

Gestión energética en un taller con elementos de la norma ISO: 50001 / Energy management in a workshop with elements of the ISO: 50001 standard

José Leonardo Benavides-Maldonado¹ <https://orcid.org/0000-0003-4553-0577>; Diego Jara-Delgado¹ <https://orcid.org/0000-0006-4522-0627>; Diógenes Manuel de Jesús Bustan-Jaramillo² <https://orcid.org/0000-0002-7338-8638>; Anislei Santiesteban-Velázquez³ asantiesteban82@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8074-7862>

Institución de los autores

¹ Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

² Instituto técnico superior Daniel Álvarez Burneo. Loja. Ecuador

³ Empresa Eléctrica Las Tunas. Cuba.

País: Ecuador; Cuba

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento - No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Resumen

El trabajo muestra la gestión energética en un taller de una empresa de aceros inoxidables con elementos de la norma ISO 50 001:2011, como primer paso para la implementación de esta norma de gestión de la energía. Las técnicas utilizadas fueron la revisión de documentos, diagramas y técnicas de medición y control. Fueron determinadas las áreas, equipos, portadores energéticos y el personal que más influyeron en el uso significativo de la energía. El mayor portador energético fue la electricidad. Las medidas priorizadas proporcionaron un ahorro de 316 518,4 USD/año.

Palabras clave: Eficiencia energética; Norma ISO 50001; Portadores energéticos.

Abstract

The work shows the energy management in a workshop of a stainless steel company with elements of the ISO 50 001: 2011 standard, as a first step for the implementation of this energy management standard. The techniques used were the review of documents, diagrams and measurement and control techniques. The areas, equipment, energy carriers and

personnel that most influenced the significant use of energy were determined. The largest energy carrier was electricity. Prioritized measures can save \$ 316,518.4 / year.

Key works: Energy efficiency; ISO 50001 standard; Energy carriers.

Introducción

La prestación de servicios energéticos está condicionada por la idoneidad de la infraestructura que da soporte a esta actividad. Los portadores energéticos son difíciles de obtener debido al excesivo consumo, el deterioro de las fuentes de abastos y el alto costo (Martínez, 2017).

La gestión energética se puede definir como la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas) (Luna, Fava et al., 2018). Es, por tanto, un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, que tiene como fin obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas (Martínez, Gómez et al., 2018).

La planificación energética es una actividad reciente, que comenzó a generalizarse entre los países más desarrollados a raíz de la crisis energética de la década de 1970 a 1980 (Altomonte, 2018). Desde entonces, se han desarrollado muchos modelos entre los cuales destacan: MARKAL1, NEMS2, SAGE, POLES3, 11R y SG4 (Correa Soto, González Pérez et al., 2017). Aunque las diferencias entre ellos son varias, las coincidencias conceptuales y estructurales son muy notables (Pousa, 2017).

El diagnóstico energético incluye la obtención de datos a partir de los registros y archivos de planta, mediciones in situ y corridas de prueba, entrevistas al personal gerencial, cálculos técnicos y análisis de datos, obtención de información de costos de inversión y energéticos, criterios de aceptabilidad de inversiones, desarrollo de programas de acción con programas y responsabilidades definidas (Eloi, Silva et al., 2019). La metodología para el diagnóstico está dividida en las siguientes etapas (Correa Soto, González Pérez et al., 2017):

Etapas 1: Caracterización y estudio del proceso objeto de estudio.

Etapas 2: Identificación de equipos y áreas consumidores de energía y obtención de datos básicos y análisis del uso y el consumo de la energía.

Etapas 3. Causas que inciden en el deficiente monitoreo de los portadores energéticos. Medidas técnicas y organizativas recomendadas.

En estudios y auditorías realizadas en el Taller Termoenergético perteneciente a la Empresa ACINOX - Las Tunas, se ha evidenciado que no existe un Sistema de Gestión de la Energía, que integrados a un sistema de monitoreo y control energético, basado en indicadores científicamente fundamentados, posibilite a los directivos la toma de dediciones en el campo energético y su mejora continua. El objetivo de este trabajo es mostrar la revisión energética realizada en el Taller Termoenergético, con los métodos de la Norma ISO 50001, para determinar el desempeño energético y definir las áreas potenciales de ahorro.

Materiales y Métodos

Los métodos usados en la investigación fueron Análisis y síntesis: aplicado en la determinación de los fundamentos teóricos que sirvieron servir de soporte al enfoque y solución del problema, así como en la valoración de toda la información recibida.

Inductivo-deductivo: utilizado para diagnosticar la situación problémica, sus causas y arribar a las generalizaciones expresadas en el trabajo.

Entre los métodos empíricos empleados están la Revisión de documentos asociados a la temática objeto de estudio, Observación participante como vía para que los investigadores pudieran valorar los aspectos esenciales de la investigación e incorporar en el mismo.

La Norma ISO 50001. Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con orientación para su uso.

En junio del 2011 fue publicada la norma Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001:2011, que establece un marco para que las plantas, instalaciones y organizaciones industriales gestionen la energía. Desarrollada por el Comité de proyecto ISO 242, participaron en su elaboración 42 países liderados por EE.UU., Brasil, el Reino Unido y la República Popular China (Correa Soto, Borroto Nordelo et al., 2014).

El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones el establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético (Jovanović and Filipović, 2016), incluyendo la eficiencia energética y el uso y consumo de la energía (McKane, Therkelsen et al., 2017).

La Norma ISO 50001: 2011 se basa en el ciclo de mejora continua: Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización.

Resultados

Aplicación de metodología del diagnóstico energético de los procesos del Taller Termoenergético de la Empresa ACINOX – Las Tunas.

El Taller Termoenergético está dividido en plantas:

- Planta de tratamiento de agua (PTA).
- Planta de extracción de gases (PEG).
- Estaciones de combustibles.
 - Fuel – Oil.
 - Gas licuado del petróleo (LPG).

El flujo productivo de cada planta auxiliar, así como los datos típicos de producción y descripción de los procesos, se presentan a continuación:

Planta de tratamiento de agua:

El proceso de tratamiento de agua comienza con la entrada de agua que se recibe desde diferentes fuentes de abasto. Es almacenada para el proceso industrial, con una cobertura de trabajo de 9 080 m³ para 26 días.

El agua almacenada es bombeada hacia la Planta de Fraccionamiento de Aire (PFA) donde están instaladas 2 bombas (BO7E y BO8E) del tipo R- 80-50 de 80m³/h y 0,5 MPa de presión y dos bombas de contra lavado (BC1 y BC2) Lowara del tipo 80-160x150 de 175 m³/h y una presión de 0,3 – 0,35 MPa por donde circula por unos filtros de arena donde se elimina gran parte de los sólidos en suspensión y sólidos disueltos. De ahí el agua llega por tuberías a la Planta de Tratamiento de agua (PTA) a la misma presión, con circulación por las unidades de decarbonatación donde se le eliminan los iones de Calcio, Sodio y Magnesio.

Planta de Extracción de Gases:

Su objetivo principal es la eliminación de gran parte de los agentes contaminantes que salen con los gases del proceso de fundición del acero, entran en forma de polvos a una temperatura de 90 – 120 °C y salen para a la atmósfera los gases más limpios.

Estación de combustibles (FUEL-OIL):

Su objetivo principal es almacenar el combustible que se emplea para el calentamiento de las casuelas utilizadas en el proceso de fundición. Primeramente, es almacenado en un tanque cisterna de una capacidad de 1000 m³ de donde es bombeado por tubería hasta la estación en que se le da un precalentamiento y es bombeado por tuberías a una presión de 6 bar hasta llegar a su uso final.

Estación de Gas licuado del petróleo (LPG):

Su objetivo principal es almacenar el líquido que es usado en el secado de las cazuelas y otras funciones que se desarrollan en el proceso de fundición del acero. También se utiliza en otras actividades dentro y fuera del taller y en la cocina para la elaboración de los alimentos. Se almacena en dos balas cilíndricas con una capacidad 120 m³ cada una. De ahí se traslada por tuberías a una presión de 0,5 – 0,8 MPa en estado líquido hasta la estación de vaporizadores donde pasa por un proceso de vaporización y sale a una presión de 0,15 – 0,2 MPa para su uso en las diferentes áreas de consumo.

Identificación de equipos y áreas consumidoras de portadores energéticos, obtención de datos básicos y análisis del uso y el consumo de la energía.

Se identificaron las áreas importantes del taller y se obtuvieron los datos básicos disponibles acerca del consumo energético y actividades de producción. Así como, de las condiciones reales de operación, y la eficiencia de los equipos. Este tipo de información se obtuvo a partir de los archivos de la planta y los procesos clave. Para la revisión energética de la planta, se tomaron los datos del año 2019 de los registros del “Control de parámetros del Sistema de Gestión de Calidad de la planta”.

Identificación de equipos consumidores y estructura de portadores energéticos.

El primer paso fue el análisis del consumo de los portadores energéticos a nivel de empresa en el año 2019. Como se puede observar en la tabla 1, el mayor portador energético consumido es la electricidad con el 98,73 %, por lo cual lo se toma como portador energético significativo.

Tabla 1. Estructura de portadores energéticos en el año 2019.

No.	Portador energético	Consumo, tep/año	%	Suma acumulada, tep.	% en el consumo general acumulado
1	Electricidad	15839,5859	98,7284	15839,5859	98,7284
2	Aire	200,35	1,2488	16039,9359	99,9772
3	Agua	3,6	0,0224	16043,5359	99,9996
4	Lubricante	0,066	0,0004	16043,6018	100,0000
	Total	16043,6018			

Los datos referidos al Taller Termoenergético, indican que las áreas de mayor consumo de energía son las plantas de extracción de gases y de tratamiento de agua (tabla 2).

Tabla 2. Estructura de consumo de energía por áreas.

No.	Áreas consumos de energía	Consumo, tep/año	%	Suma acumulada	% en el consumo general acumulado
1	PEG	2854,129	48,982	2854,129	48,982
2	PTA	2739,602	47,016	5593,731	95,998
3	LPG	122,516	2,103	5716,248	98,101
4	Fuel - oil	110,667	1,899	5826,915	100,000
Total		5826,915	100,00		

tep ... toneladas equivalentes de petróleo.

Como se puede observar la diferencia entre la PEG y la PTA en cuanto al consumo de energía es de 1,966 %, aun así, el estudio estuvo enfocado en la PTA debido que en ella existe una amplia gama de equipos altos consumidores de energía, los cuales están concentrados en la sala de máquinas.

En la Planta de Tratamiento de Agua (PTA), el área de mayor consumo de portadores energéticos es la Sala de Máquina, representa el 91,075 % (tabla 3), por ello esta es el área de mayor consumo de energía.

Tabla 3. Estructura de consumo de energía por área de la PTA.

No.	Áreas por consumos de energía PTA	Consumo, tep/año	%	Suma acumulada	% en el consumo general acumulado
1	Sala de Máquina	2656,428	91,075	2656,428	91,075
2	Decantador	177,134	6,073	2833,562	97,148
3	Embalse	46,697	1,601	2880,259	98,749
4	PFA	36,478	1,251	2916,736	100,000
Total		2916,736	100,00		

Tabla 4. Estructura de consumo de portadores energéticos de la PTA.

No.	Áreas consumos de	Consumo,	%	Suma	% en el consumo
-----	-------------------	----------	---	------	-----------------

	energía PTA	tep/año		acumulada	general acumulado
1	Electricidad	2896.15309	99.2943	2896.1531	99.2943
2	Aire	20.53125	0.7039	2916.6843	99.9982
3	Lubricante	0.052	0.0018	2916.7362	100.0000
	Total	2916.7362	100.00		

Las plantas más consumidoras del Taller (tabla 2) son: la Planta de Extracción de Gases (PEG) y la Planta de Tratamiento de Agua (PTA) y dentro de esta, la Sala de Máquinas con una amplia gama de equipos consumidores según se muestra en las figuras 1 y 2. De la figura 1 se concluye que en la PTA los equipos que más consumen son las Bombas B01 y B02 con el 33,3 % y 19,9 % respectivamente. Estas bombas son utilizadas para el enfriamiento dentro del proceso de fundición y vaciado del acero líquido.

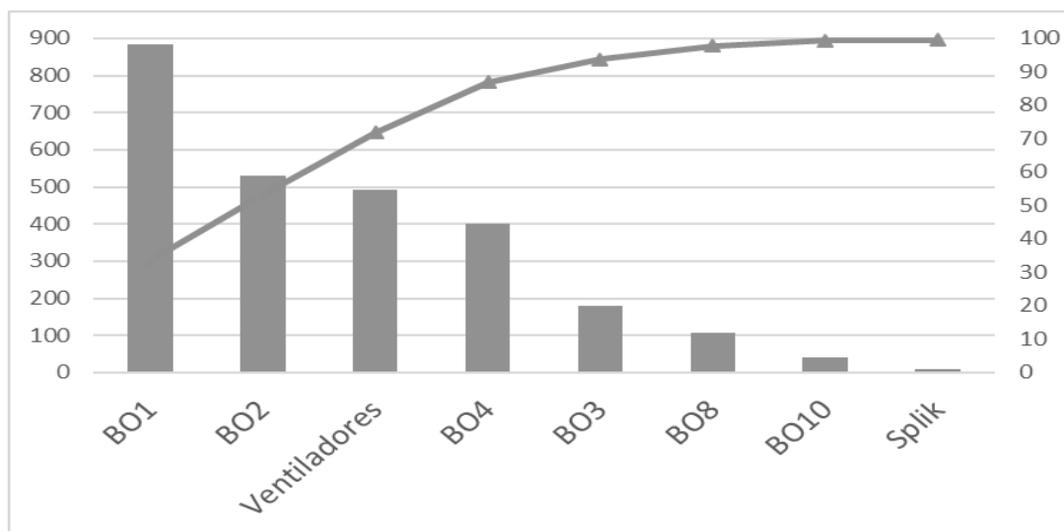


Figura 1. Estructura de consumo de portadores energéticos por equipos en el área de la sala de máquinas de la PTA.

Tabla 5. Estructura de consumo de portadores energético por equipos en el área de PEG en el año 2019.

No.	Áreas consumos de energía	Consumo, Tep/año	%
1	Extractores	2772,41	97,13
2	Sistema Soplado	72,32	2,53
3	Caracoles (1-8)	4,27	0,14
4	Elevadores (1-4)	2,57	0,09
5	Ambientador	0,95	0,03
6	Luminaria exteriores	1,23	0,04

7	Luminaria cabina	0,34	0,01
Total		2854,12	100,00

En la PEG el equipamiento más consumidor lo constituyen los ventiladores, con un consumo del 97,1 % del total de la energía. Dentro de esta área y pertenecientes al sistema de ventilación encontramos los extractores de gases son los equipos que tienen un uso significativo de la energía, se priorizó la hermetización de los conductos y filtros de manga.

Debido a la falta de hermeticidad de los filtros y los conductos, el sistema debe trabajar con los dos extractores de gases, lo que trae consigo un gasto adicional de electricidad.

Con la hermetización de los filtros y conductos se espera que la temperatura a la entrada del extractor sea de 100 °C (condiciones del proyecto) contra 70 °C antes de hermetizar, por lo que la succión de aire frío desde el exterior será igual a:

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_a} = \frac{100 - 70}{70 - 25} * 100 = 66.66 \% , \text{ del volumen del gas inicial.} \quad (1)$$

Donde, t_1 - temperatura del gas, sin la entrada de aire frío, °C.

t_2 - temperatura de la mezcla del gas y el aire succionado, °C.

t_a - temperatura del aire, 25 °C (temperatura ambiente).

Si el sistema no está hermético, el volumen de gases aumenta en un 66,66% con respecto al volumen por proyecto.

El volumen de aire que se debe de extraer a una temperatura a 100 °C es de 300 000 m³/h, pero debido a la succión de aire frío este volumen aumenta hasta 499 980 m³/h,

La expresión que permite determinar la potencia consumida por el extractor es:

$$N = \frac{V_t * h_t}{3600 * \eta_v * \eta_t}, \text{ kW.} \quad (2)$$

Donde,

N - potencia consumida por el extractor en el eje, kW,

V_t - volumen del aire a la temperatura t , m³

h_t -presión total, N/m²

η_v - eficiencia del ventilador, 0,65.

η_t - eficiencia de la transmisión, 1.

La potencia consumida en el eje del extractor sin la entrada de aire frío será igual a

$$N = \frac{V_t * h_t}{3600 * \eta_v * \eta_t} = \frac{300000 * 3922,552}{3600 * 1000 * 0,65 * 1} = 502,89 \text{ kW}$$

La potencia consumida en el eje del extractor sin la entrada de aire frío:

$$N = 502,89 \text{ kW}$$

$$N = \frac{V_t * h_t}{3600 * \eta_v * \eta_t} = \frac{499980 * 3922,552}{3600 * 1000 * 0,65 * 1} = 838.118 \text{ kW} ,$$

La potencia consumida en el eje del extractor con la entrada de aire frío:

$$N = 838.118 \text{ kW},$$

Debido a la filtración de aire se consumen 335,28 kW de más. Los extractores de gases trabajan 5 687 h/año, por lo cual el consumo de energía debido a la filtración del aire representaría un consumo anual de 1 906 737,36 kWh/año. El costo promedio de la electricidad es de 0,166 USD/kWh, por lo que si se hermetizan adecuadamente los conductos se obtendrá un ahorro de:

$$Ahorro_{elect} = Consumo_{Extra} * Costo_{elect}$$

$$Ahorro_{elect} = 316 518,4 \text{ USD/año}$$

El ahorro en divisas, con la hermetización, es sustancial lo cual podría permitir la ejecución de un proyecto de inversión que realiza el análisis pertinente y demuestra su rápido periodo de recuperación de la inversión.

Conclusiones

1. La electricidad es el mayor portador energético. Las áreas de uso significativo de la energía son la Planta de Extracción de Gases (PEG) y la sala de máquina de la Planta de Tratamiento de Agua (PTA).
2. Los equipos de mayor consumo de energía son los extractores de gases del horno de arco eléctrico y las bombas B01 y B02.
3. La medida de mejora propuesta proporcionó un ahorro de 316 518,4 CUC/año.

Referencias Bibliográficas

Altomonte, H. (2018). La evolución del concepto de energía y desarrollo sostenible al de planificación energética sostenible. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe* 1(2), 10-23.

- Correa Soto, J., et al. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética*, 35, 38-47.
- Correa Soto, J., et al. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 59-67.
- Eloi, S. S., et al. (2019). Eficiência energética e realização de pré-diagnóstico energético em instituições de ensino de João Monlevade–MG. *Research, Society and Development*, 8(2), 34.
- Jovanović, B. and Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model–proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755.
- Luna, M. H., et al. (2018). Uso de la correlación estadística para la gestión energética en locales de oficina empleando técnicas de la Industria 4.0. *DYNA*, 93(6), 602-607.
- Martínez, F. J. R., et al. (2018). Eficiencia energética de los edificios. Sistema de gestión energética ISO 50001. Auditorías energéticas, Ediciones Paraninfo, SA.
- Martínez, R. P. (2017). Requisitos para la evaluación de la conformidad de la Gestión de los Portadores Energéticos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3), 44-50.
- McKane, A., et al. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. *Energy policy*, 107, 278-288.
- Pousa, A. (2017). Optimización de rendimiento, justicia y consumo energético en sistemas multicore asimétricos mediante planificación, Universidad Nacional de La Plata.

Síntesis curricular de los Autores

M. Sc. José Leonardo Benavides-Maldonado¹ Ingeniero en electromecánica en 2004, y el máster en sistemas automáticos e informáticos en 2008, y es estudiante de doctorado en control automático en el ICIMAF, Habana, Cuba. Su interés actual de investigación son los laboratorios virtuales para enseñar control avanzado en la minería de cobre, las instalaciones petroleras en Ecuador y la eficiencia energética. <https://orcid.org/0000-0003-4553-0577>

M. Sc. Diego Jara-Delgado¹ Ingeniero químico Universidad Estatal de Cuenca, Ecuador. Magister en docencia universitaria e investigación educativa. Docente principal Universidad Nacional de Loja en la carrera geología ambiental y ordenamiento territorial. Su principal línea de investigación es la interrelación de los sistemas GIS y la eficiencia energética. <https://orcid.org/0000-0001-9518-4655>

Ing. Diógenes Manuel de Jesús Bustan-Jaramillo² Ingeniero electromecánico, actualmente está por graduarse de master en seguridad industrial de la universidad de Piura-Perú. Además, es docente del instituto técnico superior Daniel Álvarez Burneo de la ciudad de Loja. Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-7338-8638>

M. Sc. Anislei Santiesteban-Velázquez³ Ingeniero Eléctrico, Master en eficiencia Energética. Director UEB Servicios Comerciales Empresa Eléctrica Las Tunas, Cuba. Actualmente investiga sobre eficiencia energética en instalaciones industriales. Email: asantiesteban82@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8074-7862>

Institución de los autores

¹ Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

² Instituto técnico superior Daniel Álvarez Burneo. Loja. Ecuador

³ Empresa Eléctrica Las Tunas. Cuba.

Fecha de Recepción: 10 de enero 2020

Fecha de Aprobación: 25 de marzo 2020

Fecha de Publicación: 29 de abril 2020