

Aplicación de trampas magnéticas en la industria azucarera cubana

Rafael Dunand-Castellanos* y Ricardo Domingo Martínez-Águila

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
Vía Blanca # 804 y Carretera Central, San Miguel de Padrón. La Habana, Cuba.

*rafa510@nauta.cu

RESUMEN

Se actualiza la aplicación de las tecnologías de Trampas magnéticas en diferentes ramas productivas y en los procesos de descontaminación y enriquecimiento de diversas industrias a nivel internacional y en la industria azucarera cubana, así como su influencia en diseños de equipos, mejoras en los parámetros del campo magnético y de las trampas magnéticas utilizadas, por lo que se pueden lograr nuevas perspectivas de desarrollo en la industria azucarera cubana con el objetivo que las producciones azucareras cumplan con las exigencias de los estándares de calidad de las normas ISO.

Palabras clave: trampas magnéticas, separadores magnéticos, campo magnético, ferro- partículas.

ABSTRACT

The application of Magnetic Traps technologies in different productive branches and in the decontamination and enrichment processes of various industries internationally and in the Cuban sugar industry is updated, as well as its influence on equipment designs, improvements in field parameters magnetic field and the magnetic traps used, for all of which in its application it is possible to achieve new perspectives of development in the Cuban sugar industry with the objective that the sugar productions comply with the requirements of the quality standards of the ISO norms.

Key words: magnetic traps, magnetic separators, magnetic field, ferroparticles.

INTRODUCCIÓN

Los separadores magnéticos (SM), también denominados colectores, trampas o filtros magnéticos son muy utilizados en la industria internacional para la separación de partículas ferrosas que se encuentran mezcladas con materiales secos, en polvo o a granel que no son ferrosos. Estos protegen los equipos contra daños y aumentan la calidad del producto, al capturar contaminantes ferrosos, también ayudan a las empresas a cumplir con las normas.

Potentes campos magnéticos generados por imanes permanentes o electroimanes industriales, proporcionan la fuerza de atracción requerida para la separación de los contaminantes ferrosos.

En la Industria azucarera cubana los separadores magnéticos se vienen aplicando masivamente desde el año 2000, mayormente en el sistema de transportación del azúcar, para extraer las partículas ferromagnéticas que se presentan debido, fundamentalmente, al desprendimiento de herrumbres, ya sea por el mantenimiento de equipos o por su corrosión por el uso, con ello se pretende mejorar la calidad del azúcar obtenida.

En los últimos años, debido a las exigencias internacionales regidas por las normas ISO (9000–9002), que tienen en cuenta la calidad en diversos procesos productivos, la industria cubana adecua sus estructuras al entorno económico internacional que impone patrones de competitividad y alta calidad en el mercado mundial. Cuba para poder tener una tendencia ascendente en estos requisitos, acorde con las normas de calidad, necesita modernizar sus equipos e introducir la tecnología del sistema de separadores magnéticos en todas las áreas industriales que lo requieran.

La separación de los contaminantes ferromagnéticos en el azúcar es un asunto de primer orden que debe resolverse en la industria azucarera cubana, pues las exportaciones se ven limitadas, debido a las crecientes exigencias de calidad en el mercado. La aplicación en el azúcar crudo y refino presentó diferentes dificultades por los grandes volúmenes, nivel de contaminación del producto y otras características, tales como: humedad, tamaño de grano, adhesividad (1), entre otras. Por todo ello ha sido necesario investigar sobre diseños y construir diferentes dispositivos para el desarrollo de separadores y sistemas de separadores magnéticos que puedan ser aplicados en la industria azucarera con mayor eficiencia, así como la revisión actualizada de aplicaciones, equipos y firmas que los comercialicen, con vistas a proponer los adecuados y de mayor impacto en áreas productivas que los requieran en la producción azucarera.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del año 2000, empresas e instituciones cubanas comenzaron a producir y ofertar diseños propios de separadores magnéticos, para su aplicación en las empresas azucareras, entre ellas: DITEL (Combinado de Componentes Electrónicos), CIME (Centro de Investigaciones Metalúrgicas) y CNEA (Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado) (2), los cuales ofertaron equipos separadores limpiables, autolimpiables y de laboratorio (figuras 1, 2 y 3), que presentaron algunas dificultades en su aplicación, a causa del poco desarrollo de sus diseños en el tiempo de uso, la calidad de los imanes, el envejecimiento y la poca actualización de sus diseños, así como dificultades propias en el proceso de fabricación del azúcar cubano.



Figura 1. SM de barra (DITEL).



Figura 2. SM FERROLAB.



Figura 3. SM de tambor (CIME) (CNEA).

La selección de los tipos de separadores magnéticos, así como la cantidad de estos que se deben instalar en una determinada empresa, de acuerdo con sus características productivas específicas, es importante para garantizar que la contaminación de partículas ferromagnéticas se reduzca a los niveles de calidad exigidos (3).

Otra problemática importante es que la mayoría de los separadores de partículas ferrosas instalados en la industria azucarera, a pesar de su efectividad, no han sido autolimpiables. Su limpieza es engorrosa y se corre el riesgo de que cuando se extrae un volumen crítico de partículas ferrosas, la masa de azúcar puede arrastrarlas y contaminarse nuevamente.

Es necesario también realizar diseños de nuevo tipo en los que la trampa no esté en contacto directo con el azúcar que cae o se transporta, debido a la humedad de esta, esto hace que con el

uso las trampas se traben por los aglomerados, sobre todo en las autolimpiables y que, por tanto, sean ineficientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han revisado bibliografías y patentes actualizadas sobre esta temática y se han recogido los criterios más significativos (4 - 13).

En general los separadores magnéticos se pueden clasificar en:

- Separación de materiales ferrosos entre los cuales se encuentran los de Imanes permanentes (tambores, rejillas, barras, platos con gabinetes y sin ellos y con sistemas autolimpiables, conductos, filtros para fluidos, entre otros). y los basados en Electroimanes para extracción de partículas de hierro medianas y grandes en el tándem.
- Separadores suspendidos y para bandas Transportadoras.

Para la evaluación de los separadores magnéticos en una empresa azucarera dada, se deben considerar los siguientes parámetros:

- La potencia de generación del campo magnético por el imán o electroimán y la distancia máxima en que pueda atrapar partículas de hierro de pequeña, mediana y gran tamaño.
- Granulometría de las partículas ferromagnéticas.
- La altura del colchón de la caña o azúcar y el ángulo de su inclinación, así como la uniformidad en su transporte.

En lo fundamental, los separadores industriales pueden ser de imanes permanentes de diferentes calidades o electroimanes y colocarse sobre el colchón (figura 4 y 5) o en contacto con el material que se transporta (figura 6 y 7), para atrapar las partículas ferromagnéticas; pueden ser de extracción manual o autolimpiables y arrojar las partículas ferromagnéticas a los lados del transportador de material.

Por la granulometría o las dimensiones de las partículas o piezas férricas en la industria azucarera cubana, los separadores magnéticos que mayores posibilidades de aplicación tienen, por ejemplo, en el tándem, serán aquellos que por su diseño de fabricación estén, lo más posible, en contacto directo con la caña y posean elevada intensidad del campo magnético generado, así como su gradiente; los de barra se podrían generalizar en las líneas de transporte de azúcar, mientras que los de tambor son poco eficientes por la elevada humedad del azúcar cubana.

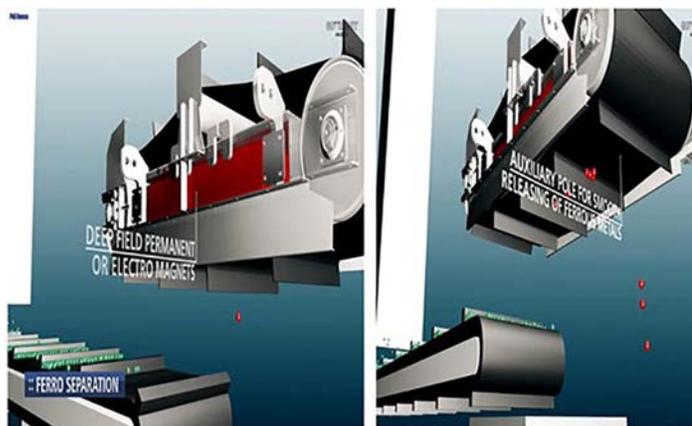


Figura 4. SM sobre colchón de la firma FELEMAMG.



Figura 5. SM sobre colchón de la firma MAGNETIC DRUM.



Figura 6. SM en contacto con el material a separar, firma MAGNETIC DRUM.



Figura 7. SM en contacto con el material, firma MAGNETIC DRUM.

Entre las firmas más importantes a nivel internacional se encuentran:

Magnetic Drum Separators. Magnetice Separatas & Industrial Strength Magnets, Over Band Magnetic Separator, ELECTRO FLUX Over Band Magnetic Separator, STEINERT Magnetic separation.

Constituye un reto para los especialistas del ICIDCA, en el presente y el futuro, realizar diseños de nuevos separadores con el objetivo de mejorar los problemas que existen en su aplicación en la Industria Azucarera, se deben obtener diseños que optimicen su funcionamiento y que cumplan con los requerimientos para su mejor aplicación, Por lo que el uso adecuado de los separadores puede aportar grandes beneficios a la industria y mejorar la calidad del azúcar, para lograr mayor competitividad en el mercado internacional.

En la figura 8 se presenta el diseño del separador magnético de barra SM60-3-4, construido por especialistas del ICIDCA, con barras interdigitadas para mejor captura de ferropartículas, actualmente diseñado, construido con imanes de alta energía (Neodimio) e instalado en la UEB Carlos Baliño, en Villa Clara, con el objetivo de mejorar la calidad en la producción del azúcar orgánica para la venta en el exterior (14).



Figura 8. SM de barra del ICIDCA SM60-3-4.

El separador magnético SM60-3-4 consiste de un marco soporte, que sostiene dos hileras de 3 y 4 barras magnéticas dispuestas al tresbolillo cuyo esquema se muestra en las figuras 1 y 2, anteriormente presentadas, en ellas se pueden observar las piezas que lo constituyen e imanes que forman las estructuras magnéticas y que se disponen en el interior de los tubos de las barras magnéticas (Ver figuras 9 y 10).



Figura 9. Estructura magnética básica del equipo.



Figura 10. Una de las barras del separador magnético.

El separador magnético, tal como el SM-60-3-4, basado en imanes de alta calidad (neodimio) es relativamente simple en diseño y presenta un gran potencial en su construcción y aplicación en la industria azucarera para mejorar la inocuidad del azúcar, lo que potencia, además, la sustitución de importaciones.

El mencionado separador magnético SM-60-3-4, con las 7 barras magnéticas, se montó sobre un marco soporte construido por el ingenio e instalado en el conducto previo a la tolva de ensacado del azúcar. Las evaluaciones se realizaron durante una etapa del trabajo del ingenio, UEB C. Baliño, en Villa Clara, la eficiencia de trabajo del separador magnético fue de alto nivel, un 78 %, valor que refleja la efectividad del trabajo de dicho separador.

En el análisis económico de los datos aportados por el laboratorio del central se plasman los resultados, la producción del año 2022 pudo ser exportada en su totalidad; sin embargo, los resultados de la producción del año 2021 necesitaron del reproceso para su exportación, por los niveles verificados de partículas ferromagnéticas (>1 ppm), por lo que se prevé que el ingenio tenga una ganancia de cerca de 90 000 USD por la exportación del 100 % de su producción.

Con vistas a resolver la problemática de las ferropartículas en el azúcar, además de disponer en el flujo productivo de un conjunto de equipos separadores magnéticos (1, 2), hay que ejercer el control del contenido de ferropartículas en el azúcar; o sea, su medición gravimétrica. Para ello hay que recoger una muestra representativa del azúcar de una cantidad bien definida y extraerle las ferropartículas para ser pesadas.

El Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, CNEA, desarrolló la metodología y el diseño del equipo FERROLAB, para la medición gravimétrica del contenido de ferropartículas en el azúcar (figura 11).



FERROLAB (Escala de Laboratorio)



Figura 11. Equipo Ferrolab (CNEA).

Actualmente, las fuentes magnéticas de los equipos Ferrolab de algunas empresas azucareras, no presentan las características del campo magnético de diseño debido a diversos accidentes que han sufrido en los más de 20 años de explotación en los laboratorios, por lo que las mediciones pueden estar comprometidas y, por ende, el control de la contaminación de ferropartículas en el azúcar, es por ello que especialistas del ICIDCA desarrollaron varios prototipos de fuentes magnéticas del Ferrolab que, se proponen como alternativas para las mediciones de ferropartículas en el laboratorio, para remplazar no solo las unidades magnéticas defectuosas sino también aumentar el campo magnético B y su gradiente, para una captura incrementada de las ferropartículas del azúcar; así como actualizarlas con los nuevos imanes de alta densidad de energía (neodimio). De este modo se puede lograr un mayor control, que se reflejaría en el control del trabajo de los separadores magnéticos en el flujo de producción y, por ende, en la calidad e inocuidad del azúcar.

La estructura básica para el nuevo desarrollo de fuente magnética es la de un “emparedado” de imanes permanentes en contraposición, Norte-Colector-Norte y/o Sur-Colector-Sur, el Colector (o concentrador) es un material ferromagnético de muy alta permeabilidad magnética. En la figura 12 se muestra un esquema de dicha estructura magnética, en la que el flujo del campo magnético B sale (o entra) en la dirección transversal al colector y su intensidad queda determinada por las dimensiones de los elementos materiales que componen la referida estructura, cuya repetición conforma el circuito magnético del equipo fuente magnética.

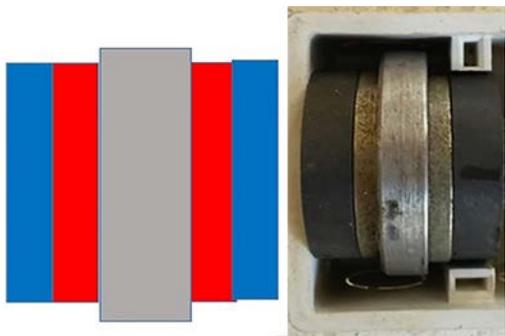


Figura 12. Estructura magnética de “emparedado” Norte-Colector-Norte.

La repetición de la estructura magnética básica hasta lograr las dimensiones requeridas constituye el circuito magnético de la fuente magnética, que luego se encapsula en plástico o en acero inoxidable con resina epóxica, para el prototipo determinado de fuente magnética.

Se construyeron dos prototipos que fueron evaluados en los laboratorios de Ensayos y Calibraciones de los Alimentos (LEYCAL, ICIDCA) y de la UEB Washington.



Figura 13. Montaje y evaluación del prototipo de la nueva fuente mejorada del FERROLAB.

Las evaluaciones a los prototipos de fuentes magnéticas se realizaron según los procedimientos actualizados del Manual analítico de control unificado para la producción de azúcar crudo y cumplen

con las Normas ISO 78/2 (International Organization for Standardization) e INCUMSA (15, 16). Se obtuvo como resultado que, tanto la fuente del CNEA como la de los nuevos prototipos, son similares a bajas concentraciones de partículas (≤ 20 mg/kg); sin embargo, a altas concentraciones (≥ 100 ppm) el mejor rendimiento es el de la fuente del nuevo prototipo mejorado del Ferrolab, debido a la diferencia en la disposición del campo magnético, su mayor intensidad (B) y su gradiente (figura 14).



Figura 14. Distribución y extracción de las ferropartículas, debido al campo magnético generado por las fuentes mejoradas del Ferrolab, para distintos grados de contaminación.

CONCLUSIONES

- Se utilizan diferentes tipos de separadores magnéticos, aplicados en diferentes industrias y con posibilidades de aplicación en la industria azucarera cubana, además, se mencionan las compañías líderes que lo comercializan a nivel mundial.
- Son variadas las posibilidades de utilización de los separadores magnéticos, entre los que se encuentra la de utilizarlos en diferentes áreas, en dependencia del proceso de producción del azúcar, que va desde la aplicación de separadores magnéticos en los Tándem a la línea de transporte en las tolvas y esteras.
- Se mencionan las distintas partes magnéticas de los prototipos de separadores SM60-3-4 aplicados en la línea de producción del azúcar, así como la nueva fuente mejorada del Ferrolab y se han obtenido resultados que avalan su efectividad en las áreas del ingenio donde son aplicados.
- Como resultado del trabajo del SM de barra construido e instalado en la línea de producción de la UEB C. Baliño, así como al acomodo del resto de los separadores magnéticos existentes se logró la exportación del 100 % de la producción de azúcar en la zafra 2022, y en el caso de la nueva fuente del Ferrolab se logró tener una alternativa para el trabajo en los laboratorios azucareras, muy eficiente cuando hay un gran número de impurezas ferrosas en el azúcar que se analiza.

RECOMENDACIONES

Los especialistas del ICIDCA y de entidades productoras de separadores magnéticos para asegurar la calidad del azúcar, deben realizar diseños para su aplicación en la Industria azucarera y prestar atención a problemáticas, tales como: humedad en el azúcar, tamaño de las partículas, autolimpiezas, mantenimiento y obsolescencia de los equipos, así como de sistemas de trampas en el central que lo requiera por su volumen de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayoub M. y col. Diseño, Construcción e Instalación de Sistemas de Separadores Magnéticos para la Eliminación de Partículas Ferrosas en el Azúcar. Miembros del Grupo de Asistencia Técnica de la ATAC, Informe técnico, ATAC 2006.
2. Dunand R. y col. Aplicación integral de la tecnología magnética en procesos de la agroindustria azucarera, Inf. Proyecto ICINAZ, Oct. 2009.
3. Rein Peter; Cane Sugar Engineering, Ph. D. in Chemical Engineering, Epig. 3.4.5 Magnet, Berlín 2007, 440
4. <https://www.imagnetshop.com/es/separadores-magneticos/barras-magneticas/>
5. <https://www.imagnetshop.com/es/separadores-magneticos/parrillas-magneticas/>
6. <https://www.mundi.com/tech.html> "Welcome to the Magnetizer Pages", Technical & Scientific Brief,
7. <https://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/inducccion/alterna/alterna.htm>, Éter, luz y Magnetismo.
8. https://www.maloka.org/f2000/waves_particles/, Catalogo de imanes.
9. [https://www.Magnetic Rod systems/Goudsmit Magnetic Systems BV](https://www.MagneticRodsystems.com) Petunialaan 19 NL 5582 HA Waalre • The Netherlands.
10. <https://www.imagnetshop.com/es/separadores-magneticos/tambores-magneticos/>
11. [https:// www.equiposparaingenios.com.mx](https://www.equiposparaingenios.com.mx)
12. <https://www.imanesynavajas.com.mx/>, fabricantes de equipos magnéticos, para retención y separación de contaminantes ferrosos.
13. <https://www.felemag.com/Barras> magnéticas de imán permanente,
14. Martínez, R. *et al.* Informe técnico Visita UEB C. Baliño, ICIDCA, Marzo 2022
15. Pérez Sanfiel, F. H. y Fernández, F. F. Determinación gravimétrica de partículas ferromagnéticas en azúcar, "Métodos analíticos para azúcar crudo", pág. 190-191, Publicaciones Azucareras, 2006.
16. ICUMSA. Método GS1-24, Determinación de sólidos insolubles en azúcar crudo por filtración en profundidad, 2017.