



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Conde-García, Rebeca Esther; Campos-Sofía, Melek; Berenguer-Ungaro, Mónica
Rosario; Arias-Gilart, Ramón; González-Barrero, Miguel; Casañas-Herrera, Julio

**Evaluación del tratamiento magnético en los sistemas ingenieros
de la Unidad Empresarial de Base Lácteos de Bayamo**

Ciencia en su PC, vol. 1, 2020, -Marzo, pp. 87-98

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181363107007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO MAGNÉTICO EN LOS SISTEMAS INGENIEROS DE LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE LÁCTEOS DE BAYAMO

EVALUATION OF MAGNETIC TREATMENT IN ENGINEERING SYSTEMS OF THE BASE BUSINESS UNIT LÁCTEOS DE BAYAMO

Autores:

Rebeca Esther Conde-García, rebeca@uo.edu.cu¹

Melek Campos-Sofia, melek@uo.edu.cu¹

Mónica Rosario Berenguer-Ungaro, monicab@uo.edu.cu¹

Ramón Arias-Gilart, rag@uo.edu.cu¹

Miguel González-Barrero, escobar@lacbay.alinet.cu²

Julio Casañas-Herrera, escobar@lacbay.alinet.cu²

¹Universidad de Oriente, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Santiago de Cuba, Cuba.

²Empresa de Productos Lácteos Bayamo. Granma, Cuba.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto de la aplicación del tratamiento magnético en los sistemas ingenieros de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Lácteos Bayamo durante un año, a través de indicadores de eficiencia energética, relacionados con el ahorro de combustible y electricidad, y de impacto ambiental, tales como las emisiones de gases de efecto invernadero. Se realizó la instalación de 10 dispositivos magnéticos en los sistemas asociados al proceso tecnológico de fabricación de quesos y helados, así como en la sala de calderas y en el sistema de enfriamiento de los compresores de amoníaco. Los principales impactos fueron el ahorro de 79.5 ton. de diésel, 418 MWh y se dejaron de emitir 238, 92 ton CO₂ equivalente. En correspondencia con el beneficio obtenido, se generalizó la tecnología en el resto de las UEB de la empresa de Productos Lácteos Bayamo.

Palabras clave: *tratamiento magnético, dispositivos magnéticos, ahorro, portadores energéticos, emisiones de GEI.*

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the magnetic treatment in engineering system sat Base Business Unit Lácteos Bayamo during one year. The indicators of energy efficiency related to fuel and electricity savings, and environmental impact, like greenhouse gases, considered were. The installation of 10 magnetic devices in the systems associated with the technological process of cheese and ice cream production, as well as in the boiler room and in the cooling system of ammonia compressors were made. The main impact achieved were the saving of 79.5 ton of diesel, 418 MWh, and the no-emission of 238.92 ton CO_{2equivalent}. Finally, the technology was generalized in the rest of the UEB of the company of Productos Lácteos Bayamo, considering the main benefits obtained.

Key words: magnetic treatment, magnetic devices, saving, energy carriers, GHG emissions.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los alimentos funcionales se elaboran a partir de productos lácteos. Las cualidades nutritivas y la imagen de salubridad de estos productos los han convertido en uno de los alimentos más consumidos desde la década de 1950. El consumo de productos lácteos ha experimentado un crecimiento considerable en la demanda mundial, lo que ha llevado a la industria a superar retos tecnológicos importantes (McGee, 2004; Instituto Tecnológico Agroalimentario (AINIA), 2010; Alfa Editores Técnicos, 2019).

Para su funcionamiento este tipo de industria requiere de equipamientos altos consumidores de agua, tales como calderas, suavizadores, torres de enfriamiento, pasteurizadores, compresores de amoníaco, entre otros. Entre los problemas que se presentan está la formación de incrustaciones, que trae como consecuencia la reducción de la capacidad de flujo (Lipus, Hamler, Ban y Ačko, 2016) y, asociado a esto, del diámetro de las tuberías; lo cual incrementa el consumo de portadores energéticos como el diésel y la electricidad, con el consiguiente aumento de la emanación de gases con efecto invernadero a la atmósfera y la disminución de los indicadores de eficiencia de la organización.

En las industrias se utilizan diferentes métodos para eliminar o disminuir la formación de incrustaciones y sus efectos. Entre estos se pueden citar: térmico (destilación), químico (intercambio iónico), mecánicos (ósmosis, sedimentación, filtración, centrifugación) y físicos (eléctrico y magnético).

El tratamiento magnético es un método no invasivo que evita y/o elimina de forma efectiva la formación de incrustaciones (Dobersek y Goricanec, 2014); su aplicación no afecta las concentraciones de sales existentes en el agua; por tanto, contribuye a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones intercambiadoras de calor con muchas ventajas por su facilidad de aplicación y la rapidez con que se alcanzan resultados (Coey, 2012; Jiang, Zang y Li, 2013; Lipus *et al.*, 2016), además de aquellas inherentes a su diseño. Si bien el primer dispositivo para el control de incrustaciones data de 1890, el tratamiento magnético de líquidos no es reconocido formalmente hasta mediados del siglo pasado (Gálvez, 2010). Desde entonces hasta la actualidad se han desarrollado diferentes dispositivos para dicho propósito.

A partir de la revisión de los Informes Técnicos de Mantenimiento en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Lácteos Bayamo, se conoció que en el año 2000 esta entidad aplicó el tratamiento magnético al agua de alimentar calderas con resultados favorables; sin embargo, no fueron sostenibles en el tiempo por causas ajenas al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA).

En el período comprendido entre los años 2013 y 2014 se registraron roturas frecuentes de las redes hidráulicas, asociadas a problemas de incrustaciones, debido a la dureza del agua que circulaba por estas redes. Lo anterior ocasionó el deterioro del equipamiento tecnológico con repercusión en los indicadores de eficiencia de la entidad relacionados con el consumo de combustible y electricidad.

Las áreas de mayor incidencia en este aspecto están localizadas en el proceso tecnológico de fabricación de quesos y helados, la sala de calderas y el sistema de enfriamiento de los compresores de amoníaco. Una solución a los problemas detectados podría ser el uso de dispositivos magnéticos para el tratamiento del agua y el combustible.

Se propuso como objetivo de esta etapa de trabajo la evaluación del impacto de la aplicación del tratamiento magnético a fluidos en diferentes sistemas ingenieros por período de un año, considerando como indicadores de eficiencia energética el ahorro en el consumo de combustible y electricidad y como indicador de impacto ambiental la disminución de los gases de efecto invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Breve descripción de la Unidad Empresarial de Base (UEB)

El Combinado de Productos Lácteos en Bayamo forma parte de un conjunto de fábricas de la Empresa de Productos Lácteos, productora de más de un centenar de productos derivados de la leche que gozan de prestigio nacional e internacional. Esta empresa está formada por seis Unidades Empresariales de Base (UEB), de las cuales cuatro están radicadas en Bayamo, una en Manzanillo y otra en Media Luna.

Al realizar el levantamiento diagnóstico en cada UEB se determinaron los siguientes factores comunes:

- a) Se trabaja con agua de pozo, por lo que hay presencia de incrustaciones severas.
- b) Sobreconsumo de energía eléctrica y diésel.
- c) Sobrecalentamiento en los equipos.
- d) Disminución del tiempo de vida útil del equipamiento.
- e) Incremento de los gastos de mantenimiento.
- f) Impacto ambiental negativo por el vertimiento de productos químicos resultantes de las limpiezas de los sistemas.

Se decidió iniciar los trabajos en la UEB Lácteos Bayamo después de considerar el fácil acceso a la instalación, la realización en esta de todos los procesos relacionados con la producción de productos derivados de la leche, lo que no sucede en otras unidades; además de que es la entidad de mayor consumo energético dentro de la empresa.

Esta organización tiene implementada la norma NC ISO 50001:2011 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2011) con el fin de mejorar el sistema de gestión de energía y el desempeño energético resultante. Por tanto, tiene identificados los puestos clave y los equipos de mayor consumo de energía eléctrica en cada proceso productivo. Siguiendo estos criterios, se determinó trabajar en las áreas de fabricación de quesos y helados, el sistema de enfriamiento de los compresores de amoníaco y la sala de calderas. Coincidentemente estas áreas son las que reportan mayor frecuencia de roturas en las redes hidráulicas debido a las incrustaciones.

Durante todo el proceso se siguió la metodología propuesta por Duvallón (2017). El diagrama en bloque se muestra en la Figura 1.

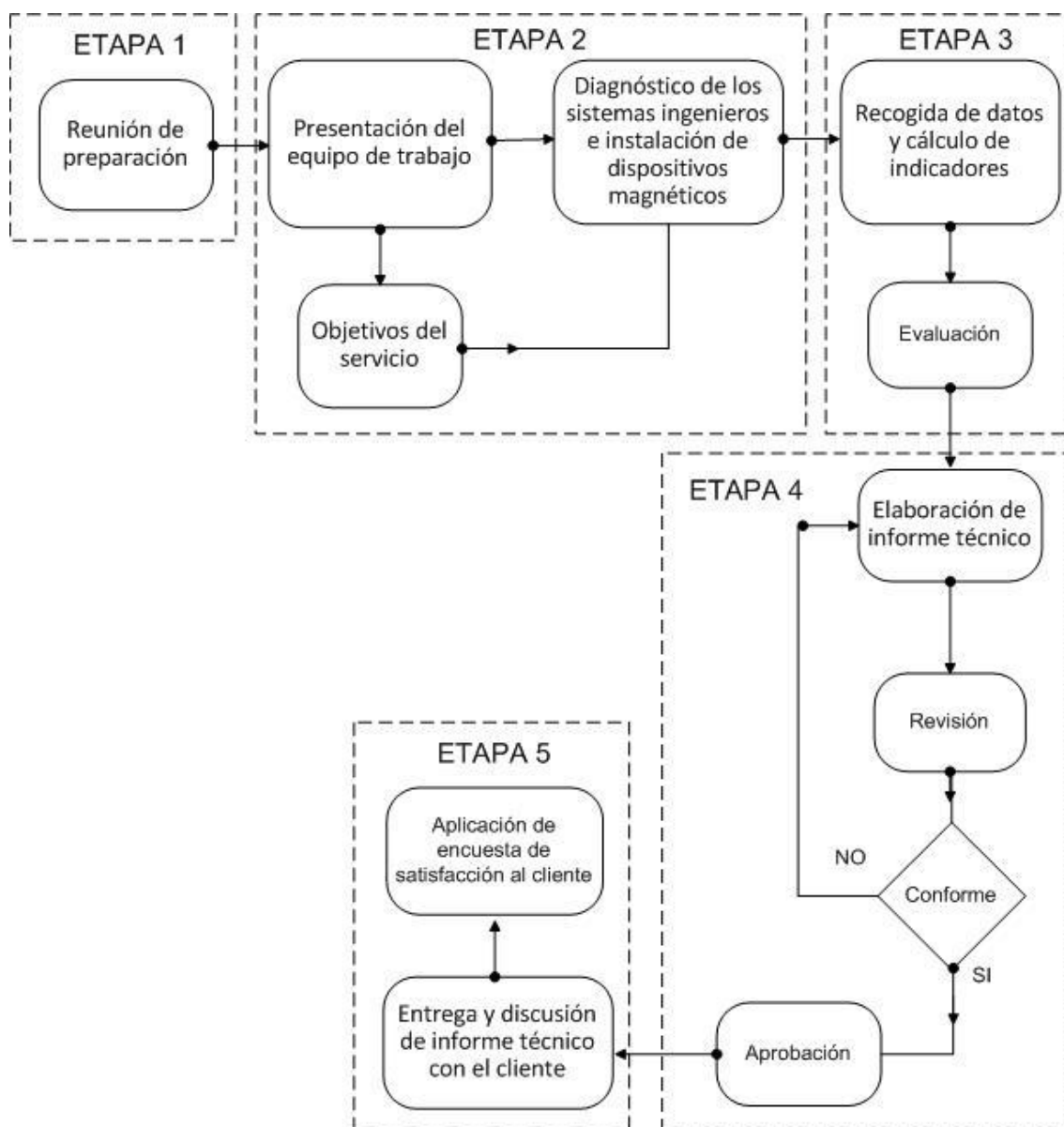


Figura 1. Diagrama en bloque de la metodología a emplear

La reunión de preparación (Etapa 1) se realizó entre el CNEA y la empresa, con el objetivo de establecer las pautas para la evaluación del uso de los dispositivos magnéticos. En esta etapa se constituyó el equipo de trabajo, se organizó el trabajo de campo y se planificó la visita a las áreas seleccionadas. Este equipo se conformó teniendo en cuenta la participación de trabajadores y especialistas técnicos de la organización y del CNEA. El número de participantes no fue limitado, pero debían cumplir como requisitos el dominio de

variables técnicas y económicas del sistema analizado, así como de las dinámicas de trabajo en equipo.

En la Etapa 2 los participantes seleccionados por la empresa recibieron una preparación previa por parte del CNEA relacionada con la aplicación de la tecnología. De conjunto se establecieron las responsabilidades, el alcance de la evaluación y se definieron los objetivos del servicio a prestar, incluyendo las variables a medir, la frecuencia de medición, la fuente de información primaria y los indicadores (económicos, técnicos, ambientales) a evaluar. Las variables se midieron antes y después de instalados los dispositivos magnéticos.

El equipo de trabajo encargado de la evaluación se presentó a los trabajadores de las áreas escogidas para el trabajo. A partir de este momento se inició el diagnóstico de los sistemas ingenieros y la instalación de los dispositivos magnéticos en estos.

En el proceso de diagnóstico se comprobó el tipo de fluido a tratar, presión de trabajo, caudal, diámetro y tipo de tubería, entre otros aspectos específicos según el sistema ingeniero en cuestión.

Los dispositivos magnéticos a instalar son marca NOVAMAG®. Estos equipos son diseñados, desarrollados, producidos y comercializados por el CNEA. La marca y su diseño se encuentran registrados en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI), con el número 2013-0295.

Durante la Etapa 3 se recopiló y procesó la información. Se recogieron los datos obtenidos del sistema ingeniero donde se aplicó el tratamiento magnético. Esto se realizó con la frecuencia y los registros establecidos en la etapa anterior, lo que permitió calcular los indicadores acordados previamente. Los resultados se obtuvieron después de la comparación que se hizo de los datos obtenidos antes y después de la instalación de los equipos.

Las conclusiones obtenidas de la interpretación y discusión de los resultados fueron plasmadas en el informe técnico. La elaboración de dicho informe correspondió a los especialistas técnicos del CNEA y es el inicio de la Etapa 4. Este informe fue revisado por los directores de procesos correspondientes. Las inconformidades que aparecieron fueron corregidas antes de la aprobación del documento.

En la última etapa se presentó el informe técnico a los integrantes de la empresa que pertenecen al equipo de trabajo. Una vez discutidos los resultados, el documento se socializó con la dirección de la organización. El proceso cerró con la aplicación de la encuesta de satisfacción del cliente elaborada por el CNEA (Etapa 5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa 1: La reunión de preparación se realizó en la UEB Lácteos Bayamo en el año 2015. El equipo de trabajo fue constituido por el especialista energético, el jefe de mantenimiento y los operarios de los sistemas ingenieros seleccionados por parte de la UEB y tres especialistas del CNEA.

Etapa 2: Los participantes por la UEB Lácteos Bayamo conocen la tecnología y sus beneficios por haberla utilizado con anterioridad. Por tanto, la preparación del equipo de trabajo consistió en la actualización con respecto a las prestaciones de la tecnología actual.

Se establecieron como responsabilidades de la UEB la recopilación de la información antes y después de aplicado el tratamiento magnético. Por su parte, el CNEA se responsabilizó con el diagnóstico de los sistemas, la instalación de los equipos, el procesamiento y análisis de los datos proporcionados por la UEB, la corrección de desviaciones en caso de existir, la elaboración y presentación del informe técnico.

El objetivo del servicio fue la evaluación del tratamiento magnético en el proceso tecnológico de fabricación de quesos y helados, la sala de calderas y el sistema de enfriamiento de los compresores de amoníaco durante un año.

Se determinó que por las condiciones operativas de trabajo de la empresa no era posible evaluar cada sistema ingeniero de forma individual, por lo que la evaluación tendría un alcance global. Las variables seleccionadas fueron: reducción de gastos por concepto de portadores energéticos (beneficio), costo de la inversión (costo) y el tiempo de retorno de la inversión. Estas variables fueron evaluadas a partir de la relación costo/beneficio en un período de 12 meses y cantidad de CO₂equivalente dejado de emitir a la atmósfera, expresado en toneladas (ton).

La unidad de medida de las variables reducción de gastos por concepto de portadores energéticos y costo de la inversión fue moneda total (MT) expresada en pesos, el tiempo de retorno de la inversión se midió en meses. Para las tres variables se calcularon los valores: estimado y real. La fuente de información primaria fue el Informe de Portadores Energéticos que emite la Dirección de Mantenimiento al cierre contable de cada mes.

El diagnóstico de los sistemas ingenieros escogidos arrojó como resultado que predominan tuberías ferromagnéticas, con diámetro entre 1" y 2"; en todos los sistemas se aplicará tratamiento magnético al agua y en la sala de calderas también se instalará la tecnología para tratar el diésel. El resultado de los análisis de agua realizados reafirma que el agua con la que se trabaja en la UEB es dura (400 ppm).

Para realizar la evaluación del tratamiento magnético en los sistemas ingenieros seleccionados se instalaron 10 dispositivos magnéticos, marca NOVAMAG®.

Etapas 3: De acuerdo con lo establecido en el paso anterior, se calculó el estimado y real de las tres variables seleccionadas, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Estimado y real de las variables seleccionadas para la evaluación económica del tratamiento magnético en la UEB Lácteos Bayamo

Variables	Estimado	Real
Reducción de gastos por concepto de portadores energéticos (MT)	2 538,45	125 258,00
Costo de la inversión (MT)	50 768,92	43 112,53
Tiempo de Retorno de la Inversión (meses)	240,00	4,13

Fuente: autores

Los datos demuestran que la reducción de los gastos por concepto de portadores energéticos fue 49.3 veces mayor que el estimado. Esto se debe a que se dejaron de consumir 79.5 ton de diésel (equivalente a 88 333 L) y 418.0 MWh, lo que representó un ahorro de 39150.00 y 86108.00 pesos respectivamente.

La disminución del consumo de estos portadores energéticos tiene efecto ambiental positivo, al disminuir la emisión de CO₂. En la tabla 2 se muestran los factores de emisión para cada uno de los portadores energéticos, reportados en la *Guía práctica para el cálculo de emisiones de GEI* (PAS2060, 2011); también se exponen las toneladas de CO₂equivalentes que se dejan de emitir por cada portador energético.

Tabla 2. Factor de emisión en toneladas de CO₂equivalente

Portador energético	Factor de emisión en ton CO₂equivalente	Consumo real	ton CO₂ equivalentes
Diésel (L)	0.00270261 ton CO ₂ equivalente/L	88333	238.73
Electricidad (kWh)	0,000454 ton CO ₂ equivalente/kWh	418.0	0.19
TOTAL			238.92

Fuente: autores

Por la aplicación del tratamiento magnético se dejaron de emitir a la atmósfera 238.92 ton de CO₂equivalente durante un año de trabajo, lo que constituye un aspecto relevante en términos de impacto ambiental.

La inversión real resultó menor que la estimada porque se diseñaron e instalaron los dispositivos magnéticos sin necesidad de detener los procesos productivos.

En cuanto al Tiempo de Retorno de la Inversión, al comparar estimado y real, se evidencia que la inversión se recuperó en 4.13 días (0.1 mes), lo que representó una recuperación en 335.67 días (11.2 meses antes de lo estimado).

Etapas 4: Se siguieron los pasos correspondientes a esta etapa en cuanto a la elaboración y aprobación del informe técnico.

Etapas 5: En la presentación de los resultados el equipo técnico significó que el comportamiento de los indicadores analizados se alcanzó con el mismo nivel de actividad previsto para el cálculo estimado y que en la organización no se

realizaron otras acciones que pudieran influir en la disminución del consumo de portadores energéticos.

El CNEA aplicó la encuesta de satisfacción del cliente y se obtuvo un índice de satisfacción de 99.8 %. El beneficio obtenido como resultado de la aplicación de la tecnología en los procesos antes mencionados permitió generalizarla en las seis UEB pertenecientes a la Empresa de Productos Lácteos Bayamo.

CONCLUSIONES

El uso de dispositivos magnéticos es una alternativa sostenible para la solución de problemas ocasionados por la presencia de incrustaciones de calcio y magnesio en los procesos productivos.

La instalación de dispositivos magnéticos marca NOVAMG®, construidos y comercializados por el CNEA, en la UEB Lácteos Bayamo demostró tener efectos positivos en el ahorro de portadores energéticos.

Se contribuyó a la protección del medioambiente por la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfa Editores Técnicos (2019). *TecnoTextura: Lácteos y texturas de quesos*. Recuperado de <https://www.alfa-editores.com.mx/tecnotextura-lacteos-y-texturas-de-quesos/>

Coey, J. (2012). Magnetic water treatment – how might it work? *Philosophical Magazine*, 92(31), 3857-3865. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786435.2012.685968>

Dobersek, D. & Goricanec, D. (2014). An experimentally evaluated magnetic device's efficiency for water-scale reduction on electric heaters. *Energy*, 77, 271-278. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.024>

Duvallón Guibert, L. (2017). *Metodología para evaluar el tratamiento magnético en los sistemas ingenieros del Hotel Casa Granda*. (Tesis de pregrado). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Gálvez Vidaurre, C. (2010). Uso del desincrustante magnético (DM) para mejorar la calidad del agua en la industria. *Revista Ingeniería Industrial*, 28, 139-154. Universidad de Lima, Perú. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428494009.pdf>

Instituto Tecnológico Agroalimentario (AINIA) (2010). *Mejores técnicas disponibles en la industria láctea*. Madrid: Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. Recuperado de <http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20l%C3%A1ctea-3686e1a542dd936f.pdf>

Jiang, L., Zang, J. & Li, D. (2013). Effects of permanent magnetic field on calcium carbonate scaling of circulating water. *Desalination and Water Treatment*, 53(5), 1275-1285. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2013.850450>

Lipus, L.C., Hamler, A., Ban, I. & Ačko, B. (2015). Permanent magnets for water-scale prevention. *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4), 209–216. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.14743/apem2015.4.203>

McGee, H. (2004). *On Food and Cooking. The science and lore of the kitchen*. New York: Editorial McGee.

PAS2060 (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de GEI*. Cataluña: Comisión Interdepartamental del Cambio Climático y Oficina Catalana del cambio climático. Recuperado de <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización (2011). *Norma Cubana NC ISO 50001: 2011. Sistemas de Gestión de la Energía— Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001:2011, IDT)*. La Habana, Cuba. Recuperado de <https://www.unionelectrica.cu/wp-content/uploads/2018/08/00-NC-ISO-50001.pdf>

Recibido: 27 de julio de 2019

Aprobado: 22 de noviembre de 2019