

Mejoramiento del desempeño energético en el sector industrial a través de la relación entre eficiencia energética y la integración de energías no convencionales

Improvement of energy performance in the industrial sector through the relationship between energy efficiency and the integration of unconventional energies

J.A. Márquez- Ceballos¹, J.D. Marín Jiménez ², S.X. Carvajal Quintero³

¹ E3P, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia. Email: jamarquezc@unal.edu.co

² E3P, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia. Email: jdmarijn@unal.edu.co

³ E3P, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia. Email: sxcarvajalq@unal.edu.co

RECIBIDO: abril 21, 2017. ACEPTADO: junio 02, 2017. VERSIÓN FINAL: noviembre 01, 2017

RESUMEN

La eficiencia energética es considerada una alternativa efectiva y de rápida implementación que permite disminuir el consumo de energía, manteniendo a su vez un nivel equivalente de producción, es decir, sin alterar la actividad económica. Una forma de implementar eficiencia energética en una industria, es a través de la instalación de fuentes de energías no convencionales. En este artículo se determina la importancia de la ubicación de las nuevas fuentes de generación en las instalaciones eléctricas de una industria, a través de la mejora del desempeño energético en el sector industrial. La mejora en el desempeño representa un ahorro económico para los usuarios, contribuye a la sostenibilidad de la matriz energética del país y aporta a la conservación global del medio ambiente. Por lo tanto, se concluye que no basta únicamente con instalar fuentes de generación renovable, sino que es importante determinar una ubicación adecuada donde se logren los mayores beneficios técnicos para el usuario.

PALABRAS CLAVE: Desempeño Energético, Eficiencia Energética, Prosumers, Energías No Convencionales.

ABSTRACT

Energy efficiency is considered an effective alternative and rapid implementation that allows to reduce energy consumption, while maintaining an equivalent level of production, ie without altering economic activity. One way to implement energy efficiency in an industry is through the installation of unconventional energy sources. This article determines the importance of the location of new generation sources in the electrical installations of an industry, through the improvement of energy performance in the industrial sector. The improvement in performance represents an economic saving for the users, contributes to the sustainability of the country's energy matrix and contributes to the global conservation of the environment. Therefore, it is concluded that it is not enough only to install renewable generation sources, but it is important to determine a suitable location where the greatest technical benefits for the user are achieved.

KEYWORDS: Energy Performance, Energy Efficiency, Prosumers, No-conventional Energies

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de los precios del gas, el petróleo y otros combustibles fósiles hacen que la reducción del consumo de energía eléctrica sea un objetivo fundamental alcanzar en el sector industrial [1], cada día se consumen grandes cantidades de energía, si se sigue consumiendo tanta energía como hasta ahora, la matriz de demanda energética mundial llegara a niveles ilimitados, por lo tanto seguirán aumentando los niveles de CO₂ y esto traerá un gran impacto medioambiental [2].

La eficiencia energética se define como la relación cuantitativa entre el desempeño energético para realizar una actividad y la entrada de energía necesaria para llevar a cabo dichas actividades o procesos [3], esta es la medida más efectiva y rápida para abordar una seguridad energética [4], dado que se reduce el consumo de energía manteniendo a su vez un nivel equivalente de actividad económica. La gestión de la demanda también juega un papel muy importante en aras de disminuir el consumo de energía eléctrica, ya que esta contempla actividades encaminadas a modificar el patrón de consumo para la mejora de la eficiencia y la operación del sistema eléctrico [5], [6].

Actualmente se experimenta una transformación en el modelo de mercado convirtiendo al consumidor en “prosumidor”. Un “prosumer” es un término internacional que se asocia con una entidad que produce, consume y vende energía [7]. En el sector industrial este concepto se incorpora para mitigar los costos del consumo, produciendo y vendiendo la energía. Esta alternativa de convertirse en prosumer asociada con la eficiencia energética representa un gran ahorro económico y energético para mantener la actividad económica. En el momento en el que un consumidor se convierte en un prosumer, debe preocuparse además de reducir el consumo de energía, generar su propia energía, o a través de procesos de eficiencia energética, utilizar la energía residual para aprovecharla y potencializarla hacia una posible venta.

Se puede establecer una relación entre la eficiencia energética, la incorporación de las energías no convencionales y la gestión de la demanda de energía, ya que se puede reducir la demanda de energía a través de la eficiencia energética, y las necesidades energéticas restantes se satisfacen utilizando energías no convencionales [8], esto además del componente técnico y científico, también requiere un exhaustivo trabajo en cuanto al análisis de políticas que puedan incentivar y regular los trabajos y la incorporación de energías no convencionales en aras de mejorar la eficiencia energética y disminuir la demanda de energía. Los entes gubernamentales deben exigir un control continuo de datos, con los que se pueda realizar un análisis sobre las

características de consumo y se puedan identificar acciones potenciales para el beneficio de la eficiencia energética [4].

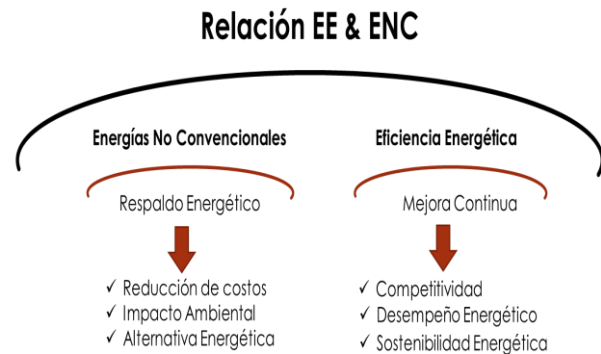


Figura 1. Relación EE & ENC. **Fuente.** Elaboración propia.

Estos dos componentes convergen en objetivos como lo son contribuir al mejoramiento del desempeño energético del sistema, reducir costos, mantener una sostenibilidad energética y por lo tanto contribuir a la competitividad de un sistema en el sector industrial.

El sector industrial tiene el potencial de reducir entre el 26 y 32 % de su intensidad de energía y emisiones, el cual representa una reducción entre el 8 y 12% de la energía total usada y de sus emisiones de CO₂ [9], esto da pie para afirmar que los procesos en aras de mejorar el desempeño energético en el sector industrial representan un gran impacto económico, social y ambiental.

En el marco del contexto Colombiano, la inclusión de energías renovables está regulada por la Ley 1715, “Por medio de la cual se regula la integración de las energías no convencionales al Sistema Energético Nacional” [10]. A partir de esta ley se generan mecanismos para incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético colombiano, la eficiencia energética y la respuesta a la demanda en todos los sectores y actividades, con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica [10].

En este artículo se plantea la relación entre eficiencia energética y energías no convencionales como una alternativa para el mejoramiento del desempeño energético en el sector industrial, teniendo en cuenta que este mejoramiento representa un ahorro económico, contribuye a la sostenibilidad de la matriz energética y aporta a la conservación del medio ambiente.

2. METODOLOGÍA

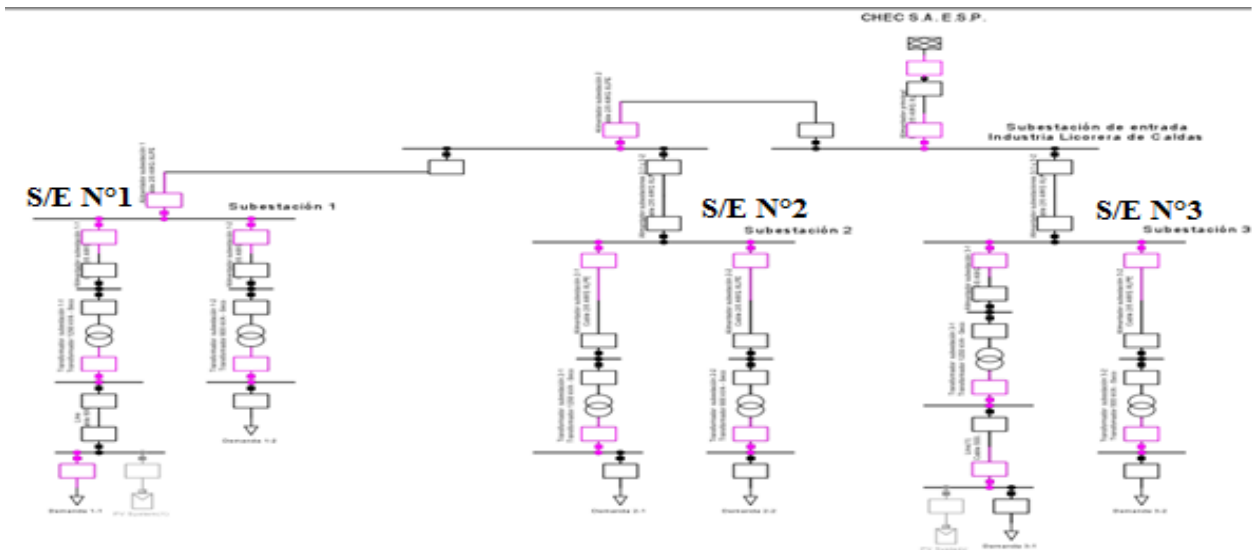


Figura 2. Diagrama Unifilar Empresa Agroindustrial. **Fuente.** Elaboración propia.

La metodología se compone de dos etapas, la primera etapa se realiza con base a simulación computacional a través del software DIGSILENT Power Factory, donde se simula el desempeño de las instalaciones eléctricas del usuario y determinando las pérdidas eléctricas actuales. La segunda etapa se basa en análisis de datos, donde se analizan los consumos energéticos del usuario.

La ruta procedimental para asociar la eficiencia energética con la incorporación de energías no convencionales para el mejoramiento del desempeño energético en el sector industrial es la siguiente: Como primera medida se define y se determina un caso de estudio del sector industrial, del cual se obtienen datos históricos de consumo de energía y de su demanda de energía. Como segundo escenario plantea un análisis de información en el cual se identifican y se clasifican los datos de acuerdo a las características de consumo, y por último se toman decisiones basadas en los datos anteriormente analizados. Se analizan las características topológicas de la empresa agroindustrial escogida como estudio de caso, para realizar un diagnóstico de la potencialidad de inclusión de energías no convencionales al sistema, como el aprovechamiento de un posible caudal de agua para la fabricación de una pequeña central hidroeléctrica o los índices de radiación solar en esta zona para la instalación de paneles solares.

2.1 Caso de Estudio

Para realizar el análisis de asociación entre la eficiencia energética y las energías no convencionales como alternativa para mejorar el desempeño energético en el

sector industrial, se escoge como caso de estudio una empresa agroindustrial manizaleña dedicada a la fabricación y procesamiento de licores la cual esta situada en la zona industrial de la ciudad de Manizales [11]. Según la clasificación de usuarios no regulados por niveles de tensión del portal XM, Expertos en Mercados, del mes de junio de 2016, la empresa agroindustrial tiene un nivel tres de tensión ($30 \text{ kV} \leq \text{Nivel 3} \leq 57,5 \text{ kV}$) [12] y su potencia instalada es de 4500 kVA.

Los procesos con mayor uso de energía de la empresa agroindustrial se presentan en la tabla 1 con el promedio de uso.

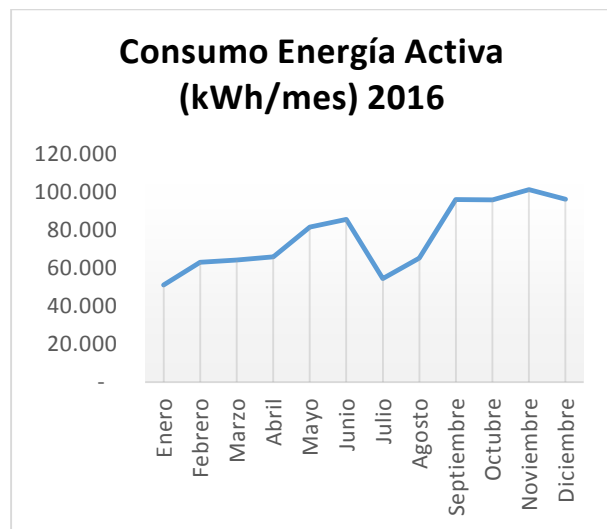
Tabla 1. Procesos Empresa Caso de Estudio

Proceso	Frecuencia de Uso	Promedio de Uso
Destilación	Semanal (8 a 10 horas)	4,01% - 5,48% (horas al año)
Envasado	Diaria (8 a 10 horas continuas)	32,87% - 41,09% (horas al año)
Oficinas Administrativas	Diaria (8 horas continuas)	32,87% (horas al año)

Fuente. Programas de Gestión de Demanda en el Sector Industrial - Daniela Valencia López.

Según el consumo de energía activa (kWh/mes) en el año 2016 (Figura 1), se puede apreciar que las épocas críticas de consumo de energía se presentan en los últimos 4 meses del año, esto es un patrón caracterizado que ha demarcado el consumo en este último tercio del año, ya que es en este último periodo donde se presenta una

mayor concentración de actividades debido a la cercanía con la época de festividades en Colombia.



Gráfica 1. Consumo Energía Activa 2016. **Fuente.** Elaboración propia.

2.2 Procedimiento

Como metodología para el análisis de datos y estrategias de información, se utiliza la estrategia DDD (Data Driven Decision), la cual brinda posibilidades de que los datos sean accesibles, informativos y procesables. Es una estrategia en la cual se realiza un proceso de modelado de los datos encaminado a la obtención de información útil que permita tomar decisiones más precisas y con mayor fiabilidad. Los datos obtenidos de fuentes privadas son históricos de consumo de energía activa desde el año 2005 hasta el primer trimestre del 2017. Con la obtención y análisis de estos datos se pretende plantear estrategias de operación con base en la eficiencia energética y la incorporación de las energías no convencionales que puedan mejorar el desempeño energético en el sector industrial. Para este estudio de caso en particular, el interés se centra en abordar la última temporada de producción del año, ya que como se mencionaba anteriormente es la época donde más consumo de energía se presenta.

Se puede iniciar a partir de un esquema básico procedimental para abordar esta investigación, donde se tienen tres escenarios secuenciales planteados en la Figura 2. Este esquema procedimental se compone de unas entradas predefinidas y obtenidas por fuentes de información privadas, como lo son datos de consumo, dimensionamiento y la operación de las redes eléctricas, posteriormente se tiene una serie de procesos con los cuales se pretende darle manejo a la información

obtenida, como lo son la agrupación y clasificación de la información, y por último se arrojan los resultados en los cuales se toman las decisiones y se identifican las potencialidades de relacionar la eficiencia energética y la inclusión de energías no convencionales al sistema.



Figura 3. Esquema procedimental. **Fuente.** Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el esquema procedimental planteado, se propone realizar una simulación en el software Dig SILENT Power Factory el cual es una herramienta de cálculo asistida por computadora para el análisis de sistemas de potencia, industriales, comerciales y de grandes empresas eléctricas [13] con el objetivo de simular la instalación de la empresa agroindustrial con diferentes niveles de generación solar. Se simula un escenario base sin generación solar, después con una capacidad de generación de 300 kVA, 600 kVA, y 900 kVA. Esto se realiza con base en el siguiente concepto: las pérdidas en un alimentador se relacionan con la intensidad de corriente, al incluir sistemas solares a las instalaciones, aumenta la tensión en el nodo y disminuye la intensidad de corriente, es decir se puede aumentar la eficiencia energética al ubicar adecuadamente fuentes de generación, y por consiguiente disminuir considerablemente las pérdidas por concepto de intensidad de corriente.

A continuación se presentan los casos de simulación en el software DigSILENT, en los cuales se identifican las pérdidas del sistema, las cuales incluyen las características de los cables y los transformadores:

- **Caso Base:** Sin generación solar
- **Caso 1:** 300 kVA (instalados en la subestación No 3).
- **Caso 2:** 600 kVA (instalados en la Subestación No 1)
- **Caso 3:** 900 kVA (300 kVA en la subestación No 3 y 600 en la subestación No 1)
- **Caso 4:** 900 kVA (300 en la subestación No 3 y 600 kVA en la subestación No 2)

3. RESULTADOS

Se realizaron las simulaciones de los 4 casos de estudio.

Tabla 2. Pérdidas del sistema con instalación de energía solar

Energía Solar	Pérdidas (MW)	Pérdidas (Mvar)
Caso Base	0,19 MW	0,32 Mvar
Caso 1	0,16 MW	0,17 Mvar
Caso 2	0,13 MW	0,24 Mvar
Caso 3	0,09 MW	0,19 Mvar
Caso 4	0,14 MW	0,23 Mvar

Fuente. Elaboración propia.

La Tabla 2, la cual presenta las pérdidas del sistema sin la instalación de generación solar, y posteriormente con la instalación de la misma en cuatro casos distintos, evidencia que cuando se instala generación solar, el concepto de pérdidas por intensidad de corriente disminuye paralelamente con el aumento de la incorporación de generación solar.

4. CONCLUSIONES

La adecuada ubicación de los sistemas alternativos de energía influye considerablemente en la reducción de pérdidas, por ende en el desempeño energético, ya que en la simulación se instalan dos sistemas de generación solar de 900 kVA en diferentes ubicaciones, pero ambos no representan los mismos porcentajes de reducción de pérdidas como se puede evidenciar en la Tabla 2, es por esto que se puede afirmar con base en los resultados que existe una relación entre las condiciones de diseño de las instalaciones eléctricas y consumos para determinar el grado de aplicación de mejoramiento de desempeño energético con la integración de energías renovables en el sector industrial.

Para trabajos futuros en cuanto a la integración de energías no convencionales, se debe analizar la mejora en el desempeño energético que la inclusión de los sistemas alternativos de energía puede representar, considerando no solo las pérdidas de potencia como se presentan este artículo, sino también las pérdidas generales de energía. Para este análisis y trabajo de simulación es importante resaltar que es necesario determinar la demanda energética y el comportamiento de los sistemas alternativos que van a ser instalados para garantizar una veracidad y contundencia en los resultados arrojados por los estudios, simulaciones y análisis de la información.

La inclusión de las energías no convencionales y los trabajos en aras de mejorar el desempeño energético del sistema representan beneficios tributarios en Colombia, según lo establecido en la Ley 1715 de 2014, la cual presenta incentivos para la inversión en la inclusión de energías renovables en el sistema, disminuir el impacto medioambiental y contribuir a la sostenibilidad de la matriz energética nacional. La reducción del consumo de energía trae consigo beneficios para el sistema como la descongestión de la cargabilidad del transformador y de los alimentadores, lo que mejora la operacionalidad del sistema eléctrico.

5. RECONOCIMIENTO

Los autores desean agradecer el apoyo financiero proporcionado por la DIMA (Universidad Nacional De Colombia - Dirección de Investigación Manizales) para la financiación y la aprobación de los proyectos: "Mejoramiento del desempeño energético en el sector industrial a través de la relación entre eficiencia energética y la integración de energías no convencionales", con el código del sistema Hermes es 63741, y " Diseño de estrategias operativas para la integración eficiente de recursos energeticos distribuidos en las redes de distribucion en Colombia", con el código del sistema Hermes es 35911.

6. REFERENCIAS

- [1] K. Mukherjee, "Energy use efficiency in U.S. manufacturing: A nonparametric analysis," *Energy Econ.*, vol. 30, no. 1, pp. 76–96, 2008.
- [2] I. T. I. Electricidad, D. Sevilleja, and A.-I. Pág., "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL," 2011.
- [3] Icontec, "NTC ISO 50001." 2011.
- [4] La Agencia Internacional de Energía (AIE), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), and Ministerio de Minas y Energía(Perú), *América Latina y el Caribe Recomendaciones de Políticas de Eficiencia Energética Regionales*. 2014.
- [5] P. Palensky and D. Dietrich, "Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 7, no. 3, pp. 381–388, Aug. 2011.
- [6] D. Y. Goswami and F. Kreith, *Energy efficiency and renewable energy handbook*. .
- [7] A. Mahmood, A. R. Butt, U. Mussadiq, R. Nawaz, R. Zafar, and S. Razzaq, "Energy sharing and management for prosumers in smart grid with integration of storage system," in *2017 5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG)*, 2017, pp. 153–156.

- [8] Irena, “Synergies between Renewable Energy and Energy Efficiency: A working paper based on REmap 2030.”
- [9] IEA, “Energy Climate and Change World Energy Outlook Special Report.”
- [10] “Ley 1715 de 2014 ‘Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional’.” 2015.
- [11] ILC, “Industria Licorera de Caldas - ILC en Línea,” 2017. [Online]. Available: <http://ilc.com.co/site/index.php?lang=en>.
- [12] D. Valencia-lópez, *Programas de Gestión de Demanda Energética en el Sector Industrial* *Programas de Gestión de Demanda*. 2016.
- [13] F. Gonzalez Longatt, *DIGSILENT PowerFactory (Manual de Usuario)*. 2004.