

# Sistema informático para la Gestión de la Maquinaria Agrícola

**Autores:** Ing. Lesvy Alemán Mateo<sup>1</sup>, MSc. Julieta Martínez López<sup>2</sup>, Ing. Yarisleidy Pérez de Corcho Rodríguez<sup>3</sup>.

**País:** Cuba.

**Institución:** Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

**Teléfono:** 33-216606

**Correo electrónico:** lesvy@unica.cu<sup>1</sup>, julieta@unica.cu<sup>2</sup>, yarisleidy@unica.cu<sup>3</sup>

## Resumen

La economía cubana depende en gran medida de los resultados de la producción agrícola, la cual ha experimentado desde el triunfo de la Revolución un proceso ascendente en su nivel de mecanización. Estos avances exigen de la explotación eficiente del parque de máquinas agrícolas, lo que se logra si existe una adecuada planificación. En la actualidad en la Empresa Agrícola de cultivos varios La Cuba se ha podido constatar que la planificación de la explotación del parque de máquinas es ineficiente, constituyendo este problema punto de partida de la presente investigación. En la búsqueda de las causas que originan esta situación se detectó que las cartas tecnológicas no se hacen o se omiten datos debido al tiempo que se requiere para su confección y la necesidad de realización de cálculos engorrosos. Este análisis permite concretar como objetivo la confección de un sistema informático, utilizando como gestor de base de datos el *SQLite* y el ambiente de desarrollo *NetBeans*. En el desarrollo del Software se emplea la metodología RUP y la herramienta *Visual Paradigm*. Las pruebas realizadas corroboran la funcionalidad del sistema desarrollado para la planificación de la explotación del parque de máquinas, cuestión fundamental para lograr una mayor eficiencia de la producción.

**Palabras claves:** sistema informático, maquinaria agrícola, planificación, carta tecnológica.

## Abstract

Cuba's economy depends largely on the results of agricultural production, which has experienced since the triumph of the Revolution an ascending process in their level of mechanization. These developments require the efficient operation of the park of agricultural machinery, which is achieved if there is adequate planning. Today at the Agricultural Company of various crops The Cuba has been

shown that planning the operation of the machine park is inefficient, this problem constitutes the starting point for this research. In searching for the causes of this situation it is detected that technological letters are not made or data are omitted due to the time required for preparation and realization of the need for cumbersome calculations. This analysis allows to realize the objective of making a computer system, using as manager of the SQLite database and development environment NetBeans. Software development in the RUP methodology and tool used Visual Paradigm. The tests confirm the functionality of the system developed for planning the operation of the machine park, fundamental question for greater production efficiency.

**Keywords:** computer system, agricultural machinery, planning, tech menu.

## **Introducción**

La agricultura constituye en el mundo un eslabón fundamental en la cadena básica de alimentación, por lo que se hace necesario garantizar que todos sus procesos se realicen de forma eficiente. Esto se puede lograr en primer lugar si se cuenta con un equipamiento adecuado de máquinas agrícolas para la realización de todas las labores, pero no es suficiente, se necesita además su explotación racional. Entonces la necesidad de utilizar las máquinas en la agricultura y hacerlo de forma moderada y económica demanda de una correcta planificación de su uso, la que adquiere gran significación con el desarrollo de la mecanización integral y la intensificación de la producción de alimentos.

Entre los desafíos que enfrenta la agricultura se encuentran el desarrollo agropecuario sostenible (Zepeda del Valle and Lacki 2003) es decir, la necesidad de recuperar la capacidad productiva de la tierra y preservar los recursos naturales y el medio ambiente, y el de reorientar la matriz tecnológica de la agricultura, para que sea más eficiente en el sentido de producir más por unidad de tierra, de persona, de energía, de capital y de tiempo; que ofrezca productos de mejor calidad y con menores costos unitarios de producción.

La producción agrícola en Cuba es un elemento indispensable para alcanzar el desarrollo económico-social del país, pues con ella se deben garantizar las necesidades alimentarias de la población. Por su parte (Jara 2003) señala, entre los problemas más críticos de la mecanización agropecuaria en el país, los altos costos en la utilización de la maquinaria agropecuaria debido a deficiencias en los procesos de planificación, selección, organización y administración de los recursos técnicos, humanos y de capital.

Como elemento clave para el logro de una correcta planificación de la maquinaria agrícola en las empresas agrícolas del país, debe existir una adecuada elaboración de los planes de trabajo, basado principalmente en las Cartas Tecnológicas, las cuales incluyen tres grupos de índices. Sin embargo

según un estudio realizado en la empresa de cultivos varios La Cuba de la provincia Ciego de Ávila, la planificación de la maquinaria agrícola manifiesta limitaciones reflejadas en:

- ✓ Bajo aprovechamiento de la maquinaria, de la tierra, de las instalaciones y de los obreros con los que se cuenta.
- ✓ Falta de seguridad en la recepción de insumos fundamentales para la maquinaria (combustible, aceites, piezas, etc.) en las cantidades y en los momentos adecuados.

Varios autores han investigado en esta área como (Márquez Delgado 2009. ), (Raimundo and Lora 2010), (Magaña, Baray Guerrero et al. 2010). En Cuba también se han realizado estudios en esta línea, como (Santana Duque 2006 ) y (Hernández Echemendía 2006). Sin embargo aún se presentan limitaciones en la gestión del parque de máquinas en la empresa de cultivos varios La Cuba de la provincia Ciego de Ávila. Por lo que este trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema informático desde una dinámica de relaciones de coordinación e integración, utilizando bases de datos y lenguaje de alto nivel, que permita el incremento de la eficiencia de la planificación de la explotación del parque de máquinas.

## **Desarrollo**

### **1. Proceso de gestión de la maquinaria agrícola.**

El concepto de gestión (Bustelo Ruesta and Amarilla Iglesias 2001) puede aplicarse a cualquier actividad humana donde sea necesario realizar un conjunto de acciones para alcanzar un objetivo. Es la manera de hacer las cosas según la voluntad de los sujetos que la organizan para fijarle una dirección y establecer el período de tiempo en que debe lograrse el objetivo.

La gestión proporciona un marco de referencia a la toma de decisiones (Buenos and Duran 1982). Es el proceso de conexión entre los objetivos, estrategias, políticas y decisiones de la empresa. Representa el estudio y fijación de los objetivos de la empresa, tanto a largo como a corto plazo y referentes al sistema total y a cada uno de los subsistemas empresariales. Función que procura definir, a su vez, la estructura de la organización más adecuada, según las estrategias formuladas, los objetivos planteados y el nivel de cambio del entorno socio-económico.

Entonces el proceso de gestión en una empresa es el instrumento de dirección básico, que contempla los aspectos técnicos, económicos, sociales y productivos, de forma integral, con vistas a potenciar la iniciativa y los esfuerzos, en el cumplimiento de sus funciones y objetivos generales, con el máximo de eficiencia y racionalidad, en la utilización de los recursos materiales y financieros, y en la activa participación de los trabajadores en los resultados alcanzados (Rodríguez 2006).

En la gestión de la explotación del parque de máquinas se utilizan los planes de trabajo, que contienen como elemento fundamental las Cartas Tecnológicas. Para la selección de los medios técnicos a

incluir en este documento, se consideran los índices agrotécnicos de calidad y los índices económicos (en primer orden, los gastos de trabajo y los gastos directos de los medios). En la Carta Tecnológica (Garrido 1986; Garrido Pérez 1989.) se recogen tres grupos de índices:

- ✓ Primer grupo: incluye la denominación de las operaciones, los índices agrotécnicos de calidad, los plazos o períodos de realización de las operaciones y el volumen de trabajo.
- ✓ Segundo grupo: incluye la composición del conjunto (maquina-implemento), la cantidad de personal de servicio, la duración del trabajo y la extensión de los días en horas, la velocidad de movimiento en kilómetros por hora, la productividad en una hora de tiempo del turno, el gasto de combustible en la unidad de superficie o de peso en kilogramos y sobre todo, el volumen de trabajo y la cantidad de conjuntos necesarios.
- ✓ Tercer grupo: incluye los gastos de trabajo en hombres-horas en la unidad de producción y en todo el volumen de trabajo, los gastos de explotación en la unidad de producción y en todo el volumen de trabajo.

La carta tecnológica presenta forma de matriz rectangular, donde cada fila representa una labor y las columnas los datos necesarios para la proyección del parque de máquinas. La selección de la tecnología y los índices de los procesos de producción (columna 1 de la carta tecnológica), las normas agrotécnicas y los índices de calidad del trabajo (columna 2), los plazos de realización (columnas 3 y 4), se determinan partiendo del sistema utilizado en la unidad de base. Si la selección de la variante tecnológica depende de las condiciones meteorológicas u otros factores, se señala en la columna 3 en qué condiciones se utiliza una u otra.

El volumen de trabajo (columna 5) se determina en correspondencia con el plan de producción y con las normas tomadas del costo de materiales. La formación o composición de los conjuntos (columnas 6, 7 y 8) se determina cumpliendo las reglas establecidas para estos casos, según el carácter del proceso de producción, dada la potencia exigida por el conjunto máquina-tractor. El número de auxiliares que atienden el conjunto (columna 9), se determina sobre la base de las experiencias. El rendimiento por hora del tiempo de turno  $W_h$  (columna 10) se toma de las normas técnicas vigentes, o se determina por la ecuación:  $W_h = 0.1 \times B_{tr} \times V_{tr} \times \tau$ , donde:

- ✓  $B_{tr}$  : ancho de trabajo, m;
- ✓  $V_{tr}$  : velocidad de trabajo, m/s;
- ✓  $\tau$  : coeficiente de aprovechamiento del tiempo de turno.

La duración del trabajo en el día (columna 11) se determina partiendo de las exigencias agrotécnicas, la presión de trabajo según los plazos, el volumen de trabajo y los recursos. El rendimiento por día, en hectáreas o toneladas (columna 12), es el producto de las magnitudes señaladas en las columnas

10 y 11. El número de conjuntos  $N_{con}$  (columna 13) necesarios para la realización del trabajo dado, se obtiene con el cálculo por la ecuación:

$$N_{con} = \frac{V_t}{D_p \times T_d \times W_h}$$

donde:

- ✓  $V_t$ : volumen de trabajo, en hectáreas o toneladas;
- ✓  $W_h$ : rendimiento en una hora (1h) del tiempo de turno, en hectáreas o toneladas;
- ✓  $T_d$ : duración del trabajo durante el día, en horas; ✓  $D_p$ : número de días laborables.

Los números fraccionarios que se obtienen por la ecuación anterior, se redondean y se ajustan generalmente de acuerdo al número de horas que deben trabajar durante el día.

El gasto total de combustible (columna 15) se obtiene multiplicando los gastos de combustible por unidad de producción, que se determinan por las normas establecidas (columna 14), por el volumen de trabajo (columna 5). Los gastos de trabajo por unidad de producción  $H$  (columna 16) se determinan por la ecuación:

$$H = \frac{m+1}{W_h}$$

donde: m: cantidad de obreros (menos el tractorista) que atienden el conjunto.

Los gastos totales de trabajo (columna 17) se determinan multiplicando las columnas 16 y 5. Los gastos de explotación por hectárea  $C_{ha}$  (columna 18) se calculan mediante la ecuación:

$$C_{ha} = \frac{C_{h.con}}{W_h}$$

donde:  $C_{h.con}$  : costo del conjunto, \$/h.

## 2. Herramientas informáticas utilizadas en el desarrollo de sistemas de gestión de la maquinaria agrícola

En el ciclo de desarrollo de un sistema informático uno de los pasos más importantes es la elección de la herramienta de desarrollo adecuada. Esto puede incrementar la calidad del resultado final, así como reducir significativamente el esfuerzo y los costos de desarrollo.

El equipamiento informático de la Empresa de cultivos varios La Cuba de Ciego de Ávila carece de buenas prestaciones informáticas, entre ellas la ausencia de una red de computadoras que hiciera posible implementar en la empresa un sistema web para la gestión de la maquinaria agrícola. Por tanto el autor se inclina por el desarrollo de una aplicación de escritorio, siguiendo las exigencias del cliente

del uso de herramientas de software libre. Teniendo en cuenta todos estos requerimientos, se presentan a continuación los lenguajes, herramientas y técnicas empleadas en el desarrollo de la aplicación.

*NetBeans*: (Manuel Gimeno and González 2011) Es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java, aunque puede servir para cualquier otro lenguaje de programación. Existe además un número importante de módulos para extenderlo, es una herramienta para programadores pensada para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Java: Es un lenguaje de programación de propósito general (Manuel Gimeno and González 2011), su sintaxis deriva mucho de C y C++, pero tiene menos facilidades de bajo nivel que cualquiera de ellos. Concurrente, orientado a objetos y basado en clases que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible.

*SQLite*: Es un sistema de gestión de bases de datos relacional compatible con ACID, contenida en una relativamente pequeña (~275 kiB) biblioteca escrita en C. SQLite es un proyecto de dominio público creado por D. Richard Hipp. A diferencia de los sistemas de gestión de bases de datos cliente-servidor, el motor de *SQLite* no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica (Kreibich 2010). En lugar de eso, la biblioteca *SQLite* se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo.

UML (*Unified Modeling Language*): Es un lenguaje de propósito general para el modelado Orientado a Objetos. Se usa para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software; para entender, diseñar, configurar, mantener y controlar la información sobre los sistemas a construir(Larman 1999).

RUP (Rational Unifies Process, Proceso Unificado de Desarrollo): La concepción de un sistema de información va mucho más allá de levantar los requerimientos, elaborar un conjunto de modelos y comenzar a programar. RUP se fundamenta en seis prácticas: el desarrollo iterativo, la administración de requerimientos, la arquitectura basada en componentes, en el modelamiento visual, en la verificación continua de la calidad y la administración del cambio. Estas seis prácticas orientan el modelo y con ellas se pretende solucionar muchos de los problemas asociados al software. que en realidad han sido muy poco implementados en los proyectos de software; estos son: facilidad de uso, modularidad, encapsulamiento y facilidad de mantenimiento(Wikipedia Consultado febrero 2006).

*Visual Paradigm*: *Visual Paradigm* (Pressman 2002.) es una herramienta CASE: Ingeniería de Software Asistida por Computación. La misma propicia un conjunto de ayudas para el desarrollo de programas informáticos, desde la planificación, pasando por el análisis y el diseño, hasta la generación del código fuente de los programas y la documentación.

### **3. Caracterización actual de las herramientas informáticas que se utilizan en el proceso de gestión de la maquinaria agrícola en la empresa de cultivos varios la Cuba de la provincia Ciego de Ávila.**

La gestión de las máquinas agrícolas en las empresas cubanas se ha visto afectada por diversos factores, uno de ellos es el bloqueo que sufre el país, que ha limitado la utilización racional del parque de máquinas. Esta situación ha influido además en la realización de trabajos agrícolas, donde se han mal utilizado las máquinas existentes por falta de la adecuada.

En los momentos actuales en Cuba la gestión de la maquinaria agrícola se realiza a través de las Cartas Tecnológicas y la proyección del parque de máquinas. Sin embargo tras un estudio realizado en la Empresa de cultivos varios La Cuba de Ciego de Ávila, se ha podido demostrar que existen insuficiencias en la elaboración de estos documentos, sobre todo de las Cartas Tecnológicas, que limitan la realización de una adecuada gestión.

Mediante una encuesta aplicada a la población seleccionada, se determinó que el 70 % de las personas vinculadas con la gestión de la maquinaria agrícola tienen un nivel escolar universitario, mientras que el 30 % es Técnico Medio o graduado de Preuniversitario. El 60 % de los encuestados tiene una experiencia laboral que oscila entre 10 y 15 años y el 40 % entre 5 y 10 años. Estas cuestiones son importantes porque pueden limitar su desempeño como planificador.

El 65% de los encuestados reflejó que consideraba bajo el aprovechamiento de la maquinaria, de la tierra, instalaciones y obreros con los que cuenta la empresa. El 30 % expresó que en ocasiones ha ocurrido esta situación causando daños a la empresa. El restante .5 % consideró que no era una situación preocupante.

Por otra parte también se hizo notar la falta de seguridad en la recepción de insumos fundamentales para la maquinaria cuando el 85% abaló esta situación, destacando como los insumos más afectados el combustible, aceites y algunas piezas para las máquinas y equipos. Según ellos existían errores en las cantidades que se debían adquirir y los momentos adecuados para ello. El restante 15% expresó que esto solo ocurría en algunas ocasiones.

Luego se busca información sobre la manera de realización de la planificación de la explotación de las máquinas agrícolas con el objetivo de encontrar las causas que conllevaban a esta situación, obteniéndose como resultado que en la mayoría de los casos se hace de forma manual (60%), sólo el 10% respondió que se realiza con la ayuda de la computadora. El 30% manifiesta que no se realiza la planificación.

En cuanto a la forma de realizar la planificación se detectó que es poco adecuada (70% de los encuestados). Sólo el 30% respondió que es adecuada. Entre las causas que originan esta situación se plantean la complejidad en los cálculos para su realización manual (80%) y la falta de tiempo (20%).

Añadieron además que se les dificultaba el acceso a la información requerida para realizar dicha planificación (75 %) y solo el 25 % expresó lo contrario.

El 40% de los encuestados manifiesta que siempre se realizan las Cartas Tecnológicas, el 40% dice que algunas veces y el 20% que nunca. Cuando se les pregunta de qué forma usted podría mejorar la planificación del uso de las máquinas agrícolas el 100% coincide en que necesitan alguna herramienta que les facilite la elaboración de las Cartas Tecnológicas.

Todo lo anterior expuesto revela la necesidad de desarrollar un Sistema Informático de Gestión de la maquinaria agrícola que contribuya, desde una dinámica de relaciones de coordinación e integración, contar con una infraestructura para disponer de su propia información, compartir sus recursos y poseer canales de comunicación rápidos y eficientes, que colaboren con el desarrollo del trabajo y la toma de decisiones en la empresa de cultivos varios La Cuba de la provincia de Ciego de Ávila.

#### 4. Desarrollo del Sistema para la Gestión de la Maquinaria Agrícola, GESMAG.

La ingeniería de software (Wesley 2008.) se puede considerar como la ingeniería aplicada al software, en base a herramientas preestablecidas y la aplicación de las mismas de la forma más eficiente y óptima; objetivos que siempre busca la ingeniería. No es sólo de la resolución de problemas, sino más bien teniendo en cuenta las diferentes soluciones para elegir la más apropiada. En el presente punto se hace el análisis y diseño del sistema, empleando para ello la metodología RUP, ya que es una metodología sólida con documentación, que apoya al ciclo de vida evolutivo incremental, además posee un enfoque disciplinado para la asignación de tareas, llevando a obtener un sistema fácil de mantener y con posibilidades de reutilización (Jacobson and Rumbaugh 2005). Esta metodología más que un simple proceso; es un marco de trabajo genérico que puede especializarse para una variedad de software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones y niveles de aptitud, así como diferentes tamaños de proyectos.

Unido a la metodología RUP se empleó el lenguaje UML, el cual convierte el desarrollo de software en una disciplina de ingeniería. En la figura 1 se muestra el Diagrama de Casos de Usos del sistema.

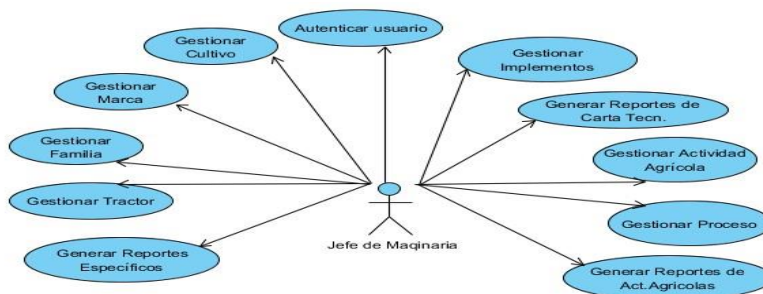


Figura 1. Diagrama de CUS

A continuación se muestran algunas de las principales páginas de GESMAG.



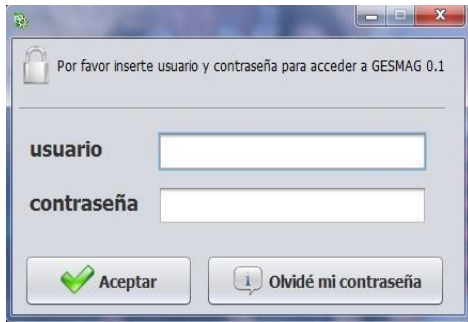


Figura 2. Interfaz para la autenticación.

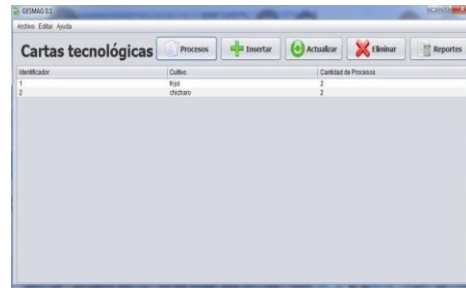


Figura 3. Interfaz principal.

## 5. Validación y pruebas al sistema GESMAG

La implementación y las pruebas son el centro de atención en las fases finales del ciclo de desarrollo de *software* con metodología RUP, en estas etapas es donde se crea la línea base ejecutable de la arquitectura y donde posteriormente se comprueban con el fin de garantizar la salida de un producto de calidad (Jacobson and Rumbaugh 2005)

Se realizaron pruebas al sistema que permitieron limar los posibles errores que emergen durante el desarrollo de software y comprobar que el mismo funciona correctamente. Los principios de interfaz, el tratamiento de errores, los medios de ayuda y la seguridad de la que se provee el sistema, constituyen garantías al cliente de la confiabilidad de la herramienta desarrollada.

## Conclusiones

Una vez concluido el proceso investigativo, fue posible arribar a las siguientes conclusiones:

- ✓ La Empresa Agrícola de cultivos varios La Cuba tiene en la actualidad una deficiente planificación de la explotación del parque de máquinas, debido a que no realizan las Cartas Tecnológicas u omiten datos en su confección, lo cual se debe fundamentalmente a lo engorroso que resulta la realización de todo este proceso de forma manual.
- ✓ Los estudios realizados permitieron corroborar la necesidad de elaborar una herramienta informática para la realización de la planificación de la explotación del parque de máquinas en la empresa de cultivos varios La Cuba, debido a que no existe la posibilidad de su adquisición, pues las existentes no cumplen las exigencias del cliente.
- ✓ Este sistema constituye una valiosa herramienta en manos de los especialistas de las empresas agrícolas, pues permite la realización de todo el proceso de planificación de la explotación de las máquinas agrícolas de forma rápida y precisa.

## Bibliografía

- ✓ Buenos, I. and J. Duran (1982). Economía de Empresa. Madrid: Editora Desconocida.
- ✓ Bustelo Ruesta, C. and R. Amarilla Iglesias. (2001). "Gestión del conocimiento y gestión de la información." from <http://concepto.de/concepto-de-gestion/>.
- ✓ Garrido, J. (1986). Explotación del parque de maquinarias. Cuba: Editora Desconocida. .
- ✓ Garrido Pérez, J. ( 1989.). Implementos, máquinas agrícolas y fundamentos para su explotación. . Ciudad de La Habana,, Editorial Pueblo y Educación. : 467-475.
- ✓ Hernández Echemendía, Y. (2006). Sistema Automatizado para la planificación de la Explotación de las Máquinas Agrícolas, Máximo Gómez Báez.
- ✓ Jacobson, G. B. I. and J. Rumbaugh (2005). El proceso unificado de Desarrollo de Software.
- ✓ Jara, O. H. (2003.). "Sistemas distribuidos
- ✓ Kreibich, J. A. (2010). "Using SQLite." ✓ Larman, C. (1999). UML y Patrones: .
- ✓ Magaña, E., M. d. R. Baray Guerrero, et al. (2010). Factibilidad del Proyecto de Maquinaria Agrícola. .
- ✓ Manuel Gimeno, J. and J. L. González (2011) "Introducción a Netbeans."
- ✓ Márquez Delgado, L. (2009. ). Recomendaciones para la selección de tractores y máquinas agrícolas con criterios técnicos y económicos.
- ✓ Pressman, R. S. (2002.). Ingeniería de Software, un enfoque práctico.
- ✓ Raimundo, J. and F. Lora (2010). Planificación Óptima de la explotación de la maquinaria agrícola, mediante un sistema informático en empresas azucareras seleccionadas de la provincia de Santiago de Cuba. .
- ✓ Rodríguez, L. (2006). Máquinas Agrícolas Máquinas para la preparación primaria de los suelos. . (Tomo I - 1ra. Parte): 61 - 105.
- ✓ Santana Duque , E. (2006 ). Sistema de Gestión de Máquinas Agrícolas (SIGEMA)
- ✓ Wesley, I. S. a. A. (2008.). Ingeniería de Software.
- ✓ Wikipedia, e. l. h. w. w. c. (Consultado febrero 2006).
- ✓ Zepeda del Valle, J. M. and P. Lacki (2003). Educación agrícola superior: la urgencia del cambio.