

LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL CENTRAL AZUCARERO “14 DE JULIO”

ENERGY MANAGEMENT IN THE SUGAR MILL “14 OF JULIO”

Augusto González Santana^{1}, Víctor Manuel González Morales²
y Juan Esteban Miño Valdés³*

¹ Central Azucarero 14 de Julio, Batey Manuelita, CP Rodas, Cienfuegos. Cuba.

² Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³ Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Calle Rosas N°325. CP 3360 Oberá, Misiones, Posadas, Argentina.

Recibido: Marzo 14, 2017; Revisado: Mayo 17, 2017; Aceptado: Junio 2, 2017

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es proponer la implementación de una gestión para uso eficiente de los recursos energéticos con menor emisión de gases a la atmósfera en el Central Azucarero “14 de Julio”. La búsqueda bibliográfica, la caracterización energética y las Normas ISO ayudaron a definir los indicadores básicos del proceso y los índices de consumo: (kWh/tcaña molida) y (tbagazo/tcaña molida). Se comparó el comportamiento energético de los años 2013, 2014 y 2015; por mejor nivel de eficiencia energética se tomó el 2015 y se traza como línea meta reducir un 8% el consumo de bagazo y energía eléctrica con relación al año base. Se validó el procedimiento propuesto en la zafra 2016, y se logró que el monto de la inversión de la implementación se recupere en menos de un año con reducción de emisión de los gases contaminantes: CO₂ y SO_x.

Palabras claves: gestión, energía, empresa azucarera.

Copyright © 2017. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Augusto González, Email: augusto@14julio.azcuba.cu

ABSTRACT

The objective of this work is to propose the implementation of a management for efficient use of the energy resources with smaller emission of gases to the atmosphere in the Sugar Mill "14 de Julio". The bibliographic search, the energy characterization and the ISO Norms helped to define the basic indicators of the process and the consumption rates: (kwh / t milled cane) and (t bagasse / t milled cane). The energy performance of the years 2013, 2014 and 2015 was compared; as a reference of better level of energy efficiency it was taken the year 2015 and it was set the goal of reducing in 8% the consumption of bagasse and electrical power in relation to that year. In the 2016 harvest, the procedure proposed was validated; and in less than a year, the investment grant for the implementation was recovered and a reduction in the emission of the polluting gases: CO₂ and SO_x was achieved.

Key words: management, energy, Sugar Company.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la humanidad debe ser sustentado sobre la base de la eficiencia y la planificación precisa de sus necesidades energéticas. Para lograr este objetivo, es recomendable que las organizaciones empresariales e institucionales utilicen las normas internacionales en materia energética, modelos de sistemas de gestión energética o buenas prácticas que le permitan el uso y consumo eficiente de la energía. La gestión energética, se ha convertido en una parte cada vez más importante de la gestión empresarial, que comprende las actividades necesarias para satisfacer eficientemente la demanda energética, con el menor gasto y la mínima contaminación ambiental posible (Sánchez, 2012).

En el Central Azucarero "14 de Julio" se considera que tanto la contaminación ambiental como los costos energéticos pueden ser controlados y reducidos, implantando medidas que no requieren una inversión significativa. En muchos casos las mejoras se pueden llevar a cabo con un costo bajo mediante la introducción de pequeños cambios en el funcionamiento de un proceso o un equipo para mejorar su desempeño. Existen en la unidad oportunidades de ahorro, por lo que se están tomando medidas dirigidas al mejoramiento de los índices de consumo y a la eliminación de pérdidas en el equipamiento.

La existencia de una estructura organizativa, una comisión de ahorro de energía, así como de un administrador de energía capacitado, sin dudas contribuirá significativamente a la mejor gestión energética, pero la ausencia de un proceso formalizado para la administración de la energía impide la evolución y el mejoramiento continuo de la misma, sobre la base de un programa estable y de largo plazo (Colectivo de autores, 2006).

El sistema de gestión establece claramente las responsabilidades, los procedimientos, el entrenamiento, la verificación interna, las acciones correctivas y preventivas, así como el mejoramiento continuo (Colectivo de autores, 2006).

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que de otros sistemas como el de gestión de calidad, requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que

hacer para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad.

La Unidad Empresarial de Base UEB Central Azucarero 14 de Julio posee un sistema para la gestión energética que no garantiza su explotación con la máxima eficiencia energética, los menores consumos energéticos y el menor impacto ambiental.

El objetivo de este trabajo es proponer la implementación de un sistema de gestión para lograr un uso eficiente de los recursos energéticos con menor emisión de gases a la atmósfera en el Central Azucarero “14 de Julio”.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se definen los indicadores básicos del proceso y los índices de consumo en: (kWh/tcaña molida) y (tbagazo/tcaña molida). Se compararan los consumos energéticos de los años 2013, 2014 y 2015; se toma como línea base por mejor nivel de eficiencia energética el año 2015, trazándose como línea meta reducir un 8% el consumo de bagazo y energía eléctrica con relación al año base.

Se implementó un Sistema de Gestión Energética (*SGE*) basado en la norma ISO 50001, para el establecimiento y cumplimiento de las buenas prácticas establecidas para el desarrollo de las actividades de la propia unidad.

Para implementar Norma ISO 50001 se realizó una “Declaración del compromiso de la alta dirección con relación a la gestión energética” como parte de la Política Energética de la Empresa, (Pérez, 2016).

La política energética es la que impulsa la implementación de un *SGE* para mejoras del desempeño energético dentro de sus alcances y límites. Puede ser un planteamiento breve que los miembros de la organización puedan fácilmente entender y aplicar a sus actividades de trabajo. La difusión de la misma puede ser usada como un impulso para dirigir el comportamiento organizacional de la unidad, (Pérez, 2016).

La política del central “14 de Julio” está definida así: “Producir y comercializar azúcar de alta calidad para el mercado interno y la exportación, aportando energía eléctrica al sistema electro-energético nacional (*SEN*), producir y comercializar mieles y alimento animal para el mercado interno; usando eficientemente los portadores energéticos y el agua, preservando el medio ambiente, elevando la capacitación de los trabajadores y mejorando la atención al hombre”. Autorizada por la Resolución N° 755/2005 del Ministro de Economía y Planificación y precisado por la Resolución N° 26/2003 del Ministro del Azúcar.

Con el criterio del Colectivo de autores (2006) se estableció, siguió y se obtuvo la tendencia del indicador de eficiencia energética para la Unidad Empresarial de Base (*UEB*) Central Azucarero “14 de Julio”.

2.1. Diagnóstico energético.

El Departamento de Energía analizando la experiencia India (Department of Power, 2006), sugiere 8 pasos a seguir para elaborar un diagnóstico energético:

- 1) Elegir el período de toma de la muestra de los datos,
- 2) Filtrar los datos de la muestra,
- 3) Determinar la ecuación de la línea base del comportamiento del consumo energético mediante el modelo lineal,

- 4) Verificar el coeficiente de determinación del modelo,
- 5) Determinar la línea base de los mejores desempeños del consumo energético de la muestra a través del modelo lineal,
- 6) Establecer el indicador de eficiencia energética,
- 7) Seguimiento del indicador de eficiencia energética
- 8) Obtener la tendencia de la eficiencia energética.

Para determinar la reducción de las emisiones de CO₂, SO_x y NO_x al dejar de combustionar una cantidad de bagazo se utilizaron los índices de emisiones y costos externos dados por (Borroto y Borroto, 2009).

$$CO_2 = \left(\frac{44}{12} * 0,88 * D_{fuel - oil} \right) * 1,12 \quad (1)$$

$$SO_x = \left(\frac{36}{12} * 0,04 * D_{fuel - oil} \right) * 1,12 \quad (2)$$

$$NO_x = (0,13 \text{ Kg}/10^6 \text{ kJ}) * 1,12 \quad (3)$$

D_{fuel-oil}: Consumo de fuel-oil para generar la energía eléctrica.

1,12: Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas en la red de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Los costos externos ambientales según (Borroto y Borroto, 2009) son:

Una tonelada de CO₂ \$ 31,61

Una tonelada de SO_x \$ 9101,5

Una tonelada de NO_x \$ 13952

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del diagnóstico energético de la UEB se definen los indicadores de desempeño energético, la línea base energética y línea meta; así como las herramientas, (gráficos de Pareto, de dispersión, de control, de índice de consumo y de tendencia) a utilizar para realizar la evaluación una vez implementado el procedimiento propuesto y se elaboró un procedimiento para implementar la Norma ISO 50001 como un SGE; en la Figura 1 se presenta este procedimiento en 3 fases.

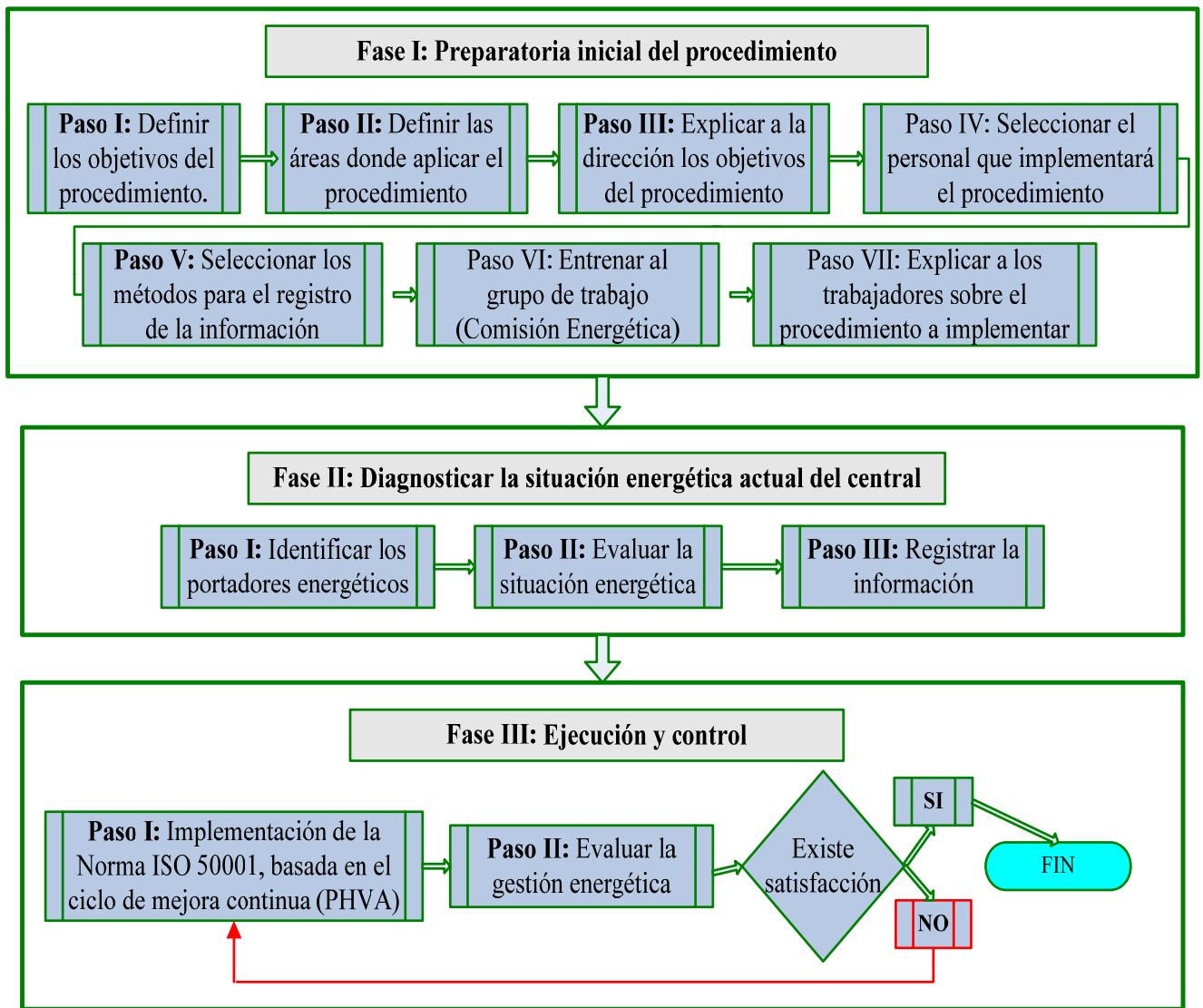


Figura 1. Procedimiento para la aplicación de la Norma ISO 50001

3.1. Programa de gestión energética.

Para alcanzar los objetivos y las metas se desarrolló un Programa de Gestión Energética; el mismo fue aprobado por el Consejo de Dirección de la UEB Central “14 de Julio” de la Empresa Azucarera Cienfuegos. El diagrama para la revisión energética se presenta en la Figura 2.

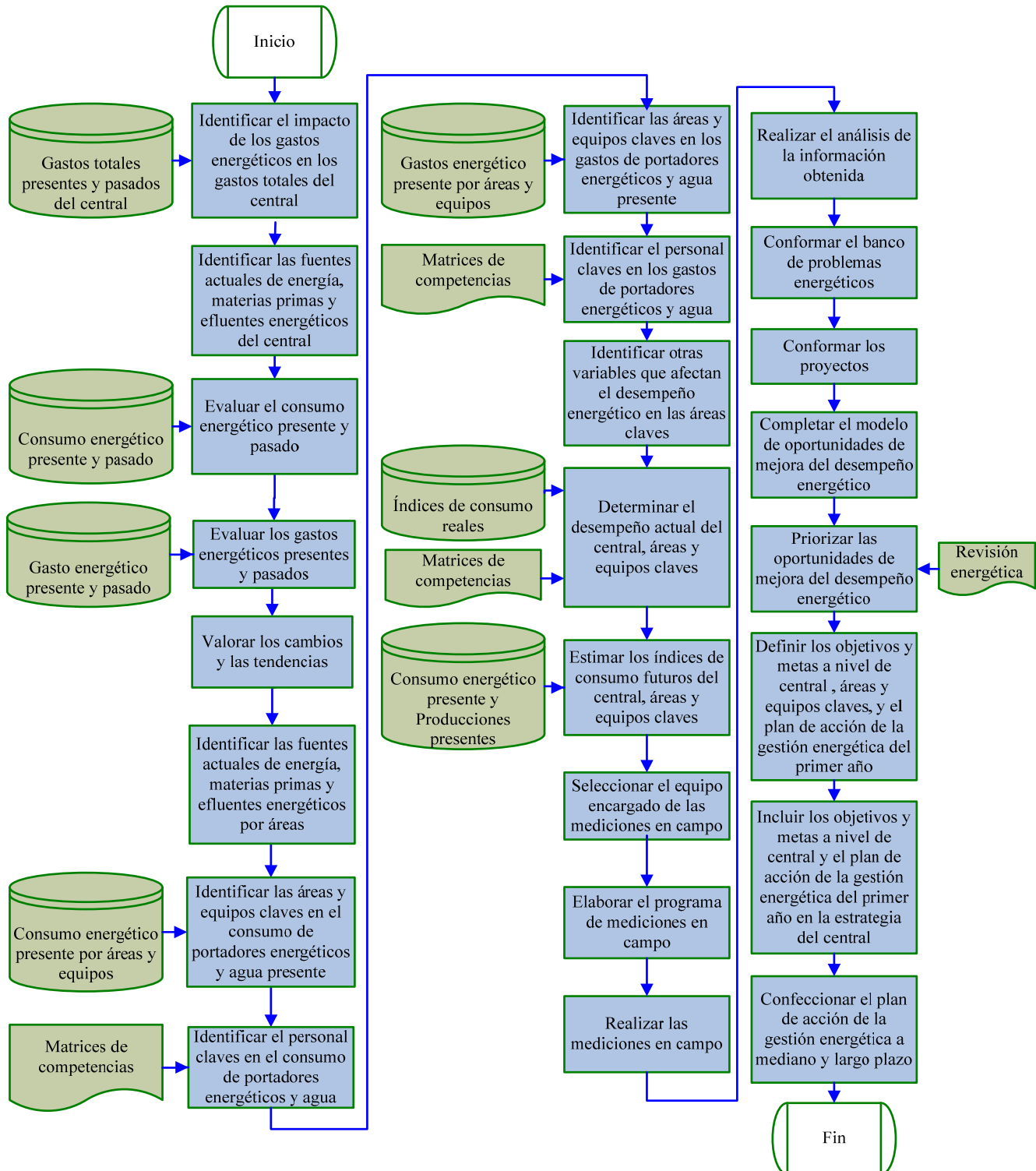


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de revisión energética

3.2. Evaluación técnica, ambiental y económica de la gestión energética del central “14 de Julio”

La evaluación se fundamentó partiendo de la caracterización energética del central, para la cual se tomaron las zafra 2013, 2014 y 2015. La zafra 2015 fue la de mejor comportamiento energético, por lo que fue tomada como línea base de referencia para las comparaciones, se traza como línea meta la reducción de un 8%. Se implementó el SGE en función a la línea de base y la línea de meta en la zafra 2016. Las Tablas 1, 2 y

3 presentan la evaluación de la aplicación del SGE en función de las líneas base y línea meta en la zafra 2016, (García y Carretero, 2012).

Tabla 1. Resumen de la evaluación del consumo de electricidad vs caña molida, durante la zafra 2016, línea base y línea meta

<i>Conceptos</i>	<i>Línea</i>		<i>Zafra 2016</i>	
	<i>base</i>	<i>meta</i>	<i>línea base</i>	<i>línea meta</i>
Consumo de electricidad (MWh)	10 699	9 843	10 306	10 306
Caña molida (en t)	349 577	349 577	383 888	383 888
Coefficiente de determinación	0,86	0,86	0,93	0,93
Índice de consumo (MWh/t caña)	0,031	0,028	0,027	0,027
Tendencia (MWh)			-134	-42
Resultado (en \$)			46 827,00	14 677,00

El consumo de electricidad se comporta como sigue: el índice de consumo con relación a línea base se redujo en 12,9%, la tendencia disminuyó en 134 MWh.

Tabla 2. Resumen de la evaluación del consumo de bagazo vs caña molida durante la zafra 2016, línea base y línea meta

<i>Conceptos</i>	<i>Línea</i>		<i>Zafra 2016</i>	
	<i>base</i>	<i>meta</i>	<i>línea base</i>	<i>línea meta</i>
Consumo bagazo (t)	101 586	93 459	88 394	88 394
Caña molida (t)	349 577	349 577	383 888	383 888
Coefficiente de determinación	0,83	0,83	0,90	0,90
Índice de consumo (t bagazo/t caña molida)	0,292	0,269	0,231	0,231
Tendencia (t)			-2276	-1 412
Resultado (\$)			383 893,00	238 162,00

El consumo de bagazo se comporta como sigue: el índice de consumo con relación a línea base se redujo en 20,9% y la tendencia con relación a línea base disminuyó en 2276 t.

Tabla 3. Resumen de la evaluación de la generación de electricidad vs caña molida durante la zafra 2016, línea base y línea meta

<i>Conceptos</i>	<i>Línea</i>		<i>Zafra 2016</i>	
	<i>base</i>	<i>meta</i>	<i>línea base</i>	<i>línea meta</i>
Producción de electricidad (MWh)	13 567	14 053	14 782	14 782
Caña molida (t)	349 577	349 577	383 888	383 888
Coefficiente de determinación	0,82	0,82	0,92	0,92
Índice de generación (MWh/t caña)	0,0388	0,0396	0,0392	0,0392
Tendencia (MWh)			7	-9
Resultado (\$)			2 446,00	-7 688,00

La generación de electricidad: el índice de generación con relación a línea base se redujo en 1% y la tendencia con relación a línea base aumentó en 7 MWh.

Como se puede apreciar el comportamiento de los indicadores que se mostraron en las tablas anteriores es favorable, con la excepción en la tendencia de la generación de electricidad vs caña molida de la zafra 2016 con relación a la línea meta trazada, en la cual se deja de producir 9 MWh, provocando esto una reducción de \$ 7 688,00; motivado fundamentalmente por problemas técnicos presentados por el turbo generador de 2,5 MWh, durante una parte considerable de la zafra.

3.3. Evaluación ambiental debido a la implementación de la Norma ISO 50001

Para evaluar el impacto ambiental del procedimiento propuesto por los autores y la implementación de la Norma ISO 50001, se tomó en cuenta lo planteado por (Carretero, 2012).

- La reducción de las emisiones de los gases contaminantes al utilizar bagazo para generar energía eléctrica para la producción de azúcar, reemplazando al fuel oil que utiliza el SEN.

Tabla 4. Resumen de la evaluación ambiental por consumo de bagazo en la zafra 2016 con relación a línea base (zafra 2015)

<i>Periodos</i>	<i>Gases</i>	<i>Línea base</i>	<i>Zafra 2016</i>	<i>Diferencia</i>
<i>Debido a: Consumo de Portadores Energéticos</i>		<i>Costo Ambiental (\$/zafra)</i>	<i>Costo Ambiental (\$/zafra)</i>	<i>Costo Ambiental (\$/zafra)</i>
*TEP	CO ₂	2 228 700,20	1 939 280,27	-289 419,93
	SO _x	110 950 197,48	96 542 158,92	-14 408 038,56
<i>Subtotal</i>	-	113 178 897,68	98 481 439,19	-14 697 458,49
Bagazo	CO ₂	282 885,57	246 150,70	-36 734,87
	SO _x	0,00	0,00	0,00
<i>Subtotal</i>	-	282 885,57	246 150,70	-36 734,87
Reducción Total		112 896 012,11	98 235 288,49	-14 660 723,62

*TEP: Tonelada Equivalente a Petróleo.

Tabla 5. Resumen de la evaluación ambiental por consumo de bagazo en la zafra 2016 con relación a línea meta

<i>Periodos</i>	<i>Gases</i>	<i>Línea meta</i>	<i>Zafra 2016</i>	<i>Diferencia</i>
<i>Debido a: Consumo de Portadores Energéticos</i>		<i>Costo Ambiental (\$/zafra)</i>	<i>Costo Ambiental (\$/zafra)</i>	<i>Costo Ambiental (\$/zafra)</i>
*TEP	CO ₂	2 050 401,55	1 939 280,27	-111 121,28
	SO _x	102 074 050,62	96 542 158,92	-5 531 891,70
<i>Subtotal</i>	-	104.124.452,17	98 481 439,19	-5 643 012,98
Bagazo	CO ₂	260 254,39	246 150,70	-14 103,69
	SO _x	0,00	0,00	0,00
<i>Subtotal</i>	-	260 254,39	246 150,70	-14 103,69
Reducción Total		103 864 197,78	98 235 288,49	-5 628 909,30

*TEP: Tonelada Equivalente a Petróleo.

Los costos ambientales se redujeron con relación a la línea base en \$ 14 660 723,00 y con relación la línea meta en \$ 5 628 909,00.

3.4. Evaluación económica debido a la implementación de la Norma ISO 50001

La evaluación económica se realiza siguiendo la metodología planteada por el Doctor Anibal Borroto Nordelo en su artículo “Gestión y Economía Energética”, con el máximo rigor técnico y económico, de forma tal que el presupuesto de la inversión y el resto de los supuestos asumidos, muestren desviaciones mínimas durante la fase de inversión y posterior explotación. Constituyendo una valiosa herramienta a utilizar por los diferentes sujetos del proceso inversionista (Borroto y Monteagudo, 2011).

Se requiere evaluar si resulta económicamente factible la implementación del Sistema de Gestión Energética basado en la Norma ISO 50001 en el central “14 de Julio”. El costo de la implementación es de \$ 76 000,00; desagregado como sigue:

- Cambios en las estructuras para mejoras en los recursos humanos por \$ 42 800,00.
- Capacitación del personal en materia de Gestión Energética por \$ 12 200,00.
- Gastos de implementación del Sistema de Gestión Energética por \$ 21 000,00.
- Ingreso por reducción del consumo de electricidad y bagazo e incremento de la generación eléctrica, reflejados en las Tablas 1, 2 y 3 por \$ 433 166,00.

Se estima que una vez implementado el sistema de gestión energética en el central implicará un incremento anual de \$ 3800,00 en gastos de preparación del personal.

Para la inversión se podrá contar con un crédito con una tasa de interés anual del 10 %.

Considerando una tasa de inflación del 3%, un margen de riesgo del 2%, una tasa de impuestos sobre utilidades del 75 % y una vida útil (periodo de evaluación del proyecto) de 10 años.

La Figura 3 muestra que la implementación del Sistema de Gestión Energética (SGE) al central “14 de Julio es económicamente factible. En la Tabla 6 se resumen los cálculos efectuados al respecto.

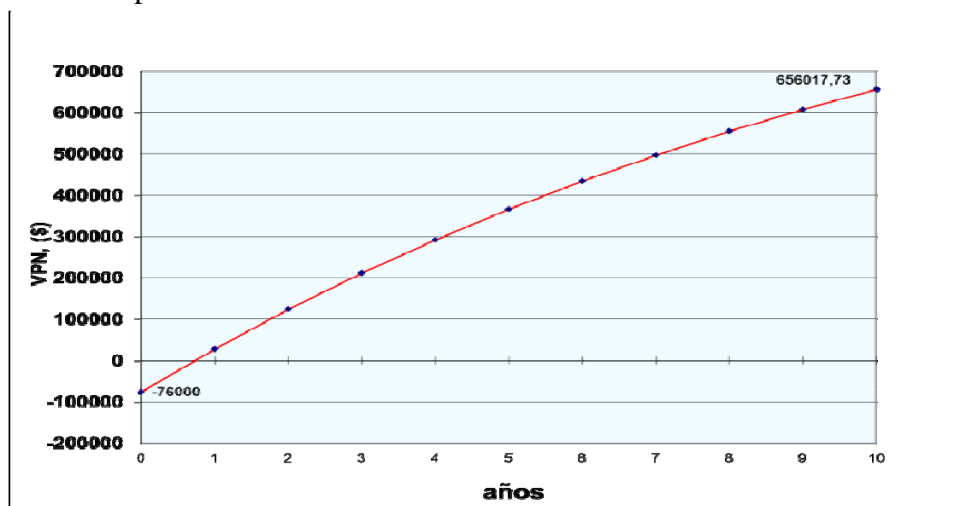


Figura 3. Valor presente neto de la implementación del (SGE) al central “14 de Julio”

Como se puede apreciar en la Tabla 6, la implementación del Sistema de Gestión Energética al central “14 de Julio” es económicamente factible.

Tabla 6. Cálculos de la factibilidad del sistema de gestión energética del central azucarero “14 de Julio”

<i>Datos iniciales</i>												
Ingresos (I), \$	-	433166	433166	433166	433166	433166	433166	433166	433166	433166	433166	433166
Gastos (G), \$	-	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
Costo inversión (Ko), \$	76000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tasa de descuento (r) , %	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Tasa de inflación (f), %	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Margen de riesgo, %	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tasa de impuestos (t), %	-	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Vida útil (período de evaluación), años	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>Resultados</i>												
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Depreciación (Dep), \$	-	7600	7600	7600	7600	7600	7600	7600	7600	7600	7600	7600
Flujo de caja (Fc), \$	-	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50	113041,50
Tasa de descuento real (R)	-	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680	0,0680
Tasa de descuento real con margen (D)	-	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880	0,0880
Factor de descuento	-	0,9192	0,8448	0,7765	0,7138	0,6560	0,6030	0,5543	0,5094	0,4683	0,4300	0,3950
Flujo de caja descontado (Fd), \$	-	103902,15	95501,70	87780,44	80683,43	74160,21	68164,39	62653,33	57587,84	52931,89	48652,33	44652,33
Flujo descontado acumulado (Fda), \$	-76000	27902,15	123403,85	211184,29	291867,71	366027,92	434192,31	496845,64	554433,48	607365,37	656017,71	701617,71
VPN, \$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	656017,71
Tasa Interna de Retorno (TIR)	128%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

El valor adicional obtenido después de recuperado el valor de la inversión realizada y garantizando una tasa mínima de rentabilidad sobre la inversión (VAN) = \$ (656 017,73).

La Tasa Interna de Retorno del proyecto (TIR) de 128 % es alta debido a que el margen entre ingresos anuales 433,2 M\$ (miles de pesos) y los gastos anuales 3,8 M\$ es grande, lo que garantiza que el proyecto posee reservas internas para soportar incrementos en costos del dinero y/o de los recursos; así como disminución de los ingresos.

El período de recuperación de la inversión (PRI) es de 9 meses, lo cual es factible.

4. CONCLUSIONES

1. El procedimiento para la implementación de la Norma ISO 50001 en el central azucarero 14 de Julio tiene valor metodológico ya que permite dejar registrados de diferentes formas los pasos a seguir para la materialización de dicho proyecto, sirviendo como base para casos posteriores de este mismo tipo.
2. La implementación del procedimiento propuesto como sistema de gestión energética garantiza a la unidad objeto de estudio un uso más eficiente de los recursos energéticos y un menor impacto ambiental; así como evolución en la administración de la energía y el mejoramiento continuo de la misma.
3. El desarrollo de los sistemas de gestión energética en procesos que utilicen al máximo los recursos y no produzcan más impacto residual que el asimilable por el ambiente, denominados prácticas de producción integrada o ecoeficiencia, constituye el reto para la gestión ambiental en el sector azucarero.
4. Se hace necesario realizar una profunda capacitación y educación energética y ambiental que traiga consigo un cambio de los diferentes paradigmas en el modo de enfrentar la gestión ambiental en el sector azucarero.

REFERENCIAS

- Borroto, A., Borroto, A.J., Los sistemas energéticos y sus costos ambientales., Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos, Editorial Universidad de Cienfuegos, Cuba, 2009, pp. 19-32.
- Borroto, A., Monteagudo, J.A., Gestión y Economía Energética., Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos, Editorial Universo Sur, Cuba, 2011, pp. 16-49.
- Carretero, A., Sistemas de gestión de eficiencia energética ISO 50001:2011., La contribución a la eficiencia energética de los sistemas de gestión y las auditorías energéticas, Dirección de Desarrollo Cumbre de Gestión Sostenible, Ministerio de Industria, Energía y Turismo Madrid, España 2012, pp. 12-21 y 44-56.
- Colectivo de autores., Gestión y Economía Energética., Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos, Cuba, Editorial Universidad de Cienfuegos, 2006, pp. 4-98.
- Department of Power., Energy Conservation - The Indian experience., NPC Publication, 2006, pp. 31-57.
- García, J.M., Carretero, A., Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora., Edición Asociación Española de Normalización y Certificación, España, 2012, pp. 17-38.

- Norma ISO 50001., Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso. Traducción oficial © ISO 2011, Primera edición 2011-06-15, 2011, pp. 1-27.
- Pérez, D., Caso práctico de Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía en la Industria., VII Seminario Latinoamericano y del Caribe de Eficiencia Energética, Montevideo, Uruguay, 2016, pp. 26-31.
- Sánchez, B., Conjunto de Indicadores de Desempeño Energético para benchmarking del sector industrial y su uso en las aplicaciones de la norma ISO 50001., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Máster en Eficiencia Energética, Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos, Cuba, 2012, pp. 5-31.