

TRANSMISION DE POTENCIA POR CORREAS PLANAS EN MOLINOS PANELEROS

Hugo R. Garcia B.*

RESUMEN

La selección inadecuada de los componentes del sistema de transmisión de potencia en los molinos paneleros ocasiona, además de las pérdidas de potencia, condiciones inadecuadas de operación del molino que se traducen en pérdidas en extracción y capacidad de la máquina. El artículo presenta la metodología para el diseño de las poleas y para la selección de las correas y poleas cuando la transmisión se hace por medio de bandas planas.

Palabras Claves Adicionales: Transmisión de potencia, molinos paneleros, correas planas, poleas, trapiche.

ABSTRACT

Power Transmission by Flat Belts in Brown Sugar Mills

The inconvenient selection of a power transmission system for sugar cane mills (those which are used in raw sugar blocks production), is the source of power losses and low performance of the machine in terms of juice extraction and milling capacity. This document shows a pulley's design methodology, and the necessary parameters to be taken into account in selecting the components of a system for power transmission by using belts of the "flat type" for that purpose.

Additional Index Words: Power transmission, sugar cane mills, "flat type" belts, trapiche.

En la mayor parte de los trapiches con molinos de accionamiento mecánico la transmisión de potencia del motor al molino se hace por medio de correas o bandas planas. Este tipo de transmisión de potencia tiene su mayor aplicación donde la distancia entre las dos máquinas debe ser grande. Sus principales ventajas son: a) Alta eficiencia; b) Flexibilidad y elasticidad, con las cuales se eliminan las fuerzas vibrantes; c) Economía, si su costo se compara con cualquier otro sistema (1, 8, 9).

El desconocimiento de los parámetros de selección de los componentes del sistema de trans-

misión de potencia por parte de los productores de panela y, en muchos casos, las fallas en el diseño de los propios molinos impiden la obtención de las condiciones adecuadas de funcionamiento del molino, lo cual causa pérdidas en la extracción y en muchas ocasiones la subutilización del equipo (4, 5).

El objetivo de este artículo es presentar la metodología para la selección, montaje y mantenimiento de los componentes del sistema de transmisión de potencia por correas planas para molinos paneleros. Así mismo, ofrecer algunas pautas para el diseño de poleas que pueden servir

* I.A. M.S. División Disciplinas Agrícolas, Programa Procesos Agrícolas. ICA, Barbosa, Santander. Contribución del Convenio ICA-Holanda de Investigación y Divulgación para el mejoramiento de la industria panelera en Colombia-CIMPA.

nen dadas por el ancho y número de lonas principalmente. Por ejemplo, la resistencia varía entre 19.73 y 22.55 kg/cm² y por capa, dependiendo del peso de la lona. Así mismo, la potencia transmitida varía en forma directa con la velocidad de la correa y con el número de lonas, como se verá más adelante.

CALCULO Y FACTORES DE SELECCION DE LAS POLEAS Y CORREAS

La selección adecuada de las poleas y correas tiene dos objetivos principales: a) Reducir al máximo las pérdidas de potencia en la transmisión, b) Obtener una larga vida de funcionamiento normal y sin accidentes. Para lograr lo anterior hay que tener en cuenta factores tales como:

- Dimensiones y velocidad de las poleas.
- Tipo, potencia y velocidad del motor.
- Materiales de construcción y capacidad de transmisión de potencia de las correas.
- Condiciones de trabajo.

Cálculo del Diámetro de la Polea Motriz

Generalmente el molino viene de fábrica con su volante como parte del equipo, aunque en algunos casos esporádicos los productores de panela lo construyen en madera. Así mismo, los fabricantes en sus catálogos ofrecen una recomendación sobre la velocidad del volante. En caso de no existir este dato en el catálogo, aparece uno denominado "Relación de Transmisión del Molino", que indica el número de vueltas o revoluciones que da el volante por cada vuelta de las mazas.

Este dato también sirve para modificar la velocidad del volante a un valor determinado. El cálculo se hace por medio de la ecuación 1:

$$V = v_m \times R_{tm} \quad [1]$$

donde:

- V = Velocidad del volante, r/min
- v_m = Velocidad de las mazas, r/min
- R_{tm} = Relación de transmisión del molino, adimensional.

En caso de no aparecer en los catálogos una velocidad recomendada, o de no existir el catálogo, o de querer modificarse a un valor determinado, se sigue esta metodología para obtener la relación de transmisión del molino:

- 1) Se cuenta el número de dientes del piñón grande del primer par de engranajes de la transmisión del molino y se divide por el número de dientes del piñón pequeño.
- 2) Se hace la misma operación para el otro par de engranajes.
- 3) Se multiplican los resultados de las dos anteriores divisiones y éste valor corresponde a la relación de transmisión (R_{tm}).

Una vez establecida la velocidad del volante del molino y de acuerdo con la velocidad del motor, se calcula el diámetro de la polea motriz de acuerdo con la igualdad:

$$n \cdot d = V \cdot D$$

Que permite establecer la ecuación 2:

$$d = \frac{V \cdot D}{n} \quad [2]$$

donde:

- d = Diámetro de la polea motriz, cm
- V = Velocidad del volante del molino, r/min
- D = Diámetro del volante del molino, cm
- n = Velocidad del motor, r/min

El dato obtenido por medio de la ecuación 2 se compara con los diámetros de las poleas que aparecen en la Tabla 1, para correas de 3, 4 y 5 lonas y algunas velocidades de motores. Si el valor calculado por medio de la ecuación es menor que el valor del diámetro que aparece en la Tabla 1, es necesario conseguir un motor de menor velocidad, hacer fabricar un volante del molino de mayor diámetro o colocar un eje intermediario. Si el valor calculado es mayor que el tabulado, se puede seguir con el cálculo de otros factores.

TABLA 1. Potencia transmitida en caballos de fuerza (H.P.) por cm de ancho en correas de 3, 4, 5 y 6 lonas de acuerdo con la velocidad (r/min) y el diámetro de la polea motriz (cm).

Veloc. de la polea r/min \ Diámetro de la polea	650	850	1100	1400	1700	2000	2300	2600	3000	3300	3600
3 LONAS											
10.16	0.42	0.54	0.68	0.85	1.02	1.20	1.37	1.54	1.71	1.86	1.99
12.70	0.51	0.66	0.84	1.05	1.27	1.48	1.64	1.83	2.05	2.19	1.44
15.24	0.61	0.78	0.99	1.25	1.51	1.71	1.93	2.11	2.30	2.39	2.46
17.78	0.70	0.90	1.15	1.45	1.70	1.95	2.15	2.31	2.44	2.48	(3.300)*
20.32	0.79	1.02	1.31	1.66	1.90	2.14	2.32	2.43	2.48	(2870)	
22.86	0.89	1.15	1.47	1.79	2.08	2.30	2.43	2.48	(2550)		
25.40	0.98	1.27	1.63	1.95	2.23	2.40	2.48	(2300)			
27.94	1.07	1.39	1.72	2.09	2.34	2.47	2.48	(2080)			
30.48	1.17	1.51	1.86	2.21	2.42	2.48	(1910)				
4 LONAS											
10.16	0.51	0.71	0.81	(960)*							
12.70	0.67	0.92	1.21	1.53	1.66	(1530)					
15.24	0.83	1.12	1.44	1.81	2.13	2.33	(1910)				
17.78	0.99	1.31	1.67	2.06	2.40	2.69	2.92	3.11	3.17	(1730)	
20.32	1.14	1.49	1.88	2.29	2.64	2.91	3.12	3.27	3.37	(2870)	
22.86	1.28	1.66	2.08	2.50	2.88	3.09	3.26	3.34	(2550)		
25.40	1.42	1.82	2.26	2.69	3.01	3.23	3.34	(2300)			
27.94	1.56	1.98	2.43	2.85	3.15	3.32	3.34	(2080)			
30.48	1.69	2.13	2.58	2.99	3.25	3.34	(1910)				
5 LONAS											
15.24	1.04	(650)*									
17.78	1.23	1.62	(850)								
20.32	1.42	1.85	2.33	2.49	(1200)						
22.86	1.60	2.06	2.57	2.88	(1270)						
25.40	1.77	2.26	2.79	3.30	3.47	(1530)					
27.94	1.93	2.45	2.99	2.85	3.49	3.82	3.85	(1740)			
30.48	2.09	2.63	3.17	3.65	3.93	4.00	(1910)				
6 LONAS											
25.40	2.05										
27.94	2.24	2.84	2.90	(875)*							
30.48	2.43	3.05	3.70	(955)*							
33.02	2.61	3.25	3.90	4.02	(1175)*						

* Los números entre paréntesis indican la velocidad máxima en r.p.m. para el diámetro analizado.

Cálculo del Ancho de la Correa

Según Marks y Baumeister (6), el ancho de la correa depende de la potencia que se va a transmitir, del número de lonas, de la correa, de su velocidad y de los materiales empleados en su fabricación. Así mismo, se deben contemplar las pérdidas ocasionadas por arcos de contacto menores de 180° y un factor de servicio, los cuales

dependen del tipo de motor y de la máquina conducida. De acuerdo con lo anterior, la ecuación para calcular el ancho de la correa es la siguiente:

$$A = \frac{P_m \times F_s}{P_{cm} \times F_{ac}} \quad [3]$$

donde:

- A = Ancho de la correa, cm.
- Pm = Potencia realmente transmitida, caballos de fuerza (H.P.).
- Fs = Factor de servicio, adimensional.
- Fac = Factor de arco contacto, adimensional.
- Pcm = Potencia transmitida por el cm de ancho de la correa, H.P./cm.

Cuando no se conoce la potencia realmente transmitida o consumida por la máquina, se toma como valor para el Pcm la potencia indicada en la placa del motor. El factor de servicio depende del tipo de motor y del tipo de máquina con valores entre 1 y 2. En el caso de motores diesel que accionen máquinas quebradoras (que son las más parecidas a los molinos paneleros) varía entre 1.4 y 1.6 pudiendo tomarse 1.5 como valor para los cálculos.

Los valores de Pcm, potencia transmitida por cm de ancho de la correa se encuentran en la Tabla 1. Estos valores son para correas de algodón de 3, 4, 5 y 6 lonas recubiertas de caucho, de un peso de 0.093 g/cm² y por lona. En el caso de correas de seda artificial (rayón), la potencia se encuentra multiplicando los valores de la Tabla 1 por 2.5. Además del número de lonas, dependen de la velocidad (r/min) y del diámetro de la polea motriz.

La Tabla 1 fue adaptada en este artículo para las velocidades más frecuentes de los motores empleados industrialmente. Así mismo, aunque el valor del diámetro de la polea aparece expresado en centímetros, es equivalente directamente a un valor en pulgadas. Como información se tomaron las especificaciones del Instituto Americano del Petróleo (A.P.I.) citados por Marks y Baumeister (6).

El valor expresado entre paréntesis para cada número de lonas y cada diámetro de la polea corresponde a la velocidad máxima, expresada en r/min, con la cual puede ser usada esa polea. Por ejemplo, para una polea de 20.32 cm (8") de diámetro, la velocidad máxima, con una correa de 3 lonas, es de 2.870 r/min; a esa velocidad la potencia transmitida por centímetro de ancho, es de 2.48 caballos de fuerza.

Como se observa en la Tabla 1, la potencia transmitida por cm de ancho de la correa aumenta directamente con la velocidad, para un mismo diámetro y con el diámetro de la polea para una misma velocidad. También aumenta con el número de lonas.

Así mismo, a medida que la correa es más gruesa, esto es con mayor número de lonas, el valor del diámetro mínimo de la polea aumenta. Por ejemplo, en una correa de 3 lonas, si la polea gira a 1.400 r/min, el menor diámetro de la polea será de 10.2 cm (4"); en cambio si se quiere usar una correa de 4 lonas, el diámetro de la polea deberá ser igual o mayor a 12.7 cm (5") y para 5 lonas de 25.4 cm (10"). Esto se debe hacer para evitar el patinaje y la reducción de la vida de las correas más gruesas por el excesivo doblamiento sobre la polea.

De los cuatro factores que intervienen en el cálculo del ancho de la correa queda por determinar el factor de arco de contacto, el cual depende de los diámetros de las poleas y de la distancia entre centros.

La Tabla 2 se elaboró para las condiciones de los trapiches paneleros con base en ecuaciones y tablas citadas por Marks y Baumeister (6); y se puede observar que el factor de arco de contacto aumenta directamente con la distancia entre centros para un mismo par de poleas y disminuye para un distancia cualquiera entre centros, a medida que la diferencia de los diámetros de las poleas es mayor.

TABLA 2. Factor de arco de contacto, según la distancia entre centros y la diferencia de los diámetros de las poleas.

(D-d) cm	Distancia entre Centros, cm						
	200	250	300	350	400	450	500
40	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
50	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99
60	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98
70	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
80	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
90	0.93	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97

Sin embargo, se puede deducir de esta tabla que si no existe otro factor limitante en el diseño del trapiche, no se justifican distancias entre los ejes del molino y el motor mayores de 3.50 m. Lo anterior, porque el factor de arco de contacto no aumenta a partir de este valor, pero sí aumentan los costos de la correa por la mayor longitud; además, se incrementan las cargas sobre los rodamientos del motor y del molino, por el peso y tensión de la correa.

Las variaciones en el ancho de la correa, cuando se usan distancias entre centros, comprendidas entre 2 y 3.50 m, son poco significativas y la correa resultaría más económica al utilizar una distancia entre centros más corta. Sin embargo, se debe procurar que haya suficiente espacio entre el molino y el motor para facilitar las labores del bagacero, disminuir el efecto de las vibraciones del motor sobre el molino y proteger un poco al alimentador de caña del ruido y gases del motor. De acuerdo con estas consideraciones, una distancia entre los ejes de la polea del motor y el volante del molino, que varíe entre 3 y 4 m, es la más recomendable.

Cálculo de Longitud de la Correa

Después de establecido el diámetro de la polea motriz y fijada una distancia entre centros de esta polea y el volante del molino, la operación siguiente es calcular la longitud teórica de la correa, que se puede hacer mediante la siguiente ecuación:

$$L = 2c + 1,57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4c} \quad [4]$$

donde:

- L = Longitud de la correa, m
- c = Distancia entre ejes de las poleas, m
- D = Diámetro del volante del molino, m
- d = Diámetro de la polea motriz, m

Debido al estiramiento de la correa y para obtener una tensión inicial adecuada, se recomienda recortar las correas de tal manera que su longitud sea de 1% menor que el valor calculado con la ecuación 4. También es recomendable montar el motor sobre una base corrediza que permita desplazarlo a medida que la correa se vaya estirando. De esta manera, las tensiones,

cundo la correa está nueva, no son muy altas y se puede mantener una tensión adecuada a medida que la correa se alarga, sin necesidad de recortarla.

A continuación se desarrolla un ejemplo que ayuda a aclarar el manejo de las tablas y las ecuaciones presentadas:

Se tiene un molino de 8" x 8", (con mazas de 20 cm de diámetro por 20 cm de longitud) que posee un volante de 0.85 m y una relación de transmisión de 15 a 1. Las mazas deben girar a unas 13 r/min, y el molino será accionado por un motor de 10 caballos de fuerza, cuyo eje gira a 850 r/min: calcular las dimensiones de la polea motriz, y el ancho y la longitud de la correa.

El primer paso para el desarrollo del problema es el cálculo de la velocidad del volante, que se hace por medio de la ecuación 1:

$$V = \frac{13r}{\text{min}} \times 15 = 195 \text{ r/min}$$

Conocido este valor, se calcula el diámetro de la polea del motor por medio de la ecuación 2:

$$d = \frac{195 \text{ r/min} \times 0,85 \text{ m}}{850 \text{ r/min}} = 0,195 \text{ m} \approx 0,20 \text{ m} \quad [2]$$

Se observa en la Tabla 1 que la polea de 20 cm de diámetro, colocada en el motor, permite el uso de correas de 3, 4 ó 5 lonas, dependiendo esta selección del ancho del volante, principalmente.

El próximo paso es el cálculo del ancho de la correa, que se hace por medio de la ecuación 3:

Si se considera para esta ecuación que el factor de servicio es igual a 1.5, faltaría definir el factor de arco de contacto y la potencia transmitida por cada centímetro de ancho de la correa. Como el problema no presenta ninguna restricción de diseño en cuanto a la distancia entre centros de la polea, se puede tomar el valor recomendado de 3.50 m y con este valor entrar en la Tabla 2, donde al cruzarlo con el valor de la diferencia de diámetro de la polea (85 cm - 20 cm = 65 cm), se encuentra que el factor de arco de contacto es de 0.975 (interpolando), o sea aproximadamente 0.98. Conocido este factor se hacen tan-

teos con el número de lonas para establecer el ancho de la correa mediante los valores que aparecen en la Tabla 1, para la potencia transmitida así:

Para 3 lonas:

$$A = \frac{10 \text{ H.P} \times 1.5}{0.98 \times 1.02 \text{ H.P/cm}} = 15.0 \text{ cm (6,0")}$$

Como la correa es relativamente ancha y posiblemente el valor calculado es mayor que el ancho del volante, entonces se hace el tanteo para 4 lonas:

$$A = \frac{1.5 \times 10 \text{ H.P}}{0.98 \times 1.49 \text{ H.P/cm}} = 10.3 \text{ cm (4.0")}$$

Así mismo para 5 lonas:

$$A = \frac{1.5 \times 10 \text{ H.P}}{0.98 \times 1.85 \text{ H.P/cm}} = 8.3 \text{ cm (3.3")}$$

Dependiendo del ancho del volante del molino, el cual debe ser 1 a 1.5 cm más ancho que las correas calculadas anteriormente, y de la disponibilidad de correas en el mercado, se puede seleccionar una de 3; 4 ó 5 lonas cuyo ancho sea de 15 cm (6"); 10 cm (4") ó 8.3 cm (3.5"). Sin embargo, aparentemente la mejor combinación es la de 4 x 4", ó sea 4 lonas por 4 pulgadas de ancho (10.3 cm).

Al establecer el ancho de la correa, se determina su longitud por medio de la ecuación 4:

$$L = 2 \times 3.50 \text{ m} + 1.57 \left(\frac{0.85 + 0.20 \text{ m}}{4 \times 3.50 \text{ m}} + (0.85 - 0.20 \text{ m})^2 \right) = 6.68 \text{ m}$$

Siguiendo el anterior razonamiento se elaboró la Tabla 3, en la cual se presentan alternativas de selección de correas y poleas para algunos

de los molinos fabricados en el país. Desafortunadamente en muchos de los catálogos de las fábricas de molinos no aparecen especificaciones sobre relaciones de transmisión y casi en ninguno de ellos existen las dimensiones de los volantes, razón por la cual en esa tabla no aparecen algunas marcas. La velocidad de las mazas que aparecen en ella corresponde a las máximas de las recomendadas por García (4), o sea el equivalente a una velocidad periférica de 8 m/min, para compensar las pérdidas de velocidades ocasionadas por el patinaje de la correa y por la baja de velocidad del motor con la carga.

Los datos de la Tabla 3 permiten afirmar que sólo un porcentaje muy bajo de los modelos de los molinos puede ser accionado con motores de 1.750 r/min, por lo menos directamente, y de los 27 molinos que aquí aparecen, sólo dos podrían ser accionados por motores de 2.600 r/min. Esto permite concluir que en la mayor parte de los molinos accionados por motores eléctricos de 1.750 r/min es necesario o utilizar un eje intermedio, o hacer la transmisión de potencia por correas en V. En el caso del eje intermedio la metodología empleada en este artículo sirve para calcular las dimensiones de las poleas y las correas

Así mismo, en el caso de motores de gasolina, cuya velocidad óptima para accionar molinos puede estar entre 2.600 y 3.000 r/min, es necesario un reductor de velocidad incorporado. Este aparato reduce la velocidad de 3 a 1, o sea que el eje de salida daría de 850 a 1000 r/min.

Los datos que figuran en la citada Tabla 3 son para una distancia entre centros de las poleas de 3.50 m y, aunque con el motor de 850 r/min todos los molinos cumplen con los diámetros mínimos de la polea motriz, algunos bien sea por relaciones bajas de transmisión o por un volante de diámetro muy pequeño no permiten el uso de correas de 5 lonas, presentándose unas correas muy anchas y que pueden superar el ancho del volante del molino.

Los fabricantes deben tener en cuenta que a medida que se tiene un molino con mazas de mayor diámetro, se deben aumentar la relación de transmisión, el diámetro y el ancho del volante del molino, porque las mazas deben girar a más bajas revoluciones y porque se necesita una mayor potencia para accionar el molino.

La inquietud que podría existir sobre por qué actualmente algunas correas más angostas que las presentadas en la Tabla 3 sirven para accionar los molinos, puede ser explicada con las siguientes razones:

TABLA 3. Diámetro de la polea motriz, ancho y longitud de la correa, de acuerdo con el número de lonas de la correa, para el accionamiento de algunos molinos paneleros.

Marca	Modelo	Poten. consu. H.P.	Vel. mazas r/min	Rel. trans. molino	Vel. volante r/min	Diámetro volante cm	Motor 850 r/min					Motor 1750 r/min				
							Diámetro polea cm	Ancho correa (cm)			Long.** m	Diámetro polea cm	Ancho correa (cm)			Long. correa m
							3 L cm	4 L cm	5 L cm		3 L cm	4 L cm	5 L cm			
APOLO	3B	9.0	13 *	11.3:1	146	79	14	20	14	-	8.48	-	-	-	-	
	3C	12.0	12	11.3:1	135	79	13	28	20	-	8.47	-	-	-	-	
	4C	13.0	10	11.3:1	113	89	12	33	24	-	8.63	-	-	-	-	
	5STD	15.0	10	20.0:1	200	89	21	22	15	12	8.76	10	22	-	-	8.60
	8STD	20.0	8	23.1:1	185	89	19	32	22	17	8.74	-	-	-	-	
EL PANELERO	R-2	3.5	16	20.0:1	320	76	29	4	-	-	8.66	14	4	-	-	8.45
	R-4	10.0	12	11.0:1	132	99	15	20	14	-	8.85	-	-	-	-	
	R-5	11.5	13	11.3:1	147	99	17	21	14	11	8.87	-	-	-	-	
	R-8s	12.0	12	14.5:1	174	99	20	18	13	10	8.92	10	18	-	-	8.77
	R-8Ac	12.0	12	22.8:1	274	99	32	12	8	7	9.09	16	12	8	-	8.85
	R-14Ac	18.0	9	24.7:1	222	76	20	28	19	15	8.53	-	-	-	-	
R-20Ac	25.0	8	24.7:1	198	76	18	43	30	24	8.50	-	-	-	-		
GERREY	Mascota	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	13-V	11.5	13	12.4:1	161	86	16	21	15	-	8.64	-	-	-	-	
	Sucesor	14.0	12	14.0:1	168	97	19	22	15	12	-	-	-	-	-	
HAKSPIEL	5	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6	6.0	17	12.0:1	204	100	24	8	5	-	8.99	12	8	-	-	8.81
	8	9.5	13	12.2:1	159	100	19	16	11	8	-	-	-	-	-	
	10	13.5	10	18.4:1	184	100	22	19	13	11	8.95	11	19	-	-	8.80
	10A	15.3	10	18.4:1	184	100	22	22	15	12	8.95	11	22	-	-	8.80
	12	19.0	8	17.8:1	142	100	17	35	24	19	8.88	-	-	-	-	
12A	21.0	8	17.8:1	142	100	17	38	27	21	8.88	-	-	-	-		
PENAGOS	TH-6	7.5	13	11.0:1	143	97	16	14	10	-	8.83	-	-	-	-	
	TH-8	11.5	13	14.0:1	182	97	21	17	12	10	8.89	10	17	-	-	8.74
	TH-10	14.5	10	20.8:1	208	97	24	19	13	11	8.93	12	19	-	-	8.76
	TH-11	16.5	10	18.3:1	183	97	21	24	17	14	8.89	10	24	-	-	8.74
	TH-12	19.0	8	21.0:1	168	97	19	30	21	17	8.87	-	-	-	-	
	TH-16	23.0	8	20.0:1	160	102	19	37	25	20	8.95	-	-	-	-	

* Valores equivalentes a 8 m/min de la velocidad tangencial o periférica de la maza mayal.

** Valor teórico para distancia entre centros de 3.50 m.

- La velocidad recomendada por los fabricantes de molinos, generalmente supera a los 8 m/min y, por tanto, la velocidad del volante y la correa serán más altas, con lo que se obtiene una mayor transmisión de potencia por cada cm de ancho de la correa. Pero hay que tener en cuenta que así como al aumentar la velocidad de las mazas se aumenta la capacidad, también se reduce la extracción y se aumenta el consumo de potencia. Como el motor no puede suplir este incremento de potencia, es necesario reducir la alimentación de caña, o sea que el aumento de capacidad no existe en la práctica por limitantes de potencia y se reduce el ancho de alimentación. Esto también trae como consecuencia un desgaste desigual de las mazas, porque se alimentan sólo por el centro. Mejor es bajar la velocidad y alimentar en toda la extensión de las mazas.
- Existe la tendencia de algunos fabricantes a sobestimar la capacidad y subestimar el consumo de potencia de sus molinos. Esto hace que el productor de panela tenga que reducir, como en el caso anterior, la alimentación del molino.

Un valor promedio que puede servir de indicativo es que por cada tonelada de caña de capacidad, se necesitan 8 caballos de potencia. Las dos razones anteriores muestran que muchos de los equipos de molienda están subutilizados por recomendaciones inadecuadas.

ALINEACION DE LAS POLEAS

En los molinos accionados por motores (por medio) de correas, la polea del motor debe quedar perfectamente paralela al volante del molino y sus dos planos centrales han de coincidir exactamente (7).

En la Figura 3(A) los dos planos de las correas no coinciden y sus ejes no están paralelos. En la Figura 3(B) los ejes de las dos máquinas están paralelos, pero sus planos centrales no coinciden y en 3(C), las dos poleas están perfectamente alineadas.

Para conseguir alineación se tiende una cuerda desde el punto más distante de la polea accionada (volante) y, manteniéndola bien tirante, se va moviendo el motor hasta que la cuerda toque los dos extremos de las poleas. Una vez realizada esta operación, se procede a nivelar el motor.

También es importante colocar la polea en el motor, antes de ponerlo sobre la base. Para ello se coloca la polea sobre el extremo del eje y se va introduciendo lentamente, martillando sobre un taco de madera. Dicho taco se debe apoyar sucesivamente alrededor del cubo y simultáneamente hay que aplicar al otro extremo un objeto apropiado, un mango de martillo para evitar averías en los cojinetes y anillos de engrase del motor. Así mismo, para retirar las poleas se debe utilizar un extractor de poleas de tornillo (7).

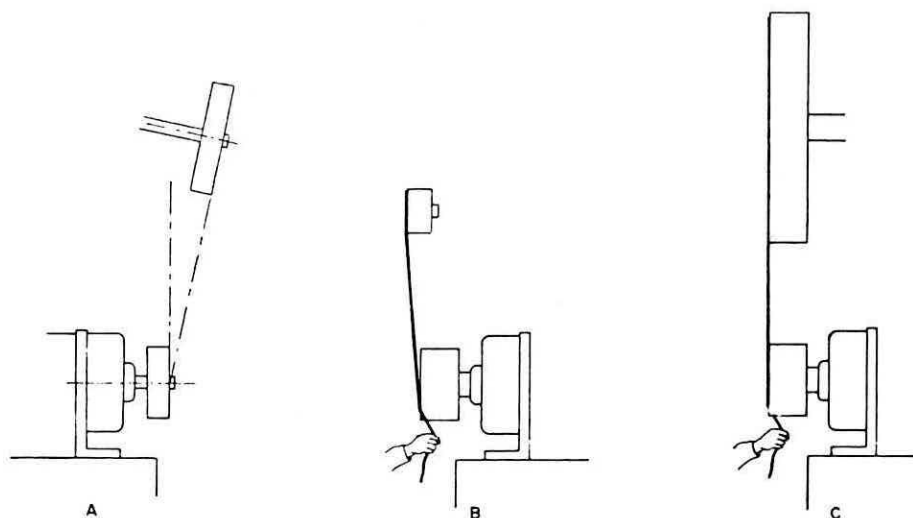


FIGURA 3. Alineación de las poleas: A) Incorrecta; B) Incorrecta; C) Correcta.

INSTALACION DE LAS CORREAS

Como se vio anteriormente, las correas planas nuevas deben ser cortadas descontando el 1% de la longitud requerida. Esta longitud puede ser calculada por medio de la ecuación 4; o si el motor y el molino ya están instalados, se puede medir por medio de un cordel que se pasa tirante sobre las poleas de las dos máquinas en la posición definitiva de la correa (6).

En el período inicial de adaptación de la correa se debe tener especial cuidado para que ésta no vaya a sufrir o causar daño al equipo. La tensión ideal no debe ser más de la necesaria para impulsar la carga máxima sin patinar. Esto puede encontrarse después de varios ensayos. Una disminución de un 10% en la tensión aumentará en un 60% la vida de la correa (8).

La unión o junta es la parte más débil de la correa; por ello requiere la mayor atención. El corte de la correa debe hacerse perfectamente a la escuadra de sus dos extremos para lograr una unión adecuada. Se usan cinco tipos de empalmes para correas planas, así:

- 1) Por grapas de metal llamadas caimanes; 2) Por costura; 3) Por remaches; 4) Por broches; 5) Por vulcanización.

En el caso de los trapiches paneleros los más utilizados son los llamados caimanes (Figura 4A), cuyo tamaño debe ser seleccionado de acuerdo con el espesor de la correa. Para hacer este empalme, cada mitad de la unión de ganchos se clava en un extremo de la correa; después se acoplan las dos uniones, metiendo cada saliente en cada entrante de la otra; así queda un hueco por donde se introduce una varilla que une las dos mitades (2).

El sistema de costura es bueno y económico para empalmar las correas, aunque algo más lento de hacer. Para la costura se usan correitas de cuero, aunque actualmente ciertos materiales plásticos pueden ser adecuados y se consiguen, en ambos casos, juntas o uniones que ruedan con toda suavidad sobre la polea.

Para hacer esta unión se empieza taladrando los agujeros para pasar las correitas. Los agujeros deben ser proporcionales al ancho de la banda y de la correita y no deben hacerse a menos de 15 mm, de los extremos de la correa, ni a menos

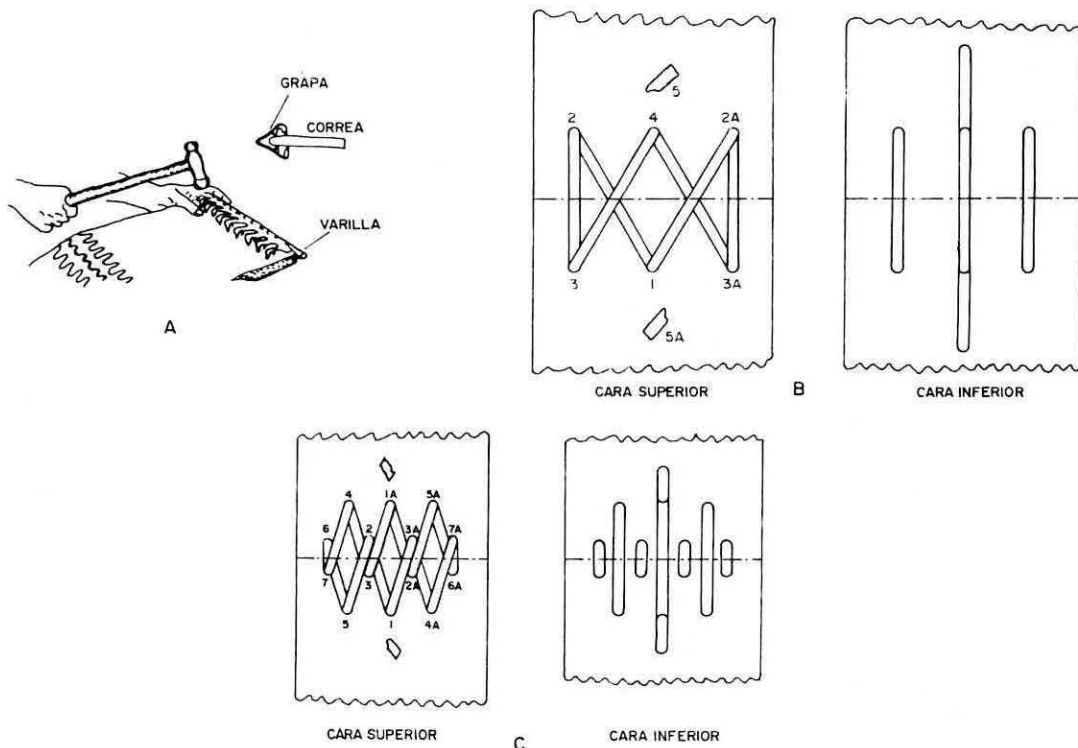


FIGURA 4. Empalme de las correas: A) Por caimanes; B) Costura sencilla; C) Costura doble.

de 12 mm de su borde lateral (2); si la correa tiene 5 a 8 cm de ancho, se deben hacer de 4 a 5 agujeros en una sola línea y espaciados regularmente como se muestra en la Figura 4(B).

Para realizar la unión, lo primero que se tiene que hacer es asegurarse que la correa no esté torcida; luego, un extremo de la tira debe pasarse por el agujero del medio, identificado con el número 1, de abajo para arriba, para seguir con el extremo superior de la tira o correita por el agujero 2; de ahí, por debajo, por el agujero 3 hacia arriba; de ahí otra vez por el 2, 3 y 4; luego por el 5, donde el nudo hecho en la tira impide que se deshaga la costura. Igual se hace con el extremo inferior de la correita para la otra mitad de la correa (agujeros 2A, 3A y 5A).

Para correas de más de 8 cm de ancho, se debe usar la forma de costura indicada en la Figura 4(C), lo cual se hace con dos hileras de agujeros en cada extremo de la correa, espaciados regularmente como en el caso anterior. En este caso la hilera más cercana al extremo de la correa tiene un agujero más que la otra. Para amarrar la correa se sigue la misma metodología de la Figura 4(B), siguiendo el orden de los números como se muestra en la Figura 4C (8).

Los empalmes de remache, broches y vulcanización son poco empleados. Los dos primeros porque si no son bien hechos pueden ocasionar accidentes, además de los golpes sobre las poleas. El sistema de vulcanización es el ideal para las uniones de las correas; sin embargo, necesita condiciones especiales que no se consiguen en las áreas de producción de panela.

DAÑOS DE LAS CORREAS, CAUSAS Y SOLUCION

La inspección y mantenimiento aumentará considerablemente la vida de las correas. A continuación se presentan algunos de los daños más frecuentes, sus causas y la manera de solucionarlos, de acuerdo con recomendaciones ofrecidas por técnicos del SENA (8).

Desgaste de un Borde de la Correa

Causas:

- Desalineación de la base del motor.
- Desgaste de la base del motor.

- Árboles desalineados.
- Superficies descentradas de las poleas.
- Poleas desgastadas.
- Exceso de la carga en la polea.
- La correa no se cortó a escuadra.

Para determinar esta última causa, intercambie los extremos de la correa y si el daño continúa en el lado opuesto, el daño es en la unión.

Solución: Elimine la causa.

Patinaje de la Correa

Causa:

- Correa demasiado larga que produce tensión insuficiente.
- Curvatura de la llanta demasiado aguda, que causa desgaste rápido y brillantez en un área delgada de contacto (Figura 5A).
- Demasiado polvo.
- Carga excesiva para la capacidad de la correa.

Solución:

- Aumente la tensión acortando la correa o separando más el motor.
- Rebaje la curvatura de la llanta de la polea de acuerdo con los datos recomendados por Bouche et al (3).
- Si lo anterior no soluciona el problema, añada pegante para correas.
- Disminuya la carga o use una correa de mayor número de lonas, mayor capacidad de carga o más ancha.

Pedazos que se Arrancan de la Parte Inferior de la Correa (Figura 5B)

Causa: Pegante usado en la correa.

Solución: Use el pegante especial para la correa considerada.

Separación de las Lonas en el Centro de la Correa

Causa:

Diámetro de la polea muy pequeña. Tensión excesiva. La calidad del material de que está hecha la correa no corresponde a la clase de trabajo.

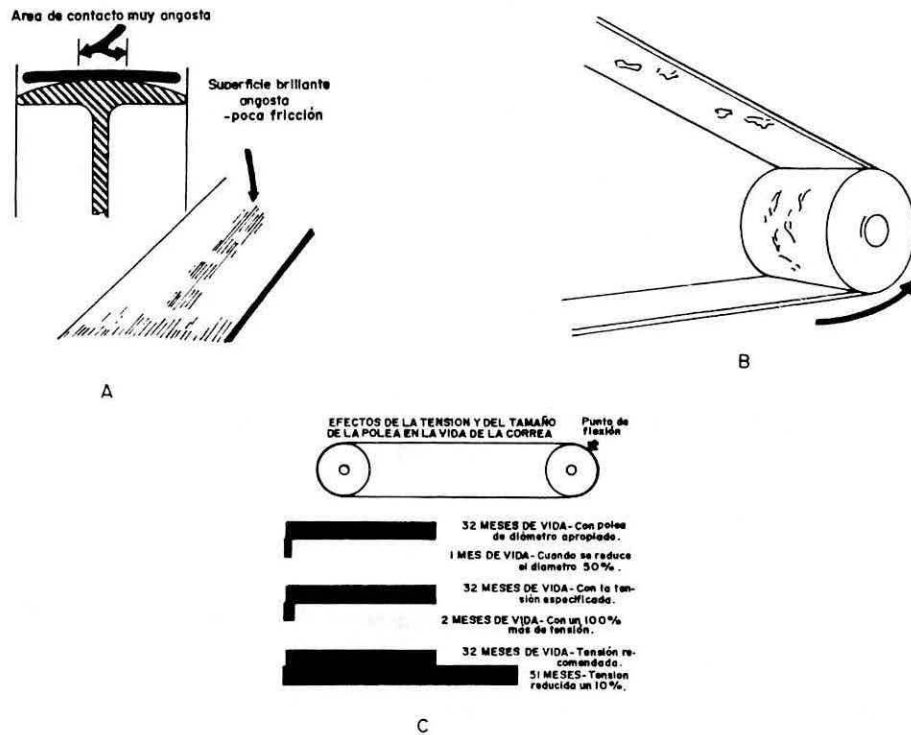


FIGURA 5. Problemas de funcionamiento de las correas: A) Patinaje por excesiva curvatura de la polea; B) Daños por pegante; C) Efecto de la tensión de la correa y del diámetro de la polea.

Solución:

Haga las correcciones necesarias o cambie la correa por una de mayor resistencia a la fricción; su efecto se ve en la Figura 5(C).

ALMACENAMIENTO DE LAS CORREAS

Las correas de transmisión de caucho deben ser guardadas siempre en sitios fríos y secos donde no estén expuestas a los rayos solares, tubos calientes, aceites o vapores corrosivos.

CONCLUSIONES

- Las correas o bandas planas son los elementos más usados en la transmisión de potencia del motor a los molinos paneleros. Dichos elementos presentan grandes ventajas como alta flexibilidad y elasticidad, las cuales permiten eliminar las fuerzas vibrantes, y una eficiencia a alta velocidad y bajo costo.

- El desconocimiento de los parámetros de selección de las bandas y poleas por parte de los paneleros y las fallas en el diseño de los molinos dificultan la obtención de las condiciones adecuadas de funcionamiento del equipo de molienda.
- Además de la metodología para la selección, montaje y mantenimiento de poleas y correas, se dan algunas recomendaciones de diseño de la transmisión interna del molino y de la ubicación molino motor, así como indicaciones para el diseño de las poleas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASAE. **Agricultural Engineers YearBook**. 1980-1981. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers. p. 162-173.
- Bermeo, Z.A. 1972. Manual práctico del mecánico agrícola. Madrid, Ministerio de Agricultura. p. 203-216.

3. **Bouche, Ch.; Ruge, J.; Eberth, K.A.; Kolher, G.** 1979. Elementos de tecnología mecánica. *In*: *Dubbel-Manual do Engenheiro Mecânico*. Sao Paulo, Hemus. p. 789-795.
4. **García B., H.R.** 1985. Selección y operación de los molinos paneleros, Bogotá ICA - Programa de Procesos Agrícolas. (Conferencia presentada al curso sobre procesamiento de caña para producción de panela. (Pitalito Huila). 45 p.
5. **García B., H.R.; Moreno P., F.** 1977. Proceso de elaboración de panela. Bogotá, ICA - Programa de Procesos Agrícolas. (Conferencia presentada al curso de procesamiento de caña panelera. Pereira). 75 p.
6. **Marks, L.S.; Baumeister, T.** 1967. Manual del Ingeniero Mecánico de Marks. México, Unión Tipográfica Hispanoamericana. 1200 p.
7. **Pares, J.M.** 1974. Manual del instalador de motores eléctricos. Barcelona, CEAC. 223 p.
8. **SENA.** 1963. Mecanismos. *In*: *Curcos de aprendizaje*. Bogotá, SENA, División Industrial, Unidad No. 7. P. C-7-1 a C-8-68.
9. **Shigley, J.E.** 1980. Diseño de ingeniería mecánica. Bogotá, McGrawHill. 785 p.

MODELO DE SIMULACION PARA EL MOVIMIENTO DE PRODUCTOS QUIMICOS EN EL SUELO

Joaquín Sanabria Rodríguez*

RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo de simulación con sus bases matemáticas, supuestos y limitaciones, lo mismo que su solución utilizando el microcomputador. Se ilustra mediante gráficas el efecto de las propiedades químicas del producto, de las propiedades del suelo y de factores climáticos sobre el movimiento de agroquímicos a través del suelo. El modelo puede ser usado para tomar importantes decisiones relacionadas con la efectividad de los productos y con el impacto ambiental de los agroquímicos dada su potencialidad contaminante de aguas subterráneas y superficiales.

Palabras Claves Adicionales: Supuestos y limitaciones, efectividad, impacto ambiental, agroquímicos, contaminantes, aguas subterráneas y superficiales.

ABSTRACT

Simulation Model for Movement of Chemical Products in the Soil

This paper presents a simulation model with its mathematical basis, assumptions and limitations, and its solution by the microcomputer. It is illustrated by graphs the impact of chemical properties, soil properties and climatic factors over the movement of chemicals in soils. The model may be used to make decisions related with the product efficiency and with the environmental impact of agrochemicals, given their potencial contaminant effect for ground and superficial waters.

Additional Index Words: Assumptions and limitations, efficiency, environmental impact, agrochemicals, contaminants ground and superficial waters.

* I.A., M.S. Sección de Estadística y Biometría. ICA. CNI Tibaitatá. A.A. 151123 Eldorado-Bogotá, Colombia.