



I Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial (CINDUS 2019)

Título

Estudio integral del comportamiento energético del Centro de Elaboración de la UEB # 6 SIC ECM VC.

Title

Comprehensive study of the energy performance of the Elaboration Center of the UEB # 6 SIC ECM VC.

Javier E Hernández Pérez¹, Orestes Chaviano Crespo², Yonelvis Soto Vidal³

1 Ing. Javier Enrique Hernández Pérez Empresa Construcción y Montaje Villa Clara, Cuba.

javier@estvc.co.cu

2 Lic. Orestes Chaviano Crespo Empresa Construcción y Montaje Villa Clara, Cuba.

oreste@estvc.co.cu

3 Ing. Yonelvis Soto Vidal Empresa Construcción y Montaje Villa Clara, Cuba.

ysoto@uclv.cu

Resumen

En el presente trabajo se realizó estudio energético en el centro de elaboración a partir del estudio de los consumos de los portadores energéticos. Para esto fue necesario analizar la estructura de consumo de los portadores consumidos, con el objetivo de estudiar el comportamiento de las demandas y consumos de los mismos, para ello se recopiló la información necesaria del año 2017, lo que permitió posteriormente su caracterización de acuerdo con los procedimientos y herramientas del sistema de gestión total eficiente de la energía (SGTEE), los resultados de la evaluación cualitativa del procedimiento de supervisión permiten establecer los planes de trabajos a mediano, mediano y largo plazo con



vistas a erradicar las deficiencias detectadas, la utilización del software RetScreen para proyectos de eficiencia energética en los sistemas eléctricos, muestra la viabilidad económica, energética y ambiental. Se determinó que en el portador energético de mayor consumo es la electricidad. Se realizaron propuestas de mejoras y medidas para elevar la eficiencia energética.

Palabras clave: portadores energéticos, sistema de gestión total eficiente de la energía, demandas y consumos.

Abstract:

In the present work an energy study was carried out in the processing center based on the study of energy carriers' consumption. For this it was necessary to analyze the consumption structure of the carriers consumed, with the objective of studying the behavior of the demands and consumption of the same, for this the necessary information of the year 2017 was compiled, which allowed subsequently its characterization in accordance with the procedures and tools of the total energy efficient management system (SGESE), the results of the qualitative evaluation of the supervision procedure allow for the establishment of medium, medium and long-term work plans with a view to eradicating the deficiencies detected, the use of the RetScreen software for energy efficiency projects in electrical systems, shows the economic, energy and environmental viability. It was determined that the energy carrier with the highest consumption is electricity. Proposals were made for improvements and measures to increase energy efficiency.

Key words: energy carriers, total energy efficient management system, demands and consumption.

1. Introducción

En la actualidad debido al rápido crecimiento industrial e incremento de las demandas de la sociedad moderna han dado como resultado un aumento en los consumos energéticos. Las perspectivas internacionales de energía indican un crecimiento continuado en la demanda de la energía mundial, siendo este uno de los problemas de mayor peso al que se enfrenta hoy en día la humanidad.

La situación energética mundial actual está dada a partir de la combinación de las diferentes



tendencias económicas, políticas, tecnológicas, sociales y ambientales existentes, entre otras que intervienen en un complejo panorama de crisis mundial.

El aprovechamiento de forma eficiente de la energía trae consigo la preocupación por el medioambiente junto con el desarrollo. Al ahorrar se alarga la existencia de los recursos, se decelera el cambio climático y se proporciona el tiempo necesario para explotar fuentes alternativas. El nivel de vida que disfrutaban muchos países industrializados se debe, en gran parte, a su acceso a la energía. El crecimiento más rápido en el consumo de energía se registra actualmente en los países en vías de desarrollo. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008)

La continua alza de los precios del petróleo ha reforzado significativamente el cuestionamiento del modelo energético basado en los combustibles fósiles. Donde han resultado más evidentes los límites del modelo vigente, tanto en el orden económico, como en el plano social y ambiental. (Herrera, 2016)

En el mundo se evidencia como una realidad inevitable el alto consumo energético, lo que afirma que la energía es primordial en el actual modo de vida, donde el modelo energético es completamente inviable en un futuro no muy lejano ya que conduce a un alto precio ecológico, al mismo tiempo que los combustibles fósiles son finitos. (CIPEC, 2002)

En las condiciones actuales se impone la necesidad de una reestructuración energética global que cambie significativamente los patrones actuales de generación y consumo de energía y que promueva el desarrollo sostenible sobre bases de equidad y justicia social.

Partiendo de estas premisas, es que se le concede tanta importancia al estudio de la gestión energética en Cuba.

Cuba no escapa a la problemática actual del agotamiento de los recursos energéticos convencionales, por lo que todo el combustible que ahorremos, incluso el crudo nacional, le permitirá al país reducir sus importaciones, logrando así un mejoramiento de la situación económica actual. (Cruz, 2014)



La búsqueda de nuevas fuentes que reduzcan la utilización de los combustibles fósiles tradicionales ha llevado a la realización de diagnósticos con el fin de conocer el estado de la gestión energética y así establecer estrategias de trabajo que garanticen un mejoramiento de la eficiencia energética en las empresas. (Fernández, 2016)

En Cuba el uso irracional de la energía se ha hecho a lo largo de los años. Para reparar este error se están llevando a cabo diferentes medidas para lograr un consumo eficiente de la energía que se necesita en el desarrollo de toda la actividad humana.

En el informe de este trabajo trata preferentemente todo lo relacionado con el uso de los diferentes portadores energéticos en la actividad productiva o de otro tipo, realizada en el centro de elaboración. En este caso, se realiza la supervisión en uno de los locales con mayor consumo energético.

Objetivo General:

Establecer un procedimiento que permita estudiar de forma integral, el comportamiento energético de sistemas energo intensivos para la reducción de la demanda energética y el aprovechamiento de portadores renovables de energía.

Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de los métodos de evaluación y diagnóstico de la eficiencia energética y el aprovechamiento de portadores energéticos renovables.
- Estructurar un procedimiento para la realización de estudios energéticos integrales a sistemas energo intensivos.
- Aplicar el procedimiento al centro de elaboración como caso de estudio.
- Valorar la posibilidad de cubrir las demandas energéticas con energía solar.

2. Metodología



Inicialmente, se muestran los resultados de la aplicación de un grupo de herramientas estadísticas para el análisis de los portadores energéticos del centro de elaboración, con el objetivo de evaluar la gestión energética.

Para determinar la influencia de los principales portadores energéticos en cuanto a su consumo en el total, se utilizan dos herramientas fundamentales; la estratificación de los portadores y los diagramas de Pareto, las cuales permiten conocer los portadores más consumidos. En el centro de elaboración se consumen cantidades apreciables de energía eléctrica.

La aplicación de estas herramientas es de gran importancia ya que permiten establecer un mejor control, diagnóstico y uso de la energía, dirigido al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos que conlleven a la toma de decisiones posteriores.

2.1. Análisis del consumo de portadores energéticos.

En estos datos hay que señalar que el consumo de electricidad es tomado mediante la autolectura del metrocontador del centro de elaboración.

Cada uno de los portadores energéticos se mide en unidades diferentes, para un estudio comparativo referido a la misma base se utiliza la tonelada de combustible convencional (tcc) como medida estándar, cuyos factores de conversión están referidos en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Consumo de portadores energético en el año 2017.

Portador	Consumo	Factor de conversión a tcc	tcc
Electricidad	114,155 (MWh)	0.366	311,9
Diésel	50 (L)	1.053	47,48



Para saber el peso de los portadores energéticos ver la tabla 1.2 que se muestra a continuación.

Tabla 1.2: Orden de Prioridades en el año 2017.

Portador	tcc	Fracción (%)	Acumulado (%)
Electricidad	311,9	13,21	86,79
Diésel	47,48	86,79	100
Total General	359,38	100	

Con los datos presentados en las tablas 1.1 y 1.2, luego de ordenados se construye el diagrama de Pareto del gráfico 1.1.

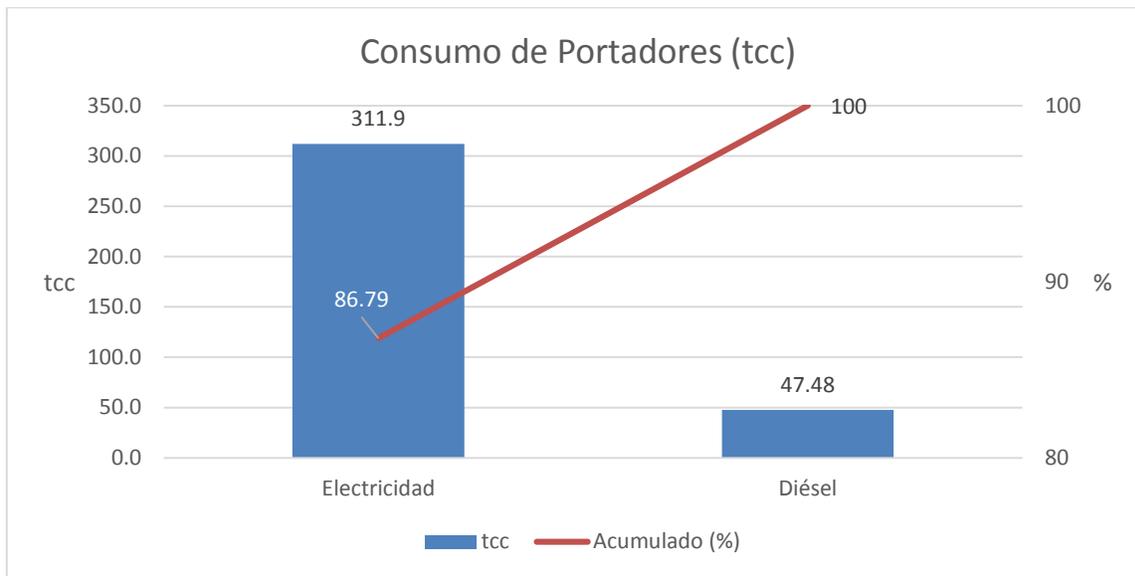


Gráfico 1.1: Estructura de consumo de los principales portadores energéticos para el año 2017.

En el gráfico anterior se puede determinar que la electricidad es el portador que representa el mayor consumo en el centro de elaboración con 86,79 % del total, y unas 311,9 tcc.



2.2. Estructura de los consumos de energía eléctrica.

Para este análisis se tuvo en cuenta la autolectura del metrocontador del centro de elaboración.

Esto llevado a MWh se tabula para determinar cual tiene mayor repercusión en los consumos según refiere el gráfico 1.2

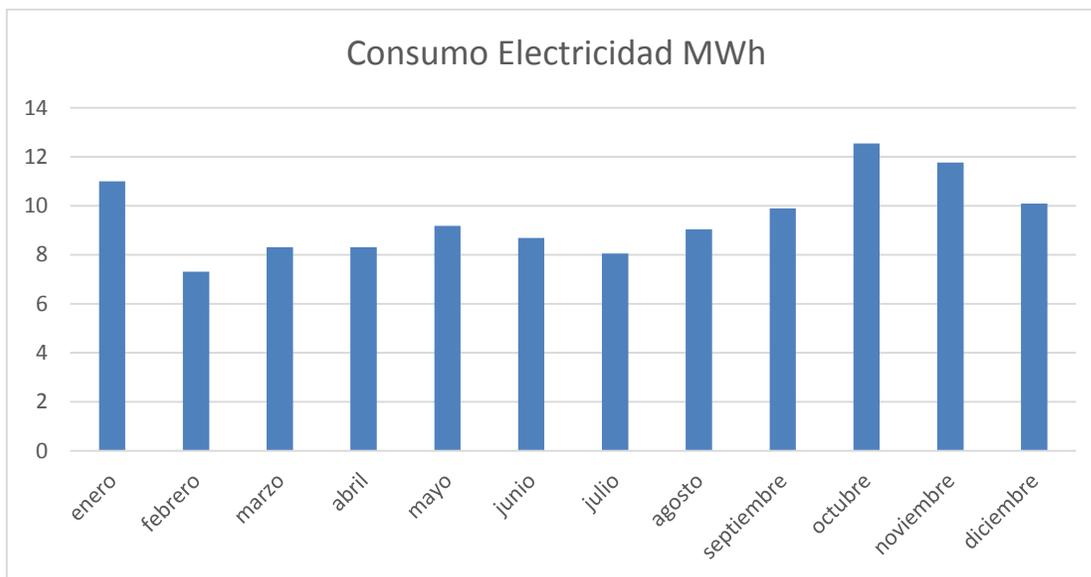


Gráfico 1.2: Consumos de Energía Eléctrica por meses para el año 2017.

El estudio realizado a este portador para el año 2017 refleja un comportamiento estable durante el año.

2.3. Análisis del Gráfico de consumo vs Producción en el tiempo.

Para este gráfico se tuvo en cuenta los valores de consumo-producción de hielo solo de los meses de enero a abril de 2018.

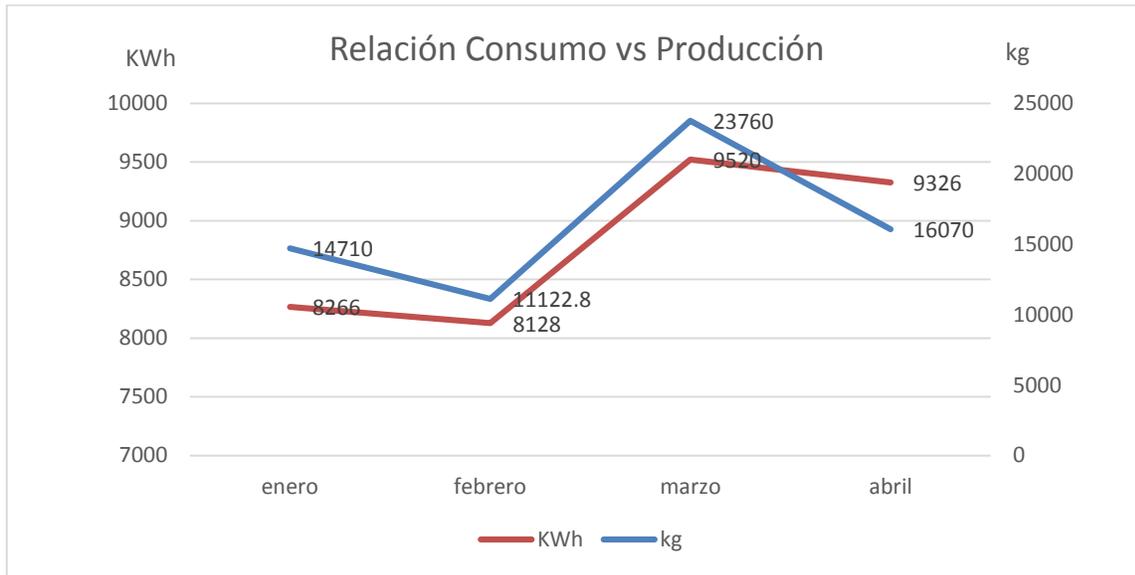


Grafico 1.3- Gráfico de Consumo-Producción en el tiempo para los meses de enero a abril de 2018.

En el gráfico 1.3 se observa que la cantidad de producción por meses y los valores de consumo de electricidad en los cuales existe una relación directa entre ellos, mientras que aumenta la producción aumenta el consumo y viceversa. En los meses de enero a febrero se ve una disminución de la producción mientras que el consumo de electricidad sufre una disminución ya que estos son los primeros meses del año. Entre los meses de febrero y marzo hay una relación directa entre la cantidad de producción y el consumo de electricidad mientras aumentan la producción aumenta el consumo de electricidad y viceversa. Entre los meses de marzo y abril ocurre algo parecido a lo sucedido en los primeros meses del año dejando.

2.4. Propuesta de medidas para el incremento de la eficiencia energética.

Dentro de las medidas que debe tomar la instalación para aumentar la eficiencia energética en un futuro se encuentra:

- 1- Rediseñar los sistemas de energía eléctrica y de suministro de agua para que trabajen con más eficiencia.



- 2- Mejorar las condiciones de las tuberías que transportan agua con el objetivo de eliminar las pérdidas por salidero.
- 3- Capacitar a los operarios y técnicos de mantenimiento de las máquinas para optimizar el funcionamiento de estas.
- 4- Instalar contadores de energía eléctrica en las distintas áreas para tener los registros de los consumos de estas y detectar las más consumidoras e identificar las posibles causas.
- 5- Instalar tecnologías que permita disminuir el consumo de portadores energéticos.
- 6- Cambio de lámparas dicroicas por lámparas ahorradoras o tecnología LED.
- 7- Impartir cursos y charlas sobre ahorro energético, que despierten la conciencia del personal en los temas de ahorro de energía.
- 8- Uso de colectores solares para el calentamiento de agua permite brindar un servicio con menor consumo de energía eléctrica.

2.5. Proyecto de eficiencia energética empleando el software RetScreen.

En esta parte es realizado el análisis del proyecto de eficiencia energética con el software RetScreen con vistas a la disminución de los costos y consumos energéticos e impactos ambientales en el centro de elaboración, donde se analizan varios sistemas con los que actualmente cuenta el local con el objetivo de disminuir el consumo de electricidad.

2.5.1. Análisis de la Generación de electricidad.

Las premisas económicas para el proyecto de generación de electricidad en el local.

- Iluminación defectuosa.
- Posible sustitución de equipos.
- Equipos eléctricos en mal estado.
- Poca preparación de los operarios.

Precio de la energía eléctrica = 0,21 CUC/kW.h.

Las condiciones meteorológicas fueron las del lugar in situ.



Haciendo énfasis en puntos característicos como factor de carga, horas de operación, potencia, etc. Teniendo en cuenta los costos iniciales incrementales y los costos en operación y mantenimiento.

El análisis energético muestra de manera general para la generación de electricidad resultados como:

En el caso base. Sistema actual de la STO para la electricidad:

Demanda de electricidad 75,593 MWh.

Tarifa de electricidad 0,210 \$/kWh

Costo total de electricidad \$ 15 874,565.

En el caso propuesto. Con mejoras de eficiencia energética

Demanda de energía del sistema 52,915MWh

Tarifa de electricidad 0.210 \$/kWh

Costo total de electricidad \$11 112.15

El ahorro general de electricidad es de 22,678 MWh y el ahorro en el costo total de la electricidad es de \$15 863 452.85.

En la siguiente tabla 1.3 se reflejan los resultados de la aplicación del software Retscreen para la instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad.

Tabla 1.3 - Caso propuesto para la generación de electricidad.

Fotovoltaico				
Tipo		poliSi		
Capacidad de generación eléctrica	kW	155.00		
Fabricante	China Sunergy			



Modelo	poliSi - CSUN310-72P			500 unidad(es)
Eficiencia	%	16.0%		
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45		
Coeficiente de temperatura	% / °C	0.40%		
Área del colector solar	m ²	969		

2.5.2. Análisis de emisiones.

El análisis de emisiones para el caso de generación eléctrica se realizó para el caso de Cuba, tomando un factor de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de 1.012 tCO₂/MWh, las pérdidas por transmisión y distribución (T y D) de un 12% y un factor de emisión de GEI de 1.150 tCO₂/MWh.

Para el caso base. tCO₂ emitidas 86 907.4

Caso propuesto. tCO₂ emitidas 60 560.3

Esto equivale a una reducción anual bruta de emisiones GEI de 25 556.8 tCO₂ que equivale a 59 435 barriles de petróleo crudo no consumido.

En la tabla 1.4 se muestra el resumen del análisis de emisiones de GEI dados por el programe Retscreen para la generación de electricidad.

Tabla 1.4 Análisis de emisiones.

	Años de ocurrencia	Caso base emisiones de GEI	Caso propuesto emisiones GEI			Reducción anual bruta de emisiones GEI	Derechos de transacción por créditos GEI	Reducción de emisiones GEI anual neta
Proyecto de generación eléctrica	año	tCO ₂	tCO ₂			tCO ₂	%	tCO ₂
	1 a -1	86,907.4	60,560.3			26,347.2	3%	25,556.8



	Reducción de emisiones GEI anual neta	25,557	tCO2	Equivalente	59,435		Barr. de petróleo crudo no consum.		

2.5.3. Análisis financiero.

En este aspecto se trabajó con parámetros financieros como:

- Tasa de inflación 2%.
- Tiempo de vida del proyecto 20 años.
- Relación de la deuda 60%.
- Tasa de interés de la deuda 10%.
- Duración de la deuda 5 años.

Los costos iniciales totales se dividieron en estudio de factibilidad en \$ 1500, desarrollo en otros de \$ 2500, ingeniería en \$5 000 y Sistema eléctrico de potencia en \$3 194 230 teniendo en cuenta que no existan incentivos ni donaciones.

Existe un ahorro del costo del combustible de \$ 15 874 565 en total.

Analizando la viabilidad financiera de este proyecto tenemos que en costos anuales totales donde se incluye el pago de la deuda, costo del combustible y gastos en operación y mantenimiento es de \$ 11 050 718, el pago simple de retorno del capital es de 0.6 años y el repago del capital es de 0.3 años aproximadamente como se muestra en la figura 1.1.

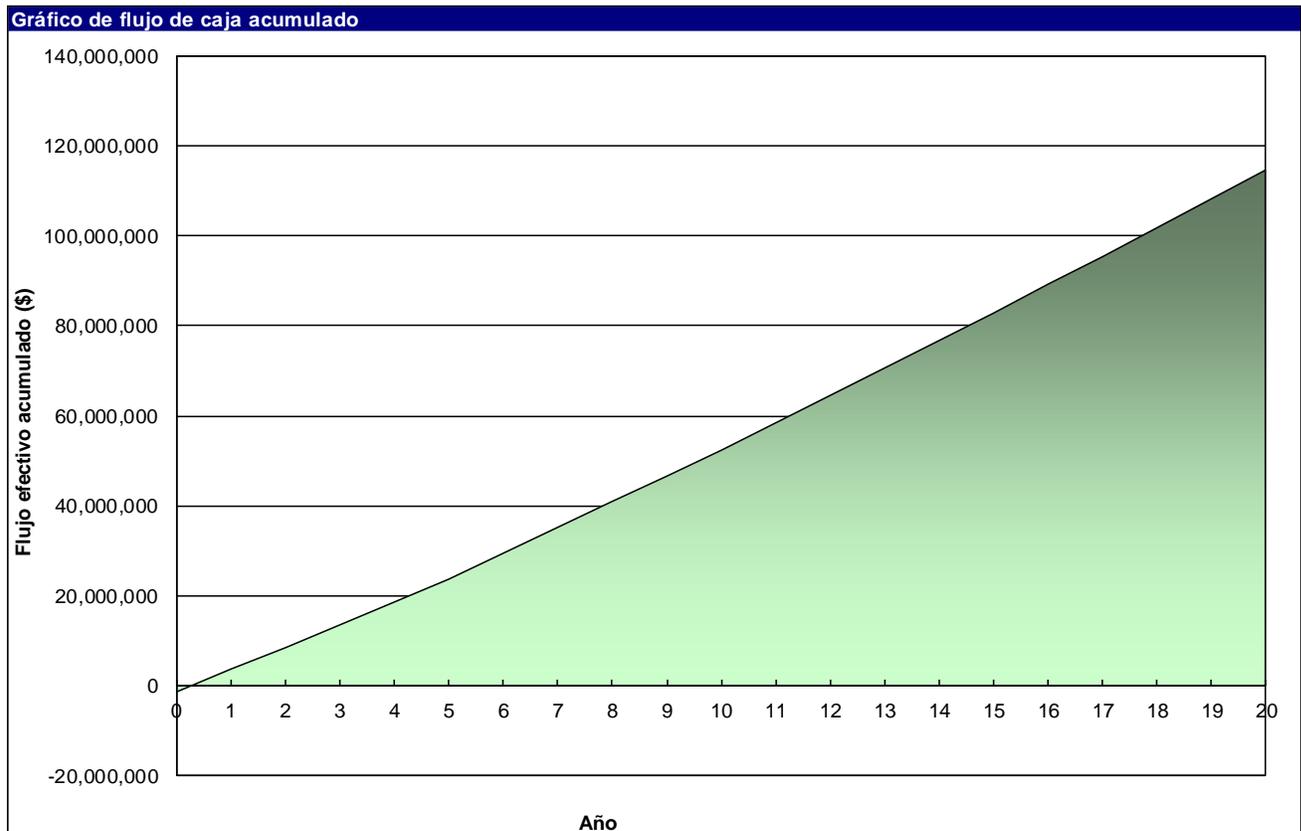


Figura 1.1- Gráfico de flujo de caja acumulado para la generación de electricidad.

2.6. Resultados y discusión

1. La caracterización de los portadores energéticos muestra que el 86,79 % del total de los consumos de los portadores energéticos con 311,9 tcc, corresponden a la electricidad, y el diésel con 47.48 tcc que se representa el 13.22 %, siendo estos portadores lo más consumidos en el 2017.
2. El caso propuesto con mejoras de eficiencia energética por el software Retscreen para la electricidad genera un ahorro de electricidad es de 22,678 MWh y un ahorro en el costo total de la electricidad es de \$ 15 863 452.85.
3. El caso propuesto por el Retscreen equivale a una reducción anual bruta de emisiones GEI de 25 556.8 tCO₂ que equivale a 59 435 barriles de petróleo crudo no procesado.



4. El pago simple de retorno del capital es de 0.6 años y el repago del capital es de 0.3 año aproximadamente.

Conclusiones Generales

Es necesaria la implementación de un TGTEE que garantice el uso adecuado de los portadores, mejore la eficiencia energética de los procesos de forma sistemática y los resultados empresariales mediante la identificación de soluciones técnicas precisas.

La aplicación de herramientas estadísticas como el diagrama de consumo producción e índice de consumo y el gráfico de tendencia nos dan la posibilidad de realizar una valoración minuciosa del comportamiento de los consumos de energía en el tiempo.

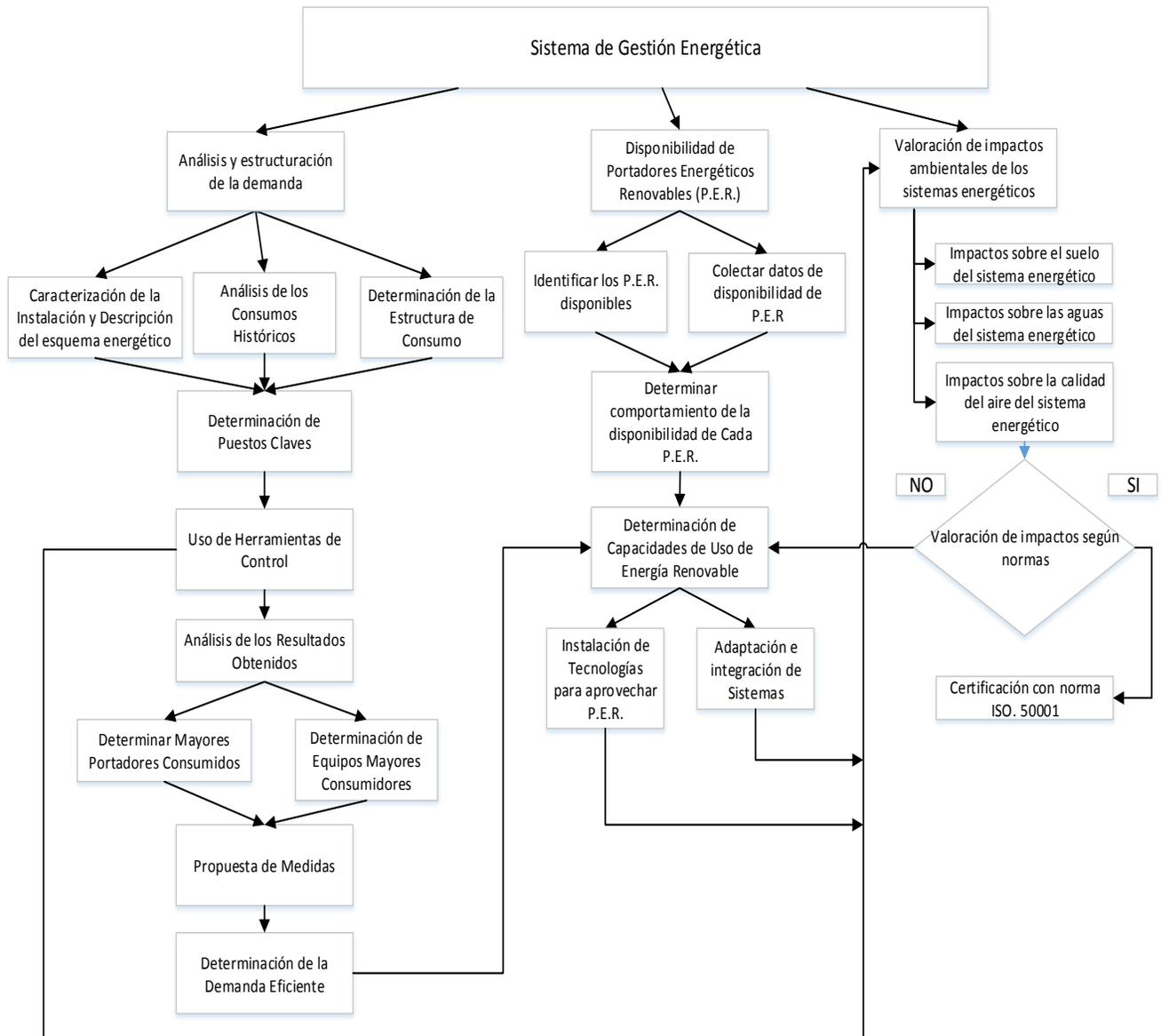
La utilización del RETSceen como programa de apoyo nos permite hacer un análisis más detallado de las posibilidades del local en la implantación de nuevos modelos de energía renovables ayudando al ahorro y disminuyendo la contaminación ambiental.

Recomendaciones

1. Instalar contadores de energía eléctrica en las distintas áreas para tener los registros de los consumos de estas y detectar las más consumidoras e identificar las posibles causas.
2. Rediseñar los sistemas de energía eléctrica y de suministro de agua para que trabajen con más eficiencia.
3. Mejorar las condiciones de las tuberías que transportan agua con el objetivo de eliminar las pérdidas por salidero.
4. Instalar tecnologías que permita disminuir el consumo de portadores energéticos.
5. Cambio de lámparas dicroicas por lámparas ahorradoras o tecnología LED.
6. Impartir cursos y charlas sobre ahorro energético, que despierten la conciencia del personal en los temas de ahorro de energía.

Anexos

Anexo 1.1 Sistema de Gestión Energética Eficiente en el local





Anexo 1.2 Flujo de caja anuales para la generación de electricidad.

Flujos de caja anuales						
Año	Antes-impuestos		Después-impuestos		Acumulado	
	#	\$	#	\$	#	\$
0		-1,296,141		-1,296,141		-1,296,141
1		4,877,188		4,877,188		3,581,047
2		4,931,062		4,931,062		8,512,109
3		4,985,474		4,985,474		13,497,583
4		5,040,430		5,040,430		18,538,013
5		5,095,934		5,095,934		23,633,947
6		5,664,872		5,664,872		29,298,819
7		5,721,491		5,721,491		35,020,310
8		5,778,676		5,778,676		40,798,985
9		5,836,432		5,836,432		46,635,417
10		5,894,765		5,894,765		52,530,181
11		5,953,680		5,953,680		58,483,861
12		6,013,184		6,013,184		64,497,046
13		6,073,283		6,073,283		70,570,329
14		6,133,982		6,133,982		76,704,310
15		6,195,287		6,195,287		82,899,597
16		6,257,204		6,257,204		89,156,802
17		6,319,740		6,319,740		95,476,542
18		6,382,901		6,382,901		101,859,443
19		6,446,693		6,446,693		108,306,136
20		6,508,149		6,508,149		114,814,285



Anexo 1.3 Viabilidad financiera del caso propuesto para la electricidad.

Viabilidad financiera		
TIR antes de impuestos - capital	%	377.4%
TIR antes - impuestos - activos	%	151.8%
TIR luego de impuestos - capital	%	377.4%
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	151.8%
Pago simple de retorno del capital	año	0.6
Repago - capital	año	0.3
Valor Presente Neto (VPN)	\$	45,784,719
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	5,377,856
Relación Beneficio-Costo		36.32
Cobertura - servicio de deuda		10.51
Costo de reducción de GEI	\$/tCO2	(210)

Referencias bibliográficas

- BORROTO, A. E. 2002. Gestion Energetica Empresarial. Universidad de Cienfuegos.
- CIPEC, C. I. P. F. E. C. 2002. Energy Efficiency Planning and Management Guide. Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada.
- CIPEC, C. I. P. F. E. C. 2003. Energy Management Information Systems. Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada.
- CITMA, C. D. G. D. L. I. Y. D. D. L. E. C. 2017. Climatización Solar por Absorción y Adsorción.
- CNPMLTA, C. N. D. P. M. L. Y. T. A. 2010. GUÍA SECTORIAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.
- COLECTIVO DE AUTORES 2015. Desarrollo e implantación de energías renovables.
- COLECTIVO DE AUTORES, D. T. M. C., DR. VÍCTOR HUGO VENTURA, DR. ERNESTO FARIÑAS WONG, DRA. YANELYS DELGADO TRIANA. 2014. *Opiniones y recomendaciones al sector energético cubano* [Online].
- CRUZ, A. M. D. 2014. *Cuba y sus fuentes renovables de energía* [Online]. Available: <http://www.cubahora.cu/>.
- ECURED, E. C. 2017. *Crecimiento del sector energético en Cuba* [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/>.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, D. G. D. E. U. 2009. *Situación energética mundial* [Online].
- FAO. 2004. *La bioenergía, clave en la lucha contra el hambre* [Online]. Available: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/101397/index.html>.



- FERNÁNDEZ, I. A. D. F. 2016. *Eficiencia energética. Modelo cubano de empleo sostenible de la energía eléctrica* [Online].
- FIGUEREDO, C. M. 2014. *La transición energética en cuba* [Online].
- GARRIDO, A. A. 2009. La energía como elemento esencial de desarrollo.
- HERRERA, I. S. D. 2009. Manual de Gestion para la Generacion Distribuida de electricidad en Cuba.
- HERRERA, L. M. L. 2016. *Energía renovable, un imperativo de los nuevos tiempos* [Online]. Available: <http://www.granma.cu/>.
- IEO, I. E. O. 2007. *Eficiencia y uso responsable de la energía* [Online].
- INSTITUTOTECNOLÓGICO DE CANARIAS 2008. Energías renovables y eficiencia energética.
- IPCC, G. I. D. E. S. E. C. C. 2011. Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.
- KRUSKA, M. 2009. Manual para un Uso Racional de Energia.
- MADRUGA, R. P. 2007. *Tendencias energéticas mundiales: implicaciones sociales y ambientales* [Online].
- MERINO, L. 2015. Las energías renovables.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, M. D. L. A. Y. A. 2014. *Cuba apuesta por una energía más limpia, diversa y eficiente* [Online].
- NATURAL RESOURCES CANADA. 2011. *Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia RETScreen*. [Online]. Available: <http://www.retscreen.net/es/home.php>.
- OPEC, O. D. P. E. D. P. 2016. *OPEC Bulletin (diversos números)* [Online].
- PEÑAFIEL, D.-I. R. 2008. Desarrollo Energético y Cambio Climático.
- REN21, A. D. E. R. 2016. ENERGÍAS RENOVABLES 2016 REPORTE DE L A SITUACIÓN MUNDIAL.
- SÁEZ CHÁVEZ, A. 2014. *Apuesta por la eficiencia energética* [Online].
- SOLVENTA, S. D. I. 2010. INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.
- UNESCO. 2014. Agua y Energia Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo.