











Consumo Energético Real (CER) y Consumo Energético Teórico (CET) para equipos involucrados.	Gráficos de línea, cartas de control de X-Individuales y de Rango Móvil (n=2), y de Gráficas Cusum.
Indicadores de Intensidad Energética (IE) a nivel de áreas operacionales.	Gráficos de línea para conocer porcentualmente cuánto ha mejorado o empeorado el consumo energético real de las áreas en relación con el consumo teórico.
Indicador de Ahorro Energético (IAE) a nivel de áreas operacionales.	Gráficos de línea que permita obtener una mirada integral respecto del Ahorro Energético para constatar ahorros de energía, año a año, y para todas las áreas involucradas de la planta.
Indicador de Intensidad Energética (IIE) a nivel de áreas operacionales.	Gráficos de línea que permita obtener una mirada integral de la Intensidad Energética de equipos y áreas de la planta.

Fuente: A partir de [1; 8; 18].

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los principales resultados consisten en una propuesta metodológica en base a la pentalogía de Taiichi Ohno para sistematizar el proceso de seguimiento, medición y análisis del desempeño energético para una empresa manufacturera conformada por tres tipos de energía, cuatro áreas operacionales y seis tipos de equipos principales. Los hallazgos de esta investigación permiten constatar que es posible recurrir al enfoque de Taiichi Ohno, originalmente enfocado para la industria automovilística, para organizar un proceso decisional que comienza con la necesidad de medir, que es una característica de las ciencias físicas, y termina con la constatación de evidencias de mejora. Los principales resultados ofrecen una propuesta metodológica original para organizar, a través de cinco pasos, un proceso de toma de decisiones en ámbito de la gestión energética para una empresa manufacturera de papeles

Las exigencias respecto de seguimiento, realización de mediciones y posterior análisis contenidas en la norma ISO 50001 son exigencias de carácter general que pueden ser implementada de una variedad de empresas sin embargo, la secuencia de cinco pasos de la pentalogía de Taiichi Ohno propuesta en esta investigación es una metodología coherente y fácil de implementar de manera más específica en una empresa de manufactura de papeles en base a pulpa mecánica. El proceso de revisión bibliografía permitió constatar que las evidencias empíricas respecto de procesos de toma de decisiones en el ámbito energético no son abundantes y en muchos casos tienen a circunscribirse solo en la normativa ISO siendo este referente normativo muy general en el ámbito de la medición y seguimiento y enfocado principalmente en el establecimiento de un sistema de gestión soportado principalmente en base a un sistema documental, sistema necesario pero no suficiente para apoyar la toma de decisiones en un marco de semanas o meses. Es frecuente encontrar en la literatura energética propuestas metodológicas parciales o enfocadas solo en algunos de los procesos que están entre la medición y las propuestas de mejoras de modo que los resultados de esta investigación consideran una pentalogía que aborda de manera más integral procesos de gestión en base a una coherente concatenación de cinco pasos que abarcan desde la medición hasta la mejora.

La propuesta metodológica incorpora una serie de indicadores que permiten monitorear tanto la cuantía de los consumos de energía como la forma de cómo se consume la energía. Además, se complementa con una propuesta de técnicas estadísticas gráficas que facilita el análisis de los resultados de las mediciones. Por otra parte, la propuesta de indicadores posee respaldo bibliográfico y validez de constructo dado que sintetiza diversas propuestas rescatadas de revistas energéticas seriadas. La implementación de la pentalogía Ohno requiere que la empresa realice verificaciones del estado de los equipos de medición para constatar su funcionalidad, además, establecer un proceso sistemático de recopilación y registro de datos para contribuir a que el proceso de análisis de datos sea eficaz y representativo del funcionamiento de la planta. Si bien esta investigación ofrece una metodología para el tratamiento de los datos que se originan a través de la identificación de necesidades de medición bien precisas en una empresa manufacturera de la industria de la madera, su cobertura solo cubre seis tipos de energía.

Los indicadores energéticos resultantes consideran los aportes de la literatura especializada en energía, incluso aquella referente a la planta específica bajo análisis (De Laire, 2013). Por otra parte, la propuesta tanto metodológica como de diseño de indicadores energéticos, puede ser replicada en otras organizaciones de similar naturaleza y a la vez responder las exigencias sobre disponibilidad de mecanismos de seguimiento, medición y análisis habitualmente exigidos en diversos sistemas de gestión normativos. Se considera que los resultados ofrecen una postura rigurosa y novedosa que abarca desde los procesos de medición hasta la implementación de mejoras en el ámbito energético. Como futuras líneas de investigación se deduce la oportunidad para aplicar técnicas multivariadas para desarrollar una investigación correlacional a partir de datos históricos de diferentes tipos de consumos de energía y/u otros factores operacionales de interés para analizar el comportamiento de los indicadores de intensidad energética y de ahorro energético. Las implicancias de los resultados de esta investigación radican en que es posible abordar procesos de mejora continua con enfoques de gestión alternativos al enfoque Deming el cual es profusamente recurrido en la literatura consultada no siendo el único enfoque disponible para organizar procesos de toma de decisiones en la industria manufacturera.

## CONCLUSIONES

Los resultados logrados indican que es posible diseñar una metodología simple y un conjunto preciso de actividades e indicadores energéticos que permiten apoyar un proceso de seguimiento, medición y análisis energético en una planta manufacturera de papel utilizando la secuencia de cinco pasos de Taiichi Ohno.

La característica principal de la aplicación de la pentalogía de Taiichi Ohno es que permite enlazar cinco pasos, desde la necesidad de medir hasta la proposición de mejoras, y precisar las actividades específicas asociadas a cada paso facilitando así el proceso de control y toma de decisiones.

Los resultados proporcionan una propuesta válida y organizada de: actividades, indicadores de consumo, de desempeño y ahorro energético que permiten monitorear la gestión energética desde la perspectiva de *cuánto* se consume de cada tipo de energía y de *cómo* se consume la energía.

Es posible identificar y potenciar el uso, en la planta, diversas técnicas y gráficos estadísticos para adquirir conocimiento objetivo y sistemático sobre lo que se requiere saber en el ámbito energético a partir de mediciones en equipos y áreas de la planta, aspecto que constituía una carencia en el sistema de gestión energética actual.

El enfoque de Taiichi Ohno resalta la necesidad de identificar fuentes de medición energética y así disponer de datos suficientes para concatenar procesos administrativos subsecuentes tales como el control, la gestión y la mejora.

La propuesta metodológica puede ser replicada en otras plantas de similar naturaleza y a la vez apoyar de forma novedosa requerimientos de seguimiento, medición y análisis de datos establecidos en la norma ISO 50001 así como en otras normas de gestión que contienen estos tipos de requerimientos.

## REFERENCIAS

- [1] Campos C. et al. "El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional". *El Hombre y la Máquina*. 2008. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47803003>
- [2] Karcher, P. y Jochem, R. "Success factors and organizational approaches for the implementation of energy management systems according to ISO 50001". *The TQM Journal*. 2015, Vol. 27 Iss: 4, pp.361 – 381. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/TQM-01-2015-0016>
- [3] Ferro, G. y Lentini, E. "Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado". *Serie recursos naturales e infraestructura de la Cepal*. 2015. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/37630-eficiencia-energetica-y-regulacion-economica-en-los-servicios-de-agua-potable-y>
- [4] INN. *Sistema de Gestión de la Energía - Requisitos con orientación a su uso*. Instituto Nacional de Normalización. Norma Chilena. NCh-ISO 50001-2011, Santiago, Chile. 2011.

- [5] De Laire, M. “Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía basada en la ISO 50001”. *Agencia Chilena de Eficiencia energética*. 2013. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://guiaiso50001.cl/iso-50001/>
- [6] Perea J. y Botello I. “Índices de Energía en la Industria de Petróleo y Gas”. *Guía ARPEL*. 2013. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2014/13920.pdf>
- [7] Castrillón, R., González, A. y Quispe, E. “Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación de un sistema de gestión integral de la energía”. *Dyna*. 2013. año 80, Edición 177, Medellín. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/496/49625661015.pdf>
- [8] Correa, J. et al. “Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011”. *Ingeniería Energética*. 2014. Vol. XXXV, No. 1, p. 38-47. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012014000100005&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012014000100005&script=sci_arttext)
- [9] Salazar, C., De Oliveira, E. y Vidal, J. (2012). “La eficiencia energética como herramienta de gestión de costos: una aplicación para la identificación de inversiones en eficiencia energética, su evaluación económica y de riesgo”. *Revista del Instituto Internacional de Costos*. Edición Especial. 2012. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/ejemplar/324156>
- [10] Carrillo, G. et al “Impacto de programas de eficiencia energética eléctrica, estudio de caso: Empresas alimentarias en Cuenca, Ecuador”. *Dyna*. 2014. 81 (184), p. 41-48. Medellín. . Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: [http://www.sci.unal.edu.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532014000200005&lng=es&nrm=iso](http://www.sci.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532014000200005&lng=es&nrm=iso)
- [11] Linares, P. “Eficiencia Energética y Medio Ambiente”. *Economía y Medio Ambiente*, 2009, N.º 847 ICE. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <https://www.iit.upcomillas.es/docs/IIT-09-005A.pdf>
- [12] Monteagudo J. y Gaitán O. “Herramientas para la gestión energética empresarial”. *Scientia et Technica*. 2005, Año XI, N.º 29. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6639>
- [13] Serna, C. “Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía”. *Producción + Limpia*. 2010. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3875716>
- [14] Gwinner, S. “Análisis técnico y económico de proyectos de eficiencia energética en puerto patache de la compañía minera doña Inés de Collahuasi”. Memoria para optar al título de ingeniero civil electricista. U. De Chile. 2015. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/133784/Analisis-tecnico-y-economico-de-proyectos-de-eficiencia-energetica-en-Puerto-Patache.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] Gutiérrez Pulido, H. *Calidad y Productividad*. Mc Graw Hill. 4ed. 2014. ISBN 6071511488.
- [16] Escalante, Edgardo. (2013). *Seis-Sigma. Metodología y Técnicas*. 2ed. ISBN 9786070504488. Ed. Limusa.
- [17] Ohno, Taiichi. “Toyota production system: beyond large scale production”. *Productivity Press, Cambridge, MA*, 1988.
- [18] Carretero, A. y García, J. “Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora”. *Aenor Ediciones*. 2012. España. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/normas/ediciones/fichae.asp?codigo=9675#.VLQkXyuG83g>
- [19] Cárcel, F y Grau, J. “Supervisión energética para monitorización y control de consumo eléctrico. Un caso práctico”. 2015. *3C Tecnología*. N.º 1, Vol 4. – N.º 1, p.19-31. Consultado el: 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2015/03/SUPERVISI%C3%93N-ENERG%C3%89TICA-PARA-MONITORIZACI%C3%93N-Y-CONTROL-DE-CONSUMO-EL%C3%89CTRICO.-UN-CASO-PR%C3%81CTICO2.pdf>



## **AUTOR**

### **Carlos Torres Navarro**

Profesor Investigador. Magíster en Gestión. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío.  
Concepción. Chile  
E-Mail: ctorres@ubiobio.cl

### **Maria Salete Waltrick**

Doutora em Administração. Coordenação de Administração, Universidade Norte do Paraná. Ponta Grossa. Brasil.  
E-mail: maria.waltrick@kroton.com.br

### **Consuelo Flores Canales**

Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío. Concepción. Chile.  
E-Mail: consuelo.flores.canales@gmail.com

