

Evaluación e implementación del sistema AMS Auto Trac John Deere[®]

Oscar Fernández Montero

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación e implementacion del sistema AMS Auto Trac John Deere®

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Oscar Fernández Montero

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2016

Evaluación e implementación del sistema AMS Auto Trac John Deere®

Oscar Fernández Montero

Resumen: La agricultura de precisión es un conjunto de técnicas de gestión de lotes que utilizan tecnologías de la información para ajustar el uso de insumos en función de la diversidad del suelo, del cultivo y del ambiente. Zamorano incursionó en la implementación de estas técnicas, adquiriendo el equipo de guiado automático Auto Trac (AMS) de John Deere®, el cual fue evaluado en este estudio. Los objetivos fueron: 1) evaluar la eficiencia de trabajo en referencia al tiempo y número de pasadas, con y sin Auto Trac y 2) implementar el uso de la tecnología en el Aprender Haciendo y en el proceso productivo. Para evaluar la eficiencia se usó un arado John Deere® 3755; una rastra John Deere® 325; una sembradora John Deere® Max Planter Plus 1030 y una asperjadora Jacto® Columbia Cross AM-16, operados por un tractor John Deere® 6155J. Se usó un diseño de parcelas divididas en espacio con ocho repeticiones de 0.25 ha, por tratamiento. Se encontró diferencia ($P \leq 0.10$) para la eficiencia de trabajo, siendo mejor el tratamiento sin tecnología Auto Trac para el arado, la rastra y la sembradora y el tratamiento con tecnología Auto Trac para la asperjadora. Se encontró diferencia ($P \leq 0.10$) para la eficiencia de pasadas en el arado, siendo mejor el tratamiento con tecnología Auto Trac. Para implementar la tecnología, se hizo un reconocimiento del equipo; capacitación en diferentes niveles de tres instructores, dos operarios y 51 estudiantes; se generó una base de datos de lotes correspondientes a 154 ha y 14 implementos y se elaboró un manual de operación.

Palabras clave: Agricultura de precisión, eficiencia de trabajo, eficiencia de pasadas, número de pasadas.

Abstract: Precision agriculture is a set of techniques for lot management that use information technology to adjust the usage of inputs focus in the land, the crop and the environment diversity. Zamorano dabbled in the usage of these techniques, getting Auto Trac (AMS) from John Deere® equipment for auto pilot, the one who has been studied. The objectives where: 1) evaluate work efficiency based in time and number pasts, with and without Auto Trac and 2) implement the usage of this technology in the Learning by Doing and in productive process. It was used a plow John Deere® 3755; a dredge John Deere® 325; a seeder John Deere® Max Planter Plus 1030 and a aprayer Jacto® Columbia Cross AM-16, operated by a John Deere® 6155J tractor. A split plot model space with eight repetitions of 0.25 ha was used, for the treatments. A difference ($P \leq 0.10$) was found for work efficiency, been better not using Auto Trac for the plow, the dredge and the seeder and using Auto Trac for the sprayer. A difference ($P \leq 0.10$) was found for past efficiency in the plow. To implement the technology, was made recognition; capacitation in different levels of three instructors, two operators and 51 students; a data base was generated with 154 ha of lots and 14 implements and it was a made a operation manual.

Key words: Number of passes, passes efficiency, precision agriculture, work efficiency.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4. CONCLUSIONES	19
5. RECOMENDACIONES	20
6. LITERATURA CITADA.....	21
7. ANEXOS	22

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Generalidades de clima durante los meses del estudio	3
2. Características de los implementos utilizados en la evaluación del equipo Auto Trac en Zamorano, Honduras.....	5
3. Eficiencia de trabajo (%).....	11
4. Eficiencia de pasadas (%)	12
5. Tiempo utilizado para las etapas del proceso de implementación de la tecnología Auto Trac.....	12
6. Participantes y temas impartidos en cada etapa	13
7. Participantes y temas impartidos en cada etapa	14
 Figuras	 Página
1. Ubicación de lotes del estudio	3
2. Distribución de repeticiones y dirección de avance por lote para arado, rastra, sembradora y asperjadora.....	4
3. Tractor agrícola John Deere 6155J.	5
4. Monitor GreenStar 2630 y piloto automático universal ATU 200.	6
5. Receptor StarFire 3000.	6
6. Implementos utilizados en el estudio	7
7. Capacitación de configuración de implementos en campo, técnico en AMS de México.....	15
8. Capacitación en Costa Rica, configuración de un implemento.	15
9. Verificación de espacios entre pasadas, para las hileras de siembra.	16
10. Pantalla de ingreso de implementos a la base de datos.....	16
 Anexos	 Página
11. Manual de operación Auto Trac AMS John Deere®	22

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura ha evolucionado a través de los años realizando mejoras que permiten aumentar la productividad, es decir producir más en la misma área cultivada lo cual permite contar con soluciones para afrontar el incremento poblacional constante. La agricultura de precisión promete hacer a la agricultura más eficiente y debiera tener un impacto importante en el serio problema de la seguridad alimentaria (Seguridad alimentaria, 2015).

La agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientadas a optimizar el uso de los insumos y de las labores agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola. Esta optimización se logra con la distribución de la cantidad correcta de esos insumos, dependiendo del potencial y la necesidad de cada punto de las áreas de manejo (Bongiovanni, 2006).

Agricultural Management Solutions (AMS), son equipos ofrecidos por la marca de maquinaria agrícola John Deere[®], los cuales ofrecen sistemas de posicionamiento global, sistemas de guiado y piloto automático. Estas tecnologías permiten el incremento en la productividad de labores de campo agrícolas (AMS agricultura de Precisión, 2015).

Los equipos de precisión que ofrece John Deere[®], son diferentes dispositivos para labores agrícolas como siembra, labranza, cosecha, entre otros. Los equipos cuentan con diferentes sistemas basados en la necesidad de trabajo a realizar. El sistema cuenta con receptores de señal satelital que captan la información brindada, los cuales envían señales de posicionamiento geográfico. Cuenta además, con tres tipos de señal satelital, las cuales son SF1, una señal gratuita que brinda márgenes de error de +/-33cm, SF2, señal no gratuita que brinda márgenes de error de +/-10cm y RTK, señal no gratuita que brinda los márgenes de error más reducidos de las señales disponibles para los equipos con márgenes de error de +/- 2cm. También cuenta con diferentes tipos de receptores de las señales emitidas por los satélites (Njoku EG, 2014).

El sistema de guiado automático brinda la oportunidad de eliminar la fatiga del operador de la maquinaria, brindando como alternativa el equipo de piloto automático, el cual permite reducir la conducción realizada por el operador, reduciendo los solapes hasta un 90% dependiendo de la señal y el receptor de la misma. Otros sistemas de importancia son los relacionados con soluciones para la siembra y cosecha, los cuales brindan la opción de realizar buenas prácticas de siembra que permita reducir los márgenes de error ocasionados comúnmente por la labor del operador de la máquina sin ayuda de equipos de precisión (Alonso-García S, Gómez-Gil J, Arribas JI, 2011).

En 2015, Zamorano adquirió tres equipos de AMS, que consta de un monitor modelo GreenStar 2630, un sistema de guiado con piloto automático universal integrado ATU 200 y un receptor STARFIRE 3000 el cual recibe una señal satelital llamada SF2. Así mismo se adquirió un tractor John Deere® modelo 6155J, en el cual se instaló uno de los equipos mencionados anteriormente. De la misma manera se instaló el equipo a otros dos tractores John Deere®, modelos 7210 y 6415, con los cuales ya se contaban en la unidad.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar la eficiencia de trabajo, en referencia al tiempo y al número de pasadas, con Auto Trac y sin Auto Trac, en cuatro implementos agrícolas e implementar el uso de la tecnología de precisión AMS en el Aprender Haciendo y actividades de producción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. El estudio se llevó a cabo en las fincas Florencia 1 y Los Llanos 2, ubicadas en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en el valle del río Yeguaré, a 32 km de Tegucigalpa, carretera a Danlí, Honduras (Figura 1), en los meses de mayo a agosto. El sitio se encuentra a 757 msnm, generalidades de clima durante los meses de la evaluación (Cuadro 1).

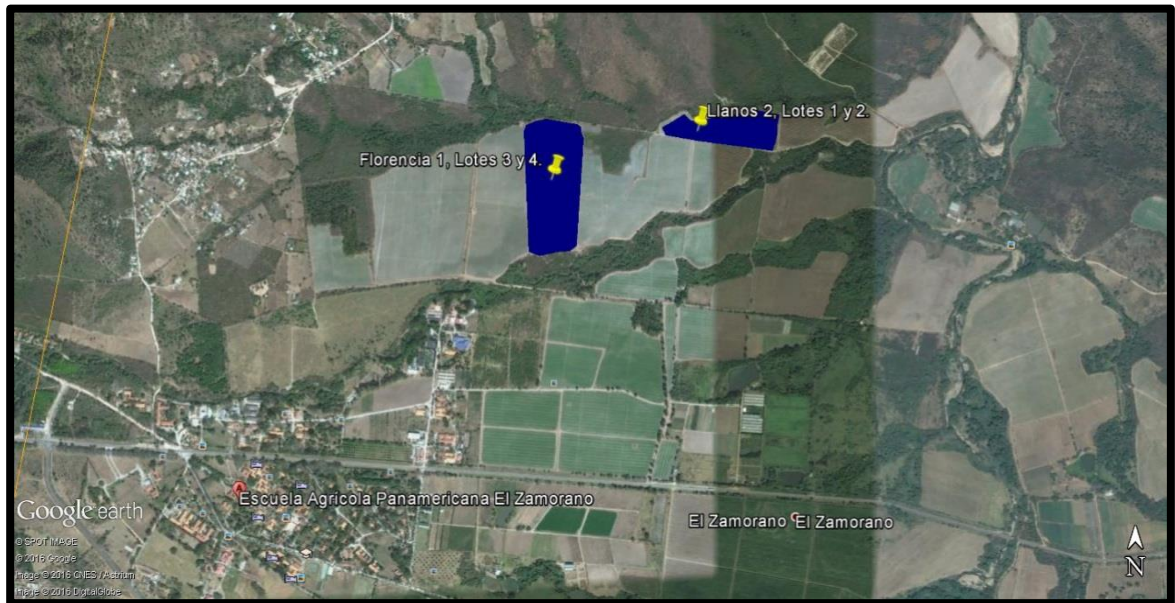


Figura 1. Ubicación de lotes del estudio
Fuente: Google Earth Pro.

Cuadro 1. Generalidades de clima durante los meses del estudio

Meses	Temperatura promedio (Celsius °)	Humedad relativa promedio (%)	Precipitación (mm)	Velocidad de viento promedio (km/h)	Radiación solar promedio (Watts/m ²)
Mayo	26	70	61	0.8	424
Junio	23	82	119	0.7	384
Julio	24	78	71	0.7	404
Agosto	24	80	189	0.6	458

Descripción del estudio

Área. Para evaluar los implementos se usaron cuatro lotes, de 100×100 m cada uno; éstos a su vez se dividieron en cuatro sublotes de 25×100 m, los cuales se usaron como repeticiones, en donde se realizaron simulaciones de uso para cada implemento y para cada tratamiento, con tecnología y sin tecnología AMS (Figura 2).

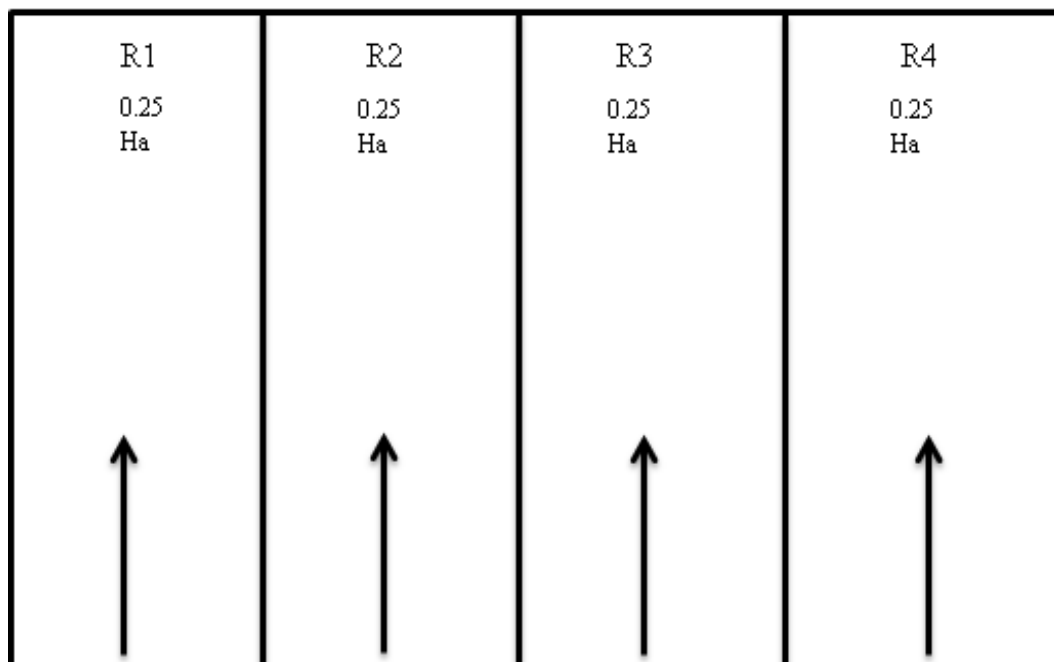


Figura 2. Distribución de repeticiones y dirección de avance por lote para arado, rastra, sembradora y asperjadora.

Equipo. Se utilizó:

- Tractor agrícola John Deere® serie 6155J con una potencia de 155hp (Figura 3).
- Tecnología de precisión Agricultural Management Solutions (AMS) de John Deere®, monitor GreenStar 2630, piloto automático universal ATU 200 (Figura 4), receptor StarFire 3000 (Figura 5) (EUMEDIA E. Revista Vida Rural, 2015).

Cuatro implementos agrícolas, dos de ellos para preparación de suelo, uno para simulación de siembra y uno para simulación de aplicación con agua (Cuadro 1).

Cuadro 2. Características de los implementos utilizados en la evaluación del equipo Auto Trac en Zamorano, Honduras.

Implemento	Modelo	Ancho de trabajo (m)	Velocidad promedio de trabajo (km/h)
Arado	3755	1.5	4.2
Rastra	325	3.0	5.0
Sembradora	MaxPlanterPlus 1030	2.1	6.5
Asperjadora	Columbia cross AM-14	14.5	5.0



Figura 3. Tractor agrícola John Deere 6155J.



Figura 4. Monitor GreenStar 2630 y piloto automático universal ATU 200.



Figura 5. Receptor StarFire 3000.



Figura 6. Implementos utilizados en el estudio

Descripción de los tratamientos. Se usaron dos tratamientos denominados con tecnología AMS y sin tecnología AMS. Para el tratamiento con tecnología AMS se realizaron las labores con ayuda de la tecnología para guiar el punto de entrada al lote y para el tratamiento sin tecnología AMS se realizaron las labores de manera convencional utilizando el método visual para definir el punto de entrada al lote.

Modelo estadístico. Se utilizó un modelo de parcelas divididas en espacio, con ocho repeticiones por tratamiento y por implemento, un test de DUNCAN para separación de medias, se usó un análisis estadístico descriptivo para la explicación de resultados, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS 9.3[®]).

Variables medidas

Tiempo neto. Es el tiempo requerido para llevar a cabo la labor no tomando en cuenta tiempos de giro. Se realizó la toma de tiempo neto utilizando un cronómetro, iniciando la toma del tiempo al comienzo de la actividad, deteniendo el tiempo por cada salida a realizar un giro y continuándolo al retornar al lote.

Tiempo muerto. Es el tiempo requerido para realizar giros fuera del lote de trabajo. Se realizó la toma de tiempos muertos con la utilización de un cronómetro, iniciando la toma del tiempo al salir del lote para realizar un giro y deteniéndolo cuando se regresó al lote a continuar la labor.

Tiempo total. Es el tiempo total obtenido para llevar a cabo la labor. Se obtuvo de la sumatoria de los tiempos netos y los tiempos muertos.

Capacidad teórica de campo (CTC). Es el rendimiento, en hectáreas por hora (ha/h) al cual se debería de avanzar sin tomar en cuenta factores de pérdida de tiempo. Se realizó el cálculo utilizando la siguiente formula:

$$CTC = Ai \times V \times 0.1$$

Donde:

CTC = Capacidad teórica de campo (ha/h)

Ai = Ancho de trabajo del implemento (m)

V = Velocidad de trabajo (km/h)

Capacidad efectiva de campo (CEC)

Es el rendimiento en hectáreas por hora (ha/h), al cual realmente se avanzó tomando en cuenta los factores de pérdida de tiempo. Se realizó el cálculo utilizando la siguiente formula:

$$CEC = \frac{A}{T_t}$$

Donde:

CEC = Capacidad efectiva de campo (ha/h)

A = Área total del terreno (ha)

T_t = Tiempo total de la labor (h)

Eficiencia de trabajo (E). Es el resultado porcentual, de la ecuación resultante de tiempo estimado para la realización de la labor y el tiempo real requerido para llevar a cabo la labor. Se utilizó como variables capacidad teórica de campo (CTC) y capacidad efectiva de campo (CEC), para obtener como resultado la eficiencia de trabajo (E). Se realizó el cálculo utilizando la siguiente formula:

$$E = \frac{CEC}{CTC} \times 100$$

Donde:

E = Eficiencia (%)

CEC = Capacidad Efectiva de Campo (Ha/h)

CTC = Capacidad Teórica de Campo (Ha/h)

Número teórico de pasadas (Nt). Es el número total de pasadas estimado requerido para llevar a cabo la labor, basado en el ancho de trabajo del implemento y el ancho del área a trabajar. Se realizó el cálculo utilizando la siguiente formula:

$$Nt = \frac{Ai}{Al}$$

Donde:

Nt = Número de pasadas teórico

Ai = Ancho del implemento (m)

Al = Ancho del lote (m)

Número real de pasadas (Nr). Es el número total de pasadas que se requirió para llevar a cabo la labor, cubriendo el área total del lote. Se obtuvo del conteo de la cantidad de pasadas realizadas para completar cada repetición.

Eficiencia de pasadas (EP). Es el resultado porcentual, de la ecuación resultante del número de pasadas estimado para la realización de la labor y el número real de pasadas realizadas para llevar a cabo la labor, tomando en cuenta como pasada la acción de avanzar realizando la labor desde el punto de inicio del lote al punto final del lote. Se utilizaron como variables número de pasadas teórico (Nt) y número de pasadas real (Nr). Se realizó el cálculo utilizando la siguiente formula:

$$EP = \frac{Nt}{Nr} \times 100$$

Donde:

EP = Eficiencia de Pasadas (%)

Nt = Número de pasadas teórico

Nr = Número de pasadas reales

Implementación. Se tomó implementación como poner en funcionamiento o aplicar métodos y medidas que permitan el uso de la tecnología en actividades académicas, Aprender Haciendo, investigación y producción.

Se requirió de un periodo de reconocimiento y adaptación de la tecnología en diciembre de 2015 el cual tuvo una duración de 15 días. Se realizaron capacitaciones en Costa Rica con representantes de John Deere® por medio del concesionario de la marca John Deere® en ese país. Se recibió la visita de un técnico procedente de México capacitado y conocedor del sistema AMS. Estas capacitaciones se enfocaron en mejorar el conocimiento y las destrezas de los instructores (Ing. Allan Martínez y el estudiante de cuarto año Oscar Fernández) y que ellos mismos pudieran capacitar y llevar a cabo la implementación de las técnicas del equipo AMS, y poder transferir el conocimiento a operadores y estudiantes de la unidad de maquinaria agrícola del Zamorano.

Como siguiente paso fue necesario elaborar charlas y materiales de apoyo para transferir el conocimiento tanto en salones como en campo. El objetivo fue que los involucrados puedan comprender la agricultura de precisión su funcionamiento, ventajas, desventajas y

aplicaciones prácticas, las cuales se pueden implementar tanto en Zamorano como en las explotaciones agrícolas en los países de los estudiantes.

Se elaboró un manual de operación del equipo AMS Auto Trac que le permita al usuario adquirir las competencias para entender y utilizar correctamente el equipo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de trabajo. Se encontró diferencia ($P \leq 0.10$), en arado, rastra y sembradora resultando mejor el tratamiento sin Auto Trac. Se atribuye esta diferencia a que el tiempo muerto obtenido se acercó al tiempo neto, siendo afectado por factores como el área de trabajo reducida utilizada, la cual impide poder aprovechar los beneficios de la tecnología. Como realizar actividades a mayor velocidad en trayectos más largos y reducir el número de pasadas en mayores anchos de terreno (Li D, 2008). Utilizar la pantalla del equipo Auto Trac en el acomodo de las pasadas, para reducir el error humano al observar referencias del entorno para guiarse. Todo este procedimiento ocasiona que la CEC resulte inferior a la CTC. Se encontró diferencia ($P \leq 0.10$) en asperjadora resultando mejor el tratamiento con Auto Trac. Se atribuye esta diferencia al ancho de trabajo del implemento. De manera convencional se depende de banderilleros los cuales señalan el punto de entrada a la siguiente pasada, este método aumenta los tiempos muertos, debido a que el ancho de trabajo de la asperjadora hace que el banderillero deba de tomar más tiempo para retirarse de la trayectoria del tractor. Con la utilización del tratamiento Auto Trac el punto de entrada a la siguiente pasada se observa en la pantalla.

Cuadro 3. Eficiencia de trabajo (%).

Tratamiento	Arado	Rastra	Sembradora	Asperjadora
Sin Auto Trac	76 a§	90 a	88 a	52 b
Con Auto Trac	66 b	77 b	86 b	56 a

§Medias con diferente letra difieren entre sí ($P \leq 0.10$).

ET: Eficiencia de trabajo

Eficiencia de pasadas. Se encontró diferencia ($P \leq 0.10$), para el implemento arado resultando mejor el tratamiento con Auto Trac. Se atribuye esta diferencia a la eliminación del error visual humano al calcular el mínimo traslape del implemento en referencia a la pasada anterior. Para los implementos rastra, sembradora y asperjadora, no existió diferencia entre tratamientos debido a que a mayor ancho de trabajo del implemento se requiere de mayor ancho de área de trabajo para poder expresar un aumento en la eficiencia de pasadas, utilizando el tratamiento Auto Trac (Editorial Agrícola Española, 2015).

Cuadro 4. Eficiencia de pasadas (%)

Tratamiento	Arado	Rastra	Sembradora	Asperjadora
Sin Auto Trac	87 b§	96 a	96 a	96 a
Con Auto Trac	98 a	96 a	96 a	96 a

§Medias con diferente letra difieren entre sí ($P \leq 0.10$).

EP: Eficiencia de pasadas

Implementación. Poner en funcionamiento o aplicar métodos y medidas que permitan el uso de la tecnología en actividades académicas, Aprender Haciendo, investigación y producción.

Se dividió en seis etapas; conto con un total de 26 sesiones y 57 horas para cumplir el proceso de implementación (Cuadro 5). Durante cada sesión se cubrieron diferentes temas. Se capacitaron instructores, operarios y estudiantes. Se generó una base de datos de lotes e implementos. Se elaboró un manual de operación Auto Trac (Cuadro 6) (Cuadro 7).

Cuadro 5. Tiempo utilizado para las etapas del proceso de implementación de la tecnología Auto Trac

Etapas	Sesiones		Total (h)
	Número	Duración (h)	
Reconocimiento de la tecnología	7	2	14
Capacitación de instructores	3	6	18
Generación de base de datos	7	1	7
Capacitación de operarios y estudiantes	2	2	4
Elaboración de manual de operación Auto Trac AMS John Deere®	5	2	10
Implementación del manual	2	2	4

Cuadro 6. Participantes y temas impartidos en cada etapa

Etapas	Participantes	Temas
Reconocimiento de la tecnología	Ing. Allan Martínez Ing. Carlos Sorto Estudiante: Oscar Fernández	Estudio de manual del operador
		Revisión calibraciones
		Revisión de distancia entre pasadas
Capacitación de instructores	Ing. Allan Martínez Ing. Carlos Sorto Estudiante: Oscar Fernández	Componentes del sistema Auto Trac
		Generalidades del equipo AMS John Deere®
		Correcta calibración del equipo Auto Trac
Generación de base de datos	Ing. Allan Martínez Ing. Carlos Sorto Estudiante: Oscar Fernández	Ingreso de lotes e implementos a la base de datos de la tecnología AMS

Cuadro 7. Participantes y temas impartidos en cada etapa

Etapas	Participantes	Temas
Capacitación de operarios y estudiantes	Operarios: Renán Maradiaga Higuiño Elvir	Definición de agricultura de precisión Componentes del equipo Auto Trac Calibración del equipo Auto Trac
	Estudiantes: 51 del módulo de maquinaria agrícola	Definición de agricultura de precisión
Elaboración de manual de operación Auto Trac AMS John Deere®	Estudiante: Oscar Fernández	Correcta calibración de equipo Auto Trac para labores de producción y competencias sobre la calibración
Implementación del manual	Operarios: Renán Maradiaga Higuiño Elvir	Correcta calibración de equipo Auto Trac para labores de producción
	Estudiantes: 51 del módulo de maquinaria agrícola	Competencias sobre la calibración y puesta en funcionamiento del equipo Auto Trac

Se recibió la visita de un técnico en AMS de John Deere[®], desde México. Se recibieron dos visitas para capacitar instructores y operarios (Figura 7).



Figura 7. Capacitación de configuración de implementos en campo, técnico en AMS de México.

Se capacitaron instructores sobre la correcta calibración de implementos en campo, impartida por técnico de AMS en Costa Rica (Figura 8).



Figura 8. Capacitación en Costa Rica, configuración de un implemento.

Se realizaron verificaciones de las calibraciones de prueba realizadas durante el proceso de reconocimiento del equipo (Figura 9).



Figura 9. Verificación de espacios entre pasadas, para las hileras de siembra.

Se ingresaron un total de 154 ha de lotes y 14 implementos en Zamorano (Figura 10).

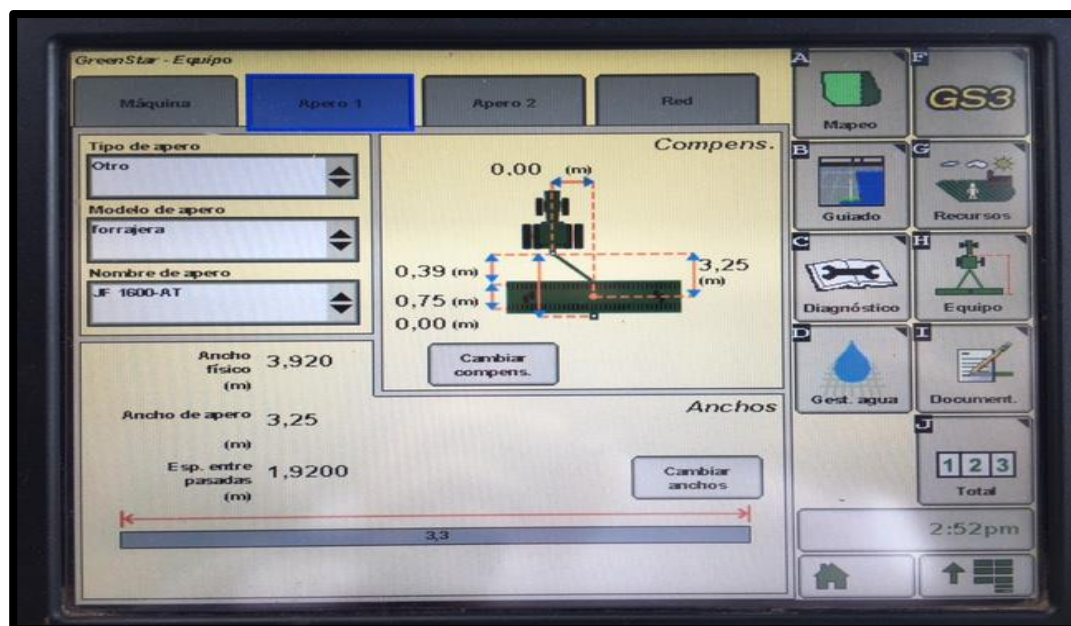


Figura 10. Pantalla de ingreso de implementos a la base de datos.

Se elaboró un manual el cual tuvo como función realizar una correcta calibración del equipo para aprovechar su uso en labores de enseñanza y producción. Se definieron el siguiente objetivo para cumplir la función definida:

- Describir el funcionamiento del equipo AMS Auto Trac de John Deere®.
- Configurar parámetros de lote, de orientación de trabajo exigido AMS Auto Trac de John Deere®.
- Calibrar cuatro tipos de implementos agrícolas según requisitos de AMS.
- Analizar la información en programa APEX John Deere®

Contenido del manual:

Recomendaciones previas a la calibración. Se realizaron recomendaciones previas al inicio de la calibración, las cuales son requeridas para un correcto funcionamiento del equipo.

Configuración auto guiado para calibración. Se selecciona la función de auto guiado por todas las configuraciones necesarias para una correcta calibración del equipo, la pantalla llevara paso a paso las configuraciones requeridas.

Ingreso de recursos. Se debe de ingresar la información de nombre de la finca, lote, implemento y operador, para poder organizar la información que generara el programa durante el trabajo.

Ingreso de máquina. Se debe de verificar que el tractor seleccionado sea el mismo de donde se encuentra el equipo AMS, esta configuración fue realizada previamente por el proveedor del equipo.

Ingreso de apero (implemento). Se muestra paso a paso la correcta calibración de cuatro tipos de implementos los cuales son: de tiro centrado, de tiro descentrado, integral centrado e integral descentrado.

Compensaciones de apero (implemento). Se realiza el ingreso de las medidas obtenidas de la posición del implemento en referencia al tractor.

Anchos de pasadas. Se define como ingresar el ancho que se debe de dejar entre una pasada y otra en referencia a lo requerido para el trabajo y al ancho de trabajo del implemento.

Definición de información para documentación. Se define el nombre del archivo el cual creara el programa para guardar la información generada durante la realización de la actividad.

Selección de modo de pasada. Se define qué tipo de pasada se requiere realizar ya sea recta o en curva.

Establecimiento de correcciones. Se debe de definir la distancia en cm de la corrección a realizar en caso de que ocurra una anomalía durante el trabajo.

Mapeo e indicación de límites. Se debe de mapear el lote donde se realizara la actividad para poder indicar los límites de trabajo, durante la labor de mapeo se define la posición del tractor en el lote.

Definición de pasada cero. Se debe de definir la dirección de trabajo en el lote para poder crear las líneas de las pasadas de trabajo.

Transferencia de datos. Se debe de extraer los datos generados durante la realización de la actividad utilizando una USB, para posteriormente transferirlos a una computadora con el programa APEX de John Deere[®], para análisis de información y gestión de la misma para siguientes labores.

4. CONCLUSIONES

- Para el arado, la rastra y la sembradora en combinación con el tractor no conviene utilizar la tecnología Auto Trac en lotes pequeños, dada la menor eficiencia en trabajo.
- Conviene la utilización de la tecnología Auto Trac en combinación con el tractor, para la labor de arado, en los lotes evaluados, ya que aumenta la eficiencia de pasadas.
- La capacitación de instructores, operadores y estudiantes brindó un mejor aprovechamiento en el uso de la tecnología.
- La creación de una base de datos de lotes e implementos permitió el uso de la tecnología.
- La elaboración de un manual de operación permite optimizar el proceso de calibración y elaboración de competencias.

5. RECOMENDACIONES

- Medir la eficiencia de traslape de la labor en el área trabajada.
- Realizar el mismo estudio con lotes de mayor área que permitan observar diferencias con implementos de mayor ancho de trabajo.
- Iniciar un programa de adecuación de lotes para utilización de tecnología de precisión con tramos más largos y mayor distancia de giro en las cabeceras de los lotes.
- Realizar un análisis de costos sobre consumo de diesel, requerimientos de mantenimiento y horas de trabajo.
- Se recomienda el uso del sistema Auto Trac con maquinaria agrícola pesada en producciones extensivas y con maquinaria agrícola liviana en producciones intensivas.

6. LITERATURA CITADA

- Alonso-Garcia S, Gomez-Gil J, Arribas JI. 2011. Evaluation of the use of low-cost GPS receivers in the autonomous guidance of agricultural tractors. Spanish Journal of Agricultural Research. 9(2):377–388.
- AMS John Deere 2015. Agricultura de Precisión. [internet]. https://www.deere.com/es_LA/products/equipment/agricultural_management_solutions/agricultural_management_solutions.page.
- Bongiovanni, R. 2006: Agricultura de precisión. Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Montevideo: Procisur/IICA.
- Editorial Agrícola Española. Agricultura revista agropecuaria, ISSN: 0002-1334; [2015].
- EUMEDIA E. Revista Vida Rural, 2015. ISSN: 1133-8938. http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Vrural/Vrural_2006_232E_44_45.pdf.
- Li D. 2008. Computer And Computing Technologies In Agriculture, Volume II: First IFIP TC 12 International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA 2007), Wuyishan, China, August 18-20, 2007. Boston, MA: Springer-Verlag US (The International Federation for Information Processing; vol. 259). ISBN: 0387772529.<http://download.springer.com/>
- Njoku EG. 2014. Encyclopedia of Remote Sensing. New York, NY: Springer New York. 21 p. ISBN: 978-0-387-36698-2. <http://download.springer.com/static/pdf/712/prt%253A978-0-387-36699->.
- Seguridad alimentaria. 2015. [internet] <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>.

7. ANEXOS

Anexo 1. Manual de operación Auto Trac AMS John Deere®

Objetivos:

- Describir el funcionamiento del equipo AMS Auto Trac de John Deere®.
- Configurar parámetros de lote, de orientación de trabajo exigido AMS Auto Trac de John Deere®.
- Calibrar cuatro tipos de implementos agrícolas según requisitos de AMS.
- Analizar la información en programa APEX John Deere®

Contenido

1. Recomendaciones previas a la calibración.....	24
2. Configuración auto guiado para calibración.....	24
3. Ingreso de recursos.....	25
4. Ingreso de maquina.....	26
5. Ingreso de apero (implemento).....	27
6. Compensaciones de apero (implemento).....	27
7. Anchos de pasadas.....	33
8. Definición de información para documentación.....	34
9. Selección de modo de pasada.....	34
10. Establecimiento de correcciones.....	35
11. Mapeo e indicación de límites.....	36
12. Definición de pasada cero.....	36
13. Transferencia de datos.....	37

1. Recomendaciones previas a la calibración

Previo a iniciar con las calibraciones requeridas para el funcionamiento del equipo AMS, se debe de tomar en cuenta revisiones a factores influyentes en un correcto funcionamiento del equipo:

- Estado general del tractor como: pistones hidráulicos de la dirección, estado de las ruedas motrices, brazos hidráulicos, tensoras de los brazos hidráulicos.
- Porcentaje de patinaje del tractor debe de encontrarse dentro del rango óptimo.
- Estado general del implemento a utilizar.
- Posición correcta de la antena receptora, la cual debe de encontrarse nivelada.
- Verificación del tipo y estado de la señal satelital recibida.
- Verificar periódicamente las actualizaciones de software disponibles o solicitar al jefe de la unidad realizar constantemente esta revisión.
- Calibrar constantemente compensación de la señal TCM, informar o solicitar al encargado de la unidad la verificación de esta calibración.

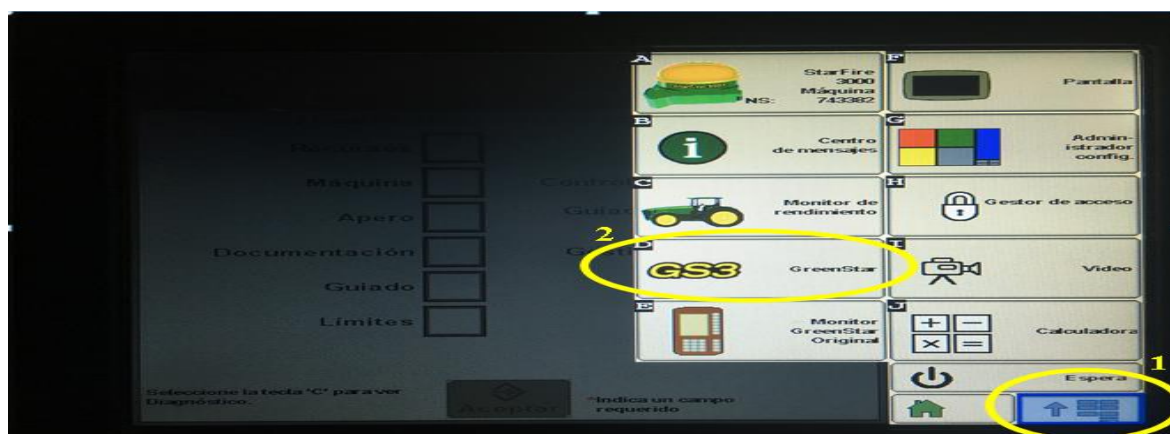
2. Configuración de auto guiado para calibración

Se debe de seleccionar la configuración auto guiado previo a iniciar, para poder llevar un orden de todas las funciones a calibrar. La pantalla lo llevara paso a paso calibrando cada una de las calibraciones necesarias para poder iniciar el trabajo.

- Siga los siguientes pasos en la pantalla mostrada en la imagen:

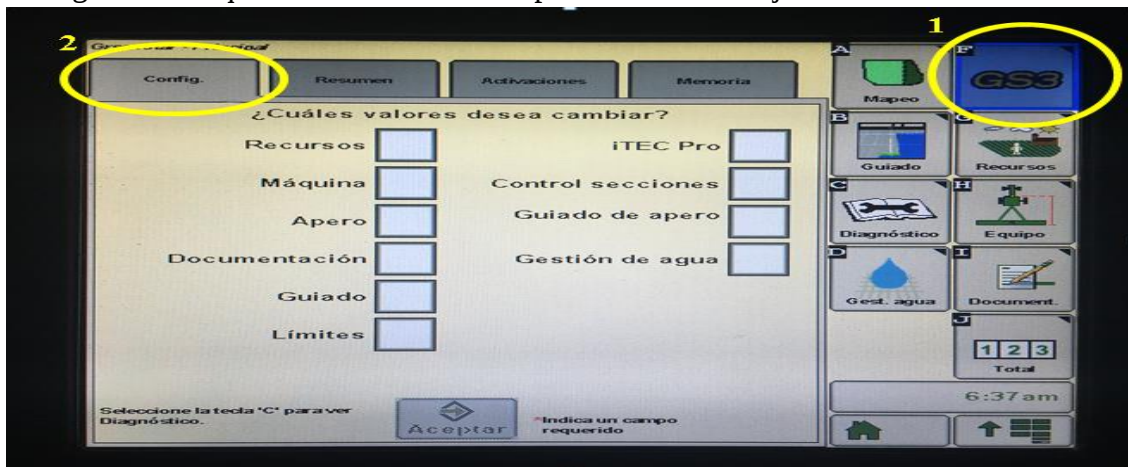
1. Seleccionar menú principal en la pantalla.

2. Seleccionar mando D con el nombre GS3 Green Star, para ingresar a la pantalla de calibración.



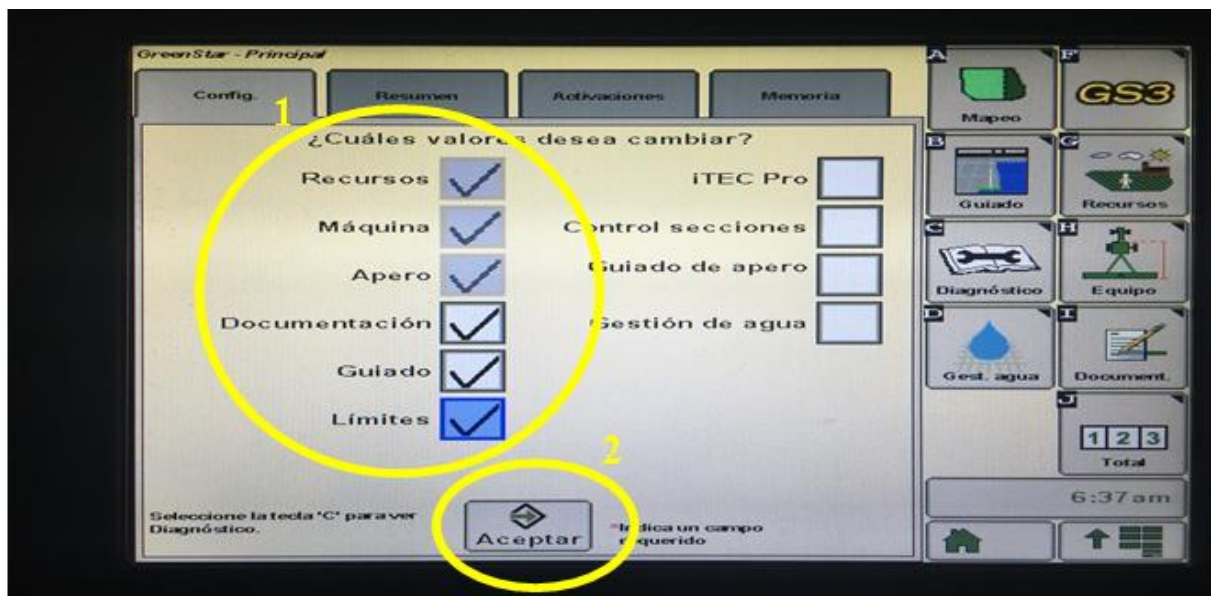
- Continúe los siguientes dos pasos en la pantalla mostrada en la imagen:

1. Después de haber seleccionado la pantalla GS3, nuevamente seleccione la función F con el nombre GS3.
2. Seguidamente seleccione la pestaña de configuración y aparecerá todas las configuraciones que se deben de realizar para iniciar a trabajar.



- Siga con los últimos dos pasos de esta etapa, mostrados en la imagen de la pantalla:

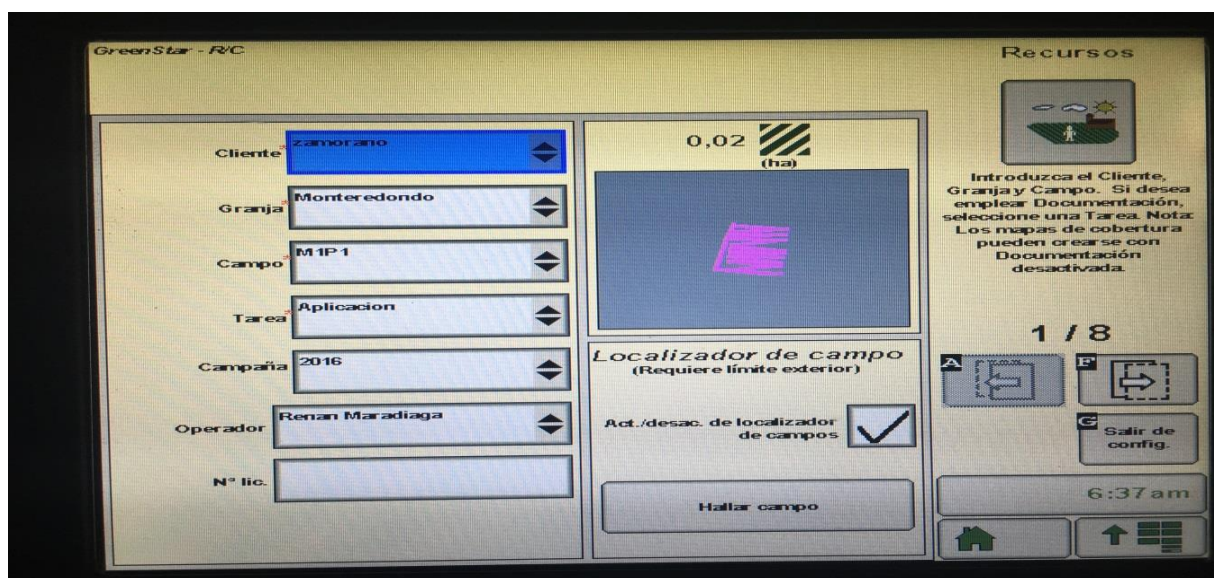
1. Seleccionar todas la funciones de calibración requeridas.
2. Oprimir aceptar para iniciar la calibración del equipo.



3. Ingreso de recursos

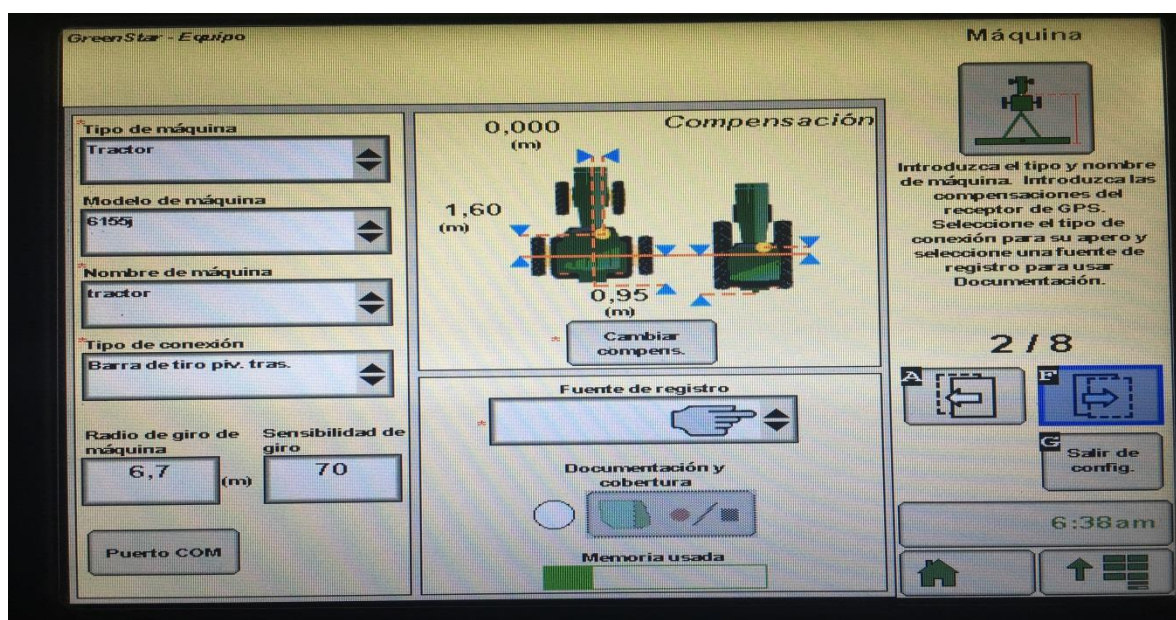
Se debe de ingresar la información requerida para organizar la información que se genera en cada actividad. Ingrese la información según lo indique cada cuadro. Se debe digitar el

nombre nuevo que se desea ingresar para cualquiera de los cuadros, en caso que no exista la información.



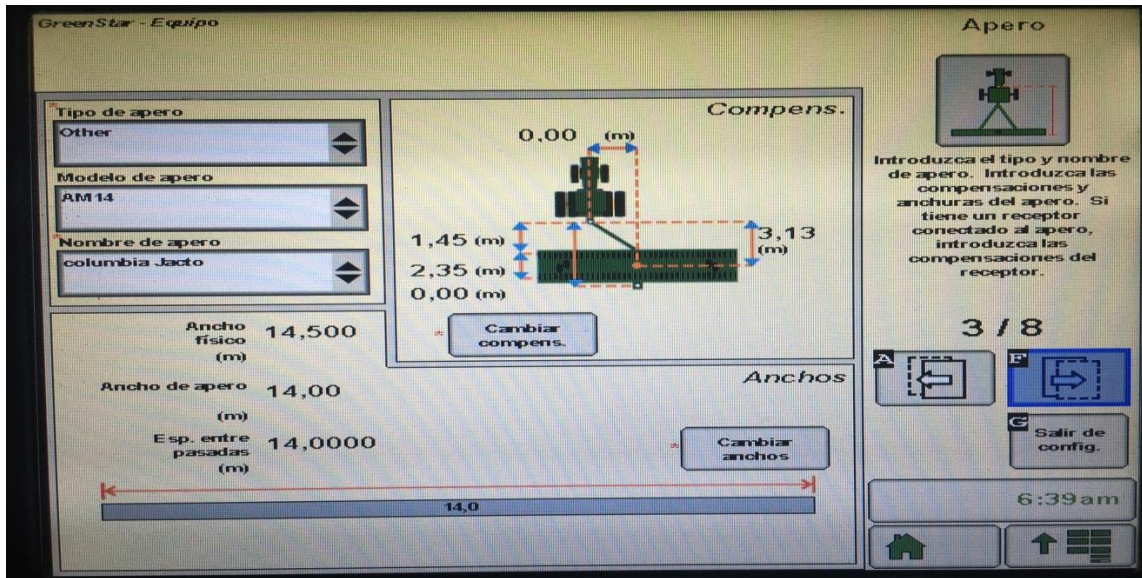
4. Ingreso de máquina

La máquina (tractor) a utilizar siempre será la misma establecida por el técnico o persona a cargo de los equipos. Se debe de modificar la información en caso que el equipo sea trasladado a otra máquina, cambios que solo el técnico o la persona en cargada de la unidad debe de realizar.



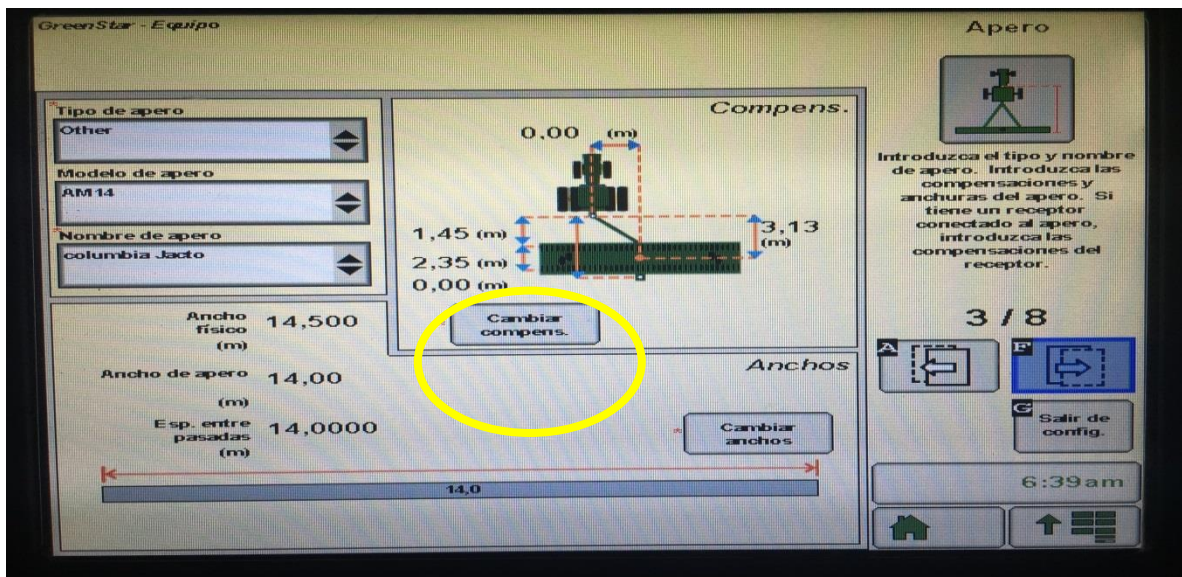
5. Ingreso de apero (implemento)

Debe de ser establecida la información requerida en cada cuadro, de no existir en la base de datos el implemento se debe de ingresar seleccionando nuevo (new), luego digitar nombre y modelo del implemento.

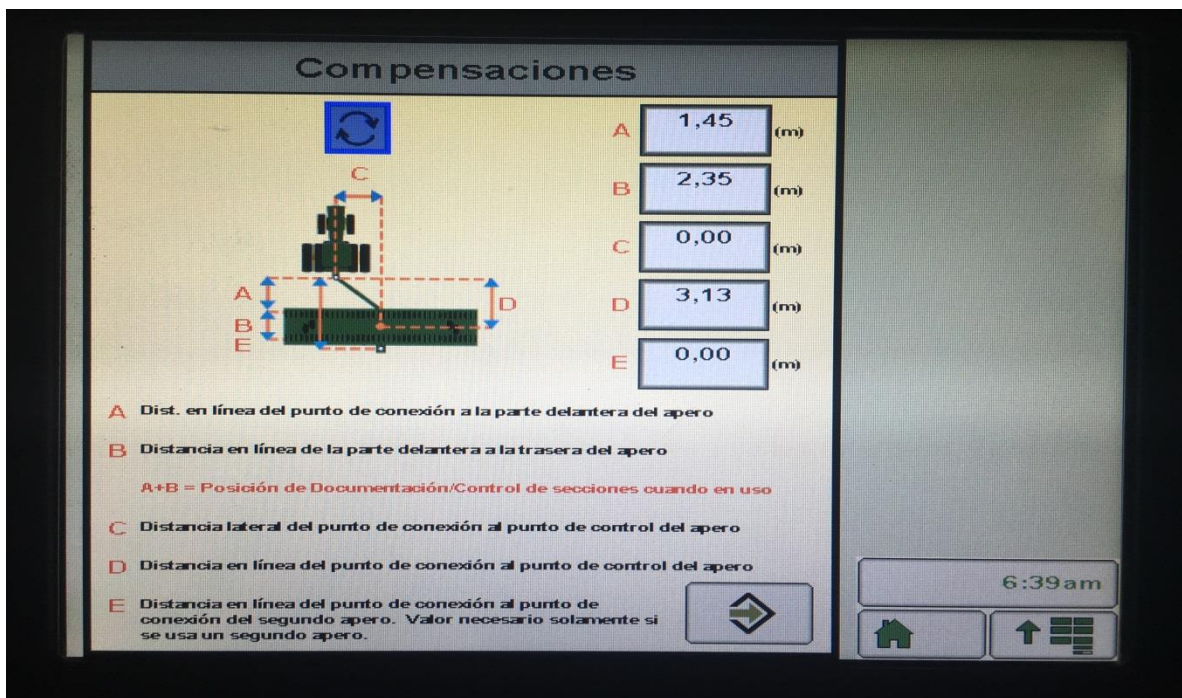


6. Compensaciones de apero (implemento)

Se debe de seleccionar en la pantalla la acción de cambiar compensaciones. Se selecciona el cambio de compensaciones para poder ingresar las dimensiones del implemento en referencia al tractor y poder indicarle al tractor la ubicación en espacio del implemento a utilizar.



Las compensaciones requeridas para el ingreso de un nuevo implemento deben de completar los puntos A-E los cuales serán explicados gráficamente en cuatro tipos de implementos agrícolas.



- A: Distancia en línea recta del punto de conexión del implemento a la parte delantera del implemento.
- B: Distancia en línea recta de la parte delantera del implemento a la parte trasera del implemento.
- C: Distancia en línea lateral del punto de conexión o centro del tractor al centro del ancho de trabajo del implemento (Esta distancia solo aplica para implementos no alineados con el tractor).

D: Distancia en línea recta del punto de conexión del implemento al centro del implemento.

E: Distancia en línea recta del punto de conexión del implemento 1 al punto de conexión del implemento 2 (Esta distancia solo aplica cuando se trabaja con un segundo implemento acoplado).

- Implemento de tiro alineado con el tractor:

A: Distancia en línea recta de la barra de tiro del tractor al inicio del tanque de la asperjadora.

B: Distancia en línea recta del inicio del tanque de la asperjadora a la barra central de boquillas.

C: Este punto no aplica para este tipo de implementos que se encuentran alineados con el tractor.

D: Distancia en línea recta de la barra de tiro del tractor a las ruedas de la asperjadora las cuales se encuentran en el centro del implemento.



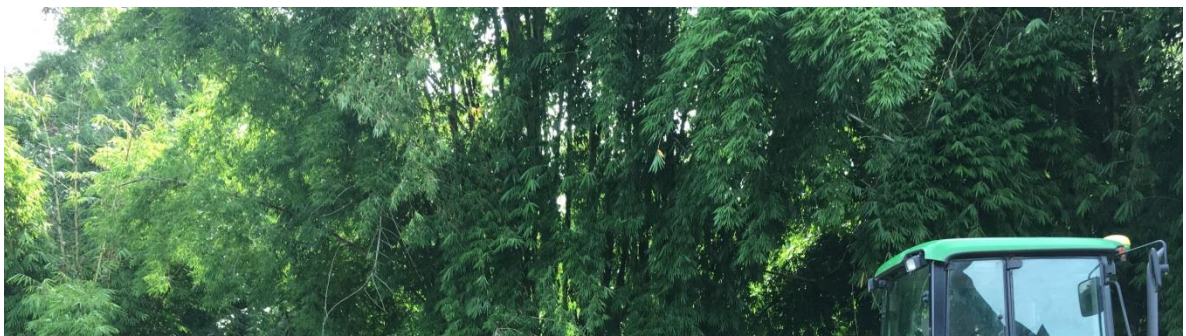
- Implemento de tiro no alineado con el tractor:

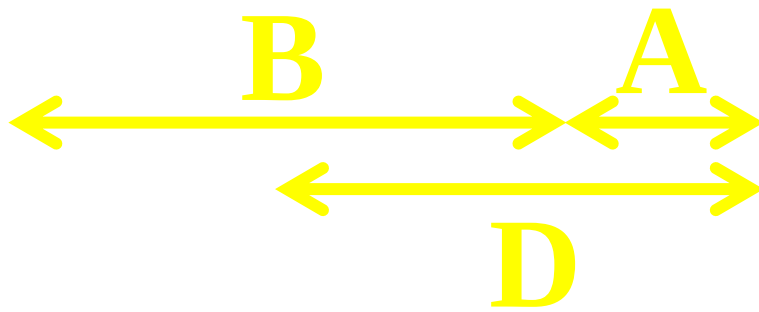
A: Distancia en línea recta de la barra de tiro del tractor al inicio del chasis de la rastra.

B: Distancia en línea recta del inicio del chasis a la parte trasera final del chasis.

C: Para medir este punto se debe de hacer avanzar el tractor con el implemento trabajando y medir el centro del ancho generado para luego medir en línea lateral hacía el centro de la barra de tiro.

D: Distancia en línea recta de la barra de tiro del tractor a las ruedas de la rastra las cuales se encuentran en el centro del implemento.





En la imagen podemos observar como poder obtener el centro del implemento en referencia a la barra de tiro del tractor, esto para poder obtener el punto C.



- Implemento integral alineado con el tractor:

A: Distancia en línea recta del punto de conexión (brazos hidráulicos) a las tolvas de fertilizante.

B: Distancia en línea recta de las tolvas de fertilizante hasta las cementeras de la sembradora.

C: Este punto no aplica para este tipo de implementos que se encuentran alineados con el tractor.

D: Distancia en línea recta de la barra de tiro del tractor a las ruedas de la rastra las cuales se encuentran en el centro del implemento.



- Implemento integral no alineado con el tractor:

A: Distancia en línea recta del punto de conexión a los brazos hidráulicos a la parte frontal del tubo de descarga.

B: Distancia en línea recta de la parte frontal del tubo de descarga hasta el toma de fuerza de salida del implemento.

C: Se debe de medir el ancho de entrada (ancho de trabajo) luego marcar un centro y medir en línea lateral hacia la barra de tiro del tractor.

D: Distancia en línea recta de la barra de tiro del tractor a la parte frontal del tubo de descarga.



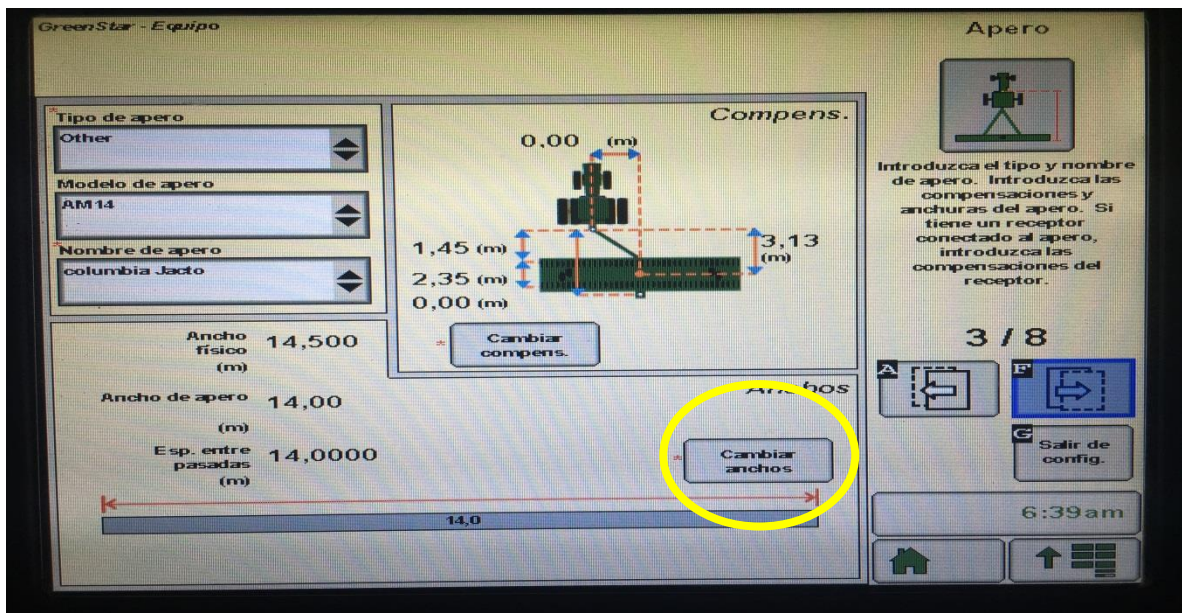
En las siguientes dos imágenes podemos observar como obtener el centro de trabajo del implemento, para obtener el punto C.





7. Anchos de pasadas

Se debe seleccionar en la pantalla la opción de cambiar anchos, esto para poder indicarle al programa cuanto espacio debe de dejar entre una pasada y otra en referencia a lo requerido y al implemento a utilizar.



8. Definición de información para documentación

Se debe de ingresar la información requerida en la siguiente pantalla para poder crear un archivo el cual posteriormente se pueda extraer en una memoria para analizar la información.

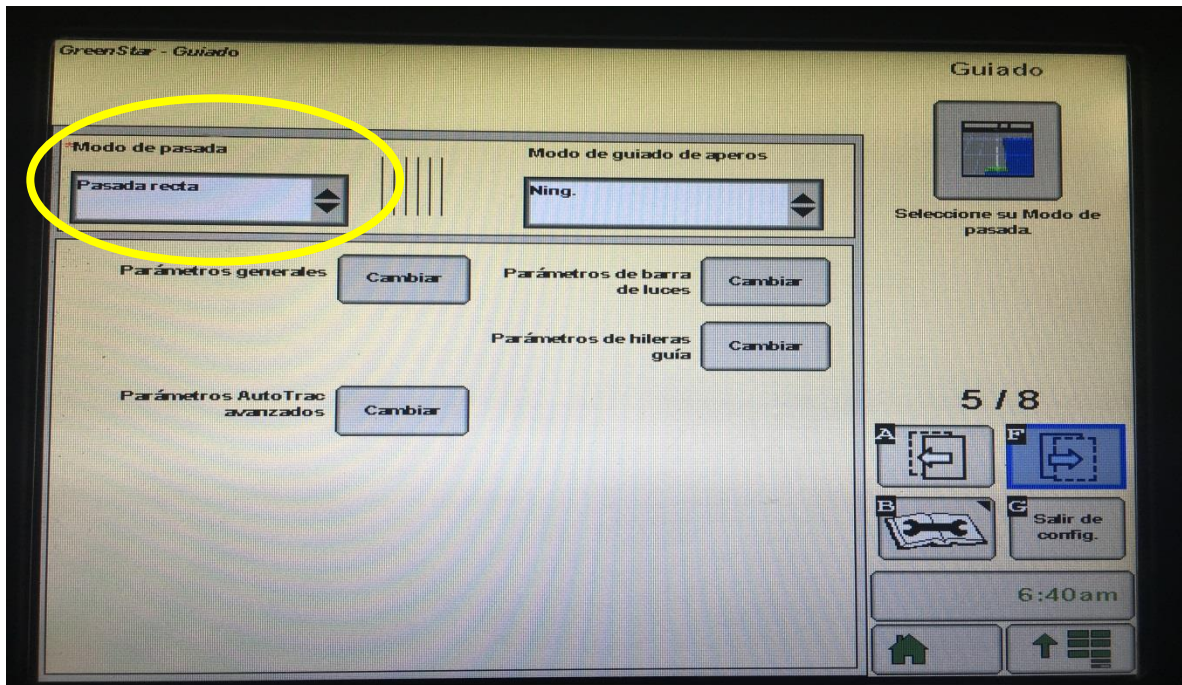
-Operación: Se debe seleccionar el tipo de operación que se está realizando para una correcta organización de la información generada.

-Tipo: Se debe de seleccionar el tipo de implemento utilizado para la labor a realizar.

-Profundidad deseada (cm): De requerir una profundidad para labores de laboreo, se debe de ingresar la profundidad de trabajo deseada.

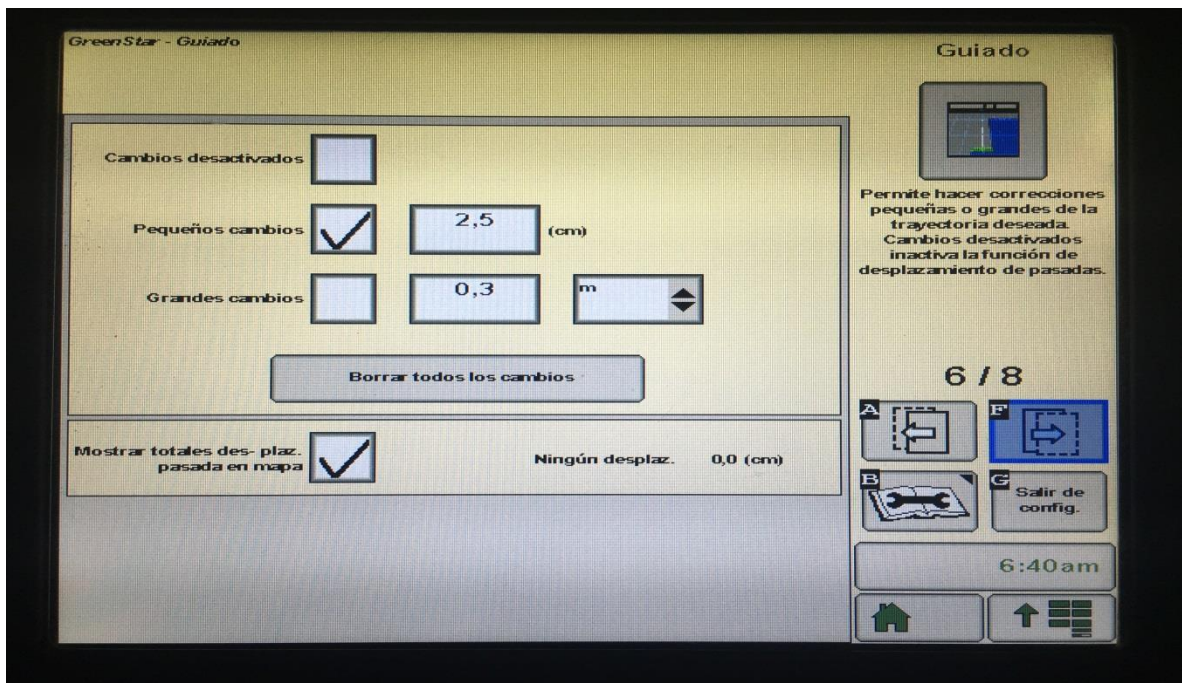
9. Selección de modo de pasada

-Se debe de seleccionar el tipo de pasada a realizar, para poder indicarle al programa que tipo de líneas se requiere realizar en el terreno. Se debe asegurar de haber seleccionado el modo de pasada recta.



10. Establecimiento de correcciones

Se debe de asegurar que las correcciones se encuentren en pequeños cambios y con cambios de 2.5cm, como se muestra en la pantalla. Estas correcciones permiten corregir cual anomalía ocurrida en la pasada que se está realizando.



11. Mapeo e indicación de límites

-Seguir los siguientes pasos, en la pantalla mostrada en la imagen:

1. Información general para el marcado de lote:

*Cliente: Nombre del cliente al cual se le realizara el trabajo.

*Granja (finca): Nombre de la finca donde se encuentra el lote donde se realizara el trabajo.

*Campo (lote): Nombre del lote donde se realizara el trabajo.

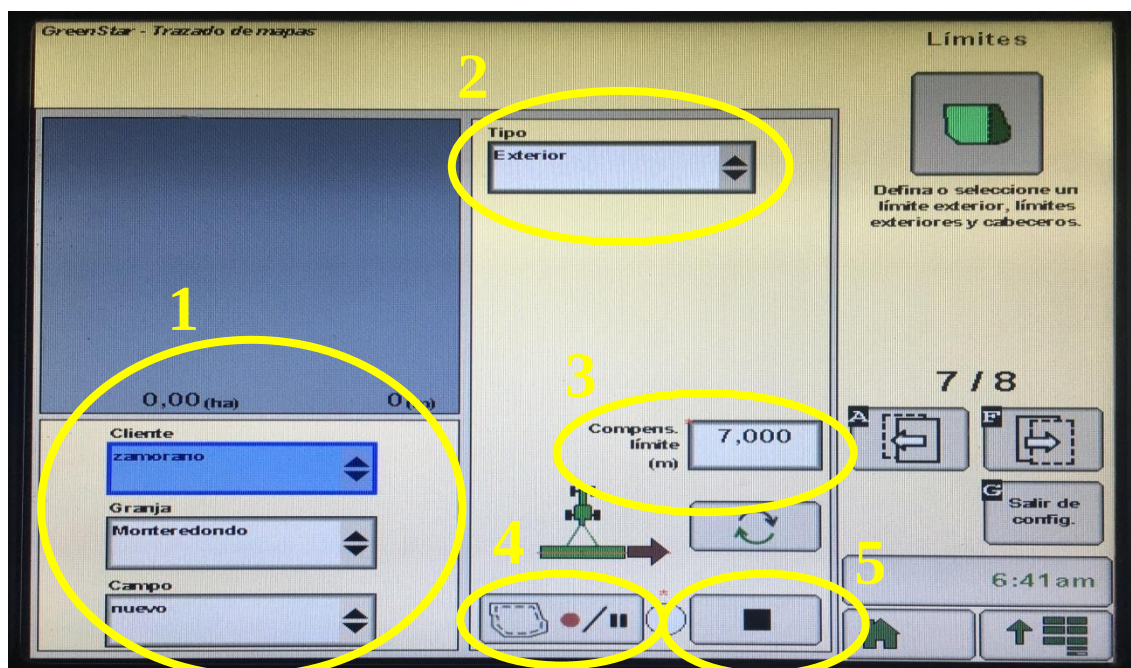
-Límites:

2. Tipo: Se debe de seleccionar el tipo de límite el cual se utilizara. Como lo muestra la imagen en la pantalla se encuentra hacia el lado de afuera del tractor. La opción de cambio de dirección y referencia de la dirección se encuentra oprimiendo en la pantalla las flechas que forman un círculo.

3. Compensación límite (m): La distancia en metros que existe del tractor hacia la orilla verdadera del lote, ya que se no todos los lotes cuentan con la facilidad de transitar el limite verdadero.

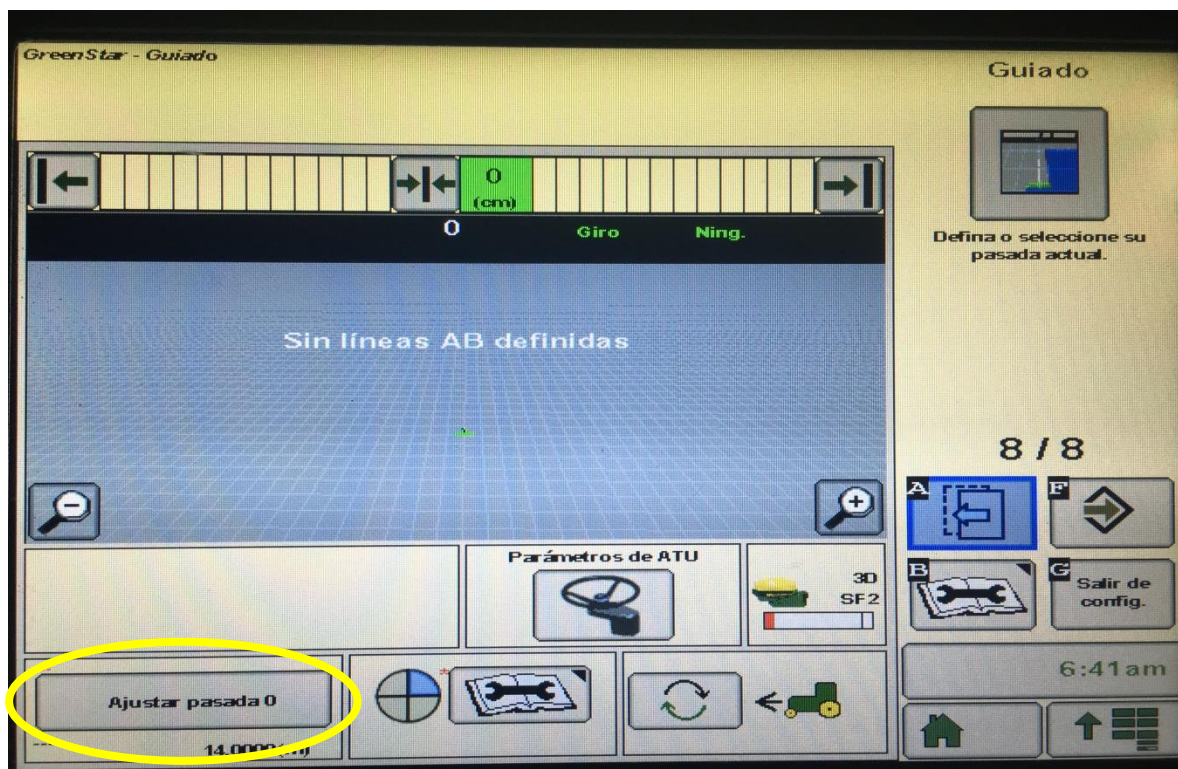
4. Oprimir la opción marcada en la pantalla para dar inicio al guardado del recorrido e iniciar el recorrido por toda la orilla del lote.

5. Oprimir la opción marcada en la pantalla para finalizar el grabado del lote.



12. Definición de pasada cero

Se debe de definir la pasada cero para poder orientar el equipo sobre la dirección de trabajo que se utilizara. Se debe seleccionar el ajuste de pasada cero para poder definir la dirección de trabajo. Se debe de ubicar el tractor al inicio del lote en dirección de trabajo seleccionar definir punto A, luego avanzar hasta el punto final de trabajo para seleccionar definir punto B.



13. Transferencia de datos

Se debe de ingresar una memoria en el compartimiento USB. Ubicado al costado derecho de la pantalla, posteriormente seleccionar transferir datos. Se transferirán todos los datos almacenados en la pantalla. Se debe de transferir los datos a una computadora la cual cuente con el programa APEX, que permite realizar una análisis de los datos generados por el programa, como por ejemplo eficiencia de trabajo, rendimientos, área trabajada, tiempo de trabajo y lugar de trabajo.