

LA APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO MAGNÉTICO...

José Joaquín Tristá Moncada



Tecnología Química, Vol. XXI, No. 3, 2001

ISSN: 0041-8420

LA APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO MAGNÉTICO EN UN COMPLEJO AGROINDUSTRIAL AZUCARERO

José Joaquín Tristá Moncada, José Ricardo Núñez Álvarez
Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA)

El presente trabajo persigue como objetivo realizar un análisis técnico-económico del Tratamiento Magnético a soluciones acuosas (TMA) y sus efectos en diferentes sistemas de un central azucarero de la provincia Granma. Se recogen los datos y los diseños de los equipos magnetizadores que se instalaron y se comparan los resultados obtenidos en la zafra, con los de otro CAI de similares características y de tierras colindantes, obteniéndose un ahorro en el sistema de evaporación de 118 879,72 USD por concepto de productos químicos y producción de azúcar, en días donde se había programado limpieza; en el área de calderas se obtuvo un sinnúmero de beneficios, resultando el más significativo la ganancia que logró el CAI por la venta de bagazo a otros centrales, y que le reportó 36 438,60 USD. Se estimó para los calentadores y los sistemas de enfriamiento el 25 % del total de los ahorros obtenidos, arrojando 194 147,9 USD.

Luego de obtener los beneficios económicos en cada una de las diferentes instalaciones, se determinó la ganancia neta, la cual asciende a 179 708,81 USD, por lo que se llega a la conclusión de que por cada USD invertido se gana 12,45 USD.

Palabras clave: tratamiento magnético, complejo agroindustrial azucarero.

The objective of this work is to do a technical-economic analysis of the Magnetical Treatment to Aqueous Solutions (MTA) and its effects in different systems in a sugar factory of the province of Granma. They are taken the data and the designs of the magnetizer equipment that were installed, and the results obtained in the harvest with the ones of another agroindustrial complex of similar characteristics and of contiguous lands, getting a saving in the evaporation system of 118 879, 72 USD for the concept of chemical products and sugar production, in days where the cleaning had been programmed; in the area of boilers there was a great deal of benefits, the most significant was the benefit obtained for the sale of bagasse to other factories, and it was of 36 438,60 USD. It was estimated for the heaters and the cooling systems the 25 % of the total of the savings obtained, that is, 194 147,9 USD.

After getting the economical benefits in each one of the different installations, it was determined the net benefit, which is of 179 708, 81 USD, so that for each USD inverted there is a benefit of 12,45 USD.

Key words: magnetic treatment, sugar factory.

Introducción

Teniendo en cuenta los estudios anteriores realizados sobre el efecto del campo magnético en diferentes instalaciones de los complejos agroindustriales azucareros se realiza el presente trabajo. En el mismo se analizan los resultados de la aplicación del campo magnético en el CAI "Arquímedes Colina" de la provincia Granma, en las siguientes instalaciones:

- Agua de alimentación de las calderas.
- Sistema de enfriamiento de compresores.
- Sistema de enfriamiento de turbogeneradores.
- Sistema de enfriamiento de bomba de vacío.
- Guarapo a calentadores.

- Sistema de evaporación.

Los efectos de la aplicación del campo magnético en estas instalaciones han sido altamente beneficiosos, representando ahorros considerables para el Central.

Procesos industriales

Entre las aplicaciones industriales del tratamiento magnético, una de las más desarrolladas y antiguas es la prevención y eliminación de incrustaciones en los equipos de transferencia de calor, generadores de vapor e intercambiadores de calor.

El tratamiento magnético propuesto y debidamente probado, evita o atenúa sensiblemente el indeseable efecto de la incrustación, la cual trae una serie de inconvenientes entre los que se encuentran:

- Reducción del diámetro interior de los tubos.
- Incremento de la pérdida de presión.
- Reducción en la transferencia de calor.
- Sobrecalentamientos locales.
- Aumento de la corrosión.
- Descenso de la producción.
- Aumento de los gastos de mantenimiento.

No se analizarán una a una las consecuencias que traen los inconvenientes mencionados, pero lo que sí se puede asegurar es que la tecnología propuesta elimina o atenúa sensiblemente cada una de ellas, como ha sido probado en diversas instalaciones de los servicios, defensa e industria nacional.

Materiales y métodos

Según la teoría el campo magnético actúa sobre los iones presentes en la corriente de agua que se desplaza a través del campo magnético, de manera similar a como lo hace un conductor por el que circula corriente. Estos iones no son más que átomos, que tienen la particularidad de poseer una carga eléctrica positiva o negativa debido a un defecto o un exceso de electrones respectivamente.

La acción del campo magnético provoca el surgimiento de una fuerza que actúa sobre el ion (carga) que se mueve en el campo magnético denominada fuerza de Lorentz y cuya magnitud viene determinada por la ecuación:

$$F = k \cdot g \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$$

donde:

k: coeficiente de proporcionalidad;

g: carga del ion;

v: velocidad de desplazamiento del ion;

B: inducción magnética;

α : ángulo entre la dirección del campo magnético y el movimiento del ion.

Las fuerzas de Lorentz crecen con el aumento de la carga del ion, la intensidad del campo magnético, la velocidad del flujo y el grado de perpendicularidad en la interacción de ésta con la dirección del flujo magnético. Los iones cargados positiva y negativamente (cationes y aniones) bajo la acción de las fuerzas de Lorentz se desvían en direcciones contrarias.

Experiencia práctica

Para realizar el análisis del efecto del campo magnético en las instalaciones anteriormente descritas se tomaron los datos de las zafras 94-95 y 95-96 en los CAI "Arquímedes Colina" y "Ranulfo Leyva Pacheco", los cuales poseen las siguientes características:

Características	CAI "Arquímedes Colina"	CAI "Ranulfo Leyva P."
Norma de molienda (@)	250 000	270 000
Tándem	1	1
Molinos	5	5
Baterías de calentadores	6	3
Sistema de evaporación	Quíntuple efecto	Cuádruple efecto
Temperatura de imbibición	90 °C	90 °C

Además, ambos centrales están situados uno al lado de otro por lo que sus tierras colindan, y por tanto, las características de sus cañas son muy similares, así como sus condiciones climáticas. El CAI "Ranulfo Leyva Pacheco" no tiene equipos magnetizadores instalados en los sistemas que tenemos como referencia.

En todos los casos se recogieron los siguientes datos:

- Toneladas de caña molida
- Horas molida tándem
- Brix promedio de la meladura
- Pol en bagazo
- Humedad del bagazo
- Pol en cachaza
- Temperatura promedio en calentadores
- Tiempo perdido por limpieza
- Cantidad de limpiezas
- Productos químicos empleados en cada limpieza

- Días totales de zafra
- Temperatura del agua de alimentar caldera
- Temperatura de los gases de escape

Con los datos recogidos se realizaron los análisis correspondientes a cada una de las instalaciones, determinando el efecto de la aplicación del tratamiento magnético. En todos los casos fueron utilizados equipos magnetizadores diseñados por el CNEA.

1. Magnetizadores MIPAZ: Éstos fueron diseñados en el CNEA y construidos en el propio CAI, sus características se observan en la figura 1.

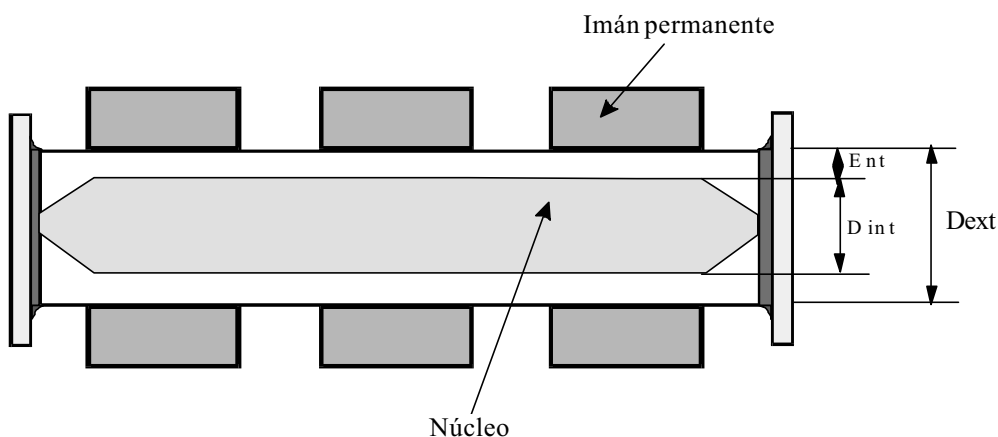


Fig. 1 Esquema de los magnetizadores a imanes permanentes tipo MIPAZ.

2. Magnetizadores MAGCIME: Se fabrican en el Centro de Investigaciones Metalúrgicas (CIME) de Ciudad Habana con diseños del CNEA. Ver figura 2

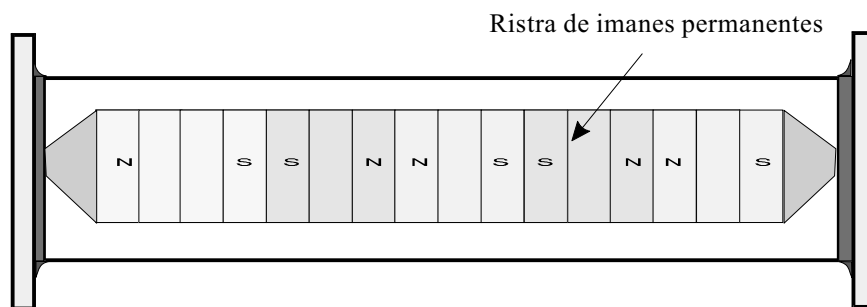


Fig. 2 Esquema de los magnetizadores a imanes permanentes tipo MAGCIME 2 ½".

Resultados y discusión

Evaporadores

Los evaporadores que más frecuentemente se encuentran en la práctica son de triple, cuádruple, quintuple efecto, el cuádruple efecto es el más común. El CAI "Arquímedes Colina" posee un sistema de evaporación de quintuple efecto, o sea, con cinco cuerpos de evaporación, además de un pre-evaporador.

En este sistema de evaporación se instalaron dos magnetizadores, obteniéndose los siguientes resultados.

Resultados obtenidos

Para realizar un análisis de los resultados que se obtuvieron en evaporadores, se hará una comparación entre el comportamiento del Brix de la meladura en los cuatro casos analizados.

La norma del Brix de la meladura para una correcta cristalización es entre 60 y 65 °Brix. En las zafra del 94-95 en ambos CAI, así como en la zafra 95-96 del CAI "Ranulfo Leyva P.", el valor del Brix se encuentra dentro de la norma hasta el séptimo o décimo día, momento en el que este valor comienza a disminuir por debajo de los valores permisibles, indicando la necesidad de limpieza de los equipos. En la zafra 95-96 después de instalados los magnetizadores en el CAI "A. Colina" este valor se comporta dentro de la norma hasta el día 13-14, lo que implicó que los ciclos de limpieza se prolongaran en cinco ocasiones a 15 o más días.

Resulta necesario aclarar que a medida que el Brix de la meladura comienza a disminuir por debajo de la norma, para aumentar este valor se debe incrementar la presión de trabajo, lo que implica un mayor consumo de vapor, así como realizar la recirculación de la meladura. Si se tiene en cuenta que el sistema de evaporación consume alrededor del 59 % del vapor total que se genera en el central, se tendrá una idea clara de lo que representa reducir el consumo de vapor por la disminución de las incrustaciones en los evaporadores.

Beneficios económicos

- Días de zafra 123 d

- Cantidad de limpiezas programadas 12
- Cantidad de limpiezas realizadas 8
- Cantidad de limpiezas ahorradas 4

Costo de una limpieza:

- Consumo de ácido	2,4 t	\$ 370,24
- Consumo de potasa	1,6 t	\$ 61,69
Total		\$ 1 031,93

Ahorro total en productos químicos:

4 x \$ 1 031,93 = \$ 4 127,72

Ganancias por lograr producir azúcar en días donde se había programado limpieza

Producción diaria = 326 t

Teniendo en cuenta que: 1 t = 2 200 lb y que el precio de 1 lb = \$0,04

Precio de 1 t en el mercado = \$ 88

Luego: 326 t x \$ 88 = \$ 28 688

Ganancia total en 4 d:

4 x \$ 28 688 = \$ 114 752,00

Ahorro económico total

Considerando que la tasa de canje en nuestro país es de: 1 peso = 1 USD.

Entonces tenemos:

- Ahorro en productos químicos	\$ 4 127,72
- Ganancias en producción de azúcar	\$ 114 752,00
Total	\$ 118 879,72

por lo que el beneficio económico total producto de la instalación de dos magnetizadores en el sistema de evaporación es de: \$ 118 879,72.

Calderas

Las calderas constituyen el corazón del central, son las encargadas de generar el vapor necesario para el funcionamiento de los equipos primarios y la cocción en el proceso de fabricación de azúcar.

El CAI "Arquímedes Colina" posee cuatro calderas instaladas, dos del tipo Retal de 45 t de vapor por hora y dos del tipo Combustión de 13,5 t/h.

Resultados obtenidos

Antes de instalarse el magnetizador en las calderas del CAI "Arquímedes Colina" los fluses, al finalizar la zafra, presentaban incrustaciones con espesores promedios de 3 a 4 mm, la

generación de vapor era baja, presentándose continuados problemas por baja presión. En años anteriores, la producción de bagazo del ingenio no satisfacía la demanda, ya que el ingenio no balanceaba con la molida; luego de electrificar el central y sustituir esas máquinas de vapor, se logró en parte balancear la demanda de bagazo, quemándose y demandando leña para la liquidación final de zafra. Ésta a la vez demandaba mayor cantidad de extracciones continuas y de fondo, y por ende, mayor uso de productos químicos.

Luego de instalarse el magnetizador, las calderas del CAI "Arquímedes Colina" tuvieron una mejoría significativa en su funcionamiento debido a:

- Al finalizar la zafra se comportó en forma práctica la reducción del espesor de las incrustaciones a sólo 0,4-0,6 mm, lo que implica que durante el período de zafra el intercambio de calor en las calderas fue muy efectivo. Se debe resaltar que el aumento de las incrustaciones en 1 mm representa un incremento del consumo de combustible en un 10 %, y 4 mm representan aproximadamente un 29 % de incremento de consumo.
- En este año el proceso de generación de vapor fue notablemente mucho más estable que en años anteriores; lográndose con esto mejoras en el proceso de generación eléctrica, sistema de evaporación y cocción del azúcar. Podemos además resaltar que en este año con niveles de alimentación de bagazo mucho más pequeños, con menor uso de alimentación y una distribución más uniforme y muy pequeña altura del colchón de bagazo sobre parrilla, se lograban las presiones deseadas y en ocasiones, era inevitable por momentos que se accionaran las válvulas de seguridad por los elevados niveles de presión.
- Este año, además, con molidas elevadas y estables la producción de bagazo fue suficiente, lográndose además un exceso de éste en el patio, lo que permitió la venta del mismo, y esto en años anteriores nunca se había logrado.

Beneficios económicos

- Cantidad de bagazo vendido 2 208,4 t

- Precio de 1 t de bagazo	\$ 16,50
Ahorro total	\$ 36 438,60

Calentadores

El CAI "Arquímedes Colina" cuenta con una instalación de seis baterías de calentadores Weber, tres baterías de primarios y tres de rectificadores. En zafas anteriores, cada ciclo comenzaba trabajando con tres baterías de calentadores entre primarios y rectificadores; pero a medida que pasan los días se hace necesario emplear un mayor número de baterías de calentadores hasta cinco al culminar el ciclo. Y en ocasiones se hacía necesario realizar limpiezas a mediados del ciclo para poder obtener la temperatura deseada y establecer una rotación determinada. Todo esto implicaba un elevado consumo de productos químicos, y a la vez un alto consumo de vapor.

En la zafra 95-96 se instaló un magnetizador tipo MIPAZ 1010 a la entrada del guarapo o calentadores, observándose cambios significativos en la operación de los calentadores:

- Los ciclos de trabajo comenzaban igualmente con tres baterías de calentadores, manteniéndose este número de baterías hasta el último día del ciclo.
- Los valores de temperatura a la salida del jugo de los calentadores se incrementaron entre 2 y 3 °C con respecto a zafas anteriores; por ejemplo, en la zafra 94-95 el valor promedio de temperatura a la salida de los calentadores fue de 101,7 °C, mientras que en la zafra 95-96 este valor aumentó a 105 °C, lo cual resulta altamente económico, ya que el jugo entra a los clarificadores con una temperatura más elevada, lo que implica un menor número de revolturas y por ende, un proceso de clarificación más rápido y efectivo.
- Durante todo el ciclo se realizó menor cantidad de limpieza en los calentadores, lo que conllevó a un menor uso de productos químicos.

Sistemas de enfriamiento

En todas estas instalaciones se producen también incrustaciones producto de las sales disueltas en el agua que se emplea para estos sistemas de enfriamiento.

Con el objeto de evitar o disminuir estas incrustaciones en el CAI "Arquímedes Colina" se instalaron tres magnetizadores.

a) Enfriamiento de turbogeneradores

En el CAI se poseen dos turbogeneradores y a los sistemas de enfriamiento de ambos se les instaló magnetizadores, obteniéndose los siguientes resultados:

- Disminución de la temperatura del aceite de enfriamiento del turbo.
- En el turbogenerador de 5 MW este año se trabajó con un solo intercambiador de calor, a diferencia de años anteriores, en los que se utilizaban los dos intercambiadores.
- Cuando se abrieron los intercambiadores al culminar la zafra, éstos estaban totalmente limpios, presentando sólo una pequeña película suave y fácilmente removible.

b) Enfriamiento de compresores

Después de instalado el magnetizador, los compresores tuvieron un trabajo efectivo, mostrando los siguientes resultados:

- En uno de los compresores, el cual no se había limpiado durante el anterior período de limpieza al comienzo de la zafra, a mediados de zafra se abrió, y se encontró que las incrustaciones habían sido removidas y sólo quedaba una pequeña capa suave y fácilmente removible. La temperatura por etapas de trabajo de los compresores disminuyó notablemente.

En todos los sistemas estudiados se obtuvieron los siguientes beneficios sociales y ecológicos:

Beneficios sociales

Con la instalación del magnetizador y la posterior eliminación de las incrustaciones se mejora el proceso de limpieza de las calderas, lo que le facilita al operador el trabajo en el momento de la limpieza, además de que estará menor cantidad de tiempo en contacto con productos químicos.

Beneficios ecológicos

La instalación del magnetizador al mejorar el proceso de combustión provoca que los gases que van hacia la atmósfera sean menos contaminantes, así como que se necesita menor cantidad de productos químicos para realizar la limpieza.

Análisis económico general

Costo total de la inversión:

Magnetizadores MIPAZ	\$ 13 789,09
Magnetizadores MAGCIME	\$ 650,00
Total	\$ 14 439,09

Ganancias obtenidas:

Evaporadores	\$ 118 879,72
Calderas	\$ 36 438,60
Subtotal	\$ 155 318,32

Se estima además el ahorro en sistemas de enfriamiento y calentadores como un 25 % de este costo total, por lo que:

Ganancias totales

$$1,25 (155\,318,32) = 194\,147,9$$

Ganancia neta = Ganancia - Inversión

$$194\,147,9 - 14\,439,09 = \$ 179\,708,81$$

De este valor se deduce que:

$$179\,708,81 / 14\,439,09 = 12,45$$

por lo que de cada dólar invertido se ganan 12,45 dólares.

Conclusiones

La aplicación del campo magnético al agua de alimentar calderas y de los sistemas de enfriamiento, así como al jugo del proceso y el agua de imbibición en el CAI "Arquímedes Colina" ha representado ahorros considerables de recursos, así como aumentos de la productividad de las instalaciones producto de la disminución de las incrustaciones que se formaban en las superficies intercambiadoras de los equipos de intercambio de calor del CAI.

Después de analizados los efectos del tratamiento magnético en las diferentes instalaciones, éstos se pueden resumir en los siguientes puntos:

Calderas:

- Disminución del consumo de bagazo para producir vapor.
- Ganancias por un valor de \$ 36 438,60.

Evaporadores:

- Extensión del período entre limpiezas a 15 d y disminución relativa de las cantidades de productos químicos empleadas en las limpiezas.

-
- Ganancias por un valor de \$ 118 879,72.

Sistemas de enfriamientos:

- Disminución de las incrustaciones en los intercambiadores de calor.

Como conclusiones finales del trabajo debemos señalar que la inversión de instalación de magnetizadores en el CAI "Arquímedes Colina" proporciona \$ 12,45 USD por cada \$ 1,00 USD invertido, lo que hace que la inversión se amortice en muy poco tiempo.

Bibliografía

- Berenguer Maurant, A.; Tristá Moncada, J., *Instrucciones de instalación y explotación de magnetizadores en la industria azucarera*, Publicado por MINAZ, 1995.
- Busch, K.W.; Busch, M.A., "Studies of a Water Treatment Device that Uses Magnetic Fields", en *Corrosion*, vol. XLII, núm. 4, abril, 1986.
- Dunand, R.; Morera, R., "El campo magnético y su efecto sobre la estructura y la composición de las incrustaciones en las instalaciones de evaporación en las fábricas azucareras", en *Rev. ATAC*, 1988.
- Dunand, R.; Karpenko, V. A., "Perspectivas de la utilización del tratamiento magnético a las soluciones acuosas en la lucha contra la formación de incrustaciones en los intercambiadores de calor en fábricas de azúcar", en *Rev. ATAC*, 1986.
- Federovish, Tebenijin, *Aparato para el tratamiento del agua por campo magnético*, Moscú, Edit. Energía, 1977.
- Klassen, V. I., *Magnetización de sistemas acuosos*, Moscú, Edit. JIMIA, 1978.
- Minenko, V. I., *Tratamiento magnético de sistemas acuosos dispersos*, Kiev, Edit. TEJNIKA, 1970.
- Pérez Sánchez, R. O., Intensificación del proceso de extracción de sacarosa de la caña de azúcar con el empleo del agua magnetizada, Tesis doctoral, Universidad de Oriente, 1992.
- Vélez Parra, R.; Pivovarov, N., *Fundamento y aplicaciones del tratamiento magnético de los líquidos*.
- Vidal Iglesias, H. y otros, Aplicación del tratamiento magnético a los flujos tecnológicos de agua y jugo de caña en el central "Orlando González", X Fórum de Ciencia y Técnica, 1995.