

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **Metodología para la extracción de Datos de Cosecha en Cosechadoras Cañeras Case IH A8000**

**Autor: Carlos Alejandro Perez Garcia**

**Tutor: MsC. Robby Gustabello Cogle**

**Santa Clara**

**2016**

**"Año 58 de la Revolución"**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **Metodología para la extracción de Datos de Cosecha en Cosechadoras Cañeras Case IH A8000**

**Autor: Carlos Alejandro Perez Garcia**

[cpgarcia@uclv.cu](mailto:cpgarcia@uclv.cu)

**Tutor: MsC. Robby Gustabello Cogle**

Dpto. de Automática, Facultad de Ing. Eléctrica, UCLV

[roby@uclv.edu.cu](mailto:roby@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2016**

**"Año 58 de la Revolución"**

## **PENSAMIENTO**

*“Ahora los agricultores echan herbicida de forma homogénea, pero las malas hierbas no aparecen de manera uniforme”*

*Pablo González de Santos*

## DEDICATORIA

A mis padres,  
*por ser mis eternos profesores de la vida.*

A mis hermanos Lenier y Armando,  
*por estar siempre a mi lado en todo momento.*

A mis abuelos,  
*por su cariño.*

A mi novia Lianet,  
*por todo su amor y dedicación.*

A mis suegros Marisol y Evidio,  
*por hacer suyos mis problemas y hacerme sentir parte de su gran familia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A toda mi familia, los de sangre y de sentimientos por su apoyo incondicional y haber contribuido de una forma u otra con la realización de mi sueño.

A la tía Tulilla por cariño y dedicación.

A mi tutor Robby Gustabello por confiarme esta tarea y por el tiempo dedicado.

A mi profesor Wilfredo Rivero por ser crucial sus enseñanzas para toda mi vida.

A todas las nuevas amistades que encontré en el camino para la realización de esta tarea.

A todos muchas gracias...

## RESUMEN

La Empresa Azucarera cubana ha dado pasos de avance en el empleo de la Agricultura de Precisión en el cultivo de la caña de azúcar. Evidencia de esto, lo constituye la importación de las cosechadoras cañeras Case IH a partir del 2008. Estas máquinas cuentan con un sistema automatizado que le permiten realizar técnicas avanzadas de cultivo. El presente trabajo, desarrolla una metodología para la de extracción de los datos de cosecha proporcionados por la serie A8000. Además, se analizan dos de los softwares más empleados para el manejo de información brindada por las máquinas en cuestión el *AFS Desktop* y el *SMS Advanced*. Por último, se realiza un caso de estudio para validar la utilidad de la metodología expuesta, donde se extraen los datos de cosecha correspondientes a aproximadamente tres horas de trabajo de una cosechadora de este tipo.

## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	1
Organización del informe .....	2
CAPÍTULO 1. AUTOMATIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR .....	4
1.1 Automatización en las Etapas del Cultivo de Caña de Azúcar .....	4
1.2 Cosechadoras Cañeras Case IH A8000 .....	6
1.2.1 Sensores .....	7
1.2.2 Actuadores .....	7
1.2.3 Control de Máquina .....	9
1.2.4 Mano Derecha .....	9
1.2.5 Red CAN .....	9
1.3 Monitor de Rendimiento .....	11
1.3.1 Pantallas del Monitor de Rendimiento .....	12
1.4 Software de Manejo de Datos de Cosecha .....	14
1.4.1 Software <i>AFS</i> .....	15
1.4.2 Software <i>SMS</i> .....	18
1.5 Consideraciones Finales del Capítulo .....	20
CAPÍTULO 2. EXTRACCIÓN DE LOS DATOS DE COSECHA. ....	21
2.1 Metodología de extracción de datos .....	21

2.1.1	Conectar dispositivo de almacenamiento .....	21
2.1.2	Introducir Fecha y Hora.....	22
2.1.3	Activar Nivel de Interfaz Avanzado .....	22
2.1.4	Configurar <i>GPS</i> .....	23
2.1.5	Habilitar Almacenamiento de Datos.....	24
2.1.6	Crear Perfil de Operador.....	25
2.1.7	Encender la Cosechadora.....	26
2.1.8	Apagar la Cosechadora y Extraer la Memoria Flash .....	27
2.2	Datos Exportados .....	27
2.3	Entrada de datos a los Software de Procesamiento.....	28
2.3.1	Adquisición de datos de cosecha con el software <i>AFS Desktop</i> .....	29
2.3.2	Adquisición de datos de cosecha con el software <i>SMS Advanced</i> .....	31
2.4	Conclusiones del Capítulo.....	32
CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA .....		33
3.1	Caso de Estudio.....	33
3.1.1	Configuración del Monitor de Rendimiento .....	33
3.1.2	Datos exportados.....	34
3.1.3	Trabajo con software <i>AFS Desktop</i> .....	35
3.1.4	Trabajo con software <i>SMS Advanced</i> .....	37
3.2	Valoración económica y medioambiental.....	41
3.3	Consideraciones Finales del Capítulo .....	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		42
Conclusiones .....		42
Recomendaciones .....		43

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS .....	46
Anexo I .....	46
Anexo II .....	47
Anexo III .....	48
Anexo IV .....	49
Anexo V .....	50

## INTRODUCCIÓN

Aumentar la producción agrícola de forma sostenible constituye uno de los mayores desafíos de la Agricultura Mundial, debido al aumento poblacional y el creciente deterioro medioambiental. En este sentido se crea una nueva forma de gestión de parcelas, la Agricultura de Precisión (AP). Esta, según Gil (2003), permite “efectuar la intervención correcta, en el momento adecuado y el lugar preciso” producto de la integración funcional de dispositivos de elevada tecnología incorporados a las maquinarias agrícolas, entre los que se encuentran: receptores de posicionamiento, sensores, y computadoras de abordo. El empleo de AP se extiende a todas las etapas del proceso productivo, donde las tareas a realizar son planificadas en base a información captadas en las operaciones precedentes.

La industria azucarera constituye uno de los campos de aplicación de la nueva forma de gestión de parcelas. Uno de los trabajos más renombrados relacionados con esta temática es (Balastreire, 1998) donde se expone los principales beneficios del empleo de los conceptos de AP en el cultivo de caña de azúcar. Entre ellos: la reducción de la contaminación ambiental, beneficios económicos mediante la disminución del costo final de producción y el aumento de productividad debido a la mayor cantidad de caña disponible.

En Cuba se han dado pasos con el fin de emplear la AP en la producción de azúcar, uno de estos lo constituye la introducción de las cosechadoras cañeras pertenecientes a la firma Case IH a partir del 2008. La primera serie introducida fue la A7000 y años más tarde la A8000. Ambas posibilitaron elevar el rendimiento agrícola, proporcionando a la industria mayor cantidad de materias primas en menor tiempo y con menor contenido de suciedades. Pese a las potencialidades de estas novedosas máquinas, su uso está restringido al corte mecanizado, desaprovechándose los restantes beneficios que ofrece.

En su trabajo de diploma Molina, (2015) describe el sistema automatizado presente en las cosechadoras Case IH A8000 y concluye que las mismas tienen potencialidades para la realización de AP en la caña de azúcar en Cuba.

Algunas de estas potencialidades están relacionadas con la adquisición de los datos de cosecha, sin embargo, no se conoce en Cuba la manera de manejarlos, siendo esta la situación de donde surge el siguiente problema científico:

La Empresa Azucarera cubana no cuenta con una manera para extraer los datos de cosecha de las combinadas cañeras Case IH A8000.

En relación con lo expuesto anteriormente, se trazaron los siguientes objetivos:

**General:**

Desarrollar una metodología para la extracción de los datos de cosecha proporcionados por las combinadas cañeras Case IH A8000.

**Específicos:**

1. Determinar las labores relacionadas con el cultivo de la caña de azúcar en las que se involucren máquinas automatizadas.
2. Analizar la bibliografía disponible sobre las cosechadoras cañeras Case IH A8000 haciendo énfasis en el monitor de rendimiento AFS Pro 700.
3. Analizar los programas computacionales existentes para la visualización de datos de cosecha.
4. Proponer una metodología para la extracción de los datos de cosecha de las combinadas cañeras Case IH A8000.
5. Validar la metodología propuesta y presentar las potencialidades de procesamiento de los software *AFS Mapping & Record* y *SMS Advanced*, mediante la realización de un caso de estudio.

**Organización del informe**

El informe de la investigación se estructura en introducción, capitulario, conclusiones, referencias bibliográficas y anexos. Los temas que se abordan en cada capítulo se encuentran estructurados de la forma siguiente:

CAPÍTULO I: Se analizan los aspectos teóricos de la investigación, partiendo del estudio de los equipamientos automatizados empleados en el cultivo de la caña de azúcar. Luego se presentan dos programas computacionales disponibles para el manejo de datos de cosecha, el *AFS* y el *SMS*.

CAPÍTULO II: Se dedica a la propuesta de la metodología para extracción de los datos de cosecha, la cual parte del trabajo con las cosechadoras y concluye con los software para la visualización de estos.

CAPÍTULO III: Se presenta un caso de estudio con el que se pretende validar la metodología desarrolla y a su vez se ofrecen algunos de los procesamientos de datos disponibles en los software *AFS Desktop* y *SMS Advanced*.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones a las que se arribó tras el desarrollo de este trabajo, así como la bibliografía referenciada a lo largo del informe y los anexos relevantes.

## **CAPÍTULO 1. AUTOMATIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR**

En el presente capítulo se parte de la mención de maquinarias automatizadas involucradas en el cultivo de caña de azúcar. Posteriormente se realiza una descripción general de la cosechadora Case IH A8000, exponiendo sus principales componentes y prestaciones. Finalmente se describen dos de los programas computacionales existentes para el procesamiento de los datos de cosecha.

### **1.1 Automatización en las Etapas del Cultivo de Caña de Azúcar**

Elevar los rendimientos agrícolas en vez de las áreas cultivables, es una de las tareas prioritarias de la industria azucarera actual. Para ello se hace imprescindible el empleo de máquinas con cualidades técnicas que permitan aumentar la rentabilidad de la producción agrícola y facilitar el trabajo.

La producción de azúcar constituye una larga cadena productiva que va desde los campos hasta la fábrica, donde las actividades de preparación del suelo, siembra, fertilización y recolección constituyen sus primeros eslabones.

El punto de partida de la producción de caña lo constituye la preparación del suelo. Esta tarea tiene como objetivo acondicionar el terreno para recibir la semilla y proporcionar entornos favorables para el desarrollo inicial de las plantas. Con este fin, se realiza un desagarre del suelo que posibilita eliminar las cepas del cultivo de caña anterior, por medio del empleo de aditamentos mecánicos unidos a un tractor (Escobar, 2010). Los fabricantes de esta rama, apoyados en el desarrollo tecnológico actual, se han dado a la tarea de instarle a los accesorios antes mencionados sensores y actuadores; los cuales manejados por el monitor de rendimiento presente en los tractores modernos permiten la automatización de estas labores.

Entre los equipamientos existentes con las características antes mencionadas, se encuentran los tractores *Magnum*, *Puma* y los arados *Ecolo Tiger* todos pertenecientes a la firma Case IH (Case IH, 2012).

Para la siembra del cultivo se realizan las operaciones de surcado, distribución y tapado de la semilla. Diversas son las máquinas sembradoras de caña automatizada existentes en la actualidad. Ejemplo de ellas son la *Doble TT Neozaf* y la *DMB*, la primera de fabricación argentina y la segunda brasileña. Entre las prestaciones de estos equipos se encuentra la graduación de parámetros como: el espaciamiento entre surco, altura de la entrada de los picadores de caña y la cantidad de semillas depositadas por metro (Soldano, n.d.).

La fertilización persigue, entre otras, elevar el rendimiento de las plantaciones. El desarrollo tecnológico de los últimos años, permitió pasar de la aplicación homogénea de fertilizantes a la fertilización usando dosis variable. Con ellos se consiguió disminuir costos y el impacto ambiental. Entre los equipos que posibilitan la realización de esta actividad, se encuentran los *Nutri-Placer* fabricados por la compañía Case IH. Estos disponen de electroválvulas que, controladas por la programación de un monitor de rendimiento, permiten la aplicación de la cantidad del fertilizante correcta en el lugar indicado (Case IH, 2008).

La preparación, siembra y fertilización de los suelos, tienen una importancia extraordinaria para obtener altos rendimientos en la cosecha. Sin embargo, de nada vale haber realizado un adecuado trabajo en ellas, si no se pone igual celo a la hora de recolectar la producción. En este sentido se hace necesario el empleo de cosechadoras cañeras, también conocidas como combinadas, que realicen las labores de cosecha de la forma más eficiente posible (García de la Figal, 1999).

En enero de 2008, se introducen al país las cosechadoras cañeras automatizadas Case IH *Austoft 7000(A7000)* de fabricación brasileña. El empleo de estas máquinas introdujo transformaciones de las labores agrícolas convencionales entre las que se puede mencionar extensión de los turnos de trabajo de 8-12 horas a turnos permanentes de 24 horas, aumento de la productividad de 8-12 a 40-50 toneladas por hora y la disminución de las materias extrañas de un 12-18% a 4-6% (Gradaille Daquinta et al., 2014).

## 1.2 Cosechadoras Cañeras Case IH A8000

Para finales del 2014, se introducen al país una nueva serie de las cosechadoras Case IH, la *Austoft* 8000 (A8000). Esta posee dos modelos (Figura 1.1) cuya diferencia básica estriba en el empleo de llantas o esteras (orugas) para la tracción, ellos son el A8000 y el A8800 (CNH 2014c).



Figura 1.1 Cosechadoras Cañeras Case IH

Algunas de las novedades presentes en esta nueva serie son: la presencia de picadores más potentes, rodillo alimentador con dientes más agresivos, nuevo sistema de refrigeración y una nueva cabina con mayor confort, visibilidad y prestaciones. Entre las prestaciones más destacables están: la posibilidad de diagnóstico directo del bus presente en la máquina por medio de un conector ubicado encima de la llave de arranque y la facilidad al operador de controlar la dirección y la transmisión electrónicamente, por medio de una palanca de mando, reduciendo así el esfuerzo exigido y permitiendo mayor maniobrabilidad en áreas menores (Coelho Prates, 2014).

Entre las características de estas cosechadoras se encuentra un rendimiento operativo de 80 toneladas/horas, empleando aproximadamente 0.6 litros/tonelada de caña cortada. Para ello cuenta con un motor electrónico *Smart Cruise* que actúa en la optimización del uso de combustible, evitando las pérdidas operativas y proporcionando el menor esfuerzo del sistema hidráulico. (Nunes, 2009)

Según Molina (2015), “Las cosechadoras cañeras Case IH de la serie A8000, posee un sistema automatizado que puede ser considerado como un sistema de control distribuido dado que se compone de módulos, cada uno de los cuales operaran de manera independiente sobre algún subsistema de la máquina, entre todos, interactúan para que el equipo funcione correctamente”. Ellos son:

- ✚ Sensores
- ✚ Actuadores
- ✚ Control de Maquina
- ✚ Mano Derecha
- ✚ Red CAN
- ✚ Monitor de Rendimiento
- ✚ Receptor *GPS*
- ✚ Unidad de Control de Motor

La integración funcional de los componentes antes citados permite, entre otras, detener la operación del motor ante fallas, inhibir el arranque en caso de estar accionada las funciones de cosecha y establecer de forma automática la altura del corte de la caña. Esta última función ha traído como resultado una operación mejor que la realizada por un operador experto cosechando en modo manual.

### **1.2.1 Sensores**

Los sensores son los componentes primarios en un sistema de automatizado. Tienen la función de cuantificar magnitudes de diversa naturaleza y dar una salida proporcional a su medición. Los existentes en la cosechadora bajo estudio se encuentran distribuidos por toda la máquina y brindan información sobre presiones hidráulicas, temperatura, nivel entre otras (ver Anexo I).

### **1.2.2 Actuadores**

Los actuadores son dispositivos capaces de realizar acciones de mando dentro de un circuito de control. Entre los presentes en estas cosechadoras cañeras, se encuentran los solenoides y

las electroválvulas. La función de los primeros consiste en accionar eléctricamente controladores mecánicos mediante la creación de un campo magnético. Están formados por un émbolo móvil y una bobina que se comporta como un electroimán al circular corriente eléctrica a través de ella. Los solenoides están presentes en diversos bloques de la máquina entre los que se encuentra: el corte base, el elevador y la bomba de tracción (Figura 1.2).



Figura 1.2 Solenoide de la bomba de tracción

Las electroválvulas se componen de un agujero, generalmente redondo llamado asiento, un obturador y un vástago conectado al extremo del mismo. Este último no es más que un solenoide que controla la apertura de la válvula en función de una señal eléctrica modulada por ancho de pulso (*PWM*, por sus siglas en inglés). Entre las aplicaciones de estas electroválvulas en la cosechadora, se encuentra la regulación de velocidad del extractor primario (ver Figura 1.3).

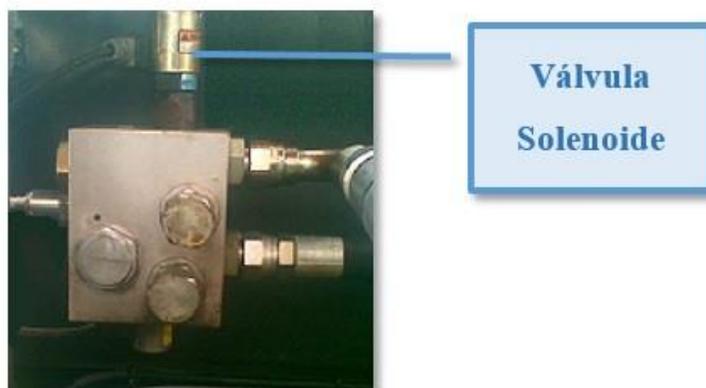


Figura 1.3 PWM Extractor primario

### 1.2.3 Control de Máquina

Los Módulos de Control de Máquina (*SCM*, por sus siglas en inglés) constituyen tres unidades de procesamiento ubicadas en la parte inferior de la consola lateral derecha (ver Anexo II). Cada una de ellas, contiene procesadores y memorias capaces de registrar valores de calibración, códigos de errores, entre otros. Además, poseen una serie de contactos eléctricos que facilitan la entrada y salidas de señales, así como su energización. La operación de los *SCM* comienza con la captación de los datos proporcionados por los sensores, para luego correrlos sobre las funciones programadas que permiten el control de los diferentes subsistemas. Según CNH, (2014a) la distribución es como sigue:

- ✚ *SCM1*: Control del cortador de puntas, divisor de líneas, nivel de combustible y válvulas piloto.
- ✚ *SCM2*: Control de giro del elevador, válvula de bloqueo, nivel de aceite hidráulico y giro del extractor secundario.
- ✚ *SCM3*: Control de rodillo alimentador, inclinación de los divisores de líneas y corte lateral.

### 1.2.4 Mano Derecha

El Módulo de Mano Derecha (*RHM*, por sus siglas en inglés) se encuentra ubicado en la parte interna de la consola al lado derecho del asiento del operador (Anexo II). Su función consiste en recibir y transmitir mediante la red *CAN*, los mandos accionados por el operador desde la consola. Las señales son enviadas hacia los *SCM*, quienes posteriormente envían las señales de control a los actuadores (CNH, 2014b).

### 1.2.5 Red CAN

La comunicación entre los módulos de la cosechadora se realiza por medio del bus de campo *CAN* (acrónimo inglés de *Controller Area Network*). Según Molina (2015), *CAN* sigue las directivas proporcionadas por la Sociedad de Ingenieros Automotrices J1939. La misma establece el empleo de un par de cables trenzados *CAN\_H* (*CAN* alto) y *CAN\_L* (*CAN* bajo) por donde se transmiten las señales en forma de diferencia de potencial, proporcionando protección frente a interferencias electromagnéticas. Estos cables se extienden a todo lo largo del vehículo y cada módulo se conecta a ellos como un “nodo”. En cada extremo de la red

se encuentra un resistor de  $120\Omega$ , conocido como resistor de terminación (Figura 1.4). En la cosechadora, uno de estos resistores está ubicado en el cableado de la cabina mientras que el otro se encuentra físicamente en la Unidad de Control de Máquina (TST, 2014).

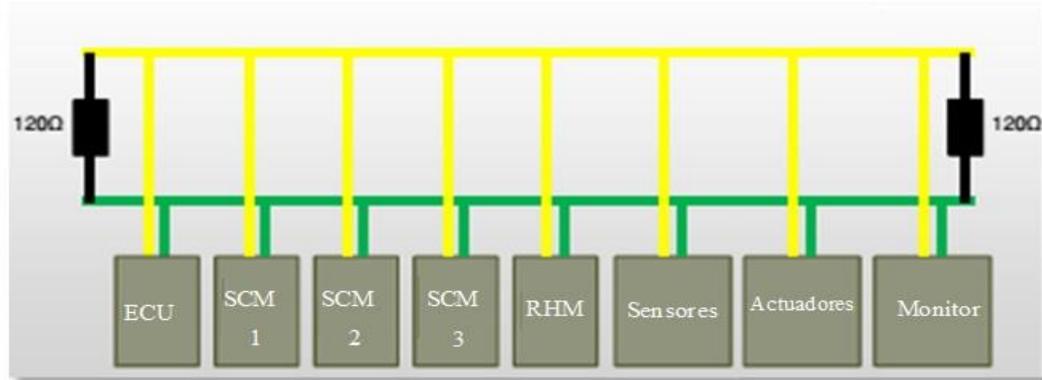


Figura 1.4 Composición de la red CAN

El protocolo de comunicación empleado en la cosechadora es el ISOBUS, también conocido como ISO 11783, el cual está basado específicamente en *CAN 2.0B*. En este, los datos transmitidos están representados por Bits Dominantes (1) y Bits Recesivos (0) cuando la diferencia de potencial entre los conductores es 2 o 0 volt respectivamente. Las tramas de datos empeladas están compuestas por un total de 131 bits, agrupados según se muestra en la Figura 1.5. Los diferentes campos permiten identificar el origen y destino de los mensajes, así como detectar errores en los mismos (Li et al., 2008).

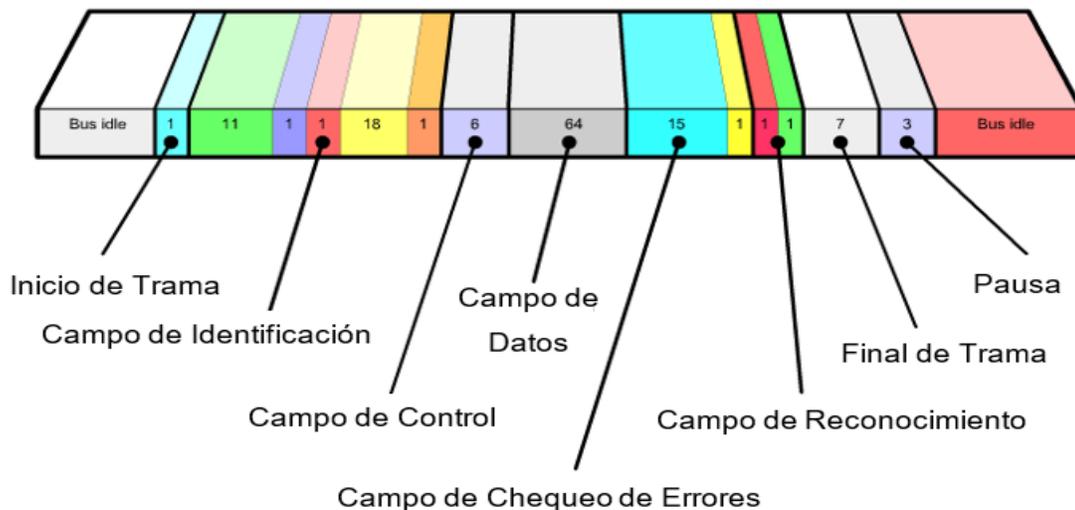


Figura 1.5 Estructura de la trama CAN 2.0B

### 1.3 Monitor de Rendimiento

El monitor de rendimiento está ubicado encima de la consola del lado derecho del operador y constituye la interfaz de la máquina con el usuario. Puede ser entendido como un sistema supervisorio, desde el cual el operador puede visualizar y registrar parámetros de funcionamiento, tomar decisiones y calibrar los distintos subsistemas. Otra de las funciones del monitor de rendimiento es la preparación y exportación de los datos de cosecha.

El AFS Pro 700 (Figura 1.6), presente en las máquinas de la serie A8000, es el resultado de la evolución de otros monitores previamente empleados por los fabricantes de esta firma. Algunos de ellos son: AFS IH, AFS Pro 200 y el AFS Pro 600.



Figura 1.6 Monitor de rendimiento AFS Pro 700

Las diversas funciones del AFS Pro 700, corren sobre la versión de firmware v27.1.0.0. Su interfaz de usuario presenta seis pantallas configurables por el operador. Mediante las mismas se pueden visualizar importantes parámetros de la máquina como son: códigos de alarma, revoluciones del motor, presiones hidráulicas, entre otras. También presenta otras dos pantallas que muestran un resumen de sus datos de funcionamiento. Entre ellos: tiempo de trabajo, combustible empleado y área cosechada.

El monitor está formado por una pantalla táctil de 10.4 pulgadas y varios conectores a través de los cuales se permite la aplicación del sistema avanzado de cultivo. Así, se tienen el de cable coaxial, que posibilita la instalación de una video cámara para facilitar las aplicaciones en el modo autopiloto de la cosechadora; el Ethernet, que hasta la fecha no se le ha asignado utilidad; el DB-9, para la reprogramación del firmware y un conector de 26 pines. Este último es el principal del monitor, ya que provee la alimentación al mismo y la vía de comunicación con los demás elementos de la máquina. Además posee un botón para el reinicio del monitor ante alguna falla del firmware (ver Figura 1.7).

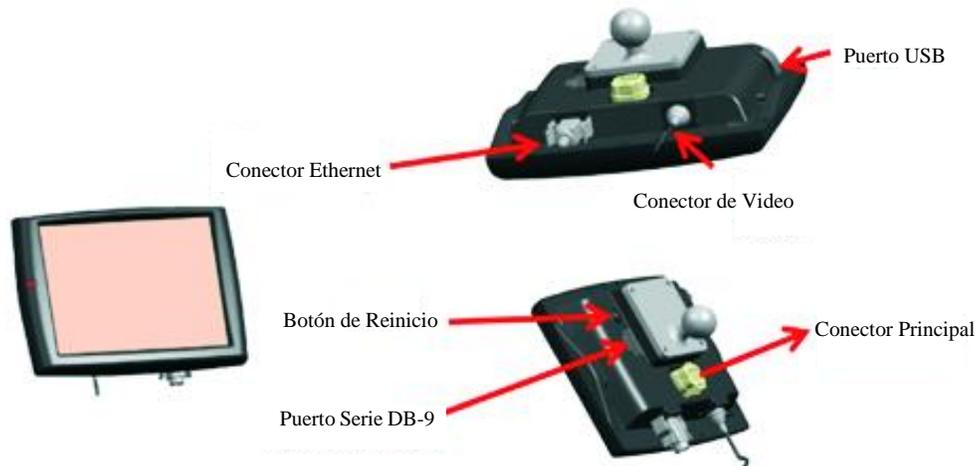


Figura 1.7 Conectores del monitor de rendimiento.

Integrado al monitor también, se encuentra un conector de USB, que permite la conexión de un dispositivo de almacenamiento masivo hacia donde será salvada la información del funcionamiento de la máquina. La tabla mostrada en el Anexo IV presenta la totalidad de las variables exportadas. Estas pueden ser digitales o analógicas. Las digitales representan estados de funcionamiento correcto o activación de determinado elemento. Tal es el caso de nivel de aceite bajo y estado del elevador respectivamente. Las analógicas representan, en valores porcentuales o absolutos, el comportamiento de parámetros de la máquina. Por ejemplo, la presión de aceite, la temperatura del refrigerante y la carga del motor.

### 1.3.1 Pantallas del Monitor de Rendimiento

Las pantallas del AFS Pro 700 se encuentran estructuradas jerárquicamente. La pantalla principal (Figura 1.8), compuesta por tres áreas fundamentales: íconos de estado, área de información y la ventana principal, es quien permite el acceso a las demás. La primera de estas áreas muestra los dispositivos de cosecha que se encuentran activos, algunos de estos son: divisores de línea, extractores y cortador de puntas. El área de información puede ser comprendida como la pizarra del vehículo, desde ella se visualizan parámetros como la velocidad, consumo de combustible, presión de aceite, entre otros. Además, representa las alarmas emitidas durante el funcionamiento de la máquina, la activación de funciones avanzadas de cosecha y la conexión de algún dispositivo de almacenamiento al monitor.

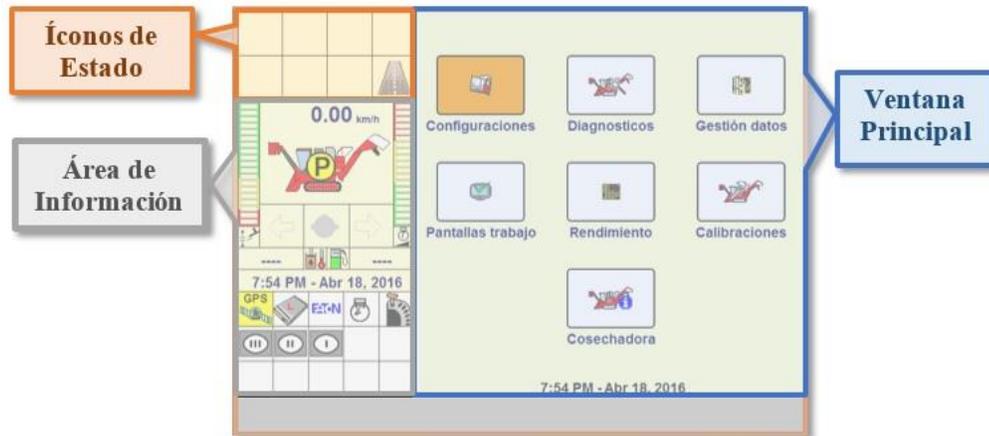


Figura 1.8 Pantalla principal del AFS Pro 700

El área de la ventana principal agrupa los diferentes íconos que posibilitan el acceso a las demás pantallas del monitor. Estas poseen una estructura similar a la pantalla principal, ya que solo se sustituye la ventana principal por la ventana de función seleccionada y se le añade la barra de navegación (Figura 1.9). Dicha barra contiene diversas pestañas. La primera de estas (“de vuelta”) facilita el retorno a la pantalla principal desde cualquier sitio, mientras que el resto permiten activar las diferentes ventanas de funciones. Cada ventana presenta un conjunto de casillas que permiten configurar o mostrar información de la máquina. Para introducir la información, basta con escoger la casilla correspondiente y se desplegará un teclado en pantalla que posibilita ingresar los datos requeridos.

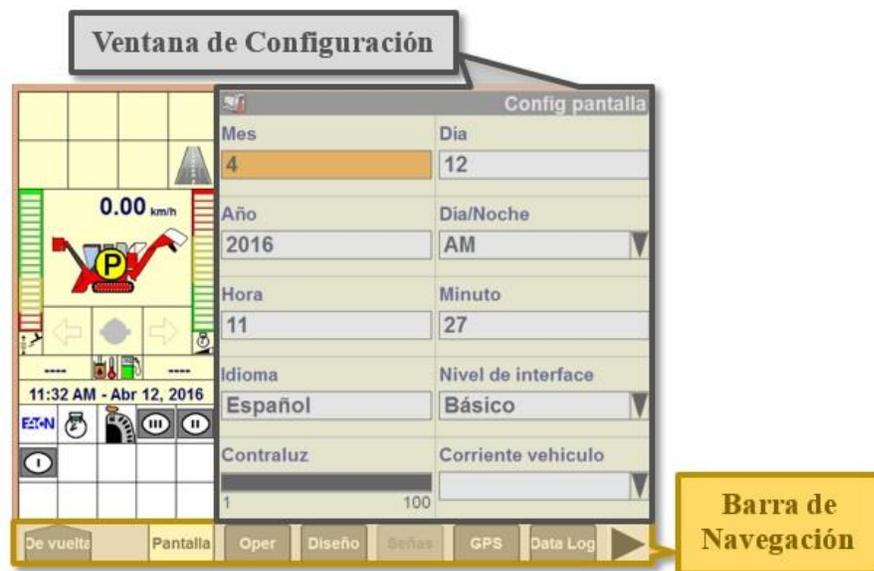


Figura 1.9 Pantalla de trabajo

## 1.4 Software de Manejo de Datos de Cosecha

La implementación de la AP presupone la manipulación de un gran número de variables, por lo que hace necesario auxiliarse de programas computacionales especializados. Estos traducen el volumen de información y se lo presentan a los usuarios en dos formas fundamentales Mapas de Rendimiento y Resumen de Tarea, los cuales serán explicados más adelante.

Son varios los programas existentes en el mercado internacional que permiten leer los datos de cosecha. Estos pueden ser específicos, cuando son desarrollados por los propios creadores de los monitores de rendimiento o generales, cuando presentan compatibilidad con una variada gama de monitores de distintos fabricantes. Programas como *FarmWorks*, *Space Manger System (SMS)* y *Advanced Farming System (AFS)* figuran entre los generales (Bongiovanni et al., 2006). Su uso se encuentra normalizado por licencias y solo en algunos casos se brindan versiones de prueba gratis pero que no cuentan con la totalidad de las herramientas del software.

Todos estos programas computacionales poseen interfaces de usuario similares, pudiendo dividirse en cinco regiones fundamentales: barra de herramienta, barra de navegación, barra de herramienta de mapa, árbol de administración y la ventana de mapa (Figura 1.10). Esta última puede ser alternada con la ventana de resumen mediante la selección de la pestaña del mismo nombre ubicada en la barra de navegación.



Figura 1.10 Ventana de trabajo del software SMS

Otro elemento común en los diversos software es la presentación de informes. Se conoce de esta manera al resumen básico de los datos de cosecha brindados a los usuarios. Algunos de estos informes pueden ser de: resumen de productos, uso de recursos y resumen de explotación; los cuales permiten, entre otras, crear bases de datos que pudieran ayudar a la planificación de cosechas posteriores.

También, en todos los casos, puede encontrarse la generación de mapas de rendimiento. Estos constituyen una representación, en forma de puntos, del comportamiento de una variable a lo largo de la trayectoria seguida por el vehículo durante las operaciones agrícolas. Las variables representadas dependerán de la información proporcionada por los sensores, lo que hace posible la creación de mapas de rendimiento de: la velocidad de avance, la presión de aceite del motor, la temperatura del líquido de refrigeración, entre otros (Albarenque & Velez, 2011). En el caso de las cosechadoras cañeras Case IH A8000 y A8800 no existe la sensorería que permita medir la masa o el volumen de cultivo cortado. Esta limitante imposibilita generar un mapa de rendimiento en función de la cantidad de cultivo cosechado. Sin embargo si pueden ser empleadas para la realización de AP (Molina Hernández, 2015).

Según la literatura consultada los software *AFS* y *SMS* figuran entre los más utilizados para el manejo de datos de cosecha proporcionados por equipos del sistema avanzado de cultivo.

#### **1.4.1 Software *AFS***

*AFS* constituye software recomendado por los fabricantes de Case IH para la manipulación de los datos de cosecha de sus maquinarias agrícolas. El propio sitio oficial de la firma provee posibilidad para la descarga del software en las versiones libre *AFS View* y pago *AFS Mapping & Record (AFS Desktop)*. La diferencia entre ambas estriba en que solo la versión pago integra la totalidad de las herramientas para analizar los datos exportados (Case IH, n.d.).

El empleo de este software permite hacer un seguimiento de las tareas realizadas por las maquinarias agrícolas. Este lo estructura en clientes, fincas, lote y cultivo. Además, facilita la organización de insumos de las diferentes tareas según la maquinaria y los suministros a emplear (Trimble Navigation Limited, 2015). En el caso de la versión *Desktop*, la información puede ser compartimentada en Proyectos de Trabajo. Donde cada usuario puede introducir su nombre y contraseña a través de la interfaz de la Figura 1.11.

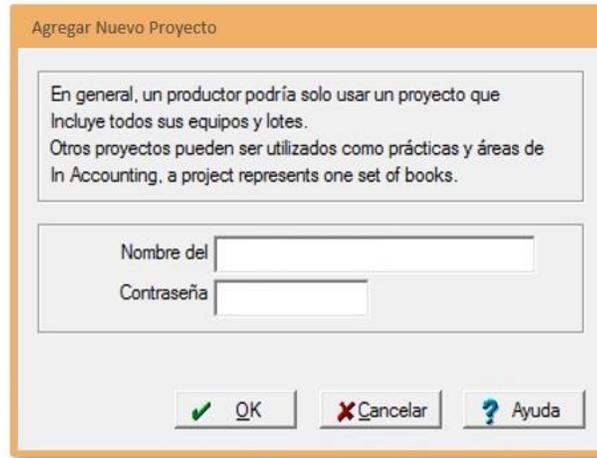


Figura 1.11 Ventana editar proyecto AFS Desktop

La barra de herramientas presente (Figura 1.12) posibilita la adición de elementos de las tareas, como son: clientes, fincas, campos, suministros, equipamientos, entre otros. También dispone del ícono “Escribir Datos de Tarea”, el cual facilita el acceso al menú de exportación de los datos introducidos manualmente. Estos pueden ser empleados por monitores de rendimiento de una variada gama de fabricantes.



Figura 1.12 Barra de Herramienta de AFS

La selección del ícono “Leer Datos de Tarea” provoca el despliegue de una ventana con ese mismo nombre (Figura 1.13), la cual asistirá el proceso de importación de los datos de cosecha. En ella se listan los dispositivos de agricultura de precisión compatibles con el software, agrupados según sus fabricantes y versiones del producto. El botón “Examinar”, presente en la misma, permite localizar la carpeta con los datos de rendimiento. Debajo de este botón se visualizarán las tareas contenidas dentro del directorio seleccionado.

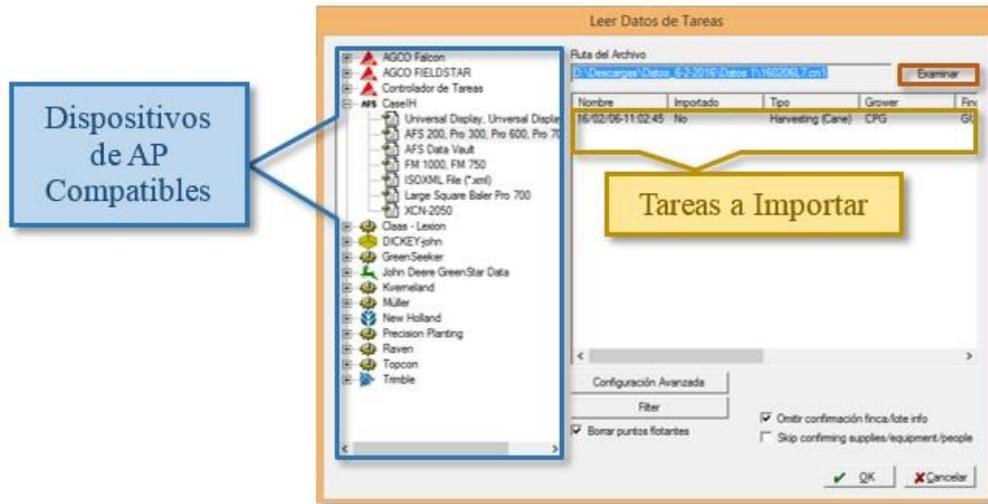


Figura 1.13 Ventana leer datos de tareas de AFS Desktop

Durante la importación de los datos de cosecha, el software chequea los elementos asociados a la nueva tarea (personal, equipo y lote), con el fin de vincularlos a otros previamente registrados. (Figura 1.14)

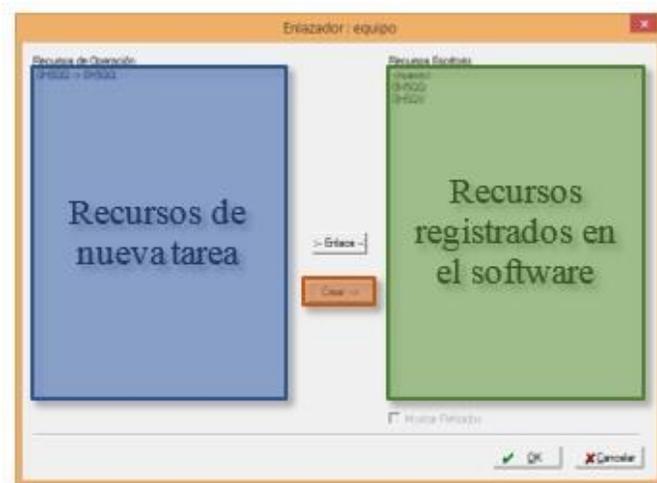


Figura 1.14 Ventana enlace de equipo

En caso de no existir coincidencia entre los nuevos elementos y los existentes, se proporciona una interfaz para la introducción de la nueva información referente a cada componente (Figura 1.15).

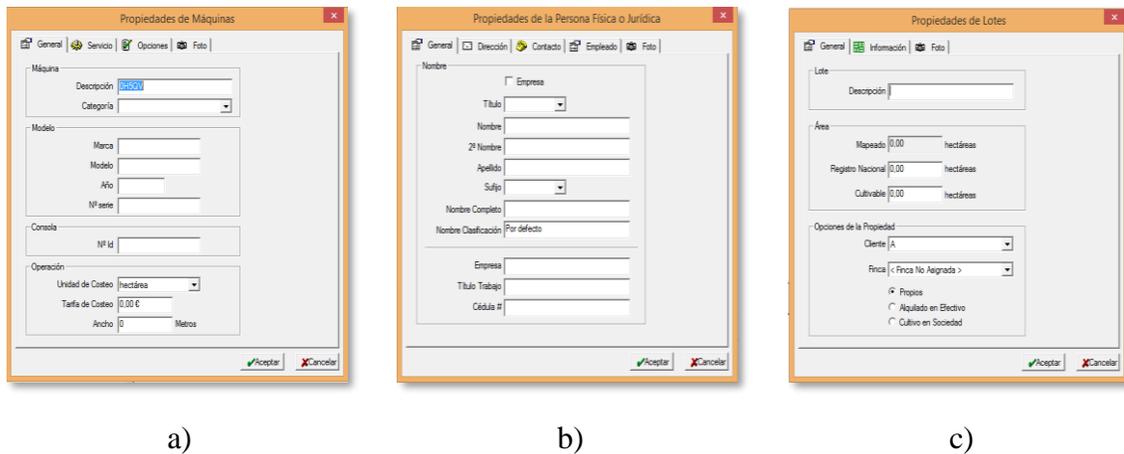


Figura 1.15 Ventanas crear nuevas propiedades de a) maquina b) personal c) lote

Un vez cargado los datos, el software permite la creación de diversos informes, por ejemplo los referentes a las maquinarias, el personal y los insumos empleados en la tarea importada. Además, posibilita generar mapas de rendimiento de la totalidad de las variables captadas y analizar su comportamiento, visualizando sus valores mínimo, máximo y promedio.

#### 1.4.2 Software SMS

SMS es un software desarrollado por la firma Ag Leader. Se encuentra disponible para sistemas operativos superiores a “Windows XP” y cuenta con versiones móviles para dispositivos con “Android” (*SMS Mobile*). Durante su instalación el propio software permite la elección de una de las dos versiones del producto, *SMS Basic* (básica) o *SMS Advanced* (avanzada). La diferencia entre ambas radica en que solo la versión avanzada posee la totalidad de las herramientas de procesamiento de datos.

Con el fin de separar en bases de datos distintas la información de los usuarios, el software permite la creación de Proyectos. Estos tienen la posibilidad de proteger por contraseña el uso y modificación de las tareas contenidas, mediante la ventana “Editar Proyecto” (Figura 1.16). El propio software facilita el respaldo y restauración de proyectos, así como el envío a otros usuarios para restablecerlos en su sistema. (IT Admin, 2012)

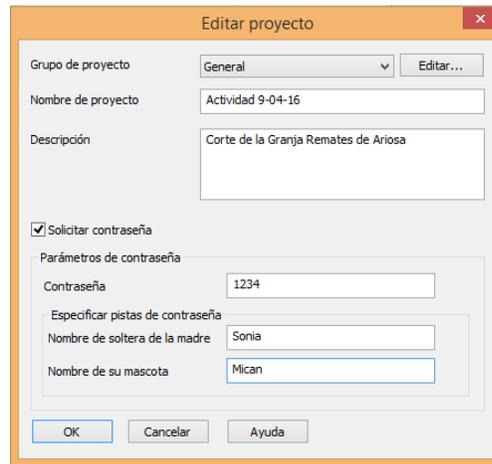


Figura 1.16 Ventana editar proyecto SMS

La barra de herramienta con que cuenta el software (Figura 1.17) brinda acceso, por medio de la selección de los íconos correspondientes a las funciones del mismo. Entre las más empleadas se encuentran “leer datos de archivo”, “crear informe”, “ejecutar análisis” y “crear mapa”.



Figura 1.17 Barra de herramientas SMS

Los datos de cosecha pueden ser introducidos al software mediante: la sincronización con *SMS Mobile*, la importación de archivos de fuente genérica de datos (por ejemplo, documentos “Excel”) o ficheros proporcionados por monitores de rendimiento. En este último caso se hace necesario indicar el formato de archivo y su localización en el disco duro. Para ello se emplea la ventana mostrada en la Figura 1.18.

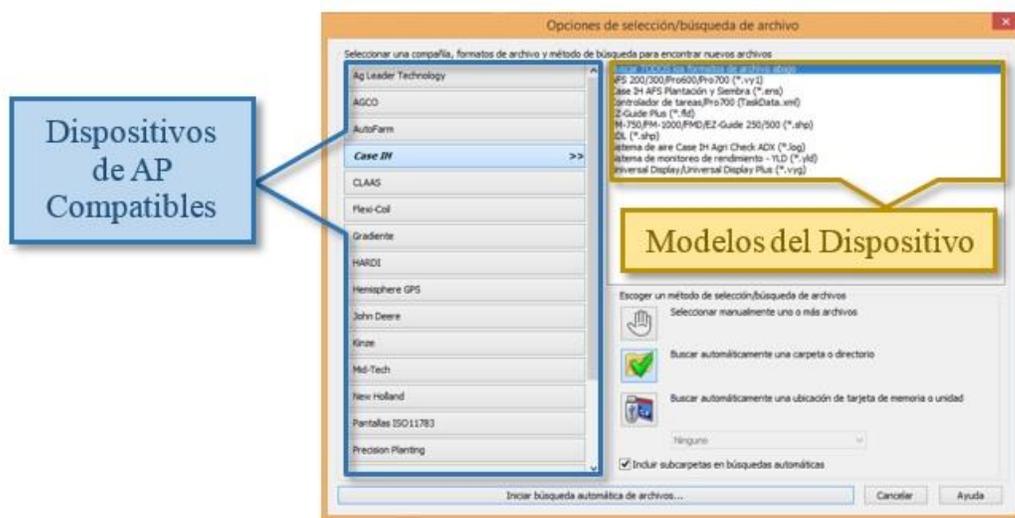


Figura 1.18 Ventana leer datos de cosecha de SMS

Con los datos introducidos, es posible reprocesarlos a fin de retirar las entradas no utilizadas y mejorar la presentación de los distintos informes disponibles en el software. Además se permite la creación de mapas de rendimiento, los cuales se puede incluir imágenes satelitales que asocien la tarea importada con una representación cartográfica real de la granja en que tuvo lugar las labores.

## 1.5 Consideraciones Finales del Capítulo

- ✚ Para el cultivo de la caña de azúcar existen maquinarias automatizadas aplicadas a los procesos preparación del suelo, siembra, fertilización y recolección de la caña de azúcar.
- ✚ Las cosechadoras cañeras Case IH de la serie A8000 poseen un sistema automatizado integrado por diversos módulos y a pesar de no contener dispositivos para medir la masa de caña cosechada pueden ser empleadas en la realización de AP.
- ✚ El monitor de rendimiento AFS Pro 700 contiene diversas pantallas que permiten visualizar, controlar y exportar variables relacionadas con el funcionamiento de la máquina.
- ✚ Existen software que permiten el procesamiento de los datos de cosecha brindados por los dispositivos de AP, dos de los más renombrados son el *AFS Desktop* y el *SMS Advanced*.

## **CAPÍTULO 2. EXTRACCIÓN DE LOS DATOS DE COSECHA.**

En este capítulo se presenta una metodología para la extracción de los datos de cosecha de la combinada cañera Case IH A8000. Se parte de los procedimientos para su exportación de desde el monitor de rendimiento y posteriormente se presentan las operaciones a realizar en los software *AFS Desktop* y *SMS Advanced* para importarlos.

### **2.1 Metodología de extracción de datos**

La metodología, comprende dos etapas fundamentales: la preparación del monitor para exportar los datos de cosecha y la adecuación del software para adquirir los datos previamente mencionados. Los siguientes subepígrafes describen el procedimiento a cumplir durante la primera de las etapas.

#### **2.1.1 Conectar dispositivo de almacenamiento**

Para la extracción de los datos de cosecha se necesita conectar, al monitor de rendimiento, un dispositivo de almacenamiento masivo, también conocido como memoria flash. Para su correcto funcionamiento debe estar formateado en el sistema de archivo *FAT* (acrónimo en inglés de *file allocation table*), lo que limita el empleo de un dispositivo con un volumen máximo de 2 GB. Se recomienda que esté vacío a fin de evitar sobrescribir datos en el proceso de grabación.

Con la máquina apagada conecte el dispositivo de almacenamiento al puerto USB presente en el monitor de rendimiento. A continuación, gire la llave de ignición para energizar la máquina.

### 2.1.2 Introducir Fecha y Hora

El almacenamiento cronológico de las actividades desarrolladas por la cosechadora, solo es posible si se establece la fecha y la hora en el momento de iniciar el trabajo. Presione el botón “Configuraciones” en la pantalla principal y verá que se abre la ventana “Config pantalla”. En ella se procede a llenar los elementos de fecha y hora. Para introducir esta información basta con seleccionar los recuadros correspondientes a cada elemento y emplear el teclado que aparece en pantalla. (Figura 2.1).

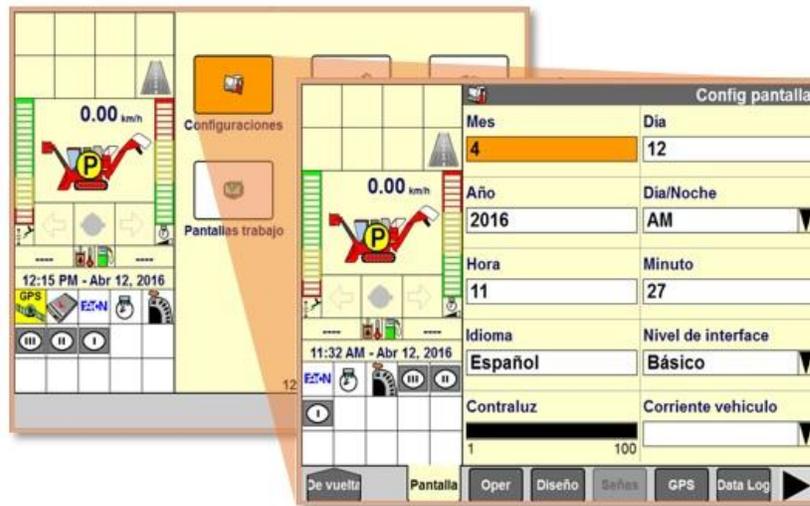


Figura 2.1 Ventana de configuraciones

### 2.1.3 Activar Nivel de Interfaz Avanzado

En condiciones normales de operación, la cosechadora presenta el Nivel de Interfaz Básico. Este solo permite un registro local de datos. Con la activación del Nivel de Interfaz Avanzado, se prepara la máquina para la exportación de los datos de cosecha. Este modo posibilita, entre otros, el reconocimiento de la memoria flash conectada al monitor y la estructuración del Perfil de Operador en Productor, Granja y Campo.

En la ventana “Config Pantalla”, seleccione la casilla “Nivel de Interface” y aprecie que se despliega un menú contextual, en el cual debe seleccionar el nivel de interfaz “Avanzado” (Figura 2.2). Una vez cambiado se emite un mensaje solicitando confirmación para reiniciar el monitor que debe ser aceptado.



Figura 2.2 Activar modo avanzado de interface

Posteriormente al reinicio compruebe que aparece el ícono representativo de memoria flash en el área de notificación (Figura 2.3).

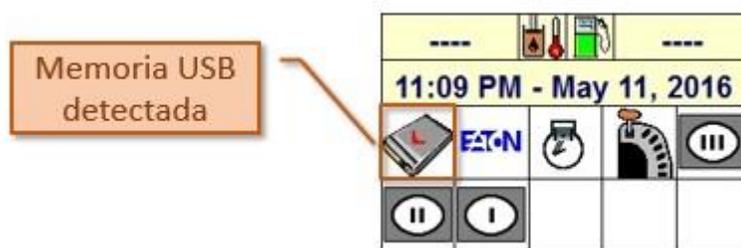


Figura 2.3 Ícono de Dispositivo de almacenamiento conectado

#### 2.1.4 Configurar GPS

Las cosechadoras estudiadas poseen un receptor *GPS* (acrónimo en inglés de *Global Position System*) que, en condiciones normales, se encuentra desactivado. Su activación y correcta configuración es fundamental para georreferenciar la totalidad de las variables exportadas.

Desde la ventana de configuración, seleccione la pestaña “GPS” presente en la barra de navegación. A continuación, se abrirá la ventana “GPS Conf”, en la cual se debe seleccionar la casilla “Situación GPS”. Seguidamente se desplegará un menú contextual en el que debe escoger la opción “Person”. En la casilla “Tipo de conexión”, también presente en “GPS Conf”, escoja “RS232-A” (ver Figura 2.4).



Figura 2.4 Ventana de configuración del GPS

Luego de esta operación, compruebe que aparece el ícono de *GPS* en el área de notificación (Figura 2.5). Seleccionando encima del mismo se abre un menú que muestra la cantidad de satélites detectados y la calidad de la señal recibida.



Figura 2.5 Ícono de GPS activo

### 2.1.5 Habilitar Almacenamiento de Datos

El siguiente paso consiste en permitir que el monitor registre las variables captadas, función que al igual que el receptor de posicionamiento, se encuentra deshabilitada por defecto. La habilitación de este registro se realiza desde la ventana de configuración, seleccionando la pestaña “Data Logger” de la barra de navegación. A continuación, es abierta una ventana cuya única casilla permite habilitar el almacenamiento de datos (Figura 2.6).

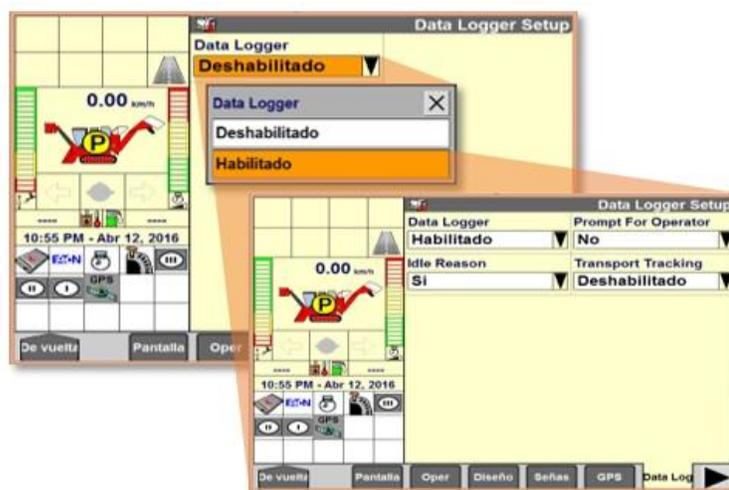


Figura 2.6 Ventana de registro de datos

### 2.1.6 Crear Perfil de Operador

Los datos recogidos tienen una estructura subordinada donde: cada productor puede poseer varias granjas, cada granja diversos campos y cada campo diferentes tareas. La información contenida en los elementos antes mencionados constituye el Perfil de Operador, su correcto llenado es de vital importancia para el posterior análisis de los datos exportados.

Desde la ventana principal, seleccione el ícono “Rendimiento”. Al hacerlo se despliega la pantalla “Conf perfil” (Figura 2.7).



Figura 2.7 Ventana perfil de operador

Seleccione la casilla “Cultivador” y vea que se abre un menú que contiene los botones “Seleccionar”, “Editar” y “Nuevo”. Los dos primeros permiten escoger o modificar los

cultivadores registrados previamente en el software. En este caso, escoja la opción “Nuevo”, la cual posibilita la introducción de 150 cultivadores como máximo.

La elección o introducción de una nueva granja solo es posible luego de llenar la casilla “Cultivador”, de lo contrario se emitirá un mensaje alertando al usuario el error cometido. El procedimiento para introducir la información, se realiza de forma análoga a la anterior y la cantidad máxima de elementos a almacenar es 150.

El “Campo” representa el área geográfica donde se encuentra sembrado el cultivo. Su llenado se realiza de igual forma que los elementos anteriores, sin embargo, este añade una nueva opción: la selección automática del campo. Con ella se comprueba si la posición actual del vehículo, se encuentra dentro los límites del algún campo ya registrado por el operador. En caso de no poder localizarse el campo aparecerá un mensaje indicando que el campo debe ser introducido manualmente. En este caso es posible almacenar 350 campos como máximo.

Las tareas constituyen el último nivel en que son registrados los datos. Cada una de ellas posee un solo tipo de cultivo y una etiqueta. El software genera automáticamente el nombre de la tarea según la fecha y la hora en que se registra. Siguiendo la estructura:

*año / mes / día - hora : minutos : segundos*

El operador tiene la posibilidad de modificar el nombre asignado por medio de la selección de la casilla “Tarea”. Este abrirá un teclado en pantalla que permitirá editar el nombre de la misma. Cada tarea limitará la recolección de datos a 8 horas creando como máximo 1200. Pasado el tiempo límite aparecerá un mensaje informando al operador de la creación automática de la nueva tarea.

### **2.1.7 Encender la Cosechadora**

Una vez realizados los pasos anteriores, se procede a encender la cosechadora y comenzar sus operaciones de trabajo. Vea, que en el ícono representativo de memoria flash, aparece una flecha de forma intermitente (Figura 2.8). Esto indica que los datos están siendo guardados debidamente.

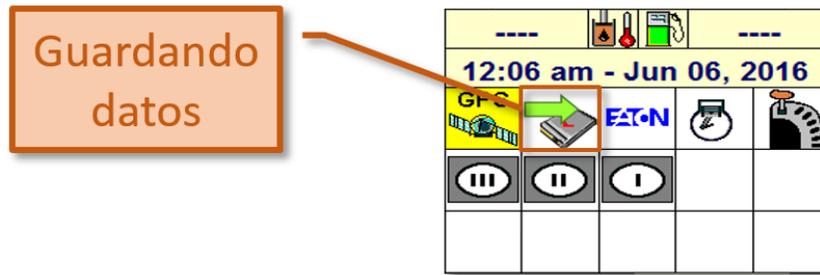


Figura 2.8 Ícono de guardado de datos

### 2.1.8 Apagar la Cosechadora y Extraer la Memoria Flash

Este es el último paso de la metodología y tiene lugar una vez culminada la jornada de trabajo de la cosechadora. Se apaga la máquina y el monitor de rendimiento muestra la pantalla de la Figura 2.9. Una vez apagada la pantalla del monitor se retira la memoria flash.

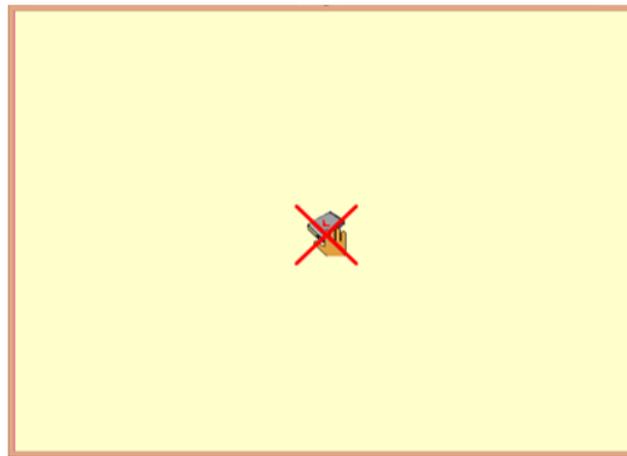


Figura 2.9 Pantalla del monitor de rendimiento previo a apagarse

## 2.2 Datos Exportados

Los datos de cosecha se ubican en una carpeta, con un nombre generado en función de la fecha en que fueron extraídos y un identificador del fabricante (.cn1, en este caso). Dentro de esta carpeta se encuentran otras tres y un fichero con extensión \*.vyl (Figura 2.10). La primera de estas, nombrada “log” contiene en documentos de texto los registros históricos del funcionamiento de la máquina. La segunda, “shared”, agrupa los datos del perfil de operador y los valores de las variables exportadas. “SUGARCANEHARVESTER” recoge

las especificaciones de la máquina en cuestión. Por último, el fichero *index* constituye el identificador del monitor que exporta la información.

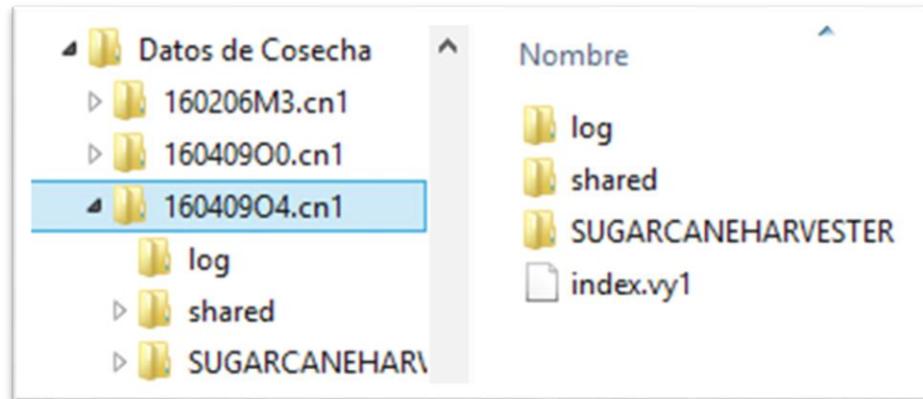


Figura 2.10 Carpeta contenedora de datos

La información contenida en los anteriores archivos se encuentra codificada, lo que imposibilita obtener los datos directamente. Por esta razón se hace necesario el empleo de software de cosecha especializados.

### 2.3 Entrada de datos a los Software de Procesamiento

Esta segunda etapa de la metodología puede ser llevada cabo usando diferentes programas computacionales. A continuación, se detallan los pasos a seguir para importar los datos de cosecha en los software: *AFS Desktop* y *SMS Advanced*.

En ambos casos, los pasos a seguir son similares y pueden ser resumidos en:

- 1) Insertar a la computadora el dispositivo de almacenamiento masivo que contiene los datos de cosecha.
- 2) Copiar los datos de cosecha al disco duro de la computadora.
- 3) Crear Proyecto de Trabajo
- 4) Importar Datos de Tarea

A continuación, se explican más detalladamente los procedimientos a realizar en los dos últimos pasos, por no efectuarse de la misma forma en ambos softwares. En los dos casos se tiene en cuenta que es la primera vez que se usa el software.

### 2.3.1 Adquisición de datos de cosecha con el software *AFS Desktop*

Para crear el proyecto de trabajo, abra el software y vea que se despliega la ventana “Selección del Proyecto” (Figura 2.11). Haga clic en el botón “Nuevo Proyecto” y se abrirá una ventana que posibilita introducir el nombre del mismo y su contraseña. A continuación verá que nuevo proyecto aparecerá como disponible en la ventana “Selección del Proyecto”, focalícelo y dé clic en “OK”.

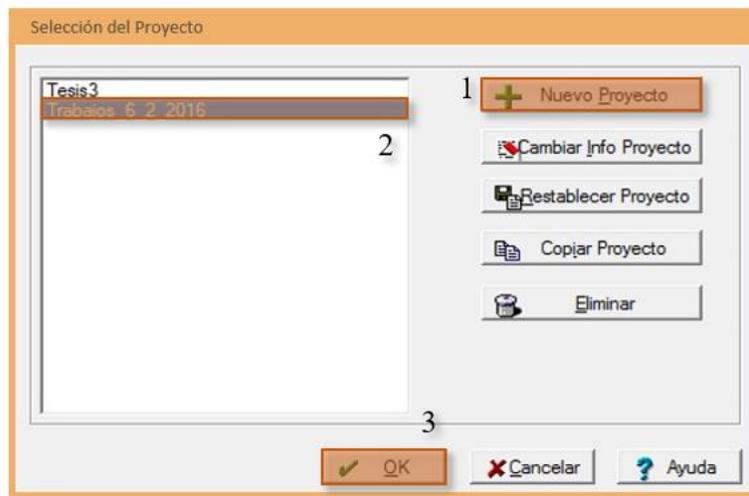


Figura 2.11 Ventana selección del proyecto AFS Desktop

Para la selección del archivo a importar seleccione Archivo/Leer Datos de Tareas o haga clic en el ícono Leer Datos de Tareas presente en la barra de herramienta del software. Ve a que se abre la ventana “Leer Datos de Tareas”. Seleccione el fabricante Case IH y el tipo de monitor AFS Pro 700. A continuación, haga clic en el botón “Examinar” y se abrirá una ventana que le permitirá navegar hacia el directorio donde están guardados los datos. Seguidamente seleccione la tarea que desea importar y haga clic en “Aceptar” (Figura 2.12).

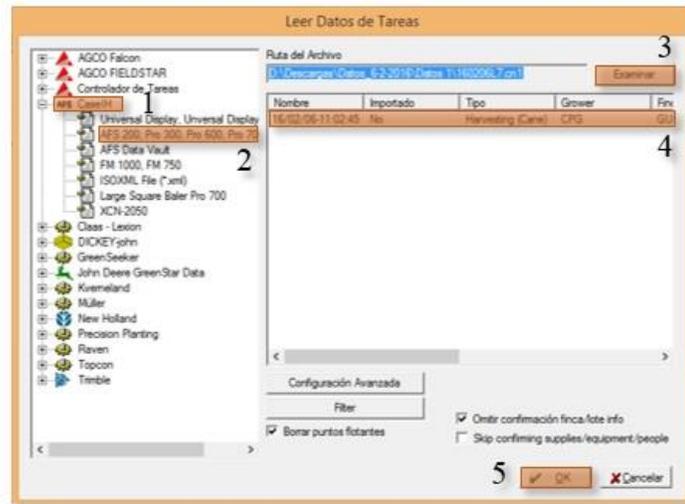


Figura 2.12 Pasos para importar datos de tarea en AFS Desktop

*Nota:* Con la selección de las casillas *Skip confirming farm/field information* y *Skip confirming supplies/equipment/people* omitirá los menús que se suceden a continuación. Debido a que el software chequeará los clientes, fincas, campos y equipamientos contenidos en la tarea; en caso de coincidir con los registrados previamente, serán asociados unos con otros de forma automática. De lo contrario serán inscritos como nuevos en el programa. Se recomienda desmarcar ambas casillas a fin de ingresar la mayor cantidad de información, para ello se debe realizar las acciones correspondientes al enlace de datos.

Una vez importada la tarea se abre la ventana “Enlazador: tipos de Tareas”, en la cual debe seleccionar en la lista de recursos del software la actividad “Cosecha” (Figura 2.13). Haga clic en “OK” y se abrirá una interfaz similar a la anterior que permite enlazar los equipos empelados en la tarea. Haga clic en el equipo de la tarea y luego en el botón “Crear”. Verá que se abre una interfaz que permite introducir los datos del equipo que realizó la tarea en cuestión. Seguidamente se presenta una ventana similar a las antes mencionadas, en esta haga clic en el lote de la tarea y luego en “Crear”. Posteriormente, introduzca la información referente al lote donde se realizaron las labores. A continuación se abrirá la ventana enlace de datos, en la cual debe actuar de forma similar a los casos anteriores. Al concluir haga clic en “Aceptar” y ya estará la tarea importada en el software.

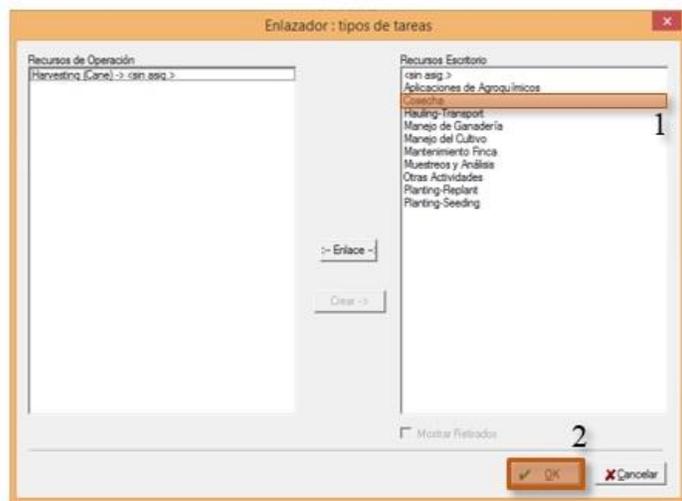


Figura 2.13 Ventana enlace del tipo de tarea

### 2.3.2 Adquisición de datos de cosecha con el software *SMS Advanced*

De forma análoga al software anterior, luego de abrir el *SMS Advanced* se desplegará la ventana “Proyectos SMS” (Figura 2.14). Haga clic en el botón “Agregar nuevo proyecto”, se abrirá una ventana que permite agregar un proyecto existente o crear uno nuevo. Seleccione la opción “Crear proyecto vacío” y dé clic en “OK”. A continuación, podrá ingresar los elementos del proyecto que va a crear. Una vez concluido haga clic en “OK” y aparecerá el proyecto disponible en la ventana “Proyectos SMS”. Selecciónelo y luego dé clic en abrir.

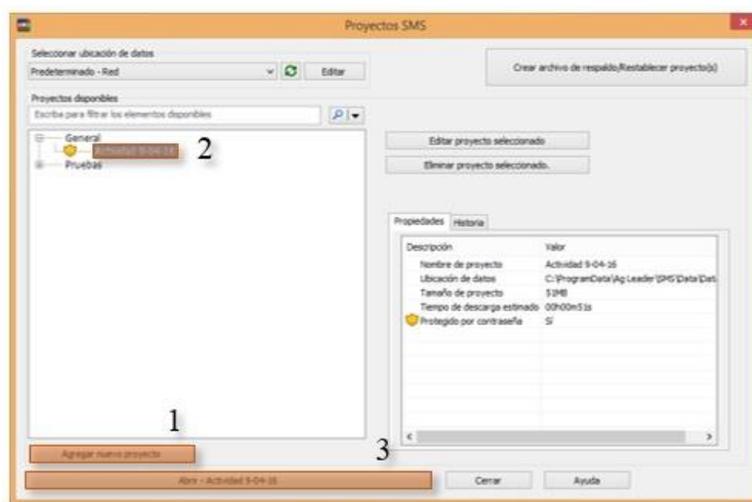


Figura 2.14 Ventana selección de proyectos en SMS

Para importar los datos de tarea seleccione Archivo/Leer Archivos o haga clic en el ícono “leer archivos” ubicado en la barra de herramienta del programa. Primeramente, se abrirá una

ventana que permite seleccionar el tipo de archivo que se va a importar y luego se desplegará la ventana “Opciones de selección/búsqueda de archivo” (Figura 2.15). Seleccione los fabricantes Case IH, el modelo del monitor AFS Pro 700 y haga clic en el ícono “Buscar automáticamente una carpeta o directorio”. Localice la carpeta contenedora de los datos y dé clic en el botón “Iniciar búsqueda automática de archivos”. Seguidamente se abrirá la ventana de trabajo del software y podrá ver que en el árbol de administración aparece la tarea importada.

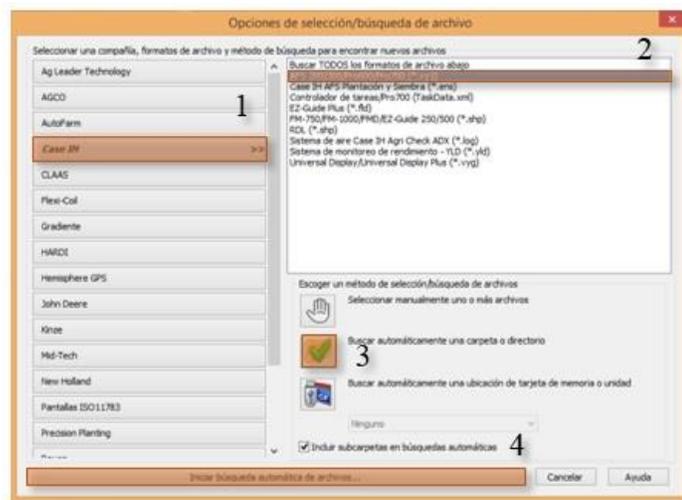


Figura 2.15 Pasos para importar archivos en SMS

## 2.4 Conclusiones del Capítulo

- ✚ La metodología desarrollada se compone de dos partes fundamentales. La primera compuesta por los procedimientos a realizar en la cosechadora y la segunda por las acciones a realizar en un software de procesamiento de datos de cosecha, como el *SMS Advanced* y el *AFS Desktop*.

## CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se aplica la metodología desarrollada a un caso de estudio y se verifica su efectividad mediante la presentación de los mapas de rendimiento e informes generados a partir de los datos exportados por la máquina. Además, se muestran algunos de los posibles análisis de datos que brindan los software *AFS Desktop* y *SMS Advanced*. Por último, se efectúa una valoración económica y medioambiental de la investigación realizada.

### 3.1 Caso de Estudio

El caso de estudio realizado tuvo lugar en un área perteneciente a la Empresa Azucarera Heriberto Duquesne ubicada en el municipio de Remedios, Villa Clara. Se labró en una combinada cañera Case IH A8000 que se encargaba de la cosecha en el lote 203-A, de la Granja Remates de Ariosa ubicada en 22°28'50'' latitud Norte y 79°46'66'' longitud Oeste. La prueba tuvo lugar entre las 10:52 am y la 1:48 pm del día 9 de mayo de 2016. Durante este período se cortó un aproximado de 42 toneladas de caña de azúcar (según datos de la industria) en un recorrido de aproximadamente 3 km. El tiempo total registrado abarca tanto las funciones de cosecha como el empleado en la eliminación de roturas de la máquina y descanso del operador.

#### 3.1.1 Configuración del Monitor de Rendimiento

La aplicación del procedimiento correspondiente al monitor arrojó los siguientes resultados:

- Conectar el dispositivo de almacenamiento masivo

Con la cosechadora apagada se conecta una memoria flash de 256 MB (formateada en FAT) y después de energizar la máquina, se aprecia que el monitor muestra la pantalla de inicio y luego la principal.

- Introducir fecha y hora

Se accede a la ventana correspondiente y se ajustan ambos datos.

- Activar nivel de interfaz avanzado

Se cambia el modo de interfaz de usuario a avanzado y posterior al reinicio del monitor, se aprecia la indicación del ícono referente al dispositivo de almacenamiento masivo conectado.

- Configurar *GPS*

Se habilita el receptor de posicionamiento en el modo requerido para esta operación y se percibe que aparece el ícono correspondiente en el área de notificación.

- Habilitar almacenamiento de datos

Desde la pantalla de configuración se activa el almacenamiento de datos.

- Crear perfil de operador

Se llena el perfil de operador con los datos siguientes:

-  Cultivador: Miguel Suarez
-  Granja: Remate Ariosa
-  Campo: 203-A
-  Tipo de Cultivo: Sugar Cane

El Anexo IV muestra la pantalla del monitor de rendimiento una vez introducida la información referente al perfil de operador.

- Encender la cosechadora

Se enciende la cosechadora y se corrobora el guardado de los datos mediante la animación presente en el ícono representativo de memoria flash detectada.

- Apagar la cosechadora y extraer memoria flash

Una vez transcurrido el período de la prueba, se apaga la cosechadora y se espera hasta que el monitor lo haga también. Posteriormente se extrae el dispositivo de almacenamiento.

### **3.1.2 Datos exportados**

Cuando se introduce la memoria flash en una computadora, se comprueba la estructura de la carpeta mencionada en el capítulo anterior. Una vez copiada la información a una carpeta local se verifica la imposibilidad de acceder a los datos usando software convencionales, por

lo que se procede a aplicar la parte de la metodología correspondiente a los programas *AFS Desktop* y *SMS Advanced*.

### 3.1.3 Trabajo con software *AFS Desktop*

La ventana de trabajo del software queda como se aprecia en la Figura 3.1. Los distintos datos asociados al mapa fueron visualizados seleccionando la pestaña “Capas” presente en la barra ubicada debajo del mapa. En este caso se presenta la variable productividad expresada en ha/horas.

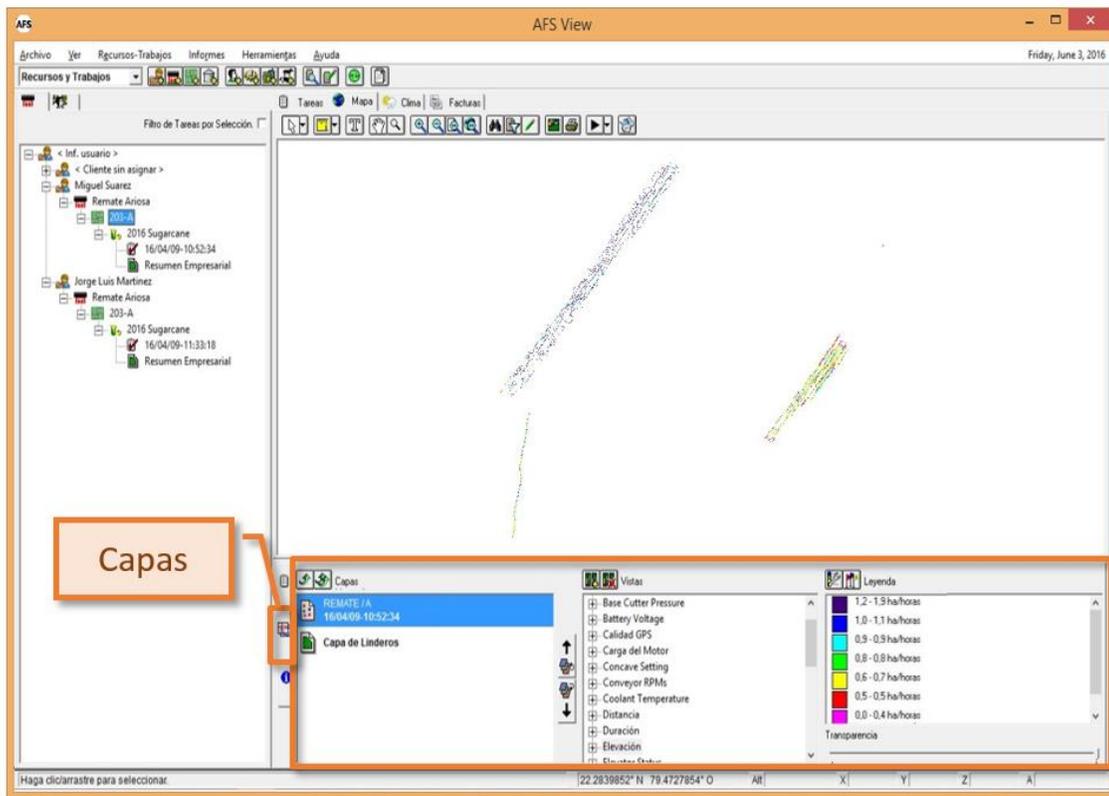


Figura 3.1 Mapa de rendimiento en AFS Desktop

Para visualizar todos los datos asociados a un punto del mapa, basta con seleccionarlo y hacer clic en la pestaña “Información” ubicada debajo del mapa. En caso de seleccionar varios puntos, esta ventana muestra los valores promedio, mínimos, máximos, desviación estándar y totales de todas las variables asociadas (Figura 3.2). Para el caso de la variable productividad se aprecia que oscila entre los valores 0 y 1,9 ha/horas; lo que arroja un promedio de 0,9 ha/horas para todo el campo.

Información

	Mín	Máx	Prom	Desv Est	Total
Fuel Economy	0,0	592,6	67,4	37,7	124.713,4
Fuel Efficiency	0,0	0,1	0,0	0,0	76,0
Fuel Used	32,4	76,0	48,7	5,7	90.200,5
Hydraulic Oil Temperature	43,0	64,0	60,4	1,9	111.820,6
Productivity	0,0	1,9	0,9	0,3	1.576,2
Sieve 1 Setting	255	255	255	0	472.005
Sieve 2 Setting	255	255	255	0	472.005
Software Emergency Stop Code	1	1	1	0	1.851
Unload Auger Status	255	255	255	0	472.005
Velocidad	0,0	12,6	5,7	2,1	10.525,0

Figura 3.2 Información de los datos de cosecha

Los informes generados por el software permiten representar las distintas variables exportadas por la máquina. El de la Figura 3.3 presenta el mapa de la variable productividad, donde se aprecia que la productividad no se comportó de forma homogénea en todo el campo, ya que en los surcos de mayor longitud se aprecia un promedio de 1,4 ha/horas, mientras que en las demás áreas es de 0,7 ha/horas aproximadamente.

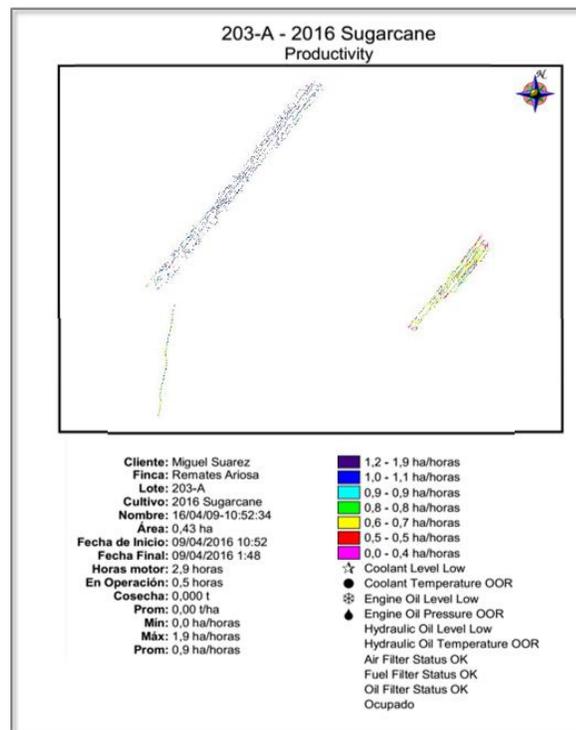


Figura 3.3 Informe de productividad con AFS Desktop

Otras de las bondades ofrecidas por el software los constituye la exportación de los datos de cosecha en archivos con extensión *.xml* (acrónimo en inglés de *extensible markup language*) o *\*.csv* (acrónimo en inglés de *comma separated values*), para su posterior análisis en softwares convencionales (ver Anexo V).

### 3.1.4 Trabajo con software *SMS Advanced*

Una vez importados los datos de cosecha al software, se abre la pantalla de mapa representada en la Figura 3.4, en este caso se muestra la variable productividad (ha/horas). La ventana capas permite seleccionar los diferentes atributos asociados a la tarea. Debajo se encuentra la leyenda del mapa representado.

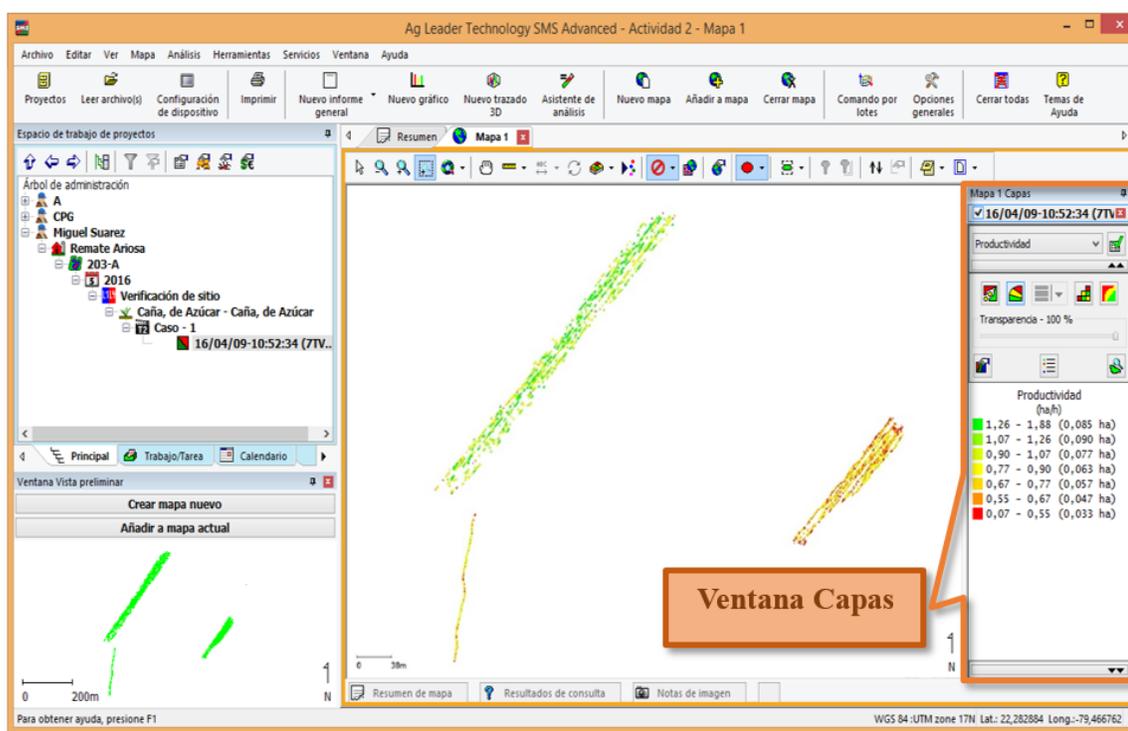


Figura 3.4 Mapa de rendimiento en SMS

Este software permite efectuar un análisis estadístico similar al del software *AFS Desktop*. La Tabla 3.1 muestra el análisis realizado a la variable productividad. En ella aprecia, entre otras, que el valor promedio de productividad es de 0,856 ha/horas y los valores a lo largo del campo estuvieron en el rango de 0,066 a 1,885.

Tabla 3.1 Análisis de comparación

Productividad	Promedio Productividad ha/horas	Total Productividad ha/horas	Mínima Productividad ha/horas	Máxima Productividad ha/horas	Área ha
Otros	0,856	1578,743	0,066	1,885	2,276

En la Tabla 3.2 se muestra un análisis de correlación realizado entre los atributos velocidad, productividad y elevación. En este se evidencia la fuerte relación que aparentemente existe entre la velocidad de avance de la cosechador y la productividad. No siendo así en el caso de la elevación donde se mantiene una relación casi nula con las variables antes citadas.

Tabla 3.2 Análisis de correlación

Atributo	Velocidad	Productividad	Elevación
Velocidad	1,000	1,000	-0,073
Productividad	1,000	1,000	-0,073
Elevación	-0,073	-0,073	1,000

La Figura 3.5 muestra el mapa de la variable productividad generado por el software. Este corrobora la representación realizada por su homólogo *AFS Desktop*, donde la productividad promedio tiene un valor de 0.856 ha/horas y los valores más altos se encuentran en los surcos de mayor longitud.

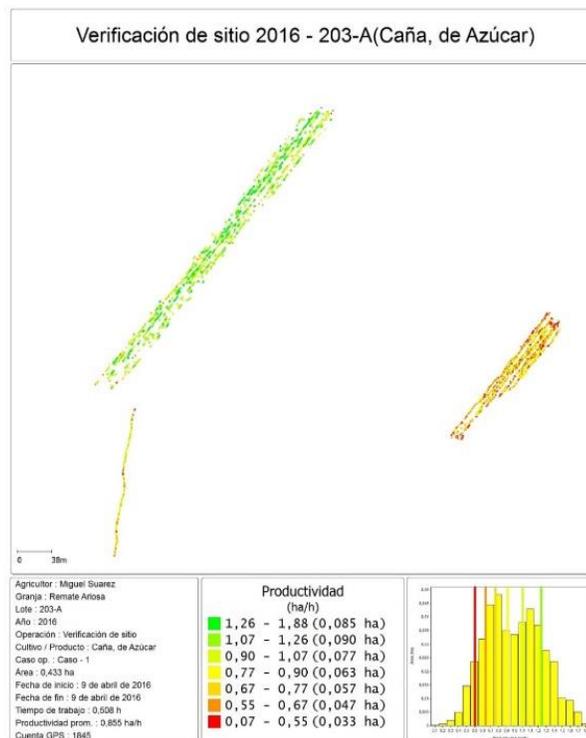


Figura 3.5 Informe de productividad en SMS

Con el fin de mejorar la representación de los datos, se realizó un reprocesamiento de los mismos; donde entre otras, se generó el curso de la cosechadora según el *GPS* y se corrigió

los valores de elevación. Como resultado se incrementa los puntos representados y se eliminan los espacios en blanco en el mapa resultante (Figura 3.6).

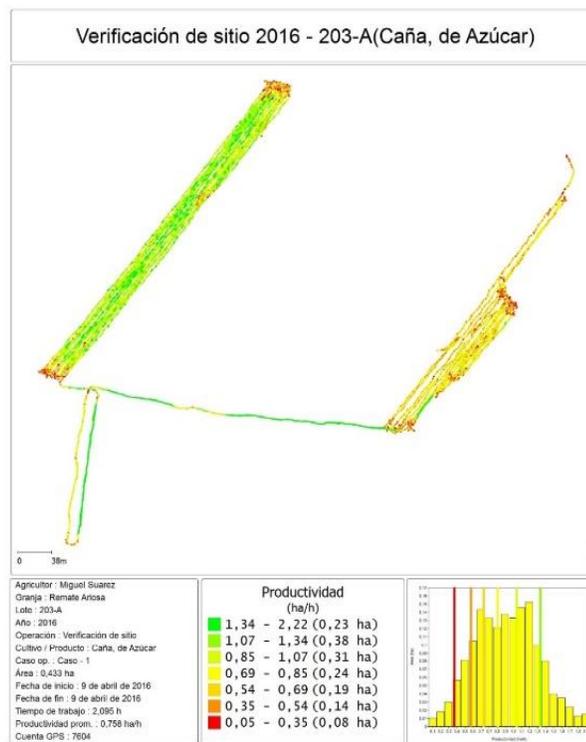


Figura 3.6 Informe de productividad reprocesado

Para la realización de un análisis más detallado del cultivo, el software permite la zonificación de ambientes a partir de archivos de superficie, imágenes satelitales, entre otros. En el caso de la Figura 3.7 queda representado el trabajo en el área donde se realizaron las labores de cosecha a partir de una imagen satelital. También se aprecia el recorrido realizado por la cosechadora lo que permite, por ejemplo: hacer un seguimiento de las maniobras realizadas por el operador.



Figura 3.7 Informe de productividad con fondo

La representación de mapas en 3 dimensiones (3D) figura entre las ventajas del presente software con respecto al empleado en el subepígrafe anterior. Esta permite la creación de un perfil del terreno, el cual podría dar una idea de la nivelación del mismo y servir de base para trabajos posteriores con las máquinas correspondientes. Otra de las funcionalidades es asociar las irregularidades del terreno a las anomalías en el comportamiento de determinado parámetro de la máquina. Por ejemplo, la Figura 3.8 ilustra el mapa de la carga del motor, donde se puede apreciar que las áreas de menor potencia (color rojo) se encuentran en los descenso de las elevaciones del terreno.

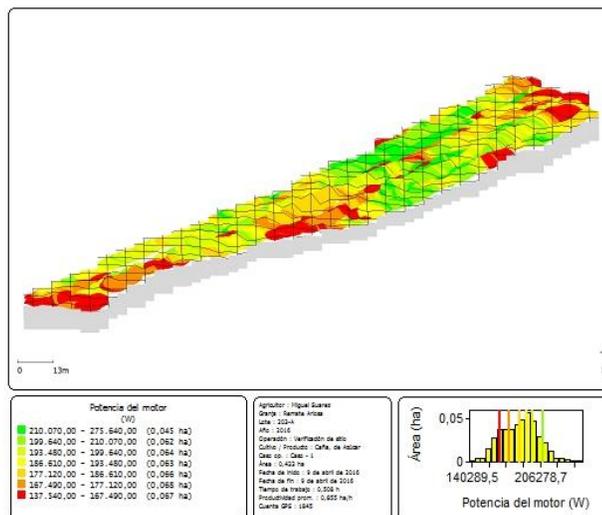


Figura 3.8 Mapa 3D de cara del motor

Al igual que su homólogo *AFS Desktop*, este software permite exportar los datos de cosecha en formatos de archivo genérico, en este caso documentos Excel (\*.csv) y documentos de texto (\*.txt).

### 3.2 Valoración económica y medioambiental

En nuestra opinión la presente investigación constituye un paso de avance para la aplicación de la AP en la caña de azúcar. Mediante la mayor explotación de las funcionalidades presentes en las cosechadoras cañeras Case IH A8000 y A8800 se puede acceder a gran cantidad de información relacionada con la cosecha de la gramínea. Con ella sería posible aumentar el uso de las herramientas automatizadas del resto de las máquinas imbuidas en el cultivo, lo cual permite disminuir los costos productivos y el impacto ambiental proporcionado por el tratamiento homogéneo de las áreas cultivables.

Las máquinas tratadas en la metodología ya se encuentran en el país, lo que direcciona los costos de implementación al empleo de los softwares deseados. En el caso del *AFS*, su versión *View* está excepta de pago, mientras que la *Desktop* su licencia cuesta 175.00 USD (Case IH, n.d.). Por su parte el *SMS* en su versión básica tiene un costo de licencia de 750.00 USD y la avanzada 1995.00 USD (AgTech GIS n.d.).

### 3.3 Consideraciones Finales del Capítulo

- ✚ La aplicación de la metodología a un caso de estudio demuestra el acceso a los datos de cosecha, así como su visualización y análisis por medio de informes y mapas de rendimientos.
- ✚ El software *SMS Advanced* presenta grandes ventajas sobre su homólogo *AFS Desktop* en cuanto a las herramientas disponibles para el análisis de datos, así como la generación de mapas 3D y la zonificación de ambientes a partir de imágenes aéreas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1 Existen diversas maquinarias automatizadas para la realización de las labores de preparación, siembra, fertilización y recolección de la caña de azúcar.
- 2 El monitor de rendimiento AFS Pro 700 constituye la interfaz que presenta la cosechadora cañera Case IH A8000 para mostrar sus parámetros de funcionamiento y a su vez es una pieza fundamental en la exportación de los datos de cosecha.
- 3 Los software *AFS* y *SMS* figuran entre los más utilizados para el manejo de datos de cosecha proporcionados por equipos del sistema avanzado de cultivo.
- 4 La metodología realizada se compone de procedimientos en la máquina para exportar los datos y en los software para leerlos y presentarlos en forma de mapas e informes.
- 5 Mediante el caso de estudio se valida la metodología y se demuestra la superioridad de las herramientas de procesamiento del software *SMS Advanced* frente a las del *AFS Desktop*.

**Recomendaciones**

- 1 Estudiar los procedimientos para generar tareas en los equipos de cultivo involucrados en las labores agrícolas.
- 2 Utilizar la metodología propuesta en la generación de bases de datos que asistan la toma de decisiones referentes al cultivo de la caña de azúcar.
- 3 Adquirir la licencia del software *SMS* con el fin de realizar un procesamiento más profundo de los datos proporcionados por el monitor de rendimiento de la cosechadora.
- 4 Estudiar la posible correlación existente entre los datos brindados por la combinada, con el fin de obtener de manera indirecta la masa de cultivo cosechado.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

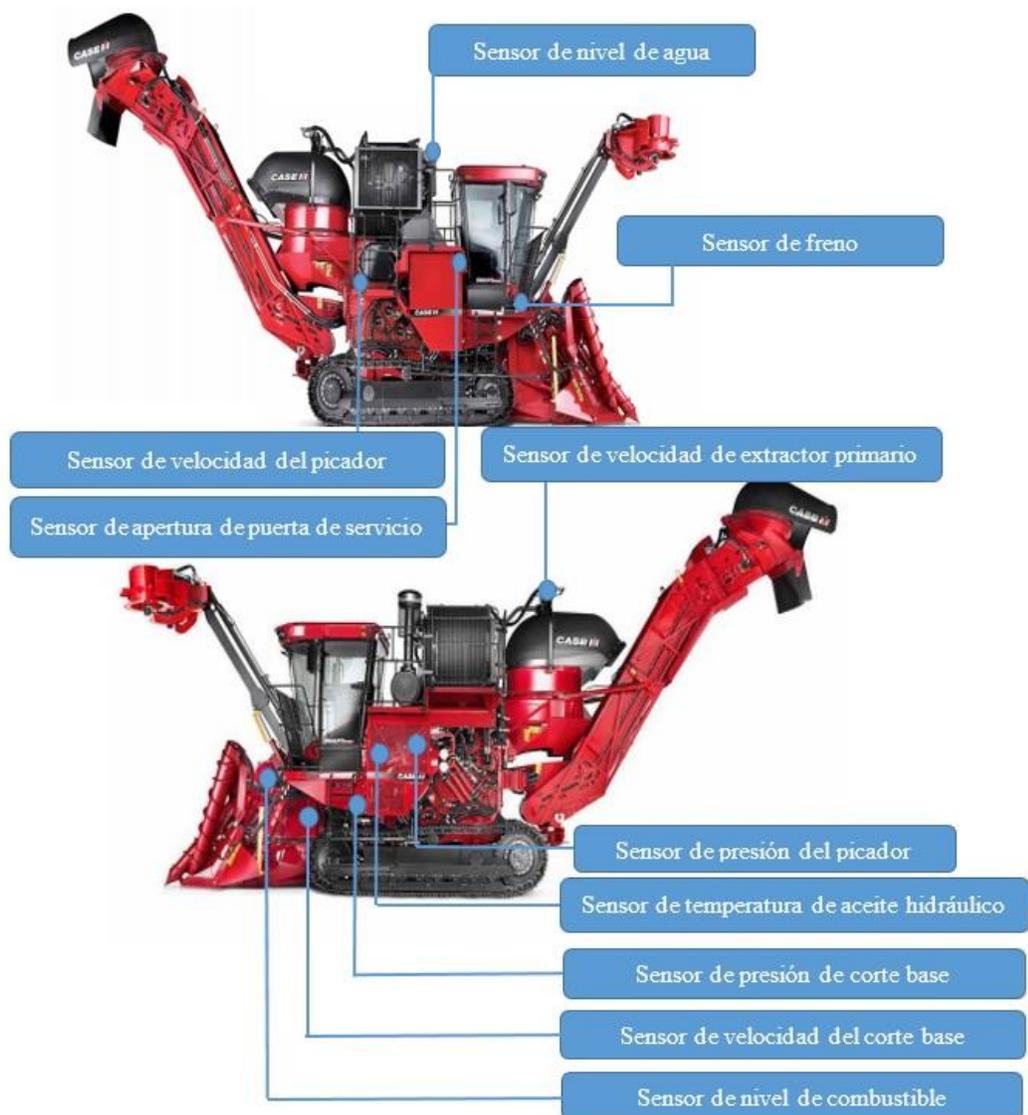
- AgTech GIS, Software Catalog - AgTech GIS. Available at: <http://www.agtechgis.com/index.cfm/catalog/software-catalog/> [Accessed April 5, 2016].
- Albarenque, S.M. & Velez, J.P., 2011. *Técnicas para el Procesamiento de Mapas de Rendimiento* Primera., INTA.
- Balastreire, L.A., 1998. Agricultura de precisão.
- Bongiovanni, R. et al., 2006. *Agricultura de Presición: Integando Conocimientos para una Agricultura Moderna y Sustentable* E. Bongiovanni, Rodolfo Chartuni Mantovani, S. Best, & Á. Roel, eds., Montevideo, Uruguay: PROCISUR/IICA.
- Case IH, Case IH Advanced Farming Systems \_ Customer Website - Software Downloads. Available at: [www.caseih.com/Customer%Website/Software%Dowload](http://www.caseih.com/Customer%Website/Software%Dowload) [Accessed May 5, 2016].
- Case IH, 2008. Nutri-Placer 2800. Available at: <http://www.caseih.com/northamerica/en-us/products/application-equipment/fertilizer-applicators/nutri-placer-2800> [Accessed May 10, 2016].
- Case IH, 2012. Sistemas Agrícolas Avanzados.
- CNH, 2014a. Montgem da cabine A8000.
- CNH, 2014b. Presentación Eléctrica de la cosechadora cañera A800. , pp.1–20.
- CNH, 2014c. Sugarcane HarveSters – A8000 Series. , p.28. Available at: [www.caseih.com](http://www.caseih.com).
- Coelho Prates, R.J., 2009. *Cosechadoras Cañeras Case IH A8000*, Sao Pablo-Brasil. Available at: [www.caseih.com](http://www.caseih.com).

- Escobar Escobar, M.F., 2010. Cosecha de Caña de Azúcar. *Tecnicaña*, 26(0123-0409), p.40.  
Available at: [www.tecnica?a.org](http://www.tecnica?a.org).
- García de la Figal Costales, A., 1999. Desarrollo y perspectivas de la maquinaria agrícola en Cuba. *Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 8.
- Gil, E., 2003. *SITUACIÓN ACTUAL Y POSIBILIDADES DE LA AGRICULTURA DE PRECISION*, Catalunya.
- Gradaille Daquinta, A.L. et al., 2014. Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila. *Ingeniería Agrícola*, 4(3), pp.3–8.
- IT Admin, 2012. SMS Basic/Advanced. , p.172.
- Li, R., Liu, C. & Luo, F., 2008. A design for automotive CAN bus monitoring system. *2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, pp.1–5.
- Molina Hernández, J., 2015. *Cosechadoras cañeras CASE IH A8000 para la Agricultura*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Nunes, A., 2009. A8000 Presentación del Producto.
- Soldano, J., Doble TT Neosaf. Available at: <http://implementosdobleTT.com.ar/es/cana-de-azucar/10-neozaf-8022.html> [Accessed May 11, 2016].
- Trimble Navigation Limited, 2015. AFS™ Mapping and Records Software User Guide. , p.305.
- TST, 2014. Manual Electronicos A8000.

## ANEXOS

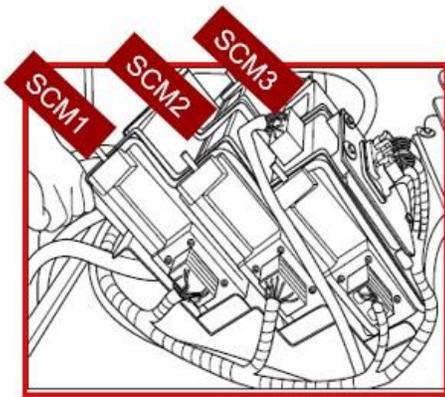
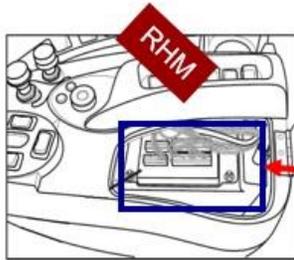
### Anexo I

Sensores de la Cosechadora Case IH A8800



## Anexo II

### Cabina de Case IH A8000



**Anexo III**

## Variables Exportadas

<b>Variables exportadas</b>	
Carga del motor	Potencia del motor
Código parada de emergencia	Presión aceite motor
Eficiencia de combustible (área)	Presión aceite motor fuera de rango
Elevación	Presión cortador base
Estado elevador	Productividad
Estado filtro de aceite OK	RPM del motor
Estado filtro de combustible OK	RPM velocidad del ventilador
Estado filtro de aire OK	Tasa de consumo de combustible (área)
Configuración cóncava	Tasa de consumo de combustible (tiempo)
Configuración criba 1	Temperatura del aceite hidráulico
Configuración criba 2	Temperatura del aceite hidráulico fuera de rango
Nivel de aceite hidráulico bajo	Temperatura de refrigerante
Nivel de aceite motor bajo	Temperatura del refrigerante fuera de rango
Nivel de potencia	Velocidad
Nivel de refrigerante bajo	Voltaje de batería

**Anexo IV**

Pantalla perfil de operador

Conf perfil	
Grower	Tag
Miguel Suarez	
Farm	
Remate Ariosa	
Field	
203-A	
Task	
16/06/07-17:21:25	
Crop Type	
Sugar Cane	

0.00 km/h

11:39 PM - May 02, 2016

GPS, ETC-N

De vuelta Perfil Sum1 Sum2

**Anexo V**

Fragmento de la tabla exportada con los datos de cosecha

<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Curso (deg)</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Carga motor(%)</b>	<b>Velocidad (km/h)</b>	<b>Productividad (ha/h)</b>
-79,4665833	22,284635	180	164,7	59,9	0,659	0,099
-79,4665883	22,28463	222,8	165	61,5	2,776	0,416
-79,4683067	22,2824333	360	160,8	56,9	1,357	0,204
-79,4683017	22,2824383	42,8	160,9	58,7	2,79	0,418
-79,4682967	22,2824433	42,8	161,1	59,7	2,765	0,415
-79,4682917	22,2824517	29	161,2	60,8	3,874	0,581
-79,4682862	22,2824605	42,8	161,09	61,1	3,952	0,593
-79,4682822	22,2824645	42,8	161,01	66,5	2,687	0,403
-79,4682783	22,2824717	24,8	161	69,5	2,981	0,447
-79,4682583	22,2824967	42,8	161,4	69,8	5,393	0,809
-79,4682533	22,282505	29	161,2	68	3,791	0,569
-79,4682483	22,2825117	34,8	161	67,8	3,283	0,492
-79,46824	22,2825183	49,2	161	71,8	4,122	0,618
-79,4682283	22,282525	58,3	160,9	72,5	5,105	0,766