

TITULO:

Disminución del consumo energético en los Tandem para aportar energía al SEN con máxima eficiencia.

AUTORES: ING. ALEX CERVANTES CERVANTES Y RENÉ MARTINEZ DEL TORO.

RESUMEN:

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos con las modificaciones realizadas en algunos centrales de la provincia de Villa Clara con los siguientes objetivos:

- Electrificación y estandarización de los equipos del tandem
- Disminuir el consumo energético en los molinos
- Disponer de Energía Eléctrica para entregar al SEN

Se realizaron los análisis en cada central para reducir el consumo de energía requerido en las Plantas Moledoras y mantener la máxima eficiencia posible.

Como resultado de estos trabajos se logra:

- Aumentar la eficiencia y el autoabastecimiento energético de la industria
- Aportar importantes cantidades de energía eléctrica al SEN
- Moler la misma cantidad de caña

Desarrollo:

- La desintegración del tejido leñoso de la caña requiere una considerable cantidad de energía. Este trabajo es realizado de conjunto por los equipos de Preparación de la caña y los Molinos.
- La potencia demandada por un molino depende del grado de desintegración que haya sufrido el material que recibe, por lo que la energía que se emplea en la preparación de la caña se recupera después, en realidad además del ahorro obtenido por la transformación de la caña en un material fibroso, se logra una más fácil extracción del jugo de esta masa desintegrada.
- La Planta de Moler representa entre el 40 – 50 % del consumo de energía de la fabrica.

Potencia consumida por un Molino convencional:

En su trabajo sobre disminución del consumo de Potencia en los Molinos, el Ing. José Barreiros plantea la siguiente ecuación:

$$H_p = C \times V^{1,219} \times T^{0,918} / 71,888$$

Donde:

H_p – Potencia consumida por un Molino, en los terminales de un Motor eléctrico en (Hp)

C – Factor de corteza que depende de la Preparación de la Caña (Adimensional)

V – Velocidad de operación del Molino en (Pies/min)

T – Carga hidráulica sobre la Maza superior en (Ton Cortas)

Si se analiza la expresión anterior podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Los tres factores que mas inciden en el consumo de Potencia de un Molino son la Preparación de la Caña, la Velocidad del Molino y la Fuerza que le aplicamos a la Maza superior

Preparación de la Caña:

En su trabajo “**Tendencias actuales de la Preparación de Caña en Cuba**”, el Ing. Edmundo Herrera señala como elementos de suma importancia el uso de Machetes con anchos de corte superiores, instalaciones que permitan colchones de caña mas altos, mínima separación entre la punta del machete y las tablillas, esteras con velocidades óptimas de acuerdo a la molida, que permita máxima repetición de golpes por rpm de la cuchilla.

Análisis de las instalaciones de Preparación de caña:

En el análisis realizado en los equipos instalados de preparación de la caña en 8 centrales azucareros de Villa Clara, de 12 equipos de picar caña existente, 8 eran con movimientos de turbinas de vapor, el uso de un solo Juego de cuchillas con pocos machetes, pequeños anchos de corte y consumos por debajo de 4 Kwh/TC.

Velocidad de operación:

Todos los Tandem analizados operaban con velocidades muy superiores a las necesarias para la caña que procesan, lo que provoca la mayor incidencia en el alto consumo de potencia. Un elemento a tener en cuenta en nuestro trabajo y que nos da una idea de la explotación de los equipos es el **Factor de Grueso del colchón**, que relaciona la Carga de fibra que se manipula en la unidad de tiempo y la superficie de mazas en transito, o sea:

$$G = M \times f / (24 \times L \times V)$$

Donde:

G – Factor de Grueso del colchón en (@ de fibra por hr / Pies² de Maza por minuto)

M – Molida en (@/día)

F – Fibra en Caña con relación a la unidad

L – Longitud de las Mazas en (Pies)

V – Velocidad de operación en (Pies/min)

El aumento del valor de G significa aumentar la molida con la misma velocidad de operación, o moler la misma cantidad de caña con menor velocidad, pues los demás factores se mantienen inalterables.

Tabla No. 1. Velocidades de operación promedio y consumo de Potencia en cada Tandem antes de las modificaciones.

Centrales	Veloc. Promedio (PPM)	Factor de Grueso del Colchón	Potencia Consumida (Kwh.)		
			Vapor	Eléctrica	Total
H. Duquesne	38	6.47	200	1345	1545
A. Santamaría	35	6.99	1250	200	1450
José M. Pérez	43	8.36	2200	0	2200
P. Figueredo	42	7.63	2098	0	2098
Q. Banderas	41	9.05	0	2308	2308
P. G. Toro	42	7.08	0	1770	1770
Ifraín Alfonso	42	8.34	2172	0	2172
H. Rodríguez	45	9.38	2660	0	2660
Carlos Baliño	34	8.22	1067	0	1067
G. Washington	42	9.34	1442	700	2142
Provincia	40.4	8.08	13089	6323	19412

De la tabla anterior puede verse que el **67 %** de la Potencia que consumían los Tandem era con equipos de vapor, muchos en muy mal estado técnico, observe la alta velocidad de operación de la mayoría de ellos (mayores de 40 pies/min).

Resumen de los trabajos de Preparación de la caña que hicimos:

- Instalamos 5 juegos de cuchillas adicionales todos movidos por motores eléctricos.
- Se sustituyeron 7 movimientos de cuchillas de turbinas de vapor por motores eléctricos
- Utilizamos machetes pesados de ancho de corte entre 60 y 75 mm
- Separación de los machetes a las tablillas entre 75-100 mm en el 1er juego y entre 15-25 mm en el 2do. Juego y 50 mm de separación en los laterales.
- Altura del colchón en la estera de caña de 1000 mm.
- Se incremento en todos los centrales los KW. Instalados/TCH

Que acciones que se realizaron en los tandem de la provincia de Villa Clara

- Se sustituyeron 6 máquinas de vapor y 10 turbinas de vapor por motores eléctricos para movimiento de molinos.
- Se eliminaron 4 desmenuzadoras y 2 molinos.
- Se sustituyeron 15 molinos de distintos tipos por molinos Fulton Virgen Inclinada.
- Para disminuir velocidad y potencia se sustituyeron reductores en tres centrales y se modificó el tren de engranes en cuatro.
- Se instalaron conductores de arrastre y tolvas Donelly en los primeros molinos en tres centrales
- La velocidad promedio **disminuyo en 7.7 pies/min.**
- El factor de grueso del colchón **umenta 2.24** por encima del anterior.
- La potencia consumida **disminuye en 3611 kwh.**

Tabla No. 2. Velocidades de operación promedio y consumo de Potencia en cada Tandem después de las modificaciones.

Central	Veloc. Promedio (PPM)	Factor de Grueso del Colchón	Potencia Consumida (Kwh)		
			Vapor	Eléctrica	Total
H.Duquesne	27	9.9	0	1245	1245
A.Santamaría	27.5	9.22	0	1156	1156
José M Pérez	33	11.24	0	1321	1321
P.Figueroado	34	9.56	0	1852	1852
P. G. Toro	37	9.96	0	1761	1761
I. Alfonso	32	11.01	850	914	1764
H. Rodríguez	35	10.87	0	1791	1791
C. Baliño	30	10.41	0	812	812
Villa Clara	32.7	10.32	1550	14251	15801

Autoabastecimiento Eléctrico:

El autoabastecimiento eléctrico de un central se define como la relación entre lo que se genera en la Planta Eléctrica y lo que se consume y se entrega al Sistema electro energético nacional, y se calcula de la siguiente forma:

$$Ae = G / (G + C - E) \times 100 \quad (\%)$$

Donde:

Ae – Autoabastecimiento Eléctrico en (%)

G – Generación de energía eléctrica en (Mw)

C – Consumo de energía del Sistema electro energético nacional en (Mw.)

E – Entrega de energía al Sistema electro energético nacional en (Mw.)

De la expresión anterior puede notarse que en la medida en que disminuimos el consumo y aumentamos la entrega, estaremos mejorando el autoabastecimiento eléctrico de la fábrica.

Tabla No. 3. Influencia de la disminución del consumo de Potencia de los Tandem en el Autoabastecimiento Energético.

Centrales	Kwh. Disponibles.	Posible Autoabastecimiento.
H. Duquesne	361	100.31
A. Santamaría	129	127.93
José M^a Pérez	541	135.00
P. Figueredo	201	178.49
P. G. Toro	348	152.33
I. Alfonso	384	117.07
H. Rodríguez	186	109.61
C. Baliño	444	130.00
Provincia	3316	130.38

Tabla No. 4. Efectividad Económica del incremento de la entrega de energía a la red nacional, por la disminución del consumo de Potencia de los Tandem, considerando zafras de 120 días y 320 gr. Petróleo / Kwh., a 727.50 USD/Ton y a \$ 0,15 / Kwh.

Centrales	Kwh. Disp.	Mwh Disp. Zafra de 120 días	Ton. Petróleo Equivalentes	Petróleo Ef. Económica porZafra (USD)	Prod. Electric. Ef. Económica Por Zafra (USD)
H. Duquesne	361	866.4	277.25	201698	121296
A. Santamaría	129	309.6	99.07	72075	46440
JoséM. Pérez	541	1298.4	415.49	302268	194760
P. Figueredo	201	482.4	154.37	112303	72360
P. G. Toro	348	835.2	267.26	194435	125280
I. Alfonso	384	921.6	294.91	214548	138240
H. Rodríguez	186	446.4	142.85	103922	66960
C. Baliño	444	1065.6	340.99	248072	159840
Provincia	3316	7998	3110	1852716	1193760

Impactos que se logra:

Económico por disminución del consumo de petróleo equivalente a un

Ahorro de **\$USD 1 852 716.**

Social por una entrega al SEN de electricidad de 7998 Mwh que representa

Un ahorro de **\$USD 1 193 760** por producción de electricidad.

Conclusiones y Recomendaciones..

- Puede lograrse un considerable aporte a la Unión Nacional Eléctrica entregando Energía Eléctrica, lo que se traduce en un ahorro importante de Petróleo en cada zafra.
- Continuar profundizando en el estudio para la posible introducción de los Convertidores de Frecuencia para controlar la velocidad de los Molinos, logrando disminuir aun más el consumo energético de nuestros Tandem.
- Seguir mejorando las Plantas Generadoras de vapor que permitan combustionar eficientemente el bagazo con la granulometría que da un Tandem con preparación de Caña superior al 90 %.
- Continuar introduciendo en las instalaciones de Preparación de Caña las cuchillas de picar caña que garanticen valores superiores al 90 % de índices de preparación.
- Preparar los sistemas de colado para eliminar el bagacillo en suspensión que se genera por esta preparación.
- Trabajar para estandarizar los perfiles de las cuchillas centrales de molinos con dimensiones mínimas y encaminadas a la intercambiabilidad en los Tandem de iguales dimensiones.
- Seguir trabajando en la introducción de los Raspadores L para sacar el manto en los centrales con altas molidas y perfeccionarlos para evitar las roturas ocasionadas por trabonazos con la aspereza de las mazas.

- Introducción de los Acoplamientos Cardánicos en los Molinos Fulton de Vírgenes Inclinas.