



3° CONEPRO-SUL

CONEPRO-SUL - 3° Congresso de Engenharia de Produção da Região Sul - de 22 a 24 de abril de 2014 - Joinville, SC, Brasil

COMPETITIVIDADE  
INDUSTRIAL E  
DESAFIOS GLOBAIS

## Propuesta metodológica para la realización de un programa de eficiencia energética en el sector industrial

Ing. Jorge Alberto Retes Arballo (UNISON) [retesx\\_rtz@hotmail.com](mailto:retesx_rtz@hotmail.com)

Dr. Jorge Luis Taddei Bringas (UNISON) [jtaddei@industrial.uson.mx](mailto:jtaddei@industrial.uson.mx)

Ing. Pablo Daniel Taddei Arriola (UNISON) [pablo\\_taddei@hotmail.com](mailto:pablo_taddei@hotmail.com)

**Resumen:** La energía utilizada en los procesos industriales representa una parte significativa del costo total de producción de bienes, por lo que conocer cómo, qué y cuánta energía se consume dentro de las instalaciones de una empresa, permite la elaboración de acciones para mejorar la eficiencia en el consumo energético. Esta investigación plantea el proceso de creación de una metodología para la realización de un programa de eficiencia energética, utilizando como base una herramienta conocida como auditoría energética. El proceso de creación consistió básicamente en la recolección de información de diversas fuentes sobre la realización de dicha auditoría, buscando la manera óptima en que su aplicación nos otorgue resultados capaces de realizar un programa de eficiencia energética de acuerdo a las necesidades de una empresa, además, de llevar implícito un carácter universal de réplica sin importar las condiciones de aplicación.

**Palabras-clave:** Eficiencia energética; Auditoría energética; Metodología, Medio ambiente.

**Abstract:** The energy used day to day in industrial processes, represents a significant production cost, thus knowing how, what and how much energy it's consumed within the industrial firms facilities, allow the preparation of efficient control activities. This paper set the creation process of an energy efficiency program methodology, using a tool named energy audit. The creation process basically consisted in data gathering about the realization of the energy audit, searching for the optimally application that give us the results of doing an energy efficiency program according the firm needs, also keeping an universal capability of replication, no matter the application conditions.

**Keywords:** Energy efficiency, Energy audit, Methodology, Environment.

### 1. Introducción

La energía es un factor importante en la producción de bienes y servicios, así como en el desarrollo socioeconómico en general. El crecimiento de la población a escala mundial y la búsqueda por incrementar los estándares de vida ha aumentado en forma



acelerada el uso de energía. Los niveles de consumo de energía, especialmente eléctrica, a menudo han sido usados como indicadores de progreso y desarrollo económico. Sin embargo, la situación actual por la que atraviesa la producción y consumo energético representa un futuro poco alentador para las industrias si se continúa con el ritmo actual de uso de este indispensable recurso (PARDO & SILVEIRA, 2012).

Hoy en día, ahorrar energía no es la única razón por la cual es necesario reducir su consumo en las empresas. Además, existen dos factores claves que deben ser tomados en cuenta: primero, las ganancias adicionales que pueden presentarse al momento de mejorar la eficiencia energética; segundo, el ahorro de energía tiene un impacto significativo en el medio ambiente (HEPBASLI & NESRIN, 2003).

Gielen & Taylor (2007) mantienen una postura poco alentadora en cuanto al incremento energético mencionando que, incluso desde la mejor perspectiva tecnó-optimista, el consumo de energía en las industrias está pronosticado a incrementarse en los próximos 50 años, y el cómo la industria pueda transformarse tan radicalmente para mejorar el uso de energía, determinará la habilidad de la sociedad para crear sistemas energéticos sustentables de largo plazo.

En las últimas décadas, el sector industrial ha mejorado continuamente sus niveles y actividades relacionadas a eficiencia energética. Se estima que en un futuro cercano, llevar a cabo actividades de eficiencia energética dentro de las instalaciones industriales, se convertirá potencialmente en la forma más importante y costo-efectiva de mitigar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ), y por ende, disminuir en cierto aspecto los costos por el uso de energía (WORREL, ET AL., 2008).

Según Thollander, Rohdin & Moshfegh, (2012) algunas investigaciones demuestran que los resultados de cualquier programa industrial de energía, provienen de la implementación de alrededor del 40-50% de las acciones propuestas, por lo que más de la mitad de las mejoras técnicas potenciales de eficiencia energética no son explotadas. Llevar los sistemas energéticos hacia la sustentabilidad requerirá no solo de la inversión de equipo más eficiente, sino de una transformación de las actitudes, comportamientos, valores y rutinas en pro de mejorar la eficiencia energética.

De acuerdo a mensajes difundidos por la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés), la industria es uno de los mayores sectores consumidores de energía en el mundo, por lo que un cambio para mejorar la eficiencia energética en dicho sector es crucial para la reducción de las emisiones de  $\text{CO}_2$  (IEA, 2007).

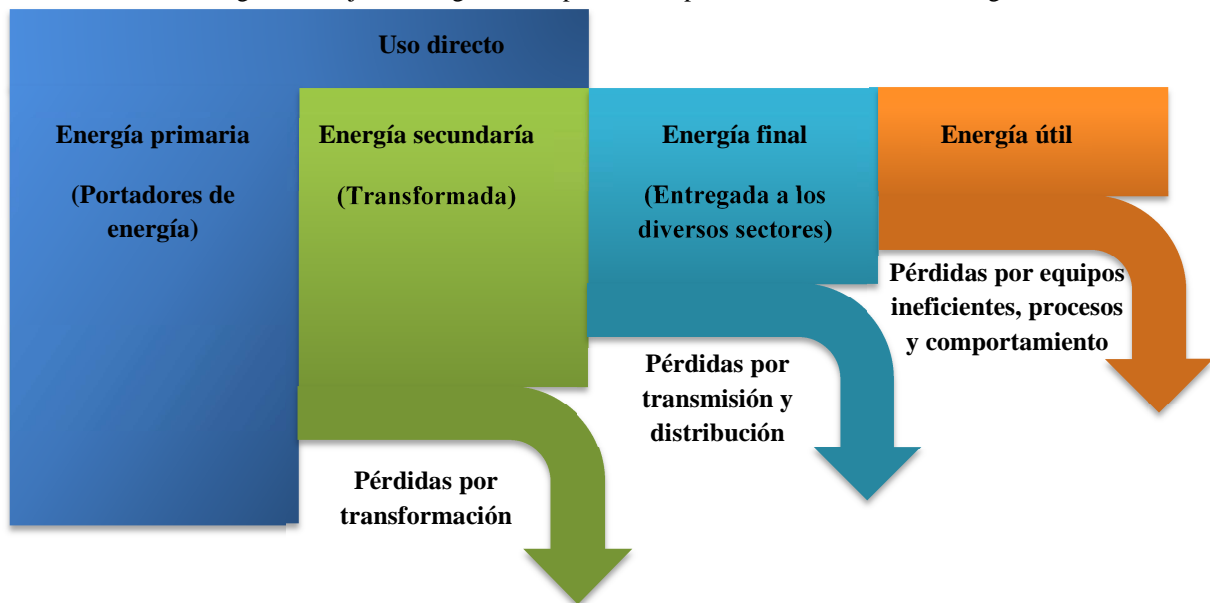
Hepbasli y Nesrin, (2003) afirman que la eficiencia energética debe ser considerada como una importante solución a los problemas medioambientales que existen en la actualidad. Por su parte, Pardo (2009) añade que la eficiencia energética juega un papel importante en la reducción del consumo de combustibles fósiles, disminuyendo así la contaminación del aire y alentando el cambio climático.

## 2. Marco de referencia

Mejorar la eficiencia energética se ha convertido en un objetivo importante desde diferentes perspectivas, con el fin de garantizar su consumo y sustentabilidad como un elemento clave en el desarrollo económico. Los principales objetivos en el mejoramiento de la eficiencia energética a nivel macro son el mantenimiento de las reservas de combustible fósil, incentivar la calidad del medio ambiente, prevenir el calentamiento global y fortalecer la seguridad energética; mientras que a nivel micro, los principales objetivos son: la minimización de costos; reducir la energía cuando su precio aumente y buscar sustitutos energéticos o energías limpias (PARDO & COTTE, 2011).

La base para entender el concepto de eficiencia energética se encuentra en su flujo, desde la energía primaria (portadores de energía), pasando por su transformación y su uso en diversas actividades de la sociedad. Esto se puede observar con más claridad en la figura 1.

Figura 1. Flujo de energía – base para la comprensión de la eficiencia energética



Fuente: Palm (2010)

Palm (2010) describe el significado de eficiencia energética como "la lucha contra la pérdida de energía". Dicha pérdida ocurren en los procesos de transformación de energía, transmisión y distribución, así como el uso final que se le brinda a la energía. Mientras que reducir las pérdidas en las tres primeras actividades es un asunto puramente de tecnología, la última debe contrarrestarse mediante medidas técnicas y no-técnicas. A veces, el uso innecesario de la energía podría evitarse mediante una mejor organización, administración y cambios en el comportamiento del consumidor final, adoptando un hábito de responsabilidad. La eficiencia energética debe ser considerada como un proceso continuo, donde se incluyan actividades de monitoreo y control del consumo energético, con el objetivo de minimizar los niveles de demanda.

Varios estudios realizados en distintos países, mencionan la existencia de oportunidades de mejora relacionadas con eficiencia energética en el sector industrial; la mayoría de estas mejoras representan un beneficio costo-efectivo. Sin embargo, las empresas no se preocupan por la realización de actividades que mejoren los niveles de eficiencia energética, debido a que desconocen el potencial que ofrecen estas actividades. Llevar a cabo una auditoría energética es uno de los primeros pasos para identificar el potencial de esas actividades de mejora (HASANBEIGI & PRICE 2010).

De acuerdo con Schleich (2004), los programas de energía industriales que ofrecen una auditoría dentro de sus actividades, son uno de los instrumentos políticos más útiles para superar las barreras hacia la eficiencia energética, proveyendo a las industrias información adecuada acerca de las medidas disponibles de eficiencia, y sugerencias para mejorarla.

En la figura 2 se muestran las etapas que conforman un estudio de eficiencia energética, las primeras dos etapas (Diagnóstico y Análisis) son logradas a través de la aplicación de una auditoría energética.

Figura 2. Esquema de un estudio de eficiencia energética



Fuente: SIEMENS (2011)

Para Budía & Santana (2009) una auditoría energética se define como “un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los



consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico”. Añaden también que dichas valoraciones suponen generalmente mejoras en la calidad de los servicios prestados, mejoras económicas y mejoras medioambientales.

La Oficina de Eficiencia Energética de India (BEE) ofrece la siguiente definición de auditoría energética: “Verificación, monitoreo y análisis del uso de la energía, ofreciendo resultados y recomendaciones para mejorar la eficiencia energética con un análisis costo-beneficio y un plan de acción para reducir el consumo de energía”.

Sevilleja y Soto (2011) hacen mención de los objetivos que debe cumplir una auditoría energética, además de remarcar los beneficios de su aplicación; esto se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Objetivos y beneficios de una auditoría energética

Objetivos	Beneficios
Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos de las empresas.	Se reducen los costos, debido a la disminución de los consumos energéticos.
Identificar donde y como se producen los consumos de energía y los factores que afectan a dicho consumo.	Prolongación de la vida útil de los equipos.
Mejorar el suministro de energía.	Mejora de la competitividad de la empresa.
Identificar el costo energético.	Mejora la imagen de la empresa por verse asociada al cuidado del Medio Ambiente.
Mejorar la contratación de energía eléctrica y combustibles.	Permite el acceso a ayudas por parte de la Administración Pública por la realización
Eliminar las pérdidas de energía.	
Mejorar la eficiencia de las instalaciones.	
Reducir emisiones por cada unidad de producción	
Detectar y evaluar las posibilidades de ahorro y de mejora de la Eficiencia Energética	
Analizar la posibilidad del uso de energías renovables	

Fuente: Sevilleja & Soto (2011)

En la Tabla 2, se puede observar un ejemplo de la duración, porcentaje de ahorro energético y periodo de retorno de la inversión de una auditoría energética.

Tabla 2. Ejemplo práctico de ahorro tras una auditoría energética

Objetivos Instalación	Duración media del estudio energético	Ahorro energético estimado	Periodo de retorno simple
<b>Instalaciones industriales</b>	1-4 meses	5%-20%	Hasta 6 años
<b>Instalaciones residenciales o terciarios</b>	1-2 meses	10%-20%	1-4 años
<b>Instalaciones hoteleras</b>	1 mes	15%-20%	2-4 años
<b>Instalaciones hospitalarias</b>	1-2 meses	5%-15%	2-4 años
<b>Instalaciones educativas (colegios)</b>	3 semanas	25%	2-3 años

Fuente: Sevilleja & Soto (2011)

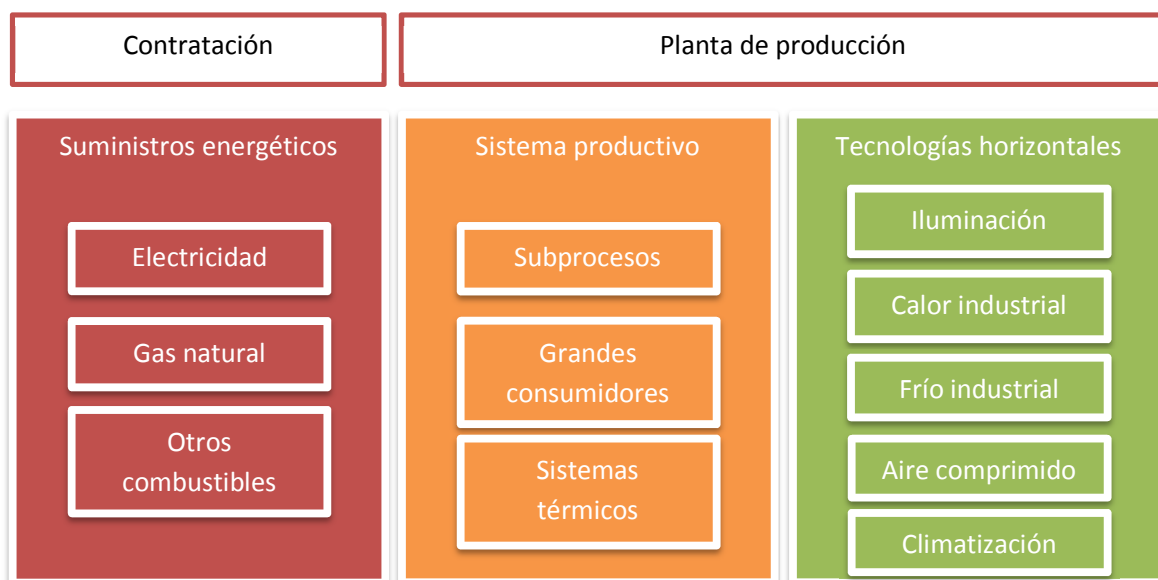
Como se puede observar, en las instalaciones industriales el periodo de retorno simple de la inversión puede alcanzar hasta los 6 años, un tiempo considerable con respecto a otros sectores. Por ello la elección de las mejoras debe ser acorde a las necesidades de la empresa, tanto en lo económico como en su preocupación por el ahorro energético.

Investigaciones recientes han resaltado la importancia de crear una red de trabajo continua después de haber aplicado una auditoría energética. Para las empresas, es necesario estar frecuentemente informadas sobre la situación energética de sus instalaciones, realizando auditorías rutinarias y seguir invirtiendo en medidas costo-efectivas en el futuro (RUSELL, 2006).

De acuerdo con Budía & Santana (2009), una auditoría energética debe cumplir con un conjunto de actuaciones, véase la Figura 3:

- el análisis de los suministros energéticos (incluyendo análisis de las condiciones de contratación de dichos suministros) como son la electricidad, gas natural y otros combustibles.
- análisis del sistema productivo, incluyendo todos los subprocessos, sistemas y equipos que participen en el proceso de producción.
- análisis de tecnologías horizontales como la iluminación, generación y distribución de calor, frío y aire comprimido.

Figura 3. Actuaciones incluidas en una auditoría energética



Fuente: Budía & Santana (2009)

Una parte importante y foco central de la auditoría energética son las tecnologías horizontales, ya que de acuerdo con Gruber et al. (2011) y Thollander, Rohdin y Danestig (2007), en estudios previos de auditorías energéticas se ha demostrado que de 60-90% de

las medidas de mejora de eficiencia energética implementadas en la industria corresponden a estas tecnologías. En la Tabla 3 se puede observar cómo se distribuye el uso de la energía en una empresa del sector industrial, destacando las tecnologías horizontales.

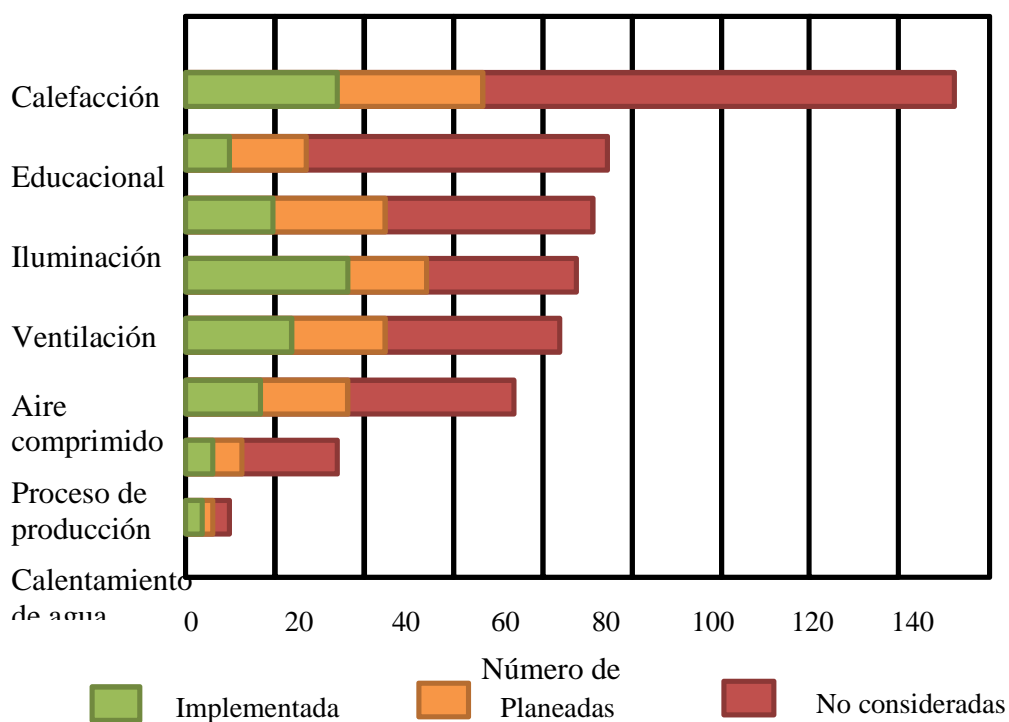
Tabla 3. Uso de la energía en una mediana industria en Suecia

Proceso	EUR/año	MWh/año	%
Corte de metal	151,030	2368	22.1
Calefacción	145,300	2438	22.7
Ventilación	106,590	1836	17.1
Aire comprimido	81,240	1360	12.7
Iluminación	76,640	1308	12.2
Recolección de metal	35,320	610	5.7
Calentamiento de agua	54,750	600	5.6
Acabado de fosfato	11,030	103	1.0
Calentamiento de motor	6,260	86	0.8
Operación del equipo de oficina	1,390	26	0.2

Fuente: Thollander et al. (2007)

Aunque la concentración principal del gasto energético se concentre en las tecnologías horizontales, si las medidas de mejora no son implementadas en su totalidad, el ahorro no podría no ser tan sustancial. La Figura 4 muestra los resultados del nivel de implementación que llegan a tener las empresas de las medidas de mejor.

Figura 4. Número de medidas implementadas, planeadas y no consideradas en la evaluación de 47 empresas





Fuente: Thollander et al. ( 2007)

Las medidas de eficiencia energética que se vayan a llevar a cabo dependen de su aplicación en particular y de las condiciones de la empresa, donde las empresas que no cuentan con un uso intensivo de energía (su consumo se centra en el proceso principal) permitan un mayor desarrollo de medidas en las tecnologías horizontales y en los procesos de soporte. Por otro lado, las empresas con un uso intensivo de energía, son poco susceptibles a un ahorro significativo con medidas orientadas a las tecnologías horizontales, subprocesos o procesos de soporte. Muchas de las medidas de mejora relacionadas a las tecnologías horizontales, son menos costosas que las medidas relacionadas con el proceso de producción principal. Dichas mejoras pueden ser implementadas a un nivel operacional, mientras que la mejoras en el proceso de producción requiere de actividades estratégicas a un nivel más elevado de la organización. También, la aplicación de medidas de eficiencia en las tecnologías horizontales son relativamente sencillas, tanto en carácter técnico como económico, por lo que representan un gran potencial para mejorar su eficiencia energética (THOLLANDER & PALM, 2013).

### **3. Justificación**

En la intención de buscar alternativas eficientes para reducir el consumo de energía - que implícitamente lleva una reducción de costos de operación y beneficios para el medio ambiente- la realización de un programa de eficiencia energética se vuelve una de las mejores opciones, no sólo por su aplicación en una empresa en particular sino por la posibilidad de ser replicado en cualquier empresa del sector industrial; ello crearía un efecto expansivo de mejoras en el ahorro energético.

### **4. Resultados**

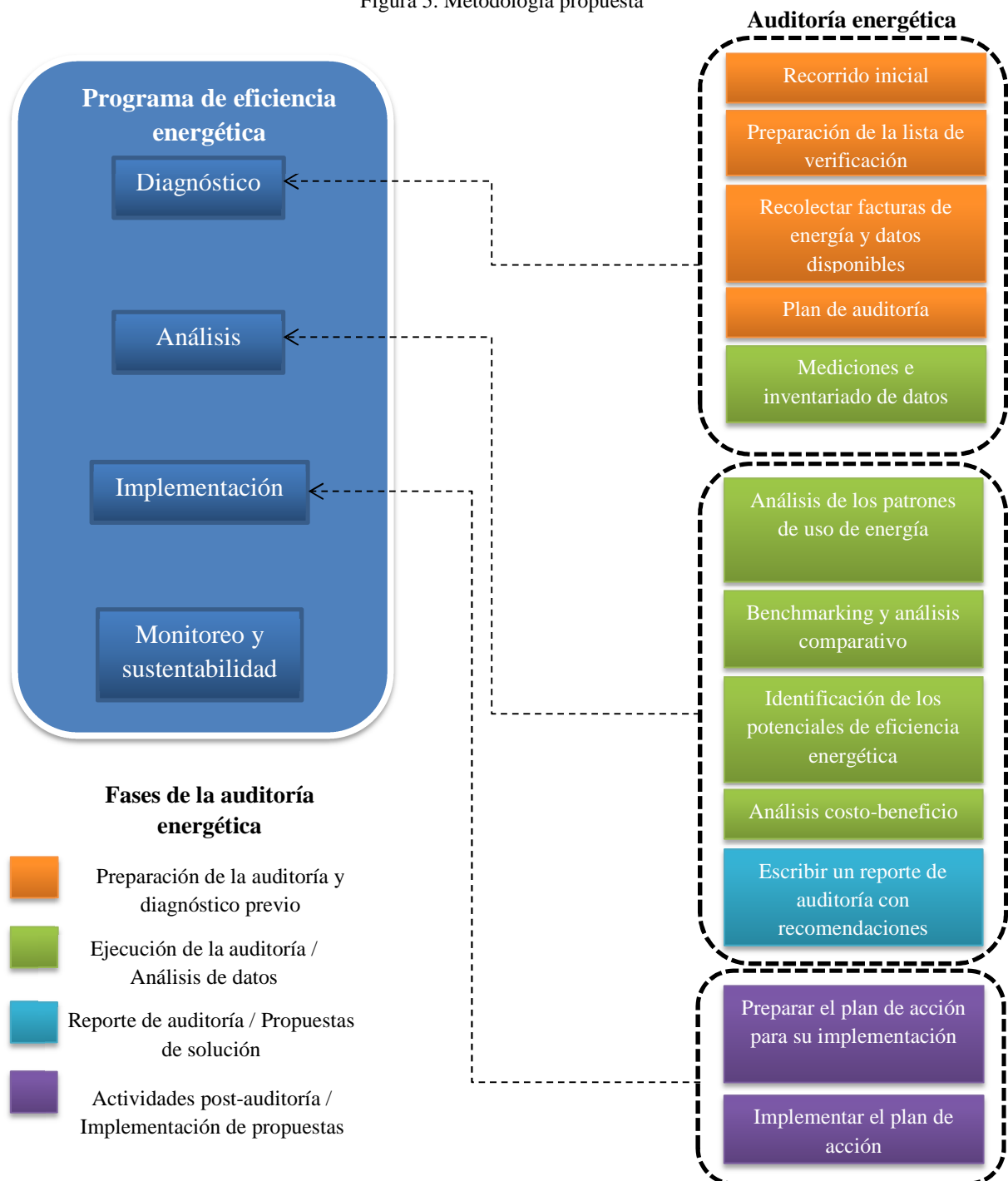
Con la información recolectada y la comparación de diversos puntos de vista relacionados con la eficiencia y auditoría energética, se construye la metodología propuesta, la cual se presenta en la Figura 5. Dicha metodología muestra la relación de las etapas necesarias para llevar a cabo un programa de eficiencia energética y los resultados provenientes de una auditoría energética, formando así una estructura adaptable a las condiciones de cualquier empresa. A continuación se ofrece una breve descripción de las etapas:

- diagnóstico: En esta etapa se pretende recabar la información necesaria para crear una estructura de diagnóstico aplicable a una empresa en cuestión, facilitando una posterior aplicación de una nueva auditoría, es decir, crearemos nuestras herramientas de recolección de datos.
- análisis: Esta etapa simplemente es un comparativo entre las condiciones de consumo energético detectadas en la etapa de diagnóstico, contra las condiciones reales de consumo. Con la auditoría, dispondremos de los patrones de consumo energético en maquinaria, equipos y tecnologías horizontales. Es identificar las áreas potenciales de ahorro, centrando la capacidad de implementación de mejoras y de monitoreo en dichas áreas.



- **implementación:** Los últimos pasos de la auditoría son meramente la preparación de reportes y planes de acción, y aquellos que la empresa considere relevantes en su implementación deben ser incluidos en el programa de eficiencia energética para darle comienzo. Con los resultados auditorías posteriores esta etapa puede sufrir los cambios pertinentes.
- **monitoreo y sustentabilidad:** La última etapa no es otra que el control de las mejoras aplicadas, utilizando para ello la información ya recabada en las etapas de diagnóstico y análisis. Posteriormente se requerirá realizar una nueva auditoría, pero al contar desde un inicio con la información de consumo energético, su duración será más breve y sencilla.

Figura 5. Metodología propuesta





Fuente: Elaboración propia a partir de Hasanbeigi et al. (2010), Budía et al. (2009), Thollander et al. (2013) & SIEMENS (2011).

## 5. Consideraciones finales

Para una empresa, contar con la capacidad de conocer cada detalle acerca de su consumo energético, sin duda representa una gran ventaja en el camino hacia unas instalaciones energéticamente eficientes, ya que es el punto de partida para ganar el control en cada aspecto donde la energía sea consumida.

La idea central de esta investigación es proveer una metodología aplicable a cualquier empresa del sector industrial, apuntando hacia la masificación de su aplicación, obteniendo beneficios que no solo beneficien a una empresa en cuestión, sino a todo un sector, región, o incluso país.

Un aspecto importante a incluir en cualquier programa de eficiencia energética, es el de optar por el uso de energías renovables en la mayor cantidad de procesos posibles; si bien no es redituable ni lógico pensar que en estos momentos una empresa se funcione solo con el uso de energías limpias, su implementación en ciertos subprocesos sí que es posible, y la visión futuristas de la empresas es la inclusión del aspecto sustentable dentro de sus procesos, eso incluye por supuesto al consumo energético.

## Referencias

BEE, 2008. **General aspects of energy management and energy audit - Chapter 3. Energy management and audit.** Disponible en: <<http://www.bee-india.nic.in/index.php?module=tri&id=4>>. Ultimo acceso: 03 de Octubre de 2013.

BUDÍA, E.; SANTANA, D., 2009. **Modelo de auditoría energética en el sector industrial.** Disponible en: <[http://earchivo.uc3m.es/bitstream/10016/8175/1/PFC\\_Ernesto\\_Budia\\_Sanchez.pdf](http://earchivo.uc3m.es/bitstream/10016/8175/1/PFC_Ernesto_Budia_Sanchez.pdf)>. Ultimo acceso: 06 de Octubre de 2013.

GIELEN, T.; TAYLOR, M. Modelling industrial energy use. The IEA's energy technology perspective. **Energy Econ**, n.29, p.889-912. 2007.

WORREL, E. et al. Industrial energy efficiency and climate change mitigation. **Energy Efficiency**, n.2, p.109-123. 2008.

GRUBER, E. et al. Efficiency of an energy audit programme for SMEs in Germany—results of an evaluation study. **ECEEE. Summer Study**. 2011.

HASANBEIGI, A.; PRICE, L., 2010. **Industrial energy audit guidebook: guidelines for conducting an energy audit in industrial facilities.** Disponible en: <[http://minotaur.lbl.gov/china.lbl.gov/sites/china.lbl.gov/files/LBNL-3991E.Industrial\\_Energy\\_Audit\\_Guidebook.pdf](http://minotaur.lbl.gov/china.lbl.gov/sites/china.lbl.gov/files/LBNL-3991E.Industrial_Energy_Audit_Guidebook.pdf)>. Ultimo acceso: 03 de Octubre de 2013.



CONEPRO-SUL - 3º Congresso de Engenharia de Produção da Região Sul - de 22 a 24 de abril de 2014 - Joinville, SC, Brasil

HEPBASLI, A.; NESRIN, O. Development of energy efficiency and management implementation in the Turkish industrial sector. **Energy Conversion and Management**, n.44, p.231-249 2003.

IEA, 2007. **Key world energy statistics 2007**. Disponible en: <<http://www.iea.org/>>. Ultimo acceso: 29 de Octubre de 2013.

PALM, J. **Energy Efficiency**. 1 ed. Rijeka, Croatia: Sciyo. 2010.

PARDO, C.; COTTE, A. La eficiencia energética en la industria manufacturera Colombiana: una estimación con Análisis Envolvente de Datos-DEA y Datos de Panel. **Economía, Gestión y Desarrollo**, n.11, p.39-58. 2011.

PARDO, C.; SILVEIRA, S. Energy efficiency and CO2 emissions in Swedish manufacturing industries. **Energy Efficiency**, p.1-17. 2012.

RUSELL, C. Energy management pathfindings: understanding manufacturers' ability and desire to implement energy efficiency. **Strateg Plan Energy Environ**, n.25, p.20-54. 2006.

SCHLEICH, J. Do energy audits help reduce barriers to energy efficiency? An empirical analysis for Germany. **Int J Energy Technol Policy**, n.2, p.226-239. 2004.

SIEMENS, 2011. **Programa de Eficiencia Energética**. Disponible en: <<http://industria.siemens.com.mx/Servicios%20Industriales/Programa%20de%20eficiencia.html>>. Ultimo acceso: 07 de Noviembre de 2013.

SEVILLEJA, D.; SOTO, F., 2011. **Eficiencia energética en el sector industrial**. Disponible en: <[http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13678/PFC\\_Diego\\_Sevilleja.pdf](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13678/PFC_Diego_Sevilleja.pdf)>. Último acceso: 30 de Octubre de 2013.

THOLLANDER, P.; PALM, J. **Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems: An Interdisciplinary Perspective on Barriers, Energy Audits, Energy Management, Policies, and Programs**. 1 ed. Londres. Inglaterra: Springer-Verlag, 2013.

THOLLANDER, P.; ROHDIN, P.; DANESTIG, M. Energy policies for increased industrial energy efficiency: evaluation of a local energy program for manufacturing SMEs. **Energy Policy**, n.35, p.5774-5783. 2007.

THOLLANDER, P.; ROHDIN, P.; MOSHFEGH, B. On the formation of energy policies towards 2020: challenges in the Swedish industrial and building sectors. **Energy Policy**. n.42, p.461-467. 2012.