

Evaluación del desintegrador de caña de azúcar en la preparación de muestras para el laboratorio de azucarería

Yoel Betancourt-Rodríguez^{1-4*}, Yunior Pérez-Cruz², Sergio Guillén-Sosa³, Omar González-Cueto⁴, y Dania Valle-Salazabal⁵

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)-INICA Villa Clara. Autopista Nacional, km 246, Ranchuelo. Villa Clara, Cuba.
2. Empresa Agroindustrial Azucarera Quintín Banderas. Quintín Banderas, Villa Clara, Cuba.
3. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE, km 1½. Boyeros, La Habana, Cuba.
4. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní, km 5 ½. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
5. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)-INICA Sancti Spíritus. El Guayo, Sancti Spíritus, Cuba.

*yoelbr15@gmail.com, yoel.betancourt@nauta.cu

RESUMEN

La introducción del Método directo para determinar el Rendimiento potencial de la caña, de forma diferenciada por productor, es una de las acciones para estimular la producción y entrega de caña con la máxima calidad. Su aplicación demandó de un cambio tecnológico y de la incorporación de nuevos equipos. Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el desintegrador en la preparación de las mues-tras de caña de azúcar, para el análisis en el laboratorio de azucarería. El trabajo se realizó en la Empresa Agroindustrial Azucarera Quintín Banderas. Se aplicaron las normas aprobadas por el Instituto de Ingeniería Agrícola de Cuba. Los principales resultados mostraron que el desintegrador cumplió satisfactoriamente con la calidad del trabajo y se logró un índice de preparación del 93.7 %. Sin embargo, fue necesario modificar el ángulo de succión de las cuchillas hasta 7 grados, que respecto al de cero grados en el diseño original, incrementó significativamente el rendimiento del equipo en 2.3 kg/min y, con relación a la máquina brasileña, logró valores similares, superiores a 7 kg/min; además, redujo el tiempo para el reafilado de las cuchillas, en alrededor de 40 días y el gasto de corriente eléctrica, por jornada de trabajo, en 1.9 kW/Jornada.

Palabras clave: desfibrador de caña, método directo, pago por calidad.

ABSTRACT

The introduction of the Direct Method to determine the Potential Yield of the Cane in a differentiated way by producer is one of the actions to stimulate the production and delivery of cane with the highest quality. Its application required a technological change and the incorporation of new equipment. This research was carried out with the objective of evaluating the Disintegrator in the preparation of sugarcane samples for analysis in the sugar laboratory. The research was carried out at the Quintín Banderas Sugar Company. The standards and procedures of the Institute of Agricultural Engineering of Cuba were applied. The main results were the shredder satisfactorily fulfilled the quality of the work, achieving a preparation rate of 93.7 %. However, it was necessary to modify the suction angle of the blades up to 7 degrees, which compared to zero degrees in the factory design significantly increased the performance of the equipment by 2,3 kg/min, and in relation to the Brazilian machine it achieved similar values, 7 kg/min; in addition, it reduced the time for resharpenering the blades by more than 40 days and the cost of electricity per working day by 1.9 kW.

Key words: Sugarcane shredder, Direct method, Pay for Quality.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la agroindustria azucarera cubana trabaja por elevar la eficiencia económica. Una de las acciones se centra en la creación de mecanimos eficientes para elevar la calidad de la caña que entra a la industria, en aras de buscar la sostenibilidad del sector.

La implementación del Método directo en el muestreo, para determinar el Rendimiento potencial de la caña (RPC), estimula la producción y entrega de caña con el máximo contenido de sacarosa (1), principalmente porque establece la calidad de la materia prima de los productores de forma diferenciada.

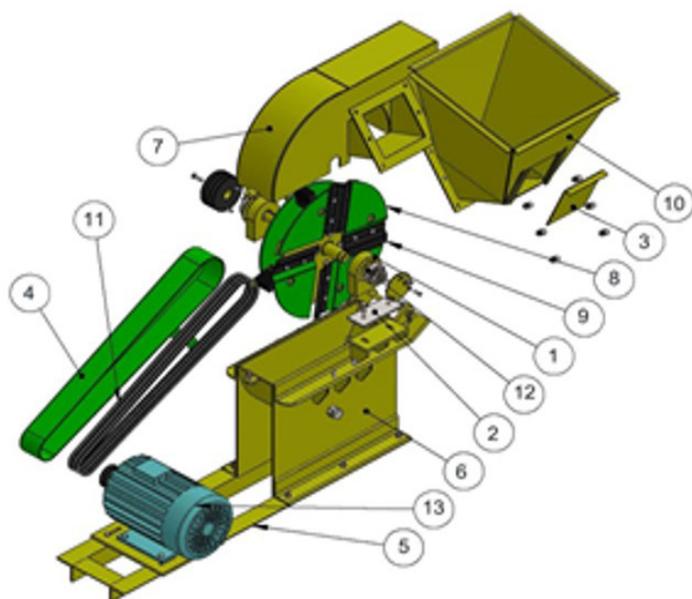
La aplicación de dicho método implica un cambio tecnológico y la incorporación de nuevos equipos, entre ellos se encuentran: la Sonda toma muestra, para realizar el muestreo directo sobre los medios de transporte; el Desintegrador de caña, para procesar muestras de caña troceadas provenientes de la cosecha mecanizada y tomadas por la Sonda; el Homogeneizador, para homogeneizar el material derivado de los tallos desintegrados y una Prensa hidráulica, para el prensado de la muestra de 500 g seleccionada una vez concluida la etapa de homogeneización.

El equipamiento utilizado en la etapa inicial es de procedencia brasileña. Por sus resultados satisfactorios en el perfeccionamiento del pago de la caña a los productores y la necesidad de reducir los gastos de inversión inicial, se desarrollaron y fabricaron, por la industria nacional, equipos para tales fines, como el Desintegrador o Desfibrador de tallos de caña de azúcar.

Sin embargo, la construcción o adquisición de nuevos equipos requiere de la validación para las condiciones de Cuba, según las normas y procedimientos establecidos (2, 3), entre otros aspectos para asegurar que las tecnologías cumplan con los requisitos técnicos y medioambientales antes de ser introducidas en la producción agrícola cubana; por lo que el objetivo del trabajo consiste en evaluar el desintegrador en la preparación de las muestras de caña de azúcar para el análisis en el laboratorio de azucarería.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Desintegrador o Desfibradora de caña es un equipo de laboratorio diseñado para desfibrar muestras de caña de azúcar, que mantiene el jugo dentro de los parámetros establecidos para conocer la calidad de la materia prima. Se evaluó la máquina de la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) Quintín Banderas. El esquema general de las principales partes que lo componen y sus características se muestran en la figura 1.



Leyenda				
Nro	Código	Descripción	Peso, kg	Cant
1	DC-00-00-00-01	Pedestal	3,76	2
2	DC-00-00-00-05	Cuchilla contra corte	0,98	1
3	DC-00-00-00-04	Tapa	1,4	1
4	DC-00-01-00-00 PE	Guardera	10,3	1
5	DC-01-00-00-00 PE	Base	27,9	1
6	DC-02-00-00-00 PE	Cuerpo	63,4	1
7	DC-03-00-00-00 PE	Tapa Superior	39,21	1
8	DC-04-00-00-00 PE	Disco de corte	46,3	1
9	DC-04-00-00-01	Cuchilla	0,94	4
10	DC-05-00-00-00 PE	Toiva	26,6	1
11		Correa B81		3
12		Rodamiento Autolineable 2208		2

Características del motor eléctrico trifásico de corriente alterna.

Nro	Parámetros	UM	Valor
1	Potencia nominal	kW	18,5
2	Velocidad nominal	rpm	1800
3	Tensión eléctrica	V	440
4	Corriente eléctrica	A	18

Figura 1. Componentes del desintegrador de caña. (Fuente: 4).

La caracterización de las condiciones de investigación siguió lo establecido en el Procedimiento Normativo Operacional PG-CA-042 (5) y se determinaron los parámetros:

- Peso de la muestra (kg). Con balanza digital de 0.1 g de apreciación
- Longitud y diámetro de los trozos de caña (mm). Se empleó una cinta métrica de 5m, con 1mm apreciación y un Pie de rey de 0.1 mm de apreciación, respectivamente
- Porcentaje de materias extrañas. Se determinó mediante la separación de los tallos de caña de las materias restantes en la muestra (hojas, cogollo, tierra, piedras, palos entre otros). El resultado se expresó en porcentaje del peso de la caña, respecto al peso total de la muestra

La calidad del trabajo se evaluó por el índice de preparación de la muestra (%), según lo definido en la Instrucción No 3 (6).

La determinación de los índices de explotación siguió lo establecido en el Procedimiento Normativo Operacional PG-CA-043 (7). Se evaluaron los parámetros:

- Rendimiento del equipo (kg/minutos). Se realizó mediante la determinación del tiempo de procesamiento (minutos), de una muestra con peso conocido (kg), para lo cual se empleó un cronómetro digital de apreciación 1s y una balanza digital de apreciación 1 g, respectivamente.
- Gasto de energía eléctrica (kW). Se realizó mediante la expresión (1).

$$GEE = (\sqrt{3} \cdot V \cdot A) / 1000 \quad (1)$$

Donde: GEE- Gasto de energía eléctrica (kW), V-Tensión eléctrica (V) y A-Corriente eléctrica (A).

Por otra parte, se realizó una investigación para comparar el rendimiento entre el Desintegrador AZUTECNIA sin modificar (DAO), el modificado (DAM) con un ángulo trasero de la cuchilla β de 7 grados (figuras 2 a y b) y el importado de procedencia brasileña (DB), ubicado en la EAA Panchito Gómez Toro. Es importante señalar que los valores racionales del ángulo trasero recomendado por Silveira (8) se encuentran entre 7 y 15 grados; sin embargo, valores superiores al utilizado no se aplicaron, debido a la interferencia entre la cuchilla y el chasis de la máquina.

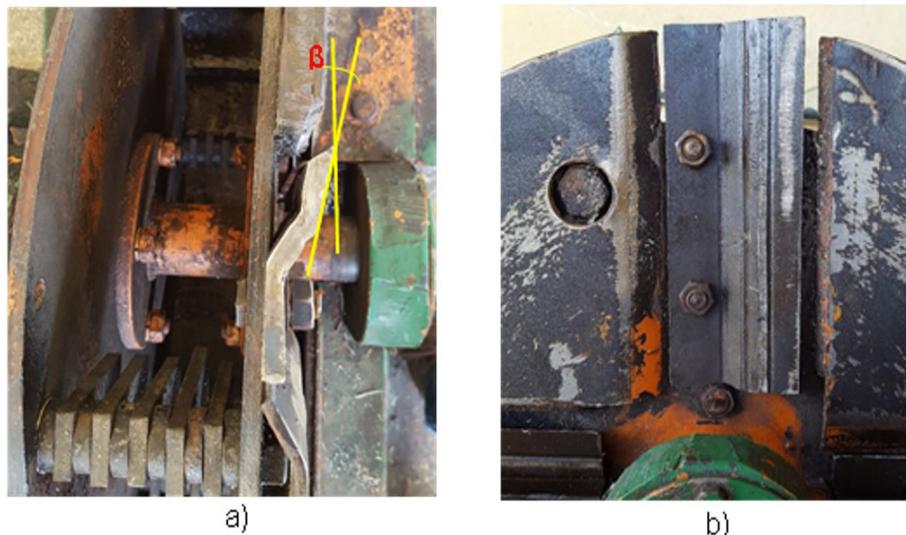


Figura 2. Vista superior (a) y lateral (b) de la cuchilla de la desfibadora AZUTECNIA Modificada (DAM).
Angulo trasero $\beta = 7^\circ$.

El tamaño de la muestra de las variables en estudio y los datos obtenidos en las diferentes investigaciones se procesaron automáticamente, se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS plus 5.1. Se empleó el modelo ANOVA de clasificación simple, para el cálculo de las medias por variante y la prueba de Duncan, para determinar las diferencias significativas entre las medias con un 95 % de probabilidad en la determinación del rendimiento (kg/minuto) de los desintegradores DAO, DAM y DB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud del trozo de caña, con una media de 168 mm, se corresponde con reportes realizados en investigaciones, en las que se emplean las cosechadoras de proceso completo, con cuatro cuchillas en el picador (9) (tabla 1). El diámetro de los trozos se ajusta a los parámetros reportados en Cuba para determinadas variedades (10) y las materias extrañas, superiores al 15 %, se debieron a la cosecha de cepas quedadas y requeadas, con presencia de tallos secos.

Tabla 1. Características del material procesado

Parámetros	UM	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación, %
Longitud de la caña	mm	168.09	32.82	19.52
Diámetro de los trozos	mm	20.76	3.97	19.13
Materias extrañas	%	17.21	3.45	20.06

La evaluación de calidad del trabajo demostró que el Desfibrador AZUTECNIA, con un adecuado filo de las cuchillas, logra un índice de preparación de las muestras de caña (%), dentro de los valores recomendados, para los análisis de azucarería en el laboratorio (6), con media de 93.76 % y desviación estándar de 0.69 %. Sin embargo, se observaron afectaciones en el referido índice como resultado de la pérdida del filo de la cuchilla, que conllevó a la necesidad de desmontarlas y afilarlas, de forma frecuente, entre 10 y 12 días. Las causas que influyeron en la pérdida del filo están asociadas a problemas de *diseño*, geometría inadecuada del filo; y, *constructivos*, inadecuados material y tratamiento térmico utilizado.

La comparación entre el rendimiento de las desfibradoras no mostró diferencias significativas entre el Desintegrador brasileño (DB) y el de AZUTECNIA modificado (DAM) al 95 % de confiabilidad (tabla 2). Sin embargo, entre ambos equipos y el de diseño original de AZUTECNIA (DAO) sí se observaron diferencias significativas, al mismo nivel de confiabilidad, pues se logró un incremento promedio de 2.3 kg/minutos de DAM, respecto a DAO.

Tabla 2. Comparación del rendimiento entre los desintegradores de caña

Equipo	Rendimiento medio, kg/minutos*	Error estándar	Valor P
DAO	5.28 b	0.365	0.0001
DB	7.43 a		
DAM	7.78 a		

Leyenda: DAO- Desintegrador AZUTECNIA Original, DB-Desintegrador brasileño y DAM- Desintegrador AZUTECNIA modificado. *Letras diferentes indican diferencias significativas. n=9.

La geometría de la cuchilla es la principal limitante que afectó el proceso tecnológico de la máquina DAO, al no contar con un ángulo de succión, respecto a la dirección de corte ($\beta=0$ grados) (figura 3a), que causó el empuje y no la succión de los trozos de caña, lo cual puede ser también constatado en el pulido de la superficie trasera de la cuchilla, por el efecto de la fricción de la caña (figura 3b).

El aumento del ángulo de succión, respecto a la dirección de corte (β) a 7 grados, incrementó significativamente el rendimiento de la máquina respecto al diseño original. Además, disminuyó el esfuerzo del operario al empujar la muestra para obligarla a ser fragmentada por las cuchillas. En este caso, el contacto se realiza con el filo y no con la cara trasera de la cuchilla.

La determinación del tiempo para el reafilado de las cuchillas entre la desfibradora fabricada por AZUTECNIA original (DAO) y la modificada (DAM) (tabla 3) mostró una reducción en aproximadamente 40 días, lo cual garantiza evitar paradas innecesarias y disminuir gastos de trabajo por ese concepto. No

obstante a las mejoras obtenidas, el tiempo de afilado debiera ser mayor pero la inadecuada calidad del material utilizado y la falta de tratamiento térmico influyeron negativamente en el resultado esperado.

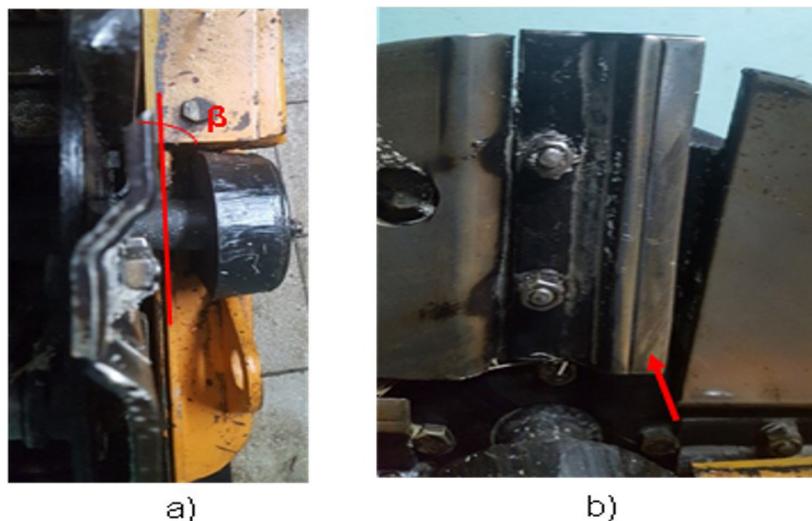


Figura 3. Vista superior (a) y lateral (b) de la cuchilla (DAO). Angulo trasero $\beta = 0^\circ$.

Tabla 3. Tiempo para afilar las cuchillas

Equipo	Media, días	Desviación estándar, días	Coefficiente de variación %
DAO	12.71	2.27	17.84
DAM	52.00	3.61	6.93

Leyenda: DAO- Desintegrador AZUTECNIA Original y DAM- Desintegrador AZUTECNIA Modificado.

La variación en el ángulo trasero de la cuchilla también influyó en el gasto de corriente eléctrica por jornada de trabajo (GCE), en ese sentido la Desfibradora AZUTECNIA modificada (DAM) logró un consumo de 3.07 kW/Jornada, inferior en 1.9 kW/Jornada, respecto a la DAO (4.97 kW/Jornada), que coincide con lo reportado por Silveira (8), cuando se emplea el ángulo trasero adecuado en las cuchillas. Para una zafra de 150 días, en función de la cantidad de muestras procesadas, esto puede representar una reducción de 285.25 kW.

CONCLUSIONES

La DAO, en su diseño original, cumplió satisfactoriamente con los requerimientos de la calidad del trabajo y logró un índice de preparación del 93.7 %, conforme a lo establecido en los laboratorios de azucarería.

Los problemas de diseño y de fabricación de las cuchillas en la DAO redujeron el rendimiento de la máquina, provocaron pérdida frecuente del filo y la aplicación de mayor esfuerzo por el operario.

El empleo de ángulo de succión de 7 grados en la DAM incrementó significativamente el rendimiento del equipo, respecto a la DAO en 2.3 kg/min y logró valores similares a la DB, superiores a 7 kg/min; además, redujo el tiempo para el reafilado de las cuchillas, en alrededor de 40 días, y el gasto de corriente eléctrica en 1.9 kW/Jornada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cuba. Instrucciones metodológicas para el control y aplicación del sistema de pago de la caña por su calidad. Grupo Empresarial AZCUBA, 2021, Resolución 145-2021 SPCC, 28 pp.

2. Betancourt, Y.; J. L. Ponce; S. Guillén; J. C. González; J. R. Gómez. Parámetros agronómicos de la plantadora de caña de azúcar AZT 6000 en suelos arcillosos pesados. *Revista Ingeniería Agrícola*, 2019, 9 (4), pp. 36-41. ISSN 2306-1545.
3. Cruz, M.; Vázquez, O. Procedimiento para la introducción de tecnologías agrícolas mecanizadas en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 2014, 4(3), pp. 39-43. ISSN 2306-1545.
4. AZUTECNIA-División de Talleres “Enrique Villegas”: Manual Técnico de Explotación del Desintegrador de Caña. Villa Clara, Cuba, 2020, 6 pp.
5. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Determinación de las condiciones de ensayo. PG-CA-042, 2013.
6. Cuba. Realización de los análisis de Laboratorio a la Materia Prima Caña. UEB Central Azucarero “Panchito Gómez Toro”. Fecha de Aprobación: 26/12/2018, Instrucción Nro. 3, Versión: 001.19, 5 pp.
7. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Evaluación tecnológico-explotativa. PG-CA-043. 2013.
8. Silveira, JA. Teoría y Cálculo de Máquinas Agrícolas. Primera edición. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1998, 419 pp.
9. Placeres, Y. 2015. Evaluación de los índices tecnológicos – explotativos y económicos de la cosechadora cañera CASE IH AUSTOFT A 8000 en la UEB Perucho Figueredo. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ingeniería Agrícola, 73 pp., Santa Clara. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/2771>. Acceso: Septiembre 30, 2021.
10. Mesa, JM. et al. XXIV Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. *Revista Cuba & Caña (Suplemento especial)*, 2016, 50 pp. INICA, La Habana, ISSN 1028-6527.