

Impacto energético y ambiental de la aplicación de la tecnología del tratamiento magnético en la industria

Energy and Environmental Impact of the Implementation of the Technology of Magnetic Treatment in the Industry

Guillermo Ribeaux - Kindelán^{a*}.

Recibido: septiembre 8 de 2014
Recibido con revisión: mayo 19 de 2015
Aceptado: mayo 25 de 2015

^{a*} Universidad de Oriente
Centro Nacional de Electromagnetismo
Aplicado (CNEA)
Santiago de Cuba.
Ave. Las Américas s/n. CP: 90400.
Tel.: + (53 22) 643721 y 646380
ribeaux@cnea.uo.edu.cu

Energética 45, junio (2015), pp. 61-65

ISSN 0120-9833 (impreso)
ISSN 2357 - 612X (en línea)
www.revistas.unal.edu.co/energetica
© Derechos Patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia



RESUMEN

En el trabajo se presentan los resultados obtenidos luego de aplicar la Tecnología del Tratamiento Magnético en el sistema de evaporación de la Empresa Azucarera “América Libre” de Santiago de Cuba. Se analizaron los datos de acuerdo con la metodología propuesta por el autor, se realiza un análisis comparativo de los mismos en el periodo sin la ubicación del dispositivo acondicionador magnético y con este instalado. Se compararon los valores del Brix de la meladura, el consumo de vapor por flujo de jugo alimentado y se calculó el coeficiente de transferencia de calor, se cuantificó además la cantidad de productos químicos utilizados para la limpieza del sistema, obteniéndose un 50 % de ahorro de estos cuando se aplica la Tecnología del Tratamiento Magnético, se alargan los días de trabajo continuo del sistema de evaporación, disminuye el consumo de vapor y aumenta el coeficiente de transferencia de calor con la Tecnología del Tratamiento Magnético. La empresa logra mitigar el impacto negativo al medio ambiente y disminuir el consumo de energía, lo que le representa un aporte económico de más de 46 000 USD.

PALABRAS CLAVE

Tratamiento magnético, evaporación del jugo de caña, eliminación de incrustaciones.

ABSTRACT

In the paper the results obtained after applying the Technology of Magnetic Treatment in the evaporation system Sugar Company “Free America” in Santiago de Cuba are presented. Data according to the methodology proposed by the author were analyzed, a comparative analysis of them in the period without the location of the magnetic device and Conditioner is installed is done. Brix values of meladura were compared, the steam consumption of feed juice flow and heat transfer coefficient was calculated, the amount of chemicals used for cleaning of the system was further quantified, yielding a 50% savings Technology of Magnetic Treatment these when applied, lengthen the days of continuous work of the evaporation system, reduces steam consumption and increases the heat transfer coefficient with the Technology of Magnetic Treatment. The company manages to mitigate the negative impact on the environment and reduce energy consumption, which would represent an economic contribution of more than 46 000 USD.

KEYWORDS

Magnetic treatment, evaporation of cane juice, descaling.

1. INTRODUCCIÓN

Resultados de la aplicación del tratamiento magnético en un central azucarero y el impacto del efecto positivo al medio ambiente.

El hombre en su actividad cotidiana vive e interactúa de forma continua con el medio ambiente. Es objetivo común desarrollar la sociedad, sobre todo industrialmente, aspecto este que ha generado grandes contradicciones, pues para el desarrollo industrial y pleno de una nación es necesario la construcción de industrias, que en su mayoría realizan procesos en los que inevitablemente se desechan productos que son vertidos en ríos, mares, lagos y lagunas, provocando su contaminación total o parcial.

Cuba no está exenta de estas indeseadas circunstancias. Son muchos los procesos y operaciones industriales que culminan vertiendo desechos; entre ellos, y uno de los más propagados en nuestro país, es el vertimiento de residuos de productos químicos empleados en la limpieza de las superficies de intercambio de calor de calderas, evaporadores, calentadores y muchos otros sistemas propensos a generar incrustaciones.

Estas incrustaciones son las deposiciones de las sales de calcio y magnesio presentes en el agua que, al sobresaturarse por el aumento de la temperatura del fluido, se depositan en las paredes y tuberías de los sistemas antes mencionados, llegando a dejarlos en ocasiones fuera de servicio o inservibles por la obstrucción de sus conductos; de ahí que esta limpieza haya que realizarla periódicamente, en dependencia del ritmo del proceso y la calidad del agua. [Perry & Green, 1984; Söhnel & Mullin, 1988].

La comunidad científica internacional ha ido buscando soluciones con el objetivo de sustituir esta limpieza química por otros tratamientos físicos al agua que impidan o disminuyan la formación de las incrustaciones, y por tanto la frecuencia de realización de dicha limpieza.

De estos tratamientos, uno de los más empleados y con gran aceptación en nuestro país es el

tratamiento magnético (TM), que consiste en hacer pasar el fluido a través de un campo magnético antes de someterlo al proceso de calentamiento o evaporación; este tratamiento se logra con un dispositivo llamado magnetizador. El tratamiento magnético constituye una tecnología limpia y de rápida amortización, así como de fácil y sencilla aplicación sin consumo adicional de energía. [Barros, 1999 – Alimi, et al., 2006]

2. SISTEMA DE EVAPORACIÓN DE UN CENTRAL AZUCARERO

Para realizar la evaluación del efecto del campo magnético en sistemas donde se transfiere calor, específicamente sistemas de evaporación, se hace necesario usar una metodología que permita confirmar que la aplicación del campo magnético está cumpliendo su objetivo. El diseño de las alternativas y el tratamiento de los datos experimentales constituyen pasos decisivos para la obtención de resultados satisfactorios (Tabla 1).

Etapas	
1ra.	Caracterización matemática del sistema de evaporación.
2da.	Identificar los parámetros de calidad, así como las variables de posible influencia.
3ra.	Planificar las experiencias según sean las condiciones de operación y normas establecidas en el área.
4ta.	Procesamiento de los datos experimentales.
5ta.	Análisis de los resultados y posible explicación física.

Tabla 1: Metodología para la evaluación del sistema de evaporación

Fuente. Elaboración propia.

La metodología seleccionada consta de cinco etapas fundamentales, las cuales pueden observarse en el diagrama de la figura 1. Es usada en la evaluación del sistema de evaporación de un Central Azucarero Agroindustrial (CAI), donde se instaló un magnetizador de la marca MIPAZ, diseñado por el CNEA.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

El sistema de evaporación del CAI analizado está formado por dos preevaporadores y un cuádruple, con una superficie calórica total de 4 394,17 m²; la capacidad

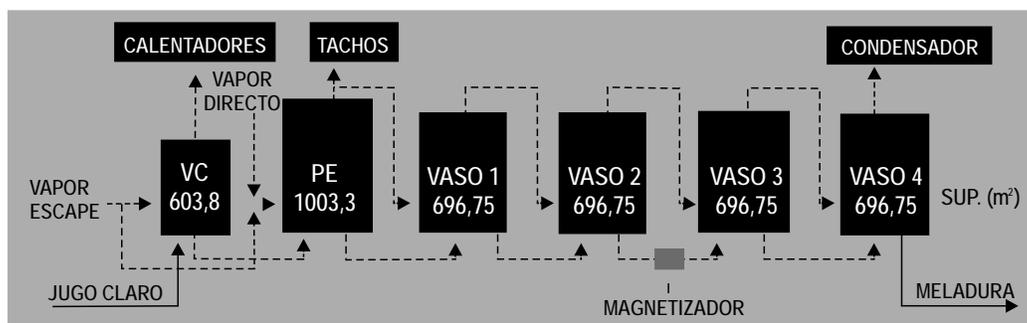


Figura 1: Esquema del sistema de evaporación del CAI analizado

Fuente. Elaboración propia.

potencial de molida de la fábrica es de 240 000 @ diarias. Los datos se recopilaron en dos períodos de trabajo en una zafra: uno operando sin el magnetizador y otro con éste ubicado a la entrada del tercer vaso del cuádruple, como se muestra en la figura 1.

Las mediciones se efectuaron a la entrada y salida de los vasos que componen el sistema, incluyendo el preevaporador y el vapor cell, y se recopilaron los datos siguientes: cantidad de caña procesada (@/d), tiempo perdido (h), días entre limpiezas del cuádruple, brix del jugo a la entrada y salida de cada vaso, temperatura del jugo a la entrada y salida de cada vaso (°C), presión de vapor en cuerpo y calandria de cada vaso (kg/cm²), porcentaje de materia extraña en la caña (cuyo valor promedio diario fue de 4 %), y se tomó y se caracterizó una muestra de incrustación típica de los vasos del sistema de evaporación.

Con estos datos se calculan por período y se promedian en cada vaso los índices siguientes: flujo del jugo, porcentaje de evaporación, toneladas por hora de agua que se evapora, razón de evaporación, flujo de vapor y coeficiente de transferencia de calor. Los cálculos se realizaron por el método tradicional que nos ofrece la literatura para el balance de masa y energía de un sistema de evaporación; para la realización de dichos cálculos y el análisis de los resultados nos auxiliamos del programa de cálculo Excel.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al realizar el análisis comparativo entre los períodos puede observarse, en primer lugar, cómo el período donde se aplica la tecnología del tratamiento magnético tiene una duración de dieciocho días de trabajo, a diferencia del período donde no se aplica el tratamiento magnético al jugo, que solo duró doce días; en la figura 2 se representa esquemáticamente esta diferencia.

Se conoce que el parámetro de calidad que determina la presencia o no de incrustaciones en el sistema de evaporación, es el brix de salida del jugo (meladura) en el último vaso del múltiple efecto; en las figuras 3 y 4 se puede observar dicho comportamiento; véase cómo en los períodos analizados este desciende a un valor aproximado de 600 brix, sólo que en el período donde no se aplica

el tratamiento magnético lo hace a los doce días; y en el que se aplica, a los dieciocho días.

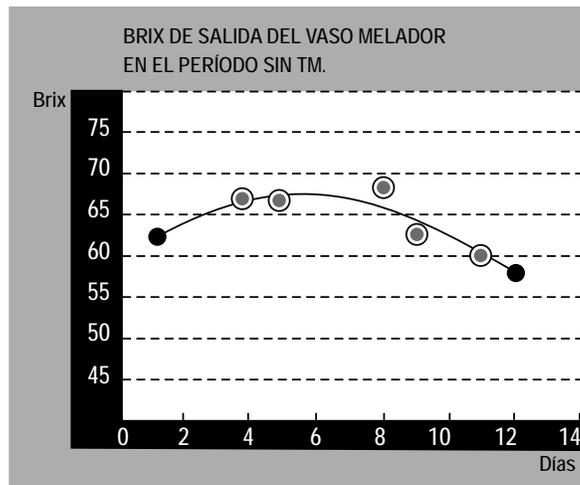


Figura 3: Comportamiento del brix de la meladura en el período donde no se aplica el tratamiento magnético

Fuente: Elaboración propia.

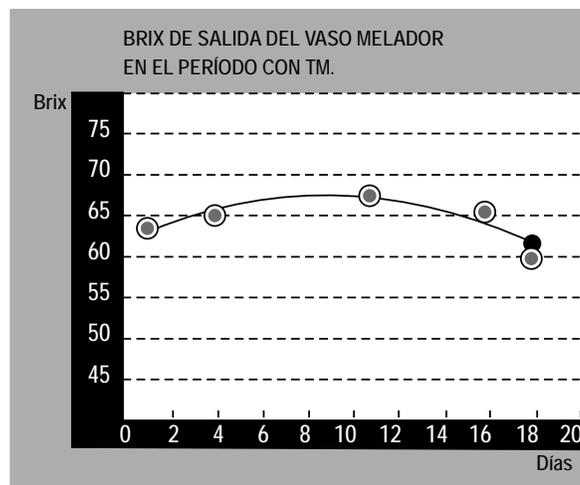


Figura 4: Comportamiento del brix de la meladura en el período donde se aplica el tratamiento magnético

Fuente: Elaboración propia.

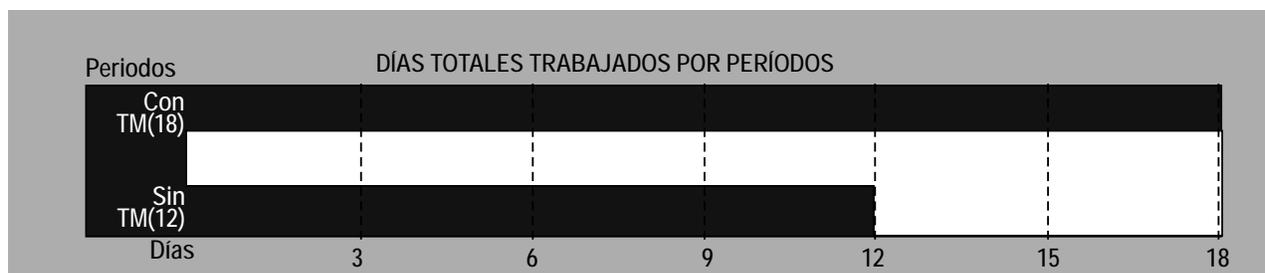


Figura 2: Duración del trabajo del sistema de evaporación en los períodos analizados

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de las figuras de la 5 a la 8 demuestra el indudable ahorro energético en forma de vapor que se deriva del uso de la tecnología del tratamiento magnético por el hecho de disminuir y eliminar las incrustaciones depositadas en las superficies de intercambio calórico, conociéndose además que un milímetro de incrustación provoca el aumento de hasta 10 % del consumo de energía.



Figura 5. Vapor suministrado con relación a la cantidad de jugo alimentado en el período, sin tratamiento magnético.

Fuente. Elaboración propia.

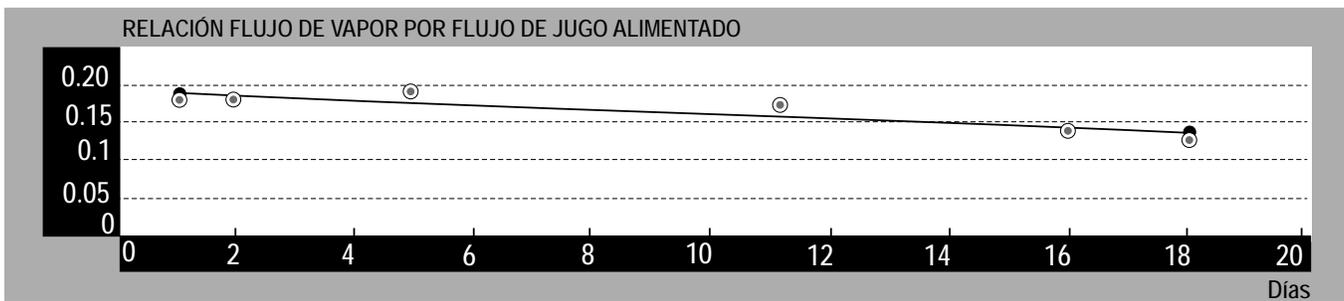


Figura 6. Vapor suministrado con relación a la cantidad de jugo alimentado en el período, con tratamiento magnético .

Fuente. Elaboración propia.

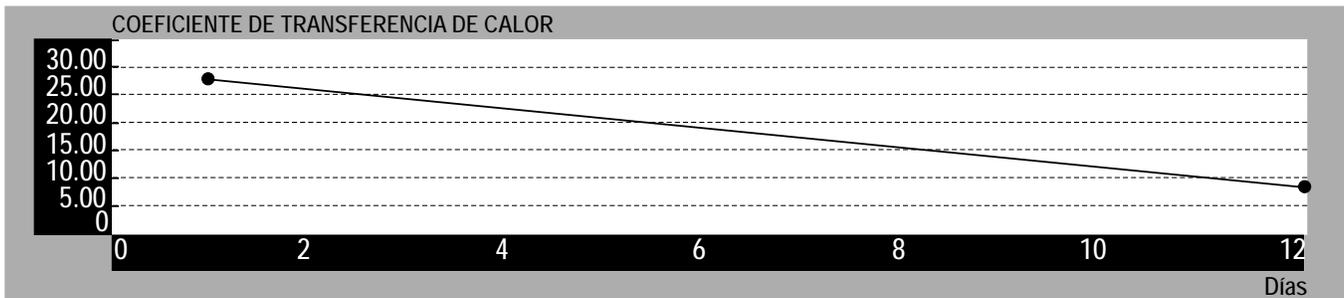


Figura 7. Curva de tendencia del comportamiento del coeficiente de transferencia de calor en el período, sin tratamiento magnético.

Fuente. Elaboración propia.

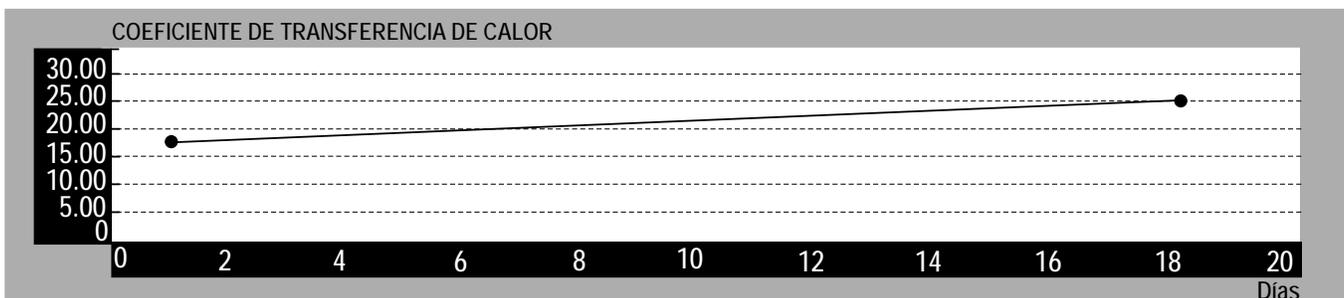


Figura 8: Curva de tendencia del comportamiento del coeficiente de transferencia de calor en el período, con tratamiento magnético.

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestra la cantidad total en gramos por toneladas de caña molida, de productos químicos; en este caso ácido clorhídrico y sosa cáustica son empleados en la limpieza de los evaporadores; véase como hay ahorro de hasta aproximadamente 50 % de dichos productos cuando se emplea el tratamiento magnético, hecho de gran importancia por el impacto económico y sobre todo ambiental que representa.

Período sin TM	Período con TM
Sosa cáustica 421	Sosa cáustica 240
Ácido clorhídrico 706	Ácido clorhídrico 507

Tabla 2: Productos químicos empleados en la limpieza de evaporadores.

Fuente. Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En el período sin tratamiento magnético el coeficiente total de transferencia de calor disminuye por el incremento del espesor de las incrustaciones, consume más vapor y disminuye el tiempo de operación; por tanto, aumenta el número de limpieza química. En el período con tratamiento magnético se incrementa el coeficiente total de transferencia de calor, por lo que se necesita menor consumo de vapor. El aporte económico ascendió a más de 46 000 dólares por concepto de costo de días de zafra, al disminuir el tiempo perdido y aumentar el ahorro de productos químicos, aspecto de gran importancia por el impacto ambiental que ello provoca.

REFERENCIAS

Perry R. and Green D. Perry's chemical engineer's handbook. 6. ed., New York, McGraw-Hill, 1984.

Söhnel O. and Mullin J. Some comments on the influence of a magnetic field on crystalline scale formation. *Chemistry and Industry*, v. 6, p. 356-358, 1988.

Barros de Freitas A. M. Influencia del campo magnético sobre la cristalización en solución. Tesis de Doctorado. Universidad de San Carlos. Centro de Ciencias Exactas y Tecnología. San Carlos, 1999.

Schieber M. The effects of high magnetic field on the isothermal dissolution and growth rate of $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)26\text{H}_2\text{O}$ and $\text{KAl}(\text{SO}_4)_212\text{H}_2\text{O}$ seed crystals. *Journal of Crystal Growth*, v. 1, p. 131-138, 1967.

Barta C. et al. Effect of static magnetic fields and alternating electromagnetic fields on crystallization from aqueous solution. *Rost Krist.* V. 12, p. 333-335, 1977.

Zizic B. B. et al. The growth rate of (100) faces of ammonium dihydrogen phosphate. *Journal of Crystal Growth*, v. 54, p. 439-442, 1981.

Higashitani K., Kage A., Katamura S., Imai K., Hatade S., Effects of a magnetic field on the formation of CaCO_3 particles,

Journal Colloid and Interface Science, v. 156, p. 90-95, 1993.

Kobe Besenicar S. et al. The application of Sm-Co magnets in water softening. In *INTERNATIONAL WORKSHOP ON RE MAGNETS AND THEIR APPLICATIONS*, 13, Birmingham, Sept./1994. Proceedings, Birmingham, p. 55-63, 1994.

Zhao Y. et al. Effect of magnetic field on enthalpy of solution of KLC in water. *Journal of Thermal Analysis*, v. 45. P. 13-16, 1995.

Lundager Madsen H. E. Influence of magnetic field on the precipitation of some inorganic salts. *Journal of Crystal Growth*, v. 152, p. 94-100, 1995.

Gehr R. et al. Reduction of soluble mineral concentrations in CaSO_4 saturated water using magnetic field. *Water Research*, v. 29, n. 3, p. 933-940, 1995.

Pach L. et al. Effect of a magnetic field on the precipitation of calcium carbonate. *Journal of Materials Science Letters*, v. 15, p. 613-615, 1996.

Cole F. and Clarke M. Benefits of permanent magnets in factory evaporation. *International Sugar Journal*, v. 98, No. 1166, p. 71-72, 1996.

Guo Siyuan et al. Magnetic fields and the evaporation rate of sugar solutions. *International Sugar Journal*, v. 98, No. 1166, p. 73-75, 1996.

Wang Y. et al. Rapid onset of calcium carbonate precipitation under the influence of a magnetic field. *Water Research*, v. 31, n. 2, p. 346-350, 1997.

Barret R. A. and Parsons S. A. The influence of magnetic fields on calcium carbonate precipitation. *Water Research*, v. 32, n. 3, p. 609-612, 1998.

Coe, J.M.D. and Cass, S., Magnetic water treatment. *J. Magn. Mater.* v. 209, p. 71-74, 2000.

Kobe, S., Drazic, G., McGuinness, P.J., Strazisar, J., The influence of the magnetic field on the crystallization form of calcium carbonate and the testing of a magnetic water-treatment device, *J. Magn. Mater.* 236 (1-2), 71-76, 2001.

Kobe, S., Drazic, G., Cefalas, A.C., Sarantopoulou, E., Strazisar, J., Nucleation and crystallization of CaCO_3 in applied magnetic fields, *Cryst. Eng.* 5, 243-253, 2002.

Alimi, F., Tlili, M., Gabrielli, C., Maurin, G., Ben Amor, M., Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate, *Water Res.* 40: 1941-1950, 2006.