



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

TRABAJO DE DIPLOMA

*Análisis del sistema de transportación de bagazo en
el central Uruguay”*

Autora: Loris Leidys Borroto Marroquín

Tutor: Dr. Ing. Eusebio Pérez Castellanos

Curso 2015-2016

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma de los Autores

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento donde
se defiende el trabajo

PENSAMIENTO

El futuro es ese periodo de tiempo en el que prosperan nuestros negocios, nuestros amigos son verdaderos y nuestra felicidad segura.

Ambrose Bierce
(1842-1914) Escritor estadounidense.

DEDICATORIA

DEDICATORIA

Por su amor este trabajo en especial va dedicado a nuestra madre por confiar siempre en nosotros. A todos nuestros familiares y amigos por motivarnos a seguir avanzando.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor y amigo Dr.C. Eusebio Perez Castellanos por su contribución y asesoría en la realización de este trabajo de diploma.

A nuestra madre Ana Emilia, por ser nuestra inspiración a seguir en esta carrera.

Gracias a usted hemos llegado al final, pues su apoyo siempre fue lo mejor para nuestras vidas como profesionales.

A mi tío y amigo Jose Luis por su disposición ante las circunstancias.

A nuestros compañeros de escuela por su ayuda y preocupación

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y sus profesores por darnos las herramientas de aprendizaje necesarias para el conocimiento ingenieril.

A aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron al desarrollo de este trabajo

A TODOS MUCHAS GRACIAS

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un análisis del sistema de transportación de bagazo en la UEB Azucarera “Uruguay”, de Jatibonico. Se analiza el sistema completo de transportación, compuesto por 8 transportadores, todos de rastrillos, con trazas muy complejas en algunos casos, ya que en la actualidad se impone una sustitución de varios de estos equipos por la obsolescencia de los mismos y con vistas a decidir si se montan otros transportadores de rastrillos o algunos de ellos se sustituyen por transportadores de banda, que son equipos con un índice menor de consumo de energía por tonelada de material transportado.

Abstract

In this work an analysis of the bagasse transportation system in the UEB Sugar "Uruguay" Jatibonico is developed. The entire transportation system, consisting of 8 conveyors, all of rakes, with complex traces. At present time the substitution of several of these equipments due the obsolescence of them is necessary, so the factory needs to decide if new rakes conveyors will be mounted or some of them will be replaced by belt conveyors, which are devices with a lower rate of energy consumption per tonne of transported material.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

Introducción.....1

CAPÍTULO I: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE BAGAZO EN EL CENTRAL URUGUAY

1.1. Introducción.....7

1.2.. Estructuración del sistema.

1.2.1. Descripción general del sistema.

1.2.2. Descripción de los transportadores individuales... 7

Conclusiones parciales.....10

CAPÍTULOII: DIAGNÓSTICO DE LOS TRANSPORTADORES DE BAGAZO.....11

2.1. Introducción

2.2. Metodología de diagnóstico para transportadores de rastrillo

2.2.1. Capacidad

2.2.2. Tensiones..... 13

.2.3. Potencia..... 15

2.2.4. Algoritmo para el diagnóstico de los transportadores de rastrillos.....17

2.3. Metodología de diagnóstico para transportadores de banda..... 20

2.3.1. Capacidad

2.3.2. Tensiones.....22

2.3.3. Potencia23

2.3. 4. Algoritmo para el diagnóstico de los transportadores de banda.....24

Conclusiones del Capítulo.....26

CAPÍTULO III : APLICACIÓN DE LOS DIAGNÓSTICOS AL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN27

3.1. Introducción..... 27

3.2. Transportador de bagazo # 1 (rastrillos)..... 27

3.3. Transportador de bagazo # 2 (rastrillos)..... 29

3.4. Transportador de bagazo # 4 (rastrillos)..... 30

3.5. Transportador de bagazo # 3 (rastrillos)..... 31

3.6. Transportador de bagazo # 5 (rastrillos)..... 33

3.7. Resumen Del diagnóstico del sistema..... 35

Conclusiones del capítulo..... 36

CONCLUSIONES GENERALES.....37

RECOMENDACIONES.....38

BIBLIOGRAFÍA..... 39

ANEXOS.....40

INTRODUCCIÓN.

El grupo Azcuba ha recibido la encomienda de modificar las plantas de generación de electricidad con biomasa cañera como combustible hasta llegar en el año 2030 a una potencia instalada de 850 MW a nivel nacional.

Uno de los ingenios que ha recibido esta encomienda es el Uruguay, por la elevada capacidad de molienda que lo ubica entre los ms grandes del país. Su capacidad instalada de generación de electricidad debe alcanzar los 70 MW de los 30 que posee actualmente.

Los equipos de transportación de bagazo en la industria azucarera cubana son fundamentalmente transportadores de rastrillos, con una tecnología antigua y muchos años de explotación.

En el caso del Uruguay, en la zafra pasada este sistema fue la causa de la mitad del tiempo perdido en calderas, o sea, un 2 % del tiempo total planificado para la molienda y un 25 % de todo el tiempo perdido en la industria.

El sistema está constituido por 8 transportadores de bagazo, que se describen en el trabajo, con una interconexión muy compleja, con cadenas que tienen ya muchos años de trabajo y órganos de arrastre, (rastrillos) constituidos por tubos de 3 pulgadas, muy pesados y que originan un elevado consumo de energía. Los antiguos órganos de arrastre de madera han venido siendo sustituidos por estos elementos, que aprovechan los tubos utilizados en las calderas una vez que estos son desechados en los generadores de vapor.

Debido a estos

En este trabajo se propone un análisis del sistema del sistema de transportación de bagazo ya que se ha propuesto la sustitución completa del mismo en un período de 2 a 3 años, dada la obsolescencia del actual y la gran cantidad de interrupciones que origina en cada período de zafra.

Problema:

El problema que se propone resolver en este trabajo es la necesidad de conocer con la mayor profundidad posible el sistema de manipulación de bagazo de la UEB Azucarera "Uruguay", con vistas a proponer las modificaciones que permitan hacer más eficiente el trabajo de dicho sistema desde el punto de vista tecnológico y energético.

Hipótesis:

Mediante un diagnóstico del sistema de transportación de bagazo en la UEB “Uruguay” es posible conocer si es viable la sustitución de los conductores de rastrillo por conductores de banda.

Objetivo general:

Elevar la eficiencia tecnológica y energética en el sistema de transportación de bagazo de la UEB “Uruguay”.

Objetivos específicos:

- Entregar a la industria un estudio del sistema de transportación de bagazo existente.
- Aplicar un diagnóstico a dicho sistema mediante la aplicación de metodologías, montadas en hojas de cálculo Excel.
- Recomendar las modificaciones que permitan mejorar la eficiencia tecnológica y energética del sistema.

Justificación:

La necesidad del trabajo se justifica, en un análisis profundo de estos sistemas, dada la perspectiva de crecer nacionalmente hasta unos 850 MW h en la generación de electricidad en la industria azucarera cubana y zafras de hasta 150 días y específicamente hasta 70 MW h en este centro; así como la falta de insumos para estos sistemas de transportación y la ineficiencia que esto conlleva.

Como ventaja inicial el trabajo permite a los especialistas de la fábrica conocer con mayor profundidad el sistema actual y planificar las estrategias de mantenimiento y reposición de componentes en el sistema.

Viabilidad:

Es totalmente viable desarrollar el diagnóstico del sistema, dado que se cuenta con las herramientas matemáticas y de cómputo para hacerlo.

Marco teórico:

Para desarrollar este trabajo se analizaron las características de los transportadores de rastrillos y de bandas, así como las metodologías de cálculo de estos equipos, las cuales han sido desarrolladas en la Universidad Central de las Villas y que han sido implementadas en varias empresas azucareras de Villa Clara y Las Tunas como parte de un proyecto de investigación.

Tareas desarrolladas:

Como el sistema está compuesto fundamentalmente por transportadores de rastrillo, a los que se adicionó un transportador de banda se desarrollaron las siguientes tareas:

1. Se estudiaron con profundidad las metodologías de cálculo que es necesario aplicar en estos casos.
2. Se llevó a cabo una reunión de trabajo con el personal de dirección de la industria y el personal técnico que dirige la operación de los transportadores.
3. Se hizo un levantamiento total del sistema de transportación de bagazo.
4. Se montaron las metodologías de cálculo de los transportadores en hojas de cálculo Excel.
5. Se llenaron todas estas hojas con los datos obtenidos en la empresa.
6. Se analizaron diversos escenarios de montaje y operación para cada equipo.
7. Se obtuvieron las variantes más recomendadas en cada caso y equipo.
8. Se discutieron estas variantes con la dirección técnica de la industria.

DESARROLLO.

CAPÍTULO I: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE BAGAZO EN LA UEB “URUGUAY”

1.1. Introducción.

En este capítulo se desarrolla un análisis del sistema de manipulación de bagazo en la UEB Uruguay, el cual es absolutamente necesario para poder desarrollar un diagnóstico adecuado, que permita conocer la situación actual y recomendar las medidas para mejorar la eficiencia tecnológica y energética del sistema.

Para desarrollar este capítulo fue necesario un contacto primario con los técnicos de la fábrica, la toma de mediciones y de todos los datos.

1.2. Estructuración del sistema.

El objetivo del sistema de manipulación de bagazo es recibir todo el bagazo proveniente del último molino, alimentar las calderas y trasladar el sobrante hasta la casa de bagazo, el sistema también permite un retorno desde la casa de bagazo hasta las calderas para las situaciones en las cuales no se estuviera moliendo caña como podía ser en la arrancada, para levantar presión hasta que se comenzara a mover, roturas, o bien para liquidar las existencias en casa de caldera cuando la molida se había detenido. Todas estas tareas son cumplidas por los 8 transportadores de rastrillo[1].

1.2.1. Descripción general del sistema.

En la figura 1 se presenta una vista en planta del esquema general de transportación. Durante el período de molida el transportador de bagazo # 1 recibe el bagazo del último molino del tándem y lo traslada por su rama inferior hasta el transportador de bagazo # 2, éste recibe el bagazo y lo transporta por su rama inferior hasta el final, allí el bagazo cae en el transportador # 4 en la rama superior, este lo traslada a lo largo del conductor hasta una abertura que regula la cantidad de bagazo a consumir por las calderas que son alimentadas por la rama inferior del transportador de bagazo # 4, estas calderas son alimentadas a través de tolvas dosificadoras, el bagazo sobrante, continua por el interior del conductor # 4 hasta llegar al transportador # 6 que toma ese bagazo restante y alimenta al conductor # 5 en su rama superior, el bagazo se desplaza a lo largo del conductor # 5 hasta llegar a una abertura que da paso a su rama interior por la cual se alimentan las calderas, este sobrante toma el transportador # 7 y alimenta nuevamente al transportador # 4. Tanto el conductor # 4 como el # 5 pueden transportar más bagazo que el necesario para las calderas, para ello las aberturas en los conductores mencionados dejan seguir al bagazo hasta el conductor # 8 en su parte superior, este a su vez lo descarga en el conductor # 9 que lo lleva a la casa de bagazo. Esta operación se lleva a cabo mediante la utilización de compuertas de cremallera ubicadas en el fondo de la canal de los transportadores.

Cuando el ingenio no está moliendo, un cargador alimenta por su rama inferior al conductor de bagazo # 9, ubicado en la casa de bagazo, este lo traslada al conductor # 8 por su rama interior, que a su vez lo descarga en el conductor # 5.[2]

1.2.2. Descripción de los transportadores individuales.

Para la descripción de los transportadores de manera individual se utilizaron los esquemas de las figuras de la 2 a la 17 de los anexos y los datos se representan en la tabla 1.

En la primera columna se señala el número que se le ha asignado en la fábrica al transportador. Se señala el ancho del mismo (B) en metros, la altura del rastrillo (H), también en metros, así como el paso de la cadena principal (tsm) y el número de

dientes de los sprockets que la mueven (Z_{sm}). En la segunda columna se muestran los datos de la unidad motriz. Con el siguiente formato:

Motor y se señala la potencia (N), en kW y la velocidad angular (n) en rev/min.

Reductor y se señala la relación de transmisión (U).

Transmisión dentada y se señala el número de dientes de la rueda conductora (Z_1) y de la conducida (Z_2).

En las tablas siguientes se brindan los datos de los distintos tramos en que está dividido el transportador, se señala el número del tramo (Tramo 1, Tramo 2, etc.). Para cada tramo se informa la longitud (L) en metros y el ángulo (β), en grados y se aclara si en su funcionamiento se transporta bagazo en alguna variante de funcionamiento (LL) o si siempre estará vacío (V).[3].

UEB "Uruguay"

Esquemas del sistema de transportación de bagazo

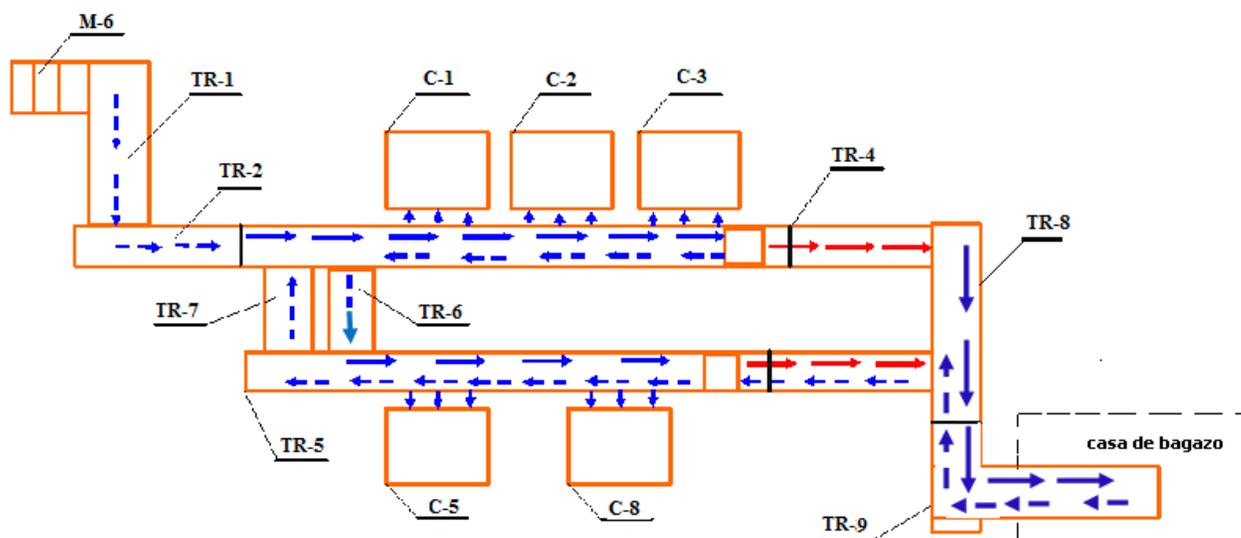


Figura 1. Vista en planta del sistema de transportación de bagazo.

M- Molino
rastrillo

C-caldera

TR- Transportador de

-  Recorrido del bagazo por encima del transportador
-  Recorrido del bagazo por la rama inferior
-  Flujo parcial del bagazo

En este sistema de transportadores existe una potencia total instalada de 451.5 kW. La cadena de 152 mm de paso, que se emplea en los transportadores de bagazo es standard para todos los rastrillos y en total están trabajando aproximadamente 1450 metros de este tipo de cadena. Si se considera el paso de la cadena, de 152 mm, se puede deducir que existen funcionando aproximadamente 9540 eslabones.

Los rastrillos empleados son de dos tipos:

Antes se empleaban solamente los rastrillos convencionales de madera, actual en la UEB no se utilizan por que no están en existencia, ante la escasez de éstos se comenzaron a utilizar rastrillos de tubos laminados de 76 mm (3 pulgadas) de diámetro con raspillas de cabilla y viga canal 150 pero en menor medida ya que son más frecuentes las roturas en estos tipos de rastrillos, por ello para la venidera contienda azucarera se eliminarán.

Con la solución de los tubos el peso de rastrillo ha aumentado alrededor de tres o cuatro veces su peso original. Esto implica un mayor peso propio del órgano de tracción y un mayor consumo de potencia en mover el transportador vacío. Por otra parte ante trabazones por cuerpos extraños o desalineaciones el rastrillo de madera sirve como un "fusible" que se parte ante las sobrecargas y cuya sustitución no es compleja. Con la sustitución por tubos, cuando se han producido trabazones, roturas han sido más significativas y se ha llegado incluso a la situación de desprenderse las bases de los sprockets principales, o sea, que con estas soluciones se han hecho más complejas y costosas las interrupciones.[4]

Si se tiene en cuenta que se monta un rastrillo cada 5 eslabones se puede calcular que la cantidad de rastrillos que se está empleando en total rebasa los 950.

Además de los rastrillos y tolvas el sistema de transportación de bagazo posee una casa de bagazo, la misma posee una longitud de 70 m, un ancho utilizable de 20 metros y una altura de aproximadamente 15 m, por lo que el volumen útil de almacenamiento se puede estimar en 21 000 m³ y se considera una densidad del bagazo de 0,16 t/m³, la capacidad de almacenamiento es de 3360 toneladas de bagazo, suficientes para aproximadamente 30 horas de trabajo de las calderas sin que el tándem esté moliendo.

A continuación se muestra el esquema general del sistema de transportación de bagazo en el ingenio y los datos tabulados de cada transportador. Se desarrollaron además los esquemas de la vista lateral de cada transportador y de la unidad motriz de cada equipo, por lo general compuesta por un motor, un reductor y uno o dos pasos de transmisiones por ruedas de cadenas. En el trabajo se muestra solamente la del primer transportador.

Conclusiones parciales

- La importancia de la misión asignada a este sistema de transportadores, la potencia total instalada, la cantidad de eslabones de cadena así como de metros de cadena y la cantidad de rastrillos así como las interrupciones operativas causadas por el mismo a la fábrica en las últimas zafas requiere que el sistema sea atendido prioritariamente como un elemento de importancia dentro del conjunto de equipos de la fábrica.
- Se requiere desarrollar un diagnóstico del sistema de transportadores de bagazo que permita conocer en qué condiciones de aprovechamiento trabaja el mismo para su posible sustitución por conductores de banda, mejorando así la eficiencia de trabajo como su consumo de energía.
-

Capítulo 2. Cálculo de los datos de los transportadores.

2.1. Algoritmo de cálculo.

Diagnóstico de transportadores de rastrillos.

En este caso se posee un equipo que está realizando una determinada función y se desea conocer la eficiencia con que el mismo trabaja o bien se van a variar algunos parámetros de un equipo y es necesario conocer si el mismo puede realizar las nuevas funciones que se le han asignado. Este será el caso que se explicará en este material y se incluirá el algoritmo básico para el cálculo del mismo. En el transportador de rastrillos los ángulos admisibles de inclinación son mayores que los anteriores y se pueden variar parámetros y componentes similares

Los bloques más importantes del algoritmo son.

1. Bloque de toma de datos.
2. Bloque de cálculo de capacidad.
3. Bloque de cálculo de tensiones.
4. Bloque de cálculo de potencia.
5. Bloque de cálculos de comprobación de la cadena.

Existen a su vez pasos intermedios que pueden servir de elementos de trabajo para los bloques principales – tal es el caso del cálculo de la velocidad lineal del órgano de tracción. Algunos pueden ser opcionales en el diagnóstico.

2.1. Capacidad.

Como se tienen 5 transportadores de rastrillo en este sistema se analizará el sistema de diagnóstico para los mismos.

Para cada transportador se tomó la potencia de chapa de su motor, en kW y su velocidad angular en revoluciones por minuto.

El primer paso que se lleva a cabo es calcular la capacidad potencial del transportador y compararla con la capacidad real. Para ello se lleva a cabo la siguiente secuencia de pasos.

A pie de obra se averigua la relación de transmisión del reductor, los diámetros de la polea conducida y conductora de la transmisión por correas y los números de dientes de los sprockets de la transmisión dentada, con estos datos se puede averiguar la velocidad angular del eje motriz del transportador mediante las expresiones:

$$n_{sm} = \frac{n_m}{U_r \cdot \frac{D_{p2}}{D_{p1}} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3}} \quad (I.1)$$

donde :

n_{sm} – velocidad angular del los sprockets del eje motriz del transportador, en rev/min.

n_m - velocidad angular del motor, en rev/min.

U_r – relación de transmisión del reductor.

D_{p2} – diámetro de la polea motriz, en mm

D_{p1} – diámetro de la polea conducida, en mm.

Z_1 – número de dientes del sprocket motriz en el primer paso de la transmisión por cadenas.

Z_2 – número de dientes del sprocket conducido en el primer paso de la transmisión por cadenas.

Z_3 – número de dientes del sprocket motriz en el segundo paso de la transmisión por cadenas.

Z_4 – número de dientes del sprocket conducido en el segundo paso de la transmisión por cadenas.

En algunos casos (como ocurre en este sistema) no existen correas en la transmisión, en otros casos la transmisión por cadenas solamente tiene un paso. En esas situaciones el cociente que representa a ese paso de la transmisión se iguala a 1.

De igual manera que los datos anteriores se puede contar el número de dientes de los sprockets motrices del transportador y el paso de la cadena (igual al paso del sprocket).

Con los datos anteriores se puede calcular la velocidad lineal del transportador mediante la expresión:

$$V = \frac{n_{sm} \cdot Z_{sm} \cdot t_{sm}}{60 \ 000} \quad (\text{II.2})$$

donde:

V – velocidad lineal del transportador, en m/s.

n_{sm} – velocidad angular de los sprockets del eje motriz del transportador, en rev/min.

Z_{sm} – número de dientes de los sprockets del eje motriz del transportador.

t_{sm} – paso de la cadena principal del transportador, en mm.

No se recomienda que la velocidad lineal de los rastrillos sobrepase los 0,6 m/s (aproximadamente 120 pies/min) ya que eso puede dar lugar a la existencia de cargas dinámicas muy elevadas en la cadena y de un rápido desgaste en la zona de los bujes.

En el caso de los transportadores de banda la velocidad máxima recomendada puede ser más elevada, pueden usarse velocidades de 2 m/s y aún superiores. Esto depende del ancho de banda y del tipo de material a transportar.

De igual manera que los datos anteriores se pueden medir a pie de obra la altura de los rastrillo y el ancho de los mismos, así como la inclinación mayor que se requiere en la elevación del bagazo a través de la traza. A partir de este ángulo se puede asumir un factor de disminución de la capacidad por inclinación del transportador que tiene un valor cero para trazas horizontales y puede disminuir hasta 0,6 para 45^0 . Por encima de este ángulo no es recomendable instalar rastrillos.

Se requiere también asumir un coeficiente de llenado, o sea, determinar que % de la distancia entre rastrillos va a estar lleno de material, este coeficiente para el bagazo se puede asumir entre 0,65 y 0,75.

La densidad del bagazo suelto se tomó de [Oriol, conf. De máquinas transportadoras] como $0,16 \text{ t/m}^3$.

Con estos datos se puede calcular la capacidad potencial que puede transportar el equipo.

Los criterios que se emplean para calcular la capacidad de estos transportadores se basan en la ecuación de continuidad, o sea:

$$Q = \rho \cdot A \cdot V \quad (\text{II.3})$$

donde:

ρ – densidad del material, en t/m^3

A – área de flujo de la vena de material, en m^2 .

V – velocidad de transportación, en m/s.

Para adaptarla a la situación de estos equipos se toman el ancho de los rastrillos y su altura, al multiplicarlos por la velocidad se establece un volumen por unidad de tiempo, el cual es afectado por el coeficiente de llenado, ya que el espacio entre rastrillos no está totalmente lleno y por el coeficiente de disminución por inclinación del transportador, que afecta a los equipos con pendientes muy pronunciadas de elevación y se multiplica por la densidad del material. La expresión resultante queda como:

$$Q_p = 3600.B.H.V.\rho.\Psi.C_3 \quad (II.4)$$

donde:

Q_p - capacidad potencial de transportación, en t/h.

B – largo de los rastrillos, en m.

H – altura de los rastrillos, en m

V – velocidad de transportación, en m/s.

ρ – densidad del bagazo, en t/m^3

Ψ – factor de llenado.

C_3 – coeficiente de disminución de la capacidad por inclinación del transportador.

En este momento se puede comparar la capacidad potencial con la capacidad máxima que es necesario transportar. Si se está desarrollando un diagnóstico de un transportador que ha estado funcionando no puede ocurrir que la capacidad potencial sea menor que la necesaria pues en ese caso el transportador hubiera estado derramando bagazo.

Pero sí puede ocurrir que la capacidad potencial sea mucho mayor que la máxima necesaria se denomina coeficiente de utilización técnica CUT al cociente entre la capacidad real y la potencial.

$$CUT = \frac{Q_R}{Q_P} \quad (II.5)$$

Se recomienda que este coeficiente esté entre 0,8 y 0,95. Si los valores son muy bajos se pueden recomendar medidas para disminuir la capacidad potencial. La más razonable es una disminución de la velocidad.

2.2. Tensiones.

El próximo paso es calcular la distribución de tensiones a lo largo de la traza del transportador.

La secuencia que se sigue es la siguiente:

a) Se pesa un metro de cadenas más rastrillos, o bien se pesa un metro de cadena, se multiplica por dos, se pesa un rastrillo y se divide sobre 0,912 que es el paso entre rastrillos, en metros.

Si se pesan estos elementos en libras se multiplican los resultados por 4,448 para llevarlos Newton.

A la suma de los pesos lineales de las dos cadenas más el de los rastrillos se le denomina q_0 , en N/m.

b) Se calcula el peso del bagazo sobre la rama cargada del transportador mediante la expresión:

$$q = \frac{Q_R \cdot g}{3,6.V} \quad (II.6)$$

donde:

q – peso lineal de la carga sobre el transportador, en N/m.

Q_R – capacidad real del transportador en t/h.

g – aceleración de la gravedad en m/s^2 .

V – velocidad lineal del transportador, en m/s.

c) Se miden las longitudes y las inclinaciones de todos los tramos del transportador.

d) Se numeran los puntos al principio y al final de los tramos restos del transportador y en los cambios de dirección.

e) Se asume un factor de resistencia al movimiento (por deslizamiento) para la carga (W''_c) de y un factor de resistencia al movimiento (por rodadura) para las cadenas (W'') de 0,12.

f) Para determinar la diferencia de tensiones entre el inicio y el final de un tramo recto se utiliza la expresión

$$\Delta S_i = (q \cdot W''_c + q_0 \cdot W'') L_i \cdot \cos \beta_i \pm (q + q_0) \cdot L_i \cdot \text{sen} \beta_i \quad (\text{II.7})$$

donde:

ΔS_i – diferencia de tensiones entre el inicio y el final del tramo, en N.

q – peso lineal de la carga, en N/m.

W''_c – factor de resistencia al movimiento para la carga.

W'' – factor de resistencia al movimiento para las cadenas.

q_0 – peso lineal de las cadenas + los rastrillos, en N/m.

L_i – longitud del tramo en metros.

β_i – inclinación del tramo, en metros.

El signo + entre el primero y el segundo término de la ec. (II.6) se toma cuando el tramo es ascendente y el signo menos, cuando es descendente.

Puede ocurrir que la diferencia de tensiones entre la entrada y la salida de un tramo recto tenga un signo negativo (decrecimiento) y esto ocurre en los tramos descendentes con inclinaciones elevadas.

g) Se asumen valores de aumento en la tensión entre la entrada y la salida de los cambios de dirección, mediante coeficientes que pueden ser asumidos como 1,1 (un 10 % de incremento) en los cambios de dirección de 180° y 1,05 (5 % de incremento) en los otros casos.

f) Se asume una tensión mínima, que para el caso de los transportadores de rastrillos debe tomarse entre 3000 y 10 000 N.

g) Se ubica esta tensión mínima a la salida de los sprockets motrices para el caso de transportadores horizontales de dos tramos (uno inferior y otro superior). En los casos de trazas complejas deben analizarse los tramos en que la diferencia de tensiones es negativa pues la tensión mínima pudiera estar ubicada a la salida de uno de estos tramos.

h) Se determina la distribución de tensiones a lo largo de la traza del transportador teniendo en cuenta que los tramos rectos la tensión al final del tramo será la inicial más la diferencia de tensiones entre el inicio y el final y en los cambios de dirección la tensión a la salida de dicho cambio será la tensión a la entrada multiplicada por el coeficiente de aumento de tensiones que se ha asumido para dicho cambio.

Ej:

$$S_2 = S_1 + \Delta S_{1 \ a \ 2} \quad (\text{II.8})$$

$$S_3 = k_{2 \ a \ 3} \cdot S_2 \quad (\text{II.9})$$

--
--

$$S_n = S_{n-1} + \Delta S_{n-1} a_n \quad (\text{II.10})$$

Con esto se tendrá la distribución de tensiones y el valor de la tensión en cada punto de la traza.

Debe notarse que siempre que haya un cambio de dirección la tensión a la salida de dicho tramo será la que existe a la entrada multiplicada por el coeficiente (ya asumido) de aumento de la tensión sobre las cadenas y que se debe al paso de la misma por sprockets intermedios (no motrices) a los que les denomina “pisacadenas” o por cambios de dirección en las guías.

Este sistema determinará una cantidad de valores que coinciden con los puntos de notables de tensión a lo largo de la traza del transportador (incluyendo la parte descargada y la cargada), en los que el número 1 lo ocupará la salida de los sprocket motrices y el subíndice máximo corresponderá a la entrada de los mismos. Por lo general la tensión máxima debe estar ubicada en el punto n, a la entrada de la unidad motriz.

2.3. Potencia.

Para calcular la potencia que demanda el motor de cada transportador se siguió la siguiente secuencia de pasos:

- a) Se calculó el tiraje efectivo, o sea, la diferencia entre las tensiones de entrada y de salida de los sprocket motrices del transportador, mediante la expresión.

$$W_0 = S_n - S_1 \quad (\text{II.11})$$

donde:

W_0 – tiraje efectivo (diferencia de tensiones entre la entrada y la salida de los sprockets motrices del transportador), en N. esta es la diferencia de tensiones que tiene que vencer el motor para mover el equipo.

S_n – tensión a la entrada de los sprockets motrices.

S_1 – tensión a la salida de los sprockets motrices.

- b) Se calculó la potencia que debe demandar el motor mediante la expresión:

$$N = \frac{W_0 \cdot V \cdot k_s}{1000 \cdot \eta_t} \quad (\text{II.12})$$

donde:

N – potencia demandada por el motor, en kW

W_0 – tiraje efectivo, en N.

V – velocidad lineal del transportador, en m/s.

k_s – factor de sobrecarga del motor, puede asumirse entre 1,5 y 2.

η_t – eficiencia de la transmisión, en el caso de reductor y un paso de transmisión flexible se puede asumir 0,85. Si se tienen dos pasos de transmisión flexible se puede asumir 0,8.

- c) Se compara la potencia demandada contra la instalada, en caso de un diagnóstico no debe ser mayor ya que el equipo se encontraba funcionando pero si la potencia instalada es mucho mayor que la calculada el factor de potencia del

motor debe ser muy bajo y se puede recomendar poner un motor de menos potencia.

Por último se calcula el índice de consumo por la expresión:

$$IC = \frac{N}{Q_R} \quad (\text{II.13})$$

donde:

Ic – índice de consumo, en kW-h/t

N – potencia demandada por el motor, en kW.

Q_R – capacidad real a manipular, en t/h.

A continuación se muestra el algoritmo empleado en el cálculo. En algunos casos es necesario buscar datos en algunas tablas, sobre todo de los materiales 3,4,5

Algoritmo para el diagnóstico de transportadores de rastrillos.

Toma de datos

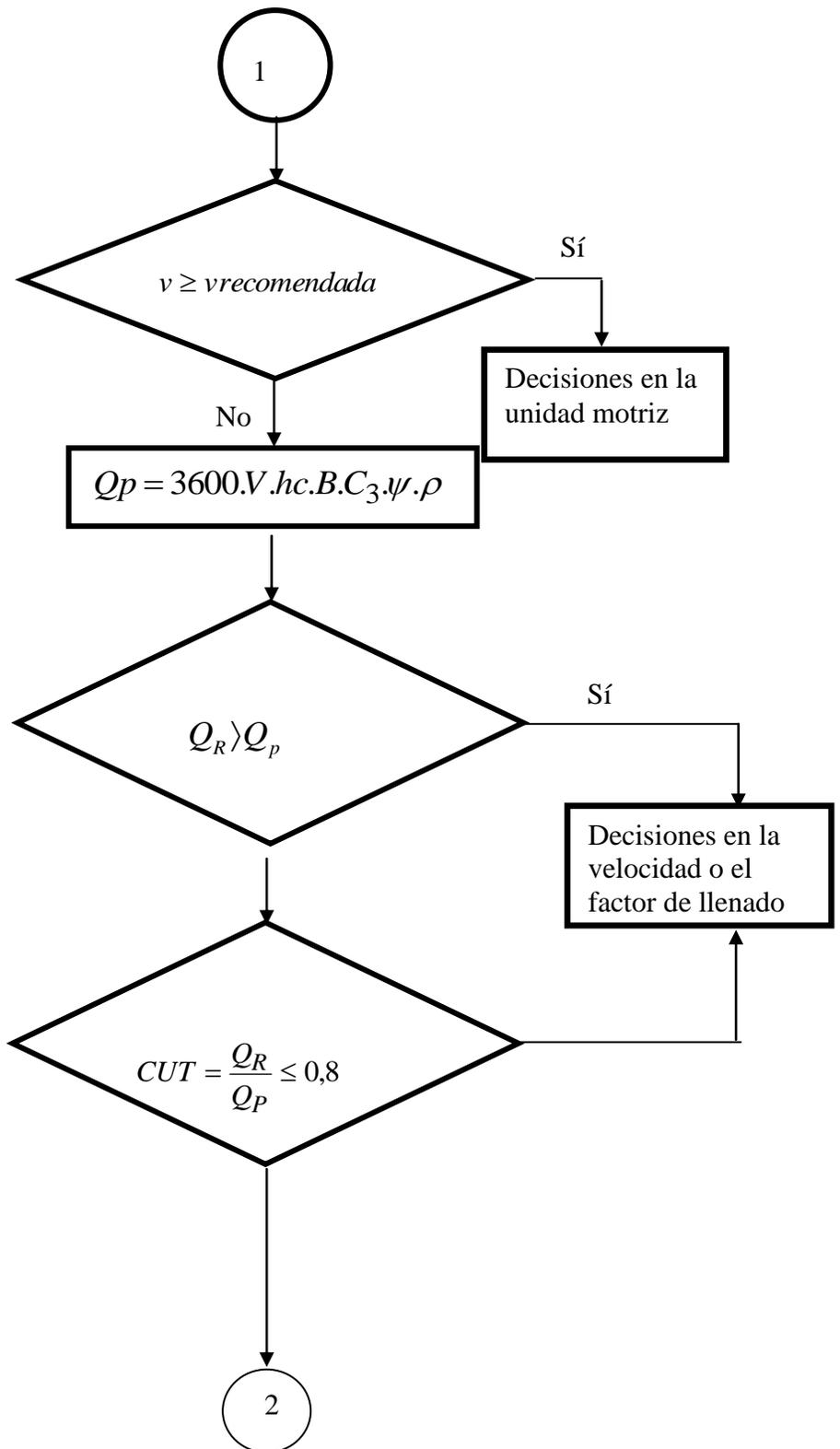
- Capacidad real deseada (Q_R)
- Material (a', φ, ρ, μ_a)
- $L_1, \beta_1; L_2, \beta_2; L_3, \beta_{23}; L_n, \beta_n \rightarrow k_s, k_L, C_2$
 - , ¿Tramos cargados?
- Altura de la canal (h_c), ancho (B) del transportador, en este caso de la canal, distancia entre rastrillos (tr)
- Peso lineal de los rastrillos más las cadenas (q_0)
- Tipo de cadena, t_c , # de cadenas $\rightarrow k_i, Srot, Bh, S, d$, material del pasador
- Unidad Motriz:
 - _ Motor (N_i, n_m, k_a)
 - _ Reductor (u_r)
 - _ Poleas (Dp_1, Dp_2)
 - _ Sprockets de la cadena de transmisión (Z_1, Z_2)
 - _ Factor de sobrecarga (k_s)
 - _ Eficiencia de la transmisión η_t
 - _ Tipo de acoplamiento $\rightarrow k_m$

Cálculo de la velocidad

$$n_{sm} = \frac{n_m}{u_r \cdot \frac{Dp_2}{Dp_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_1}}$$

$$v = \frac{Z_{sm} \cdot t_c \cdot n_{sm}}{60000}$$

1



2

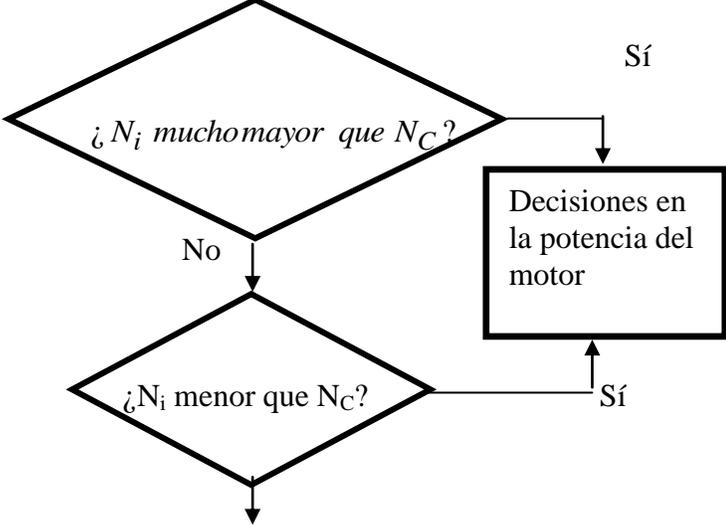
Cálculo de tensiones

$$\Delta S_{i \rightarrow i+1} = (q \cdot W_C' + q_0 \cdot W') \cdot Li \cdot \cos \beta_i \pm \Sigma q \cdot Li \cdot \sin \beta_i$$
$$k_d = e^{W' \cdot \Delta \beta} \quad (W' = \mu)$$
$$k_{scd} = 1,05 \quad k_{sm} = 1,1$$

Tensión mínima (valor, ubicación)

$$S_{i+1} = S_i + \Delta S_{i \rightarrow i+1} \quad (\text{tramos rectos})$$
$$S_{i+1} = S_i \cdot k_{i \rightarrow i+1} \quad (\text{cambios de dirección})$$
$$S_1 ; S_2 ; S_3 \dots S_n \rightarrow S_{\max}$$

Cálculo de potencia

$$W_o = S_n - S_1$$
$$N_C = \frac{W_o \cdot v \cdot ks}{1000 \cdot \eta_t}$$


Selecionar todos los componentes calculados.

.Metodología de diagnóstico para transportadores de banda.

El diagnóstico de los transportadores de banda es similar al que se utiliza para los transportadores de rastrillo. Se recibe los datos, se aplica una metodología de cálculo, en este caso de comprobación y se determina si con sus características constructivas y de funcionamiento el equipo es capaz de cumplir las funciones para las que fue instalado.

III.3.1. Capacidad.

A pie de obra se puede leer la potencia de chapa del motor y su velocidad angular, la relación de transmisión del reductor y los números de dientes de todos los sprocket así como los diámetros de las poleas en las denominadas transmisiones flexibles.

La velocidad angular de la tambora motriz puede determinarse por una ecuación similar a la II.1, en este caso cambia el subíndice del término de la izquierda ya que en lugar del sprocket motriz es la tambora motriz. Se tiene entonces:

$$n_{tm} = \frac{n_m}{U_r \cdot \frac{Dp_2 \cdot Z_2 \cdot Z_4}{Dp_1 \cdot Z_1 \cdot Z_3}} \quad (II.14)$$

Todos los términos de la expresión han sido explicados anteriormente en este capítulo solamente falta

n_{sm} – velocidad angular de la tambora motriz, en rev/min.

Para calcular la velocidad lineal de la banda es necesario poseer el diámetro de la tambora motriz, el cual puede ser medido en el equipo. En este caso se aplica la expresión:

$$V = \frac{\pi \cdot n_{tm} \cdot D_{tm}}{60 \cdot 1000} \quad (II.15)$$

donde:

D_{tm} – diámetro de la tambora motriz, en mm.

En el caso de la banda pueden fijarse valores mucho más elevados de velocidad, aunque en el caso específico del bagazo, por la volatilidad del mismo y su posible afectación a la salud humana, no se recomiendan valores mayores de 1m/s.

Al igual que los datos anteriores también se puede medir el ancho de la banda y precisar si el perfil de los rodillos superiores es plano, de un solo rodillo o en artesa, de tres rodillos.

Es necesario determinar la densidad (ρ) y el ángulo de talud del material (φ) que se va a manipular. El mismo se localiza en [Oriol, Conferencias de máquinas transportadoras]. Como en este caso se trata de bagazo la densidad es de 0,16 t/m³ y el ángulo de talud es de 45°.

También es necesario precisar el coeficiente de disminución del transportador por inclinación del transportador, que hasta los 10° puede considerarse de 1,

pero a los 20° debe tomarse como 0,9. No es recomendable trabajar con más de 20° de inclinación en transportadores de banda.

Cuando se poseen estos datos puede aplicarse la expresión:

De nuevo en este caso se aplica la ecuación de continuidad (ec. II.3), pero en este caso tiene particularidades que dependen del perfil de los rodillos superiores. Si la rama superior está compuesta por un solo rodillo, el área de flujo es un triángulo y puede ser determinada multiplicando la base de dicho triángulo por la altura. Se posee el dato del ancho de banda.

Se supone que dicha banda es ocupada por el material hasta un 80 % (para evitar derrames). El triángulo que se forma tiene como base el material soportado por la banda y como altura la que le imprime el ángulo de talud. Como la banda se encuentra en movimiento y está siendo removida a su paso por los rodillos, el ángulo de talud que se asume es el dinámico, que se ha demostrado que está en el orden del 35 % del estático.

La expresión se afecta también por el coeficiente de disminución por inclinación del transportador. Con estos elementos se arriba a la expresión siguiente:

$$Q_p = 160.B^2.V.\rho.\left[3,6.C_1.tg(0,35\varphi)+1\right] \quad (II.16)$$

En el caso de que el perfil superior esté compuesto por tres rodillos el área de flujo es mucho más compleja y está compuesta por dos elementos. Se asemeja a un trapecio en su parte inferior y es un triángulo en su parte superior. Ambas toman como elemento base el 80 % del ancho de la banda (del cual se ha hablado anteriormente).

El trapecio inferior tendrá los lados inclinados a un ángulo de 20° , que es el más comúnmente empleado por los fabricantes y el ángulo de las cars laterales del triángulo inferior es el ángulo de talud dinámico que se explicó antes. Con todos estos elementos se arriba a la siguiente expresión:

$$Q_p = 576.B^2.V.\rho.C_1.tg(0,35\varphi) \quad (II.17)$$

La ecuación (II.14) se emplea cuando se utilizan tres rodillos en artesa en la rama superior y la ecuación. (II. 15), cuando la rama superior posee rodillos planos (un solo rodillo).

En estas ecuaciones la nomenclatura es similar a la que se emplea en la ecuación (II.3), en este caso se añaden los siguientes símbolos:

φ - ángulo de talud o de reposo estático del material, en grados.

Si se compara la capacidad real a manipular con la potencial. En este momento se puede comparar la capacidad potencial con la capacidad máxima que es necesario transportar.

De igual manera que en los transportadores de tablillas, en los de banda que ya estaban funcionando no debe ocurrir que la capacidad real sea mayor que la potencial, pero sí puede ocurrir que la potencial sea mucho mayor que la real.

El coeficiente de utilización técnica se calcula en estos transportadores de igual manera que para los de tablilla, a través de la ecuación de la ecuación (3.4)

$$CUT = \frac{Q_R}{Q_P} \quad (II.5) \text{ (repetida)}$$

Se recomienda que este coeficiente esté entre 0,8 y 0,95. Si los valores son muy bajos se pueden recomendar medidas para disminuir la capacidad potencial. La más razonable es una disminución de la velocidad.

II.3.2. Tensiones.

La forma en que se calculan las tensiones en un transportador de banda es similar a la que se emplea en transportadores de rastrillos. Las diferencias radican en que en el rastrillo solamente es necesario mover la carga y el órgano de tracción flexible con los rastrillos fijados a él por tornillos. Por otra parte en la banda la carga se encuentra suspendida por el órgano portante y en el rastrillo la carga se desliza sobre una canal y entonces es necesario tener en cuenta dos factores de resistencia al movimiento. En la banda se considera uno solo. En el caso de la banda, además de mover el órgano portante y la carga es necesario imprimir y mantener movimiento a los rodillos de apoyo, para lo cual se requiere una entrega de energía adicional. Sin embargo las ecuaciones son muy similares.

En los tramos rectos la diferencia de tensiones entre dos puntos de la traza se calcula por la siguiente expresión:

$$\Delta S_i = \Sigma q_i \cdot L_i \cdot \cos \beta_i \pm \Sigma q_{des} \cdot L_i \cdot \sin \beta_i \quad (II.18)$$

donde:

ΔS_i - diferencia de tensiones entre el inicio y el final del tramo, en N.

Σq - peso lineal de la carga de todas las cargas por unidad de longitud en el tramo. Este peso está dado por la banda, la carga, que actúa solamente en la rama inferior, los rodillos superiores y los rodillos inferiores (dependiendo de la rama de que se trate)

W'' - factor de resistencia al movimiento de los rodillos. Este factor puede tomarse como 0,1 a 0,12

q_{des} - peso lineal de las partes que se desplazan, en la rama inferior se trata solamente de la banda, en la rama superior se le añade la banda.

L_i - longitud del tramo en metros.

B_i - inclinación del tramo, en metros.

El signo + entre el primero y el segundo término de la ec. (II.18) se toma cuando el tramo es ascendente y el signo menos, cuando es descendente.

Al igual que para el caso de los rastrillos puede ocurrir que la diferencia de tensiones entre la entrada y la salida de un tramo recto tenga un signo negativo (decrecimiento) y esto ocurre en los tramos descendentes con inclinaciones elevadas.

El peso de la carga por unidad de longitud puede determinarse por la expresión (II.5):

$$q = \frac{Q_R \cdot g}{3,6 \cdot V} \quad (II.6) \text{ (repetida).}$$

El peso de la banda (q_b) puede obtenerse directamente pesando un metro de banda, si ese peso se obtiene en libras, se multiplicará el valor por 4,448.

El peso por unidad de longitud de los rodillos inferiores (q_{ri}) se determina pesando uno de los rodillos y dividiendo su peso (G_{ri}) sobre la distancia promedio entre dos rodillos contiguos (L_{ri}). El peso de los rodillos superiores se determina de igual manera que en el caso de los rodillos inferiores pero si el perfil es en artesa de tres rodillos es necesario pesar los tres rodillos de un banco. La nomenclatura que se utiliza en este caso es q_{rs} ,

G_{RS} y L_{RS} para el peso por unidad de longitud, el peso de un banco de rodillos y la distancia entre dos bancos contiguos respectivamente.

También en este caso se fijan valores de coeficientes de crecimiento de las tensiones en los cambios de dirección, estos valores son de 1,1 cuando la banda pasa por la tambora de retorno, 1,05 cuando pasa por tamboras intermedias de desvío y 1,03 cuando pasa por cambios de dirección dentro de la propia traza, en los que no existen tamboras.

Para determinar la distribuciones no se asume una tensión mínima, sino que se establece un sistema en que se toma la tensión a la salida de la tambora motriz como S_1 y la tensión a la entrada de dicha tambora como S_n . La tensión en el próximo punto será la que existía en el anterior más la diferencia entre ellos dos cuando se trate de tramos rectos o la tensión en el punto inicial multiplicada por el factor de aumento de tensiones cuando se trate de cambios locales de dirección.

Con este sistema se tendrá un conjunto de $n-1$ ecuaciones si se considera como n la cantidad de puntos de tensión a lo largo de la traza del transportador (considerando la rama superior y la inferior). La ecuación que cierra el sistema, o sea, iguala el número de ecuaciones al número de puntos es la ecuación de Euler, que relaciona las tensiones de entrada y salida a la tambora motriz.

$$S_n = S_1 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \quad (\text{II.19})$$

donde:

S_n – tensión sobre la banda a la entrada de la tambora motriz.

S_1 – tensión sobre la banda a la salida de la tambora motriz.

μ - coeficiente de fricción entre la banda y la tambora (en ausencia de números más preciso puede tomarse 0,3 para tambora de acero y banda de goma en ambiente seco)

α - ángulo de contacto entre la banda y la tambora, en radianes.

Con este sistema de ecuaciones establecido se pueden calcular todas las tensiones a lo largo de la traza.

II.3.3. Potencia.

Para calcular la potencia en los transportadores de banda se procede exactamente igual que en los transportadores de rastrillo, o sea, se calcula el tiraje efectivo mediante la expresión:

$$W_0 = S_n - S_1 \quad (\text{II.11}) \text{ repetida.}$$

A continuación se calcula la potencia que demanda el motor mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{W_0 \cdot V \cdot k_s}{1000 \cdot \eta_t} \quad (\text{II.12}) \text{ repetida.}$$

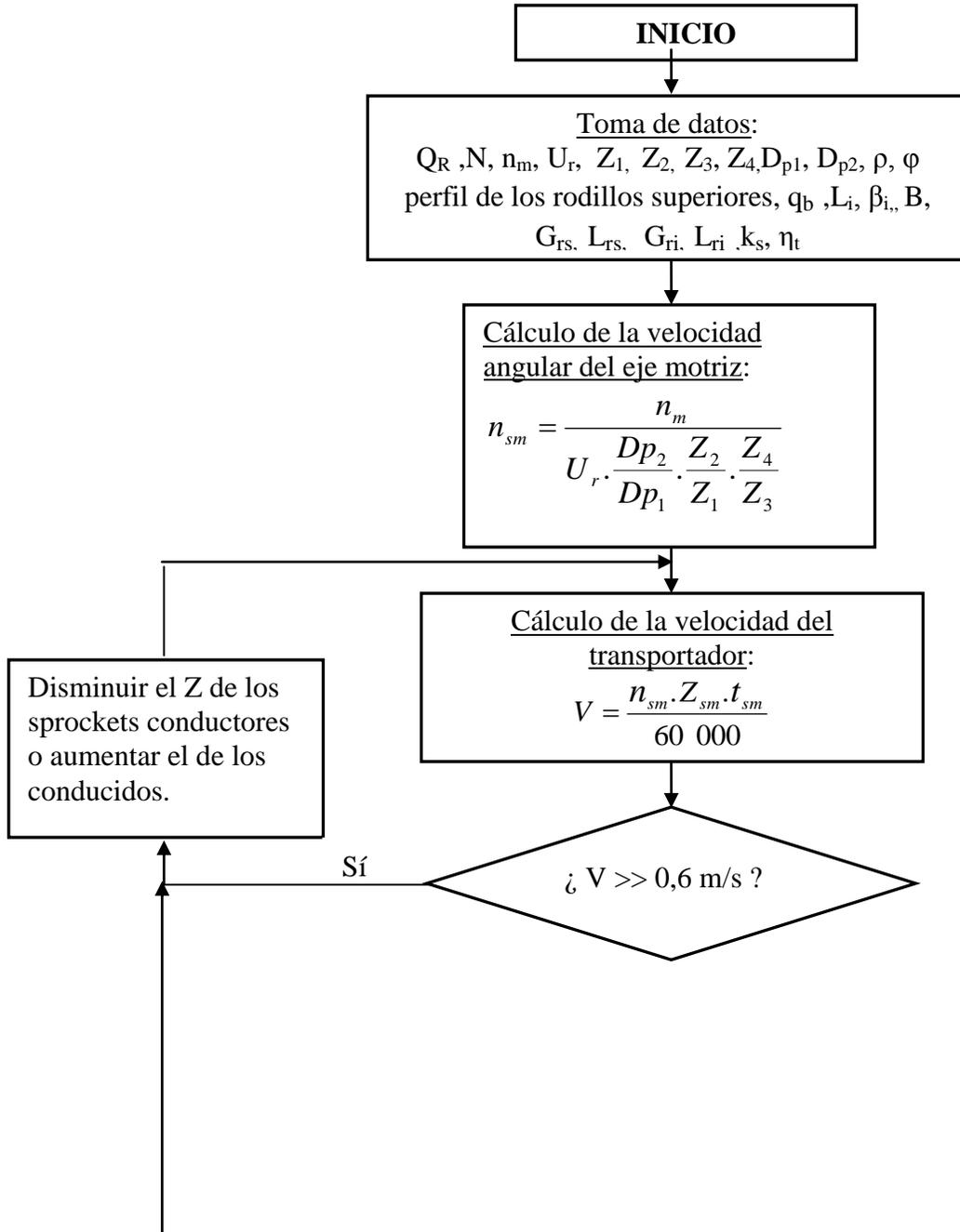
Una vez que se calcula la potencia demandada por el motor se compara con la instalada y si esta última es mucho mayor que la primera se puede recomendar el montaje de un motor más pequeño.

Con la potencia demandada por el motor se puede calcular el índice de consumo por la expresión:

$$IC = \frac{N}{Q_R} \quad (\text{II.13}) \text{ repetida.}$$

II.3. 4. Algoritmo para el diagnóstico de los transportadores de banda.

En la figura II.2 se muestra el algoritmo para el diagnóstico de los transportadores de bandas. Los pasos son similares a los empleados en el caso de los transportadores de rastrillos. Se tienen en cuenta las particularidades de cada sistema-



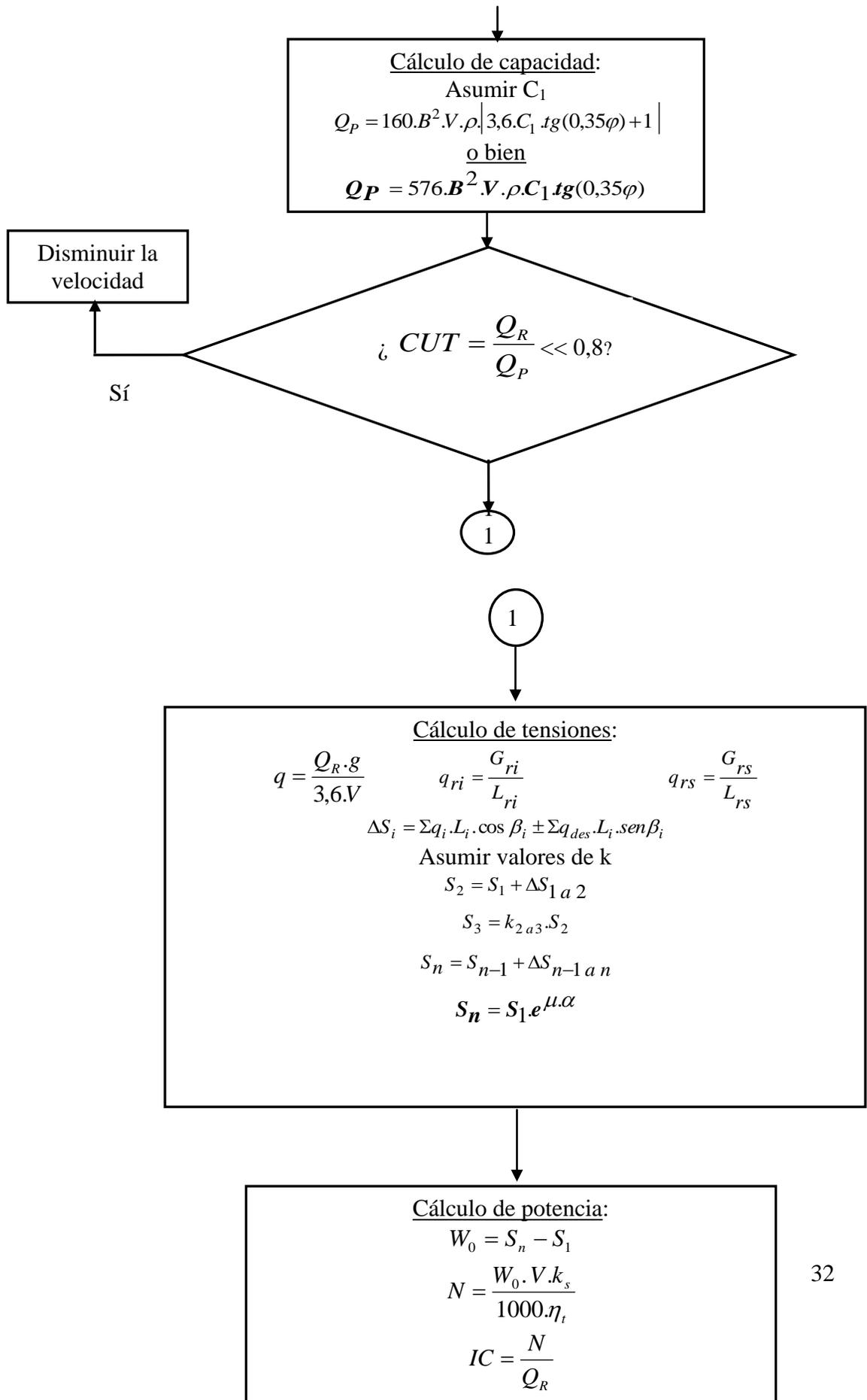


Figura II.2 Algoritmo para el diagnóstico para transportadores de bandas.

Conclusiones parciales.

- Para desarrollar el diagnóstico de los transportadores de rastrillo y de banda se requieren datos de montaje y de funcionamiento de estos tipos de transportadores.
- En ambos casos es posible y necesario comparar la capacidad real con la potencial. La relación entre o coeficiente de utilización técnica debe alcanzar valores por encima del 80%.
- La potencia de cálculo no debe ser muy inferior a la instalada ya que eso afecta el factor de potencia del equipo y de la fábrica.
- Deben tomarse todas las medidas posibles para disminuir el índice de consumo de cada equipo.

CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE LOS DIAGNÓSTICOS AL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN.

III.1. Introducción.

Con los elementos tratados en los capítulos anteriores se analizó cada uno de los transportadores en sus particularidades y a partir de la situación actual se plantearon varios escenarios para prever qué cambios podían producir mejoras en sus resultados tecnológicos o energéticos. En todos los casos este diagnóstico permite que se planifiquen cambios futuros y se conozcan de antemano los resultados esperados.

Para ello se montaron todos los datos obtenidos en hojas de cálculo Excel, donde se montaron todas las expresiones de cálculo que se explicaron en el capítulo anterior. Para una mayor comprensión de sobre la forma de disponer los datos en las hojas y de interpretar los resultados se ha adoptado el siguiente código de colores para las celdas.

Amarillo: Para las celdas en las que se vuelcan datos

Naranja: Para las celdas en que se nominaliza un equipo o un escenario.

Verde: Para las celdas en que se desarrollan cálculos intermedios

Azul: Para las celdas donde existen resultados significativos.

Las letras de todas las celdas serán en negro, excepto las de aquellas en que se proponga un cambio en algún escenario, que se señalarán en rojo. También se señalarán en rojo los cambios significativos que arrojen estas propuestas en algún resultado.

III.2. Transportador de bagazo # 1 (rastrillos).

Como se expresó en el capítulo I este es un transportador corto, de solamente 14 metros de longitud, recibe el bagazo desde el primer molino, eleva el bagazo por su rama inferior y lo entrega al TB-2.

A continuación se muestra la hoja de cálculo.

Transportadores # 1de Rastrillos para una capacidad de (t/h)	112.5	112.5	0
Tipo de motor			
Potencia del motor (Kw)	12.50	12.50	12.50
Bloque de capacidad			
Velocidad angular del motor (rev/min)	1745	1745	1745
Factor de arranque del motor	2	2	2
Tipo de reductor			
Relación de transmisión del reductor	31.50	31.50	31.50
Número de dientes del sprocket motriz (primer paso)	18	18	18
Número de dientes del sprocket conducido (primer paso)	60	60	60
Relación de transmisión total	105.00	105.00	105.00
Veloc. Ang. de los sprockets de la cadena principal (rev/min)	17	17	17
Número de dientes del Sprocket que mueve la cadena principal	16	16	16

Paso de la cadena (mm)	152.0	152.0	152.0
Velocidad lineal del transportador (m/s)	0.67	0.67	0.67
Ancho del transportador B (m)	2.00	2.00	2.00
Altura del rastrillo h (m)	0.20	0.20	0.20
Angulo máximo de inclinación (grados)	0.00	0.00	0.00
Material : Bagazo.			
<u>Densidad del material</u>	0.16	0.16	0.16
Coef. de dism. de capac.por inclinación, C3	1.00	1.00	1.00
Factor de llenado	0.75	0.75	0.75
Capacidad potencial de transportación (t/h)	116	116	116
Coeficiente de utilización técnica, en %	96.65	96.65	0.00
Longitud del transportador, en m	14	14	14
Distancia entre los puntos 1 y 2 (m)	14	14	14
Inclinación del tramo 1-2 (grados)	0	0	0
Distancia entre los puntos 3 y 4 (m)	14	14	14
Inclinación del tramo 3-4 (grados)	0	0	0
<u>Coeficiente de rozamiento del material con el acero</u>	1.00	1.00	1.00
Factor de resistencia al movimiento de las cadenas	0.12	0.12	0.12
Peso lineal de la carga (N/m)	455	455	0
Peso promedio de un rastrillo (lbs)	40	10	40
Peso promedio de un rastrillo (N)	178	44	178
Separación entre rastrillos (m)	0.91	0.91	0.91
Peso lineal de los rastrillos (N/m)	195	49	195
Peso lineal de la cadena en lbs/m	49.2	49.2	49.2
Peso lineal de las dos cadenas (N/m)	438	438	438
Peso lineal del órgano de tracción (N/m)	633	486	633
Incremento de la resistencia entre los puntos 1 y 2 (N)	1063	817	1063
Incremento de la resistencia entre los puntos 3 y 4 (N)	8071	7826	1063
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 2 y 3	1.10	1.10	1.10
Tensión mínima en N	3000	3000	3000
Punto de ubicación de la tensión mínima	1	1	1
Tensión en el punto 1 (N)	3000	3000	3000
Tensión en el punto 2 (N)	4063	3817	4063
Tensión en el punto 3 (N)	4469	4199	4469
Tensión en el punto 4 (N)	12541	12025	5532
Tensión máxima (N)	12541	12025	5532
Bloque de potencia			
Tiraje efectivo (N)	9541	9025	2532
Factor de sobrecarga	1.50	1.50	1.50
Eficiencia total del sistema de transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia necesaria (kW)	11.3	10.7	3.0
Relación entre la potencia instalada y la calculada, en %	110.2	116.5	415.2
Indice de consumo (kW-h/t)	0.10	0.10	#DIV/0!

En la situación actual la velocidad lineal del transportador es de 0,67 m/s, valor que está por encima del recomendado. La capacidad potencial es de 116 t/h para una capacidad

máxima a transportar de 35 t/h, por lo que el coeficiente de utilización técnica (CUT) es de 0,96, muy por debajo de lo recomendado. La potencia que debe consumir el equipo en estas condiciones es de 11,3 kW (casi igual a la instalada) lo que debe incidir en un valor muy bajo del factor de potencia y el índice de consumo es de 0,1 kW-h/t. Para que se tenga una idea: en un día en que se molieran 2700 toneladas de caña se manipularían 675 toneladas de bagazo y este solo transportador acumularía un consumo de 67,5 kW-h.

3.3. Transportador de bagazo # 2 (rastrillos).

Este transportador posee dos trazas. Sus funciones son muy diversas:

En el proceso de molienda plena recibe el bagazo del # 1, lo conduce por su rama superior a lo largo de toda la estación de generación de vapor. Allí el bagazo cae en la rama inferior, alimenta a las dos calderas y el sobrante se descarga en una tolva.

Cuando se desea levantar presión o se desea que las calderas funcionen y no se está moliendo este transportador recibe el bagazo proveniente de la casa de bagazo a través del # 3, que lo descarga en su rama superior, antes de la estación de generación de vapor y desde allí el proceso se produce de manera exactamente igual a cuando se muele normalmente.

La cadena es normal de bagazo; los rastrillos son indistintamente de tablas o de tubos.

Transportador de rastrillo 2	100	0
<u>Tipo de motor</u>		
Potencia del motor (Kw)	5,50	110,00
Bloque de capacidad		
Velocidad angular del motor (rev/min)	1160	1170
Factor de arranque del motor	2	2
<u>Tipo de reductor</u>		
Relación de transmisión del reductor	31,50	31,50
Número de dientes del sprocket motriz (primer paso)	17	25
Número de dientes del sprocket conducido (primer paso)	25	56
Relación de transmisión total	46,32	70,56
Veloc. Ang. de los sprockets de la cadena principal (rev/min)	25	17
Número de dientes del Sprocket que mueve la cadena principal	13	16
Paso de la cadena (mm)	152,4	152,0
Velocidad lineal del transportador (m/s)	0,83	0,67
Ancho del transportador B (m)	2,05	2,00
Altura del rastrillo h (m)	0,13	0,15
Angulo máximo de inclinación (grados)	45,00	35,00

Material : Bagazo.

<u>Densidad del material</u>	0,20	0,20
Coef. de dism. de capac.por inclinación, C3	0,90	1,00
Factor de llenado	0,80	0,75
Capacidad potencial de transportación (t/h)	110	109
Coeficiente de utilización técnica, en %	91,04	0,00
Longitud del transportador, en m	22,5	14
Distancia entre los puntos 1 y 2 (m)	13	10
Inclinación del tramo 1-2 (grados)	-45	-35
Distancia entre los puntos 3 y 4 (m)	10	73
Inclinación del tramo 3-4 (grados)	0	0

Distancia entre los puntos 5 y 6 (m)	10	73
Inclinación del tramo 5-6 (grados)	0	0
Distancia entre los puntos 7 y 8 (m)	13	10
Inclinación del tramo 7-8 (grados)	45	35
Factor de fricción del bagazo con el acero	0,75	0,75
Factor de resistencia al movimiento de las cadenas	0,12	0,12
Peso lineal de la carga (N/m)	330	0
Peso promedio de un rastrillo (lbs)	20	20
Peso promedio de un rastrillo (N)	89	89
Separación entre rastrillos (m)	0,91	0,91
Peso lineal de los rastrillos (N/m)	97	98
Peso lineal de la cadena en lbs/m	25,0	25,0
Peso lineal de las dos cadenas (N/m)	222	222
Peso lineal del órgano de tracción (N/m)	320	320
Incremento de la resistencia entre los puntos 1 y 2 (N)	-2487	-1521
Incremento de la resistencia entre los puntos 3 y 4 (N)	1199	2803
Incremento de la resistencia entre los puntos 5 y 6 (N)	3102	2803
Incremento de la resistencia entre los puntos 7 y 8 (N)	3165	2150
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 2 y 3	1,05	1,05
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 4 y 5	1,10	1,10
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 6 y 7	1,05	1,05
Tensión mínima en N	3000	10000
Punto de ubicación de la tensión mínima	2	2
Tensión en el punto 2 (N)	3000	10000
Tensión en el punto 1 (N)	5487	11521
Tensión en el punto 3 (N)	5761	12097
Tensión en el punto 4 (N)	6960	14899
Tensión en el punto 5 (N)	7656	16389
Tensión en el punto 6 (N)	10759	19192
Tensión en el punto 7 (N)	10759	19192
Tensión en el punto 8 (N)	13923	21342
Tensión máxima (N)	13923	21342
Bloque de potencia		
Tiraje efectivo (N)	8437	9821
Factor de sobrecarga	1,40	1,40
Eficiencia total del sistema de transmisión	0,85	0,85
Potencia necesaria (kW)	11,5	10,9
Relación entre la potencia instalada y la calculada, en %	47,9	1011,8
Índice de consumo (kW-h/t)	0,11	#¡DIV/0!

Los aspectos más importantes a resaltar en este transportador para los escenarios actualizados se refieren al funcionamiento de este equipo.

Por otra parte, con relación al primer escenario debe señalarse que cuando el transportador está trabajando en su funcionamiento normal consume unos 6kW, valor que si no es excesivamente bajo en comparación con la potencia instalada, puede recomendar que se analice la posibilidad de montar un motor de 30 kW. El índice de consumo en estas condiciones es de 0,11 kW-h/t.

En el caso del segundo escenario se consume una potencia de aproximadamente un 110 % de la potencia máxima a consumir. El índice de consumo es de 0,95 kW-h/t.

Transportador de bagazo # 4 (rastrillos).

Este transportador es el que posee la traza más compleja en el sistema y también es el más largo de todos. Sus funciones son muy diversas.

Se supusieron 2 escenarios.

Escenario # 1: en la situación de plena molida, con una capacidad real máxima de 105 t/h. En las condiciones actuales su capacidad potencial es de 109 t/h.

Escenario # 2: Disminuyendo la velocidad del transportador, con lo que se disminuye se capacidad potencial hasta 16 t/h, para ello se propone aumentar el número de dientes del sprocket motriz.

Transportador 4	100	0
<u>Tipo de motor</u>		
Potencia del motor (Kw)	110,00	110,00
Bloque de capacidad		
Velocidad angular del motor (rev/min)	1170	1170
Factor de arranque del motor	2	2
<u>Tipo de reductor</u>		
Relación de transmisión del reductor	31,50	31,50
Número de dientes del sprocket motriz (primer paso)	25	25
Número de dientes del sprocket conducido (primer paso)	56	56
Relación de transmisión total	70,56	70,56
Veloc. Ang. de los sprockets de la cadena principal (rev/min)	17	17
Número de dientes del Sprocket que mueve la cadena principal	16	16
Paso de la cadena (mm)	152,0	152,0
Velocidad lineal del transportador (m/s)	0,67	0,67
Ancho del transportador B (m)	2,00	2,00
Altura del rastrillo h (m)	0,15	0,15
Angulo máximo de inclinación (grados)	35,00	35,00

Material : Bagazo.

<u>Densidad del material</u>	0,20	0,20
Coef. de dism. de capac.por inclinación, C3	0,90	1,00
Factor de llenado	0,80	0,75
Capacidad potencial de transportación (t/h)	105	109
Coeficiente de utilización técnica, en %	95,67	0,00
Longitud del transportador, en m	14	14
Distancia entre los puntos 1 y 2 (m)	10	10
Inclinación del tramo 1-2 (grados)	-35	-35
Distancia entre los puntos 3 y 4 (m)	73	73
Inclinación del tramo 3-4 (grados)	0	0
Distancia entre los puntos 5 y 6 (m)	73	73
Inclinación del tramo 5-6 (grados)	0	0
Distancia entre los puntos 7 y 8 (m)	10	10

Inclinación del tramo 7-8 (grados)	35	35
Factor de fricción del bagazo con el acero	0,75	0,75
Factor de resistencia al movimiento de las cadenas	0,12	0,12
Peso lineal de la carga (N/m)	405	0
Peso promedio de un rastrillo (lbs)	20	20
Peso promedio de un rastrillo (N)	89	89
Separación entre rastrillos (m)	0,91	0,91
Peso lineal de los rastrillos (N/m)	98	98
Peso lineal de la cadena en lbs/m	25,0	25,0
Peso lineal de las dos cadenas (N/m)	222	222
Peso lineal del órgano de tracción (N/m)	320	320
Incremento de la resistencia entre los puntos 1 y 2 (N)	-1521	-1521
Incremento de la resistencia entre los puntos 3 y 4 (N)	10128	2803
Incremento de la resistencia entre los puntos 5 y 6 (N)	27220	2803
Incremento de la resistencia entre los puntos 7 y 8 (N)	2150	2150
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 2 y 3	1,05	1,05
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 4 y 5	1,10	1,10
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 6 y 7	1,05	1,05
Tensión mínima en N	10000	10000
Punto de ubicación de la tensión mínima	2	2
Tensión en el punto 2 (N)	10000	10000
Tensión en el punto 1 (N)	11521	11521
Tensión en el punto 3 (N)	12097	12097
Tensión en el punto 4 (N)	22225	14899
Tensión en el punto 5 (N)	24447	16389
Tensión en el punto 6 (N)	51667	19192
Tensión en el punto 7 (N)	51667	19192
Tensión en el punto 8 (N)	53817	21342
Tensión máxima (N)	53817	21342
Bloque de potencia		
Tiraje efectivo (N)	42296	9821
Factor de sobrecarga	1,40	1,40
Eficiencia total del sistema de transmisión	0,85	0,85
Potencia necesaria (kW)	46,8	10,9
Relación entre la potencia instalada y la calculada, en %	234,9	1011,8
Índice de consumo (kW-h/t)	0,47	#jDIV/0!

En el primer escenario la capacidad real a transportar está muy por debajo de la capacidad potencial máxima, con un coeficiente de utilización técnica de 0,95. Se consume una potencia de 46,8 kW de 7,5 que existen instalados y el índice de consumo es muy elevado (0,47 kW-h/t).

En el segundo escenario se ha disminuido la capacidad potencial sobre la base de una disminución en la velocidad. Como resultado se obtiene un coeficiente de utilización técnica de 0,63, una potencia a consumir de 4,1 kW y un índice de consumo de 0,47 kW-h/t.

Transportador de bagazo # 5 (rastrillos).

La tarea de este transportador consiste en recibir el sobrante de bagazo proveniente de las calderas desde el # 3, entregarlo a la casa de bagazo (por su rama superior) y en caso que se desee llenar un camión sus compuertas se cierran y se alimenta la tolva que está en su extremo y desde allí se alimenta al transportador de banda.

Cuando está levantando presión (no existe bagazo en la rama superior) se abren las compuertas que se encuentran en el piso de la casa de bagazo y se alimenta su rama inferior, la que inmediatamente alimenta la rama inferior del # 3.

Con este equipo ocurre lo mismo que en el #3, o sea, que cumple dos funciones y es necesario evaluarlo en ambas por separado.

Transportador de rastrillo 5	Transportador 5	Transportador 5
Potencia del motor en Kw	2,80	4,00
Velocidad angular del motor en rev/min	1720,00	880,00
Factor de arranque del motor	2,80	2,80
Relación de transmisión total	61,50	61,68
Número de dientes del Sprocket motriz	9,00	8,00
Paso de la cadena en mm	86,00	86,00
Factor según tipo de acoplamiento	1,80	1,80
Cantidad de cadenas	2,00	2,00
Resistencia de la cadena a la tracción en Kn	100,00	100,00
Longitud de rodillos de la cadena en mm	50,00	50,00
Espesor de planchuelas laterales en mm	8,00	8,00
Diámetro del pasador de la cadena en mm	20,00	20,00
Peso lineal de la cadena en N/m	250,00	250,00
Largo del rastrillo en m	0,42	0,42
Espesor del rastrillo en m	0,03	0,03
Ancho del rastrillo en m	0,10	0,10
Distancia entre los puntos 1 y 2 en m	6,00	10,00
Distancia entre los puntos 3 y 4 en m	8,00	20,00
Distancia entre los puntos 5 y 6 en m	10,00	0,00
Distancia entre los puntos 7 y 8 en m	4,00	0,00
Distancia entre los puntos 9 y 10 en m	4,00	0,00
Velocidad angular del Sprocket motriz en rev/min	27,97	14,27
Velocidad lineal del transportador en m/s	0,36	0,16
Relación entre largo y altura del rastrillo	4,20	4,20
Densidad del material en ton/m ³	0,12	0,12
Ángulo de talud estático del material en grados	50,00	50,00
Coefficiente de rozamiento del acero	0,50	0,50
Coefficiente de disminución de la capacidad	0,75	0,75
Factor de llenado	0,60	0,80
Capacidad máxima de transporatación en ton/h	2,95	1,78

Capacidad necesaria en el transportador en ton/h	1,42	1,42
Peso lineal de la carga en N/m	22,25	29,67
Peso de un rastrillo en N	24,77	24,44
Separación entre rastrillos en m	0,52	0,52
Peso lineal de rastrillo en N/m	48,00	47,00
Peso lineal de rastrillo mas la cadena	298,00	297,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 1 y 2 en grados	45,00	45,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 3 y 4 en grados	20,00	20,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 5 y 6 en grados	10,00	0,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 7 y 8 en grados	0,00	0,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 9 y 10 en grados	0,00	0,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 11 y 12 en grados	10,00	0,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 13 y 14 en grados	20,00	20,00
Ángulo de inclinación entre los puntos 15 y 16 en grados	45,00	45,00
Factor de resistencia al movimiento de la cadena	0,12	0,12
Factor de resistencia al movimiento de la carga	0,50	0,50
Incremento de la resistencia entre los puntos 1 y 2 en N	-1112,59	-1848,10
Incremento de la resistencia entre los puntos 3 y 4 en N	-546,55	-1361,79
Incremento de la resistencia entre los puntos 5 y 6 en N	-165,31	0,00
Incremento de la resistencia entre los puntos 7 y 8 en N	143,04	0,00
Incremento de la resistencia entre los puntos 9 y 10 en N	187,54	0,00
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 2 y 3	1,05	1,05
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 4 y 5	1,05	1,00
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 6 y 7	1,05	1,00
Factor de aumento de la resistencia entre los puntos 8 y 9	1,10	1,10
Tensión mínima en N	10000,00	3000,00
Tensión en el punto 1 en N (1er. Calculo)	10000,00	3000,00
Tensión en el punto 2 en N (1er. Calculo)	8887,41	1151,90
Tensión en el punto 2 en N (2do. Calculo)	10000,00	3000,00
Tensión en el punto 1 en N (2do. Calculo)	11112,59	4848,10
Tensión en el punto 3 en N (1er. Calculo)	10500,00	3150,00
Tensión en el punto 4 en N (1er. Calculo)	9953,45	1788,21
Tensión en el punto 4 en N (2do. Calculo)	10000,00	3000,00
Tensión en el punto 3 en N (2do. Calculo)	10546,55	4361,79
Tensión en el punto 2 en N (3er. Calculo)	10044,33	4154,09
Tensión en el punto 1 en N (3er. Calculo)	11156,93	6002,19
Tensión en el punto 5 en N (1er. Calculo)	10500,00	3000,00
Tensión en el punto 6 en N (1er. Calculo)	10334,69	3000,00
Tensión en el punto 6 en N (2do. Calculo)	10334,69	3000,00
Tensión en el punto 5 en N (2do. Calculo)	10500,00	3000,00
Tensión en el punto 4 en N (3er. Calculo)	10000,00	3000,00
Tensión en el punto 3 en N (3er. Calculo)	10546,55	4361,79
Tensión en el punto 2 en N (4to. Calculo)	10044,33	4154,09

Tensión en el punto 1 en N (4to. Calculo)	11156,93	6002,19
Tensión en el punto 7 en N (1er. Calculo)	11714,77	6002,19
Tensión en el punto 8 en N (1er. Calculo)	11857,81	6002,19
Tensión en el punto 8 en N (Calculo final)	11857,81	6002,19
Tensión en el punto 7 en N (Calculo final)	11714,77	6002,19
Tensión en el punto 6 en N (Calculo final)	11156,93	6002,19
Tensión en el punto 5 en N (Calculo final)	11322,23	6002,19
Tensión en el punto 4 en N (Calculo final)	10783,08	6002,19
Tensión en el punto 3 en N (Calculo final)	11329,63	7363,98
Tensión en el punto 2 en N (Calculo final)	10790,12	7013,31
Tensión en el punto 1 en N (Calculo final)	11902,72	8861,41
Tension en el punto 9 en N	13043,59	6602,40
Tension en el punto 10 en N	13231,13	6602,40
Factor de sobrecarga	1,50	1,50
Eficiencia total del sistema de transportación	0,85	0,85

La capacidad potencial del equipo es de 25 t/h. Su velocidad es de 0,444 m/s (aceptable) En el escenario # 1 la capacidad real es de 10 t/h, el coeficiente de utilización técnica es de 0,40, la potencia a consumir es de 6,41 kW, muy baja ya que es menos de la tercera parte de la instalada (de 22 kW) y en estas condiciones el factor de potencia es bajísimo el índice de consumo es de 0,64 kW-h/t.

En el segundo escenario la capacidad real es de 20 t/h. El coeficiente de utilización técnica es de 0,80, la potencia a consumir es de 7,76 kW y el índice de consumo es de 0,85 kW-h/t.

Resumen Del diagnóstico del sistema.

El diagnóstico del sistema se puede resumir en la siguiente tabla

Transport.ador #	Pot.Inst. (kW)	Pot. Nec. kW	Qp (t/h)	Qr (t/h)	CUT	IC (kW-h/t)
1	7,5	3,6	98	30	0,31	0,12
2	40	25,6	37	30	0,82	0,85
4	7,5	6,4	27	10	0,37	0,64
3	13	11	31	20	0,65	0,89
5	22	7,76	25	20	0,39	0,39
Totales	97,5	55,56 (56 %)				3

Conclusiones parciales.

De esta tabla puede concluirse lo siguiente:

- La potencia que se consume es solamente un 56 % de la instalada, por lo que el factor de potencia debe ser muy bajo. En este sentido la situación más crítica es la de los transportadores 4 y 5.
- El coeficiente de utilización técnica es muy bajo en todos los equipos de este sistema excepto en el número 2 y el número 3.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Con los datos obtenidos en este diagnóstico y entregados a la industria se puede caracterizar completamente el sistema de transportación de bagazo y el mismo permite a la dirección tomar las medidas para mejorar la eficiencia tecnológica y energética.
2. Se ha aplicado un diagnóstico en el cual se han caracterizado las situaciones actuales y la dirección en que se debe trabajar para mejorarlas.
3. El sistema analizado es muy complejo, dadas las tareas que se le han encomendado y las modificaciones que ha sido necesario establecer para que las cumpla.
4. Los rastrillos metálicos aumentan exageradamente el peso del órgano de tracción y son la causa principal de los costos energéticos en el sistema de transportación. Además de esto las roturas con este tipo de rastrillos son mucho más graves y duran más tiempo en ser resueltas.

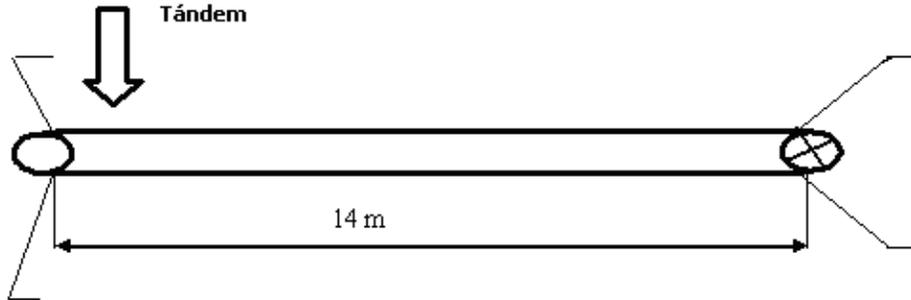
RECOMENDACIONES

1. Cuando la situación económica lo permita es recomendable cortar los últimos 10 metros del transportador # 2, los cuales actualmente están vacíos y originan un consumo de potencia innecesario.
2. Se debe revisar el factor de potencia de todos los motores y en particular en los transportadores 5 y 6 ya que se puede realizar su función con motores mucho más pequeños.
3. Siempre que sea posible es necesario sustituir los rastrillos metálicos por rastrillos de madera. Con esto disminuiría el consumo de energía y la duración de las interrupciones por rotura.

Bibliografía

1. CEMA, Conveyors Equipment Manufacturing, Association, USA, 2000.
2. Chain Belt Company of Milwaukee USA 1950.
3. Chain Belt Company of Milwaukee USA 1952.
4. Chain Belt Company of Milwaukee USA 1959.
5. Manual de Capacidad para ingenieros de azúcar crudos de Cuba, Editorial Ciencia y Técnica, Instituto Cubano del Libro, Habana, 1970.
6. Ewart, Cane Sugar Mill Chains, England, 1965.
7. Hugot, E, Manual para Ingenieros Azucareros, Ediciones Revolucionarias, 1986.
8. Oriol Guerra José M., Máquinas de transporte continuo, Edición Editorial, 1988.
9. Oriol Guerra José M., Conferencia de Máquinas transportadoras, Editorial Félix Varela, 1993.
10. Pérez Castellanos E., Curso de Transportadores Industriales, Managua, 1997.
11. www.ssiconveyors.com/form.html, slat conveyors, 2002.
12. www.jervisbwebb.com/jbw/heavydutyrollerconveyors.htm, Heavy-Duty roller conveyors, 2004.
13. Conveyors. Pallet Accumulation Conveyors. Smart T-Car. Gravity Roller Conveyors, 2003.
14. www.marwel.uk.com/powered_roller_conveyors.htm, Marwel Powered Conveyors Marwel powered conveyors, 2003.
15. www.manufacturing.net/magazine/mmh/archives/2000/mmh0801.00/mmh0801prodfocus, conveyors feeders roller conveyors crushers manufacturers, USA, 2004.

Anexos
Anexo 1
UEB “Uruguay”
Esquemas del sistema de transportación de bagazo



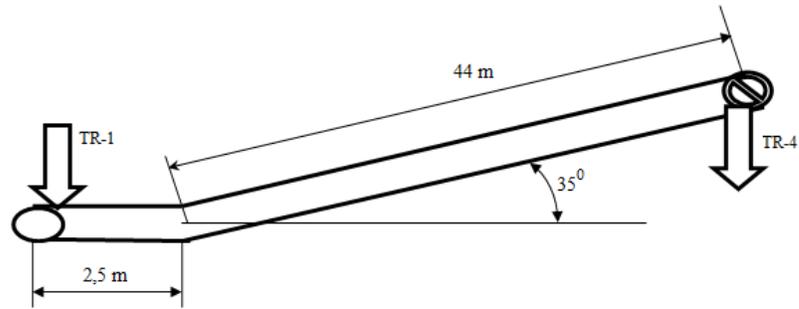
$B = 2 \text{ m}$ $h = 0,076 \text{ m}$
 Figura 1. Transportador de bagazo # 1.

Anexo 2

TB-1 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152 \text{ mm}$ $B = 2 \text{ m}$ $H = \varnothing 76 \text{ mm}$	Unidad motriz		L (m)	β (grados)	LI, V
	<u>Motor</u>	$N = 12,5 \text{ kW}$ $n = 1745$			
	<u>Reductor</u>	$i = 31,5$			
	<u>Transmisión Dentada</u>	$Z_1 = 18$ dientes			
	$Z_2 = 60$ dientes				
			Tramo 1-2		
		14	0	V	
			Tramo 3-4		
		14	0	LL	

Figura 2. Unidad motriz del transportador de bagazo # 1 .

Anexo 3



$$B = 1,8 \text{ m} \quad h = 0,15 \text{ m}$$

Figura 3 Transportador de bagazo # 2.

Anexo 4

TB-2 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152$ mm $B = 2$ m $H = \varnothing 76$ mm	Unidad motriz		
	<u>Motor</u>	$N = 40$ kW	$n = 1170$ rev/min
	<u>Reductor</u>	$U = 31,5$	
	<u>Transmisión dentada</u>	$Z_1 = 25$ dientes $Z_2 = 60$ dientes	
	Tramo 1-2		
	2.5	0	V
	Tramo 3-4		
2.5	0	LL	
Tramo 5-6			
44	35	V	
Tramo 7-8			
44	35	LL	

Anexo 5

UEB "Uruguay" Esquemas del sistema de transportación de bagazo

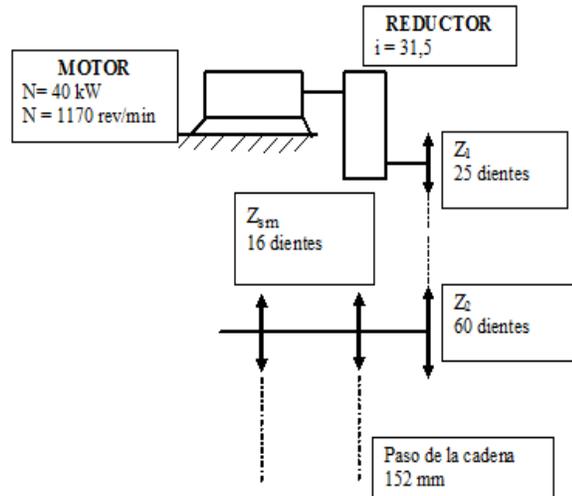
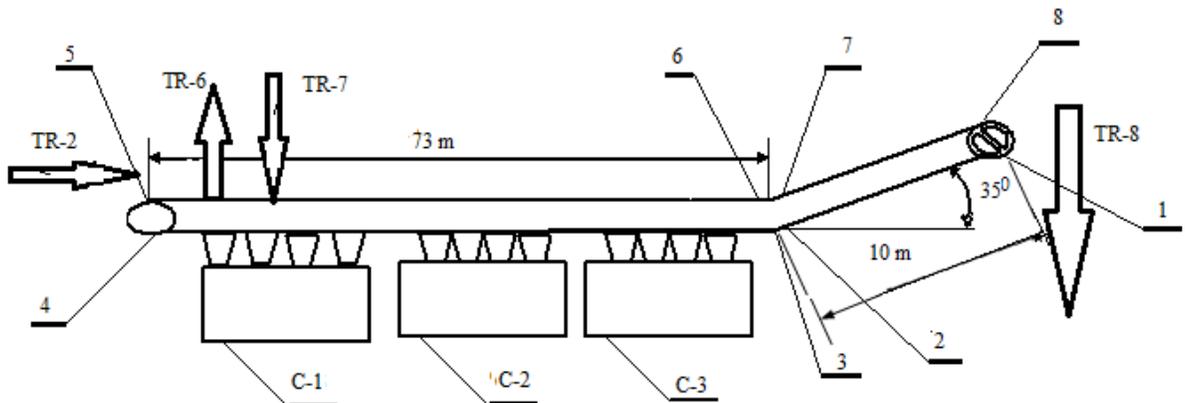


Figura 4 Unidad motriz del transportador de bagazo # 2 .

Anexo 6

UEB "Uruguay" Esquemas del sistema de transportación de bagazo



$$B = 2 \text{ m} \quad h = 0,076 \text{ m}$$

Figura 5 Transportador de bagazo # 4

Anexo 9

UEB "Uruguay" Esquemas del sistema de transportación de bagazo

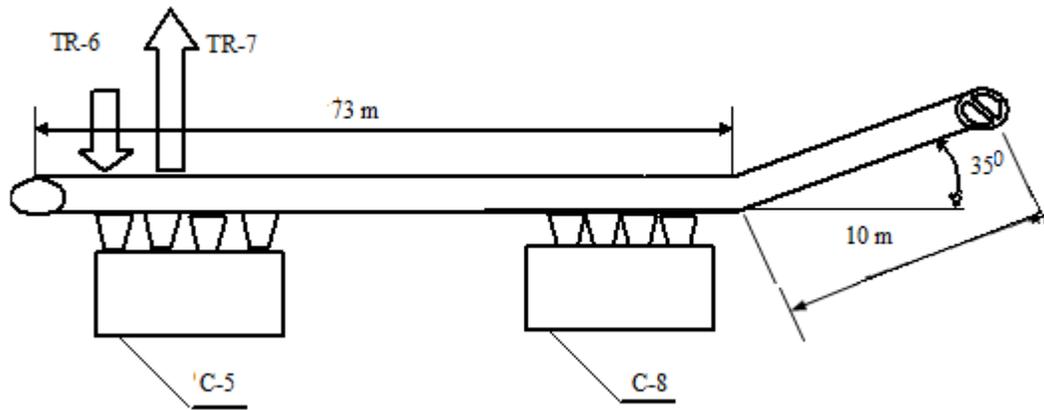


Figura 7. Transportador de bagazo # 5.

Anexo 10

TB-5 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152$ mm $B = 2$ m $H = \varnothing 76$ mm	Unidad motriz		Tramo 1-2		
	<u>Motor</u>	N = 110 kW n = 1170 rev/min	73	0	LL
	<u>Reductor</u>	U = 31,5	Tramo 3-4		
			73	0	LL
			Tramo 5-6		
			10	30	LL
			Tramo 7-8		
	<u>Transmisión dentada</u>	$= 60$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> $\left\{ \begin{array}{l} Z_1 = 25 \text{ dientes} \\ Z_2 = 35 \text{ dientes} \end{array} \right.$ </div>	10	30	V

Anexo 11

UEB "Uruguay" Esquemas del sistema de transportación de bagazo

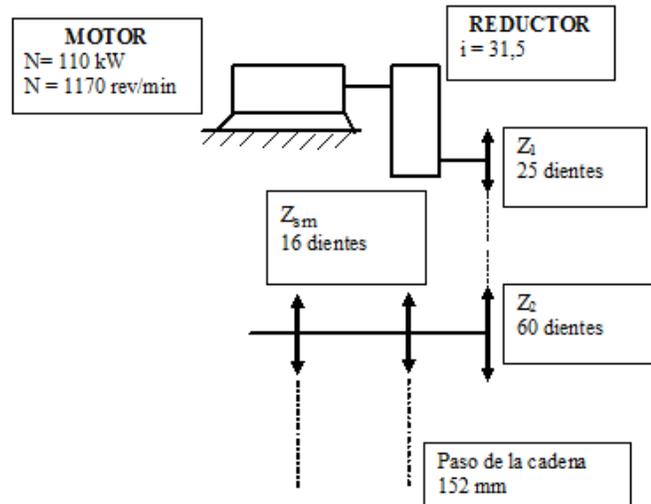
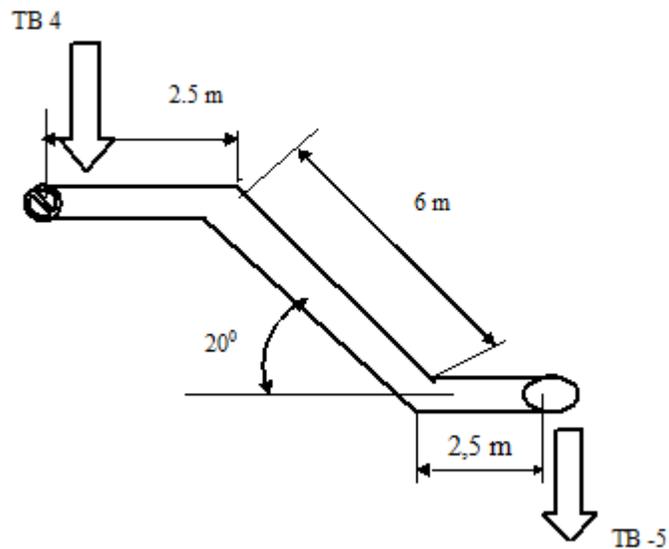


Figura 8. Unidad motriz del transportador de bagazo # 5 .
Anexo 12

UEB "Uruguay" Esquemas del sistema de transportación de bagazo



$$B = 2 \text{ m} \quad h = 0,076 \text{ m}$$

Figura 9. Transportador de bagazo # 6

Anexo 13

TB-6 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152$ mm $B = 2$ m $H = \varnothing 76$ mm	Unidad motriz		L (m)	β (grados)	LI, V	
	Motor $N = 22$ kW $n = 1165$ rev/min		Tramo 1-2			
			2.5	0	V	
	Reductor = 31,5		Tramo 3-4			
			2.5	0	LL	
	Transmisión dentada $Z_1 = 25$ dientes $Z_2 = 60$ dientes		Tramo 5-6			
			6	45	V	
			Tramo 7-8			
			6	45	LL	
			Tramo 9-10			
			2.5	0	V	
			Tramo 11-12			
		2.5	0	LL		

Anexo 14

UEB “Uruguay”

Esquemas del sistema de transportación de bagazo

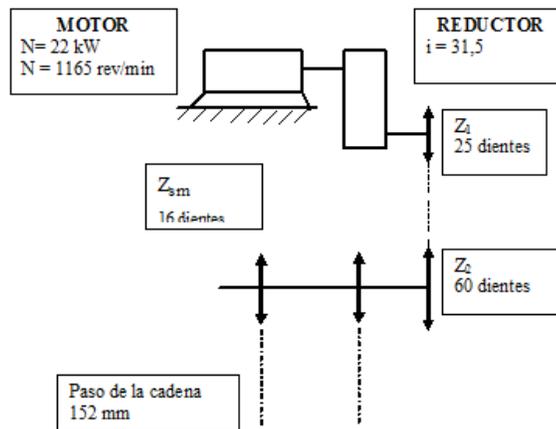


Figura 10. Unidad motriz del transportador de bagazo # 6 .

Anexo 15

UEB “Uruguay” Esquemas del sistema de transportación de bagazo

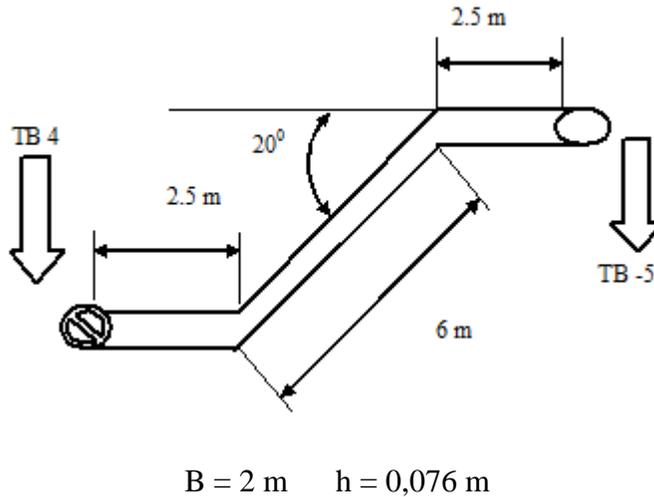


Figura 11. Transportador de bagazo # 7
Anexo 16

<p>TB-7 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152 \text{ mm}$ $B = 2 \text{ m}$ $H = \varnothing 76 \text{ mm}$</p>	Unidad motriz		Tramo 1-2		
	<u>Motor</u>	$N = 17 \text{ kW}$	n	2.5	0
		$= 1165 \text{ rev/min}$		Tramo 3-4	
	<u>Reductor</u>	$U = 31,5$		2.5	0
				Tramo 5-6	
			6	45	V
			Tramo 7-8		
			6	45	LL
			Tramo 9-10		
			2.5	0	V
			Tramo 11-12		
			2.5	0	LL

Anexo 17
UEB “Uruguay”
Esquemas del sistema de transportación de bagazo

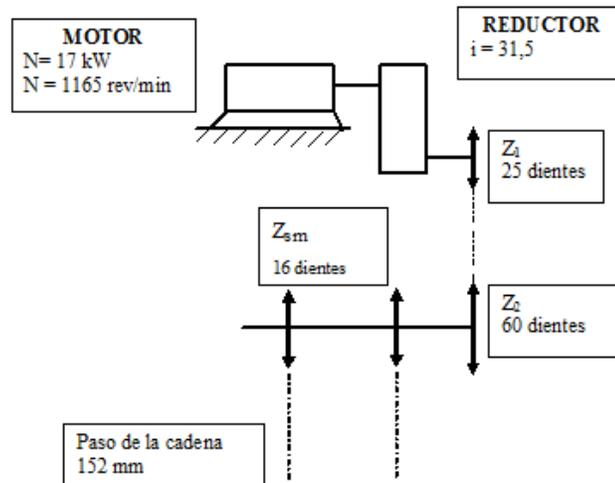
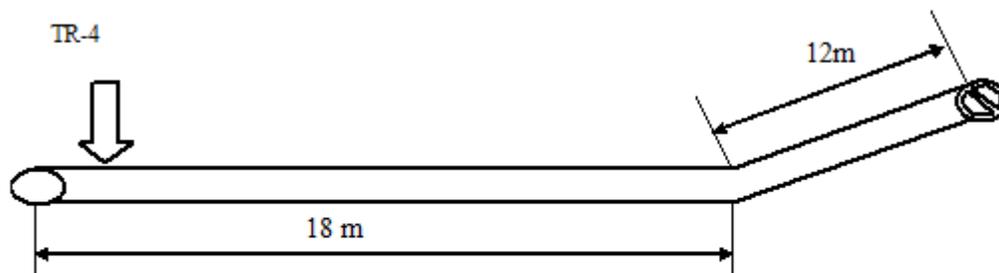


Figura 12. Unidad motriz del transportador de bagazo # 7 .

Anexo 18
UEB “Uruguay”
Esquemas del sistema de transportación de bagazo



$$B = 2 \text{ m} \quad h = 0,076 \text{ m}$$

Figura 13. Transportador de bagazo # 8

Anexo 19

TB-8 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152$ mm $B = 2$ m $H = \varnothing 76$ mm	Unidad motriz		L (m)	β (grados)	LI, V
			Tramo 1-2		
			Tramo 3-4		
			Tramo 5-6		
			Tramo 7-8		
			Tramo 9-10		

Motor $N = 30$ kW $n = 1170$ rev/min

Reductor $= 31,5$

Transmisión dentada $\left. \begin{matrix} Z_1 = 25 \text{ dientes} & Z_2 = \\ & 48 \end{matrix} \right\} \text{dientes}$

Anexo 20

UEB "Uruguay"

Esquemas del sistema de transportación de bagazo

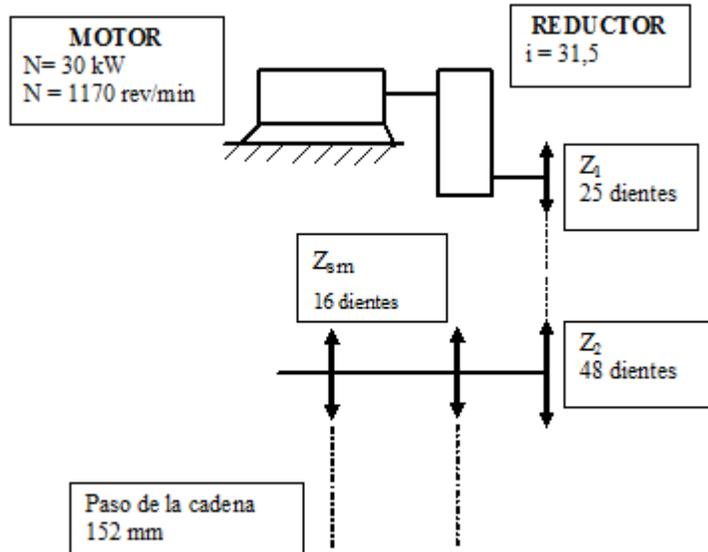
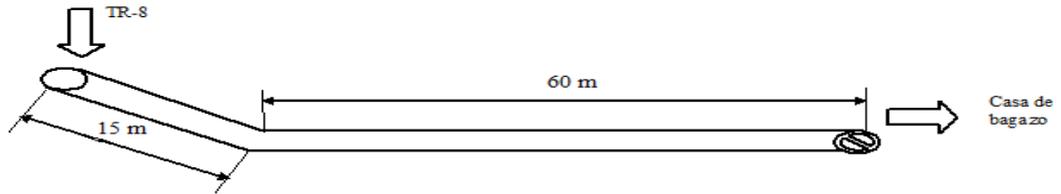


Figura 14. Unidad motriz del transportador de bagazo # 8 .

Anexo 21

UEB “Uruguay”

Esquemas del sistema de transportación de bagazo



$$B = 2 \text{ m} \quad h = 0,076 \text{ m}$$

Figura 15. Transportador de bagazo # 9

Anexo 22

TB-9 (Rastrillos) $Z_{sm} = 16$ dientes $t_{sm} = 152$ mm $B = 2$ m $H = \varnothing 76$ mm	Unidad motriz		Tramo 1-2	
	<u>Motor</u>	$N = 110$ kW $n = 888$ rev/min		
	<u>Reductor</u>	$U = 31,5$		
	<u>Transmisión dentada</u>	$\left. \begin{array}{l} Z_1 = 25 \text{ dientes} \\ Z_2 = 48 \text{ dientes} \end{array} \right\}$		

Anexo 23

UEB “Uruguay” Esquemas del sistema de transportación de bagazo

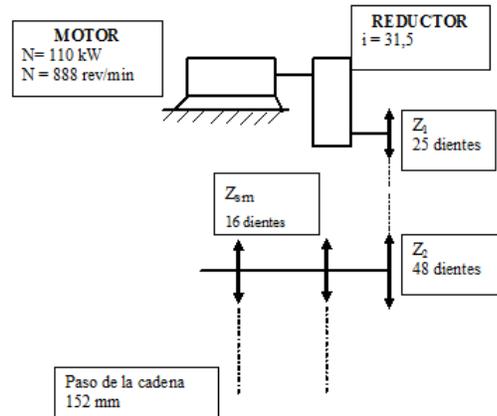


Figura 16. Unidad motriz del transportador de bagazo # 9 .