

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFUSORES Y SU APLICACIÓN EN LA EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA**

**A. N. FABER**

DEDINI S. A. INDÚSTRIAS DE BASE. Rod. Rio Claro – Piracicaba, km 26,3, CEP 13412-900, Piracicaba, São Paulo – Brasil. Email: [angelo.faber@dedini.com.br](mailto:angelo.faber@dedini.com.br)

### **Resumen**

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 este país (Voigt, 2010; Rein, 1995). 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 (Olivério, 2013).

El objetivo de este trabajo es mostrar los diferentes tipos de difusores existentes, principio de funcionamiento, ventajas y desventajas de los modelos en uso y un comparativo resumido con relación al proceso de extracción por molinos.

### **Historia de los Difusores**

Los difusores se han utilizado desde hace ya bastante tiempo. Existen relatos de que hace más de 100 años ya se utilizaban en Egipto e Indonesia, primero operando en bateladas y, más recientemente, en proceso continuo. El Difusor continuo fue bastante aceptado en la industria para procesar remolacha antes de migrar para la industria de la caña de azúcar. La utilización en la industria cañera se hizo más común a partir de los años 60, primero como difusor de bagazo y, más tarde, como difusor de caña (Voigt, 2010).

### **Tipos de Difusores**

**Tipo DDS:** Basado en el difusor de remolacha, se compone de dos roscas transportadoras que transporta el bagazo en contracorriente al jugo (Figura 1). Operó por pocos meses en TPC Tanganyica (Voigt, 2010)

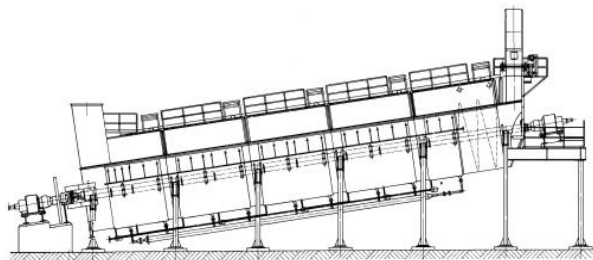


Figura 1. Difusor DDS

**Tipo Rotativo Silver Ring:** Es un difusor de fondo móvil de movimiento rotativo continuo. La caña desfibrada es alimentada en la parte superior del techo y el megazo se descarga a través de una rosca extractora (Figura 2).

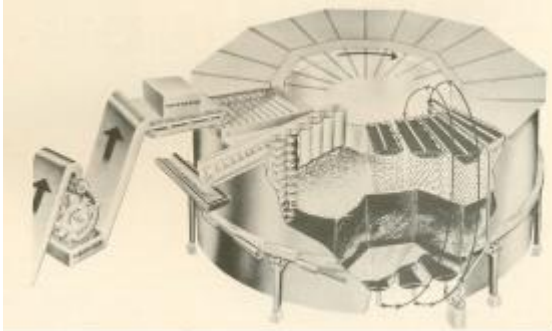


Figura 2. Difusor Rotativo – Silver Ring

**Difusores Longitudinales:** Los difusores longitudinales son sin duda los más utilizados en la industria azucarera debido a su simplicidad y gran capacidad de procesamiento. Tiene el formato de un gran transportador donde la caña previamente preparada recibe sucesivos lavados en contracorriente al flujo de la carga. Estos difusores poseen largo de aproximadamente 60m, teniendo 12 y 15 etapas de recirculación, el ancho se define en función de la capacidad deseada (Figura 3).



Figura 3. Difusor longitudinal

Podemos dividir los difusores longitudinales en tres tipos principales:

1. Tipo BMA y Hullet con fondo fijo, donde la caña desfibrada se transporta a través de una serie de cadenas interconectadas por taliscas sobre fondo fijo de placas perforadas. Este tipo de difusor permite la utilización de un tambor desaguador pesado y la descarga se hace a través de un descargador rotativo. El accionamiento de las cadenas se hace a través de un eje conteniendo ruedas dentadas y en una de las extremidades está acoplado un motoreductor de accionamiento (Figura 4a; 4b). El consumo de potencia en el accionamiento es ligeramente mayor si se compara al difusor de fondo móvil debido al atrito de la carga, pero no llega a ser relevante porque el mayor consumo de potencia

está en el sistema de bombeo del jugo. El transporte de la carga por cadenas resulta en una compactación más acentuada de la capa de bagazo junto al fondo afectando la percolación (Rein, 1995).



Figura 4a. Vista interna de un difusor de fondo fijo tipo BMA.



Figura 4b. Accionamiento del eje principal

2. Tipo De Smet con fondo móvil (Figura 5), en este caso el fondo de placas perforada se mueve junto con la carga. Los seguimientos del fondo móvil se fijan a dos líneas de cadenas que se mueven por un sistema de pistones hidráulicos. La desventaja de este tipo de difusor es que el fondo tiene el doble del área con relación a los demás debido al retorno.



Figura 5. Difusor de fondo móvil De Smet

3. Difusor Dedini-Bosch sin cadenas con pistas móviles. Desarrollado por ingenieros de la Bosch-Projects (África del Sur), fue sin duda la mayor innovación de los últimos tiempos en el concepto de movimiento de la carga. Consiste en una serie de pistas accionadas individualmente a través de cilindros hidráulicos. El movimiento sincronizado de las pistas promueve el transporte de la carga a lo largo del difusor. La gran ventaja de este modelo es la posibilidad de expansión, no posee grandes ejes, ni cadenas y tiene la estructura bastante reducida por no poseer el retorno de las cadenas bajo los captadores (Figura 6a). Como no posee cadenas, la mayor parte del mantenimiento está en el accionamiento hidráulico que está en la parte externa y puede sufrir cualquier intervención, sin necesidad de parar el proceso (Figura 6b).



Figura 6a. Diffuser Dedini-Bosch sin cadenas



(Figura 6b. Accionamiento diffuser Dedini-Bosh

### **Difusor de Bagazo x Difusor de Caña**

El difusor de bagazo utiliza un molino antes del difusor. Se empleó bastante principalmente en África del Sur pero, con el incremento en el índice de preparación obtenido con el uso de los desfibradores, ese sistema perdió espacio para el difusor de caña.

Ventajas del difusor de bagazo:

- ✓ El jugo absoluto más rico extraído en la primera molienda puede enviarse directamente para el ingenio y el jugo mixto puede enviarse para la destilería.
- ✓ El Difusor puede tener su largo reducido en aproximadamente 25%.
- ✓ No requiere índice de preparación tan intenso como para el difusor de caña, una vez que la molienda complementa la abertura de células.

Desventajas del difusor de bagazo:

- ✓ Más un molino en la línea de proceso, acaba disminuyendo la atractividad una vez que el gran diferencial a favor del difusor con relación a los molinos es el costo de manutención.
- ✓ Las fibras de bagazo después del pasaje por el molino son menores y acaban perjudicando la percolación.

El difusor de caña se alimenta directamente con caña desfibrada sin necesidad del pasaje por el molino.

Ventajas del difusor de caña:

- ✓ Instalación más simple a menor costo.

Desventajas del difusor de caña

- ✓ Requiere un alto índice de preparación.
- ✓ No tiene la posibilidad de separación de los jugos.

### El Proceso de Difusión

En los difusores de caña más de 90% de la extracción de sacarosa ocurre por lixiviación, es decir, a través del lavado repetitivo de las fibras con mayor concentración de sólidos solubles (Figura 7a). Por eso la gran importancia de la preparación de la caña, cuanto mayor sea el número de células abiertas en contacto con agua de imbibición y/o jugo de recirculación, mayor será la extracción de sacarosa. En el proceso de difusión, la membrana que envuelve las células ricas en sacarosa se degenera por la alta temperatura haciéndolas permeables y permitiendo la migración de la sacarosa del medio más concentrado (interior de las células) para el medio de menor concentración (jugo recirculado) (Figura 7b).

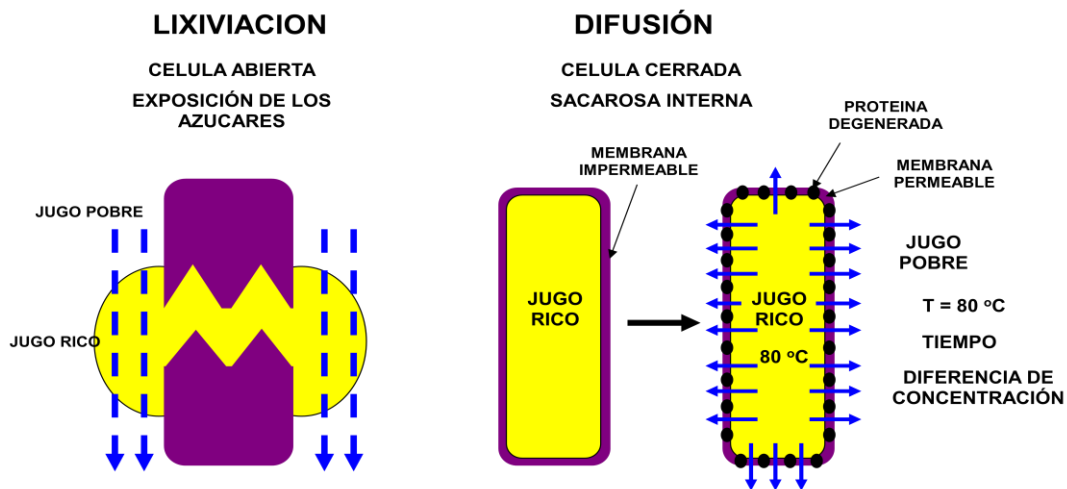


Figura 7a. Desplazamiento del jugo rico por lixiviación.

(Figura 7b. Sacarosa extraída por difusión.

### Variables Importantes para el Proceso con Difusor:

**Preparación 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 extrapesada (Rein, 1971). Estudios apuntan que elevándose el índice de preparación de 88% para 92% el gaño es de aproximadamente 1% en la extracción.

**Alimentación del Difusor:** El colchón de caña en el interior del difusor debe ser lo más parejo posible para evitar caminos preferenciales del jugo recirculado y del agua de imbibición. Existen básicamente dos sistemas de alimentación. A través de uno transportador transversal con fondo ajustable. Y a través de uno transportador de tabillas transversal tipo doble deck con altura controlada de acuerdo con el nivel de colchón deseado, la parte inferior del transportador promueve la nivelación del colchón y el excedente de caña desfibrada es descargada en un conductor de retorno, garantizando un colchón exento de fallas.



**Sistema de Imbibición y Recirculación de Jugo:** La imbibición debe hacerse con agua caliente entre 80° - 90° C, con volumen entre 300 – 400% relativo a la fibra de la caña. Las canaletas de imbibición se deben posicionar y ajustar de tal manera que el jugo proveniente del captador N regrese para el captador N-1 (Figura 8a). Esta condición depende de la altura del colchón, de la velocidad de bajada del líquido (percolación) y de la velocidad de avance del colchón de caña. El efecto by-pass puede ocurrir cuando el líquido proveniente del captador N escurre para el captador N-2 excediendo el captador N-1 resultando en un contacto ineficiente del líquido con el colchón (Rein, 1972). Por otro lado, si el líquido proveniente del captador N regresa para el mismo captador N, llamamos este fenómeno de recirculación; en este caso ocurrirá un gran volumen de jugo recirculado en el captador N y con eso la posibilidad de ocurrir inundación (Rein, 1972). Los difusores Dedini-Bosch poseen sistema de ajuste del flujo de jugo que posibilita la distribución correcta de jugo recirculado (Figura 8b), con ese dispositivo simple se consigue mejorar la operación del difusor evitando que ocurra by-pass o recirculación.

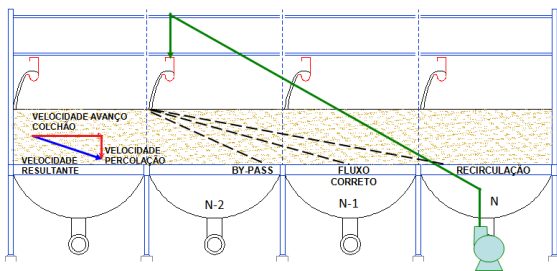


Figura 8a. By-pass y recirculación

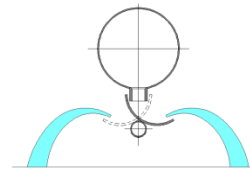


Figura 8b. Sistema de ajuste del flujo de Jugo

**Tiempo de Retención y Capacidad de los Difusores:** La capacidad del difusor C (TCH) depende de su ancho A(m), velocidad de avance de la carga V(m/min), altura del colchón H(m) y densidad del megazo  $D_m(\text{Kg}/\text{m}^3)$ .  $C = A \times H \times V \times D_m \times 60 \times 10^{-3}$

Para una buena performance (98% de extracción) el difusor debe tener área de percolación variando de 11 – 12  $\text{m}^2/\text{TFH}$  y tiempo de retención variando de 70-80min (Voigt, 2010). Considerando que el largo útil de uno difusor horizontal sea de 60m para alcanzar 70 min de retención, la velocidad de avance de la carga deberá ser  $60/70 = 0.86\text{m}/\text{min}$ .

Ejemplo: Capacidad en ton caña/hora para un difusor con 12m de ancho

A= 12m

$D_c = 550\text{kg}/\text{m}^3$

H=1.5m

$C = 12 \times 1.5 \times 0.86 \times 550 \times 60 \times 10^{-3}$

V= 0.86m/min

C=510TCH

**Secado del Bagazo:** Para el secado del bagazo se utiliza uno o dos molinos. La humedad en la salida del difusor si queda alrededor de 80%, conseguida a través del prensado del megazo por el tambor adensador existente en la parte final del difusor. El (Los) molino(s) de secado tienen un papel importante en el proceso, pues además de reducir la humedad final para que el bagazo pueda quemarse en las calderas, también promueve el rompimiento de células que aún permanecen intactas contribuyendo en la extracción de sacarosa (Figura 9). El jugo remanente extraído con cierta cantidad de pol regresa para el difusor.



(Figura 9. Estación de secado del bagazo)

**Control del PH en el Difusor:** El PH debe ser controlado con el objetivo de reducir la corrosión de las partes internas del difusor y disminuir la inversión de los azúcares. El PH deseable es alrededor de 6, a través de la aplicación de leche de cal en las primeras etapas del difusor (Figura 10)

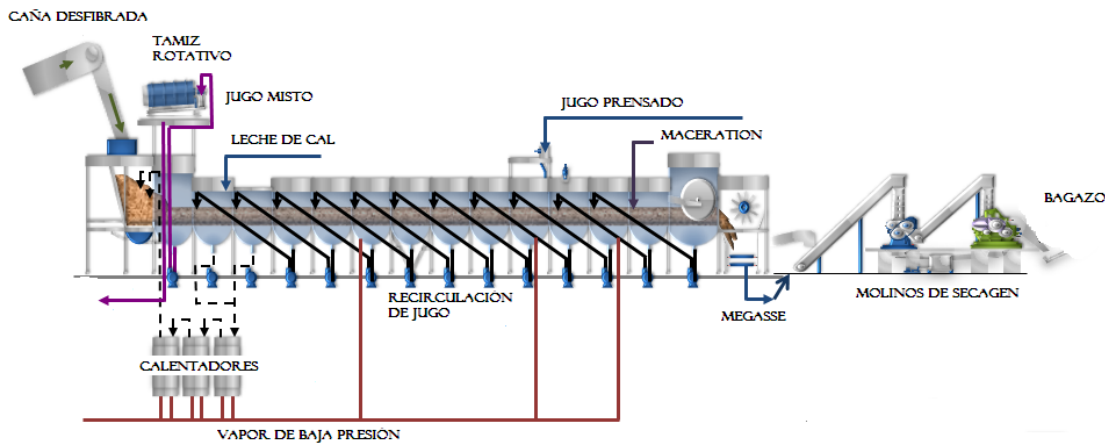


Figura 10. Flujograma básico de una planta con difusor

**Regreso del Lodo en el Difusor:** Como el difusor funciona como un gran filtro de jugo, el jugo extraído es mucho más limpio si comparado al jugo extraído con molinos, así la cantidad del lodo producido en el decantador es mucho menor, pudiendo este regresar al difusor eliminando los filtros de lodo y la producción de torta de filtro. En contrapartida, el lodo que regresa al difusor puede afectar la tasa de percolación y aumento de impurezas minerales perjudiciales a las calderas.

Abajo sigue una tabla resumida de las principales diferencias en el proceso de extracción por molinos y difusor. Sirve apenas como una guía y sin intención de agotar este asunto. (Oliveiro, 2013)

Características	Molino	Difusor
Preparación de la caña (Voigt, 2009)	Buena extracción con índice de preparación de 85%. Acepta mayor cantidad de fino.	Requiere alto índice de preparación, superior a 90%. Deseables fibras largas.
Impacto de las impurezas minerales	Aumenta el desgaste de los componentes. Pequeño efecto en la extracción.	Dificulta la percolación y en consecuencia la extracción final
Impacto de las impurezas vegetales	Pérdida en la capacidad debido a la queda de densidad.	Pérdida en la capacidad debido a la queda de densidad y mayor dificultad en la percolación.
Calidad del caldo extraído (Rein, 1995)	Gran cantidad de sólidos en suspensión.	Baja cantidad de sólidos en suspensión. Extrae gran cantidad de no azúcares.
Dilución del jugo	Cerca de 70% de jugo absoluto extraído en la 1ª molienda	No permite la separación del jugo absoluto
Tasa de Imbibición	Típico 200% - 250% sobre la fibra%caña limitado por la capacidad del molino	Posibilita mayores tasas de imbibición pudiendo llegar a 400%.
Extracción	Difícilmente alcanza 98%. Batería con 06 molinos 97%	Puede llegar a 98%.
Consumo de vapor	Requiere poco consumo de vapor de proceso para extracción. Imbibición a 60°C	Mayor consumo de vapor de proceso para mantener el megazo a 80°C y en la evaporación debido altas tasas de imbibición.
Consumo de potencia mecánica	6000 KW potencia instalada para una capacidad de 13000 TCD, excluyendo la preparación	3500 KW potencia instalada para una capacidad de 13000 TCD, excluyendo la preparación.
Bioelectricidad disponible para exportación	Alta demanda para los accionamientos / bajo consumo de energía térmica	Bajo consumo para los accionamientos / Alto consumo de energía térmica.
Contaminación biológica (infección) (Mackroy, 1984).	Opera a bajas temperaturas, propicia actividad biológica	Opera entre 80-90° Celsius, reduciendo la actividad de microorganismos (infección).
Calidad del bagazo	Baja concentración de impurezas minerales, alta homogeneidad del particulado y estabilidad de la unidad.	Alto contenido de impurezas minerales, fibras más largas, mayor dificultad en el control de la humedad. Alta dificultad de quema y alto índice de desgaste en las calderas.
Producción de azúcar	Facilidad en la separación del jugo absoluto	Mayor dificultad en el tratamiento de jugo cuando el objetivo es producir azúcar de buena calidad.
Flexibilidad de operación	Permite by pass de un molino para mantenimiento, demanda	Menor número de operadores, fallas en el molino de secado o



	mayor número de operadores. Poco sensible a las paradas y retomadas en la operación.	en el difusor el proceso para con gran cantidad de caña en tránsito.
--	--	--

Características	Molino	Difusor
Instalación	Requiere mayores obras civiles y almacén con puente rodante para mantenimiento.	Fundación mucho más simple. No requiere cobertura, ni puente rodante. Instalación similar para los molinos de secado.
Costo operacional	Considerando como 100%	Para la misma capacidad de procesamiento 60% a 80% comparado a los molinos.
Costo en manutención	Considerando como 100%	Para la misma capacidad de procesamiento 50 a 75% comparado a los molinos
Costo en la inversión	Considerando como 100%	Igual o ligeramente menor cuando se compara a un tándem completo

Al comparar molino x difusor en términos energéticos, se debe evitar considerar apenas un área del proceso o apenas un equipamiento de forma aislada y sí evaluar de forma global, una vez que la ganancia obtenida por un área o equipamiento puede no ser tan significativo cuando se compara a los impactos en otras áreas (Ferreira, 2009).

### **CONCLUSIÓN**

Los difusores longitudinales de fondo fijo con cadenas, fondo móvil, o sin cadenas (expansible), así como los molinos, son alternativas en el proceso de extracción y la elección debe hacerse a través de un análisis bastante criterioso, tomando en consideración diversos factores como: volumen de producción, tipo de cosecha, tipo de suelo, aspectos de manutención, consumo de energía, flexibilidad, expansibilidad, proximidad con el fabricante, etc.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Olivério J.C. (2013) Juice Extraction System: Mills and Diffusers – The Brazilian Experience. ISSCT Brasil 2013
- Mullapud N. (2010) Comparison of Diffusion and Milling at a Cane Sugar Plant Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Vol. 27
- Rein P.W. (1995) A Comparison of Cane Diffusion and Milling. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass., 69, 196-200
- Voigt I. (2010) The Implementation of South African Sugar Technology: The World's Largest Sugarcane Diffusers. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol 27.

Love D.J. ; Rein P.W. (1980) Percolation Behavior of Cane Diffusion. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.,17: 1900.

Payne J.H. (1968) Cane Diffusion – The Displacement Process In Principle and Practice. Symposium on cane Diffusion 103-121.