aplicaremos una dosis de semilla tal y como se indican en la Figura A.28.

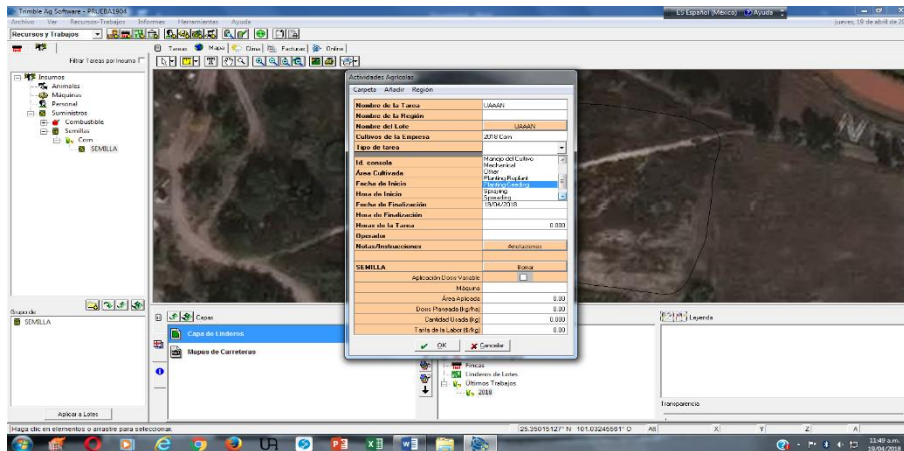


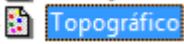
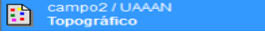




Figura A. 28 Añadir Tipo de Tarea.

15 Clic en OK.

A.5 Crear una vista

1. para crear una vista, seleccionar el icono Clientes/Fincas/Lotes. 
2. Haga clic en + para expandir el árbol.  prueba01_1302
3. Haga doble clic en icono.  Topográfico
4. Seleccionar la ficha.  campo2 / UAAAN Topográfico
5. Haga clic en  Elevación para expandir el árbol y dar clic en Topografía.
6. Haga clic en el icono, para crear una nueva vista.  Vistas

Ubicar los pasos anteriores como se enumeran en la Figura A.29.

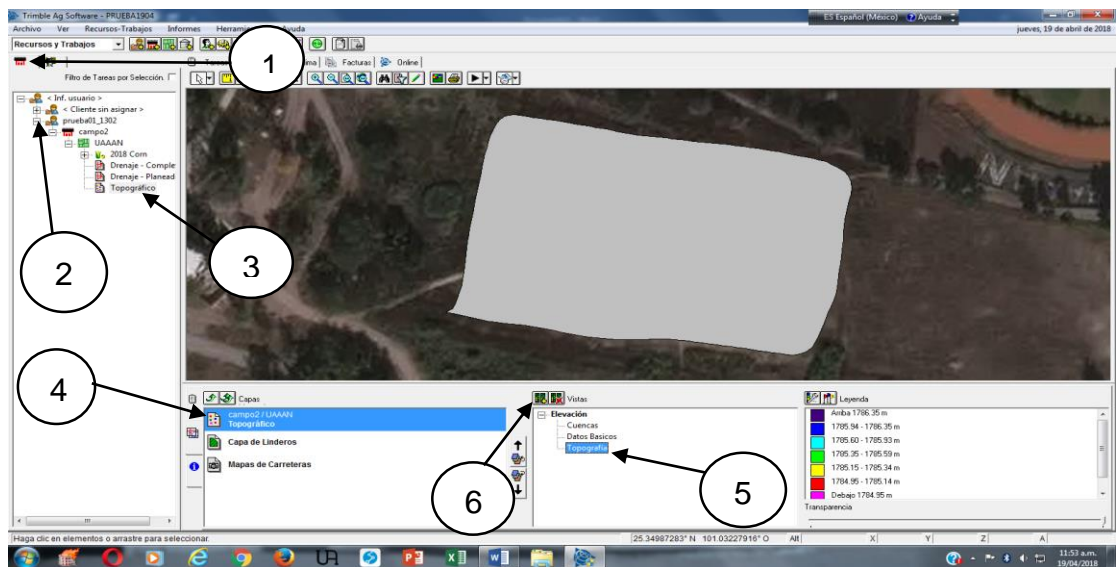


Figura A. 29 Secuencia para crear una Vista.

7. Después de ejecutar el paso 6 se abre el cuadro de diálogo Vista Nueva Figura A.30, y haga uno de lo siguiente:
 - a. Si selecciona Interpolación

- i. Promedio usa todos los puntos que tengan el tamaño de celda requerido y les da el mismo énfasis. Esta opción se usa normalmente con datos de rendimiento y mapas de datos del área real tratada que tienen gran cantidad de puntos.
- ii. Distancia Inversa pone más énfasis en los puntos próximos al centro de cada cuadrícula y menos en los puntos más alejados. Ingrese el radio de búsqueda y los puntos vecinos. Esta opción se usa normalmente con los resultados de análisis de suelos y los mapas con pocos puntos.
 - ◆ Radio Ingrese la distancia desde el punto central para buscar los puntos a usar en el cálculo.
 - ◆ Vecinos Ingrese el número de puntos vecinos a usar en el cálculo.
 - ◆ Suavizado Mueva la barra de deslizamiento para suavizar las transiciones entre rangos. Esto hace que el mapa sea menos irregular y mejora su apariencia.
- b. Si selecciona Contorno para ver los contornos de los datos en las zonas. Ingrese un área mínima en cada zona. Las áreas mínimas mayores parecen menos irregulares, pero pueden no ser una representación exacta de todo el contenido de la zona.

8. Haga clic en OK.

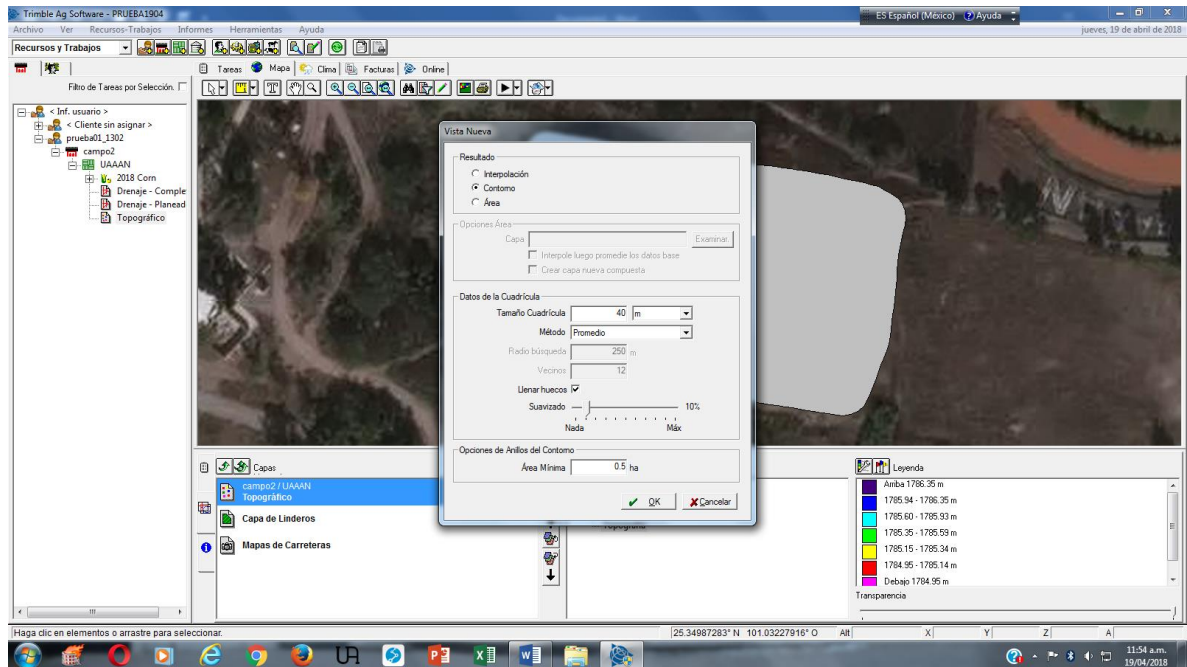


Figura A. 30 Vista Nueva.

A.6 Crear un Plan de Aplicación

1. Haga clic derecho en la vista que creó y seleccione Crear Plan de Aplicación, Figura A.31.

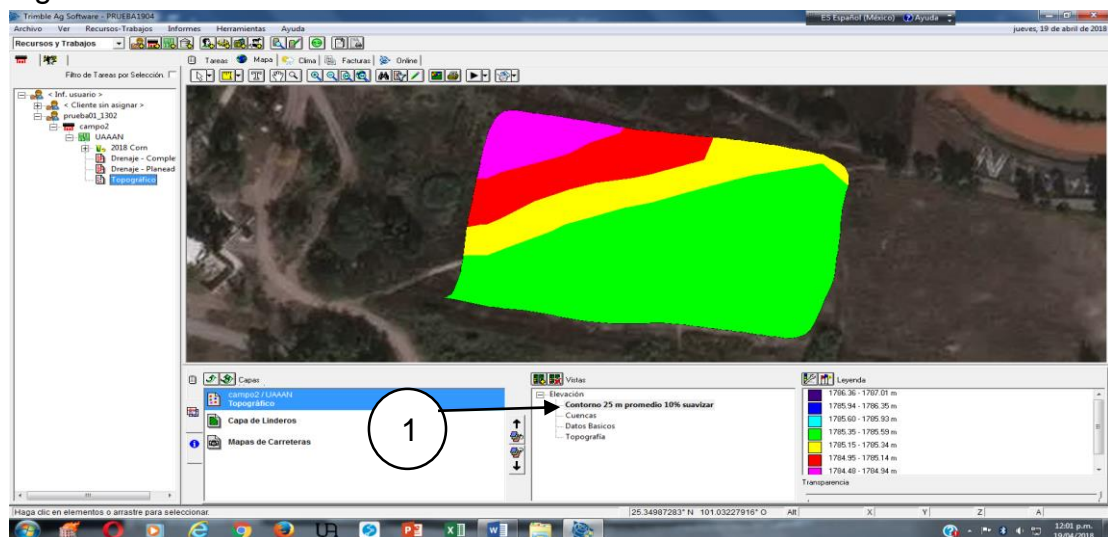


Figura A. 31 Plan de Aplicación.

2. Seleccionar Crear Plan de Aplicación, Figura A.32

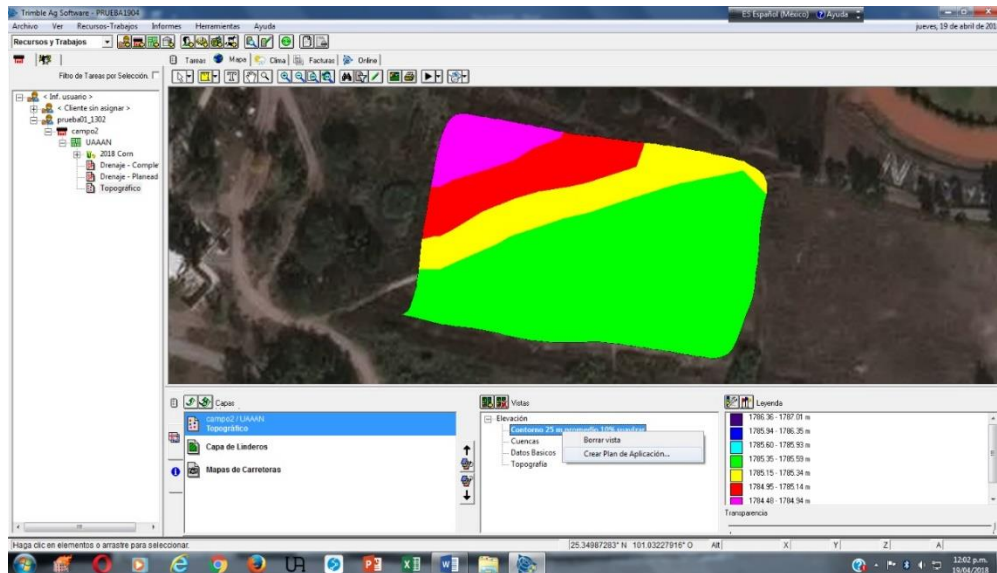


Figura A. 32 Crear Plan de Aplicación.

3. Aparece el cuadro de diálogo Actividades Agrícolas Figura A.33, haga clic en OK o en su caso, realice las modificaciones necesarias.

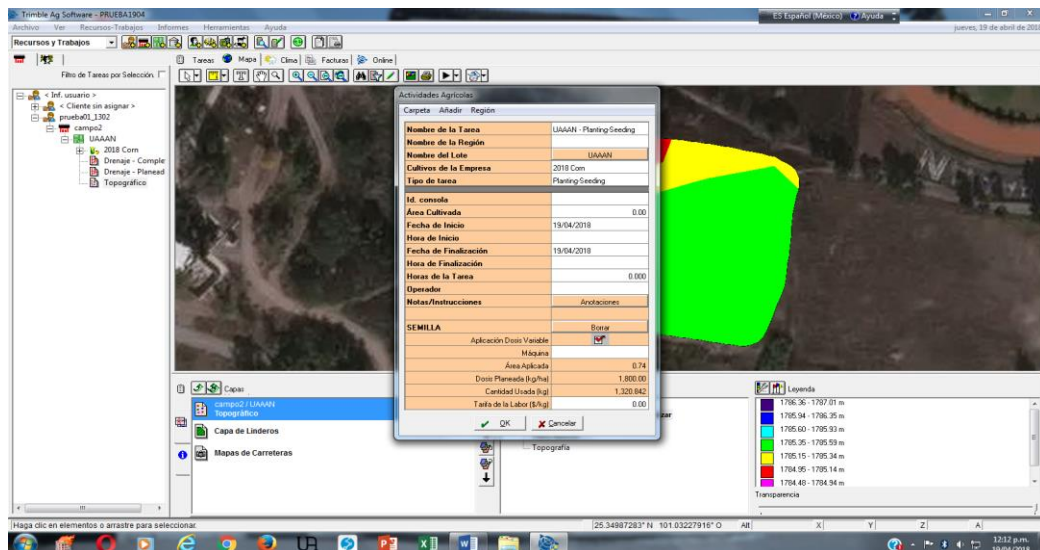


Figura A. 33 Actividades Agrícolas.

A.7 División de la parcela en lotes

Después de ejecutar el último paso anterior se prosigue a lo siguiente:

1. Dosis por Defecto, es la dosis aplicada cuando la maquina se sale del mapa VRA, Figura A.34.

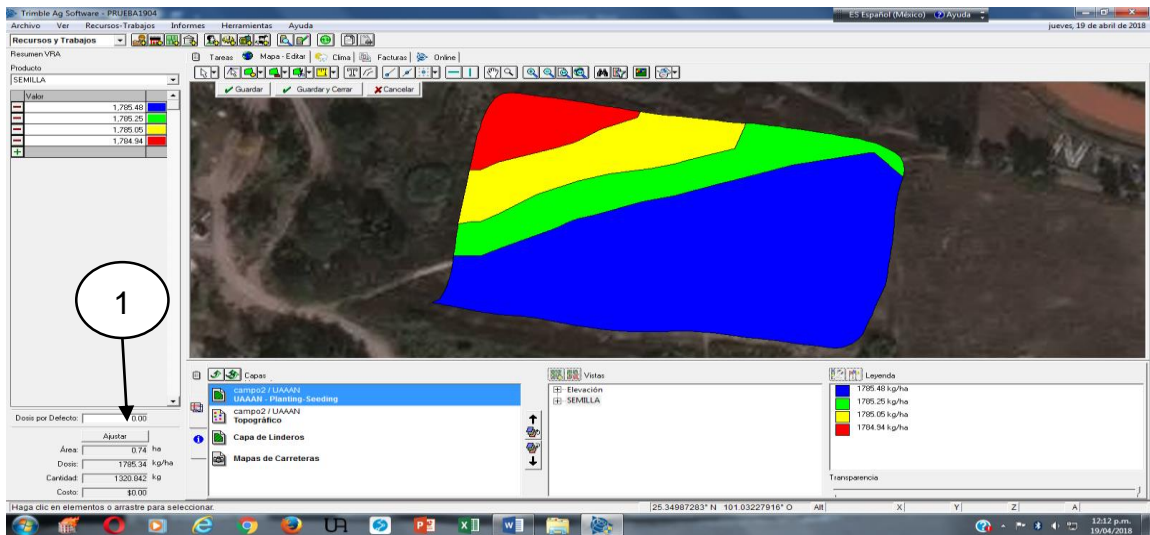


Figura A. 34 Dosis por Defecto.

2. Clic derecho afuera del mapa, y seleccionar invertir selección o seleccione el mapa como se muestra en la Figura A.35.

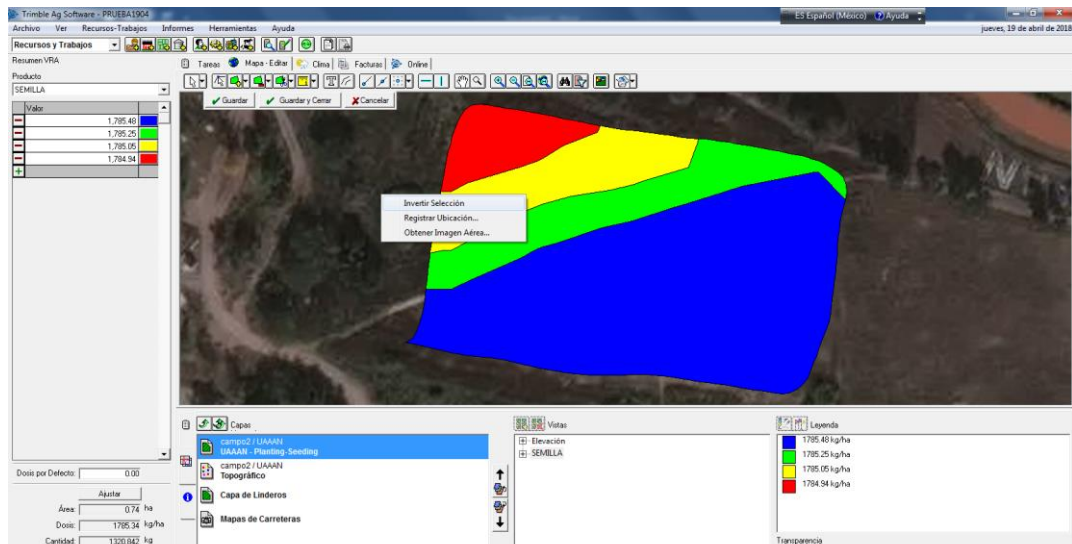


Figura A. 35 Invertir Selección.

Después de hacer el paso anterior el mapa se mostrará como la Figura A. 36.

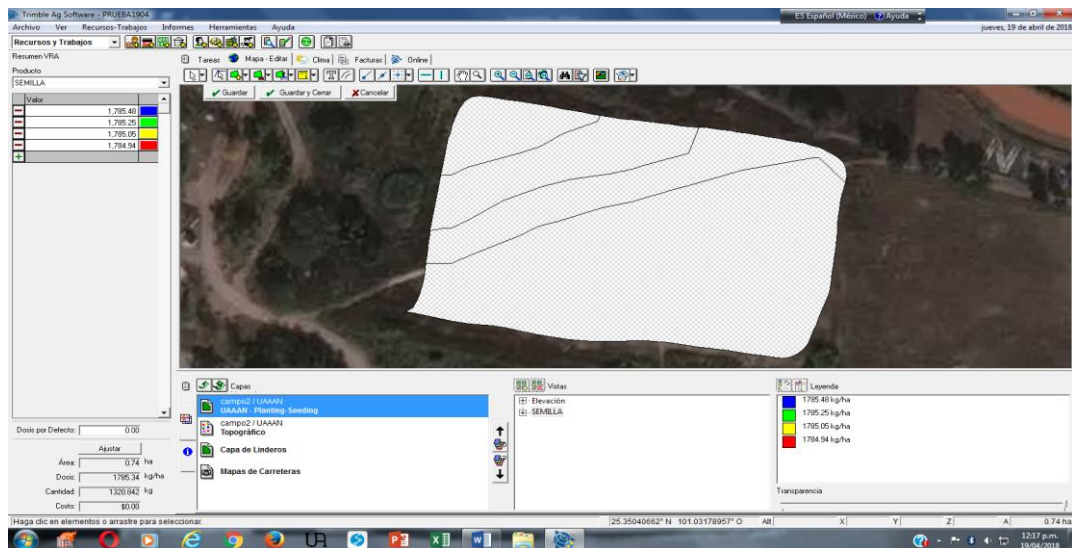


Figura A. 36 Mapa seleccionado.

3. Clic derecho seleccione Fusionar, Figura A.37.

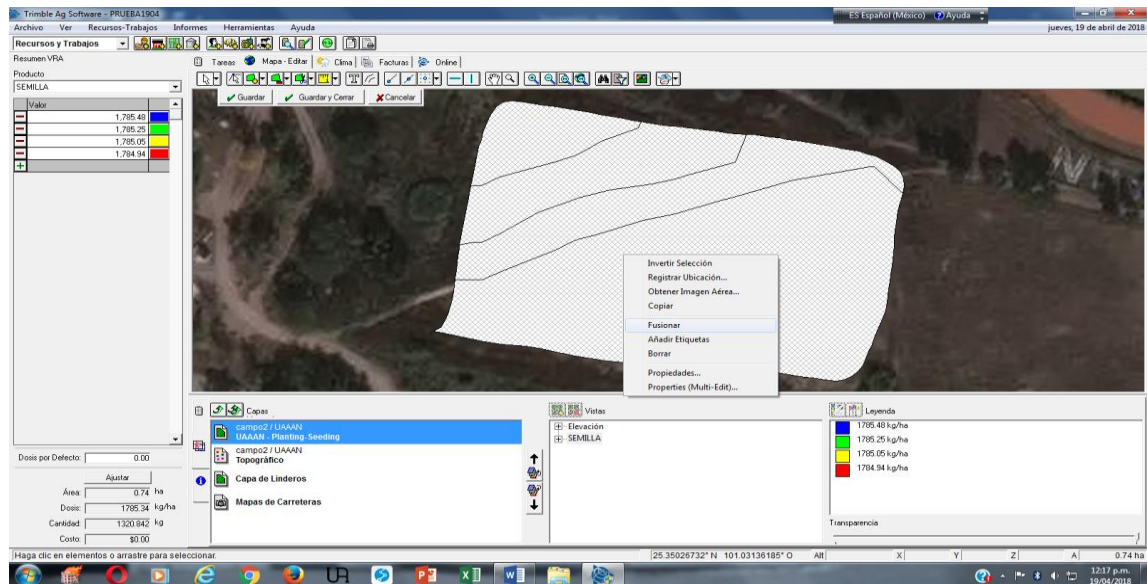



Figura A. 37 Fusionar mapa.

4. Haga clic en el icono para dividir el polígono.  Se desplegará la lista de Herramientas de División como se observa en la Figura A.38.

a. Si selecciona Polígono:

i. Podrá seleccionar y dividir el mapa desde su exterior.

b. Si selecciona Línea:

i. Con ésta herramienta se puede dividir el mapa en las secciones necesarias (en este caso se ocupó la Herramienta de División Línea).

5. Haga clic donde quiera empezar a dividir el lindero clic al finalizar, clic derecho: si la división es correcta clic en Final. Si quiere eliminar la línea clic derecho: Deshacer o Cancelar.

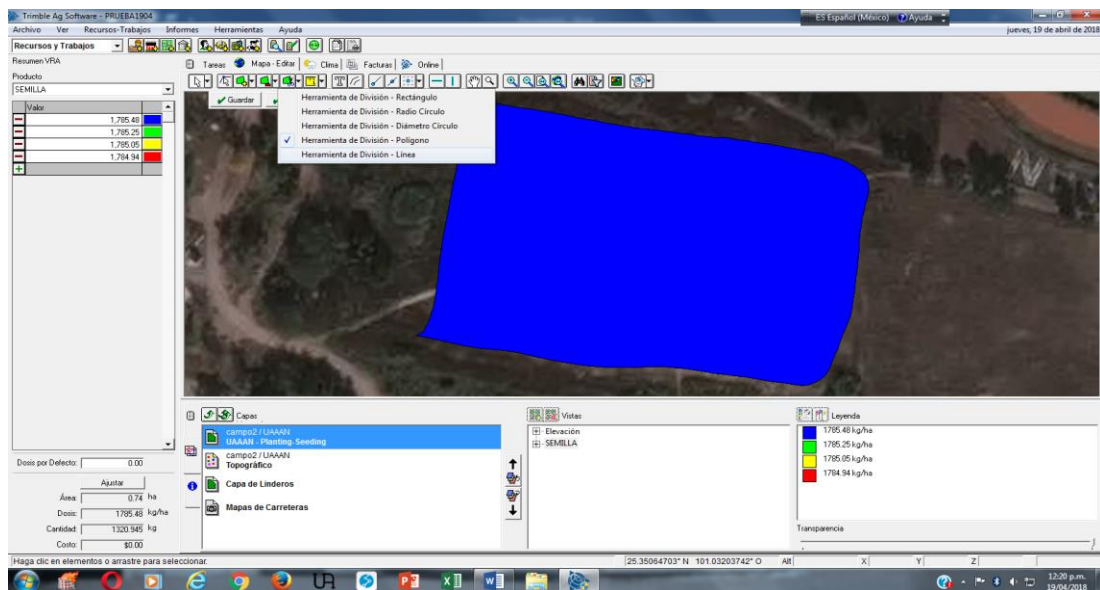


Figura A. 38 Herramientas de División.

Después de ejecutar la Herramienta de División Línea, el mapa quedó dividido en 9 bloques como se observa en la Figura A. 39.

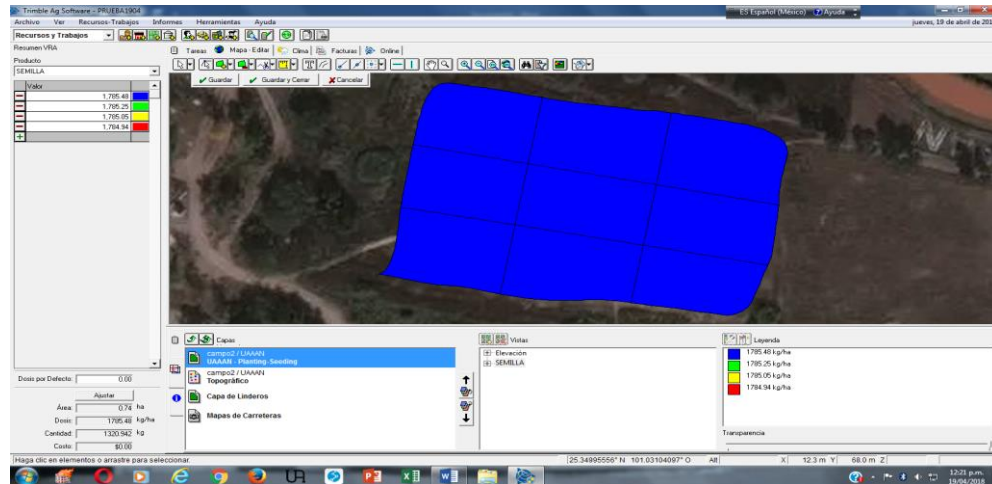


Figura A. 39 Mapa Dividido.

6. Después de que el mapa se haya dividido se asigna la dosis que se requiere aplicar en este caso fue de (20, 16, 14 kgha^{-1}). Cada dosis en tres bloques aleatorios.
7. Para aplicar las Dosis haga clic derecho en cada lote de la Figura A. 40, seleccione Propiedades

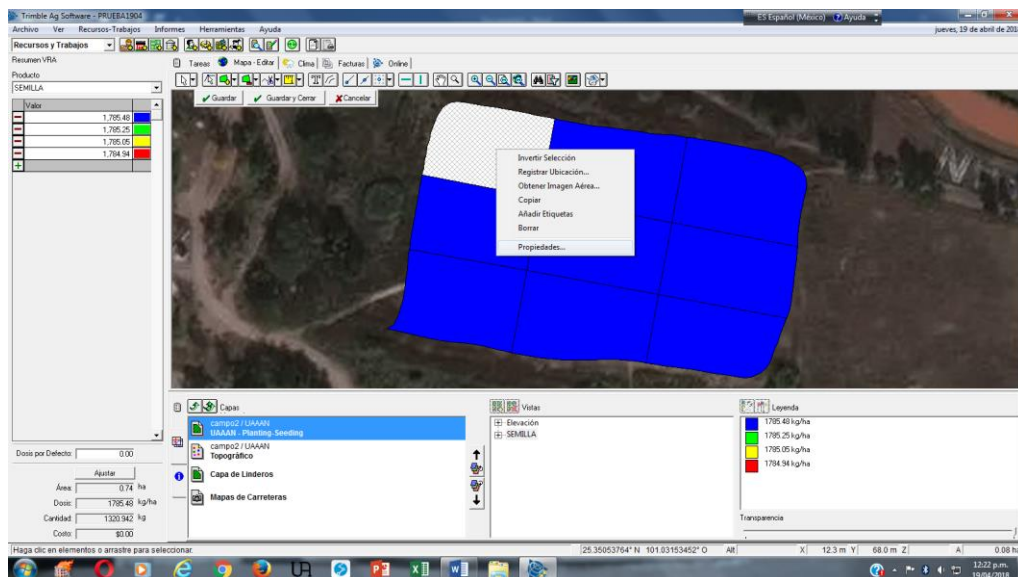


Figura A. 40 Aplicar Dosis a cada bloque.

8. Cuando se abra el cuadro de diálogo Propiedades del Objeto (Figura A.41), active la casilla a aplicar, en este caso se activa la casilla semillas y asigne la dosis. Clic en Aceptar.

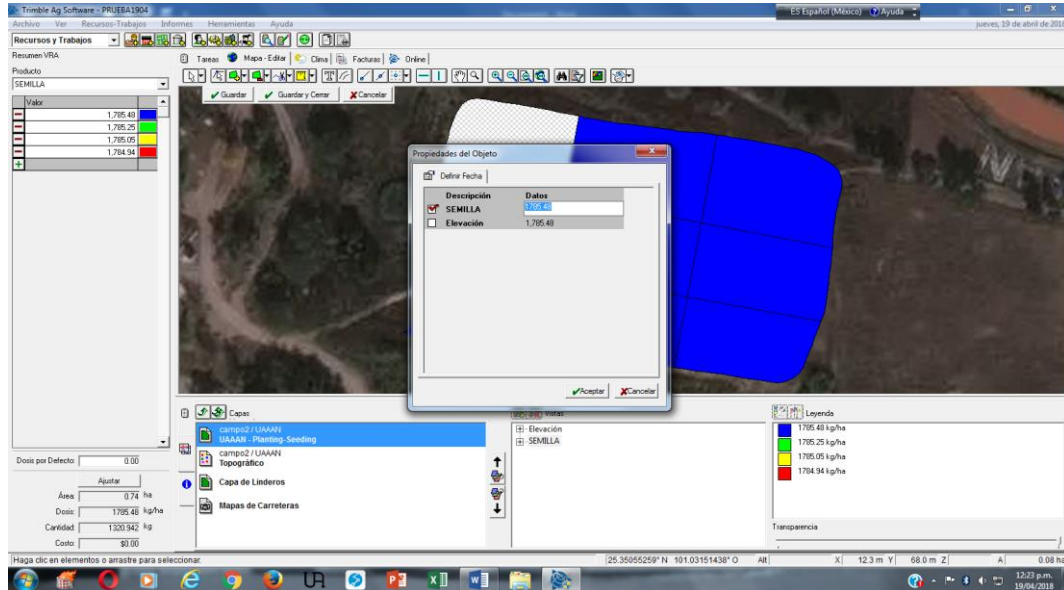


Figura A. 41 Propiedades del objeto.


9. Los colores que sobren dar clic en el icono. 
10. La dosis media, la cantidad total y el costo se calculan automáticamente. Esta información puede resultar muy útil al comprar suministros, Figura A.42.



Figura A. 42 Cantidad y costos.

11. Si hay alguna capa visible por debajo de la capa de aplicación, ajuste la barra de deslizamiento para ver la capa a través de la nueva capa de aplicación, Figura A. 43
12. Cuando termine de crear el mapa VRA, haga clic en Guardar y Cerrar, Figura A. 43. El trabajo planeado aparece en el lote correspondiente en la ficha Trabajos y en la ficha Finca.

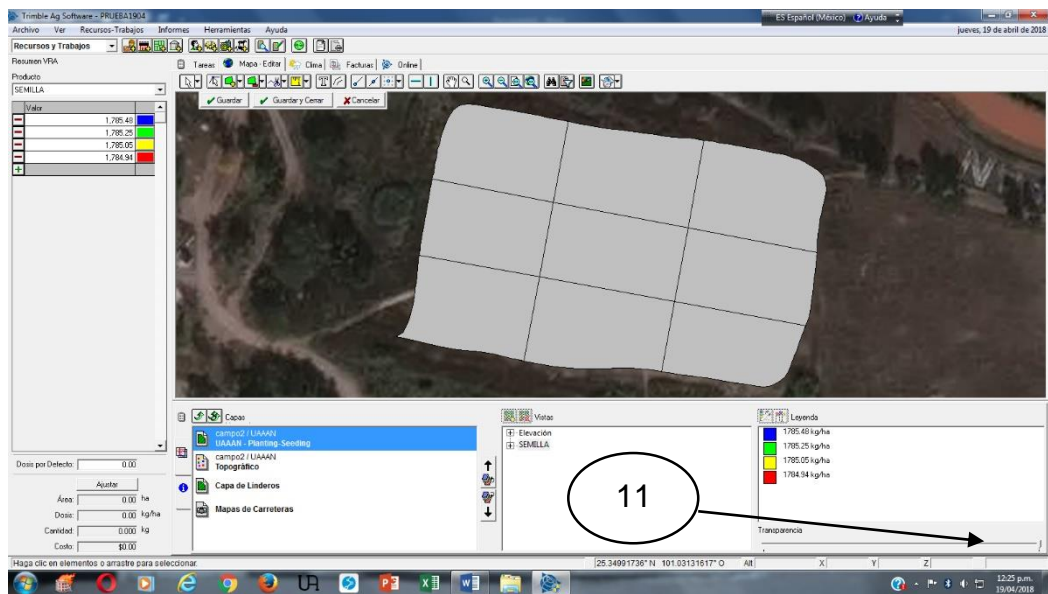


Figura A. 43 Guardar y Cerrar para crear el mapa de prescripción.

Después de todo el proceso anterior, en la Figura A. 44 se muestra el Mapa de Prescripción obtenida con el software Farm Works Mapping de Trimble con la dosis aplicar.

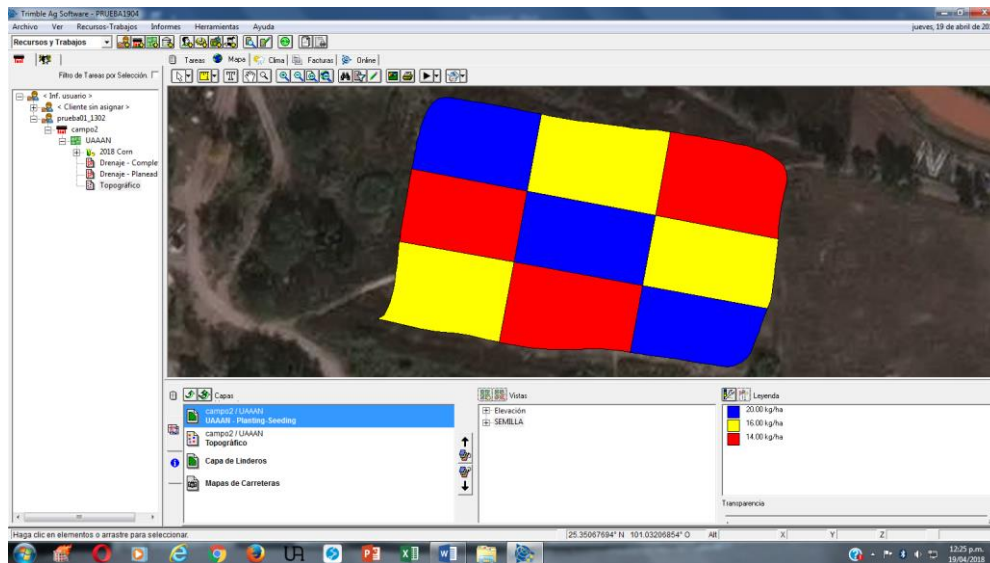




Figura A. 44 Mapa de prescripción obtenida.

13. Si quiere cambiar de color, Clic en Leyenda.  Leyenda

A.8 Exportar el mapa de aplicación de dosis variable

Para exportar un mapa de prescripción de aplicación de dosis variable.

1. En la ficha del mapa (Figura A.45), seleccione la ficha Trabajos  por debajo de la ventana del mapa.

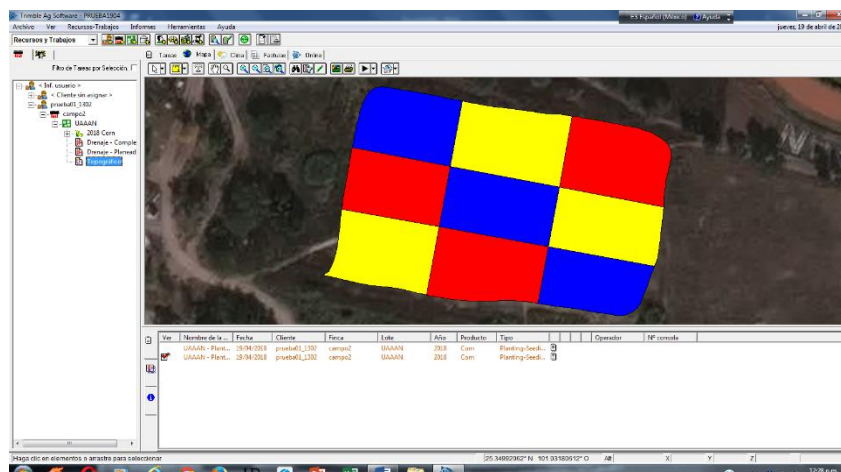



Figura A. 45 Seleccionar el archivo para exportar.

- Busque el trabajo planeado que contenga el mapa de prescripción a exportar y seleccione la casilla de verificación Ver  como se indica en la Figura A.45.

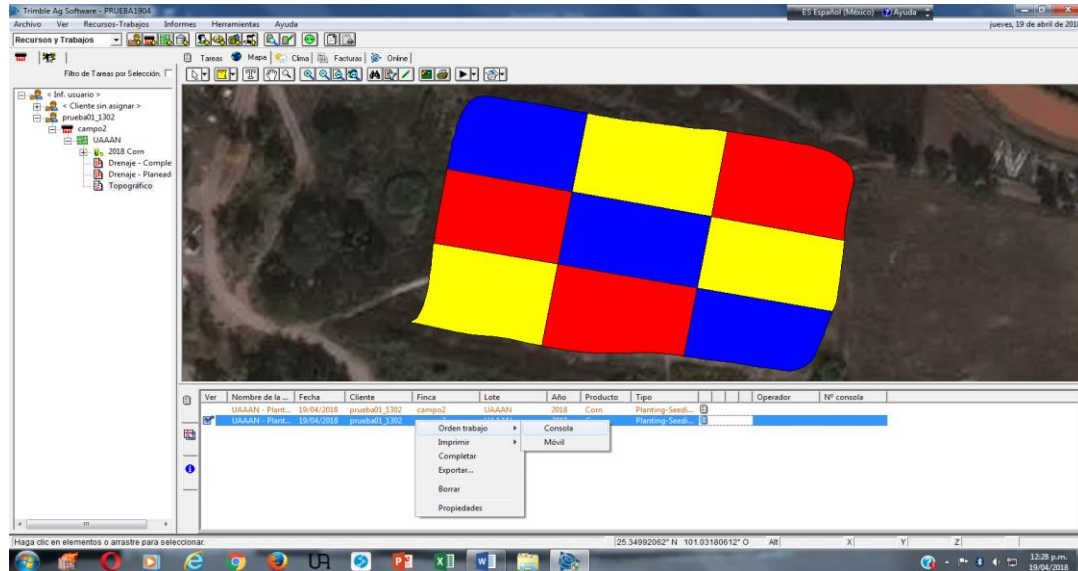



Figura A. 46 Trabajo planeado.

- Haga clic derecho en el trabajo, seleccione Orden de Trabajo y seleccione Consola.
- El icono de exportación de datos de trabajo  aparece en la fila correspondiente al trabajo Figura A.47.

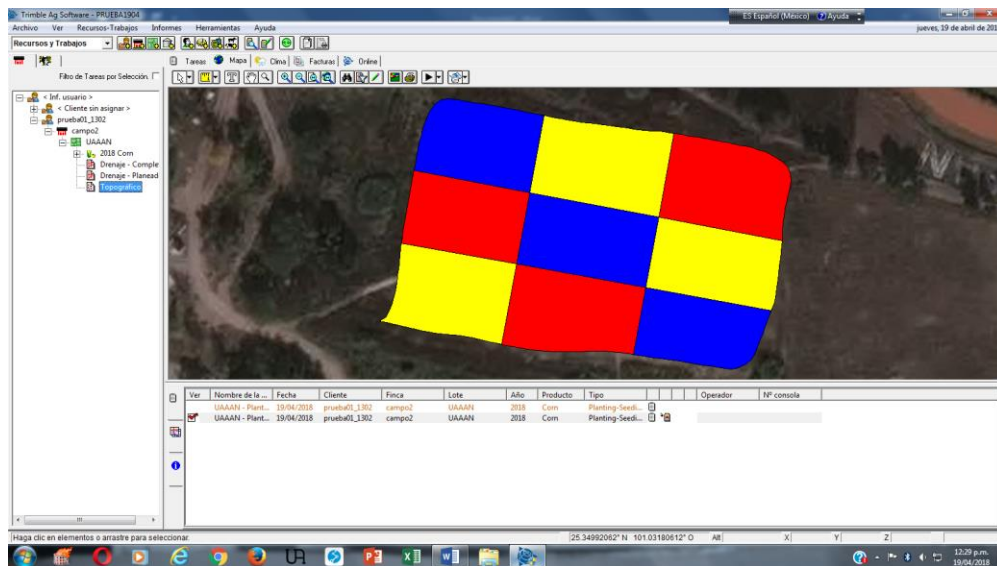



Figura A. 47 Exportación de datos de trabajo.

5. Haga uno de lo siguiente.

- ◆ Seleccione el icono de importación de datos de tareas. 
- ◆ Seleccione Archivo/Escribir Datos de Tareas.

6. El cuadro de diálogo Escribir Datos de Tareas Figura A. 48 muestra los controladores y monitores de otros fabricantes a los que puede exportar mapas VRA. En este caso exportar al controlador Trimble y al monitor pantalla FmX Display

7. Clic en OK.

Nota – Recuerde que al copiar y pegar un archivo Shape, éste contiene tres archivos (.shp, .shx, y .dbf).

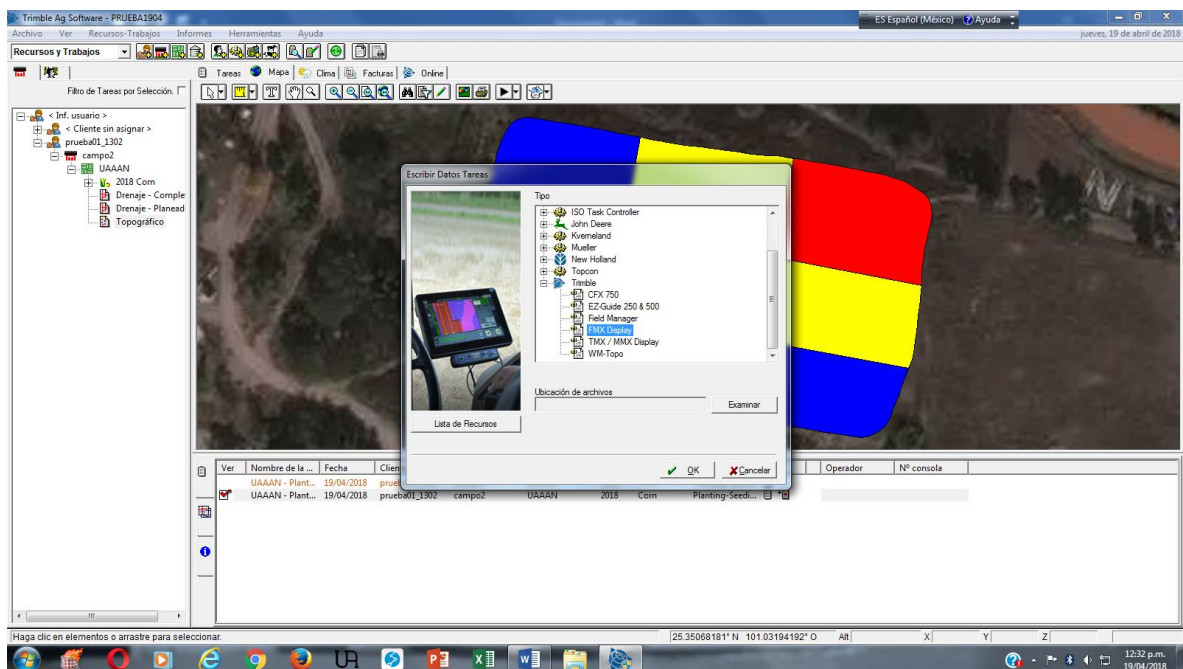


Figura A. 48 Escribir datos de tareas.

ANEXO B

B.1 Agregar aplicaciones a la pantalla FmX

1. Al encender la pantalla aparece la Figura B.1.



Figura B. 1 Pantalla de inicio.

2. Clic en el botón para configurar.  y seguir en la Figura B.2.

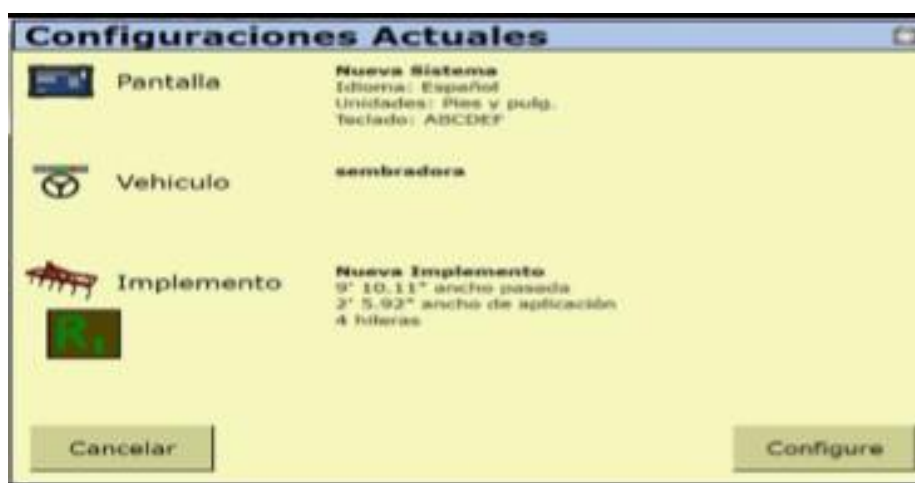


Figura B. 2 Configuración.

3. Para agregar el complemento Field-IQ y Manual Guidance; seguir la secuencia de botones que se muestra en la Figura B.3.

❖ Pulsa Configure

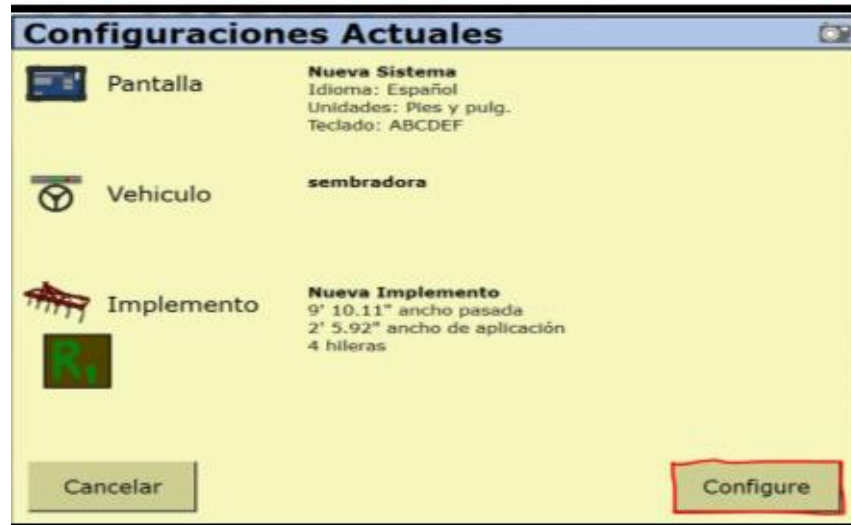


Figura B. 3 Pantalla de Configuración.

❖ Pulsar Agregar/Quitar, Figura B.4.

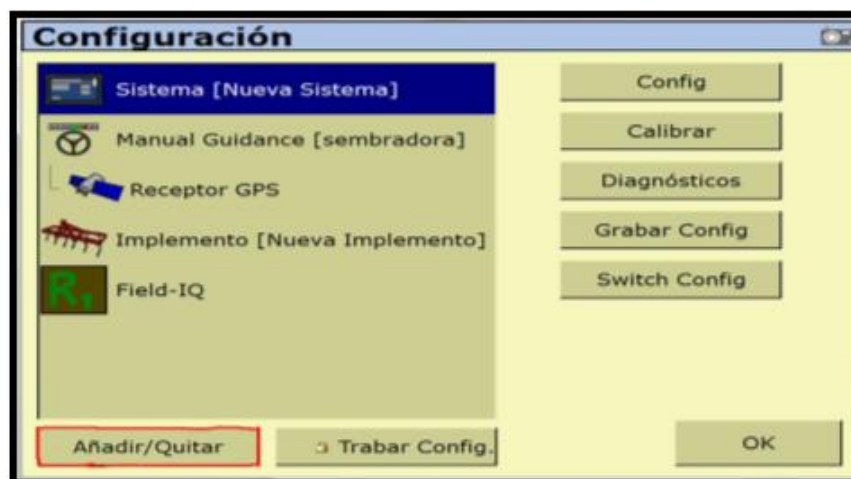


Figura B. 4 Pantalla de Configuración del sistema.

- ❖ Aparecerá una ventana de la Figura B.5, donde se introducirá la contraseña (2009) del proveedor para poder avanzar. Después dar clic en ok.



Figura B. 5 Ingresar Contraseña (2009).

- ❖ Buscar en la lista de complementos inactivos los complementos Field IQ y Manual Guidance, seleccionar los complementos y dar en añadir, Figura B.6.



Figura B. 6 Agregar Complementos.

- ❖ Clic en OK.

ANEXO C

C.1 Cargar mapa de prescripción a la pantalla FmX

1. Encender la pantalla.
2. Insertar la memoria en el puerto USB de la pantalla, Figura C.1.



Figura C. 1 Copiar archivo a la pantalla FmX.

3. Clic en Archivos de Datos como se indica en la Figura C.2.



Figura C. 2 Selección de Archivo de Datos.

- ◆ Seleccione Datos de Campo, Figura C.3.
- ◆ Pulsar Copiar.
- ◆ Pulsar OK.

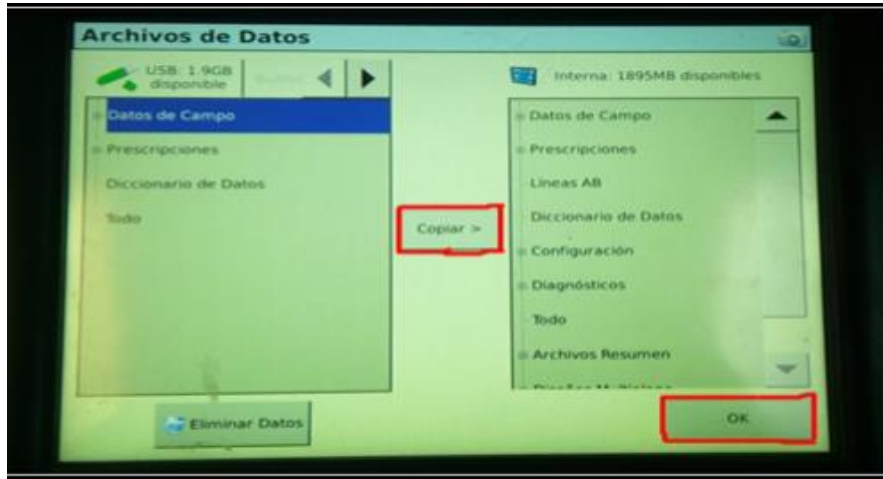


Figura C. 3 Copiando el archivo de memoria USB a la memoria de la pantalla.


- ◆ Nos colocamos en la pantalla de inicio, Clic en el icono.  Figura C.4.



Figura C. 4 Pantalla de inicio.

- ◆ Para esto ya deben de estar configurados los componentes Field-IQ y el Implemento, Figura C.5, pero si solo quiere abrir el archivo no hay ningún problema.
- ◆ Clic en OK.

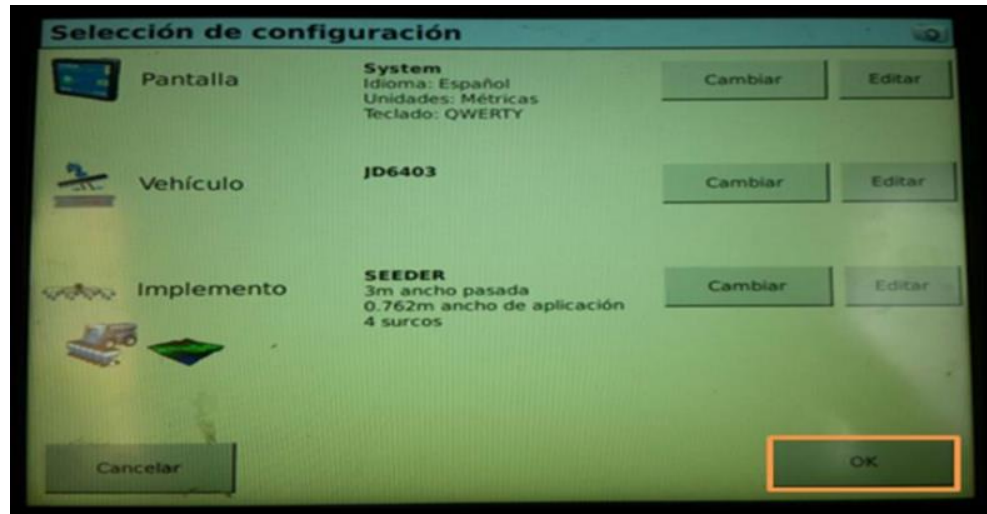


Figura C. 5 Pantalla de Configuración.

- ◆ Seleccionar el nombre del archivo, Figura C.6.
- ◆ Clic OK.

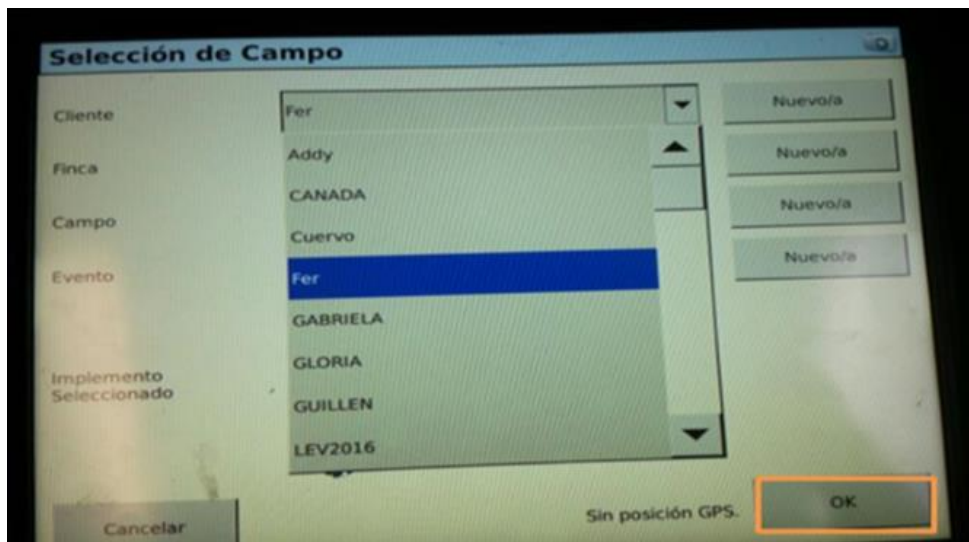


Figura C. 6 Selección de Campo.

- ◆ Seleccionar el archivo (shp), Figura C.7.
- ◆ Clic en OK.

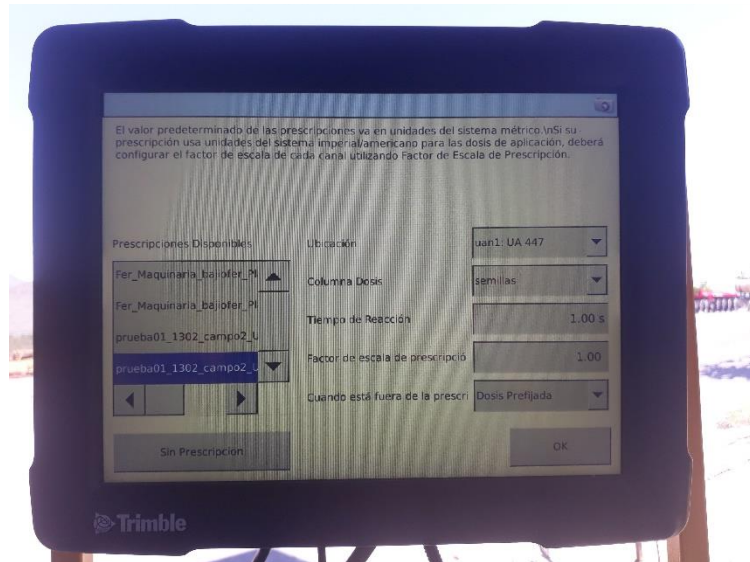


Figura C. 7 Prescripción a cargar.

- ◆ Mapa de Prescripción cargada a la pantalla FmX, Figura C.8.

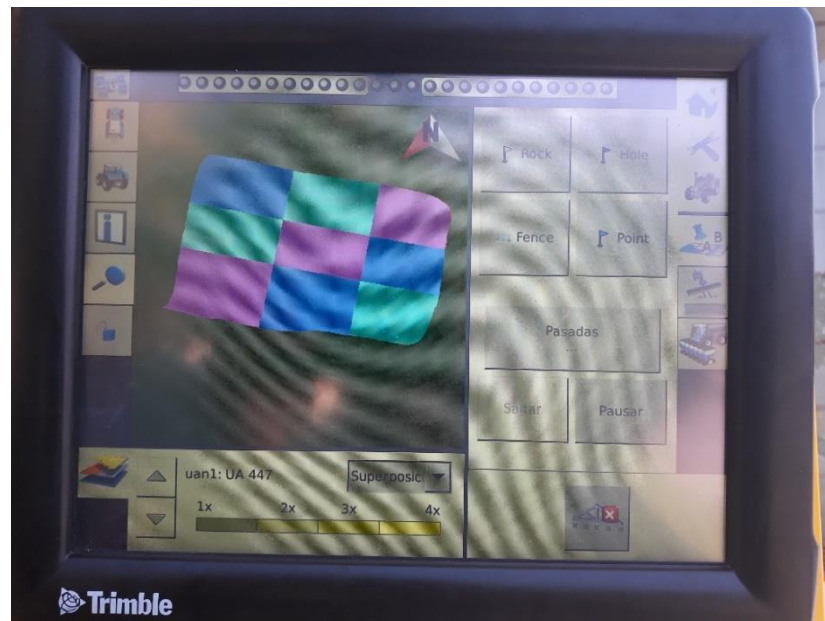


Figura C. 8 Mapa de prescripción.

ANEXO D

D.1 Configuración de Field-IQ

1. Seleccionamos el componente y configuración como se indica en la Figura D.1.

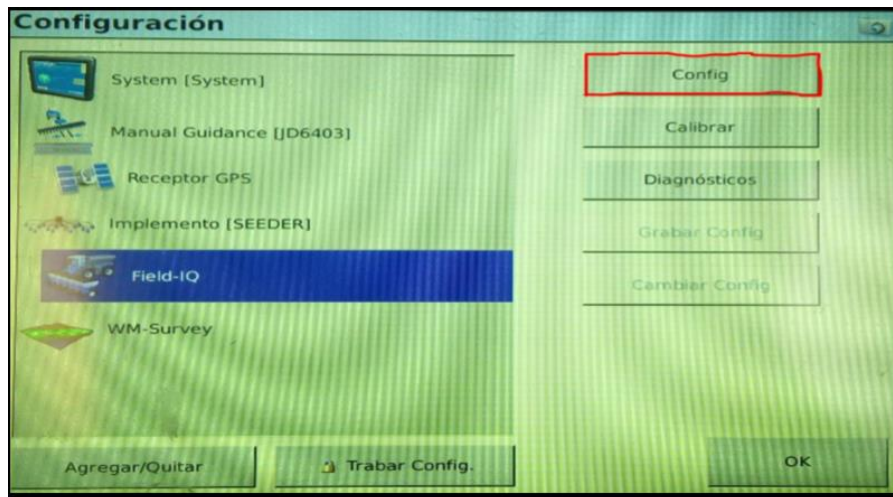


Figura D. 1 Pantalla de Configuración.

2. Clic en Programación del Material, Figura D.2.



Figura D. 2 Programación de Material.

- ❖ Clic en Agregar, Figura D.3.

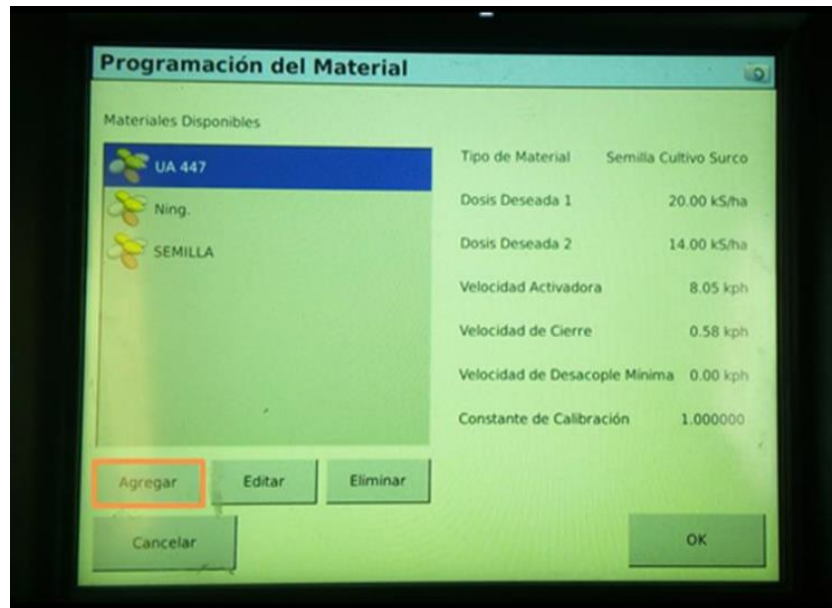


Figura D. 3 Agregar Configuración.

- ❖ Cuando se llega al cuadro de dialogo de la Figura D.4, asignar el tipo de material, nombre y las dosis deseadas.

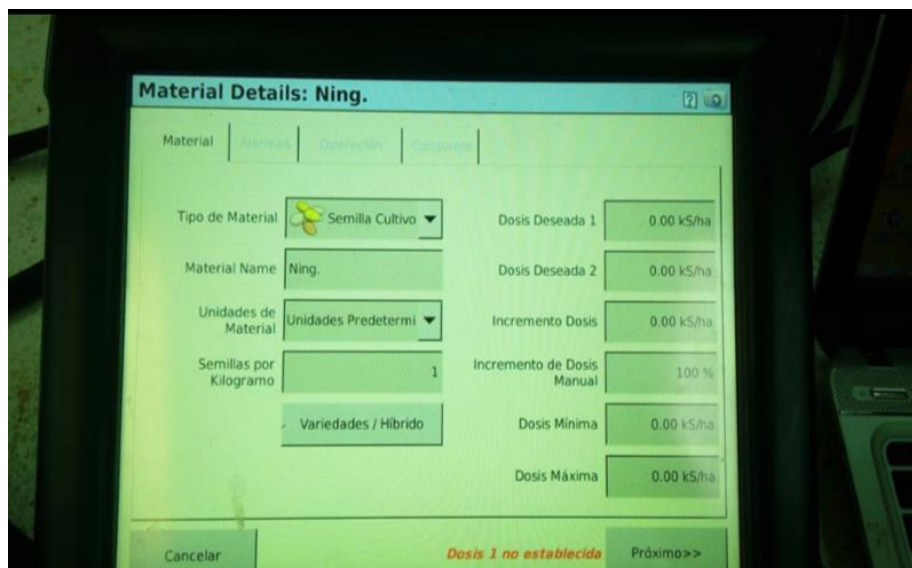


Figura D. 4 Asignar material deseada.

- ❖ Si selecciona Variedades / Híbrido.
- ❖ Clic en Agregar, escriba el nombre, OK, Figura D.5.
- ❖ Clic en Asignar.

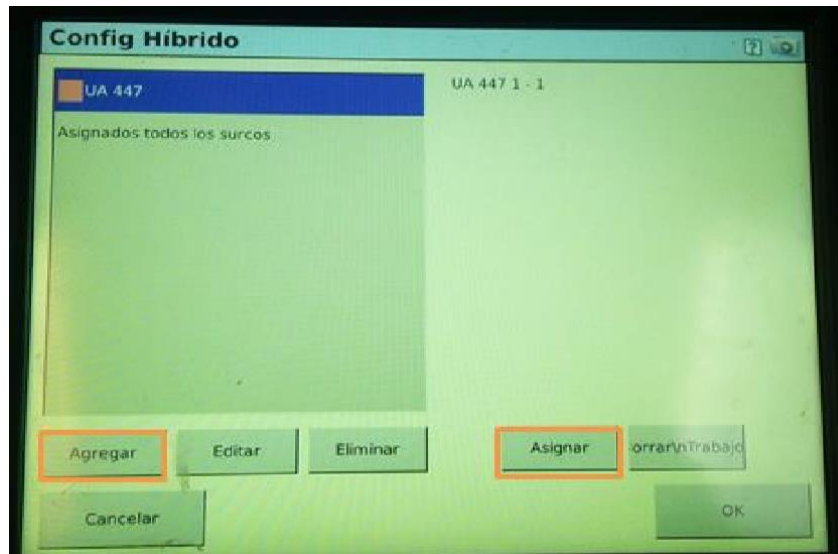


Figura D. 5 Configuración de híbrido.

- ❖ Configuración de rangos para la variedad que Asigno Figura D.6.
- ❖ Clic en OK.

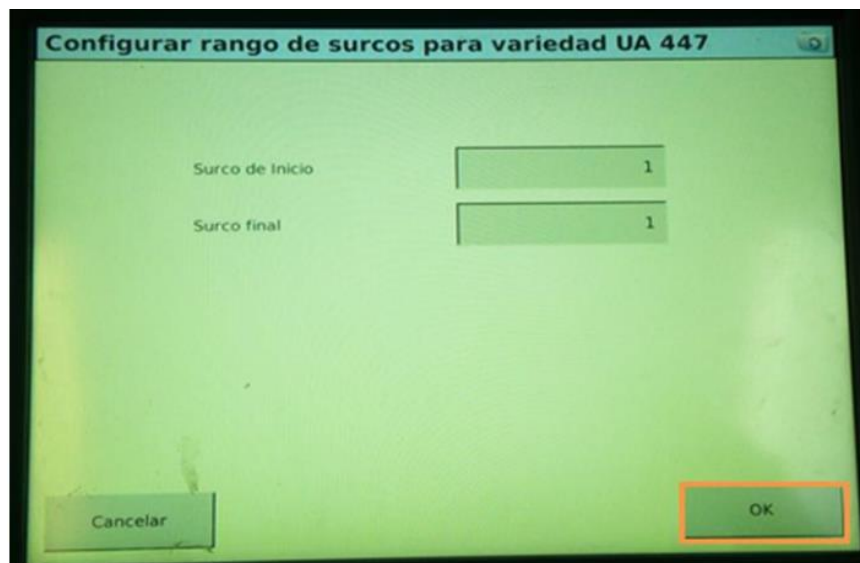


Figura D. 6 Configuración de rangos.

- ❖ Asignado el tipo de material, la dosis aplicar, configurado Variedad/Hibrido como se observa en la Figura D.7, clic en Próximo.

Material	Alarmas	Operación	Constante
Tipo de Material		Semilla Cultivo	Dosis Deseada 1
Material Name		SEMILLAS	Dosis Deseada 2
Unidades de Material		Unidades Predetermi	Incremento Dosis
Semillas por Kilogramo		2500	Incremento de Dosis Manual
		Variedades / Híbrido	Dosis Mínima
			Dosis Máxima

Figura D. 7 Material configurado.

- ❖ Configuración, Operación.
- ❖ Clic en Próximo como en la Figura D.8.

Material	Alarmas	Operación	Constante
Jump Start Speed		8.05 kph	
Sobrepasado el tiempo de espera de la Velocidad de Activación		20.00 s	
Velocidad de Cierre		4.00 kph	
Velocidad de Desacople Mínima		0.00 kph	
Aplicar Latencia al Límite		Si	
Redondear Dosis		Si	

Figura D. 8 Configuración de operación.

- ❖ Asignar la Constante de Calibración Figura D.9.
- ❖ Clic en OK

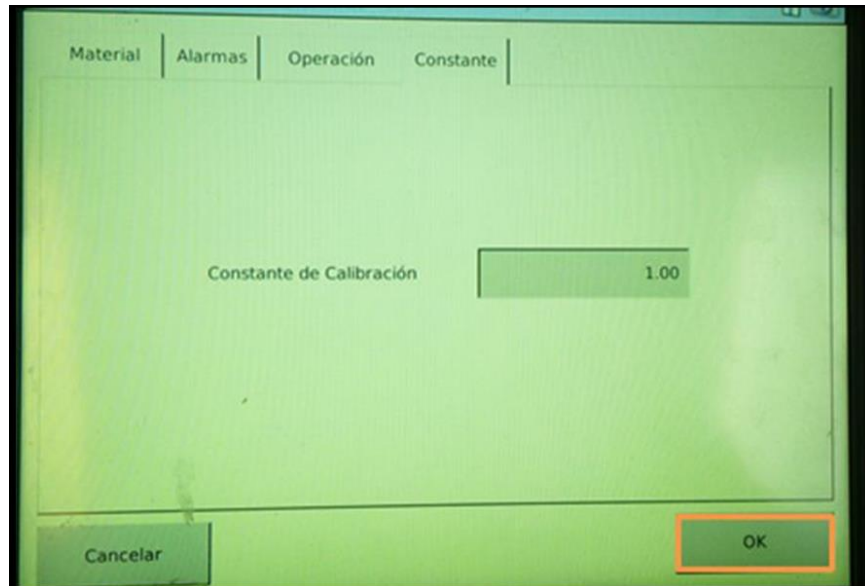


Figura D. 9 Constante de Calibración.

- ❖ Una vez completada la configuración de material, clic en Terminar Configuración como se muestra en la Figura D.10.

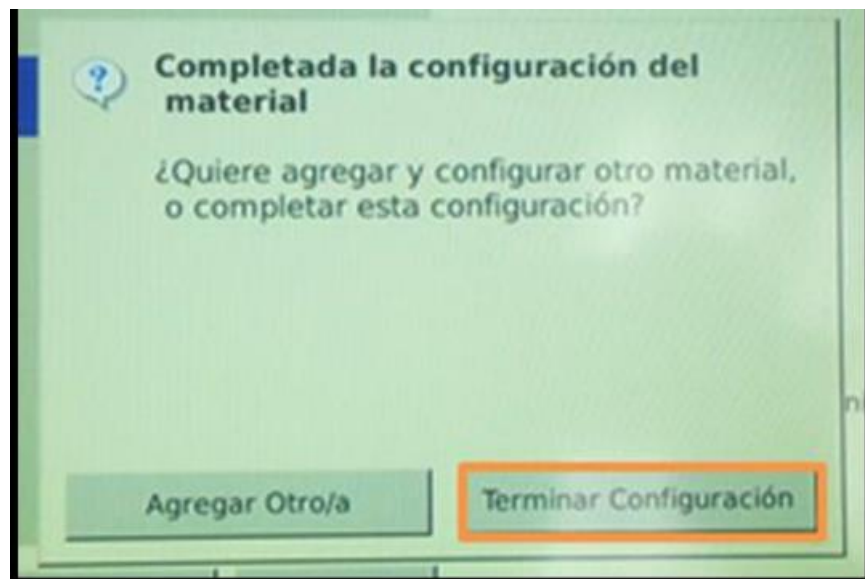


Figura D. 10 Terminar Configuración.

3. En la configuración de Field-IQ Figura D.11, dar clic en Configurar Control.



Figura D. 11 Configurar Control.

- ❖ Realizar la configuración de Control de Dosis en cada apartado
- ❖ Activar Si en *Section Control* Figura D.12.

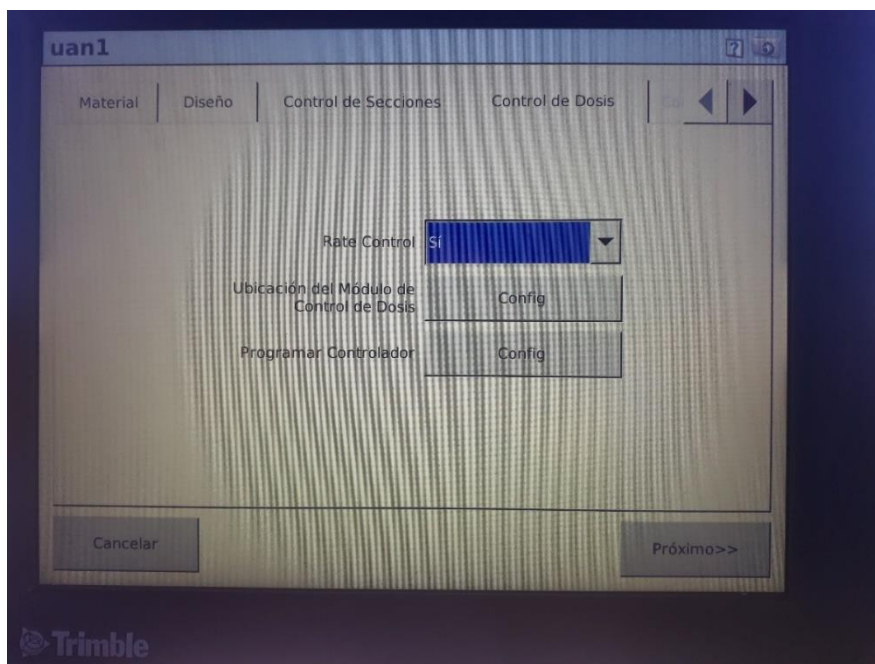


Figura D. 12 Control de secciones.

4. Para la calculadora de la Relación de Engranajes Figura D.13.
- ❖ Agregar los números de dientes en los engranes Propulsor y Propulsado.
 - ❖ Clic en OK.

	Diente Propulsor	Diente Propulsado
Engranaje 1	0	0
Engranaje 2		0
Engranaje 3		0
Engranaje 4		0
Relación de Engranajes	Undefined	

Cancelar OK

Figura D. 13 Relación de engranajes.

- ❖ En Programar Controlador Figura D.14, se debe mostrar la relación de engranajes y las semillas por Disco.

Programar Sensor Retroalimentación | Avanzada

Relación de Engranajes 2.06

Calculadora de Relación de Engr

Semillas por Disco 30

Cancelar OK

Figura D. 14 Terminar en Programar Controlador.

- ❖ En la configuración de Control de Surcos va a depender de la configuración de Control de Secciones si le dio la opción No en este caso las opciones están inhabilitadas como se muestra en la Figura D.15. Para habilitar tendrá que poner la opción Si y hacer las configuraciones correctas en ambos y poder dar clic en Próximo.

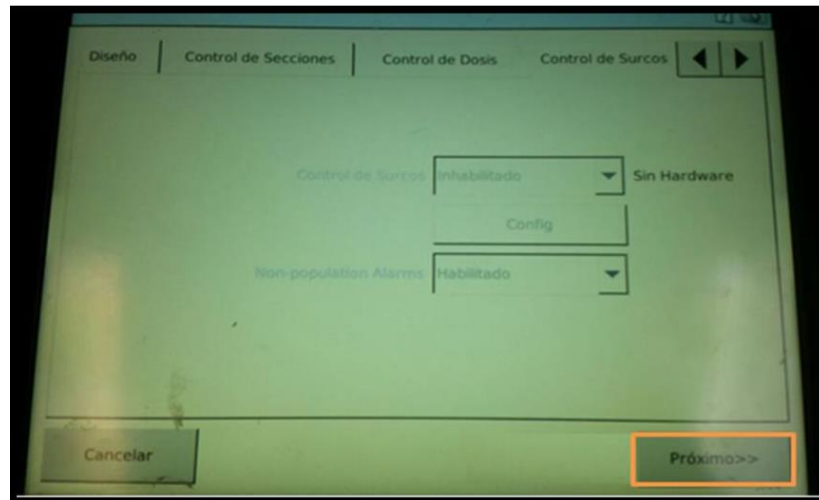


Figura D. 15 Configuración de Control de Surcos.

- ❖ En la configuración de Sensores Figura D.16, si va a trabajar con uno, Clic en Agregar, asignar uno de la lista y realizar las configuraciones.
- ❖ Para finalizar Clic en OK.

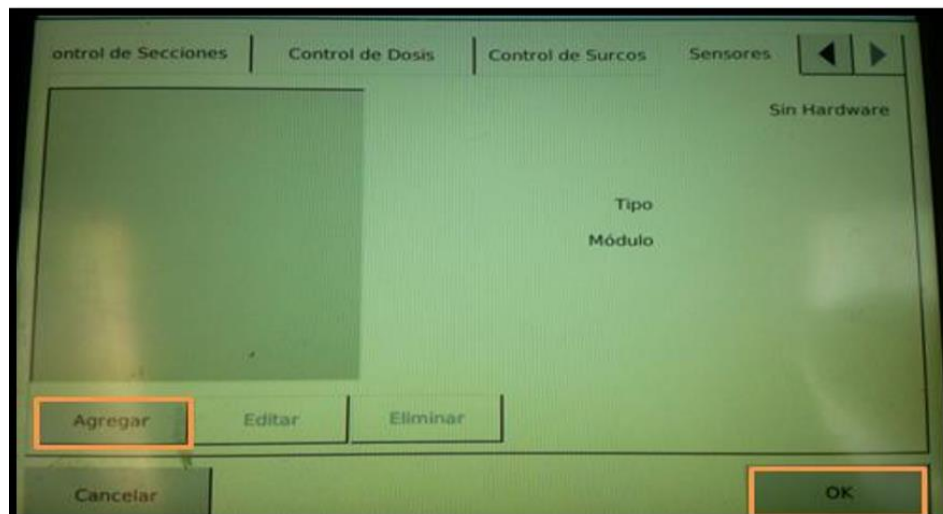


Figura D. 16 Configuración de Sensores.

En la Figura D.17, seleccionar la configuración necesaria, en este caso fue asignación de material. Y en la Figura D. 18 se muestra el material asignado.

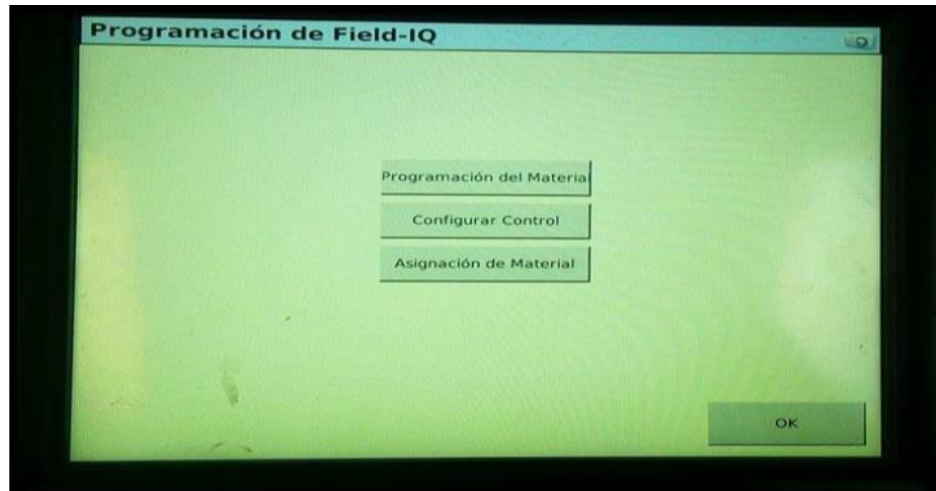


Figura D. 17 Clic Asignación de Material.

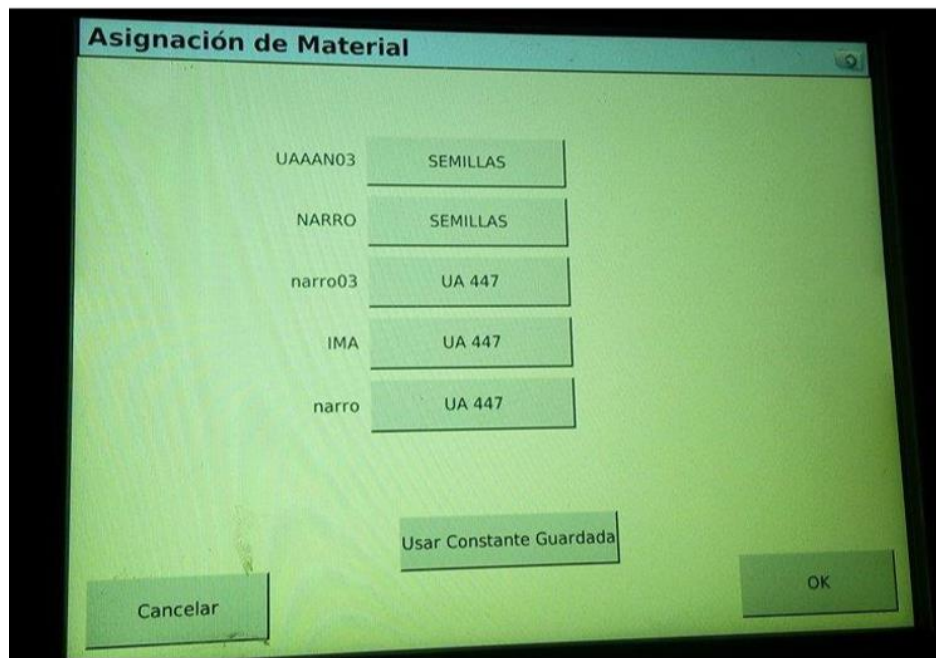


Figura D. 18 Asignar el Material.

ANEXO E

E.1 Configuración del implemento

1. Seleccionar Implemento, Clic en Configuración, como se observa en la Figura E.1.

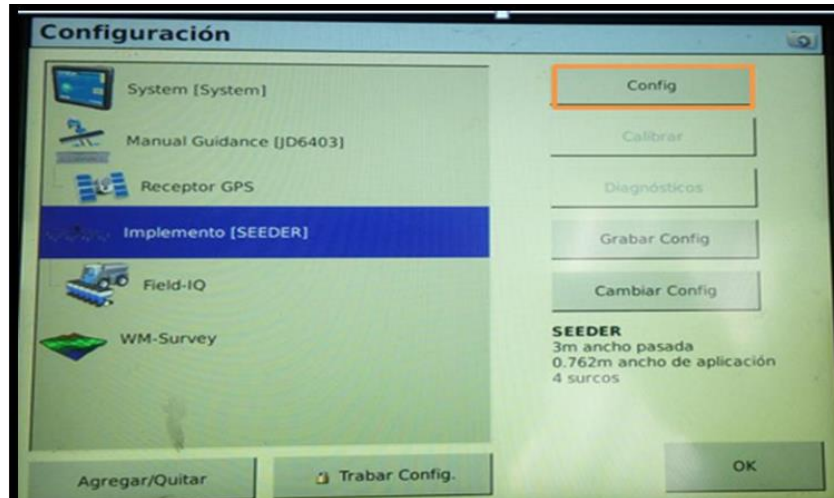


Figura E. 1 Configuración de Implemento.

- ❖ Elegir el tipo de operación en este caso Sembradora. Figura E.2.
- ❖ Clic en Medidas.

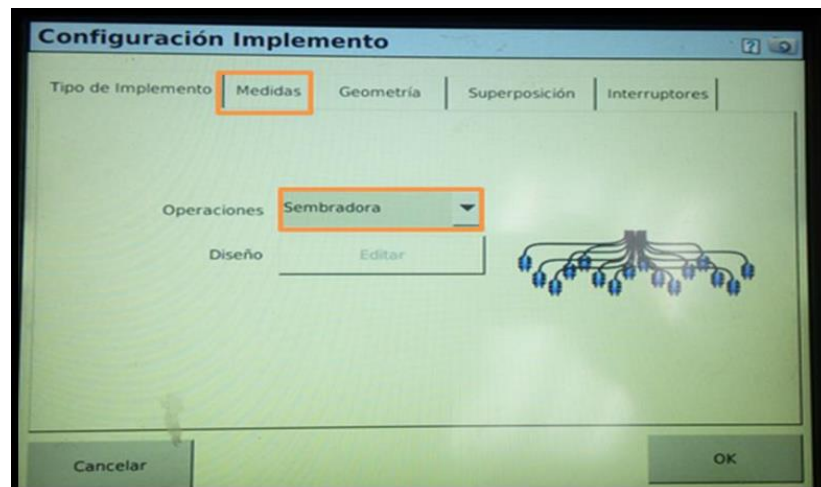


Figura E. 2 Configurar el tipo de Operación.

- ❖ Configurar las Medidas del Implemento con los datos a trabajar. Figura E.3.
- ❖ Clic en Geometría.



Figura E. 3 Configurar medidas.

- ❖ En la Figura E.4, se indica como configurar el enganche a punto de contacto a tierra.
- ❖ Clic en Superposición.

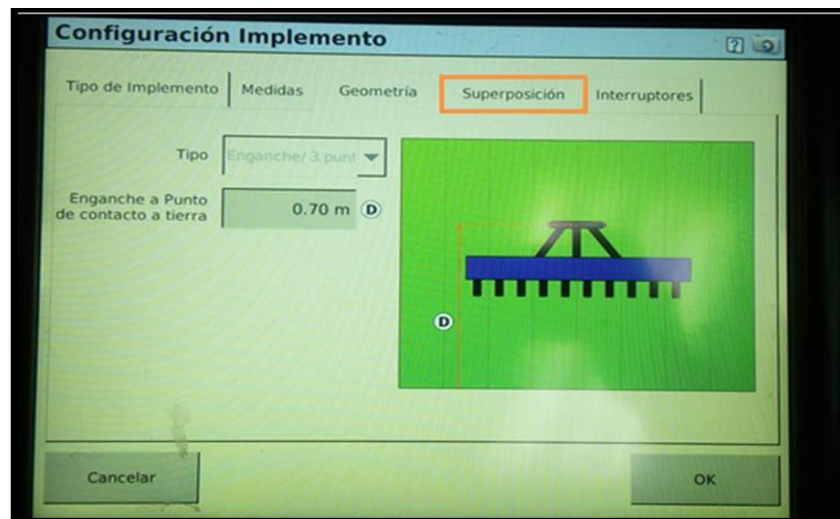


Figura E. 4 Configuración de geometría.

- ❖ Configurar el Límite de Relleno (Interno) como se indica en la Figura E.5.
- ❖ Clic en Interruptores.

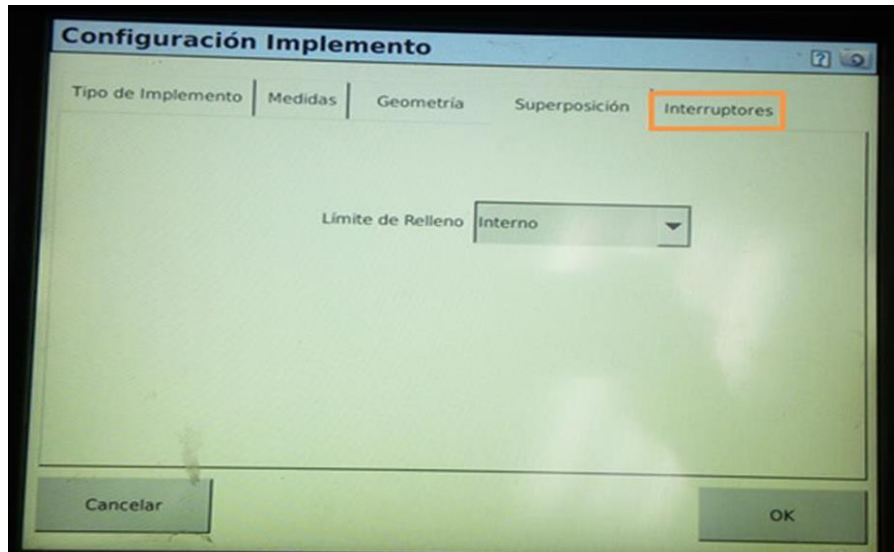


Figura E. 5 Configuración de límites.

- ❖ Clic en Configuración de Elevación Implemento, Figura E.6.

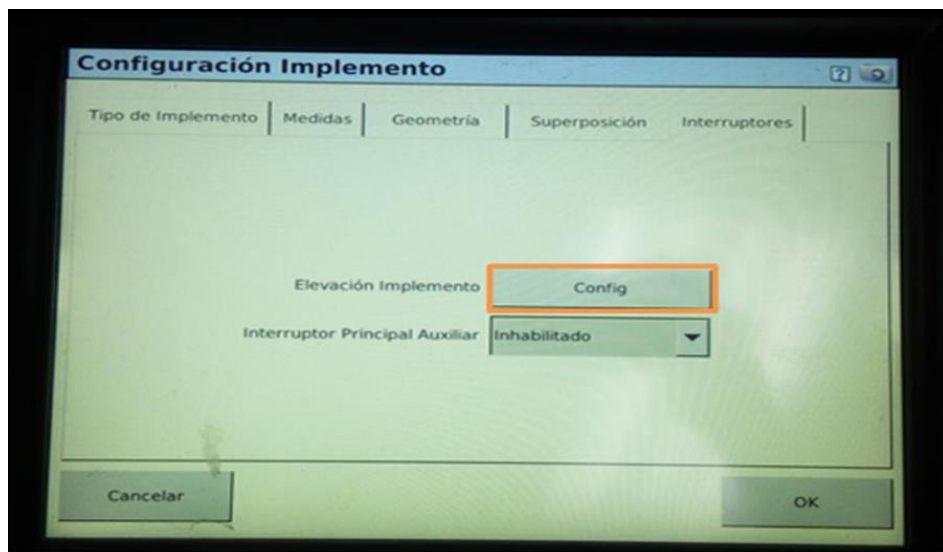


Figura E. 6 Configuración de interruptores.

- ❖ Configure el Sensor Elevación Implemento.

En este caso dejamos el *Status* del implemento en No, Figura E.7, porque no se cuenta con ningún sensor de elevación.

- ❖ Clic en OK.

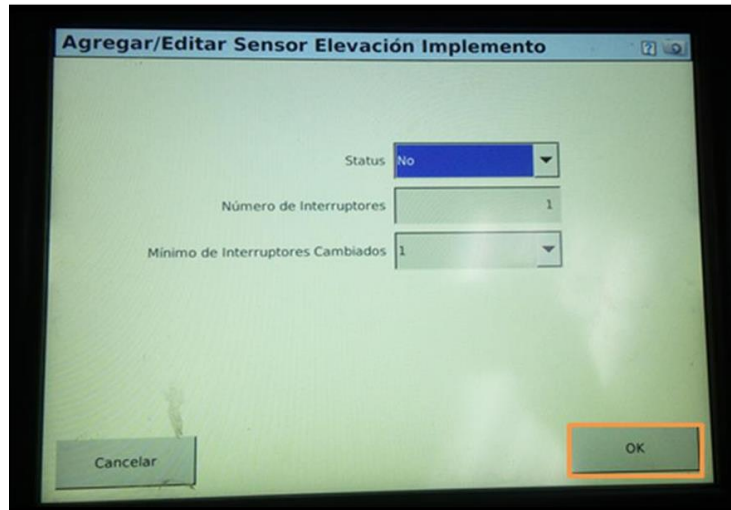


Figura E. 7 Configuración de sensor de elevación de implemento.

- ❖ Clic en OK.

En *Interruptor Principal Auxiliar* se deja inhabilitado como se muestra en la Figura E.8.

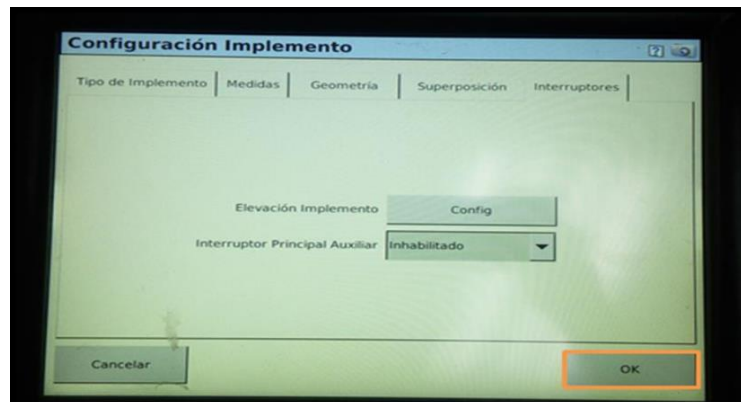


Figura E. 8 Configuración de interruptores.