

SELECCIÓN, OPERACIÓN, MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE MOLINOS PANELEROS

*Gilberto Sandoval S,

INTRODUCCIÓN

El rendimiento del molino panelero se expresa en función de tres términos que son: capacidad, extracción y consume de potencia, es decir, de su desempeño como maquina. En general se busca el punto de equilibrio, donde se tenga una buena capacidad de molienda, extracción de jugo, sin elevar los requerimientos de potencia. Para obtener un buen desempeño se deben seleccionar, operar y montar adecuadamente los equipos, además prestar atención al mantenimiento.

En las evaluaciones realizada por CIMPA, en trapiches de varias zonas paneleras del país, se ha encontrado que uno de los problemas principales es la baja extracción en peso, encontrándose que varía desde 40% hasta 60%, con un promedio de 50%.

La baja extracción se debe principalmente a:

- Desbalance molino-motor, la potencia del motor es menor a la requerida por el molino.
- Montaje inadecuado de los equipos.
- Desbalance del conjunto de molienda con la hornilla.

Cuando la hornilla tiene mayor capacidad que la del molino, esto obliga a incrementar las aberturas de las mazas, para facilitar el paso de la caña, disminuyéndose así la extracción.

- Diseño inadecuado del ranurado de las mazas.
 - Desgaste no uniforme de las mazas.
 - Desconocimiento de las condiciones de operación del molino. Velocidades y aberturas altas ocasionan capacidades altas del molino y niveles de extracción bajos. Los fabricantes no ofrecen recomendaciones sobre condiciones de operación de los equipos.
 - La variedad de la cana y las condiciones agronómicas del cultivo.
- Otro de los factores que influyen en la baja extracción; es la forma de tenencia de la tierra. Los niveles de extracción son más altos cuando se muele caña del propietario del trapiche ; generalmente los propietarios ajustan menos el molino cuando se alquila.

SELECCIÓN DE UN MOLINO PANELERO

En la selección de un molino panelero se debe hacer un balance entre la producción de caña, la capacidad del molino y la capacidad de la hornilla.

Los factores a considerar en esta selección son:

- Extensión cultivada en caña; incluye las áreas cultivadas, las que se van a cultivar en el futuro y, además, si hay posibilidad de moler caña de los vecinos,
- Rendimiento agronómico de la región; son las toneladas de caña que se producen por hectárea.
- Periodo vegetativo del cultivo; son los meses que demora la caña en llegar a la madurez, depende de las condiciones agronómicas de cada región y de las variedades.
- Frecuencia de molienda; es el número de moliendas que se van a efectuar en el año.
- Duración semanal de la molienda; número de días de la semana trabajados en cada molienda.
- Duración diaria de la molienda; número de horas que se trabajan en cada día.

Con los datos anteriores se puede calcular una capacidad (kilogramos de caña a moler por hora), y posteriormente seleccionar en los catálogos de las fabricas el molino que pueda cumplir con estas exigencias de capacidad.

Para seleccionar el molino en los catálogos de los fabricantes; se recomienda tomar una capacidad un 20% mayor que la calculada anteriormente, con el fin de tener en cuenta posibles imprevistos que se puedan presentar.,

Hay que tener en cuenta que por cada tonelada de caña que se muele, se producen entre 100 y 120 kilogramos de panela, por tanto, la hornilla se debe construir con una capacidad de producción de panela adecuada. Entonces la capacidad de la hornilla, asumiendo el valor de conversión más alto (120 kg de panela).

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESEMPEÑO DE LOS MOLINOS PANELEROS

En el capítulo anterior se describió el desempeño del molino panelero, sin tener en cuenta las variables que tienen influencia sobre la capacidad, la extracción y el consumo de potencia.

En estudios realizados por GARCÍA y colaboradores (1,2,4)» encontraron unas ecuaciones empíricas que

permiten analizar el efecto que tienen el tamaño de las mazas (diámetro y longitud), la velocidad, las aberturas de las mazas y la fibra de la caña, sobre el desempeño del molino.

.Estas ecuaciones son:

Capacidad:

$$OC=2272+67,2D+73,6V+47,7Ae+120,2As+53,9L \text{ Ec.1}$$

Donde

C= Capacidad teórica, kg/h

D= Diámetro de las mazas, cm

V= Velocidad periférica de las mazas, m/min

Ae= Abertura de entrada (por quebrador), mm

As= Abertura de salida (por repasador), mm

L= Longitud de las mazas, cm

Extracción:

$$W_p = 86.00 - 1,29 f - 0,46 V - 2,98 A_s$$

Donde,

E_p : Extracción en peso, %

f : Fibra de la caña, %

V, A_s : Definidos anteriormente

El efecto de las variables velocidad, fibra de la caña y abertura de salida, es inversamente proporcional a la extracción en peso.

Potencia

$$P = -12,11 + 0,22 f + 0,31 D + 0,34 V + 0,23 A_e + 1,30 A_s + 0,39 L$$

Donde,

P : potencia consumida por el molino. kW (1kW = 1,34 H.)

f, D, V, A_e, A_s, L : Definidas anteriormente.

VELOCIDAD

La velocidad de las mazas es una de las variables que más tiene incidencia en el desempeño del molino. Se puede expresar de dos maneras:

Como velocidad lineal o periférica, ó como velocidad de rotación de las mazas.

La velocidad lineal o periférica (V), es aquella con la cual se está desplazando la caña a través de las mazas, se expresa en metros por minuto (m/min).

La velocidad de rotación (N), se define como el **número** de vueltas o revoluciones que da la maza mayor en un minuto (R.P.M.). Estas dos velocidades se pueden relacionar así

$$V = \pi D N$$

Donde:

V : Velocidad lineal o periférica, m/min

π : Constante, 3,1416

D: Diámetro de las mazas, m

N: Velocidad de rotación de las mazas, R.P.M.

La mayoría de los molinos instalados en el país operan a velocidades altas, esto debido al desconocimiento de la metodología para seleccionar las poleas y los motores.

Inicialmente los molinos fueron diseñados con una relación de transmisión, de acuerdo con cada fabricante varía desde 11:1, hasta 16:1, para ser accionadas con motores de baja velocidad, tales como 650 y 850 revoluciones por minuto y con poleas de diámetro entre 20 y 30 centímetros.

En los trabajos de investigación realizados por GARCÍA y colaboradores posteriormente ajustados por CIMPA, se encontró que para una velocidad lineal con valores comprendidos entre 6 y 8 metros por minuto, se tienen buenos niveles de extracción, sin sacrificar capacidad de molienda y sin aumentar el consumo de potencia.

Sin embargo, actualmente en el comercio se consiguen motores de combustión interna con velocidades que varían entre 1500 y 2300 revoluciones por minuto, y motores eléctricos con velocidades de 1200, 1800 y 3600 revoluciones por minuto. Para acoplar estos motores al molino, es necesario instalar un eje intermedio, con el fin de obtener las velocidades recomendadas.

Con una velocidad alta se obtiene una gran capacidad de molienda, pero se disminuye la extracción y se aumenta el consumo de potencia. Por otra parte la velocidad no puede ser muy baja, pues se incrementa el troqué generado sobre los piñones, lo cual podría ocasionar la ruptura de los dientes, además el bagazo puede absorber nuevamente el jugo.

ABERTURA DE ENTRADA (A_e)

La abertura de entrada es la distancia que existe entre las superficies de las mazas del par quebrador..

En los trabajos de investigación realizados por GARCÍA y colaboradores encontramos que para valores comprendidos entre 7 y 15 mm, no se presenta efecto de la abertura de entrada sobre la extracción, pero si sobre la capacidad y el consumo de potencia.. En esta se presentan

dos pares de curvas, una corresponde a la velocidad de 10 m/min y el otro a un valor promedio de la velocidad recomendada (7m/min). se hizo para caña con 13% de contenido de fibra y para un molino con mazas de 23 centímetros de diámetro, con 15 centímetros de longitud de alimentación y 0,8 milímetros de abertura en el par repasador.

Manteniendo constantes estas variables, la capacidad aumenta en 47,7 kg/h y la potencia consumida en 0,23 KvV por cada milímetro que se aumente la abertura de entrada.

Los incrementos en capacidad, con el aumento de abertura, son debidos a que facilita la interacción de la caña al molino, sin embargo, el valor de la abertura de entrada no se puede aumentar indefinidamente. Así mismo, al aumentar la abertura se aumenta el consume de potencia del molino, si este no esta diseñado para soportar estos esfuerzos se podría romper.

También hay que guardar proporcionalidad entre la abertura de entrada y el diámetro de la caña, si esta es muy delgada y la abertura es grande, la caña no recibe una presión adecuada, además puede presentarse patinamiento de las cañas.

De acuerdo con estas consideraciones, se podría recomendar aberturas de entrada entre 11 y 15 milímetros, dándole el menor valor a los molinos con mazas de menor diámetro y el mayor a las mazas de diámetro más grande, pero guardando proporcionalidad con el diámetro de la caña.

ABERTURA DE SALIDA (As)

.La reducción de la extracción con el aumento de la abertura, se origina en la disminución de la presión recibida por el bagazo al pasar por entre las mazas del par repasador y, esto a su vez origina la reducción del consumo de potencia.

Teóricamente, la capacidad no se deberla afectar por la abertura de salida, sino exclusivamente por la abertura de entrada, ya que la cana que entra en el par quebrador debe salir en el par repasador, sin embargo, si la abertura de salida es muy reducida se dificulta el paso del bagazo, presentándose atascamientos que reducen la capacidad y en determinado momento la destrucción del molino.

Cuando la abertura de salida varia en un (1) milímetro, manteniendo las demás variables constantes, la extracción en peso disminuye en 2,98%, el consumo de potencia en 1,30 k'V y la capacidad en 120,2 kg/h.

En el país se fabrican las mazas de los molinos, con dos tamaños de ranuras; una donde el paso de 4 milímetros y otra donde el paso es de 6 milímetros.

De acuerdo con lo anterior, las recomendaciones sobre el mejor valor de abertura de salida tiene que relacionarse con un alto nivel de extracción, sin atascamientos y con el tamaño de ranura, para mazas con ranuras de 6 mm de paso, la abertura de salida debe ser de 0,2 a 0,4 mm y; para mazas con ranuras con paso de 4 mm, la abertura debe ser de 0,4 a 1,0 mm. Así se obtendría un valor equivalente de extracción a los dos tamaños de ranurado.

Para dar una recomendación general de abertura de salida, se puede considerar un valor de 0,5 mm que es aproximadamente el espesor de la cédula de ciudadanía.

RANURADO DE MAZAS

Para facilitar el agarre de la caña y evitar el patinaje de la misma, las mazas poseen canales ó ranuras circunferenciales de sección triangular. HJ3OT se recomienda que por diseño, el valor del ángulo adecuado, es el de 55. Esto quiere decir que existe proporcionalidad entre el paso (P) y la altura.

En las evaluaciones de trapiches realizados por CIMPA, se encontró que los molinos con mazas ranuradas con paso menor dan niveles de extracción mayores. Por este motivo, se está realizando un trabajo de investigación para determinar el diseño del ranurado que de mejor extracción.

NUMERO DE MAZAS

Actualmente CIMPA esta realizando la evaluación técnico-económico de un prototipo de molino de cinco mazas, comparándolo con el tradicional de tres mazas.

FACTOR HUMANO

El valor técnico y la destreza del personal encargado de la molienda son difíciles de cuantificar, cada persona y cada trapiche es un caso particular.

MOLINO PANELERO

El molino panelero se debe ubicar en la parte mas alta del terreno en donde se va a construir el trapiche, con el fin de facilitar el transporte del jugo por gravedad. Así

mismo, se debe orientar de tal manera que permita el acceso de la caña y no haya interferencia con el transporte del bagazo húmedo hacia las bagaceras.

MANTENIMIENTO DEL MOLINO

El mantenimiento de los molinos paneleros es muy sencillo y, al realizarlo adecuadamente se reducen las reparaciones costosas, pérdida de tiempo, desgaste prematuro de las piezas, accidentes y la pérdida de la caña que ya ha sido cortada.

Una buena práctica de mantenimiento sería:

- Conservar siempre limpia la máquina.
- Antes de poner a funcionar el molino, comprobar que todas las tuercas y tornillos están bien ajustados.
- Verificar que las uniones de la banda plana estén en buen estado.
- Tensionar adecuadamente la banda.
- Dar a las mazas los ajustes adecuados, evitándose el desgaste desigual de las mismas.
- Terminada la molienda se deben lavar las mazas y demás piezas del molino que han estado en contacto con el jugo y, bañarlas con una lechada de cal.
- Es muy importante lubricar el molino, además de reducir la resistencia al movimiento (menor consumo de potencia) disminuye el desgaste de las piezas, lo cual significa una mayor vida útil de la máquina.
- Los engranajes deben estar permanentemente lubricados y en lo posible protegidos con una cubierta metálica ó ~~de madera~~.
- Cuando los engranajes están cubiertos utilizar valvulina SAE 140.
- Lubricar las chumaceras de los ejes con aceite SAE 50.

BIBLIOGRAFIA

1. ABARCA P., J.A. ; GARCIA B. , H.R. ; MORENO P.F. 1984. Factores que determinan la capacidad de los molinos paneleros. ICA, Bogotá. Revista ICA, Vol. 19(3), p419-424.
2. CIMPA, convenio de investigación para el mejoramiento de la industria panelera 1987. Evaluaciones técnico-económicas de la producción panelera en la Hoya del Río Suárez. CIMPA, Barbosa, Santander, documento de trabajo.

3. GARCÍA B. , H.R. ; ABARCA P., J.A. ; MORENO P. ,F. 1984. Factores que determinan la extracción en molinos paneleros. ICA, Bogotá. Revista ICA, vo 1 19(4), p 341- 348.
- 4- Factores que determinan el consume de potencia en los molinos paneleros. Bogota". Revista ICA (en impresión. 1985.
- 5- GARCÍA B. , H.R. ; ABARCA P., J.A. ; RINCÓN C. , C. J. ; Arcila 6., M.B. 1984. Estudio comparativo de la producción de panela en cuatro regiones de Colombia. ICA, documento de trabajo, código 00-6-215-84.
- 6- HUGO. E. 1982. Manual para ingenieros azucareros. Editorial continental. México.