



USE OF THE ENERGY IN AGRICULTURE
UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA AGRICULTURA



ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15663.94886>

Energy study of the pumping system from the Institute of Animal Science, Cuba

Estudio energético del sistema de bombeo en el Instituto de Ciencia Animal, Cuba

Ing. Duniel Pérez Torres¹, M.Sc. Arellys Vázquez Peña¹, M.Sc. Osney G. Pérez Acosta¹, M.Sc. Tania Pérez Pérez¹, Dr.C. Antihus Hernández Gómez¹¹

¹ Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

¹¹ Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

ABSTRACT. In order to perform an energy study of the pumping system from the Institute of Animal Science, a mapping and detection study of leaks in the main conductor was conducted, water leakages were measured in the interior networks and the percentage of losses was determined. At the same time, an energy study of the pump was carried out and the actual consumed power and motor efficiency were determined. Results showed that there are great losses of water regarding the total pumped water (1 400 m³), due to misuse (39.67%) or bad technical state of the networks (31.76 %). The energy study showed that annual electric consumption of the institution, regarding water supply, is 310 034.49 kW, which represents 67.6 tons equivalent to oil and annual expenses of 71 962.38 USD for the institution. It can be concluded that removing water losses, five pumping times will be avoided, which represents a saving of 51 405.31 USD per year, because there are 48.26 tons of oil that are not imported. In addition, 131.75 t of CO₂ would not be released to the atmosphere.

Keywords: energy consumption, water saving, waste.

RESUMEN. Con el objetivo de realizar un estudio energético del sistema de bombeo del Instituto de Ciencia Animal (ICA), se procedió a la mapeación y detección de salideros en la conductora principal, se midieron las fugas de agua en las redes interiores y se determinó el porcentaje de este líquido que se pierde por derroche. Conjuntamente se analizó el consumo energético de la bomba, se determinó la potencia real consumida y la eficiencia del motor. Los resultados demostraron que existen pérdidas de agua respecto al total que se bombea (1 400 m³), por mal uso (39,67%) y por mal estado técnico de las redes (31,76%). El estudio energético mostró que el consumo eléctrico anual de la institución por cuestión de abasto de agua es de 310 034.49 kW, lo que representa 67,6 toneladas equivalentes de petróleo, para un gasto anual de la institución de 71 962.38 USD. Se concluye que si se eliminan las pérdidas de agua, se evitan 5 horarios de bombeo, lo que representa un ahorro de 51 405.31 USD al año por dejar de importar 48,26 toneladas de petróleo, además se dejan de emitir a la atmósfera 131,75 t de CO₂.

Palabras clave: Consumo de energía, ahorro de agua, derroche.

INTRODUCTION

Currently, 10 000 000 000 of tons of fossil combustible per year and the increase of international consumption of oil, minerals and other primary goods is remarkable, initiating a strong expansion process of these industries, which are expressed in an increase of exported volumes and basic product prices (Rojas, 2015). Therefore, there is a question about the energy future of humanity. Many specialists, researchers, and authorities state their concern about the coming energy crisis and it also worries leaders and citizens. This problem stated by several specialists has a common basis: the huge waste of resources (Febles, 2010).

INTRODUCCIÓN

Actualmente se consumen 10 000 000 000 de toneladas de combustibles fósiles al año (Rojas, 2015). Razón por la cual, surge con más fuerza, la incógnita sobre el futuro energético de la humanidad. Este problema planteado por varios especialistas, tiene un tronco común: el derroche desmedido de los recursos (Febles, 2010).

Cuando se inicia en Cuba la Revolución Energética, se comienza con la aplicación de la Tarea de Gestión Total y Eficiente de la Energía (GTEE), con ella se identifican todos los centros altamente consumidores de energía y de estos, las áreas o equipos que tienen mayores

Since the beginning of the Energy Revolution in Cuba, the application of the Task of Total and Efficient Management of Energy (GTEE, initials in Spanish) started. The task is to identify the highest energy consuming centers and, out of them, the areas or equipments that generate more expenses. One of the activities that demand more energy expenses is water pumping, so an efficient use is necessary. The 70% of the pumped water in Cuba is being lost due to the deterioration of water networks¹.

The Institute of Animal Science, after 50 years of creation, shows a remarkable deterioration of water supply systems. According to studies on water resources in 2015, the institute should consume 400 m³ per day. However, during 7 hours of work in the aqueduct, 1,400 m³ of water are pumped, so 1,000 m³ are lost, which brings about economic, social and environmental problems. Therefore, the author decided to conduct an energy study of the pumping system that will allow improving the use of water resources.

METHODS

The energy study of the pumping system was developed at the main pumping station of ICA, which is composed by an ATH- 14 pump of 200 m³/h, with 86 m of charge, an electric motor of 87 kW and 54% of efficiency, according to manufacturing data.

Mapping and detection of leaks

Together with the Department of pitometric researches from Aguas de la Habana, a study of mapping and detection of leaks was performed in the main conductor. The determination of technical state of networks was carried out through direct probing using an Electromagnetic Geophone, Prime Probe brand, with 0.05 of precision. The location of the central network was performed through the method of inductive locating, Fisher brand, TW-6 model, with an output frequency of 82.175 kHz and 0.05 kHz of precision.

Leak measurings

Leak measurings were carried out with the method of volumetric flask. Water leaks in faucets, toilets, showers, bathroom sinks, water troughs and hoses were manually measured in volumetric flasks of 100 and 500 mL, with a minimal division 1 mL and with the use of Oregon Scientific chronometers from zero to 24 h and 0.01 s of precision. This study was conducted in all the production units and departments of the institute that are supplied by the central tank. All measurements were performed by triplicate to determine the average of water leaks in each of the accessories. Regarding the total pumped water, the percentage lost due to waste was determined using the following equation (1):

$$Vd = \frac{[Vt - (Vc + Vf)] \times 100}{Vt} \quad (1)$$

Where:

Vd – Volume of wasted water, L;

Vt – Volume of daily pumped water, L/day;

Vf – Volumen of water leaked through the accessories, L;

Vc - Volume of consume water, L.

gastos. Una de las actividades que mayor demanda energética posee es el bombeo de agua, razón por la cual es necesario que se emplee de la forma más eficiente posible. El 70% del agua bombeada en Cuba se pierde por el deterioro de las redes hidráulicas¹.

El Instituto de Ciencia Animal por su parte, al tener medio siglo de fundado, presenta un deterioro notable en los sistemas de abasto de agua. Según estudios realizados por recursos hidráulicos en el año 2015 el instituto debe consumir 400 m³ diarios, sin embargo en las 7 horas de trabajo del acueducto se bombean 1 400 m³, es decir, se pierden 1000 m³ de agua, lo que trae consigo problemas económicos, sociales y ambientales. Por esta razón, se decidió realizar un estudio energético del sistema de bombeo que permita hacer un mejor uso del recurso agua.

MÉTODOS

El estudio energético del sistema de bombeo se desarrolló en la estación de bombeo principal del ICA la que está compuesta por una bomba ATH- 14 de 200 m³/h que posee una carga de 86 m y un motor eléctrico de 87 kW, con una eficiencia del 54% según los datos del fabricante.

Mapificación y detección de fugas

De conjunto con el departamento de pitometría de Aguas de la Habana se realizó un estudio de mapificación y detección de salideros en la conductora principal. La determinación del estado técnico de las redes se realizó mediante el método de sondeo directo con el empleo de un Geófono Electromagnético, marca Prime Probe, con una precisión de 0,05. La ubicación de la red central se realizó mediante el Método de Rastreo inductivo, con el empleo de un localizador de redes, marca Fisher, modelo TW-6, con una frecuencia de salida de 82,175 kHz y una precisión de 0,05 kHz.

Mediciones de las fugas

La medición de las fugas se realizó por el método de aforo volumétrico. Los salideros de agua en las llaves, inodoros, duchas, lavamanos, bebederos y mangueras se midió de forma manual en probetas aforadas de 100 y 500 mL con división mínima de 1 mL y con el empleo de cronómetros de la marca Oregon Scientific de cero a 24 h con precisión 0,01 s. Este estudio se realizó en todas las unidades de producción y departamentos del instituto que se abastecen del tanque central. Todas las mediciones se realizaron por triplicado para determinar el promedio de las fugas de agua en cada uno de los accesorios. Sobre la base del total de agua que se bombea, se determinó el porcentaje que se pierde por derroche mediante la siguiente ecuación (1):

$$Vd = \frac{[Vt - (Vc + Vf)] \times 100}{Vt} \quad (1)$$

donde:

Vd – Volumen de agua que se derrocha, L;

Vt – Volumen de agua que se bombea diario, L/día;

Vf – Volumen de agua que se fuga a través de los salideros en los accesorios L;

Vc - Volumen que se debe consumir, L.

¹ ASPIOLEA, J.L.: *Fertilización de pastos y abastecimiento de agua a la ganadería*, ICA, Tesis de Doctorado, La Habana, Cuba, 2008.

Energy study of the pump

Due to the exploitation time of the system, the energy consumption of the pump was also determined. Measurements of tension and intensity were performed with a Clamp Meter of 1,000 A digital DC/AC, according to the methodology described in the manual of energy efficiency, proposed by the Inter-American Development Bank (IDB) in 2011. Measurements were carried out in different schedules (4:30, 8:00, 10:00, 13:00 and 16:00) for four months. The efficiency and actual consumed power were measured using the following equations (2, 3):

$$P = \sqrt{3} * I * V * \cos\varphi \quad (2)$$

$$e = \frac{9.81 * Q_b * H_b}{P_m} * 100 \quad (3)$$

Where:

P- power, kW;

I- electric intensity, A;

V-tension, V;

cos j - Phase lag angle of the motor, cos j= 0,87;

e – efficiency;

Q_b - pump stream, m³/s;

H_b - pump charge, m;

P_m - motor power, kW.

Statistical analysis

A non-parametric analysis of variance of random blocks with a 4 x 5 factorial arrangement was performed, divided into 4 months (February, May, August and November) and 5 measuring times. Theoretical suppositions of the analysis of variance were verified from Shapiro & Wilk (1965) tests for normality of errors and the Levene (1960) test was used for homogeneity of variance.

The analyzed variables did not fulfill the theoretical suppositions of ANOVA, so the transformations of \sqrt{x} , ln and log10 were used. However, they did not improve the fulfillment of those suppositions so, a non-parametric analysis of variance of Friedman random blocks was performed, with a 4 x 5 factorial arrangement and the test of LSD Fisher & Yates, (1958), was applied to compare mean ranges.

RESULTS AND DISCUSSION

Mapping and detection of leaks

Using an inductive locating method, the main conductor and the pipes that supply the departments and production units of the institute were located, as well as the registers, valves and diameters of the water network.

According to studies of direct probing, it was concluded that the main conductor has a good technical state and has no considerable leaks. This result confirms the hypothesis that great part of the water is lost in interior networks of the facilities where only a 20.8% of the sampled areas showed no leaks.

In production areas, water leaks in hoses, water nipples

Estudio energético de la bomba

Debido al tiempo de explotación del sistema, también se determinó el consumo energético de la bomba. Se realizaron mediciones de intensidad de corriente y tensión con un multímetro Clamp Meter de 1 000 A DC/AC digital, con un nivel de precisión de 0,001 A, según la metodología descrita en el manual de eficiencia energética propuesto por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el año 2011. Las mediciones se realizaron en diferentes horarios (4:30, 8:00, 10:00, 13:00 y 16:00) durante 4 meses. Se determinó la potencia real consumida y la eficiencia mediante las siguientes ecuaciones (2 y 3):

$$P = \sqrt{3} * I * V * \cos\varphi \quad (2)$$

$$e = \frac{9.81 * Q_b * H_b}{P_m} * 100 \quad (3)$$

donde:

P- potencia, kW;

I- intensidad de la corriente, A;

V-tensión, V;

cos j - ángulo de desfasaje del motor, cos j= 0,87;

e – eficiencia;

Q_b - caudal de la bomba, m³/s;

H_b - carga de la bomba, m;

P_m - potencia del motor, kW.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico de bloque al azar con arreglo factorial 4 x 5, dispuestos en los 4 meses de trabajo (febrero, mayo, agosto y noviembre) y los 5 horarios de medición. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza, a partir de las dójimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dójima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza.

Las variables analizadas no cumplieron con los supuestos teóricos del ANOVA, por lo que se emplearon las transformaciones \sqrt{x} , ln y log10, sin embargo, estas no mejoraron el cumplimiento de dichos supuestos por lo que se realizó un análisis de varianza no paramétrico de bloque al azar de Friedman, con arreglo factorial 4 x 5 y se aplicó la dójima LSD Fisher y Yates, (1958), para la comparación de los rangos medios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mapificación y detección de fugas

Mediante el método de rastreo inductivo se ubicó la conductora principal, los ramales que abastecen a los departamentos y a las unidades de producción del instituto, así como los registros, válvulas y diámetros de la red hidráulica.

Según los estudios de sondeo directo se concluyó que la conductora principal se encuentra en buen estado técnico y no presenta fugas considerables. Este resultado confirma la hipótesis de que gran parte del agua se pierde en las redes interiores de las

and troughs reach 155,000 L/day. On the other hand, research departments (Physiology, Pastures and Ruminants) have losses of 235,893.76 L/day due to the bad technical state of their connections and accessories (ironworks, faucets, showers and bathroom sinks). The community presents similar problems although less important, with losses of 53,760 L/day.

Due to the bad technical state of interior networks from production units and research departments, supplied by the central tank, a diagnosis of accessories and pipes needed to repair the supply system was performed (not shown data). This diagnosis allows knowing where to invest in order to use efficiently the pumped water.

In a general sense, ICA loses 444,653.76 L/day, which represents 31.76% of the total pumped areas. These figures show that, apart from the leaks, there are other problems, so 555,346.24 L/day of water are lost unnecessarily, which is associated to the misuse or waste of water. It is important to state that, at a global level, water sustainability is mainly determined by public policies that encourage water saving (Cruz *et al.*, 2015). Due to this reason, besides performing the necessary repairs in the pumping system, it is important to create a training program at the community and at the institution that motivates the workers to contribute to water saving, which has an efficient impact on the decrease of energy consumption. Figure 1 shows the percentage of water losses regarding the total supplied water.

instalaciones, donde solamente el 20,8% de las áreas muestreadas no presentan fugas. En el caso de las áreas de producción, las fugas de agua en las mangueras, tetinas y bebederos ascienden a los 155 000 L/día, por su parte los departamentos de investigación (Fisiología, Pastos y Rumiantes), tienen pérdidas de 235 893,76 L/d por el mal estado técnico de sus acometidas y accesorios (herrajes, llaves, duchas y lavamanos). La comunidad presenta problemas similares aunque en menor medida, con pérdidas que ascienden a 53 760 L/día. Debido al mal estado técnico de las redes interiores de las unidades de producción y departamentos de investigación que se abastecen del tanque central se realizó un diagnóstico de los accesorios y tuberías que se necesitan para reparar el sistema de abasto (datos no mostrados). Este diagnóstico permite conocer hacia dónde deben ir encaminadas las inversiones para que se emplee de forma eficiente el agua que se bombea. De forma general por el concepto de salideros en el ICA se pierden 444 653,76 L/día, lo que representa el 31,76% del total que se bombea. Estas cifras muestran que independiente de los salideros, existen otros problemas, por el que se pierden innecesariamente 555 346,24 L/día, lo que está asociado al mal uso o derroche de agua. Es importante señalar que en el ámbito global, la sustentabilidad hídrica está determinada fundamentalmente por políticas públicas que incentivan el ahorro de agua (Cruz *et al.*, 2015). Por esta razón, además de realizar las reparaciones necesarias en todo el sistema de bombeo, se necesita crear un plan de capacitación tanto en la comunidad como en las áreas de la institución, que motive a los trabajadores a contribuir con el ahorro de agua. La Figura 1 muestra el porcentaje de pérdidas de agua con respecto al total que se suministra.

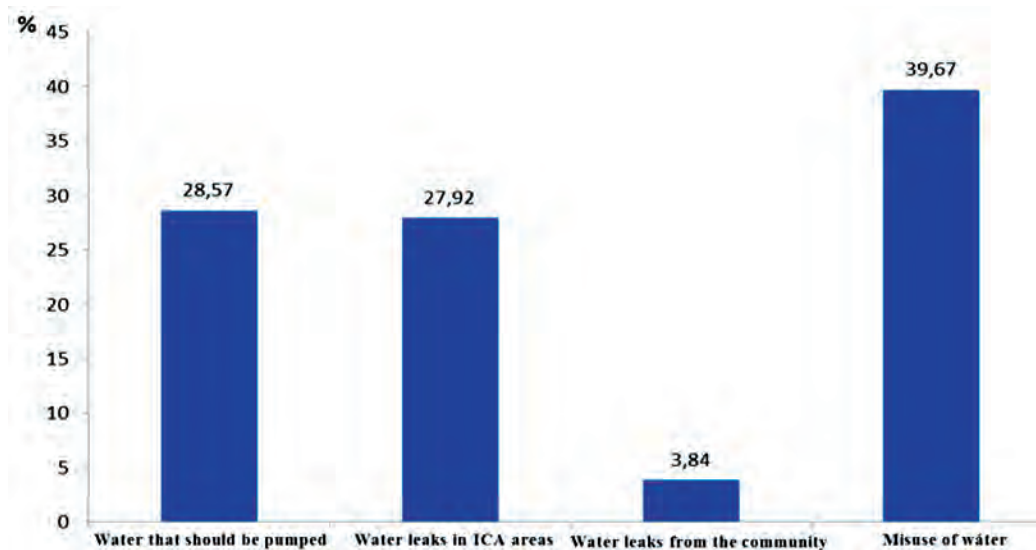


FIGURE 1. Percentage of water leaks regarding the total pumped.
 FIGURA 1. Porcentaje de pérdidas de agua con respecto al total que se bombea.

Analysis of electric energy consumption by water pumping

ICA consumes 2.36 MW per day, as average, and water pumping has a great influence on this figure. Its water supply system has 50 years of exploitation and its motor has been repaired several times. Therefore, it was necessary to evaluate the actual electric consumption of the pump, taking 4 months

Análisis del consumo de energía eléctrica por bombeo de agua

El ICA consume como promedio 2,36 MW diarios y el bombeo de agua tiene una gran influencia en esta cifra. Su sistema de abasto tiene 50 años de explotación y su motor se ha reparado en varias ocasiones, por estas razones se decidió evaluar el consumo eléctrico real de la bomba tomándose como referencia 4 meses,

as reference, each from every season of the year. The results of this performance of intensity (Table 1), tension (Table 2) and power (Table 3) showed no interactions among factors, so the main effects are presented in all the tables. Regarding measurements of intensity and tension, there were no significant differences among the different pumping times. However, there were differences ($P<0.001$) among the evaluated months. On the other hand, the values of electric power differed ($P<0.001$) in the pumping times and in the evaluated months. These results are associated to the areas of higher energy demand

These results are associated to the fact that the areas of higher energy demand have electric motors and ICA does not have a capacitor bank in its electric grid, causing that energy demanding activities influence on the pump consumption.

uno por cada estación del año. Los resultados del comportamiento de intensidad de corriente (Tabla 1), tensión (Tabla 2) y potencia (Tabla 3) no mostraron interacciones entre los factores, por lo que se muestran los efectos principales en las tablas. En cuanto a las mediciones de intensidad de corriente y tensión, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes horarios de bombeo, sin embargo entre los meses evaluados sí se encontraron diferencias ($P<0.001$). Por otra parte, los valores de potencia eléctrica difirieron ($P<0.001$) tanto en los horarios de bombeo como en los meses evaluados. Estos resultados están asociados a que las áreas de mayor demanda de energía poseen motores eléctricos y el ICA no cuenta con un banco de capacitores en su red eléctrica, lo que provoca que las actividades que demandan energía, influyan en el consumo de la bomba.

TABLE 1. Performance of current per months and times of day
TABLA 1. Comportamiento de la corriente por meses y horarios del día

Variables	Ranges					Sign.	
	Effects	Feb.	May.	Aug.	Nov.		
Current (A)	Month	77.11 ^a (183.8) DE=1.72	234.69 ^b (183.77) DE=1.68	378.63 ^c (183.99) DE=1.93	511.57 ^d (183.82) DE=1.8		$P<0.001$
	Time	1 299,18 (181,09) DE=0,81	2 299,65 (185,07) DE=0,82	3 299,65 (184,07) DE=1,17	4 301,60 (184,98) DE=0,97	5 302,43 (184,01) DE=1,36	

$P<0.001$ Mean ranges with different letters differ at $P<0.05$ with LSD Fisher test/ Rangos medios con letras distintas difieren $P<0.05$ con décima LSD Fisher

TABLE 2. Performance of tension per months and times of day
TABLA 2. Comportamiento de la tensión por meses y horarios del día

Variables	Rangos/ Ranges					Sign	
	Efectos/ Effects	Feb.	May.	Aug.	Nov.		
Voltaje/ Tension (V)	Mes/ Month	84,39 ^a (437,93) DE=1,49	237,44 ^b (438,15) DE=1,83	369,42 ^c (437,93) DE=1,49	510,75 ^d (438,08) DE=1,75		$P<0.001$
	Hora/ Time	1 297,15 (439,72) DE=1,51	2 299,93 (437,9) DE=1,13	3 301,75 (436,2) DE=1,24	4 301,75 (437,88) DE=0,96	5 301,93 (438,42) DE=1,08	

Rangos medios con letras distintas difieren a $P<0.05$ con décima LSD Fisher/Mean ranges with different letters differ at $P<0.05$ with LSD Fisher test

TABLE 3. Performance of power per months and times of day
TABLA 3. Comportamiento de la potencia por meses y horarios del día

Variables	Rangos/ Ranges					Promedio/ Mean	Sign
	Efectos/ Effects	Feb.	May.	Aug.	Nov.		
Potencia/ Power (W)	Mes/ Month	75,49 ^a (121 290,8) DE=1036,5	225,41 ^b (121 328,0) DE=1073,6	373,08 ^c (121 413,8) DE=1172,1	525,45 ^d (121 344,3) DE=1092,4	121 344.225	$P<0.001$
	Hora/ Time	1 298,03 ^a (119 991,7) DE=667,2	2 299,12 ^{ab} (122 119,1) DE=647,7	3 299,58 ^{ab} (120 987,2) DE=791,7	4 300,75 ^{bc} (122 059,2) DE=680,0	5 301,82 ^c (121 563,9) DE=957,2	

Rangos medios con letras distintas difieren a $P<0.05$ con dcima LSD Fisher/Mean ranges with different letters differ at $P<0.05$ with LSD Fisher test

Daily energy expenses (849 kW) were calculated through the sum of the consumption in different times. On the other hand, pump efficiency (38.9%), was determined with the actual value of the engine power (121.344 kW·h). This result is inferior to the efficiency value reported by the manufacturer (54%), mainly because of the exploitation of the system, which influences on the weakening of the impellers and on the technical condition of the engine.

In order to carry out an economic assessment of the energy consumption of the institute by the concept of water pumping, it was stated that generating 1 kW, 217.9 g of oil are needed, and a barrel (0.138 t) costs about 147 USD in the international market, as reported by the National Statistics Office (ONE) in 2014. This price is stated for calculations, because from 2014 to this day, the cost of an oil barrel has not been stable (Gutiérrez *et al.*, 2015; IEA, 2015), making impossible to take a current average price for these studies.

Annual electric consumption of the institution due to water supply is 310,034.49 kW, which represents 67.6 t of oil equivalent, for an annual expense of 71,962.38 USD in the institution due to pumping. Table 4 shows values of electric consumption and the amount in USD, representing leaks and misuse of water. It is important to highlight that adopting measures such as the rehabilitation of the water system and implementing a consequent policy regarding the efficient use of water will avoid 5 pumping times that represent a saving of 51,405.31 USD per year, and stop importing 48.26 t of oil.

Moreover, it is known that the use of fossil combustibles contribute to the production of greenhouse effect gases (GHGs), which have negative consequences on the environment like the increase of global temperature in 4.8 °C and climate change (AEI, 2012; Ochoa, 2015). The accelerated pace of development will not be the most adequate for continuing life on the planet (Stocker *et al.*, 2013; Andrade, 2015). According to Leiva *et al.* (2012), per each equivalent ton of burnt oil, 3 t of CO₂ are released to the atmosphere. These CO₂ emission indexes may vary depending on the quality of used oil (Perez *et al.*, 2015). This study took as factor the emission of 2.73 t of CO₂ per each equivalent ton of consumed oil, according to the Ministry of Energy and Mines in the bulletin of the ONEI (2014).

Therefore, implementing all the measures derived from this study will provide economic and environmental benefits because they will avoid the release of a total of 131.75 t of CO₂ to the atmosphere.

Se calculó mediante la suma de los consumos en los distintos horarios, el gasto de energía diario (849 kW). Por su parte la eficiencia de la bomba (38,9%), se determinó con el valor real de la potencia del motor (121,344 kW·h). Este resultado es inferior al valor de la eficiencia reportada por el fabricante (54%), debido, principalmente, al tiempo de explotación del sistema, lo que influye tanto en el desgaste de los impelentes, como en el estado técnico del motor.

Para realizar una valoración económica del consumo energético del instituto por el concepto de bombeo de agua, se tuvo en cuenta que para generar 1 kW se necesitan 217,9 g de petróleo y un barril (0,138 t) cuesta en el mercado internacional aproximadamente 147 USD según lo informado por la Oficina Nacional de Estadística (ONE) en el año 2014. Se fija este precio para realizar los cálculos, debido a que desde el 2014 hasta la fecha el costo del barril de petróleo no se ha mantenido estable (Gutiérrez *et al.*, 2015; IEA, 2015), imposibilitando tomar un precio promedio actual para realizar estos estudios.

El consumo eléctrico anual de la institución por concepto de abasto de agua es de 310 034,49 kW, lo que representan 67,6 t equivalentes de petróleo, para un gasto anual de la institución por bombeo de 71 962,38 USD. En la Tabla 4 se muestran los valores de consumo eléctrico y el importe en USD que representan las fugas y el mal uso del agua. Cabe resaltar que de adoptarse medidas como la rehabilitación de la red hidráulica y de aplicarse una consecuente política respecto al uso eficiente del agua, se evitarían 5 horarios de bombeo que le representan al país un ahorro de 51 405,31 USD al año, por dejar de importar 48,26 t de petróleo. Por otra parte, se conoce que el uso de los combustibles fósiles contribuye a la producción de gases de efecto invernadero (GEI), los que ocasionan consecuencias irremediables en el ambiente, como la elevación de la temperatura global en 4,8 °C, y el cambio climático (AEI, 2012; Ochoa, 2015). El ritmo acelerado de desarrollo que actualmente se maneja no será el adecuado para la continuidad de la vida en el planeta (Stocker *et al.*, 2013; Andrade, 2015). Según Leiva *et al.* (2012) por cada tonelada equivalente de petróleo que se quema, se emiten a la atmósfera 3 t de CO₂. Estos índices de emisión de CO₂ pueden variar en dependencia de la calidad del petróleo que se emplee (Pérez *et al.*, 2015). En este estudio se tomó un factor de emisión de 2,73 t de CO₂ por cada tonelada equivalente de petróleo que se consume según lo planteado por el Ministerio de Energía y Minas en el boletín de la ONEI (2014). Por lo tanto, de ponerse en práctica todas las medidas que puedan derivarse de este estudio, no solo se obtendrían beneficios económicos sino también ambientales, pues dejarían de emitirse un total de 131,75 t de CO₂ a la atmósfera.

TABLE 4. Energy consumption and cost that represent the causes of water losses
TABLA 4. Consumo de energía e importe que representan las causas de pérdida de agua

Causas de las pérdidas de agua/Causes of water losses	Pérdidas de Agua/water losses (L/d)	Consumo de Energía anual/ Annual Energy consumption (kW)	Ton. eq de Petróleo/ Equivalent tons of oil	Importe en/Cost in USD
Fugas en accesorios/ Leaks in the accessories	444 653,76	98 470	21,46	22 859.57
Mal uso del agua/ Misuse of water	555 346, 24	122 983.21	26,80	28 545.74
Total	1000 000,00	221 453.21	48,26	51 405.31

CONCLUSIONS

- Water losses, regarding the total pumped water, represent a 39.67% due to misuse and 31.76% due to poor technical conditions of the networks. Annual electric consumption of the institution due to water supply is 310,034.49 kW, which represents 67.6 tons of equivalent oil. Performing the necessary repairs to the supply system of the institution and applying an effective policy on the use of water, 5 pumping schedules would be avoided, which represents a saving of 51,405.31 USD per year to the country, to stop importing 48.26 tons of oil and 131.75 t of CO₂ would not be released to the atmosphere.

CONCLUSIONES

- Las pérdidas de agua respecto al total que se bombea, representan 39,67% por mal uso y un 31,76% por mal estado técnico de las redes. El consumo eléctrico anual de la institución por concepto de abasto de agua es de 310 034,49 kW, lo que representan 67,6 toneladas equivalentes de petróleo. Si se realizan las reparaciones necesarias en el sistema de abasto de la institución y si aplica una política eficiente sobre el uso del agua, se evitarían 5 horarios de bombeo que le representan al país un ahorro de 51 405,31 USD al año, por dejar de importar 48,26 toneladas de petróleo, además se dejarían de emitir a la atmósfera 131,75 t de CO₂.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, S.J.A.: "Reconciliación y responsabilidad: acciones de sinergia para la construcción de un pensamiento ecologizante desde la escuela. «Incertidumbres Semilla»", *El Ágora USB*, 15(1): 271–287, 2015, ISSN: 1657-8031.
- CRUZ, G.L.; CARREÓN, G.J.; HERNÁNDEZ, V.J.; SILVIA, M.; GARCÍA, E.R.; ROSAS, F.J.F.: "Hacia una agenda hídrica para la gobernanza local sustentable", *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 11(1): 130–154, 2015, ISSN: 2226-4000.
- FEBLES, G.: "La diversidad biológica en Cuba, características y situación actual. Estrategia nacional y plan de acción", *Cuban Journal of Agricultural Science*, 43(3): 211-223, 2009, ISSN: 2079-3480.
- FISHER, R.A.; YATES, F.: *Statistical tables for biological, agricultural and medical research*, [en línea], Ed. Hafner Press, 5.a ed., New York, OCLC: 228089888, 1958, Disponible en: <https://catalog.hathitrust.org/Record/001306237>, [Consulta: 3 de junio de 2015].
- GUTIÉRREZ, R.; GONZÁLEZ, R.V.; CARREÑO, M.Á.D.: "Predicción de la volatilidad en el mercado del petróleo mexicano ante la presencia de efectos asimétricos.", *Cuadernos de Economía*, 34(65): 299–326, 2015, ISSN: 0121-4772.
- IEA (INTERNATIONAL ENERGIE AGENCY): *World Energy Outlook 2012*, [en línea], OCDE/AIE, 2012, Disponible en: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf>, [Consulta: 3 de junio de 2015].
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY): *World energy outlook 2015*, Ed. OECD, Paris, 700 p., 2015, ISBN: 978-92-64-24365-1.
- LEIVA, M.J.; RODRÍGUEZ, R.I.L.; MARTÍNEZ, N.P.: "Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas", *Afinidad*, 69(557): 30-34, 2012, ISSN: 2339-9686.
- LEVENE, H.: "Robust tests for the equality of variance", [en línea], En: Olkin, I., *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, Ed. Stanford University Press, pp. 278-292, 1960, ISBN: 978-0-8047-0596-7, Disponible en: https://books.google.com/cu/books?id=ZUSsAAAIAAJ&pg=PA278&lpg=PA278&dq=Robust+tests+for+the+equality+of+variance.+Contributions+to+Probability+and+Statistics+LEVENE&source=bl&ots=GchQnBzOWS&sig=gS0jf8qRvK2f4GqJ05U1Jmk8kRo&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Robust%20tests%20for%20the%20equality%20of%20variance.%20Contributions%20to%20Probability%20and%20Statistics%20LEVENE&f=false, [Consulta: 3 de junio de 2015].
- OCHOA, Z.M.; CASTELLANOS, M.R.; OCHOA, P.Z.; MONZÓN, O.J.L.: "Variabilidad y cambio climáticos: su repercusión en la salud", *ME-DISAN*, 19(7): 873-885, julio de 2015, ISSN: 1029-3019.
- ONEI: "Panorama Económico y Social", [en línea], En: Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI), 2014, Disponible en: <http://www.onei.cu/panorama2014.htm>, [Consulta: 3 de junio de 2015].
- PÉREZ, S.A.; MONTERO, A.G.; AYALA, B.R.; CORONADO, O.M.A.; CAMPBELL, R.H.E.; GARCÍA, G.C.: "Simulación en Aspen de la combustión de mezclas diesel-biodiesel", *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(1): 83–92, 2015, ISSN: 1405-7743.
- ROJAS, D.M.: "La región andina en la geopolítica de los recursos estratégicos", *Análisis Político*, 28(83): 88-107, 2 de julio de 2015, ISSN: 0121-4705, DOI: 10.15446/anpol.v28n83.51649.
- SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B.: "An analysis of variance test for normality (complete samples)", *Biometrika*, 52(3-4): 591-611, 12 de enero de 1965, ISSN: 0006-3444, 1464-3510, DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591.
- STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M.: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [en línea], Ed. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2013, Disponible en: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf, [Consulta: 3 de junio de 2015].

Received: 20/10/2015.

Approved: 03/06/2016.

Duniet Pérez Torres, Ing., Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. E-mail: dptorres@ica.co.cu

Arelis Vázquez Peña, E-mail: avazquez@ica.co.cu

Osney G. Pérez Acosta, E-mail: operez@ica.co.cu

Tania Pérez Pérez, E-mail: taniap@ica.co.cu

Antihus Hernández Gómez, E-mail: antihus@unah.edu.cu

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obey identification purposes, not existing any promotional commitment with relationship to them, neither for the authors nor for the editor.