

Technical and Economic Indicators of Operation of Milk Refrigeration Centers in Guáimaro, Camagüey

Indicadores técnicos–económicos de explotación de los centros de refrigeración de leche en Guáimaro, Camagüey

M.Sc. Dusquier Elizalde-Rodríguez^I, Dr.C. Neeldes Matos-Ramírez^I, Dr.C. Pedro A. Valdés-Hernández^{II}, M.Sc. Dalmis Delgado-González^{III}, Ing. Leider Labrada-Acosta^{IV}, Ing. Randy Milanés-Pérez^{IV}

^I Universidad de Camagüey, Facultad de Electromecánica, Departamento de Ingeniería Mecánica, Camagüey, Cuba.

^{II} Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III} BANDEC, Sibanicú, Camagüey, Cuba.

ABSTRACT. As part of the studies carried out by the Department of Mechanical Engineering of the University of Camagüey, MINAG and MINAL in Camagüey province, on the optimization of collection and distribution process of cow milk, the research is performed with the objective of determining the technical - economic indicators of operation of the refrigeration centers for the reception of cow milk in Guáimaro municipality. Operation indicators for two seasons of the year (rainy and less rainy) are determined, taking into account the time balance, using the photo-timing method according to NC 34-37 and operation costs according to NC 34-38. The results obtained of productivity per hour of main time in the rainy and less rainy seasons are 207.8 and 85.06 L/h, respectively, which was influenced by the fall of the production volume in the less rainy season, affecting the productivity per hour of operation time with 175.15 and 71.84 L/h in the rainy and less rainy seasons, respectively. Specific consumption of electrical energy is 1.62 and 3.42 kW/L for rainy and less rainy seasons, respectively, being acceptable for this type of technological process. Direct operation costs amounted to 18.11 peso/h in the rainy season and 9.56 peso/h in the less rainy season, with the highest percentage being salary costs of 58.92% and electricity consumption of 41.10% in the rainy season, behaving similarly in the less rainy season. The operation costs per liter of cooled milk are 0.10 and 0.13 peso/L for the rainy season and less rainy, respectively, the difference of 0.03 peso/L is due to the decrease in milk production in the less rainy season.

Keywords: operating times, productivity, coefficients, costs

RESUMEN. Como parte de los estudios realizados por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Camagüey, el MINAG y MINAL en la provincia de Camagüey, sobre la optimización del proceso de acopio y distribución de leche vacuna, se desarrolla la investigación con el objetivo de determinar los indicadores técnicos – económicos de explotación de los centros de enfriamientos para la recepción de la leche vacuna en el municipio Guáimaro. Se determinan los indicadores de explotación para dos épocas del año (lluviosa y poca lluviosa), contemplando el balance de tiempo, empleando el método de foto cronometraje según NC 34-37 y los costos de explotación según NC 34-38. Los resultados obtenidos de productividad por hora de tiempo principal en la época lluviosa y poca lluviosa es de 207,8 y 85,06 L/h respectivamente, lo que estuvo influenciado por la caída del volumen de producción en la época poca lluviosa, afectando la productividad por hora de tiempo de explotación con 175,15 y 71,84 L/h en la época lluviosa y poca lluviosa respectivamente. El consumo específico de energía eléctrica es de 1,62 y 3,42 kW/L para las épocas lluviosa y poco lluviosa respectivamente, siendo aceptable para este tipo de proceso tecnológico. Los costos directos de explotación ascienden a 18,11 peso/h en la época lluviosa y 9,56 peso/h en la poca lluviosa, representando mayor porcentaje los costos por salario con un 58,92% y consumo de energía eléctrica un 41,10% en la época lluviosa, comportándose de forma similar en la poca lluviosa. Los costos de explotación por litro de leche enfriada ascienden a 0,10 y 0,13 peso/L para la época lluviosa y poca lluviosa respectivamente, la diferencia de 0,03 peso/L se debe a la disminución de la producción de leche en la época poca lluviosa.

Palabras clave: tiempos de explotación, productividad, coeficientes, costos.

INTRODUCTION

In Cuba, dairy farming has undergone an intense transformation in the last 30 years; these changes have had as their fundamental basis the introduction and exploitation; first of Holstein cattle, which has maintained a good behavior and capacity of adaptation and from it new breeding have been fomented. The annual yield of milk per cow in the average milking of the country has decreased slightly to reach in 2015, 1 232 kg of milk in the year (equivalent to 3.37 L/cow daily), with an estimated of 4 045 900 head of cattle (ONEI, 2016).

Cuba has 16 provinces that produce cow milk, among which Camagüey stands out, which continues to be the main Cuban cattle province. The national production in 2014 was 497.1 million liters of cow milk, the five major producing provinces contributing 54,69% of the national production, delivering 252 million liters, Camagüey being the one with the highest production of livestock in Cuba, delivering 90.2 million liters for 18.15% of the total (ONEI, 2015).

Ponce (2009) refers that dairy is a complex system and should be focused in an integral way, where all elements of the agro-industrial chain complement each other: to reduce the gap between the quality of milk produced and the one collected by the industry; to improve quality in all aspects and in collection systems; to increase rational use of refrigeration and/or use of lacto-peroxidase system combined with thermal processing and small-scale packaging technologies.

It is important to apply the new technologies to obtain a higher quality and freshness of the milk to be delivered, such as the introduction of Refrigerated Milk Collecting Centers in the collection process, one of the main links of the dairy chain.

That eliminates the collection of hot milk, decreases the amount of acidic milk that reaches the industry and increases the efficiency of the process; this application allows the milk to be cooled quickly after its production in order to maintain its properties.

The operation of these Refrigerated Milk Collecting Centers is governed by the Regulations of Refrigerated Milk Centers in Camagüey; defined by the Territorial Delegation of Agriculture and Dairy Products to carry out the quality tests for each milk supplier, which are listed below:

- Milk sampling for determination of test methods, according to NC 78-25: 1986;
- Acidity test by means of the test of alcohol to 72%, according to CN 78-11-09: 1983;
- Test of mastitis using the reagent cenmast or california, according to NC 118: 2001;
- Density test (watery) by means of the 250 ml test tube and a thermo lacto-densimeter according to NC 119: 2001.

In national and international context, it can be seen that the subject matter studied has not been approached according to the literature consulted. However, some authors are cited who have done research in Cuba related to the evaluation of the technical and economic indicators of ex-

INTRODUCCIÓN

En Cuba la ganadería lechera ha logrado en los últimos 30 años una intensa transformación, estos cambios han tenido como base fundamental la introducción y explotación; primero del ganado Holstein, el cual ha mantenido un buen comportamiento y capacidad de adaptación y a partir del mismo se han fomentado nuevos cruces. El rendimiento anual de leche por vaca en ordeño medio del país ha decrecido ligeramente hasta alcanzar en el 2015 los 1 232 kg de leche en el año (equivalente a 3,37 L/vaca diario), con una cantidad de vacas estimada de 1 223 900 cabezas (ONEI, 2016).

Cuba cuenta con 16 provincias productoras de leche vacuna y entre ellas se destaca Camagüey que sigue siendo la principal provincia ganadera cubana. La producción nacional en el año 2014 fue de 497,1 millones de litros de leche vacuna, las cinco provincias mayores productoras aportan el 54,69 % de la producción nacional, entregando 252 millones de litros, siendo Camagüey la de mayor producción de la ganadería en Cuba, entregando 90,2 millones de litros para un 18,15 % del total (ONEI, 2015).

Ponce (2009), plantea que la lechería es un sistema complejo y debe enfocarse de forma integral, donde todos los elementos de la cadena agroindustrial se complementen entre sí; disminuir la brecha entre la calidad de la leche producida y acopiada por la industria; mejorar la calidad en todos sus aspectos y de los sistemas de recogida; incrementar el uso racional de la refrigeración y/o uso del sistema lactoperoxidasa combinado con tecnologías de procesamiento térmico y envasado a pequeña escala.

Es importante la aplicación de las nuevas tecnologías para obtener mayor calidad y frescura de la leche a entregar, como la introducción de los Centros de Acopio Colectivos de Leche Refrigerada en el proceso de acopio, uno de los eslabones principales de la cadena lechera, por lo que se elimina el acopio de leche caliente, disminuye la cantidad de leche ácida que llega a la industria y aumenta la eficiencia del proceso; esta aplicación permite que la leche sea enfriada rápidamente luego de su obtención y mantenga sus propiedades.

El funcionamiento de estos Centros de Acopio Colectivos de Leche Refrigerada se rige por el Reglamento de los Centros de Leche Fría en Camagüey; definido por la Delegación Territorial de la Agricultura y Empresa de Productos Lácteos para la realización de las pruebas de calidad por cada proveedor de leche, que se enuncian a continuación:

- Toma de muestra de leche para la determinación de los métodos de ensayo, según NC 78-25: 1986;
- Prueba de la acidez mediante la prueba de alcohol al 72%; según NC 78-11-09: 1983;
- Prueba de la mastitis mediante el reactivo cenmast o california, según NC 118: 2001;
- Prueba de la densidad (aguado) mediante la probeta de 250 ml y un termo lactodensímetro, según NC 119: 2001.

En el ámbito nacional e internacional se aprecia que la temática objeto de estudio no ha sido abordada según la literatura consultada, no obstante se citan algunos autores que han realizado investigaciones en Cuba, relacionadas con la evaluación de los indicadores técnicos – económicos de explotación en los procesos y máquinas agrícolas, pero no están dirigidas a los equipos utilizados en este

plotation in the processes and agricultural machinery, but they are not directed to the equipment used in this sector, according to Valdés et al., (2015) and Llanes, (2009) that determined the specific expenditure of electric energy consumed per unit of work performed and the hourly electric energy consumed by operating time for the forage cutter MF IIMA model EM-01 modified at Mayabeque ICA and in the rice drying and milling industry at “Fernando Echenique” Rice Agro-Industrial Complex in the Cuban province of Granma, respectively.

On the other hand, De las Cuevas et al. (2013), determined the costs of operating a direct sowing machine in peso/h, adding costs for wages, amortization, maintenance and fuel, as well as costs per unit area worked (peso/ha). There are also works by Miranda (2002), Miranda et al. (2013) and Morejon et al. (2012) who evaluate the performance indicators of the New Holland L-520 rice harvester, CLAAS DOMINATOR and of the means of transport used in the rice harvest-transport process in the Agro Industrial Complex “Los Palacios”, respectively. Likewise, Matos et al. (2010), De las Cuevas et al. (2014) and Matos and García (2012) carry out similar studies, but for the sugar cane harvesters Case-7000, CAMECO and for the trucks in the transport of sugar cane, respectively. Similarly, Vázquez et al. (2012) determine the productivity and fuel consumption in tillage sets for a fluvisol soil in cassava crop.

In the aforementioned investigations, there are no studies aimed at evaluating the exploitation rates of the Refrigerated Milk Collecting Centers. Therefore, the objective of this work is to determine the operation indicators of the Refrigerated Milk Collecting Centers in the Agricultural Company of Guáimaro Municipality; as part of the research project titled: Rational Organization of Cow Milk Collection and Distribution Processes by Means of Automotive Transportation in Camagüey Province.

METHODS

Experimental investigations were carried out in the process of receiving and cooling cow milk at the Refrigerated Milk Collecting Centers of cooperative sector entities belonging to “Geonel Rodríguez Cordoví” (Taíno) cheese factory of the Dairy Products Company, located in Guáimaro Municipality, Camagüey Province, between the years 2013 and 2015 and during rainy and not rainy seasons. The technical - economic operating diagnosis was made to the 19 cooling centers with an installed capacity of 31 200 L, with varying capacity thermos (500, 1040 and 1050 L, respectively) and 957 suppliers. Figure 1 shows one of the evaluated centers: Los Acostas Cooling Center.

The determination of technical and economic indicators for the operation of Refrigerated Milk Collecting Centers in the Agricultural Company of Guáimaro Municipality in Camagüey Province was carried out with the application of current regulations NC 34-37: 2003 and NC 34-38: 2003.

sector; según los trabajos realizados por Valdés et al. (2015), y Llanes (2009), que determinaron el gasto específico de energía eléctrica consumida por unidad de trabajo realizado y el gasto horario de energía eléctrica consumida por tiempo de explotación para la máquina picadora de forraje MF IIMA modelo EM-01 modificada en el ICA Mayabeque y en la industria del secado y molienda del arroz en el Complejo Agroindustrial arrocero “Fernando Echenique” en la provincia cubana de Granma respectivamente.

Por otro lado según de las Cuevas *et al.* (2013), determinó los costos de explotación de una máquina de siembra directa en peso/h, adicionando los costos por concepto de salarios, amortización, reparación – mantenimientos y en combustible, así como los costos por unidad de área trabajada (peso/ha). También existen los trabajos realizados por Miranda *et al.* (2002), Miranda *et al.* (2013), y Morejon *et al.* (2012), que evalúan los indicadores de explotación de las cosechadoras de arroz New Holland L-520, CLAAS DOMINATOR y de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial “Los Palacios” respectivamente. Asimismo Matos *et al.* (2010), de las Cuevas *et al.* (2014), y Matos y García (2012), realizan estudios similares pero para las cosechadoras de caña Case - 7000, CAMECO y para los camiones en la transportación de la caña respectivamente., así como Vázquez *et al.* (2012), determina la productividad y el consumo de combustible en conjuntos de labranza para un suelo fluvisol en el cultivo de la yuca.

En las investigaciones anteriormente mencionadas no se reflejan trabajos dirigidos a la evaluación de los índices de explotación de los Centros de Acopio Colectivos de Leche Refrigerada, por lo que se presenta como objetivo determinar los indicadores técnico – económicos de explotación de los Centros de Acopio Colectivos de Leche Refrigerada en la Empresa Agropecuaria del municipio Guáimaro; como parte del proyecto de investigación titulado: Organización racional del proceso de acopio y distribución de leche vacuna por medios de transporte automotor en la provincia Camagüey.

MÉTODOS

Las investigaciones experimentales se realizaron en los Centros de Acopio Colectivos de Leche Refrigerada de las diferentes entidades del sector cooperativo en el proceso de recepción y enfriamiento de la leche vacuna, pertenecientes a La fábrica de Quesos “Geonel Rodríguez Cordoví” (Taíno) de la Empresa de Productos Lácteos, ubicados en el municipio Guáimaro, Provincia Camagüey, en el período 2013-2015 durante las dos épocas del año (lluviosa y poco lluviosa). El diagnóstico técnico – económico de explotación fue realizado a los 19 centros de enfriamientos con una capacidad instalada de 31 200 L, con termos de variada capacidad (500, 1 040 y 1 050 L respectivamente) y 957 proveedores. En la Figura 1 se presenta uno de los centros evaluados, el centro de enfriamiento Los Acostas.

La determinación de los indicadores técnicos – económicos de explotación de los centros de acopio colectivos de leche refrigerada en la Empresa Agropecuaria del municipio Guáimaro, de la provincia Camagüey, se realizó con la aplicación de las normativas vigentes NC 34-37: 2003 y NC 34-38: 2003.



FIGURE 1. Cooling Center Los Acostas.
 FIGURA 1. Centro de enfriamiento Los Acostas.

The times for each operation were codified with the application of NC 34-37: 2003, making the necessary adjustments for the investigation of these installations, from the following expressions:

$$T_{TO} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_8 \quad (1)$$

Where:

T_{TO} -total observation time: must coincide with the difference between the times of starting and ending of the working day recorded in the observation hours;

T_1 -main time: includes only the time the cooling center is processing milk from the producers;

T_2 - auxiliary time: operations performed at the facility to perform laboratory tests on the quality of milk received;

T_3 - time of technical maintenance of the cooling center: includes all the operations of daily and scheduled technical maintenance, as well as the regulations that are made to the installation (cleaning, lubrication, screws tightening);

T_4 - time for the elimination of failures: it covers all technical and technological damages that the installation presents;

T_8 - stopping time due to external causes to the cooling center: due to weather, lack of electricity and other causes;

T_{02} : The operating time: is the time in which the installation remains in operation, which includes the main and auxiliary times.

$$T_{02} = T_1 + T_2 \quad (2)$$

Productive time (T_{04}): is the time in which the cooling center remains in operation and also includes the operations that guarantee its technical condition.

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (3)$$

Los tiempos para cada operación fueron codificados con la aplicación de la NC 34-37: 2003, realizándole las adecuaciones necesarias para la investigación de estas instalaciones, a partir de las expresiones siguientes:

$$T_{TO} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_8 \quad (1)$$

donde:

T_{TO} - tiempo total de observación: debe coincidir con la diferencia entre las horas de inicio y fin de la jornada laboral registrada en las horas de observación cronometradas;

T_1 - tiempo principal: incluye solamente el tiempo en que el centro de enfriamiento está procesando la leche proveniente de los productores;

T_2 - tiempo auxiliar: operaciones que se realiza en la instalación para realizar las pruebas de laboratorio, sobre la calidad de la leche recibida;

T_3 - tiempo de mantenimiento técnico del centro de enfriamiento: incluye todas las operaciones de mantenimiento técnico diario y programado, así como las regulaciones que se le realicen a la instalación. (Limpieza, engrase, apriete de tornillos);

T_4 - tiempo para la eliminación de fallos: abarca todas las averías técnicas y tecnológicas que presente la instalación;

T_8 - tiempo de parada por causa ajenas al centro de enfriamiento: por causas meteorológicas, falta de corriente eléctrica y por otras causas;

El tiempo operativo (T_{02}): es el tiempo en el cual la instalación permanece en funcionamiento, que incluye el tiempo principal y auxiliar.

$$T_{02} = T_1 + T_2 \quad (2)$$

El tiempo productivo (T_{04}): es el tiempo en el cual el centro de enfriamiento permanece en funcionamiento y se incluyen además las operaciones que garantizan su estado técnico.

Shift time without failure (T_{SF}) is the time when the cooling center performs all its functions without failures.

$$T_{SF} = T_1 + T_2 + T_3 \quad (4)$$

Operation time (T_{06}) is equal to the productive time (T_{04}).
Determination of Productivity Indices in Cooling Centers:
Productivity per hour at the main time.

$$W_1 = \frac{Q}{T_1}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (5)$$

Where:

Q – Quantity of milk processed in the day, (L);
Productivity per hour of operation time.

$$W_{02} = \frac{Q}{T_{02}}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (6)$$

Productivity per hour of productive time.

$$W_{04} = \frac{Q}{T_{04}}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (7)$$

Productivity per hour of shift time without failure.

$$W_{SF} = \frac{Q}{T_{SF}}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (8)$$

Operation coefficients:

Coefficient of utilization of the operation time.

$$K_{02} = \frac{T_1}{T_1 + T_{02}} \quad (9)$$

Coefficient of utilization of the maintenance time.

$$K_{41} = \frac{T_1}{T_1 + T_3} \quad (10)$$

Coefficient of utilization of the shift time without failure.

$$K_{SF} = \frac{T_1}{T_1 + T_{SF}} \quad (11)$$

Coefficient of utilization of the time of operation.

$$K_{06} = \frac{T_1}{T_1 + T_{06}} \quad (12)$$

Electric energy costs:

Specific costs of electric energy consumed per unit of work performed.

$$E_e = \frac{E}{Q}, \left[\frac{kWh}{L} \right] \quad (13)$$

Where:

E – Electric energy costs during the work, kWh, according to the meter of the cooling center.

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (3)$$

El tiempo de turno sin fallo: es el tiempo en que el centro de enfriamiento realiza todas sus funciones sin que existan fallos.

$$T_{SF} = T_1 + T_2 + T_3 \quad (4)$$

El tiempo de explotación (T_{06}): es igual al Tiempo Productivo (T_{04}).

Determinación de los índices de Productividad en los centros de enfriamiento:

Productividad por hora de tiempo principal.

$$W_1 = \frac{Q}{T_1}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (5)$$

donde:

Q – Cantidad de leche procesada en la jornada, (L).

Productividad por hora de tiempo operativo.

$$W_{02} = \frac{Q}{T_{02}}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (6)$$

Productividad por hora de tiempo productivo.

$$W_{04} = \frac{Q}{T_{04}}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (7)$$

Productividad por hora de tiempo de turno sin fallo.

$$W_{SF} = \frac{Q}{T_{SF}}, \left[\frac{L}{h} \right] \quad (8)$$

Coefficientes de explotación:

Coefficiente de utilización del tiempo operativo.

$$K_{02} = \frac{T_1}{T_1 + T_{02}} \quad (9)$$

Coefficiente de utilización del tiempo de mantenimiento.

$$K_{41} = \frac{T_1}{T_1 + T_3} \quad (10)$$

Coefficiente de utilización del tiempo de turno sin fallo.

$$K_{SF} = \frac{T_1}{T_1 + T_{SF}} \quad (11)$$

Coefficiente de utilización del tiempo de explotación.

$$K_{06} = \frac{T_1}{T_1 + T_{06}} \quad (12)$$

Gasto de energía eléctrica:

Gasto específico de energía eléctrica consumida por unidad de trabajo realizado.

$$E_e = \frac{E}{Q}, \left[\frac{kWh}{L} \right] \quad (13)$$

donde:

E – Gasto de energía eléctrica durante la realización del trabajo, kWh, según el metrocontador eléctrico del centro de refrigeración.

Hourly costs of electric energy consumed by operating time.

$$E_h = \frac{E}{T_{06}}, \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \quad (14)$$

Calculation of the operating costs of the cooling center, according to NC 34-38: 2003, which was adapted to the operating conditions of it.

The operating costs in the cooling centers are determined by the following expression:

$$C_{EX} = \frac{C_{DE}}{W_{04}}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{L}} \right] \quad (15)$$

Where:

C_{DE} – Direct operating costs in milk cooling.

The direct operating costs in the cooling of milk are calculated by the expression:

$$C_{DE} = C_S + C_A + C_{MR} + C_{Eh}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (16)$$

Where:

C_S – Costs for salary, peso/h;

C_A – Amortization costs, peso/h;

C_{MR} – Costs for maintenance and repairs, peso/h;

C_{Eh} – Costs for electric energy consumption; peso/h.

Each component of the total costs is determined according to the following expressions:

Salary costs are determined according to:

$$C_S = P_S \cdot S_p, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (17)$$

Where:

P_S – Number of service personnel;

S_p – Hourly salary of service personnel, peso/h.

Amortization costs are determined by:

$$C_A = \frac{P_{CE} \cdot T_A}{C_{ZA}}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (18)$$

Where:

P_{CE} – General cost of the installation: it is the sum of everything invested to put it in stable operation, peso;

T_A – Amortization coefficient;

C_{ZA} – Annual zonal load, h;

Where:

$$C_{ZA} = D \cdot T_{02}, \quad [h] \quad (19)$$

Where:

D – Number of working days of the machine.

The costs for maintenance and repairs are equal to:

$$C_{MR} = \frac{P_{CE} \cdot (T_M + T_R)}{C_{ZA}}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (20)$$

Gasto horario de energía eléctrica consumida por tiempo de explotación.

$$E_h = \frac{E}{T_{06}}, \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \quad (14)$$

Cálculo de los costos de explotación del centro de enfriamiento, según NC 34-38: 2003, la cual fue adaptada a las condiciones de explotación de los mismos.

Los costos de explotación en los centros de enfriamiento se determinan por la expresión siguiente:

$$C_{EX} = \frac{C_{DE}}{W_{04}}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{L}} \right] \quad (15)$$

donde:

C_{DE} – Costos directos de explotación en el enfriamiento de leche.

Los costos directos de explotación en el enfriamiento de leche se calculan por la expresión:

donde:

C_S – Costos por concepto de salario, peso/h;

C_A – Costos por concepto de amortización, peso/h;

C_{MR} – Costos por concepto de mantenimiento y reparaciones, peso/h;

C_{Eh} – Costos por concepto de consumo de energía eléctrica; peso/h

Se determinan cada uno de los componentes de los costos totales según las siguientes expresiones:

Los costos por concepto de salario se determinan según:

$$C_S = P_S \cdot S_p, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (17)$$

donde:

P_S – Cantidad de personal de servicio;

S_p – Salario horario del personal de servicio, peso/h.

Los costos por concepto de amortización, según Informe de cierre mensual:

$$C_A = \frac{P_{CE} \cdot T_A}{C_{ZA}}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (18)$$

donde:

P_{CE} – Costo general de la instalación: es la suma de todo lo invertido para poner en funcionamiento estable la misma, peso;

T_A – Coeficiente de amortización;

C_{ZA} – Carga zonal anual, h;

Siendo:

$$C_{ZA} = D \cdot T_{02}, \quad [h] \quad (19)$$

Donde:

D – cantidad de días de trabajo anual de la máquina.

Los costos por concepto de mantenimiento y reparaciones, según Informe de cierre mensual:

$$C_{MR} = \frac{P_{CE} \cdot (T_M + T_R)}{C_{ZA}}, \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (20)$$

Where:

T_M - Coefficient of discount for maintenance;

T_R - Coefficient of discount for repairs.

The costs for electricity consumption are equal to:

$$C_{E_h} = E_h \cdot P_{kW}, \quad \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (21)$$

Where:

P_{kW} - Price of kWh of electric current, peso/kWh, according to the established tariffs of the electric company.

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of the results of the technical - economic indicators of operating of the cooling centers used in the reception and cooling of the cow milk in the Guáimaro Municipality.

Analysis of the operating times of the cooling centers used

Figure 2 shows the results of percentages of operation times with respect to the total time of observation in the centers of milk cooling, taking into account the two seasons of the year (rainy and not rainy). They behave similarly because it is a new technology that has recently started its operation and the times of fault elimination (T_4) and stop due to external causes to the entity (T_8) are zero, this means that the equipment has a high reliability during the work performed, which is a very positive aspect that also justifies the equivalence between productive time, time without failure and exploitation time, as well as the total observation time for the two periods analyzed, representing 100% (160,17 h) and (151,15 h) for the rainy and slightly rainy months, respectively. In the main time period (T_1), it was 84,29% (135 h) in the rainy season and 84,46% (128 h) in the not rainy season, followed by the technical maintenance time (T_3) with 14,32% (22,95 h) and 14,15% (21,45 h) for the rainy and not rainy months, respectively, mainly due to the therm cleaning times, a vital action to achieve high quality milk. On the other hand, the auxiliary time (T_2) represented 1,339% for the two periods analyzed, this behavior is due to the accomplishment of another important task in the process that is the performance of the laboratory tests to determine the milk quality on which the raw material value depends. In addition, the operational time (T_{02}) was 85,67% (137,22 h) and 85,85% (130,1 h) for the rainy and not rainy seasons, respectively.

Donde:

T_M - Coeficiente de descuento por concepto de mantenimiento;

T_R - Coeficiente de descuento por concepto de reparaciones;

Los costos por concepto de consumo de energía eléctrica es igual a:

$$C_{E_h} = E_h \cdot P_{kW}, \quad \left[\frac{\text{peso}}{\text{h}} \right] \quad (21)$$

donde:

P_{kW} - Precio del kWh de corriente eléctrica, peso/kWh, según las tarifas establecidas de la empresa eléctrica nacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los resultados de los indicadores técnicos – económicos de explotación de los centros de enfriamiento utilizados en la recepción y enfriamiento de la leche vacuna en el municipio Guáimaro.

Análisis de los tiempos de explotación de los centros de enfriamiento empleados

En la Figura 2 se muestran los resultados de los porcentajes de los tiempos de explotación con respecto al tiempo total de observación en los centros de enfriamiento de leche vacuna, teniendo en cuenta las dos épocas del año (lluviosa y poco lluviosa). Los cuales se comportan de forma similar debido a que es una nueva tecnología que comenzó recientemente su explotación y los tiempos de eliminación de fallos (T_4) y de parada por causas ajenas a la entidad (T_8) son ceros, esto significa que los equipos poseen una alta fiabilidad durante el trabajo realizado, aspecto muy positivo y además justifica la equivalencia entre los tiempos productivo, de turno sin fallo y de explotación, así como con el tiempo total de observación para los dos periodos analizados, representando el 100% (160,17 h) y (151,15 h) para la época lluviosa y poco lluviosa respectivamente. En el caso del tiempo principal (T_1) representó un 84,29 % (135 h) en la época lluviosa y 84,46 % (128 h) en la poca lluviosa, seguido del tiempo de mantenimiento técnico (T_3) con un 14,32 % (22,95 h) y 14,15 % (21,45 h) para el periodo lluvioso y poco lluvioso respectivamente, dado principalmente por los tiempos en la limpieza de los termos, acción de vital importancia para lograr alta calidad de la leche. Por otro lado el tiempo auxiliar (T_2) representó el 1,39 % para los dos periodos analizados, este comportamiento se debe al cumplimiento de otra tarea importante dentro del proceso que es la realización de las pruebas de laboratorio para determinar la calidad de la leche ya que de esta depende el valor de la materia prima. Además el tiempo operativo (T_{02}) representó el 85,67% (137,22 h) y de 85,85% (130,1 h) para el periodo lluvioso y poco lluvioso respectivamente.

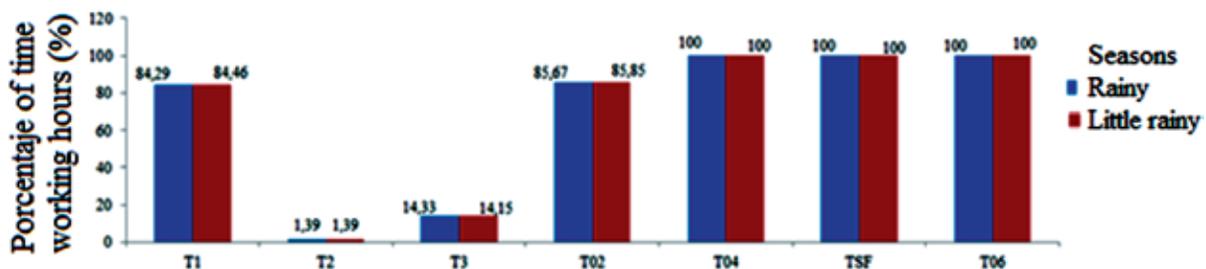


FIGURE 2. Percentage of the operation times of milk cooling centers in the municipality of Guáimaro.

FIGURA 2. Porcentaje de los tiempos de explotación de los centros de enfriamientos de leche vacuna en el municipio Guáimaro.

Analysis of the behavior of the exploitation indicators

The cooling centers of Guáimaro Municipality have a total installed capacity in liters of milk of 31 200 for the rainy months and 30 420 in the not rainy ones. The actual quantity of milk cooled for the two seasons of the year (rainy and not rainy) analyzed was 28 053 and 10 888 liters of milk, respectively. As it can be seen, the total installed capacity compared to the actual cooled, in the rainy season, showed a 89,91%, greater value than in the not rainy season (35,79%), for an increase of 54,12% due to the greater production of milk (which means that in some centers their capacity is depleted and they must use the water storage tanks), so that there is a functioning practically to full capacity of the cooling centers at that time and therefore its best use. On the other hand, in the low rainy season the low capacity utilization means that a cooling center stops working and the ones that work do it below its installed capacity, so the historical volume of production was not taken into account for the location of such cooling centers, which presupposes that a technical - economic study was not carried out prior starting operation of these equipment.

Figure 3 shows the productivity behavior (L/h) in the different operation times, as it can be seen the productivity in the main time (W_1) is 207,80 L/h and 85,06 L/h in the rainy and slightly rainy months, respectively, for an increase of 122,74 L/h (18,14%). This difference is due to the increase of milk production in this period, although this indicator can be increased with a better organization of the producers within the range of action with respect to the historical volumes of production and the capacity of the centers. A similar situation occurs in productivity per hour of productive time (W_{02}) reaching values of 204,44 L/h in the rainy season and 83,69 L/h for the low rainfall and in the productivity of operating time (W_{06}) that was 175,15 L/h and 71,84 L/h, respectively. It is also observed that the productivity per hour of shift time without fault (W_{SF}) and hour of operation time are the same demonstrating the high reliability of this equipment.

Análisis del comportamiento de los indicadores de explotación

Los centros de enfriamiento del municipio Guáimaro presentan una capacidad instalada total en litros de leche de 31 200 para la época lluviosa y 30 420 en la poca lluviosa. La cantidad real de leche enfriada para las dos épocas del año analizadas fue de 28 053 y 10 888 litros de leche respectivamente. Como se puede apreciar la capacidad total instalada con respecto a la real enfriada, en la época lluviosa arrojó un 89,91 %, mayor valor que en la poca lluviosa (35,79 %), para un incremento de 54,12 %, debido a la mayor producción de leche, (que conlleva que en algunos centros se agote su capacidad y deben utilizar los refrescaderos con depósitos de agua), por lo que existe un funcionamiento prácticamente a plena capacidad de los centros de enfriamiento en esa época y por ende su mejor aprovechamiento. Por otro lado en la época poco lluviosa el bajo aprovechamiento de la capacidad, significa que un centro de enfriamiento deja de funcionar y los que funcionan lo hacen muy por debajo de su capacidad instalada, por lo que no se tuvo en cuenta el volumen de producción histórica para la ubicación de dichos centros de enfriamientos, lo cual presupone que no se realizó un estudio técnico – económico previo a la puesta en explotación de estos equipos.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la productividad (L/h) en los diferentes tiempos de explotación, como se puede apreciar la productividad en el tiempo principal (W_1) es de 207,80 L/h y 85,06 L/h en la época lluviosa y poca lluviosa respectivamente, para un incremento de 122,74 L/h (18,14%), esta diferencia se debe al aumento de la producción de leche en este período, aunque se puede incrementar este indicador con una mejor organización de los productores dentro del radio de acción con respecto a los volúmenes históricos de producción y la capacidad de los centros. Algo similar ocurre en la productividad por hora de tiempo productivo (W_{02}) alcanzando valores de 204,44 L/h en la época lluviosa y 83,69 L/h para la poca lluviosa y en la productividad de tiempo de explotación (W_{06}) que fue de 175,15 L/h y 71,84 L/h respectivamente. Además se observa que la productividad por hora de tiempo de turno sin fallo (W_{SF}) y por hora de tiempo de explotación son iguales demostrando la alta fiabilidad de estos equipos.

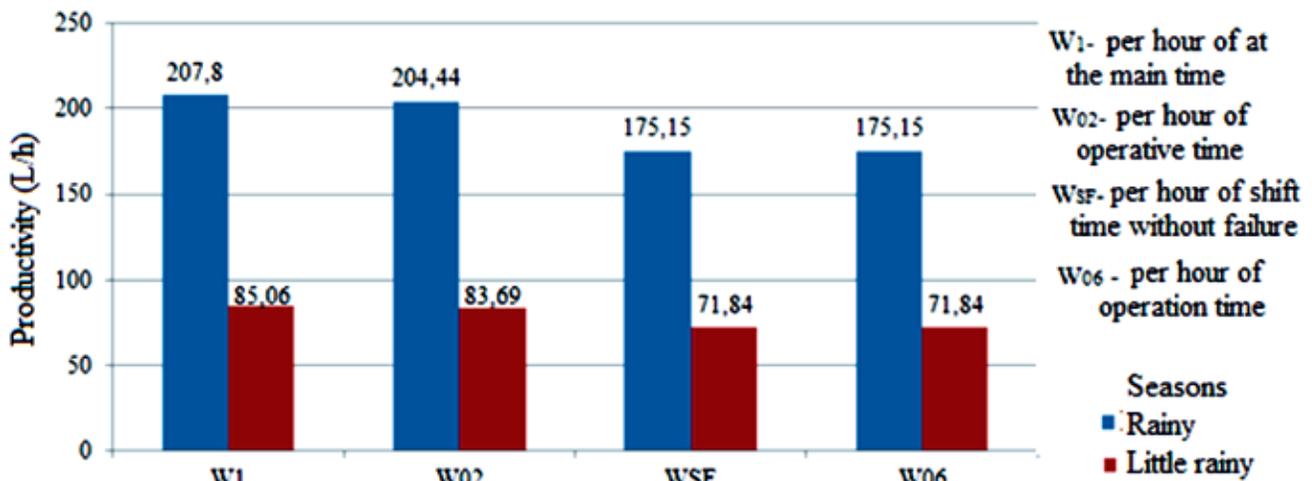


FIGURE 3. Productivity in the Different Times of Operation of Cow Milk Cooling Centers in Guáimaro Municipality.
 FIGURA 3. Productividad en los diferentes tiempos de explotación de los centros de enfriamientos de leche vacuna en el municipio Guáimaro.

Figure 4 shows the values of the operational time utilization coefficients (K_{02}), the maintenance time (K_{41}), the time of failure and the exploitative time (K_{06}) that behave similar for the two seasons by as explained above in the behavior of the results of operating times.

En la Figura 4 se muestra los valores de los coeficientes de utilización del tiempo operativo (K_{02}), del tiempo de mantenimiento (K_{41}), del tiempo de turno sin fallo y del tiempo explotativo (K_{06}) que se comportan similares para las dos épocas, por lo explicado anteriormente en el comportamiento de los resultados de los tiempos de explotación.

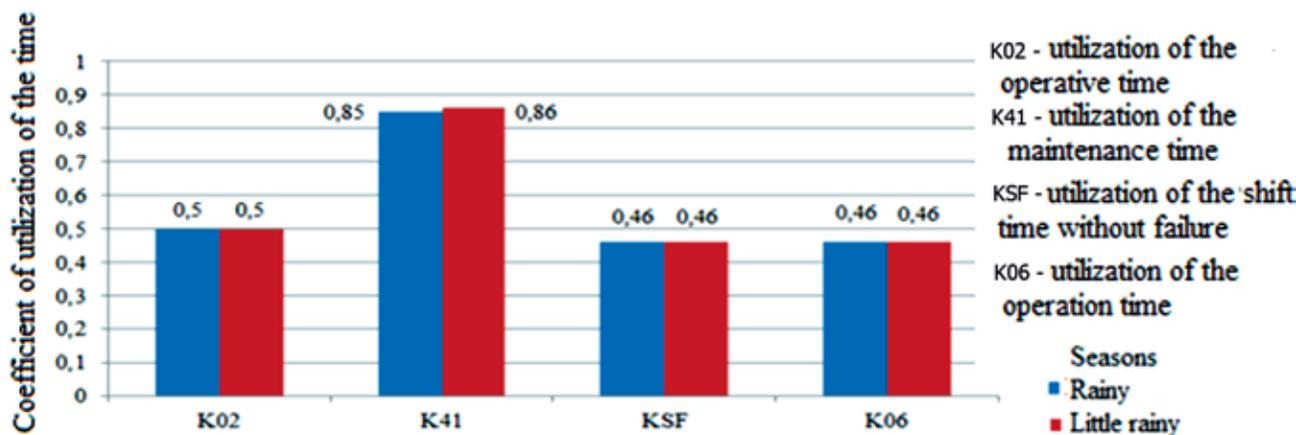


FIGURE 4. Operation Coefficients of Milk Cooling Centers in Guáimaro Municipality.
 FIGURA 4. Coeficientes de explotación de los centros de enfriamientos de leche vacuna en el municipio Guáimaro.

In the case of the specific expenditure of electric energy consumed per work unit, the values for the two seasons (rainy and not very rainy) were 1,62 kWh/L and 3,42 kWh/L respectively. This increase of 1,8 kWh/L in the low rainy season is due to the fact that less milk is processed (almost one third less) and the equipment works practically the same as in the rainy months. The hourly electric power consumed by operating time was 283 kWh/h for the rainy season and 246 kWh/h for the little rainy season, this is due to the fact that the equipment keeps working in both seasons, which shows that in the little rainfall decreases the efficiency in the cooling centers, since the equipment works for a 35,79% of use of its capacity.

En el caso del gasto específico de energía eléctrica consumida por unidad de trabajo realizado, los valores para las dos épocas (lluviosa y poco lluviosa) fueron de 1,62 kWh/L y 3,42 kWh/L respectivamente, este incremento de 1,8 kWh/L en el periodo poco lluvioso se debe a que, se procesa menor cantidad de leche (casi la tercera parte menos) y los equipos funcionan prácticamente igual que en los meses lluviosos. El gasto horario de energía eléctrica consumida por tiempo de explotación fue de 283 kWh/h para la lluviosa y 246 kWh/h para la poco lluviosa, esto se debe a que los equipos se mantienen funcionando en las dos épocas, lo que demuestra que en la poco lluviosa disminuye la eficiencia en los centros de enfriamiento, ya que los equipos trabajan para un 35,79 % de aprovechamiento de su capacidad.

As it can be seen in Table 1, direct operating costs (C_{DE}) amount to 18,11 peso/h in the rainy season and 9,56 peso/h in the little rainy season, where wage costs (C_s) represented the highest percentage with 58,92% and electricity consumption (C_{Eh}) 41,10% in the rainy season; and in the low rainfall, the highest percentage falls in the costs of electric energy consumption (C_{Eh}) representing 51,36% and salary of 48,64%. The operation costs per liter of cooled milk (C_{EX}) were 0,10 peso/L and 0,13 peso/L for the rainy season and less rainfall respectively, the difference of 0,03 peso/L is due to the decrease of milk production in the rainy season.

En la Tabla 1 se muestra los resultados del análisis de los costos de explotación de los centros de enfriamiento de leche en el municipio de Guáimaro.

Como se aprecia en la Tabla 1, los costos directos de explotación (C_{DE}) ascienden a 18,11 peso/h en la época lluviosa y 9,56 peso/h en la poco lluviosa, donde los costos por concepto de salario (C_s) representó el mayor porcentaje con un 58,92% y consumo de energía eléctrica (C_{Eh}) un 41,10% en la época lluviosa; y en la poco lluviosa, el mayor porcentaje recae en los costos por concepto de consumo de energía eléctrica (C_{Eh}) representando un 51,36% y salario un 48,64%. Los costos de explotación por litro de leche enfriada (C_{EX}) fue de 0,10 peso/L y 0,13 peso/L para la época lluviosa y poca lluviosa respectivamente, la diferencia de 0,03 peso/L se debe a la disminución de la producción de leche en la época poco lluviosa.

TABLE 1. Operation Costs of Milk Cooling Centers in Municipality of Guáimaro
 TABLA 1. Costos de explotación de los centros de enfriamiento de leche en el municipio de Guáimaro

Parameters	U/M	Value	
		Rainy	Little rainy
Costs for salary (C_s)	peso/h	10,67	4,65
Costs for electricity consumption (C_{Eh})	peso/h	7,44	4,21

Parameters	U/M	Value	
		Rainy	Little rainy
Operation Costs (C_{DE})	peso/h	18,11	9,56
Operation Costs (C_{EX})	peso/L	0,10	0,13

CONCLUSIONS

- Productivity in the main time obtained was 207,80 and 85,06 L/h in the rainy and low rainy season, respectively, for an increase of 122,74 L/h (18,14%). Great difference between the two analyzed seasons due to the increase of production in the rainy season, which allows a greater use of the capacity of the cooling centers of 89,91% for this time of the year and the inefficiency of these in the little rainy season, since the equipment works to 35,79% of its capacity;
- The coefficients of use of the times were similar in the two seasons analyzed (rainy and little rainy) and with high values of 0,84 of the main time and 0,85 of operative time, because the times of elimination of failures and outages due to external causes are null, demonstrating a high reliability of the equipment during the work;
- The specific expenditure of electric energy consumed per unit of work was 1,62 kWh/L for rainy and 3,42 kWh/L for not rainy season and the hourly electric power consumed per operating time was 283 kWh/h and 246 kWh/h for the rainy and not rainy, respectively. That demonstrates the inefficiency of cooling centers in the not rainy season, as they consume almost the same amount of electricity and actually cool less than half of milk than in rainy season;
- The highest costs in cooling centers are referred to wage costs (C_s) 58,92% and electricity consumption (C_{Eh}) 41,10% in the rainy season; and in the not rainy season, costs of energy consumption (C_{Eh}) 51,36% and salary 48,64%;
- The direct operating costs (C_{DE}) amount to 18,11 peso/h in the rainy season and 9,56 peso/h in the not rainy season;
- Operating costs per liter of cooled milk (C_{EX}) were 0,10 peso/L and 0,13 peso/L for the rainy season and not rainy season, respectively, the increase of 0,03 peso/L is due to the fact that in not rainy season less milk is cooled

ACKNOWLEDGMENTS

I am grateful to the management of the Cheese Factory “Geonel Rodríguez Cordoví” of the Dairy Products Company, Guáimaro Municipality and the technicians and workers staff of the 19 Refrigerated Milk Collecting Centers for allowing the development of this research in their units of production. In addition to the support of the Department of Mechanical Engineering and students who collaborated with the completion of their diploma work.

REFERNCES / REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

DE LAS CUEVAS, M.H.R.; RAVELO, I.; DÍAZ, A.; PANEQUE, P.: “Evaluación tecnológica y de explotación de la combinada de caña CA-MECO”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4): 35-38, 2014, ISSN: 2227-8761.

CONCLUSIONES

- Las productividades en el tiempo principal obtenidas ascienden a valores de 207,80 y 85,06 L/h en la época lluviosa y poco lluviosa respectivamente, para un incremento de 122,74 L/h (18,14%), se obtuvo una gran diferencia entre las dos épocas analizadas debido al incremento de la producción en la lluviosa, lo que permite un mayor aprovechamiento de la capacidad de los centros de enfriamientos de 89,91 % para esta época del año y la ineficiencia de estos en la poco lluviosa, ya que los equipos trabajan a un 35,79 % de su capacidad;
- Los coeficientes de utilización de los tiempos se comportaron similares en la dos épocas (lluviosa y poco lluviosa) analizadas y con valores altos de 0,84 del tiempo principal y 0,85 de tiempo operativo, debido a que los tiempos de eliminación de fallos y paradas por causas ajenas son nulos, demostrando una alta fiabilidad de los equipos durante el trabajo;
- El gasto específico de energía eléctrica consumida por unidad de trabajo realizado fue de 1,62 kWh/L para la lluviosa y 3,42 kWh/L para la poco lluviosa y el gasto horario de energía eléctrica consumida por tiempo de explotación fue de 283 kWh/h y 246 kWh/h para la lluviosa y poco lluviosa respectivamente, esto demuestra la ineficiencia de los centros de enfriamiento en la poco lluviosa, ya que consumen casi la misma cantidad de energía eléctrica y enfría realmente menos de la mitad de leche que en la lluviosa;
- Los costos de mayor porcentaje en los centros de enfriamiento recaen en los costos por concepto de salario (C_s) en un 58,92% y consumo de energía eléctrica (C_{Eh}) un 41,10% en la época lluviosa; y en la poca lluviosa, recaen en los costos por concepto de consumo de energía eléctrica (C_{Eh}) en un 51,36% y salario un 48,64%;
- Los costos directos de explotación (C_{DE}) ascienden a 18,11 peso/h en la época lluviosa y 9,56 peso/h en la poca lluviosa;
- Los costos de explotación por litro de leche enfriada (C_{EX}) fue de 0,10 peso/L y 0,13 peso/L para la época lluviosa y poca lluviosa respectivamente, el incremento de 0,03 peso/L se debe a que en la época poca lluviosa se enfría menor cantidad de leche.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la dirección de La Fábrica de Quesos “Geonel Rodríguez Cordoví” de la Empresa de Productos Lácteos, del municipio Guáimaro y al personal técnico y obrero de los 19 Centros de Acopio Colectivos de Leche Refrigerada por el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación en sus unidades de producción. Además del apoyo del Departamento de Ingeniería Mecánica y los estudiantes que colaboraron con la realización de su trabajo diploma.

- DE LAS CUEVAS, M.H.R.; RODRÍGUEZ, H.T.; PANEQUE, R.P.; DÍAZ, Á.M.: “Costos de explotación de una máquina de siembra directa”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1): 12-15, 2013, ISSN: 2071-0054.
- LLANES, C.E.A.: “Comportamiento de los índices de consumo energético en la industria arrocera en la provincia cubana de Granma”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 76-81, 2009, ISSN: 1010-2760.
- MATOS, N.; GARCÍA, E.: “Evaluación técnica y de explotación de los camiones en la transportación de la caña”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 30-33, 2012, ISSN: 2071-0054.
- MATOS, N.; GARCÍA, E.; GONZÁLEZ, J.: “Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case-7 000”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4): 6-9, 2010, ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, A.; CASTELLS, S.; FERNÁNDEZ, O.; SANTOS, F.; IGLESIAS, C.: “Análisis de la utilización del tiempo de turno por las cosechadoras arroz CLAAS DOMINATOR”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4): 27-31, 2013, ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C.A.; IGLESIAS, C.C.; ANILLO, J.; FALCÓN, L.; RIVERO, F.R.; RIVERO, M.R.; RUIZ, L.M.; CRUZ, B.A.: “Evaluación tecnológica y explotación de las cosechadoras de arroz New Holland L-520”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(4): 13-15, 2002, ISSN: 1010-2760.
- MOREJÓN, Y.; IGLESIAS, C.; DOMÍNGUEZ, G.: “Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial “Los Palacios””, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 45-48, 2012, ISSN: 2071-0054.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Leche. Prueba de la acidez mediante la prueba de alcohol al 72%*, no. NC 78-25-09:83, La Habana, Cuba, 1983.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Leche. Toma de muestras*, no. NC 78-11:86, La Habana, Cuba, 1986.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Leche. Prueba de california para el diagnóstico de mastitis*, no. NC 118:01, La Habana, Cuba, 2001a.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Leche. Prueba de la densidad*, no. NC 119:01, La Habana, Cuba, 2001b.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, no. NC 34-38:03, La Habana, Cuba, 2003a.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación tecnológica - explotativa*, no. NC 34-37:03, La Habana, Cuba, 2003b.
- ONEI (OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN): *Anuario Estadístico de Cuba, [en línea]*, Ed. ONEI, La Habana, Cuba, 445 p., 2015, ISBN: 978-959-7119-62-3, Disponible en: <http://www.onei.cu/aec2014/00%20Anuario%20Estadistico%202014.pdf>, [Consulta: 21 de febrero de 2016].
- ONEI (OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN): *Anuario Estadístico de Cuba, [en línea]*, Ed. ONEI, La Habana, Cuba, 2016, Disponible en: <http://www.onei.cu/aec2015.htm>, [Consulta: 29 de mayo de 2016].
- PONCE, P.: “Un enfoque crítico de la lechería internacional y cubana”, *Revista de Salud Animal*, 31(2): 77-85, 2009, ISSN: 0253-570X.
- VALDÉS, H.P.A.; DE LAS CUEVAS, H.; RODRÍGUEZ, D.; SUÁREZ, R.; GÓMEZ, Á.M.V.; DELGADO, R.: “Determinación de los indicadores tecnológicos y de explotación de la máquina picadora de forraje MF IIMA modelo EM-01 modificada”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3): 28-34, 2015, ISSN: 2071-0054.
- VÁZQUEZ, H.B.; PARRA, L.R.; SÁNCHEZ-GIRÓN, V.M.; ORTIZ, A.: “Análisis de la productividad y el consumo de combustible en conjuntos de labranza en un fluvisol para el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 38-41, 2012, ISSN: 2071-0054.

Received: 27/11/2016.

Approved: 15/06/2017.

Dusquier Elizalde Rodríguez, Profesor Instructor, Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte y Loynaz”, Facultad de Electromecánica, Departamento de Ingeniería Mecánica, Circunvalación Norte km 23½, Camagüey, Cuba, Teléfono: (032) 261456, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu.

Neeldes Matos Ramírez, E-mail: @reduc.edu.cu

Pedro A. Valdés Hernández, E-mail: pvaldes@unah.edu.cu

Dalmis Delgado González, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Leider Labrada Acosta, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Randy Milanés Pérez, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.