

# ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON EL USO DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN UNA EMPRESA INDUSTRIAL

**Dr. C. Osvaldo Fidel García Morales<sup>1</sup>, Ing. Grechten Cajigal López<sup>1</sup>, Ing. Oscar Fernández Fernández<sup>1</sup>**

*1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.*

## Resumen

La presente investigación se propone evaluar la eficiencia y el ahorro energético, que representará la instalación y puesta en marcha de paneles solares y tejas traslúcidas, en una Empresa Industrial. Para ello, se hizo necesario aplicar la metodología basada en el Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), según la norma ISO 50001, empleando como herramienta base del análisis, la recolección de datos que fueron usados posteriormente en la elaboración de tablas y gráficos en la Hoja de cálculo Excel 2010. Dando como resultado, la obtención de evidencias que demuestran la deficiencia del indicador de desempeño energético aplicado en la empresa, motivo por el cual no se obtiene una línea base energética capaz de determinar con precisión el potencial de ahorro que se puede obtener en la empresa, así como enfatizar en desarrollo y cuidado del medio ambiente como una estrategia económico-medioambiental.

**Palabras claves:** *eficiencia energética; ahorro energético; energía renovable; paneles solares; tejas traslúcidas; consumo energético.*

---

## Introducción

La energía es un recurso que se puede gestionar. Al hacerlo, se obtienen múltiples beneficios, entre los que destacan la reducción de costos y el incremento de la competitividad. El Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), puede definirse como una metodología para lograr estos objetivos, además de mejorar de manera sostenida y continua el desempeño energético en las organizaciones (Borroto and Monteagudo, 2006a, Campos, 2010, NC-ISO, 2011, Laire, 2013, Buen, 2014, Buen, 2016).

Durante el 2012, el 85,1% de la demanda energética mundial fue suplida por combustibles fósiles. Cifra que quedo registrada en el informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de ese año (Universo, 2012). Sin embargo a través de los años se ha desplegado una serie de tecnologías capaces de generar electricidad a partir de las fuentes naturales de energía. Pero de todas ellas se destaca una en particular: energía solar fotovoltaica. Esta fuente natural puede ser aprovechada en cualquier lugar del mundo, y la inversión inicial empleada para adquirir los equipos necesarios para la producción de energía puede ser recuperada en un breve período de tiempo.

Dadas estas razones, obtener energía a partir del sol se ha convertido en una importante forma de producción de electricidad en Cuba. En el 2013 se pone en marcha el primer parque solar fotovoltaico a gran escala, en las cercanías de la ciudad de Cienfuegos, con una capacidad de generación de 2,6MWh (Cubadebate, 2013), que suministran energía al sistema electro-energético nacional.

Otra forma que emplea este tipo de energía, no en la generación de electricidad sino en el ahorro de la misma, son las tejas traslúcidas. Esos implementos han ganado gran importancia en la industria cubana, ya que se puede disminuir el gasto de energía al sustituir la luz artificial durante las horas de trabajo diurno y aprovechar la natural (Henríquez, 2017).

Todas estas variantes se han convertido en parte de la estrategia económica y medioambiental que adopta el país, con el objetivo de fomentar el ahorro energético, insertándose también en la industria cubana. Donde expertos cubanos aseguran que esta alternativa energética ayudará a atenuar la generación de electricidad a partir de las termoeléctricas. Esto unido a una gestión energética más adecuada, basada en los requerimientos de la Norma ISO 50001 (ISO, 2011) permitirá un impacto ambiental favorable, además de mejorar la economía de las entidades.

Por tal motivo, la empresa, ha tomado la iniciativa de trabajar en la sustitución, al menos parcial, de la energía eléctrica producida por combustibles fósiles por energía renovable. La misma posee en sus talleres máquinas herramientas que generan un alto consumo eléctrico, registrándose durante el año 2016 una cifra de 618,53MWh. Su consumo energético actual conlleva a grandes pérdidas desde el punto de vista económico. Sin embargo, la instalación

de paneles solares y tejas traslúcidas, constituye una posible alternativa para el ahorro energético y se traduce en un impacto ambiental positivo.

## **Desarrollo**

Para efectuar el análisis de un SGE<sub>n</sub>, es importante que la organización haya llevado a cabo una revisión energética eficiente. Este factor es importante, pues revela el desarrollo alcanzado a partir del análisis del perfil energético que presente la institución que da soporte a la planificación energética, contempla y examina los consumos de energía provenientes de las diferentes fuentes, con el fin de comprender si está funcionando adecuadamente y en qué áreas del proceso se concentra el uso significativo de la energía (Laire, 2013).

Además, la revisión energética ofrece la información necesaria para definir la línea base, los indicadores de desempeño energético, objetivos, metas y plan de acción que se deben llevar a cabo en la organización para mejorar la eficiencia energética, así como un monitoreo permanente y periódico del desempeño energético, con el objetivo de identificar variaciones significativas en la operación (Campos, 2010, Laire, 2013, Buen, 2014, Buen, 2016).

El indicador de desempeño energético constituye un parámetro importante dentro del SGE<sub>n</sub>. El mismo expresa la eficiencia, el uso y el consumo de la energía del proceso, mediante un valor medible, permitiendo evaluar el cambio respecto a la línea de base y su comportamiento en el tiempo. Estos indicadores se utilizan además para realizar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo (Borroto and Monteagudo, 2006a, Campos, 2010, NC-ISO, 2011, Laire, 2013, Buen, 2016).

Durante el análisis de las brechas realizado en la instalación se detectaron varias irregularidades en la planificación, monitoreo, verificación y control del Sistema de Gestión de la Energía.

La empresa cuenta con un indicador de desempeño energético que relaciona la energía consumida con el gasto financiero. Sin embargo, el gasto económico presenta muy baja correlación con el consumo eléctrico, con un valor de  $R^2=0,062$ . Por lo que, se puede percibir que el indicador desarrollado no es el más apropiado para realizar el monitoreo y supervisión de la eficiencia energética en la instalación.

Una vez determinada la ineficiencia de este indicador, se hizo necesario la búsqueda de otro que reunirá las condiciones para establecer el análisis energético de la empresa. De esta manera surge el indicador que relaciona la energía consumida con la producción.

El indicador propuesto, se realizó a partir de la definición realizada por Borroto y Monteagudo (2006) y (Campos, 2010), que permite relacionar la energía consumida contra

cualquier producción realizada, siempre y cuando la correlación se encuentre entre un valor de 0,49-0,75 la relación es fuerte, un valor por encima de estos y cercanos a 1 determinan una relación aún más fuerte.

Dada esta condición se elaboró un gráfico con los datos referidos a la tarifa eléctrica correspondiente al año 2016 y la producción realizada. Obteniéndose así, un indicador de desempeño energético con una correlación de  $R^2=0,856$ , lo que demuestra que el indicador seleccionado es correcto, así como la gran dependencia existente entre el consumo de energía y la producción seleccionada, (figura 1).

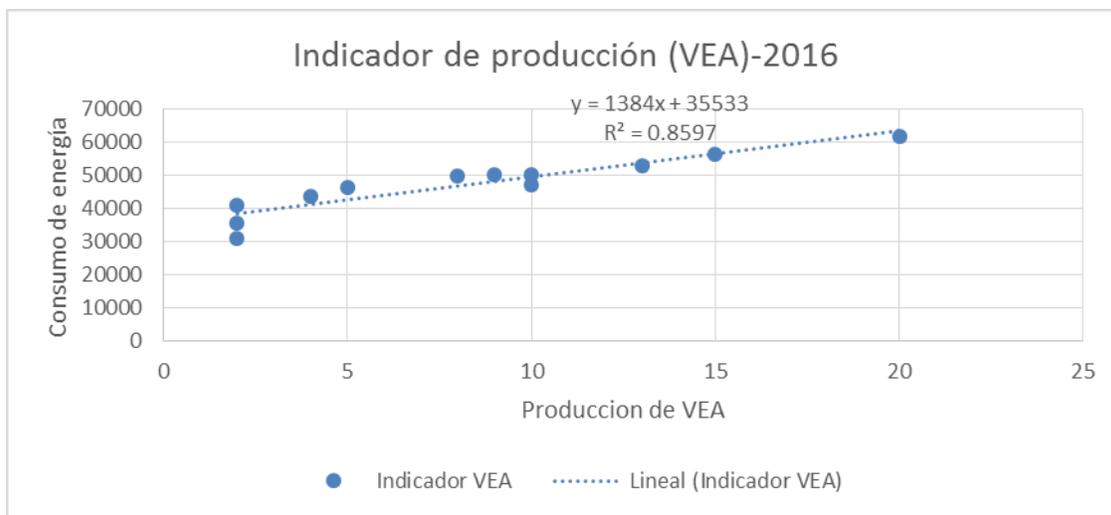


Figura 1: Correlación existente entre el consumo de energía y la producción. Fuente: elaboración propia.

A partir del gráfico anterior (figura 1), se obtiene la ecuación  $y = 1384x + 35533$ , donde el valor de 35533kWh se refiere al consumo de energía no asociada a la producción. El mismo puede ser reducido si se construye la línea de meta (figura 2), partiendo de los puntos correspondientes a los meses de enero, julio, agosto y septiembre, ya que estos se encuentran por debajo de la línea base. Estos valores representan el menor consumo de energía, dando como resultado un potencial de ahorro de 5126kWh/mes, cifra que representa el 10,89% del consumo promedio mensual de la empresa.

Es importante señalar que ese potencial de ahorro es alcanzable si se pone en práctica las medidas de gestión energética, logrando dejar de emitir a la atmósfera 5,77tonCO<sub>2</sub> mensualmente.

También se podrá determinar la ecuación del índice de consumo tanto para la línea base, como para la de meta a partir de la ecuación de energía, cuyos comportamientos y los valores reales podrán ser graficados (figura 3).

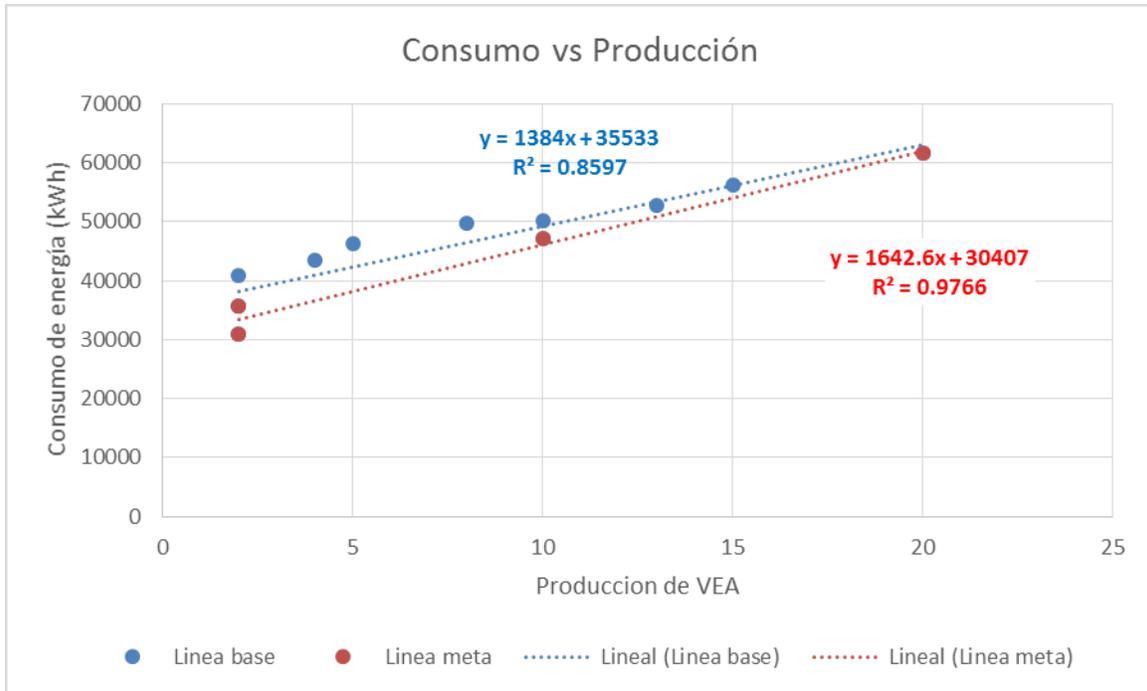


Figura 2: Representación de la línea meta a partir de la línea base. Fuente: elaboración propia.

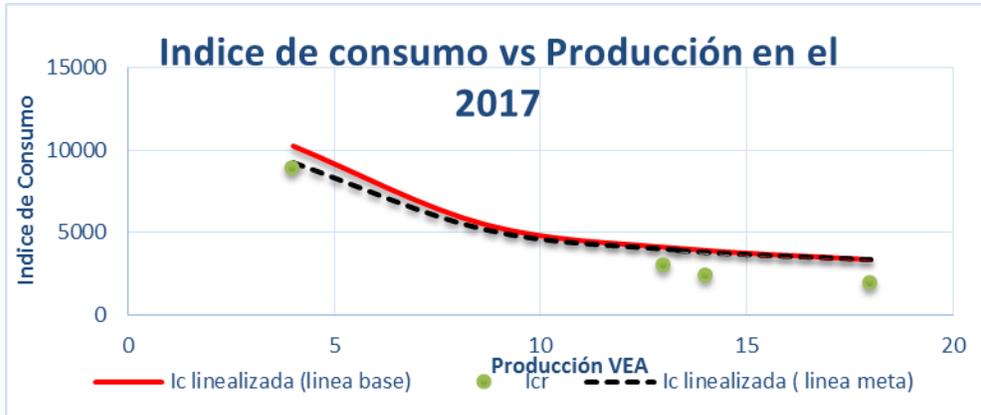


Figura 3: Gráfico de Índice de consumo vs Producción en el 2017. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 3, el gráfico de índice de consumo vs producción realizado para los primeros cuatro meses del 2017, permite determinar la zona de trabajo de la empresa, comprendida entre los valores 13-14 (VEA). Una vez determinada la zona productiva se puede decir, que los valores que se encuentren por debajo de 13, representa

que el consumo de la energía no asociada es más elevado que la energía que interviene directamente en el proceso productivo. Nótese como el primer punto representa el mayor índice de consumo.

La tendencia del consumo en los primeros cuatro meses del 2017 se puede ver como suma acumulativa de las desviaciones en la figura 4.

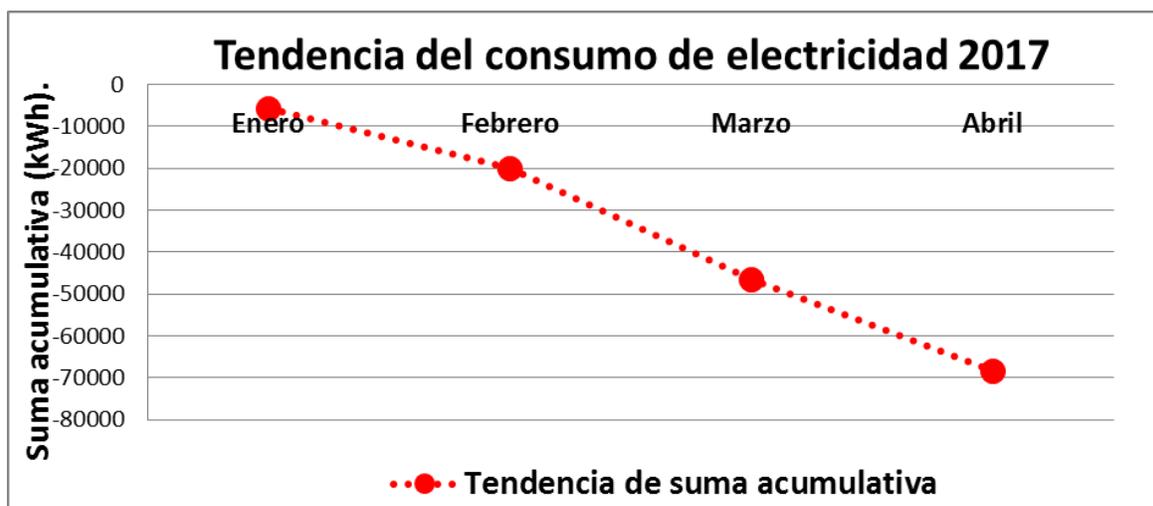


Figura 4: Gráfico de tendencia de consumo de energía durante el 2017 en el Taller principal de la empresa. Fuente: elaboración propia

En los primeros cuatro meses correspondientes al 2017, se nota una disminución en la tendencia de consumo eléctrico. Esto se debe en gran medida a la aplicación de tejas traslúcidas como alternativa de ahorro. Dando como resultado, un ahorro acumulado de 68287kWh en estos primeros meses con el consumo, de acuerdo a la ecuación ajustada a los consumos efectuados en igual periodo de tiempo correspondiente al 2016.

La instalación de paneles solares con una capacidad de generación de 320kWp para abastecer el sistema eléctrico del taller contribuirá eficientemente junto con las tejas a la disminución del consumo de energía proveniente de la red eléctrica nacional.

Con los valores del posible ahorro energético proveniente de la instalación de paneles solares y tejas traslúcidas se obtiene la tabla 1, donde se puede apreciar que en los meses de julio y agosto la energía del Taller principal será abastecida totalmente por los paneles solares, además del ahorro energético que representa el uso de las tejas traslúcidas.

Nótese, como en los meses de julio y agosto el valor de la energía consumida de la red es igual a cero, esto representa que la energía producida por los paneles en conjunto con el ahorro propiciado por las tejas logra suplir por completo el consumo eléctrico proveniente de la red.

Tabla 1: Consumo eléctrico de la red, una vez instalados los paneles solares y las tejas translúcidas, tomando como referencia el consumo energético y la producción alcanzados durante el 2016. Fuente: elaboración propia.

Consumo de energía de la red eléctrica durante el 2018						
Meses	Cant. días	E (kWh)2016	Tejas	Paneles	Energía red (kWh)	Prod.2016
Enero	31	61623	1074,4	37448,32	23100,28	20
Febrero	28	50140	945,472	37494,58	11699,948	10
Marzo	31	46305	1074,4	44858,29	372,31	5
Abril	30	49980	1031,424	47305,17	1643,406	9
Mayo	31	56207	1074,4	44380,25	10752,35	15
Junio	30	52833	1031,424	31690,99	20110,586	13
Julio	31	30870	1074,4	44698,95	0	2
Agosto	31	35598	1074,4	42786,45	0	2
Septiembre	30	47152	1031,424	37396,92	8723,656	10
Octubre	31	49742	1074,4	36093,81	12573,79	8
Noviembre	30	40941	1031,424	28144,07	11765,506	2
Diciembre	31	43407	1074,4	31711,56	10621,04	4

El gráfico de dispersión realizado para el consumo de energía de la red contra la producción, una vez instalado los paneles solares, fue realizado tomando en cuenta los valores de consumo y producción realizado en el 2016. El mismo se expresa un valor de  $R^2 = 0,5118$  que, según Campos (2010) determina que la dependencia existente entre las variables seleccionadas es fuerte. Aunque para algunos el valor de correlación puede ser considerado moderado, se utilizó el mismo para determinar la ecuación del índice de consumo.

El comportamiento del índice de consumo vs producción (figura 5) durante el 2018, tomando para ello la producción del 2016, demuestra como existe un descenso en el índice debido fundamentalmente a la disminución del consumo energético de la red lo que equivaldría a un eficiente control y administración de la energía dentro del proceso productivo.

Los valores comprendidos en el rango de 8-15, determinan la zona de trabajo de la empresa durante ese periodo, teniendo en cuenta la producción realizada durante el 2016. Esto quiere decir, que para los valores menores de 8 aumenta el peso relativo de la energía no asociado a la producción respecto a la energía productiva.

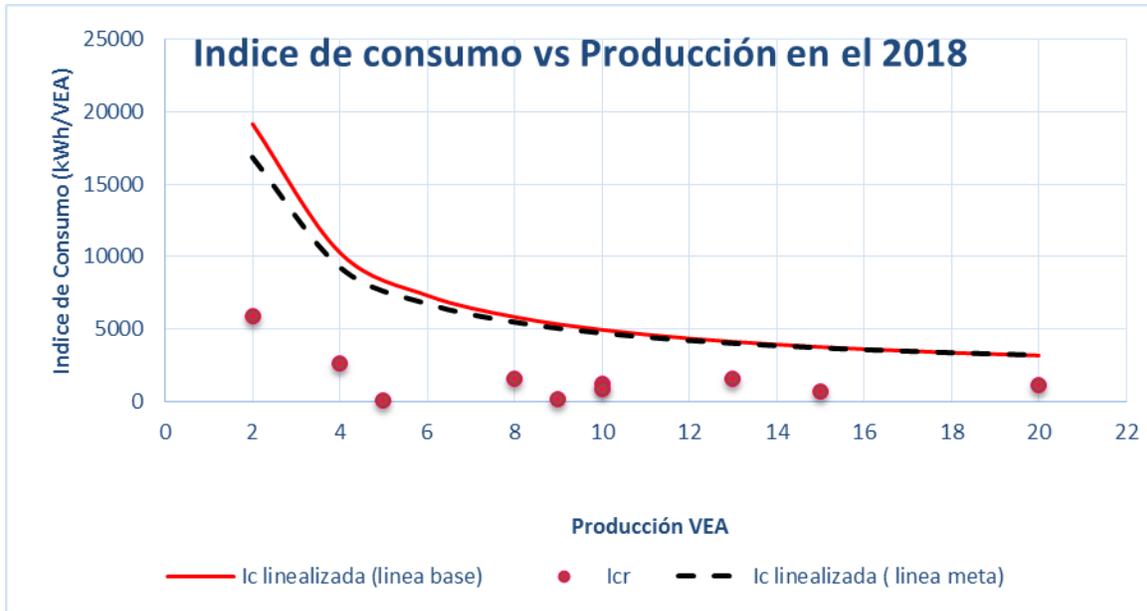


Figura 5: Gráfico de índice de consumo vs producción ante la instalación de paneles solares y tejas traslúcidas en el 2018. Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Es evidente que aplicando el procedimiento expuesto en el SGen se puede mejorar la eficiencia energética de la empresa. Por medio del gráfico de la línea de meta establecido, se logra determinar un potencial de ahorro de 5126kWh/mensual, dejando de emitir a la atmósfera un total de 5,77tonCO<sub>2</sub>/mensual. Se demuestra mediante la investigación el buen impacto en la eficiencia que trae consigo la implementación de la tecnología renovable.

## Bibliografía

BORROTO, A. 2002. *Gestion Energetica Empresarial*, Cuba, Universidad de Cienfuegos.  
BORROTO, A. & MONTEAGUDO, J. 2006a. *Gestion y economia energetica*, Cuba, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos, Cuba.  
BORROTO, A. & MONTEAGUDO, J. 2006b. *Gestión y economía energética*.  
BOXWELL, M. 2015. *Solar Electricity Handbook*.  
BUEN, O. 2014. *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*, Mexico, Conuee / GIZ.

CAMPOS, J. 2010. *Guia para la implementacion de un sistema de gestion energetica basado en la norma ISO 50001*.

CUBADEBATE. 2013. *En funcionamiento primer parque solar en Cuba* [Online]. Cuba.

CUBADEBATE. 2017. *Cuba incorporará 59 parques fotovoltaicos* [Online]. Cuba: Cuba, Energía, Energía solar. Available:

<http://www.cubadebate.cu/noticias/2017/01/20/cuba-incorporara-59-parquesfotovoltaicos/>

HENRÍQUEZ, B. 2017. Uso y abuso de la teja translúcida.

LAIRE, M. 2013. *Guia de implementacion de Sistema de gestion de la Energia Basada en ISO 50001*, Chile, Agencia Chilena de Eficiencia Energetica (AChEE).

UNIVERSO, E. 2012. *Energía renovable cubre el 12,9% de la demanda mundial* [Online]. Available: <http://www.eluniverso.com/2012/01/08/1/1430/energia-renovablecubre-129-demanda-mundial.html>