

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE CAÑA INCORPORANDO UNA PRE-PICADORA EN UNA INDUSTRIA AZUCARERA

J. Ortiz-Mata¹, Alberto León-Batalla²

¹Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Km 1.5 vía Km 26, Ciudadela Universitaria Milagro 09150, Ecuador; jortizm2@unemi.edu.ec; orcid.org/0000-0003-0466-4093

²Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Km 1.5 vía Km 26, Ciudadela Universitaria Milagro 09150, Ecuador; aleonb2@unemi.edu.ec; orcid.org/0000-0001-6643-4694

Recibido (26/09/16), aceptado (25/01/18)

Resumen: En el presente artículo se demostrará cómo optimizar el proceso de preparación de caña en Compañía Azucarera Valdez, incorporando una pre-picadora montada en el transportador principal de caña mecanizada y no mecanizada dentro del proceso de preparación, lo que va a incidir en tener una mejor extracción del jugo, ahora que su proceso siguiente es el de extracción mediante un sistema de difusión al haber adquirido un moderno difusor. El objetivo es incrementar la densidad del lote de caña y de esta forma aumentar la extracción de la sacarosa y razón o capacidad de molienda (TCH). Además de incrementar el índice de preparación de caña (OPC) relacionado directamente con la cantidad y calidad de cuchillas y martillos en picadoras y desfibrador. La pre-picadora fue diseñada tomando como referencia información bibliográfica y la experiencia de técnicos involucrados en el proceso, quienes indicaron que uno de los factores que interviene directamente en la capacidad de procesamiento de caña en el difusor, es el porcentaje de caña preparada. Con esta forma de optimización se logró eliminar picos de potencia eléctrica generados por la picadora principal tipo Swing Back, mejorando la continuidad en la molienda, disminuyendo los micro tiempos en el conductor horizontal o principal, a más de eliminar totalmente los picos por sobrecargas de corriente eléctrica.

Palabras: Clave:Caña, conductor, molienda, pre-picadora, optimización, proceso, potencia, porcentaje de celdas abiertas (OPC), proceso

OPTIMIZATION OF THE PREPARATION PROCESS CANE INCORPORATING A PRE-MINER IN A SUGAR INDUSTRY

Abstract: In this article will demonstrate how to optimize the process of preparing cane Valdez Sugar Company, incorporating a pre-grinder mounted on the main conveyor mechanized cane and non-mechanized in the preparation process, which will affect a better juicing, now that his next process is the extraction through a broadcast system having acquired a modern diffuser. The aim is to increase the density of the batch of cane and thus increase: extraction of sucrose and reason or milling capacity (TCH). In addition to increasing the rate of cane preparation (OPC) related directly to the amount and quality of knives and hammers on choppers and pulper. The pre-chopper was designed with reference bibliographic information and experience of technicians involved in the process, who indicated that one of the factors directly involved in processing capacity cane Diffuser, is the percentage of prepared cane. With this form of optimization succeeded in eliminating peaks of electric power generated by the main mincer type Swing Back, improving continuity in milling, reducing micro times in the horizontal or principal conductor, more than completely eliminate the peaks overcurrent power..

Key words: Process optimization, cane, pre-grinder, conductor, power, grinding, percentage of open cells (OPC).

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente Compañía Azucarera Valdez se encuentra comprometida con el aumento de la productividad de todos sus procesos internos. Siendo la razón de molienda tema de discusión permanente entre los técnicos de fábrica involucrados en este proceso, teniendo como objetivo principal mantenerlo y mejorarlo, por lo cual fue necesario buscar e investigar dentro de la mejora continua de los procesos internos, la investigación bibliográfica y en la web, así como valiéndose de la experiencia del personal técnico relacionado con el problema. Quienes indicaron que uno de los factores que intervienen directamente en la capacidad de procesamiento de caña en el difusor, es el parámetro porcentaje de caña preparada (OPC) [1].

Por definición en el medio azucarero el proceso de preparación de caña comienza en las mesas de alimentación, donde se depositan la caña mecanizada y no mecanizada que llega desde el campo, concluyendo

con el ingreso de la misma al difusor, pasando por los juegos de cuchillas (2), nivelador (1), desfibrador (1) y electroimán (Figura. 1). El frenado del conductor horizontal debido a inconvenientes de preparación de caña es el problema más relevante que implica falta de continuidad en la molienda y aumento en el consumo de corriente eléctrica, con picos muy altos en distintos intervalos de tiempo, por lo que es necesario eliminar dichos picos de corriente y de potencia ejercida por la primera picadora de caña Swing Back. La metodología consiste en diseñar y calcular una pre-picadora montada antes del primer juego de cuchillas, mejorando la disposición de la estación de picado de caña, consistente de dos juegos de cuchillas, un nivelador y un desfibrador extra pesado. La pre-picadora procesará la caña entera y la volverá trozos pequeños, previniendo atascamientos de los conductores, a causa del amontonamiento desmedido de la caña mecanizada y no mecanizada.



Figura 1. Proceso de preparación de caña para abastecer al difusor en Compañía Azucarera Valdez

El proceso de reparación de la caña sin duda es la variable de mayor importancia para obtenerse el rendimiento esperado de un difusor. El índice de preparación debe ser de 90% mínimo y con fibras largas que permitan una alta tasa de percolación. Preferencialmente se debe usar una desfibradora extra pesada [2]. Estudios apuntan que elevándose el índice de preparación de 88% para 92% el ganó es de aproximadamente 1% en la extracción [3].

El Difusor es una alternativa para el proceso de extracción de jugo de caña, ganó bastante popularidad en África del Sur en las década de 60 y

70, y actualmente predomina en aproximadamente 80% de las plantas de Brasil [4] y [5].

En Brasil, a pesar de que existe un gran predominio y preferencia de sistemas de extracción a través de molinos, en los últimos años ocurrió, en los proyectos “greenfield”, un aumento en el interés por difusores. Hoy son aproximadamente 32 ingenios operando con difusores, representando aproximadamente 7% del total de las plantas existentes en el país [6]. Siendo la

Compañía Azucarera Valdez S.A. la primera organización industrial en Ecuador en adquirir este tipo de equipos.

II. DESARROLLO

1. Métodos y materiales

La determinación de la altura del colchón de caña entre la plataforma del conductor horizontal y la disposición de las cuchillas que contienen las picadoras, fue realizada haciendo uso de la fórmula dada por Hugot [7], que explica el efecto de la altura del colchón sobre el porcentaje de caña preparada, mostrándonos la siguiente expresión (1):

$$i = \left(\frac{r}{h}\right) \times 100$$

Dónde:

i = % de caña dejada de preparar

r = $h - \square$ = Distancia en (mm) entre la superficie del transportador y la parte más baja de las cuchillas de la picadora.

h = Altura del colchón de caña (mm)

PICADORA 1

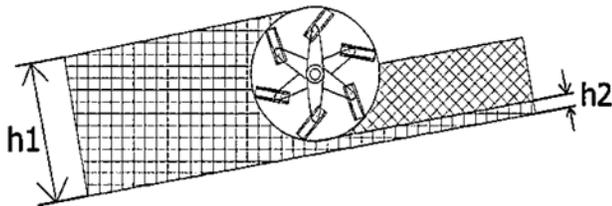


Figura 2. Picadora N° 1 utilizada en la Preparación de caña zafrá 130, año 2014

1.1. Cálculo de la potencia consumida por la pre-picadora de caña.

Para el cálculo de la potencia consumida por la pre-picadora se determinará la altura del colchón de caña en mm (Figura 2) haciendo uso de (2), misma que relacionan dos parámetros importantes, TCH y la densidad de caña paralela.

$$h_1 = \frac{1000 \times C}{60 \times v \times L \times d} = \frac{1000 \times 500}{60 \times 10.5 \times 2 \times 100} = 3.96 \cong 4 \text{ m.}$$

h_1 = Altura del colchón de caña.

C = 500 TCH (Toneladas de caña por hora).

v = 10.5 m/min (Velocidad conductor horizontal de caña).

L = 2 m (Ancho del conductor en metros)

d = 100 Kg/m³ (Densidad de cañas paralela) "Antes del primer juego de cuchillas"

El porcentaje de cañas no picadas por pre-picadora, con relación a la unidad y el porcentaje de cañas cortadas por pre-picadora son calculados por medio de (3) y (4):

$$i_1 = \frac{r_1}{h_1} \times 100$$

$$i_1 = \frac{2740}{4000} \times 100 = 68.5\%$$

Donde:

i_1 = Porcentaje de caña no picada por pre-picadora.

r_1 = 2740 mm. (Altura entre el conductor y la parte más baja de las cuchillas)

h_1 = 4000 mm. (Altura del colchón de caña ante de la pre-picadora en mm.)

Calculo del porcentaje de cañas cortadas por pre-picadora, con relación a la unidad:

$$k_1 = 100\% - i_1$$

$$k_1 = 100\% - 68.5\% = 31.5\%$$

Donde:

k_1 = % (Porcentaje de caña cortada con relación a la unidad)

i_1 = 68.5 % (Porcentaje de caña no cortada por pre-picadora)

Una vez determinada la potencia consumida por la picadora N°1, se procede a calcular de la potencia consumida por la pre-picadora a través de (5) donde se incluye el porcentaje de caña no cortada con relación a la unidad encontrado con (4).

$$P_{\text{pre-picadora}} = 0.0025 \frac{k_1 \times C \times f \times n \times R}{P_{\text{pre-picadora}}}$$

$$P_{\text{pre-picadora}} = 0.0025 \frac{0.315 \times 500 \times 0.15 \times 284 \times 82}{21} = \approx 66 \text{ hp}$$

Donde:

$P_{\text{(pre-picadora)}}$ = Potencia media consumida por las cuchillas en HP.

k_1 = 0.315 (Porcentaje de caña picada en relación a la unidad).

C = 500 TCH (Caña molida)

$n_{\text{(pre-picadora)}}$ = 284 RPM (Velocidad de rotación de las cuchillas en RPM).

R = 82 cm (Radio del círculo de rotación en la punta de las hojas).

$p_{\text{(pre-picadora)}}$ = 21 cm (paso de las cuchillas pre-picadora)

1.2. Cálculo de la potencia picadora N° 1 de caña.

Uno de los factores que influyen en la potencia de la picadora N°1 es la altura total del colchón de caña después de la pre-picadora (Figura 3), resultando del producto de la altura del colchón de caña y el porcentaje de caña antes de la pre-picadora (6).

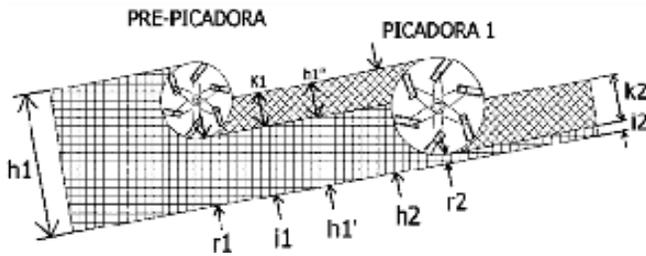


Figura 3. Pre-picadora y picadora N°1 utilizada en zafra 131, año 2015

$$h_1' = h_1 \times i_1$$

$$h_1' = 4000 \text{ mm} \times 68.5\% = 2740 \text{ mm}$$

$$h_2 = h_1' + h_1''$$

$$h_2 = 2740 \text{ mm} + 760 \text{ mm} = 3500 \text{ mm}$$

$$h_2 = 3.5 \text{ mt.}$$

Donde:

h_2 = Altura total del colchon de caña antes de la picadora N°1.

$h_1'' = 760 \text{ mm}$ (Altura del colchón de caña picada en la pre-picadora).

$h_1' = 2470 \text{ mm}$ (Altura del colchón de caña sin picar en la pre-picadora).

$h_1 = 4000 \text{ mm}$ (Altura del colchón de caña antes de la pre-picadora).

$i_1 = 68.5 \%$ (Porcentaje de caña no picada por pre-picadora).

Así como se calculó el porcentaje de caña no cortada por pre-picadora, también se deberá calcular el porcentaje de caña no cortada por picadora N° 1 empleando (7), donde se toma como referencia el colcho de caña después de la pre-picadora tal como se muestra a continuación:

$$i_2 = \frac{r_2}{h_2} \times 100$$

$$i_2 = \frac{102}{3500} \times 100 = 2.9\%$$

Donde:

$i_2 = \%$ Porcentaje de caña no cortada por picadora N° 1.

$r_2 = 102 \text{ mm}$ (Altura entre el conductor y la parte más baja de las chuchillas).

$h_2 = 3500 \text{ mm}$ (Altura total del colchón de caña antes de la picadora N° 1).

Haciendo uso de i_2 calculamos el porcentaje de cañas cortadas por la picadora N°1 (8).

$$k_2 = \frac{100 - i_2}{100}$$

$$k_2 = \frac{100 - 2.9}{100} = 0.971$$

$$k_2 = 97.1\%$$

Dónde:

$k_2 = \%$ (porcentaje de cañas cortadas por la picadora N°1).

$i_2 = 2.9\%$ (porcentaje de cañas no cortadas por la picadora N°1).

Habiendo encontrado k_2 calculamos la potencia que desarrollara la picadora N°1 con (9).

$$P_{\text{Picadora 1}} = 0.0025 \times \frac{k_2 \times c \times f \times n \times R}{P_{\text{Picadora 1}}}$$

$$P_{\text{Picadora 1}} = 0.0025 \times \frac{0.971 \times 500 \times 0.15 \times 91.6}{6.7}$$

$$P_{\text{Picadora 1}} = 1568 \cong 1600 \text{ hp}$$

Dónde:

$P_{\text{(picadora 1)}}$ = Potencia media consumida por las cuchillas en HP.

$k_2 = 0.971$ (proporción de cañas cortadas, con relación a la unidad).

$C = 500 \text{ TCH}$ (caña molida).

$n_{\text{(picadora 1)}} = 630 \text{ rpm}$ (velocidad de rotación de las cuchillas en RPM).

$R = 91.6 \text{ cm.}$ (radio de círculo de rotación en la punta de las hojas en cm).

1.3. Materiales y presupuesto.

Habiendo determinado la altura entre pre-picadora, picadora N°1 y el conductor horizontal, se calcularon sus respectivas potencias, se detallan materiales y presupuesto requeridos para la ejecución del proyecto (Tabla I):

Tabla I. Lista de materiales y presupuesto necesario para ejecución del proyecto.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Motor reductor de 150 HP; 1750 RPM; ratio 6:1; FS 1.25	1	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
Acople Falk tipo 110T10	2	\$ 3,000.00	\$ 6,000.00
Eje de 6" acero SAE 1045	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Portacuchillas	18	\$ 500.00	\$ 9,000.00
Cuchillas	18	\$ 600.00	\$ 10,800.00
Chumaceras y rodamientos	2	\$ 1,500.00	\$ 3,000.00
Montaje, construcción y obra civil	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
TOTAL			\$ 54,300.00

2. Resultados

Una vez construida e instalada la pre-picadora se tomó información concerniente a la potencia generada por la picadora N°1 en zafra 130 (Tabla II) comparándola con la información obtenida en supervisión del comportamiento del proceso de preparación de caña durante siete días de zafra 131 (Tabla III y IV),

observando los resultados esperados y evidenciados en Figura 4.

Tabla II. Promedio de potencia consumida por la picadora N° 1 en el proceso de preparación de caña durante una semana en zafra 130.

ZAFRA 130		
20-26 Agosto/2014		
43,107.84	63.63%	
24,558.05	36.37%	
67,665.89	100%	
PICADORA N°1		
Día		Promedio potencia por día HP
1	20 de agosto del 2014	1829
2	21 de agosto del 2014	2006
3	22 de agosto del 2014	1977
4	23 de agosto del 2014	1971
5	24 de agosto del 2014	1828
6	25 de agosto del 2014	1901
7	26 de agosto del 2014	1552
PROMEDIO DE LA POTENCIA CONSUMIDA DURANTE LA SEMANA HP		1866

Tabla III. Promedio de potencia consumida por la pre-picadora en el proceso de preparación de caña durante una semana en zafra 131.

ZAFRA 131		
Fecha: 20-26 Julio/2015		
Ton. C. Mecánico.	40,066.96	62.07%
Ton. C Manual:	24,900.05	37.93%
Ton. Métrica total:	64,967.01	100%
PRE-PICADORA		
Día		Promedio potencia por HP
1	20 de Julio del 2015	119
2	21 de Julio del 2015	131
3	23 de Julio del 2015	59
4	24 de Julio del 2015	67
5	25 de Julio del 2015	87
6	26 de Julio del 2015	105
7	27 de Julio del 2015	74
PROMEDIO DE LA POTENCIA CONSUMIDA DURANTE LA SEMANA HP		92

Tabla IV. Promedio de potencia consumida por la picadora N°1 en el proceso de preparación de caña durante una semana en zafra 131.

ZAFRA 131		
Fecha: 20-26 Julio/2015		
Ton. C. Mecánico.	40,066.96	62.07%
Ton. C Manual:	24,900.05	37.93%
Ton. Métrica total:	64,967.01	100%
PICADORA #1		
Día		Promedio potencia por HP
1	20 de julio del 2015	1403
2	21 de julio del 2015	1400
3	23 de julio del 2015	1252
4	24 de julio del 2015	1269
5	25 de julio del 2015	1318
6	26 de julio del 2015	1414
7	27 de julio del 2015	1315
PROMEDIO DE LA POTENCIA CONSUMIDA DURANTE LA SEMANA HP		1339

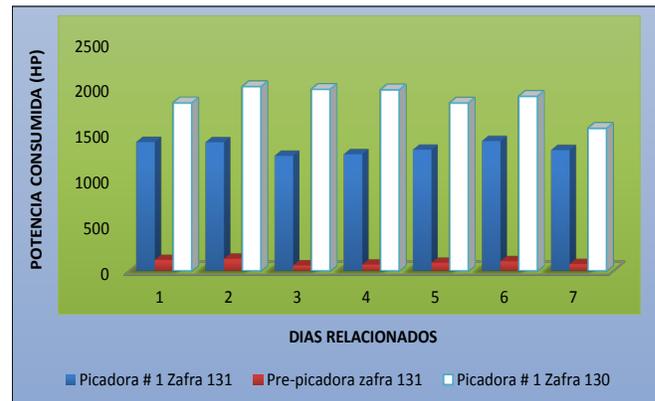


Figura 4. Comparación de Consumo de Potencia (zafra 130 – zafra 131).

A continuación, se muestran el efecto resultante del montaje de la pre-picadora reflejado en el consumo de corriente del motor eléctrico de picadora N°1, donde se observa la desaparición total de los picos de corriente debido a sobrecargas (Figuras 4 y 5) ocasionado por los puntos expuestos anteriormente en comparación de consumo de potencia:

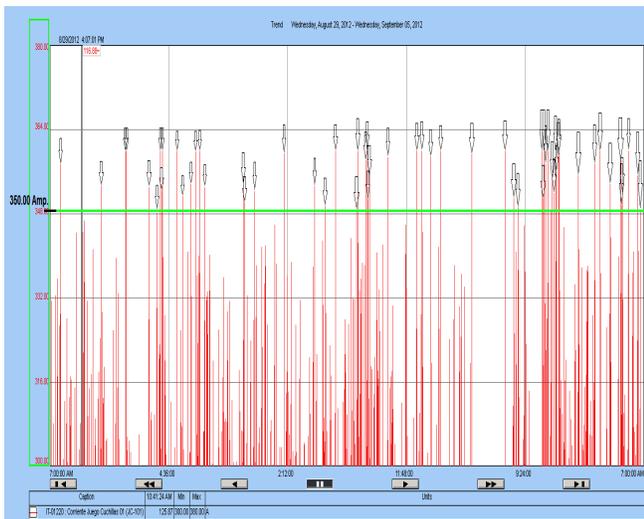


Figura 5.- zafra 2012 (picos máximos de corriente – motor picadora N° 1).

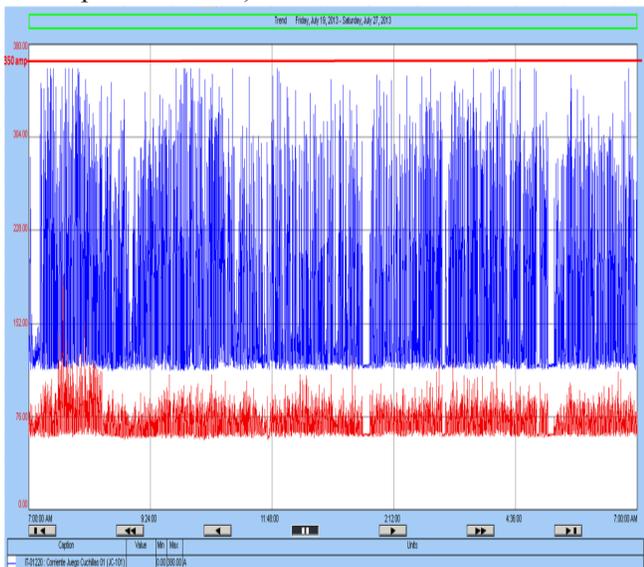


Figura 6.- Zafra 2015 (picos máximos de corriente – motor picadora N° 1).

3. Discusión de resultados

En la semana de zafra 130 la potencia promedio consumida es de 1866 HP, esto se debe a que el conductor horizontal sufre paradas aleatorias derivadas de la baja densidad del lote caña, conllevando a elevados picos de potencias volviendo deficiente el proceso.

Consecuentemente la pre-picadora aumentó la densidad del lote caña y por ende el índice de preparación de caña, esto hizo que se eviten “picos de botella” o amontonamientos, eliminado sobrecargas en las cuchillas de la picadora N°1, disminuyendo la potencia consumida en un 37%. Además, se pudo evidenciar la incidencia directa en el consumo de corriente donde se eliminaron los picos que superaban la corriente nominal en 60 veces en la zafra anterior cuando aún no

se incorporaba el pre-picador, puesto que las paradas y arranques del motor fueron reducidos.

III. CONCLUSIONES.

La potencia eléctrica de operación picadora de caña N°1 disminuyó al incorporar la pre-picadora. También se eliminaron los picos por sobrecarga de corriente eléctrica.

Se mejoró notablemente el trabajo de la picadora N°1 manteniendo una razón de molienda (TCH) continúa.

La razón de molienda se incrementa directamente proporcional al incremento del índice de preparación de caña (OPC)

La pre-picadora de caña opera en un mejor performance cuando trabaja con caña larga o corte manual, donde es capaz de picar el 31% de la caña que llega al conductor horizontal.

Con ajustes adecuados de los parámetros de operación del sistema de control en el área de preparación de caña, se pueden generar incrementos notables de la capacidad de molienda.

Se demostró la conveniencia de este tipo de pre picadoras, por lo que se recomienda su instalación en procesos de preparación de caña tanto para molinos como en difusores. Ya que disminuyen notablemente los consumos de energía y mejoran la continuidad de la molienda, cómo se lo demuestra en esta investigación.

Es importante el diseño de porta cuchillas y cuchillas para pre picadoras, deben ser lo suficientemente robustos para disminuir los tiempos perdidos por mantenimiento.

Para implementar un mejor control de los niveles que optimicen el % de preparación de caña, se recomienda instalar indicadores de nivel mecánicos o electrónicos en las diferentes etapas de los transportadores de caña.

IV.REFERENCIAS.

- [1]Mendoza I.; 2006. Índice de preparación en caña de azúcar, VI Congreso azucarero ATALAC, Guayaquil.
- [2]Rein P.; 2007. Cane Sugar Engineering, Verlag Dr. Albert Bartens KG- Berlin.
- [3]Fabe A. Dedini S.A. Industrias de base. Rod. Rio Claro-Paricicaba. III Congreso AETA, Sep.18-20 del 2013. Guayaquil-Ecuador.
- [4]Rein P.W.; 1995. A Comparison of Cane Diffusion and Milling. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass., 69, 196-200. La Lucia.
- [5]Voigt I.; 2010. The Implementation of South African Sugar Technology: The World's Largest Sugarcane Diffusers. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol 27. Durban.
- [6]Olivério J.C.; 2013. Juice Extraction System: Mills and Diffusers – The Brazilian

Experience. ISSCT , Sao Paulo.

[7]Hugot. E.; 1984. Manual para Ingenieros Azucareros; Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V., México.

[8]Mullapud N.; 2010. Comparison of Diffusion and Milling at a Cane Sugar Plant

Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Vol. 27. India.