

ARTÍCULO ORIGINAL

La programación de la explotación de los medios mecanizados como soporte para la planificación de los mantenimientos de los tractores y el cálculo de la logística

The scheduling of the operation of mechanized means as support for planning the maintenance of the tractors and the calculation of logistics

Manuel Fernández Sánchez¹, Damián Lora Cabrera² y Liudmila Shkiliova³

RESUMEN. La programación de la explotación de los medios mecanizados en las unidades productivas del sector agrícola se realiza mediante el programa automatizado Cemaq aunque su aplicación ha estado dirigida en lo esencial, a fundamentar la necesidad de combustible para cumplir con las diferentes labores agrícolas y de servicios de los tractores y no para otros usos como es el caso de la planificación de los mantenimientos y las reparaciones de la maquinaria. Sobre la base de lo anteriormente planteado, el presente trabajo tiene como objetivo mostrar la factibilidad de ampliar el uso de la información que se obtiene a través del programa automatizado Cemaq para planificar de manera táctica, las cantidades y tipos de mantenimientos a ejecutar a los tractores y calcular los recursos materiales necesarios para cumplir con estas actividades, como es el caso de los productos lubricantes. Tomando como base los resultados de la programación de la explotación de los medios mecanizados del segundo semestre del año 2010 en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Niceto Pérez” de Güira de Melena, provincia Artemisa, se aplicó un procedimiento metodológico mediante el cual se planificaron los mantenimientos y las reparaciones para ese periodo y se calculó la demanda de los productos lubricantes para cumplir con dicha planificación.

Palabras clave: productos energéticos, explotación, insumos, demanda.

ABSTRACT. The scheduling of the operation of the machinery in the agricultural productive units in is done using the automated program CEMaQ although its implementation has been directed essentially to substantiate the need for fuel to meet the different farming and the service with the tractors and not for other uses such as planning of the maintenance and repairs of machinery. Based on the above stated, this paper aims to show the feasibility of expanding the use of the information obtained through the automated program CEMaQ for planning tactically, the quantities and types of maintenance to run tractors and to calculate the material resources necessary to perform these activities, as is the case of lubricant products. Based on the results in scheduling the operation of the agricultural machinery during the second half of 2010 in the Agricultural Production Cooperative “Niceto Perez” in Güira de Melena, Province of Artemisa, we applied a methodological procedure through which was planned the maintenance and repairs for that period and calculated the demand for lubricant products to comply with such planning.

Keywords: energy products, exploitation, farm supplies, demand.

Recibido 11/05/11, aprobado 20/07/12, trabajo 14/12, artículo original.

¹ M.Sc., Investigador Auxiliar. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera Fontanar Wajay, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba ☎ (53-7) 645-1731, 645-1353; E-✉: manuel@iagric.cu

² Ing., Inv. Agregado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

³ Dr.C., Profesora Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Carretera de Tapaste y Autopista Nacional, km 23½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de la Agricultura tiene orientado a sus diferentes empresas agropecuarias la utilización del Sistema Integral para la Planificación y el Control de la Explotación de los medios mecanizados (Lora *et al.*, 2011). Para organizar de manera racional el uso y explotación de la maquinaria agrícola, los equipos riego y de transporte en los diferentes tipos de unidades productivas del sector y calcular la demanda de combustible. El sistema contempla la utilización de dos tipos de programas automatizados o software, uno que posibilita programar a largo plazo (anualmente o semestralmente) la necesidad de medios mecanizados y otro que lo hace de manera periódica (semanal, quincenal o mensualmente)

Entre las salidas que aportan ambos sistemas automatizados está lo relacionado con el combustible a consumir. Mediante los software Anaexplo y Cemaq se puede determinar esta necesidad por tipo de agregado, labor y cultivo, aunque en el caso específico del Cemaq esta salida da la posibilidad de conocer esta información por marca de tractor (Brizuela y Lora, 2002) (Gálvez, 2003).

Independientemente de la forma en que aparezca la información sobre el consumo esperado de combustible, existe la factibilidad de ampliar el nivel de uso de este tipo de información para otros fines, utilizándola como fuente primaria para planificar y organizar los servicios técnicos en los talleres de mantenimientos técnicos y reparaciones de la maquinaria agrícola y de los recursos materiales e insumos necesarios para el cumplimiento de estas actividades. Basados en esto, el presente trabajo tiene como objetivo mostrar este proceso, determinando uno de los recursos comprendidos dentro de la logística: los productos lubricantes.

Para el estudio se tomó como referente los resultados obtenidos con la aplicación de uno de los software incluidos dentro del Sistema Integral para la Planificación y el Control de la Explotación de la maquinaria: el Cemaq.

TEORÍA

La carga de trabajo planificada de los tractores. Generalidades

El cálculo de la carga de trabajo de los tractores constituye la información básica para planificar y organizar los trabajos de mantenimientos y reparaciones a realizar en los talleres dedicados a estas actividades. Esta carga que representa el volumen o la cantidad de trabajo que debe realizar un tractor durante un periodo determinado según el plan de producción, puede estar expresada en unidades físicas (hectáreas), horas cronológicas, cantidad de combustible a consumir por el mismo para cumplir con dicho plan, etc.

Comúnmente en las condiciones de las unidades de producción de las empresas agropecuarias de nuestro país, la planificación y el control de la carga de trabajo de los tractores se realiza teniendo en cuenta la cantidad de combustible que requiere un tractor para realizar una labor determinada en un cultivo o servicio durante un período de tiempo, lo cual puede ser definido, empleando la ecuación:

$$Q_{a_{act}} = q_{a_{al}} \cdot V_{t_{act}} \quad (1)$$

donde:

$Q_{a_{act}}$ -necesidad de combustible del tractor "a", para en el cultivo "c" realizar durante el tiempo "t" en la labor "l"; $q_{a_{al}}$ -índice de consumo de combustible del tractor "a" para realizar la labor "l" en las condiciones de explotación dadas;

$V_{t_{act}}$ -volumen de trabajo planificado de la labor "l" en el periodo de tiempo "t" con el agregado "a" en el cultivo "c".

Con este resultado se puede establecer el consumo de combustible total del tractor "a", al realizar la labor "l", en el cultivo "c", durante el plazo de servicio planificado "p" como:

$$Q_{a_{act}} = \sum_{i=1}^k Q_{a_{act}} \quad (2)$$

Al analizar la composición de los conjuntos y considerando que el tractor es quien consume el combustible, se puede plantear que $Q_{a_{act}} = Q_{e_{act}}$, por lo que la necesidad de combustible por línea de tractor del tipo "i", en el cultivo "c", durante cada período de tiempo t ($Q_{e_{ict}}$) se calcula como la sumatoria de los consumos en las diferentes labores que se ejecutan con dicho equipo, empleando para ello la siguiente expresión:

$$Q_{e_{ict}} = \sum_{i=1}^k Q_{e_{ict}} \quad (3)$$

Posteriormente se define el consumo de combustible por línea de tractor en la totalidad del tiempo planificado "p", del cultivo "c" ($Q_{e_{ic}}$), para lo cual se suman los consumos de todos los tiempos.

$$Q_{e_{ic}} = \sum_{i=1}^k Q_{e_{ict}} \quad (4)$$

En la práctica productiva, donde por lo general existe un variado y extenso parque de tractores, la determinación de la carga de trabajo mediante las expresiones 1...4 resulta notablemente laboriosa, requiere de tiempo y de un personal bien entrenado para realizar los cálculos. Por esta razón, este método en las condiciones reales de producción no tuvo una amplia utilización. Basado en esto, Sotto (2008), desarrolló un sistema automatizado para la planificación de la explotación de los medios mecanizados y que permite, entre otras cosas, agilizar grandemente el proceso de cálculo. Este sistema esta compuesto por dos software: el AnaExplo y el Cemaq. Este ultimo software fue diseñado para realizar la programación de manera táctica (períodos cortos (semana, quincena, mes) aunque tiene entre sus ventajas el aportar de manera directa la información sobre la carga de trabajo a que estarán sometidos los tractores (en litros de combustible) para cumplir la totalidad de las labores agrícolas y de servicio planificadas, información que sirve de base para planificar los mantenimientos y las reparaciones de los tractores.

MÉTODOS

El estudio se realizó en la Cooperativa de Producción Cooperativa "Niceto Pérez" perteneciente a la Empresa Agro-

pecuaria Güira de Melena de la provincia Artemisa. Para su desarrollo se utilizaron los siguientes materiales:

1. Sistema automatizado para la planificación y el control de la explotación de la maquinaria (Cemaq). (Sotto *et al.*, 2003; 2004, 2006).
2. Metodología para el cálculo de la cantidad de mantenimientos y reparaciones y su laboriosidad mediante el Método Probabilístico (Shkiliova y Fernández, 2007; Shkiliova y Fernández, 2011).
3. Resultados del estudio para el cálculo de indicadores de consumo de lubricantes en los tractores (Fernández, *et al.*, 2009).
4. Guías de mantenimiento de los tractores MTZ-80 y YUMZ-6M.
5. Manual de explotación de los tractores YUMZ-6M y MTZ-80 (Tracktoroexport, 1980; Tracktoroexport, 1982).

Para el desarrollo de la investigación se tomó como referente los resultados de la programación de los medios mecanizados a través del programa automatizado Cemaq para el segundo semestre de 2010. De las salidas del programa se utilizó la información relacionada con las necesidades de combustible en el periodo (por tipo de equipos) analizado. A partir de este dato se aplicó la metodología elaborada por Shkiliova y Fernández (2007) para calcular las cantidades y tipos de mantenimientos y reparaciones por el Método Probabilístico, considerando

para ello la periodicidad establecida (en litros de combustible) para los mantenimientos de cada una de las líneas de tractores analizados y los valores de las probabilidades de ocurrencia de cada tipo de mantenimiento.

Una vez calculada las cantidades de mantenimientos y reparaciones a ejecutar por tipo, se determinaron aquellas actividades donde esta establecido el cambio de lubricante en los diferentes mecanismos de los tractores y las cantidades a reponer según la capacidad de los depósitos. Para conocer las cantidades de lubricantes por concepto de rellenos se utilizaron los indicadores que caracterizan este tipo de consumo para los tractores en explotación de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena (Fernández *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del cálculo de la necesidad de tractores y su carga de trabajo (en litros de combustible) para el periodo analizado

En la Tabla 1 aparece reflejada la información sobre los resultados de la corrida del programa Cemaq donde se muestra la necesidad de tractores para cumplir con la programación durante el primer semestre del 2010 y la carga de trabajo (en litros de combustible) de los mismos para cumplir con las diferentes labores programadas.

TABLA 1. Resumen por marca de equipos

| Equipo | Necesidad | Balance | | Combustible (litros) | | |
|---------|-----------|------------|------------|----------------------|------|---|
| | | Existencia | Diferencia | Plan | Real | % |
| MTZ-80 | 8,41 | | -8,41 | 18 016,26 | - | - |
| YUMZ-6M | 43,89 | | -43,89 | 51 567,36 | - | - |

Cálculo del plan de mantenimientos y reparaciones

Para el cálculo, se tomaron los siguientes datos iniciales:

Carga de trabajo de los tractores para el primer semestre del 2010.

De acuerdo a la Tabla 1, esta carga tomó valores de 18016,26 y 51567,36 litros de combustible para los tractores MTZ-80 y YUMZ-6M respectivamente.

Periodicidad de ejecución de los mantenimientos y reparaciones

En la Tabla 2 aparece la información relacionada con la periodicidad de los mantenimientos de los tractores analizados, en horas de trabajo y su equivalente en litros de combustible.

TABLA 2. Periodicidad de realización de los mantenimientos técnicos para las principales marcas de tractores en explotación

| Marca del tractor | Periodicidad de ejecución (litros de combustible) | | | | | | |
|-------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | MT 1 | MT 2 | MT 2A | MT 3 | MT 3A | RC | RG |
| YUMZ-6M | 757 | 3785 | - | 7570 | - | 15140 | 45420 |
| MTZ-80 | 636 | 2544 | 5088 | 10176 | 20350 | 30482 | 61002 |

Probabilidades de ejecución de los mantenimientos y reparaciones de los tractores hasta la reparación general (Tabla 3)

TABLA 3. Valores de las probabilidades de los MT y reparaciones de los tractores MTZ-80 y YUMZ-6M

| Tractor, marca | Valor de las probabilidades | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | P ₁ | P _{1A} | P ₂ | P _{2A} | P ₃ | P _{3A} | P _{rc} | P _{rg} |
| Para tractores fabricados hasta el año 1982 | | | | | | | | |
| YUMZ-6M | 0,8 | - | 0,1 | - | 0,05 | - | 0,03 | 0,016 |
| MTZ-80/82 | 0,75 | - | 0,125 | 0,062 | 0,0312 | 0,0208 | 0,0104 | 0,0104 |

La información reflejada en las Tablas 1, 2 y 3 permitió aplicar la metodología para elaborar el plan de mantenimientos y reparaciones de los tractores analizados, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.

TABLA 4. Cantidades y tipos de mantenimientos y reparaciones a ejecutar

| Marca de tractor | Cantidad y tipo de mantenimiento o reparación | | | | | | |
|------------------|---|------|-------|------|-------|----|----|
| | MT 1 | MT 2 | MT 2A | MT 3 | MT 3A | RC | RG |
| YUMZ-6M | 54 | 7 | - | 3 | - | 2 | 1 |
| MTZ-80 | 21 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Cálculo de los volúmenes de productos lubricantes

Según el plan de mantenimiento reflejado en la Tabla 4, existe un total de 11 MT-2; 2 MT-2A, 4 MT-3; 2RC y 1RG donde se debe realizar el cambio de aceite en los principales mecanismos de los tractores. Por tanto, conociendo el volumen a reponer en cada uno de estos componentes según la capacidad de los depósitos y multiplicando estos volúmenes por la cantidad de cambios, se puede determinar las necesidades de lubricantes por este concepto durante el periodo analizado. En el caso de los consumos por concepto de rellenos, su cálculo se basó en los indicadores que caracterizan este tipo de consumo con respecto al total de combustible a consumir.

En las Tablas 5 y 6 se muestra la información base para la determinación de la demanda de lubricantes por ambos conceptos y los resultados del cálculo de la misma.

TABLA 5. Demanda de lubricantes para los principales mecanismos de los tractores por concepto de cambios

| Denominación del mecanismo | Capacidad del deposito, L | | Cantidad de cambios | | Necesidad de lubricante, L | |
|----------------------------|---------------------------|--------|---------------------|--------|----------------------------|--------|
| | YUMZ-6M | MTZ-80 | YUMZ-6M | MTZ-80 | YUMZ-6M | MTZ-80 |
| Motor | 16 | 15 | 13 | 7 | 208,0 | 105,0 |
| Transmisión | 50 | 40 | 3 | 0 | 150,0 | 0 |
| Sistema Hidráulico | 22,5 | 20,5 | 3 | 0 | 67,5 | 0 |
| Dirección | 2,0 | 6,0 | 6 | 0 | 12,0 | 0 |
| Totales | | | | | 437,5 | 105,0 |

TABLA 6. Demanda de lubricantes para los principales mecanismos de los tractores por concepto de rellenos

| Denominación del mecanismo | Indicador de consumo, % | | Necesidad de lubricante, L | |
|----------------------------|-------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | YUMZ-6M | MTZ-80 | YUMZ-6M | MTZ-80 |
| Motor | 1,822 | 1,866 | 939,55 | 366,94 |
| Transmisión | 0,206 | 0,236 | 106,22 | 42,51 |
| Sistema Hidráulico | 0,298 | 0,391 | 153,66 | 70,44 |
| Dirección | 0,023 | 0,033 | 11,86 | 5,94 |
| Totales | | | 1 648,79 | 485,83 |

Tal y como se muestra en las Tablas 5 y 6, la demanda total de lubricantes para los tractores MTZ-80 y YUMZ-6M durante el segundo semestre del año 2010, ascendió a 2 572,12 y 590,83 L respectivamente.

CONCLUSIONES

- Mediante el uso de la información que aporta el programa automatizado Cemaq se pueden planificar las cantidades y tipos de actividades técnicas a ejecutar a los tractores y máquinas autopropulsadas, así como los recursos materiales necesarios para su correcta explotación y mantenimiento.

- Tomando como referencia los resultados de la programación de los medios mecanizados en la Cooperativa de Producción Agropecuaria Niceto Pérez, se determinaron las cantidades y tipos de mantenimientos y reparaciones a realizar a los tractores MTZ-80 y YUMZ-6M durante el segundo semestre del 2010 y la demanda de productos lubricantes para garantizar la explotación y el mantenimiento de estos medios.
- Los resultados del cálculo de la demanda de lubricantes para el primer semestre del año 2010, indican que la misma tomó valores de 2 572,12 y 590,83 litros para los tractores YUM-6M y MTZ-80 respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIZUELA, M y D. LORA: *Propuesta organizativa de la Unidad de Servicios de Maquinaria de la ECV Güira de Melena*, 87pp., Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en Mecanización Agropecuaria), Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2002.

FERNÁNDEZ, S. M; D. LORA y Y. NORES: Estudio para el cálculo de indicadores de consumo de lubricantes de los tractores de la Empresa de Cultivos Varios de Güira de Melena. En: *Agroingeniería 2009*, Bayamo, Granma, Cuba, 2009.

FERNÁNDEZ, S. M.; L. SHKILIOVA; Y. NORES y A. RÍOS: "Estudio para la implementación de acciones estratégicas en la Unidad Empresarial de Base Integral de Servicios Técnicos de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 66-72, 2011.

GÁLVEZ, L. F.: *Introducción de un nuevo sistema de planificación y control de la maquinaria en la ECV Batabanó*, 82pp., **Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en Mecanización Agropecuaria)**, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2003.

LORA, L. C.; P.D. SOTTO; M. FERNÁNDEZ; N. FUENTES y M. WONG: "Impacto de la aplicación de un software para la programación y control de los medios mecanizados en una unidad productora del municipio Güira de Melena", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 78-83, 2011.

SHKILIOVA, L. y M. FERNÁNDEZ: "Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 72-77, 2011

SHKILIOVA, L y M. FERNÁNDEZ: Cálculo del volumen, duración y la cantidad de mantenimientos técnicos y reparaciones por el método probabilístico. En: *Agromec '2007*, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2007.

SOTTO, B. P.D.: *Sistema Integral para la planificación y el control de la explotación de los medios mecanizados en la producción agrícola*, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2008.

SOTTO, B. P.D.; N. FUENTES; D. LORA; R. SALVA; M. WONG y M. BRIZUELA: *Maquinaria Agrícola. Programación y control de su explotación*. *CEMaq.*, 53pp., Ed. Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (AGRINFOR), La Habana, Cuba, 2006.

SOTTO, B. P.D.; N. FUENTES; D. LORA; R. SALVA y M. WONG. *Manual de usuario del Cemaq*, 10pp., Ed. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), MINAG, La Habana, Cuba, 2004.

SOTTO, B. P.D.; R. SALVA y F.OJEDA: *Metodología para la programación de la maquinaria y el control de su explotación*, 5pp., Ed. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), MINAG, La Habana, Cuba, 2003.

TRACKTOROEXPORT: *Instrucciones para la explotación de los tractores YUMZ-6M*, Tracktoroexport, Moscú, 1980.

TRACKTOROEXPORT: *Instrucciones para la explotación de los tractores MTZ-80*, Tracktoroexport, Moscú, 1982.



CONVENCIÓN INTERNACIONAL INGENIERIA AGRICOLA 2012



CONVOCATORIA

Estimados Colegas:

El Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola (IAgric), tiene el gusto de invitarles a participar de la Convención Internacional Ingeniería Agrícola 2012 en el marco de la cuál tendrán lugar el V CONGRESO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE, CUBA-RIEGO 2012 y el V CONGRESO INTERNACIONAL DE MECANIZACION AGROPECUARIA.

El evento se desarrollará del 16 al 19 de octubre en el Hotel Meliá Habana de la ciudad de La Habana, los principales temas a debatir serán:

- Tecnologías de riego y drenaje en los sistemas de producción agrícolas.
- Recursos energéticos convencionales y renovables en la actividad de riego.
- Impacto ambiental del riego y el drenaje.
- Género en la gestión integrada de los recursos hídricos en la agricultura.
- Mecanización agropecuaria.
- Tracción animal.
- Gestión de la explotación de la maquinaria agrícola.
- Impacto de la mecanización y el riego en el medio ambiente.
- Mini-industria.
- Aplicaciones de la percepción remota satelital y el SIG a estudios agrícolas y de manejo de recursos hídricos.
- Agricultura de precisión

INGENIERÍA AGRÍCOLA '2012

Solicite información detallada a: Lic. Oravides Almagro Peñalver
OPC
convencion2012@iagric.cu